

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersytetu PRZYRODNICZEGO
WE WROCŁAWIU**

NR 546

**ROLNICTWO
LXXXIX**

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersYTETU PRZYRODNICZEGO
WE WROCŁAWIU**

NR 546

**ROLNICTWO
LXXXIX**

WROCŁAW 2006

Redaktor merytoryczny serii
prof. dr hab. inż. Zofia Spiak

Opracowanie redakcyjne i korekta:
Janina Szydłowska
mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz

Projekt okładki
Grażyna Kwiatkowska

Łamanie
Halina Sebzda

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2006

ISSN 1897-208 X
ISSN 1897-2098

WYDAWNICTWO UNIwersytetu PRZYRODNICZEGO WE WROCLAWIU

Redaktor naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki
ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel. (071) 328-12-77
e-mail: wyd@ozi.ar.wroc.pl

Nakład: 100 + 16 egz. Ark. druk. 24,75
Druk i oprawa: F.P.H. „ELMA”

SPIS TREŚCI

| | Str. |
|--|-------------|
| 1. L. Badura – Rozważania nad rolą mikroorganizmów w glebach | 13 |
| 2. J. Bárta, J. Diviš – Wpływ czynników agroekologicznych na konsystencję jadalnych bulw ziemniaka odmian Karin, Marabel i Rosella | 25 |
| 3. P. Bąbelewski, R. Dębicz – Wpływ preparatu Asahi SL na wzrost i jakość rozsady torenii ogrodowej (<i>Torenia fournieri</i> Linden) i fuksji mieszaneckiej (<i>Fuchsia hybrida</i>) | 37 |
| 4. H. Bis – Uzdolnienia do produkcji mikotoksyn grzybów wyizolowanych z gleb Krakowa i jego okolic | 43 |
| 5. A. Dradrach – Ocena wschodów kilku mieszanek traw gazonowych przeznaczonych na trawniki w warunkach miejskich | 51 |
| 6. G. Durska – Wpływ miedzi i cynku na wzrost bakterii metylotroficznych wyodrębnionych z gleby rizosferowej i pozarizosferowej jęczmienia | 57 |
| 7. J. Gajewska, K. Olejnik, M. Parzydeł, M. Rastawicka, W. Szulc, A. Borkowski – Charakterystyka morfologiczna i fizjologiczna glebowych bakterii utleniających związki siarki | 65 |
| 8. E.B. Górską, J. Kopczyńska, S. Russel – Wytwarzanie enzymów celulo-litycznych i lignolitycznych w hodowli grzyba <i>Trametes versicolor</i> z dodatkiem słomy zbożowej o różnym stopniu rozdrobnienia | 71 |
| 9. E.B. Górską, A. Maciejewska, I. Jakubiak, S. Russel – Wpływ obornika, torfu, węgla brunatnego i preparatu Rekulter na występowanie promieniowców w glebie | 79 |
| 10. M. Idkowiak, L. Kordas – Wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia azo-towego na zawartość diaspor w glebie | 87 |
| 11. J. Kaszubkiewicz, D. Kawałko – Zawartość benzo(a)pirenu w glebach poddanych antropopresji na obszarze powiatów wrocławskiego, oław-skiego i oleśnickiego | 95 |
| 12. D. Kawałko – Skład i właściwości gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych na terenie Ślązańskiego Parku Krajobrazowego. Część III. Zawartość węgla organicznego i azotu ogólnego | 109 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 13. | Z. Klukowski – Możliwości wykorzystania Nicieni (<i>Nematoda</i>) jako indykatorów zdrowotności gleby | 115 |
| 14. | A. Koszelnik-Leszek, Z. Spiak – Zawartość makroskładników w roślinach doświadczalnych w zależności od poziomu niklu w glebie | 125 |
| 15. | M. Kozak, A. Kotecki – Następczy wpływ odmian grochu siewnego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Część I. Wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie grochu siewnego | 133 |
| 16. | M. Kozak, A. Kotecki – Następczy wpływ odmian grochu siewnego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Część II. Masa i skład mineralny resztek pozbiorowych grochu siewnego | 149 |
| 17. | M. Kozak, A. Kotecki – Następczy wpływ odmian grochu siewnego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Część III. Rozwój i plonowanie pszenicy ozimej | 159 |
| 18. | P. Krupa – Adaptacja grzybów ektomikoryzowych do wzrostu na glebach skażonych metalami ciężkimi..... | 177 |
| 19. | J. Kuczkowski, A. Kotecki, M. Kozak – Wpływ sposobu siewu na rozwój i plonowanie wąsolistnych odmian grochu. Część I. Rozwój roślin i plony | 187 |
| 20. | J. Kuczkowski, A. Kotecki, M. Kozak – Wpływ sposobu siewu na rozwój i plonowanie wąsolistnych odmian grochu. Część II. Skład chemiczny i wydajność składników | 207 |
| 21. | G. Kulczycki – Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem i azotem na plon roślin oraz właściwości gleby średniej | 221 |
| 22. | G. Kulczycki – Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem i azotem na plon roślin oraz właściwości gleby lekkiej | 229 |
| 23. | G. Kulczycki, Z. Spiak, A. Kamińska – Wpływ oddziaływania Zakładów Chemicznych „Wizów” na zawartość siarki w glebach i roślinach | 237 |
| 24. | G. Kulczycki, Z. Spiak, A. Kamińska – Wpływ oddziaływania Zakładów Chemicznych „Wizów” na zawartość fluoru w glebach i roślinach | 243 |
| 25. | M. Marek-Kozaczuk, J. Wielbo, R. Dobrowolski, A. Skorupska – Wpływ poziomu azotu w glebie na wielkość populacji szczepów <i>Rhizobium</i> i ich zdolność do symbiotycznego wiązania azotu | 249 |
| 26. | A. Mocek-Płóciński, A. Sawicka – Wpływ miedzi i ołowiu na liczebność mikroorganizmów w glebach w pobliżu Huty Miedzi „Legnica” | 259 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 27. | A. Nowak, M. Błaszak – Mikroflora odpadów paleniskowych zagospodarowanych na cele rekultywacji terenów zdegradowanych. Część I. Bakterie, grzyby, promieniowce | 271 |
| 28. | A. Nowak, M. Błaszak – Mikroflora odpadów paleniskowych zagospodarowanych na cele rekultywacji terenów zdegradowanych. Część II. Mikroorganizmy lipolityczne, proteolityczne i amylolityczne | 279 |
| 29. | K. Przybulewska – Wpływ benzyny bezołowiowej w warunkach wzrastającego zasolenia NaCl na liczebność podstawowych grup mikroorganizmów glebowych | 287 |
| 30. | K. Przybulewska, A. Nowak, A. Mientka – Aktywność metaboliczna bakterii degradujących styren względem rozkładu cukrów, tłuszczów i białek | 295 |
| 31. | J. Spiak – Aspekty rynkowe w zarządzaniu gospodarstwami wielkoobszarnymi na Dolnym Śląsku | 303 |
| 32. | M. Stachowiak – Wydajność pracy i struktura czasu pracy przy wykonywaniu zabiegów ochrony roślin i użyciu opryskiwacza typu „HP-300” i dawce cieczy roboczej 600 [dm ³ ha ⁻¹] w uprawach ogórków szklarniowych wczesnych | 311 |
| 33. | Marek Stachowiak – Wydajność pracy i struktura czasu pracy przy wykonywaniu chemicznych zabiegów ochrony roślin w szklarniach techniką zamgławiania na gorąco i użyciu zamgławiacza typu „K30/10” w uprawach pomidorów szklarniowych | 317 |
| 34. | M. Stachowiak – Organizacja pracy przy wykonywaniu zabiegów dezynfekcyjnych ochrony roślin w szklarniach techniką opryskiwania po likwidacji upraw pomidorów przy użyciu opryskiwacza „Ślęza” i dawce cieczy roboczej 3000 dm ³ ha ⁻¹ | 323 |
| 35. | K. Styła, A. Wolna-Maruwka – Wpływ nawodnienia na liczebność różnych grup drobnoustrojów w glebie w sadzie jabłoniowym po replantacji | 329 |
| 36. | A. Szykiewicz-Wronek, L. Szwałkowska-Michałek, H. Kwaśna, J. Perkowski – Populacja <i>Penicillium adametzii</i> Zaleski w otoczeniu korzeni buka zwyczajnego (<i>Fagus sylvatica</i> L.) i wpływ grzyba na <i>Armillaria</i> spp. | 339 |
| 37. | B. Szejnkowska – Wpływ sposobu uprawy i reakcja odmian grochu siewnego na wyleganie oraz porażenie przez choroby | 349 |

38. J. Twardowski – Występowanie roztoczy (*Arachnida: Acari*) w glebie pola uprawnego oraz siedliska brzeżnego 359
39. J. Wielbo, M. Marek-Kozaczuk, A. Skorupska – Zróżnicowanie profilów plazmidowych oraz wydajność symbiotyczna szczepów *Rhizobium leguminosarum* izolowanych z roślin motylkowatych rosnących na użytkowanych rolniczo glebach Lubelszczyzny 367
40. J. Zawieja – Reakcja soczewicy jadalnej na siew współrzędny ze zbożami jarymi w zależności od terminu siewu i gęstości siewu. Część I. Cechy biometryczne i zachwaszczenie 377
41. J. Zawieja – Reakcja soczewicy jadalnej na siew współrzędny ze zbożami jarymi w zależności od terminu siewu i gęstości siewu. Część II. Cechy plonotwórcze i plonowanie soczewicy 387

CONTENTS

| | Page |
|--|-------------|
| 1. L. Badura – Consideration of role of microorganisms in soil | 13 |
| 2. J. Bárta, J. Diviš – Impact of agroecological conditions on tuber texture in table potato cultivars Karin, Marabel, and Rosella | 25 |
| 3. P. Bąbalewski, R. Dębicz – The effect of Asahi SL preparation on growth and quality of seedlings <i>Torenia fournieri</i> Linden and <i>Fuchsia hybrida</i> | 37 |
| 4. H. Bis – Ability to produce mycotoxins by fungi isolated from soils in Cracow and the surroundings | 43 |
| 5. A. Dradrach – Emergence estimation of various grass mixtures for city sods | 51 |
| 6. G. Durska – Effect of copper and zinc on the growth of methylotrophic bacteria selected from the rhizospheric and non-rhizospheric soil of barley | 57 |
| 7. J. Gajewska, K. Olejnik, M. Parzydeł, M. Rastawicka, W. Szulc, A. Borkowski – Morphological and physiological characteristic of sulphur oxidizing soil bacteria | 65 |
| 8. E.B. Górską, J. Kopczyńska, S. Russel – Production of cellulolytic and lignolytic enzymes by <i>Trametes versicolor</i> in culture medium amended with differently shreds cereal straws | 71 |
| 9. E.B. Górską, A. Maciejewska, I. Jakubiak, S. Russel – Effect of farm-yard manure, peat, brown coal and Rekulter on occurrence of actinomycetes in soil | 79 |
| 10. M. Idkowiak, L. Kordas – The effect of tillage system and nitrogen fertilization on weed seeds in the soil | 87 |
| 11. J. Kaszubkiewicz, D. Kawałko – Content of benzo(a)pyrene in soils affected by antropogenic factors in the area of Wrocław, Oława and Oleśnica districts | 95 |
| 12. D. Kawałko – Composition and properties of soils developed from different parent rocks in the area of Ślązański Landscape Park. Part III. Content of organic carbon and total nitrogen | 109 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 13. | Z. Klukowski – Potential application of Nematods (<i>Nematoda</i>) as indicators of soil health | 115 |
| 14. | A. Koszelnik-Leszek, Z. Spiak – Content of macronutrients in experiment plants in relation to a nickel level in soil | 125 |
| 15. | M. Kozak, A. Kotecki – The residual effect of common pea cultivars on growth and yielding of winter wheat. Part I. The effect of sowing rate on growth and yielding of common pea | 133 |
| 16. | M. Kozak, A. Kotecki – The residual effect of common pea cultivars on growth and yielding of winter wheat. Part II. Weight and mineral content of common pea harvest residues | 149 |
| 17. | M. Kozak, A. Kotecki – The residual effect of common pea cultivars on growth and yielding of winter wheat. Part III. Growth and yielding of winter wheat | 159 |
| 18. | P. Krupa – Adaptation of ectomycorrhizal fungi for growth in heavy-metal contaminated soils | 177 |
| 19. | J. Kuczkowski, A. Kotecki, M. Kozak – The effect of sowing method on growth and yielding of narrow-leaf pea cultivars. Part I. Plants' growth and yielding | 187 |
| 20. | J. Kuczkowski, A. Kotecki, M. Kozak – The effect of sowing method on growth and yielding of narrow-leaf pea cultivars. Part II. Chemical content and elements' yield | 207 |
| 21. | G. Kulczycki – The influence of different potassium and nitrogen fertilization on the plant yield and medium soil properties | 221 |
| 22. | G. Kulczycki – The influence of different potassium and nitrogen fertilization on the plant yield and light soil properties | 229 |
| 23. | G. Kulczycki, Z. Spiak, A. Kamińska – The influence of Chemical Company „Wizów” on the sulphur content in soil and plants | 237 |
| 24. | G. Kulczycki, Z. Spiak, A. Kamińska – Impact of Chemical Company „Wizów” on the content of fluorine in soil and plant | 243 |
| 25. | M. Marek-Kozaczuk, J. Wielbo, R. Dobrowolski, A. Skorupska – Effect of soil nitrogen on rhizobial populations and efficiency of symbiotic nitrogen fixation | 249 |

-
26. A. Mocek-Płóćiniak, A. Sawicka – Effect of copper and lead on the number of microorganisms in the soils in the neighbourhood of the „Legnica” Copper Smelter 259
 27. A. Nowak, M. Błaszak – Microflora of furnace waste adapted for reclamation purposes of degraded land. Part I. Bacteria, Fungi and Actinomycetes 271
 28. A. Nowak, M. Błaszak – Microflora of furnace waste adapted for reclamation purposes of degraded land. Part II. lipolytic, proteolytic and amylolytic microbes 279
 29. K. Przybulewska – Influence of unleaded gasoline under conditions of increasing salinity with NaCl on the number of general soil microorganism groups 287
 30. K. Przybulewska, A. Nowak, A. Mientka – Metabolic activity of styrene-degrading bacteria towards sugars, fats and proteins decomposition 295
 31. J. Spiak – Market aspects in managing large-agrarian farms in Lower Silesia 303
 32. M. Stachowiak – Production capacity of work and structure of labour time of chemical plant protection and use sprayer „HP-300” and dose liquid 600 [dm³ha⁻¹] in greenhouses in early cucumber cultivation 311
 33. M. Stachowiak – Production capacity of work and structure of labour time at practice of chemical procedure of plant protection in greenhouses on hot technique fog and use fog sprayer type „K30/10” in cultivations of tomatoes 317
 34. M. Stachowiak – Production capacity of work and structure of labour time of disinfection plant protection treatment in greenhouses sprayer technique after clearing of cultivation of tomatoes with use sprayer „Ślęza” and dose working liquid 3000 [dm³ha⁻¹] 323
 35. K. Styła, A. Wolna-Maruwka – The effect of irrigation on the occurrence of different microorganisms groups in the soil of apple-trees orchard after replanted 329
 36. A. Szykiewicz-Wronek, L. Sz wajkowska-Michalek, H. Kwaśna, J. Perkowski – Population of *Penicillium adametzii* Zaleski in surroundings of roots of common beech (*Fagus sylvatica* L.) and its effect on *Armillaria* spp. 339

37. B. Szwejkowska – Impact of the technology of cultivation and variety of pea on the disease infection and plant lodging 349
38. J. Twardowski – Occurrence of mites (*Arachnida: Acari*) in soil of arable field and field boundary 359
39. J. Wielbo, M. Marek-Kozaczuk, A. Skorupska – Plasmid profiles diversity and symbiotic efficiency of *Rhizobium leguminosarum* strains isolated from legumes grown on arable soils of Lublin region, Poland 367
40. J. Zawieja – Response of lentil (*lens culinaris medik*) on intercropping with SG cereals as affected by rates and sowing dates. Part I. Biometrical traits and weed infestation 377
41. J. Zawieja – Response of lentil (*lens culinaris medik*) on intercropping with spring cereals as affected by rates and sowing dates. Part. II. Yielding traits and yielding of lentil 387

Lesław Badura

**ROZWAŻANIA NAD ROLĄ MIKROORGANIZMÓW
W GLEBACH**

CONSIDERATION OF ROLE OF MICROORGANISMS IN SOIL

Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Śląski, Katowice
Department of Microbiology, Silesian University, Katowice

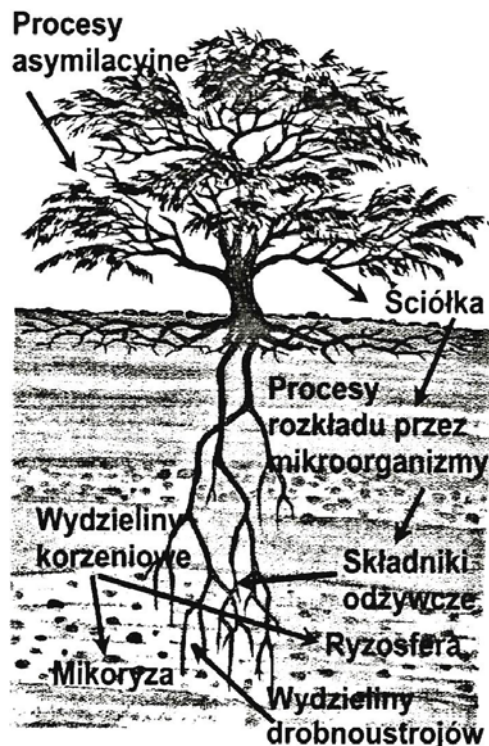
W artykule rozważane są problemy związane z rozwojem mikrobiologii i roli strony w rozkładzie substancji organicznej prowadzącej do uwalniania pierwiastków biogennych, a z drugiej – do powstawania prekursorów związków próchnicznych. Jednakże bardzo istotną ich funkcją jest, poprzez specyficzne oddziaływania, zasiedlanie korzeni roślin, tworząc określone ryzosfery i mikoryzy. Ponieważ tego typu symbiozy są uwarunkowane głównie przez organizmy eutroficzne, rozważana jest rola związków organicznych jako rezerwuaru tych niezbędnych dla życia i rozwoju roślin organizmów.

SŁOWA KLUCZOWE: ekosystem, mikoryza, mikroorganizmy glebowe, ryzosfera, związki organiczne gleby

Motto: *„Zrównoważony rozwój oznacza zachowanie równowagi i proporcji we wszystkich podejmowanych działaniach przez współczesną cywilizację, w celu umożliwienia zaspokajania potrzeb także przyszłym pokoleniom” Deklaracja z Rio de Janeiro, czerwiec 1992*

Minęło już przeszło sto lat od czasów, gdy Ludwik Pasteur (1822–1895) i Robert Koch (1843–1910) po raz pierwszy wykazali i udowodnili, że wiele chorób człowieka, zwierząt, a także roślin jest spowodowanych przez mikroorganizmy i byli oni prekursorami gwałtownego rozwoju bakteriologii, wirusologii, immunologii czy epidemiologii. Nieco później Sergiusz Winogradski (1856–1953) wykazał, że te niewidzialne gołym okiem organizmy są odpowiedzialne za wiele procesów biologicznych zachodzących w glebach i wodach, w tym za przemiany związków azotu, siarki, węgla oraz obiegu składników biogennych, tak potrzebnych dla wzrostu i rozwoju roślin jak i zwierząt. Najpóźniej, bo dopiero w drugiej połowie XX wieku, zaczynamy widzieć i rozumieć rolę, jaką odgrywają mikroorganizmy oraz mikro- i mezofauna w ekosystemach.

Można więc zastanawiać się, można zadawać sobie pytanie, jaka jest przyczyna takiego opóźnienia w rozwoju tej, tak ważnej dziedziny wiedzy. Odpowiedź na to pytanie, niestety, nie jest prosta, albowiem najpierw musimy dać odpowiedź na pytanie, czym jest ekosystem, zwłaszcza lądowy? Czy otaczające nas środowisko przyrodnicze jest utworem powstałym w wyniku oddziaływań współzależnych elementów, to jest: określonej struktury geologicznej – gleby, organizmów glebowych, w tym mikroorganizmów oraz roślinności (rys. 1) i czy ta właśnie współzależność tych wszystkich elementów jest odpowiedzialna za to powstawanie zróżnicowanych systemów ekologicznych, czy też środowisko przyrodnicze jest tworem przypadkowym, związanym jedynie z możliwością zdobycia przez organizmy zasiedlające takiego czy innego pokarmu?

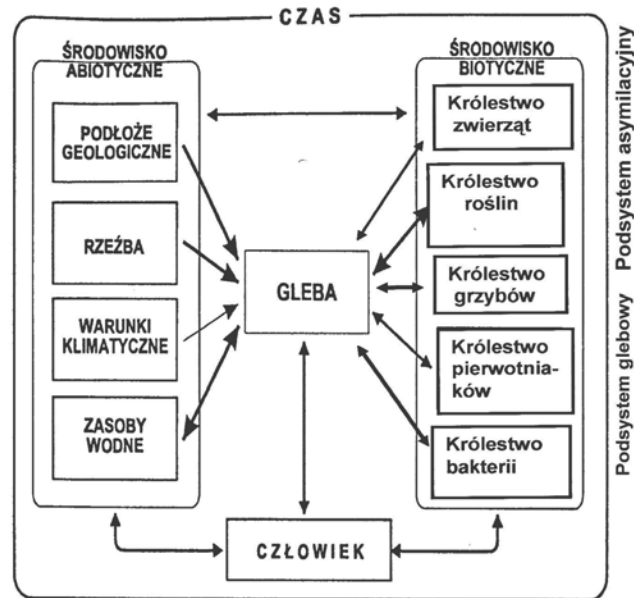


Rys. 1. Model ekosystemu, w którym realizowana jest równowaga pomiędzy dopływem asymilatów a ich dekompozycją

Fig. 1. Model of the ecosystem presenting the balance between the input, of assimilates and their decompositions

Jedni ekolodzy przyjmują na przykład, że na zasadzie umowy, gdyż termin ten nie jest jednoznaczny, a pod pojęciem ekosystem można rozumieć „dowolny fragment biosfery, w którym grupa organizmów realizuje procesy produkcji i dekompozycji, przy chociaż częściowo zamkniętym obiegu materii” [Weiner, 1999]. Inni z kolei uważają, że „Każda przestrzeń, w której zachodzi stała wymiana materii pomiędzy jej żywą i nieożywioną częścią jako wynik wzajemnego oddziaływania żywych organizmów i martwych substancji jest układem ekologicznym, czyli ekosystemem” [Odum, 1953].

Musi się jednak przypomnieć, że także i sami gleboznawcy nie do końca są zgodni, jak należy definiować glebę. Czy jest ona tylko miejscem, powierzchnią, do której przyczepiają się rośliny i pełni ona tylko funkcję dostarczycielki pierwiastków biogenych i stąd istotne jest tylko nawożenie mineralne, zgodne z resztą z teorią J. von Liebiga (1803–1873), iż roślinom do życia są tylko potrzebne: sole mineralne oraz światło, CO₂, woda i nic więcej? Czy też gleba wchodząca w skład danego systemu ekologicznego jest tworem powstałym w wyniku wzajemnych oddziaływań: określonej struktury geologicznej, różnych mikroorganizmów i mikrofauny oraz danej fitocenozy (rys. 2)?



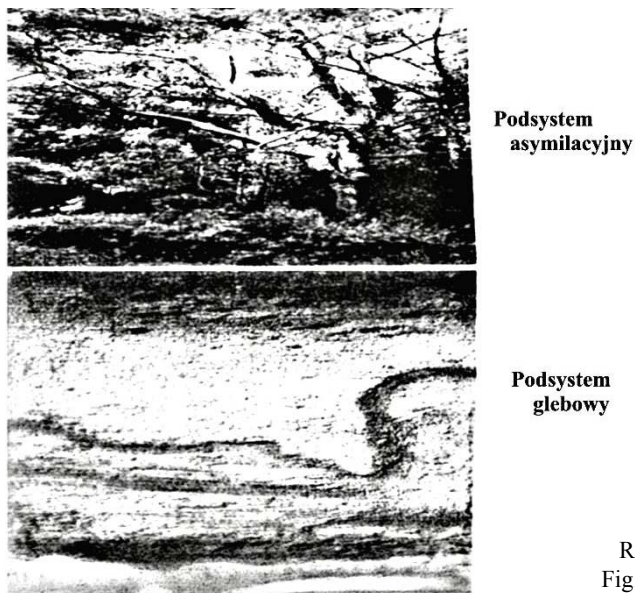
Rys. 2. Gleba jako utwór powstały w wyniku oddziaływań elementów abiotycznych i biotycznych [Skiba, 2002]

Fig. 2. Soil as a formation created as a result of interactions between biotic and abiotic components

Opisem świata roślinnego zajmują się od wieków botanicy oraz fitosocjology i opisują poszczególne zbiorowiska i zespoły roślinne. Mniejszą natomiast wagę przykładają do podłoża i z kolei zupełnie pomijają świat i rolę organizmów glebowych.

Jeżeli jednak mówimy o systemach ekologicznych, ekosystemach lądowych czy wodnych, to musi się jednoznacznie uwzględnić fakt, że ekosystemy takie składają się zawsze z dwóch podjednostek: podsystemu asymilacyjnego – produkującego określoną substancję organiczną i podsystemu abiotycznego, glebowego czy wodnego, w którym zachodzą procesy biologicznego rozkładu wytworzonej biomasy (rys. 3). I o ile

łatwiejsze jest określanie poszczególnych, występujących na danym obszarze, gatunków roślin, jak i tworzonych przez nie zbiorowisk czy zespołów, to opisywanie ich faktycznych związków z poszczególnymi typami środowisk, na przykład z glebą i z ich wykształconymi profilami, nie wspominając już w tej chwili o mikroorganizmach i ich roli, jest dalece bardziej utrudnione [Buckman i Brady, 1971; Atlas i Bartha, 1998].



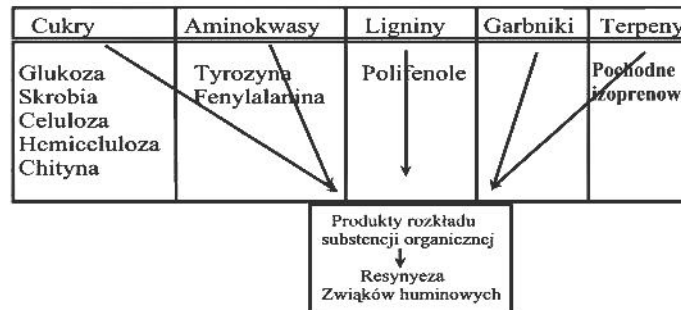
Rys. 3. Podsystemy ekologiczne
Fig. 3. The ecological undersystems

Jeżeli więc rozważamy systemy lądowe, to musimy mieć pełną jasność, czym jest wobec tego gleba? I tu też nie mamy pełnej zgodności. Niektórzy nadal definiują glebę tylko: *Jako podłoże dla wzrostu roślin i dawców biogenów*" [Tate III, 1995]. Inni natomiast traktują glebę: *Jako wielozależny i wielofunkcyjny kompleks środowiska przyrodniczego powstałego w wyniku oddziaływań abiotycznych i biotycznych elementów w określonym czasie* " [Tomaszewski, 1964; Skiba, 2002].

W zależności od charakteru skały macierzystej, stosunków wodnych, właściwości fizykochemicznych, typu roślinności oraz występujących mikroorganizmów różnicują się gleby i wykształcają w danych profilach glebowych, mniej lub bardziej wyróżniające się, poziomy: 1) aktywności biologicznej, z podpoziomem ektopróchnicznym o słabo rozłożonych resztkach roślinnych (0), i z podpoziomem endopróchnicznym z dobrze wykształconą próchnicą właściwą (A); 2) poziomem intensywnej przemiany części abiotycznych gleby (B) w tym poziomie eluwialnego (wmywania) i iluwialnego (wmywania i wzbogacania); oraz 3) słabo przekształconej skały macierzystej (C) [Scheffer i Schachtschabel, 1979].

I właśnie w tym pierwszym, w poziomie 0 i A zachodzą głównie procesy biologiczne związane z rozkładem, wytworzonej przez roślinność, materii organicznej: celulozy,

ligniny, hemicelulozy, a także związków cukru, białek, tłuszczu oraz w zależności od typu roślinności: garbników względnie terpenów. I tu właśnie też zachodzą procesy przemian związków azotu, siarki i węgla. Również na tym poziomie, z niektórych produktów rozkładu, ale głównie z pochodnych fenolowych z grupami karboksylowymi względnie alkoholowymi, zachodzą procesy syntezy, między innymi związków humusowych. Związków o różnym stopniu polimeryzacji, wielkości masy cząsteczkowej, zawartości węgla, tlenu, kwasowości i rozpuszczalności w wodzie oraz o różnym zabarwieniu od jasnożółtego i żółtobrunatnego charakterystycznego dla kwasów fulwonowych, ciemnobrunatnego i szarego dla kwasów huminowych do czarnego dla humianów (rys. 4). Równie ważne są w tych układach związki melaninowe, a są to wysoko cząsteczkowe substancje ciemno zabarwione – pochodne indolu i aminokwasów głównie tyrozyny, fenylalaniny i posiadające grupy czynne: karboksylową, hydroksylową, fenolową, chinową i amidową.



Rys. 4. Przemiany związków organicznych w glebach
 Fig. 4. Transformation of organic compound in soil

W poziomie procesów wietrzenia uwalniane i przekształcane są z kolei chemicznie, również pod wpływem mikroorganizmów, pierwiastki biogenne, takie jak związki azotu, siarki żelaza czy manganu, które uruchamiają procesy wymywania czy bielicowania, aby następnie w warstwie wymywania wytrącać się w formie nierozpuszczalnych związków.

W zależności od określonego poziomu glebowego, w tym składu cząsteczek mineralnych oraz zawartości substancji organicznej, wraz ze związkami próchnicznymi i ich pochodnymi, w zależności od stosunków wodnych, kwasowości i potencjału oksydo-redukcyjnego różnicują się właściwości sorpcyjne, jonowymienne i kompleksowe [Huang i wsp., 2002]. Te ostatnie, jak się dziś okazuje, nabierają coraz większego znaczenia w prawidłowym pobieraniu biogennych pierwiastków przez komórki. Tego typu struktury kompleksowe zarówno makrocycliczne, jak i acykliczne pełnić mogą funkcję jonoforów. Ale te procesy są jednakże zależne i od typu, i od struktury danego kompleksu. Na przykład kompleks kwasu cytrynowego z żelazem w zależności od typu kompleksu, dwukoordynacyjnego czy trójkoordynacyjnego, może dostarczać komórkom niezbędnego biogenu, jakim jest żelazo czy mangan, względnie uniemożliwić im

ich pobieranie [Francis i Dodge, 1993]. Ale nadto w poszczególnych poziomach różnicują się jakościowo i ilościowo wtórne metabolity mikroorganizmów i wydzieliny korzeniowe, z których jedne oddziaływać mogą korzystnie, inne niekorzystnie na współwystępujące organizmy [Kurek i Kobus, 1990].

Jeżeli więc przyjmiemy, co wydaje się oczywistym, że istnieje ścisły związek pomiędzy szatą roślinną i środowiskiem glebowym, to musi się konsekwentnie uznać i zrozumieć w pełni rolę wszystkich organizmów glebowych: bakterii, grzybów, pierwotniaków i innych organizmów przynależnych do mikro- i mezofauny [Badura, 2004 a i b].

Mikroorganizmy biorące udział w procesach rozkładu nie tylko wykorzystują dostępną im biomasę, lecz także są odpowiedzialne za syntezę określonych związków o charakterze kompleksorów czy chelatorów i nadto poprzez wydzielanie specyficznych wtórnych metabolitów oddziałują allelopatycznie na inne współwystępujące organizmy zarówno prokariotyczne, jak i eukariotyczne. Do takich specyficznych wydzielanych wtórnych metabolitów zaliczyć należy i hormony wzrostowe roślin, różnego typu fitochelatyny, antybiotyki, kwasy organiczne, a nawet witaminy z grupy B czy także związki o silnym toksycznym działaniu dla organizmów zwierzęcych, jak na przykład cyjanowodór, a więc związek hamujący rozwój i tym samym agresję przede wszystkim zwierzęcych patogenów. Nie wspominając już tu o wytwarzanych mikotoksynach czy nitrozoaminach [Smyk, 1978], czy związkach melaninowych wytwarzanych głównie przez grzyby. Ale także i same korzenie roślin wydzielają, do środowiska, wprawdzie w minimalnych ilościach, przeróżne związki, jak na przykład: węglowodany, kwasy aminowe, kwasy organiczne, związki chelatyzujące, substancje hormonopodobne czy wreszcie związki o właściwościach toksycznych, jak alkaloidy czy glikozydy [Russel, 1977]. Niewątpliwie te wszystkie, w minimalnych ilościach występujące związki organiczne, a być może także i te kompleksujące z różną siłą kationy, oddziałują bądź to pozytywnie, bądź negatywnie na poszczególne inne współwystępujące organizmy.

W rozważaniach nad występowaniem mikroorganizmów glebowych nie tylko jest więc ważna ich sama jakościowa i ilościowa obecność, ale przede wszystkim ich pełnione funkcje, ich rola w danym ekosystemie, ich oddziaływanie na inne współwystępujące organizmy. A to oddziaływanie może być pozytywne (+), negatywne (–) oraz obojętne (o). Dwa organizmy mogą oddziaływać na siebie: jeden jako agresor (patogen), drugi jako ofiara (gospodarz), inne jako komensale (+ i o), inne jeszcze oddziaływać mogą mutualistycznie (+ i +) inne jeszcze negatywnie (– i –) czy nawet obojętnie (o i o).

Uzmysłowić sobie musimy jeszcze jeden fakt. Bakterie mają także zdolność do wymiany w obrębie swojej własnej populacji sygnałów, tzw. autoinduktorów, które wywołują jednolitą reakcję całej danej wspólnoty i umożliwiają uzyskanie korzyści nieosiągalnych dla pojedynczych komórek. Innymi słowy, każda komórka danej bakterii prawie natychmiast „dowiaduje się” o krytycznej sytuacji i może reagować aktywacją lub represją funkcji określonych genów. To pozwala im na przetrwanie jako całości niekorzystnych zmian, a także i adaptacji do zaistniałego środowiska. Podobny zresztą system „*quorum sensing*” (zdolność do skoordynowanych działań) występuje u bakterii współżyjących z roślinami jak i zwierzętami. Inne grupy bakterii, jak na przykład bakterie Gram-dodatnie (*Bacillus subtilis*), jako autoinduktory *quorum sensing*

wykorzystują cząsteczki oligopeptydowe w procesie przekazywania informacji o konieczności tworzenia endospor. U innych bakterii, z kolei Gram-ujemnych, funkcje autoinduktorów mogą pełnić zróżnicowane laktony [Taga i Blassler, 2004]. Wyłania się tu jednakże pytanie, czy te wszystkie bioinduktory są charakterystyczne dla tej jednej populacji, czy też dla ogółu współwystępujących organizmów, czy w ogóle mikroorganizmy mogą porozumiewać się między sobą? Wiele bakterii także dzięki wiciom i fimbriom oraz obecności odpowiednich sensorów, w zależności od występującego atraktantu czy ich przeciwstawności może się przemieszczać w przestrzeniach między poszczególnymi agregatami glebowymi. Możemy tu mówić o chemotaksji. Oddziaływania te nie mogą być więc wiązane bezpośrednio z obecnością w środowisku takiego czy innego pokarmu, lecz muszą one być wynikiem wrażliwości danych organizmów, a więc obecności u nich określonych receptorów na ten czynnik, receptorów uzyskanych w wyniku adaptacji i selekcji do danego ekosystemu.

Niestety, określanie ilościowe i jakościowe występujących w glebach mikroorganizmów, nie mówiąc już o ich roli, natrafia do dnia dzisiejszego na zasadnicze trudności. Dotychczas stosowane metody wysiewu na specyficznych podłożach nie dają pełnego obrazu rzeczywistości, a także próby stosowania metod zaczerpniętych z biologii molekularnej okazują się nie w pełni wystarczające. Według niektórych poglądów – w glebie może egzystować około miliona gatunków. Według innych – izolujemy zaledwie od 0,1 do maksimum 10%. Nie izolujemy na co dzień całych rzędów bakterii – np. *Actinomycetales* czy *Chlamydobacteriales*, klas bakterii, jak na przykład bakterii śluzowych – *Mycobacteriae* czy *Cyjanophyta*, nie mówiąc już o całym nowym królestwie *Archea* (Archeowce).

A przecież musi się widzieć, że nie tyle ta, w dużych ilościach występująca, lecz mało zróżnicowana substancja organiczna, jak na przykład związki celulozy czy lignin, odgrywa decydującą rolę w tym procesie powiązań. Zasadniczy wpływ będą tu niewątpliwie miały związki chemiczne występujące w minimalnych ilościach, lecz bardziej fizykochemicznie aktywne, na przykład terpeny, garbniki, witaminy i hormony czy wreszcie wydzieliny korzeniowe określonych roślin, czy wydzieliny wtórnych metabolitów określonych mikroorganizmów [Badura, 2004].

Lecz na jeszcze większe trudności natrafia się, gdy próbuje się bezpośrednio przyporządkować określone gatunki, szczepy czy zespoły mikroorganizmów do określonego typu gleby, szaty roślinnej czy nawet samej danej rośliny. Dlatego też dziś w badaniach mikrobiologicznych staje się koniecznością dalszy rozwój metod niezależnych od hodowli, a zaczerpniętych z biologii molekularnej, a ściślej z metod stosowanych we współczesnej genetyce. Do poznania więc struktury organizmów występujących w środowisku i tym samym do poznania zespołów i ich funkcji wykorzystuje się analizy ogólnego DNA – metagenomu, a istotą metagenomiki jest konstruowanie bibliotek zespołu mikroorganizmów za pomocą odpowiednich wektorów oraz transformacji wykorzystywanych do badań bakterii.

Jaką więc rolę możemy przypisać tym wszystkim, mniej lub bardziej poznanym, glebowym organizmom? Na przykład bakterie śluzowe na pewno biorą udział w rozkładzie celulozy, ale czy tylko, sinice na ogół określane jako organizmy pionierskie, znane ze zdolności do wiązania wolnego azotu, są także odpowiedzialne za wytwarzanie przeróżnych, o różnym oddziaływaniu toksyn, archebakterie z kolei, w zależności

od warunków tlenowych, stopnia zasolenia i kwasowości oddziałują w jakiś sposób na środowisko i abiotyczne, i biotyczne. Nie mówiąc już o całej skali mikotoksyn produkowanych przez różne gatunki grzybów.

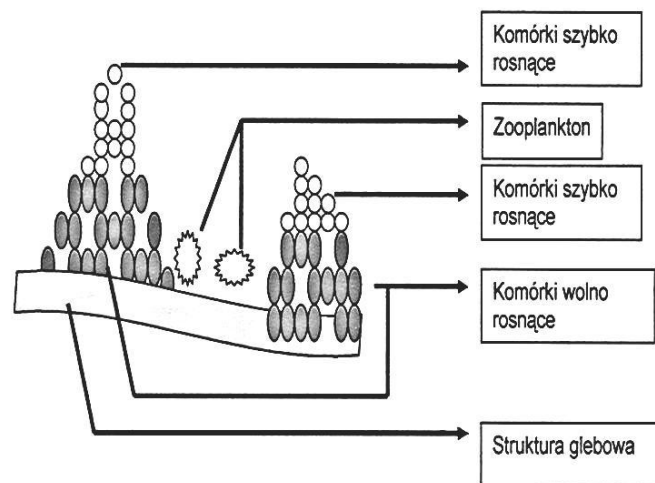
Na szczególne podkreślenie zasługuje jednakże fakt, że jedną z zasadniczych, obok rozkładu wytworzonej przez rośliny biomasy i uwalnianiu pierwiastków biogennych, jest także zdolność do formowania specyficznych układów symbiotycznych z roślinami, a są to: rizosfera i mikoryza. Pod pojęciem rizosfery rozumiemy dynamiczne środowisko glebowe z bytującymi w niej mikroorganizmami przylegającymi bezpośrednio do korzeni. Bakterie podlegają oddziaływaniu systemu korzeniowego i zachodzących w nim procesów z jednej strony, a z drugiej wywierają one określony wpływ na samą roślinę. Wyróżnić tu można trzy zasadnicze obszary: 1) endorizosferę – obszar epidermy i komórek kory korzenia zasiedlane przez bakterie, 2) ektorizosferę – obszar bezpośrednio przylegającej gleby z mikroorganizmami i 3) rizoplanę – strefa powierzchniowa korzeni zasiedlana bezpośrednio przez bakterie [Lynch, 1990]. Na szczególne podkreślenie zasługuje nadto fakt, że głównymi zasiedlającymi korzenie mikroorganizmami są bakterie z grupy Gram-ujemnych, w tym z rodzaju *Pseudomonas*. [Badura i wsp., 2001]. To właśnie te bakterie zabezpieczają w dużym stopniu rośliny między innymi przed atakami patogenów. Dziś zaczynamy nadto bardziej wnikliwie analizować rolę, jaką pełnią w procesie wzrostu i tworzenia się rizosfery, a wydawałoby się bez większego znaczenia, złuszczające się komórki (border caps) z wierzchołków korzeni [Hawes i wsp., 2003].

Pod pojęciem mikoryzy rozumiemy natomiast współzycie roślin z grzybami. Wyróżniamy tu: 1) ektomikoryzę – tworzą ją głównie rośliny drzewiaste z *macromycetes*, 2) endomikoryzę – tworzą ją głównie rośliny zielne z *micromycetes* oraz 3) ekto- endomikoryzę, to jest mikoryzę mieszaną. Na podkreślenie zasługuje jeszcze jeden fakt, nie bardzo jeszcze do końca wyjaśniony, iż w procesie tej symbiozy biorą także udział bakterie pomocnicze MHB [Hejden i van Sanders., 2002; Krupa, 2004].

W rozważaniach nad występowaniem w glebach mikroorganizmów musi się rozważać jeszcze jeden bardzo ważny element. Otóż w zależności od ilościowej zawartości i dostępności samych związków organicznych pojawiają się w glebach co najmniej dwie grupy organizmów: organizmy oligotroficzne i eutroficzne. Pierwsza grupa charakteryzuje się bardzo małymi wymaganiami odżywczymi w związku z czym rośnie i rozmnaża się bardzo wolno i druga grupa wymagająca dużych i zróżnicowanych substancji odżywczych, a ich rozrost i podziały komórkowe są bardzo szybkie (rys. 5). Niewątpliwie, do drugiej grupy eutroficznej należą przede wszystkim bakterie Gram-ujemne i w dużej mierze z rodzaju *Pseudomonas* oraz *micro- i macromycetes*, jak również *mikro- i mezofauna*.

Jeżeli, a jak się na razie przyjmuje, to właśnie bakterie Gram-ujemne i grzyby, pełnią te tak ważne funkcje w ekosystemach, zwłaszcza we współzyciu z roślinami (rizosfera i mikoryza), i że one są nadto wymagającymi organizmami eutroficznymi, to znaczenie substancji organicznej w glebie nabiera zupełnie innego wymiaru, innego sensu. Staje się ona nie tylko elementem określonych właściwości fizykochemicznych środowiska glebowego, ale także staje się niezbędnym rezerwuarem koniecznych dla życia i przeżycia mikroorganizmów eutroficznych, tak potrzebnych dla normalnego rozwoju roślin i współtowarzyszy oraz także dla zachowania stanów równowagi pomiędzy pato-

genem i gospodarzem, dla zachowania stanów równowagi w funkcjonowaniu wszystkich elementów w ekosystemie, a nadto w utrzymaniu jego homeostazy. Stąd biomasa wytworzona przez określoną fitocenozę jest tak potrzebna i jako pokarm, a także jako rezerwuuar mikroorganizmów, tak potrzebnych dla normalnego rozwoju i wzrostu wszystkich współwystępujących organizmów, a w szczególności dla roślin z ich rizoferą i mikoryzą. I ma tym samym tak duże znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania i przetrwania danych ekosystemów.



Rys. 5. Model zasiedlenia gleby przez bakterie oligo- i eutroficzne
Fig. 5. Model of soil colonization by oligo- and eutrophic bacteria

W związku z powyższym można zadać sobie pytanie, czy też należy uzmysłowić sobie, że także w gospodarce rolnej, w agrosystemach taką rolę substancji organicznej będą pełniły nawozy organiczne (np. obornik), i że to one są rezerwuarami przeróżnych i niezbędnych, nie tylko pierwiastków biogennych, w tym przede wszystkim związków azotu czy fosforu, ale nade wszystko są one dostarczycielami niezbędnych dla wzrostu i rozwoju roślin mikroorganizmów odpowiedzialnych za tworzenie specyficznych układów symbiotycznych, jakimi są rizofera i mikoryza. Nadto niezależnie od tego, dla prawidłowego funkcjonowania agrosystemu potrzebne są związki organiczne, nawozy organiczne, które w procesach rozkładu przez mikroorganizmy dają produkty niezbędne do syntezy związków humusowych, a więc produktów o właściwościach glebotwórczych, ze wszystkimi pozytywnymi elementami fizycznymi – zespołami czynników sorpcyjnych oraz chemicznymi – zespołami czynników kompleksujących. Stanowią one równocześnie także istotny czynnik przeciwdziałający erozji gleby i są związane z tak zwaną żyznością gleby.

Jeżeli chcemy więc dziś w pełni zrozumieć, jak funkcjonuje otaczające nas środowisko przyrodnicze, to musimy mieć pełną wiedzę nie tylko o zjawiskach zachodzących w

skali makro- (populacjach roślinnych i zwierzęcych), ale także o populacjach mikroorganizmów i ich roli, a także o molekularnych uwarunkowaniach i współzależnościach. Musimy mieć możliwie wystarczającą wiedzę na ten temat, zwłaszcza dziś, gdy stoimy przed koniecznością biologicznej odbudowy względnie rekultywacji terenów już zniszczonych przez naszą cywilizacyjną działalność. Nie wystarcza bowiem zagospodarowanie przypadkowych nieużytków sadzonkami niewiadomego pochodzenia i bez określonej mikroflory i cierpliwie oczekiwanie, kiedy one padną, jak to niejednokrotnie ma miejsce jeszcze dzisiaj, względnie czekanie aż sama przyroda odbuduje to, co myśmy zniszczyli. Obecnie czekają na przebudowę setki hektarów lasów o strukturze monokultur, jak również na zagospodarowanie kulturami leśnymi tysięcy hektarów nieużytków po rolnych, jak również musimy sobie uzmysławiać, jak mamy zgodnie ze współczesnie rozumianą ekologią gospodarzyć na tych już daleko zdewastowanych glebach porolnych. Musimy więc w pełni rozumieć, czym jest zrównoważona gospodarka i jakimi prawidłowościami rządzią się ekosystemy.

PIŚMIENNICTWO

- Atlas R.M., Bartha R.: 1998. *Microbial ecology – Fundamentals and application*. The Benjamin/Cummings Publishing, Co. Inc., California, s. 640.
- Badura L.: 2004: Bioróżnorodność i jej znaczenie w funkcjonowaniu ekosystemów. *Rocz. Gleboznawcze* 55(1), 321–335.
- Badura L.: 2004: Czy znamy wszystkie uwarunkowania funkcji mikroorganizmów w ekosystemach lądowych. *Kosmos*, 53 (3–4), 375–379.
- Badura L., Krzuś G., Wielgosz E.: 2001. Oddziaływanie kadmu na bakterie glebowe i rizosferowe pomidorów w różnych fazach rozwojowych. *Ann. UMCS Lublin* 19, 167–174.
- Buckman H.C., Brady N.C.: 1971. *Gleba i jej właściwości*. PWRiL, Warszawa, s. 421.
- Francis A.J., Dodge C.J.: 1993. Influence of complex structure on biodegradation of iron-citrate complex. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59, 109–113.
- Hawes M. C., Bengough G., Cassab G., Ponce G.: 2003. Root caps and rhizosphere. *J. Plant Growth Regul.*, 21: 352–367.
- Hejden M.G.A., van Sander I.R.: 2002. *Mycorrhizal Ecology*. Springer Verl. New York – Heidelberg, s. 469.
- Huang P. M., Bollag J-M., Senes N.: 2002. Interaction between soil particles and microorganisms. Impact on the Terrestrial Ecosystem. *IUPAC Ser. Anal. Phys. Chem. Environ. Systems*, v. 8, s. 566.
- Krupa P.: 2004. Ektomikoryzy i ich znaczenie dla drzew rosnących na terenach zanieczyszczonych metalami ciężkimi. *Wyd. Uniwersytet Śląski, Katowice*, s. 92.
- Kurek E., Kobus J.: 1990. Korzystne i szkodliwe oddziaływanie mikroflory na wzrost i rozwój roślin. *Post. Mikrobiol.*, 29, 103–123.
- Lynch J. M.: 1990. *The Rhizosphere*. John Wiley & Sons, New York, s. 458.
- Odum P.E.: 1953. *Fundamentals of Ecology*. Saunders, Philadelphia, s. 384.
- Russel R.S.: 1977. *Plant Root Systems*. McGraw-Hill Book Comp. London, s. 298.
- Skiba S.: 2002. Gleba w środowisku przyrodniczym, W: *Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach*. W. Barabasz (Red.). Drukpol, Kraków, 157–167.
- Scheffer F., Schachtschabel P.: 1979. *Lehrbuch der Bodenkunde*. F. Enke Verlag, Stuttgart, s. 607.

- Smyk B.: 1978. Biologiczne skutki chemizacji rolnictwa. Emisje przemysłowe. Mykotoksyny i nitrozoaminy (2), *Aura*, 9: 2–6.
- Weiner J.: 1999. *Życie i ewolucja biosfery – podręcznik ekologii ogólnej*. PWN, Warszawa, s. 610.
- Taga E.T., Blassler B. L.: 2004. Chemical communication among bacteria. *Proc. Nat. Acad. Science*, 100: 14549–14554.
- Tate III R.L.: 1995. *Soil Microbiology*. John Wiley & Sons, New York, s. 508.
- Tomaszewski J.: 1964. *Nauka o glebie*. PWRiL, Warszawa, s. 307.

CONSIDERATION OF ROLE OF MICROORGANISMS IN SOIL

S u m m a r y

In this article the problem connected with development of soil microbiology and role of soil microorganisms in ecosystems are discussed. The most important role of soil microorganisms is their participation in decay of organic compounds leading to release of essential elements and synthesis of humic substances precursors. However, another fundamental role of microorganisms is colonization of plant roots and formation of specific interactions in rhizosphere and mycorrhiza. Because of in these interactions participate mainly eutrophic organisms, the role of organic compounds as a reservoir of essential elements for plants and microorganisms is taking into consideration.

KEY WORDS: ecosystem, mycorrhiza, soil microorganisms, rhizosphere, soil organic compounds

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Jan Bárta, Jiří Diviš

**IMPACT OF AGROECOLOGICAL CONDITIONS ON TUBER
TEXTURE IN TABLE POTATO CULTIVARS KARIN,
MARABEL, AND ROSELLA**

**WPŁYW CZYNNIKÓW AGROEKOLOGICZNYCH
NA KONSYSTENCJĘ JADALNYCH BULW ZIEMNIAKA
ODMIAN KARIN, MARABEL I ROSELLA**

*University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture, Department
of Plant Production
Studentská 13, 370 05 České Budějovice, The Czech Republic*

In this paper, impact of agroecological conditions (cultivar, applied nitrogen, site, year) on textural characteristics of table potatoes (consistency, structure, mealiness, moistness) is evaluated by sensory analysis. It was confirmed, that cultivar is the main holder of textural characteristics. From the evaluated factors the cultivar had the greatest effect on the characteristics studied. On the other hand, the tested cultivars specifically responded to year and site conditions, among table potato cultivars apparently exist differences in stability of cooking type. The expected indicative role of specific gravity for higher mealiness was not statistically significant. Graded rate of applied nitrogen significantly affected consistency, structure and mealiness in cooked tubers, but the found linear regressions of these characteristics on the rates of applied N explained only the minimum of the total variability. In spite of that, some tendencies, that higher rates of applied nitrogen lead to tuber firming, fining of structure and weakening of mealiness, were recorded.

KEY WORDS: table potatoes, agroecological conditions, texture, cooking type

INTRODUCTION

More characteristics are used for an expression of cooked potato tuber texture. The most frequently used characteristics represent firmness, consistency and mealiness. However, disintegration, moistness, hardness, softness and some other are also used [Böhler et al., 1986; Böhler i wsp., 1987; Thybo et al., 2000]. The cultivar is generally considered to be the main holder of texture characteristics potential [Böhler et al., 1986;

Martens et al., 2000], which is declared in each cultivar by specific cooking type, notifying consumers about suitability for kitchen processing. Nevertheless, the cultivar potential can also be affected by agroecological conditions.

In detail view, texture changes of cooked tubers are derived from character and degradation of cell wall and also from character of tuber starch (specific gravity is in direct dependence on starch content in tubers). Higher values of specific gravity and starch content in tubers are considered as an indicative role for negative texture changes of cooked potatoes [Böhler et al., 1986; Harada, Paulus, 1986]. O'Beirne and Cassidy [1990] found high correlation coefficient ($r = 0.94$) between specific gravity and mealiness. Resolution of agroecological impacts on texture of cooked table potatoes is very complex problem that has not been sufficiently studied. In the Czech Republic, only Míča [1980] studied an effect of some environmental factors on instrumentally analysed tuber texture. Most of Czech publications reported studies of agroecological conditions on table value of potatoes in total, direct impact on the tuber texture has not been mentioned [Prugar et al., 1977; Míča, Vokál, 1989; Domkářová, [2001]. Recently, an exception was reported – the study dedicated to impacts of lower and higher growing areas on the table potato quality [Vokál et al., 2000]. Effect of nitrogen application on mealiness was studied in growing conditions of Ireland [O'Beirne, Cassidy, 1990; Ridley, Lindsay, 1984]. Generally, it is reported that nitrogen fertilization can cause a reduction of tuber specific gravity [Westermann et. al., 1994; Feibert et. al., 1998]. However, some authors did not confirm this effect [Silva et. al., 1991; Porter, Sisson, 1991]. If nitrogen application affects the tuber specific gravity, and if close positive correlation between specific gravity and mealiness exists, presumably applied nitrogen can also influence textural characteristics.

In countries with advanced potato growing, including the Czech Republic, an obligation for indication of cultivar cooking type in market late table potatoes was established. Even from this point of view the study of growing conditions and their modifying effects on texture of cooked tubers and stability of cooking type is important. The aim of this paper is to contribute to study of agroecological conditions impacts (nitrogen application, growing site, year) on tuber texture characteristics and stability of cultivar guaranteed cooking type.

MATERIAL AND METHODS

In 1998–2000, three table potato cultivars – Marabel (very early – early, cooking type BA-B), Karin (early, cooking type BA), Rosella (semi early, cooking type B) were growing in exact field trials in two sites (České Budějovice, CB – altitude 380 m; Vyk-lantice near Pacov, VY – altitude 620 m). Three variants with different rate of nitrogen fertilization (before planting in ammonium sulphate) were applied in trials:

| | |
|-------------|---------------------------|
| variant I | 0 kg N·ha ⁻¹ |
| variant II | 60 kg N·ha ⁻¹ |
| variant III | 120 kg N·ha ⁻¹ |

Phosphorus (35 kg P·ha⁻¹ in superphosphate) and potassium (60 kg K·ha⁻¹ in potassium sulphate) were applied before planting in all variants in autumn of previous year. Each variant was replicated three times. The basic data of experimental conditions are given in table 1. Standard way of cultivation and chemical plant protection were applied. After hand harvest of potato tubers, tuber yield, average tuber weight, and specific gravity were determined. Tubers of size fraction 35–70 mm, were used for sensory analysis.

Table 1
Tabela 1

Environmental conditions
Warunki środowiskowe

a) average month temperature – średnia miesięczna temperatura

| | 1998 | | 1999 | | 2000 | | SCN |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| | °C | DSCN (°C) | °C | DSCN (°C) | °C | DSCN (°C) | °C |
| CB | | | | | | | |
| VII. | 18.3 | + 0.6 n | 19.5 | + 1.8 vw | 16.5 | - 1.2 c | 17.7 |
| VIII. | 18.5 | + 1.4 w | 17.9 | + 0.8 n | 19.3 | + 2.2 vw | 17.1 |
| IV.-IX. | 15.3 | + 1.0 n | 15.7 | + 1.4 w | 16.0 | + 1.7 vw | 14.3 |
| VY | | | | | | | |
| VII. | 17.1 | + 0.9 n | 18.9 | + 2.7 ew | 15.5 | - 0.7 c | 16.2 |
| VIII. | 17.5 | + 1.7 vw | 17.2 | + 1.4 w | 19.0 | + 3.2 ew | 15.8 |
| IV.-IX. | 14.5 | + 1.6 vw | 15.0 | + 2.1 vw | 15.3 | + 2.5 vw | 12.9 |

b) sum of rainfalls – suma opadów

| | 1998 | | 1999 | | 2000 | | SCN |
|----------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | mm | RPSCN (%) | mm | RPSCN (%) | mm | RPSCN (%) | mm |
| CB | | | | | | | |
| VII. | 93 | 119.9 n | 73 | 93.7 n | 104 | 133.7 d | 78 |
| VIII. | 35 | 44.9 d | 68 | 86.5 n | 73 | 92.9 n | 79 |
| IV.-IX. | 381 | 92.1 n | 324 | 78.2 n | 370 | 89.4 n | 414 |
| VY | | | | | | | |
| VII. | 97 | 125.2 n | 109 | 141.1 h | 130 | 169.0 h | 77 |
| VIII. | 50 | 59.4 d | 46 | 55.1 d | 43 | 51.7 d | 83 |
| IV.-IX. | 392 | 92.5 n | 369 | 87.1 n | 340 | 80.3 n | 423 |

Notes – objaśnienie: SCN – standard climatic normal for period – typowe warunki klimatyczne za okres 1961–1990; DSCN – deviation from SCN (°C) – odchylenie od SCN (°C); RPSCN – relative percentage of SCN – procentowy stosunek do SCN; index indication – wskaźnik: n – normal – normalny, c – cold – zimny, w – warm – ciepły, vw – very warm – gorący, ew – extraordinary warm – bardzo gorący, d – dry – suchy, h – humid – wilgotny (modified by – modyfikowany przez Kožnarová and Klabzuba [19]).

Textural parameters (consistency, structure, mealiness, and moistness) and cooking type were determined by panel of 7 trained assessors (they were the same all years) the same each year) in December according to modified method of European Association for Potato Research for sensory evaluation of cooked potatoes [Pelikán, Suková, 1998]. Details of the used category rating scales are presented in table 2. The method is also used for determination of cooking type by Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture in Brno. Obtained data were statistically processed by software STATISTICA, version 6 [StatSoft, Inc. 2001].

Table 2
Tabela 2

Description and classification of textural characteristics of cooked potato tubers
Opis i klasyfikacja konsystencji ugotowanych bulw ziemniaka jadalnego

| Characteristics Charakterystyka | Category rating scales Kategorie wskaźników |
|------------------------------------|---|
| Consistence Zwięzłość | 1 – very soft – bardzo miękka, 3 – soft – miękka, 5 – medium – średnia, 7 – firm – jędrna, 9 – very firm – bardzo jędrna |
| Structure Struktura | 3 – fine – drobna, 5 – medium – średnia, 7 – coarse – gruba |
| Mealiness Mączystość | 1 – very slightly mealy – bardzo lekko mączysty, 3 – slightly mealy – lekko mączysty, 5 – medium mealy – średnio mączysty, 7 – intense mealy – silnie mączysty, 9 – very intense mealy – bardzo silnie mączysty |
| Moistness Wilgotność | 1 – very weak moistness – bardzo słabo wilgotne, 3 – weak moistness – słabo wilgotne, 5 – medium moistness – średnio wilgotne, 7 – intense moistness – silnie wilgotne, 9 – very intense moistness – bardzo silnie wilgotne |

RESULTS AND DISCUSSION

Differences between cultivars result from values of textural characteristics (consistency, structure, mealiness, moistness), and specific gravity (tables 3, 4, 5). Nevertheless, significant differences were found only among the cultivar Marabel and two other cultivars (table 7). For all that, the cultivar effect on total variability of all followed characteristics was the most substantial (table 6). This finding logically affirms the opinion that cultivar tuber texture potential is crucial and cooking type characterization by cultivar is convenient [Böhler et. al., 1986; Martens, Thybo, 2000; Domkářová, 2001]. On the other hand, modifying effects of environmental conditions (incorporated into the factors year, site and applied nitrogen) on tuber texture and cooking type were not negligible, as next results show.

Cultivars

From the point of the maintenance of declared tuber consistency, year 1998 was important for the cultivar **Marabel** (table 3) in both experimental sites. In this year, consistency of cooked tubers, derived from variants with applied nitrogen was evaluated as „soft / medium“, which was, in final, expressed as a cooking type B-C. Marabel tubers

from site VY derived from variants I and II reached the consistency described as gentle firmer (cooking type B/B-C) in comparison with tubers from site CB. In spite of low values of specific gravity and mealiness, less firm consistency (worsening of cooking type) was found in 1998. This result may confirm the finding that the combination of higher values of specific gravity with aggravated tuber texture can be only in partial. It also depends on other characteristics and events being in progress in tuber cells – especially on the state of cell walls and their components [Böhler, et. al., 1986; Harada, Paulus, 1986]. High probability exists that variability of this cells components is affected by agroecological conditions.

In next years, 1999 and 2000, firmer consistency was found in the cultivar Marabel in both experimental sites, in spite of higher values of average tuber weight (data not shown), mainly in the year 2000 in the site VY. Marabel tubers from N applied variants were firmer, and tubers of all variants have lower specific gravity and low mealiness that fluctuated in range 2.0–4.4 of rating scale. Obviously, positive correlation between specific gravity and mealiness mentioned by cited authors [O’Beirne, Cassidy, 1990; Ridley, Lindsay, [1984] appears in this point. On the other hand, the indicative role of higher values of specific gravity on higher tuber mealiness cannot be consider as an absolute. During whole experimental period, Marabel tubers showed finer structure and higher moistness than tubers of other tested cultivars.

Table 3

Tabela 3

Average specific gravity a textural characteristics in the cultivar Marabel
Średni ciężar właściwy i cechy konsystencji bulw ziemniaka odmiany Marabel

| | Variant Wariant | CB | | | | VY | | | |
|-------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|
| | | 1998 | 1999 | 2000 | average średnia | 1998 | 1999 | 2000 | average średnia |
| Specific gravity Ciężar właściwy | I | 1073.2 | 1073.0 | 1073.7 | 1073.3 | 1071.7 | 1075.3 | 1074.2 | 1073.7 |
| | II | 1071.3 | 1071.3 | 1073.0 | 1071.9 | 1066.3 | 1072.3 | 1068.5 | 1069.0 |
| | III | 1067.8 | 1071.5 | 1072.5 | 1070.6 | 1068.8 | 1074.4 | 1068.5 | 1070.5 |
| Consistence Zwięzłość | I | 5.0 | 5.5 | 5.0 | 5.2 | 4.4 | 6.0 | 5.1 | 5.3 |
| | II | 4.0 | 6.3 | 6.1 | 5.6 | 4.4 | 5.6 | 5.9 | 5.4 |
| | III | 4.0 | 5.7 | 6.1 | 5.4 | 5.6 | 5.7 | 6.3 | 5.9 |
| Structure Struktura | I | 4.0 | 3.8 | 4.9 | 4.3 | 4.6 | 4.1 | 4.1 | 4.3 |
| | II | 4.6 | 4.0 | 3.3 | 3.9 | 3.8 | 4.3 | 4.4 | 4.2 |
| | III | 3.4 | 4.0 | 4.1 | 3.9 | 4.0 | 3.9 | 3.9 | 3.9 |
| Mealiness Mączystość | I | 2.8 | 3.5 | 3.4 | 3.3 | 4.2 | 2.7 | 3.6 | 3.4 |
| | II | 4.4 | 2.6 | 2.0 | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 2.9 | 3.2 |
| | III | 2.6 | 3.9 | 3.0 | 3.2 | 4.0 | 3.3 | 2.4 | 3.2 |
| Moistness Wilgotność | I | 7.0 | 5.2 | 4.1 | 5.3 | 3.6 | 4.3 | 4.9 | 4.3 |
| | II | 4.2 | 5.7 | 4.7 | 4.9 | 5.4 | 4.9 | 5.7 | 5.3 |
| | III | 6.6 | 5.0 | 4.3 | 5.2 | 6.4 | 4.9 | 5.3 | 5.4 |
| Cooking type Typ kulinarny | I | B | B / BA | B | B | B / B-C | BA | B | B |
| | II | B-C | BA | BA | BA | B / B-C | BA | BA | B / BA |
| | III | B-C | BA | BA | B / BA | BA | BA | BA | BA |

In site CB, cooked tubers of the cultivar Karin had firmer consistency in all experimental years (table 4), that fluctuated in the range 4.3 (variant II, year 2000) up to 6.1 (variant III, year 2000). Tubers from 1998 appeared as the firmest. Effect of applied N on tuber consistency was different in individual years. However, in average evaluation, the desired cooking type was found in all three variants. Tubers from site VY differed significantly in declared cooking type in comparison with tubers from site CB; tuber consistency fluctuated in the range 2.0 – 5.1 of rating scale („very soft / soft – medium“). Especially year 1999 was critical for Karin consistency in the site VY. In tubers of variant I. (control), consistency was evaluated as „very soft / soft“, which is a consistency inconvenient for human consumption according to cooking type evaluation. In 1999 and 2000 firmer consistency dependent on higher rate of applied N was found. In generally tubers of cultivar Karin had higher values of specific gravity and mealiness, in comparison with other tested cultivars, and these tubers appeared drier. Tubers derived from N – applied variants were gently moister than tubers derived from variant without N application.

Table 4
Tabela 4

Average specific gravity a textural characteristics in the cultivar Karin
Średni ciężar właściwy i cechy konsystencji bulw ziemniaka odmiany Karin

| | Variant Wariant | CB | | | | VY | | | |
|-------------------------------------|--------------------|--------|--------|---------|--------------------|--------|--------|---------|--------------------|
| | | 1998 | 1999 | 2000 | average średnia | 1998 | 1999 | 2000 | average średnia |
| Specific gravity Ciężar właściwy | I | 1083.0 | 1081.2 | 1079.9 | 1081.4 | 1077.5 | 1085.1 | 1079.3 | 1080.6 |
| | II | 1082.4 | 1079.3 | 1079.9 | 1080.5 | 1085.2 | 1079.5 | 1078.5 | 1081.1 |
| | III | 1078.9 | 1079.8 | 1078.9 | 1079.2 | 1075.5 | 1080.4 | 1079.9 | 1078.6 |
| Consistence Zwięzłość | I | 6.0 | 4.7 | 4.9 | 5.1 | 5.0 | 2.0 | 4.0 | 3.5 |
| | II | 5.6 | 5.3 | 4.3 | 5.0 | 3.8 | 3.9 | 4.3 | 4.0 |
| | III | 5.0 | 4.7 | 6.1 | 5.3 | 4.4 | 5.1 | 4.7 | 4.8 |
| Structure Struktura | I | 5.2 | 5.0 | 5.7 | 5.3 | 5.4 | 5.9 | 4.6 | 5.3 |
| | II | 4.0 | 4.6 | 4.9 | 4.5 | 5.6 | 5.6 | 5.0 | 5.4 |
| | III | 5.0 | 4.8 | 5.3 | 5.1 | 5.4 | 4.7 | 4.7 | 4.9 |
| Mealiness Mączystość | I | 3.8 | 3.7 | 5.4 | 4.3 | 4.6 | 6.9 | 5.4 | 5.7 |
| | II | 3.2 | 4.3 | 4.4 | 4.1 | 5.8 | 5.3 | 4.4 | 5.1 |
| | III | 4.0 | 5.0 | 4.6 | 4.4 | 5.0 | 4.7 | 4.6 | 4.7 |
| Moistness Wilgotność | I | 2.6 | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 4.0 | 3.1 | 3.4 | 3.5 |
| | II | 5.0 | 4.7 | 3.4 | 4.3 | 5.0 | 3.9 | 4.1 | 4.3 |
| | III | 4.4 | 4.3 | 4.1 | 4.3 | 4.8 | 3.9 | 3.9 | 4.1 |
| Cooking type Typ kulinarny | I | BA | B | B / B-C | B | B | N | B-C | B-C |
| | II | BA | B | B-C | B | B-C | B-C | B / B-C | B-C |
| | III | B | B | BA | B | B-C | B | B | B |

Consistency differences derived from site were also found in tubers of the cultivar Rosella (table 5). In 1998, tubers from CB of variants I and II were evaluated as cooking type B-C (incidentally, higher mealiness and specific gravity were found), while the

same variant tubers from VY were evaluated as cooking type B and tubers of variant III even as B/BA. It is interesting that tubers of variant III were evaluated as the least mealy from all the tested samples of the cultivar Rosella, but they showed the highest values of specific gravity. In 1999, tubers derived from N applied variants in the site CB were evaluated in this cultivar as the firmest during all experimental period – their cooking type were assessed as BA. Rosella tubers had less firm consistency in year 2000, especially in the site VY (variants I and II).

Table 5
Tabela 5

Average specific gravity a textural characteristics in the cultivar Rosella
Średni ciężar właściwy i cechy konsystencji bulw ziemniaka odmiany Rosella

| | Variant Wariant | CB | | | | VY | | | |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------|---------|--------|--------------------|
| | | 1998 | 1999 | 2000 | average średnia | 1998 | 1999 | 2000 | average średnia |
| Specific gravity Ciężar właściwy | I | 1081.2 | 1075.4 | 1076.5 | 1077.7 | 1073.5 | 1077.9 | 1077.6 | 1076.3 |
| | II | 1082.4 | 1072.9 | 1078.1 | 1077.8 | 1074.3 | 1076.6 | 1078.6 | 1076.5 |
| | III | 1080.6 | 1070.9 | 1075.3 | 1075.6 | 1083.7 | 1076.9 | 1076.9 | 1079.2 |
| Consistence Zwięzłość | I | 4.6 | 4.5 | 3.6 | 4.2 | 5.2 | 5.6 | 4.3 | 5.0 |
| | II | 3.8 | 6.3 | 5.0 | 5.2 | 5.2 | 4.3 | 4.1 | 4.5 |
| | III | 4.8 | 6.1 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 4.6 | 5.3 | 5.0 |
| Structure Struktura | I | 6.0 | 5.3 | 5.6 | 5.6 | 6.2 | 5.1 | 4.6 | 5.2 |
| | II | 5.8 | 4.7 | 4.6 | 4.9 | 5.6 | 4.6 | 5.0 | 5.0 |
| | III | 4.8 | 4.1 | 4.7 | 4.5 | 5.0 | 5.4 | 5.1 | 5.2 |
| Mealiness Mączystość | I | 6.4 | 4.3 | 5.7 | 5.4 | 4.4 | 4.3 | 4.7 | 4.5 |
| | II | 6.0 | 3.0 | 3.9 | 4.1 | 4.8 | 4.0 | 5.3 | 4.7 |
| | III | 4.4 | 3.1 | 3.9 | 3.7 | 2.8 | 4.1 | 4.6 | 3.9 |
| Moistness Wilgotność | I | 4.2 | 4.5 | 3.7 | 4.1 | 4.0 | 4.4 | 4.3 | 4.3 |
| | II | 3.4 | 4.9 | 3.6 | 4.0 | 3.8 | 4.3 | 3.7 | 3.9 |
| | III | 4.6 | 3.9 | 4.7 | 4.4 | 4.8 | 4.7 | 3.9 | 4.4 |
| Cooking type Typ kulinarny | I | B-C | B | B-C | B-C | B | B / BA | B-C | B |
| | II | B-C | BA | B | B | B | B / B-C | B-C | B-C |
| | III | B | BA | B | B | B / BA | B | B | B |

Year and site

The interaction between cultivar and year (table 6), and also the interaction between year and site, are manifested as statistically significant in characteristics consistency and mealiness. Considering the manifestation of year effects, it is needed to emphasize, that all three experimental years were markedly extraordinary with respect to temperature. In addition, this fact was supported by rainfall deficit (table 1), except for year 2000 in the site VY. Obviously, this year abnormality was specifically showed in the cultivar Karin by the decline of consistency from the declared cooking type. Direct shares of year and site in the total variability of individual characteristics were low and non-significant in comparison with the cultivar effect (table 6). The mentioned findings again confirm the importance of the cultivar potential in tuber consistency, and also the fact, that modification effect of environmental conditions appears specifically in each cultivar.

Table 6
Tabela 6Analysis of variance (ANOVA)
Analiza wariancji (ANOVA)

| Factor / Interaction Czynnik / Interakcja | F – ratio F – obliczone | | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | specific gravity ciężar właściwy | consistence zwięzłość | structure struktura | mealiness mączystość | moistness wilgotność |
| Year – Rok (1) | 0.13 | 1.11 | 1.79 | 0.55 | 1.94 |
| Site – Stanowisko (2) | 0.14 | 3.15 | 2.15 | 3.42 | 0.18 |
| Cultivar – Odmiana (3) | 58.55*** | 6.03** | 38.91*** | 26.17*** | 12.86*** |
| Applied – Dawka N (4) | 1.91 | 3.22* | 5.43** | 3.37* | 2.16 |
| 1 x 2 | 5.32** | 1.49 | 2.54 | 0.68 | 1.57 |
| 1 x 3 | 3.63** | 4.38** | 1.56 | 3.09* | 0.58 |
| 2 x 3 | 0.24 | 4.36* | 0.21 | 3.82* | 0.13 |
| 1 x 4 | 0.56 | 2.22 | 0.49 | 1.50 | 1.11 |
| 2 x 4 | 0.93 | 0.68 | 1.61 | 0.57 | 0.87 |
| 3 x 4 | 1.26 | 0.09 | 0.34 | 1.08 | 0.84 |
| 1 x 2 x 3 | 0.78 | 0.66 | 1.18 | 3.15* | 1.62 |
| 1 x 2 x 4 | 0.63 | 0.68 | 1.99 | 0.55 | 0.85 |
| 1 x 3 x 4 | 1.52 | 0.82 | 0.94 | 0.54 | 0.82 |
| 2 x 3 x 4 | 0.97 | 1.33 | 1.78 | 1.21 | 0.84 |
| 1 x 2 x 3 x 4 | 0.74 | 1.45 | 1.08 | 1.81 | 1.04 |

Note – objaśnienie: significant level – istotne dla poziomu

* 0.01 < p ≤ 0.05; ** 0.001 < p ≤ 0.01; *** p ≤ 0.001.

In total, firmer tuber consistency was found in the site CB (at the average 5.17 of rating scale) than in the site VY (at average 4.81 of rating scale), tubers from this site were generally evaluated as more mealy (table 7). It may be summarized that cooked tubers from the site with lower altitude have appeared as gentle firmer in comparison with tubers from the site with higher altitude (the difference is about 240 m). This finding is in agreement with the results of Vokál *et al.* [Vokál, *et al.*, 2000], who found gently higher firmness in tubers derived from warmer regions with lower statistically altitude as statistically significant in comparison with tubers which were grown in cooler regions at higher altitude.

Applied nitrogen

Applied nitrogen significantly affected consistency, structure and mealiness (table 6). On average, significant differences were found between the control variant and variant with 120 kg N per hectare in these characteristics. Statistically significant regression of specific gravity on graded N – application (to 120 kg N·ha⁻¹) was not found. Thus, this result does not confirm the prediction, that graded N – applications reduces specific gravity of tubers, which some authors did not also confirm [Silva *et al.* 1991; Porter, Sisson, 1991]. More marked decline of specific gravity can be found by application of N rates above 120 kg N·ha⁻¹ [O’Beirne, Cassidy, 1990; Westermann *et al.* 1994; Feibert *et al.*, 1998].

Table 7

Tabela 7

Mean values of average tuber weight, specific gravity and textural characteristics in factor levels
Średnie wartości dla ciężaru właściwego i cech konsystencji bulw

| Factor level Poziom czynnika | Specific gravity Ciężar właściwy | Consistence Zwięzłość | Structure Struktura | Mealiness Mączystość | Moistness Wilgotność |
|---|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Average of experiment Średnia dla doświadczenia | 1076.3 | 4.99 | 4.74 | 4.10 | 4.43 |
| Year – Rok | | | | | |
| 1998 | 1076.5 a | 4.78 a | 4.91 a | 4.24 a | 4.66 a |
| 1999 | 1076.3 a | 5.11 a | 4.66 a | 4.01 a | 4.49 a |
| 2000 | 1076.1 a | 5.02 a | 4.69 a | 4.09 a | 4.21 a |
| Site – Stanowisko | | | | | |
| CB | 1076.4 a | 5.17 a | 4.66 a | 3.92 a | 4.47 a |
| VY | 1076.2 a | 4.81 b | 4.81 a | 4.27 b | 4.39 a |
| Cultivar – Odmiana | | | | | |
| Karin | 1080.2 a | 4.62 a | 5.07 a | 4.73 a | 4.04 a |
| Rosella | 1077.2 b | 4.88 a | 5.08 a | 4.39 a | 4.19 a |
| Marabel | 1071.5 c | 5.46 b | 4.07 b | 3.19 b | 5.07 b |
| Variant (applied N, kg · ha ⁻¹) Wariant (dawka N kg · ha ⁻¹) | | | | | |
| I (0) | 1077.2 a | 4.70 a | 4.99 a | 4.44 a | 4.20 a |
| II (60) | 1076.1 a | 4.94 a | 4.66 b | 4.01 a b | 4.46 a |
| III (120) | 1075.6 a | 5.32 b | 4.58 b | 3.86 b | 4.63 a |

Note – objaśnienie: Same lower case letters indicate non-significant difference at the $\alpha = 0.05$ level (Tukey HSD test). Wskaźniki oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0.05$ (Test Tukeya)

a or b – homogenous groups – grupy jednorodne

Negative linear regressions of mealiness and structure on applied N were found as statistically significant, but with low values of determination coefficient r^2 (table 9). Expected positive correlation between specific gravity and mealiness was statistical significant (table 8), however it may be assessed as weak ($r = 0.196$). Compared with this result, O'Beirne and Cassidy [1990] reported in their work the existence of the close correlation ($r = + 0.94$) between tuber mealiness and interval of specific gravity. Tubers with specific gravity over 1.08 were classified by these authors as mealy up to very mealy. The obtained weak positive regression of consistency on applied N could indicate, in given range of applied N rates at, the existence of consistency increase in reaction to graded rate of N application. Nevertheless, this hypothesis may not be over-

estimated and generalized with respect to low number of tested cultivars. Miča [1980] confirms a different cultivar reaction to N application in tuber consistency. Two evaluated potato cultivars (with different declared texture) responded differently, and the firmest texture was found in the range of N application 120–180 kg N·ha⁻¹.

Table 8
Tabela 8

Correlation coefficients among studied characteristics
Współczynniki korelacji między badanymi cechami

| | Consistence Zwięzłość | Structure Struktura | Mealiness Mączystość | Moistness Wilgotność |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Structure – struktura | - 0.210 *** | | | |
| Mealiness – Mączystość | - 0.600 *** | 0.478 *** | | |
| Moistness – Wilgotność | 0.314 *** | - 0.280 *** | - 0.370 *** | |
| Specific gravity – Ciężar właściwy | - 0.150 NS | 0.214 ** | 0.196 * | - 0.250 ** |

Note – Objaśnienie: significant level – istotne dla poziomu * 0.01 < p ≤ 0.05; ** 0.001 < p ≤ 0.01; *** p ≤ 0.001; NS – not significant – nieistotne

Table 9
Tabela 9

Linear regression of characteristics (Y, in rating scale) on applied nitrogen (AN, in kg·ha⁻¹)
Współczynniki regresji liniowej pomiędzy (Y, parametr) a dawką azotu (N kg·ha⁻¹)

| | |
|-------------------------------------|---|
| Consistence Zwięzłość | Y = 4.678 + 0.0051 AN (r ² = 0.022 **) |
| Structure Struktura | Y = 4.948 – 0.0035 AN (r ² = 0.023 **) |
| Mealiness Mączystość | Y = 4.393 – 0.0049 AN (r ² = 0.017 *) |
| Moistness Wilgotność | NS |
| Specific gravity Ciężar właściwy | NS |

Note – Objaśnienie: significant level – istotne dla poziomu * 0.01 < p ≤ 0.05; ** 0.001 < p ≤ 0.01; NS – not significant – nieistotne

CONCLUSIONS

The well has been known effect that cultivar is main holder of textural characteristics, was confirmed. In all followed characteristics, the direct cultivar effect was the greatest in comparison with other studied factors. The specific cultivar reaction to environmental conditions appears to be very important – a different stability of cooking type among cultivars was found. The cultivar Rosella had the most stable cooking type with respect to modifying impacts of environment, like the cultivar Marabel (except for the year 1998). The cooking type of the cultivar Karin was markedly dependent on interactive impact of year and site. Direct effects of year and site were not significant for tex-

tural characteristics. The significant effect of site on tuber mealiness was an exception, tubers derived from site VY were more mealy than CB tubers. The indicative role of specific gravity for higher values of tuber mealiness was not significant. Graded nitrogen applications significantly affected consistency, structure and mealiness, but the found linear regressions of these characteristics on the rate of applied N explained only the minimum of the total variability. In spite of that, some tendencies that higher rates of applied nitrogen lead to tuber firming, fining of structure and weakening of mealiness were recorded.

ACKNOWLEDGEMENT

This project was supported by research grant MSM 6007665806 of the Ministry of Education, Youth, and Sport of the Czech Republic. Authors thank for financial support.

REFERENCES

- Böhler G., Escher F., Solms J.: 1986. Evaluation of cooking quality of potatoes using sensory and instrumental methods. 1. Sensory evaluation. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 19: 338–343.
- Böhler G., Escher F., Solms J.: 1987. Evaluation of cooking quality of potatoes using sensory and instrumental methods. 2. Instrumental evaluation. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 20: 207–216.
- Thybo A. K., Bechmann I. E., Martens M., Engelsen S. B.: 2000. Prediction of sensory texture of cooked, near infrared spectroscopy a low field ¹H NMR spectroscopy. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 33: 103–111.
- Martens H. J., Thybo A. K.: 2000. An Intergrated microstructural, sensory and instrumental approach to describe potato texture. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 33:471–482.
- Harada T., Paulus K.: 1986. Analytical methods to characterize the cooking behavior of potatoes. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 19: (1) 39–43.
- O’Beirne D., Cassidy J. C.: 1990. Effects of nitrogen fertilization on yield, dry matter content and flouriness of potatoes. *J. Sci. Food Agric.* 52: 351–363.
- Míča B.: 1980. Faktory ovlivňující texturu vařených hlíz bramborů. *Rostlinná výroba* 26: (12) 1241–1248.
- Prugar J. et al.: 1977. Kvalita rostlinných produktů. SZN Praha, 302 p.
- Míča B., Vokál B.: 1989. Vztah mezi obsahem živin v hlízách při sklizni, obsahem sušiny a stolní hodnotou brambor. *Rostlinná výroba* 35: (10) 1071–1078.
- Domkářová J.: 2001. Zhodnocení genofondu odrůd *Solanum tuberosum* L. z hlediska kvality a odolnosti k chorobám. Autoreferát disertační práce. Agronomická fakulta, ČZU v Praze, 24 s.
- Vokál B., Hamouz K., Čepl J.: 2000. Vliv rozdílných ekologických podmínek pěstování na stolní hodnot hlíz brambor. *Rostlinná výroba* 46 (11): 487–493.
- Ridley S. C., Lindsay R. C.: 1984. Evaluation of factors affecting predictability of mealy textures in potatoes. *Journal of Food Quality* 7: 1–16.
- Westermann D. T., Tindall T. A., James D. W., Hurst R. L.: 1994. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. *American Potato Journal* 71: 417–431.

- Feibert E. B. G., Shock C. C., Saunders L. D.: 1998. Nitrogen fertilizer requirements of potatoes using carefully scheduled sprinkler irrigation. *HortScience* 33 (2): 262–265.
- Silva G. H., Chase R. W., Hammerschmidt R., Vitosh M. L., Kitchen R. B.: 1991. Irrigation, nitrogen and gypsum effects on specific gravity and internal defects of Atlantic potatoes. *American Potato Journal* 68: 751–765.
- Porter G. A., Sisson J. A.: 1991. Yield, market quality and petiole nitrate concentration of non-irrigated Russet Burbank and Shepody potatoes in response to sidedressed nitrogen. *American Potato Journal* 70: 101–116.
- Pelikán M., Suková M.: 1998. Hodnocení a využití rostlinných produktů. Skriptum. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 181 p.
- StatSoft, Inc.: 2001. STATISTICA for Windows (Computer program manual). Tulsa, OK (USA).
- Kožnarová V., Klabzuba J.: 2002. Doporučení WMO pro popis meteorologických resp. klimatologických podmínek definovaného období. *Rostlinná výroba* 48 (4): 190–192.

WPLYW CZYNNIKÓW AGROEKOLOGICZNYCH NA KONSYSTENCJĘ JADALNYCH BULW ZIEMNIAKA ODMIAN KARIN, MARABEL I ROSELLA

S t r e s z c z e n i e

W artykule oceniono, za pośrednictwem analizy sensorycznej, wpływ agroekologicznych czynników (odmiany, nawożenia azotem, stanowiska, roku badań) na konsystencję bulw ziemniaka jadalnego (zwięzłość, struktura, mączystość, wilgotność). Potwierdzono, że odmiana jest głównym źródłem warunkującym konsystencję bulw. Wpływ cech odmianowych na oceniane parametry konsystencji był istotnie najwyższy z kolei, z drugiej strony, oceniane odmiany reagowały specyficznie na warunki pogodowe w poszczególnych latach badań i stanowisko, co objawiało się między innymi brakiem stabilności dotyczącej określonego typu kulinarnego. Przewidywana interakcja pomiędzy niską masą bulw a wysoką mączystością nie znalazła potwierdzenia w przeprowadzonych badaniach. Wzrastająca dawka azotu istotnie wpłynęła na konsystencję, strukturę i mączystość ugotowanych bulw, ale liniowa regresja tych cech dotyczyła nawożenia do 120 kg N·ha⁻¹. Dlatego uwidoczniły się tendencje dotyczące wpływu wzrastającej dawki azotu (do 120 kg N·ha⁻¹) na zwiększenie jędrności bulw i zmniejszenia ich mączystości.

SŁOWA KLUCZOWE: ziemniak jadalny, agroekologiczne czynniki, konsystencja, typ kulinarny

Recenzent: prof. dr hab. Urszula Prośba-Białczyk – Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu

Przemysław Bąbelewski, Regina Dębicz

**WPLYW PREPARATU ASAHI SL NA WZROST I JAKOŚĆ
ROZSADY TORENII OGRODOWEJ (*TORENIA FOURNIERI*
LINDEN) I FUKSJI MIESZAŃCOWEJ (*FUCHSIA HYBRIDA*)
THE EFFECT OF ASAHI SL PREPARATION ON GROWTH
AND QUALITY OF SEDLINGS *TORENIA FOURNIERI* LINDEN
AND *FUCHSIA HYBRIDA***

*Katedra Ogrodnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Horticulture, University of Environmental and Life Science of Wrocław*

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano, że zastosowanie biostymulatora Asahi SL w stężeniu 0,2% miało korzystny wpływ na długość pędów torenii ogrodowej. Pędy te miały długość 20,7 cm i były dłuższe o 3,9 cm od pędów roślin kontrolnych. Jednak rośliny poddane działaniu tego preparatu wytworzyły istotnie mniejszą liczbę pędów głównych, bocznych i liści na roślinie, niezależnie od zastosowanego stężenia roztworu do opryskiwania. Środek ten nie stymulował wzrostu i rozwoju pędów fuksji mieszańcowej 'Edenrock'. Miał natomiast wpływ na liczbę liści. Mniejszą ich liczbę uzyskano opryskując rośliny 0,3% roztworem Asahi SL. Z kolei opryskiwanie fuksji mieszańcowej 'Silhouette' roztworami preparatu Asahi SL nie spowodowało wydłużenia pędów tej odmiany, natomiast rośliny wytworzyły mniejszą liczbę pędów głównych na roślinie. Tylko u roślin traktowanych 0,3% roztworem Asahi SL zaobserwowano korzystny wpływ preparatu na liczbę pędów bocznych u tej odmiany. Było ich 14,1 na roślinie. Opryskiwanie młodych roślin fuksji mieszańcowej i torenii ogrodowej preparatem Asahi SL nie przyczyniło się znacząco do poprawy ich jakości.

SŁOWA KLUCZOWE: Asahi SL, torenia ogrodowa (*Torenia fournieri*), fuksja mieszańcowa (*Fuchsia hybrida*), wzrost roślin

WSTĘP

Torenia ogrodowa (*Torenia fournieri* Linden) z rodziny trędownikowatych, (*Scrophulariaceae*) w warunkach naturalnych rośnie w tropikalnych rejonach Afryki i Azji. W Polsce do tej pory jest mało znana. Należy do roślin jednorocznych o pędach

przewieszających się o długości 20–25 cm i jajowatych, brzegiem piłkowanych, ostro zakończonych liściach, długości 4–5 cm. Latem tworzy dwuwargowe, ciemnoniebiesko-fioletowe kwiaty, jaśniejsze i żółte wewnątrz, o długości 4–5 cm. Może służyć do eksponowania w naczyniach podwieszanych, do sadzenia w skrzynkach balkonowych i rabatach kwiatowych. Podobne zastosowanie ma znana i często uprawiana fuksja mieszańcowa (*Fuchsia hybrida*). O ich wartości dekoracyjnej decydują kwiaty wyrastające z kątów liści, dlatego liczba i długość pędów jest istotną cechą dla uzyskania obfitego kwitnienia.

Obecnie w intensywnych uprawach ogrodniczych stosuje się preparaty stymulujące wzrost i rozwój roślin. Do grupy preparatów wykazujących właściwości stymulujące należy m.in. Asahi SL. Zawiera on w swoim składzie związki fenolowe, naturalnie występujące w komórkach roślinnych, które uczestniczą w szeregu procesach biochemicznych i fizjologicznych roślin. Składnikiem czynnym tego preparatu jest orto- i para- nitrofenolan oraz sole sodowe 5-nitroguajakolu. Te proste związki fenolowe z łatwością przekształcane są przez rośliny w wiele innych pochodnych fenoli, a te uczestniczą w przemianach prowadzących do uzyskania większej ilości energii w mitochondriach. Zwiększenie ich zawartości w roślinie powoduje także obniżenie lepkości cytoplazmy, co z kolei sprzyja szybszemu przepływowi wszelkich produktów biosyntezy [Słowiński, 2004].

Asahi SL jest typowym preparatem, który podnosi odporność roślin na warunki stresowe, poprawia ich jakość i zwiększa plon produktu finalnego [Górnik i wsp., 1999; Berbec i wsp., 2003; Hetman i Adamiak, 2003].

Celem pracy było zbadanie wpływu preparatu Asahi SL na wzrost i jakość rozsady torenii ogrodowej 'Blue' i fuksji mieszańcowej w odmianach 'Edenrock' i 'Silhouette'.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie założono 29 marca 2004 roku. Ukorzone dwuwzłowe sadzonki fuksji mieszańcowej 'Edenrock' i 'Silhouette' i torenii ogrodowej 'Blue' posadzono do doniczek o średnicy 9 cm, w substrat torfowy o pH 5,7 z dodatkiem 2 g Hydrocomplexu i 1 g Osmocote Plus 5-6 (15+10+12+2+mikroelementy) na dm³. Preparat Asahi SL nanoszony był na rośliny w formie opryskiwania w trzech stężeniach: 0,1; 0,2 i 0,3%, cztery razy, co 10 dni, od 8 kwietnia 7 maja. Rośliny kontrolne opryskiwano wodą. Doświadczenie wykonano w czterech powtórzeniach. Powtórzenie składało się z 10 roślin. Pomiary biometryczne wykonywano od 20 do 22 maja. Dotyczyły one wysokości roślin lub długości pędów, liczby pędów głównych i bocznych oraz liczby liści na roślinach. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla doświadczenia jednoczynnikowego. Do oceny istotności różnic między średnimi użyto testu t-Duncana, przyjmując poziom istotności $\alpha = 0,05$. W tabeli przedstawiono średnie z czterech powtórzeń.

Tabela 1

Table 1

Cechy morfologiczne torenii ogrodowej 'Blue' i fuksji mieszańcowej 'Edenrock' i 'Silhowette' w zależności od zastosowanych stężeń Asahi SL
Morphological traits of *Torenia fournieri* 'Blue' and *Fuchsia hybrida* 'Edenrock' and 'Silhowette' to Asahi SL concentration

| Cecha Trait | Stężenie Asahi SL Concentration of Asahi SL [%] | Takson Taxa | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Torenia ogrodowa <i>Torenia fournieri</i> 'Blue' | Fuksja mieszań- cowa <i>Fuchsia hybrida</i> 'Edenrock' | Fuksja mieszań- cowa <i>Fuchsia hybrida</i> 'Silhowette' |
| Długość pędów Shoot length | Kontrola Control | 16,8 | 11,9 | 24,7 |
| | 0,1 | 18,4 | 14,2 | 26,9 |
| | 0,2 | 20,7 | 13,1 | 23,9 |
| | 0,3 | 17,7 | 13,2 | 26,8 |
| | NIR _{0,05} ; LSD _{0,05} | 2,4 | 1,6 | 2,41 |
| Liczba pędów głów- nych na roślinie Number of main shoots per plant | Kontrola Control | 5,1 | 3,1 | 15,6 |
| | 0,1 | 4,2 | 3,6 | 11,1 |
| | 0,2 | 3,3 | 3,2 | 12,8 |
| | 0,3 | 4,1 | 2,6 | 13,4 |
| | NIR _{0,05} ; LSD _{0,05} | 0,5 | 0,8 | 0,70 |
| Liczba pędów bocz- nych na roślinie Number of lateral shoots per plant | Kontrola Control | 6,6 | 3,8 | 11,7 |
| | 0,1 | 6,5 | 10,1 | 9,0 |
| | 0,2 | 5,2 | 10,2 | 10,5 |
| | 0,3 | 4,8 | 8,1 | 14,1 |
| | NIR _{0,05} ; LSD _{0,05} | 0,4 | 10,5 | 2,02 |
| Liczba liści na roślinie Number of leaves per plant | Kontrola Control | 100,3 | 28,3 | 43,1 |
| | 0,1 | 88,4 | 30,8 | 53,5 |
| | 0,2 | 89,7 | 24,7 | 37,8 |
| | 0,3 | 82 | 23,3 | 50,4 |
| | NIR _{0,05} ; LSD _{0,05} | 2,4 | 4,1 | 13,7 |

WYNIKI I DYSKUSJA

Otrzymane wyniki nie wskazują jednoznacznie, że zastosowanie Asahi SL miało korzystny wpływ na długość i liczbę pędów głównych i bocznych oraz na liczbę liści torenii ogrodowej oraz fuksji mieszańcowej 'Edenrock' i 'Silhowette'. Natomiast w badaniach prowadzonych przez Kocirę i Laskowską [2005] dowiedziono, że stosowanie tego preparatu bez względu na użyte stężenie roztworu zwiększyło liczbę i masę bulw potomnych acidantery dwubarwnej (*Acidantera bicolor* Hochst). Opryskiwanie

roślin 0,2% roztworem tego samego preparatu zwiększało także liczbę drobnych bulw potomnych sparaksisu trójbarwnego (*Sparaxis tricolor* Ker-Gawl.) [Marcinek i Hetman, 2005]. Również z doświadczenia przeprowadzonego wcześniej przez Hetmana i Adamiak [2003] wynika, że Asahi SL stosowany w stężeniach 0,1%, 0,25 i 0,4% korzystnie wpływał na długość i średnicę szyjki korzeniowej oraz masę części nadziemnej i systemu korzeniowego róży wielokwiatowej (*Rosa multiflora* Thunb.).

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano, że zastosowanie preparatu Asahi SL w stężeniu 0,2% miało korzystny wpływ na długość pędów torenii. Pędy te miały długość 20,7 cm i były dłuższe o 3,9 cm od roślin kontrolnych. Jednak rośliny poddane działaniu tego preparatu wytworzyły istotnie mniejszą liczbę pędów głównych, bocznych i liści na roślinie, niezależnie od zastosowanego stężenia roztworu do opryskiwania (tab. 1). Środek ten nie stymulował wzrostu i rozwoju pędów fuksji mieszańcowej 'Edenrock' (odmiana o pędach wzniesionych). Wpływał jednak na liczbę liści. Najmniej liści miały rośliny tej odmiany traktowane 0,3% roztworem Asahi SL. Było ich 23,3, tj. o 5 mniej od roślin kontrolnych. Z kolei opryskiwanie roślin fuksji mieszańcowej 'Silhouette' (odmiana o pędach częściowo zwisających) roztworami Asahi SL nie spowodowało istotnego wydłużenia ich pędów, natomiast rośliny wytworzyły mniejszą liczbę pędów głównych na roślinie. Było ich od 11,1 do 13,4, podczas gdy u roślin kontrolnych 15,6. Tylko u roślin traktowanych 0,3% roztworem Asahi SL zaobserwowano korzystny wpływ preparatu na liczbę pędów bocznych u tej odmiany. Było ich 14,1 na roślinie.

Opryskiwanie młodych roślin fuksji mieszańcowej i torenii preparatem Asahi SL nie wpłynęło znacząco na ich wzrost i poprawienie jakości. Być może przemienne lub łączne zastosowanie preparatów z grupy biostymulatorów, np. Asahi SL i nawozu Tytanitu przyniosłoby zadowalające efekty w otrzymaniu lepszej jakości rozsady badanych roślin, na co wskazują doświadczenia przeprowadzone przez Hetmana i Adamiak [2005] dotyczące róży wielokwiatowej. Również Laskowska i Kocira [2002] udowodnili, że moczenie bulw acidantery dwubarwnej w połączeniu z opryskiwaniem roślin roztworami Asahi SL i Tytanitu korzystnie wpłynęło na długość pędu kwiatostanowego tego gatunku.

WNIOSKI

1. Opryskiwanie młodych roślin fuksji mieszańcowej 'Edenrock' i 'Silhouette' oraz torenii ogrodowej 'Blue' preparatem Asahi SL nie wpłynęło znacząco na ich wzrost i poprawienie jakości.

2. Korzystny wpływ Asahi SL zastosowanego w stężeniu 0,2% obserwowano w przypadku długości pędów torenii ogrodowej 'Blue', a w stężeniu 0,3% w przypadku liczby pędów bocznych u fuksji mieszańcowej 'Silhouette'.

3. Opryskiwanie roślin Asahi SL nie spowodowało wydłużenia pędów i nie zwiększyło liczby pędów głównych i bocznych na roślinie u fuksji mieszańcowej 'Edenrock', zmniejszyło natomiast liczbę liści na roślinie po zastosowaniu 0,3% roztworu preparatu.

PIŚMIENNICTWO

- Berbec S., Andruszczak S., Lusiak J., Sapko A.: 2003. Wpływ dolistnego stosowania Atoniku i Ekolistu na plon i jakość surowca tymianku. *Acta Agrophysica* 85: 305–311.
- Górnik K., Dyki B., Grzesiak M.: 1999. Wpływ preparatu Atonik na plon i zdolność kiełkowania nasion *Callistephus chinensis* 'Aleksandra'. Materiały Ogóln. Konf. Nauk. „Postęp w rozmnażaniu roślin ozdobnych”. Kraków, 17 IX 1999: 116–119.
- Hetman J., Adamiak J.: 2003. Wpływ Asahi SL na jakość podkładek róży wielokwiatowej (*Rosa multiflora* Thunb.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 491: 61–68.
- Hetman J., Adamiak J.: 2005. Wpływ przemiennej, dolistnej aplikacji Asahi SL i Tytanitu na jakość róży wielokwiatowej (*Rosa multiflora* Thunb.) *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 504: 399–406.
- Kocira A., Laskowska H.: 2005. Plon bulw potomnych acidantery dwubarwnej odm. Murielskiej w zależności od stężenia i formy aplikacji Asahi SL. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 504: 639–644.
- Laskowska H., Kocira A.: 2002. Wpływ preparatu Asahi SL i nawozu Tytanit na cechy morfologiczne acidantery dwubarwnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 483: 141–148.
- Marcinek B., Hetman J.: 2005. Wpływ Asahi SL na plon bulw sparaksisu trójbarwnego (*Sparaxis tricolor* Ker-Gawl.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 504: 659–665.
- Słowiński A.: 2004. Biostymulatory w nowoczesnej uprawie roślin. *Nauka i Praktyka*, 3 (68).

THE EFFECT OF ASAHI SL PREPARATION ON GROWTH AND QUALITY OF SEEDLINGS *TORENIA FOURNIERI* LINDEN AND *FUCHSIA HYBRIDA***S u m m a r y**

Asahi SL applied in concentration of 0,2% significantly influenced average length of torenia shoots 'Blue'. The shoots reached length of 20,7 cm respectively and they were longer by 3,9 cm than shoots of control plants. Yet this preparation decreased the number of leaders and lateral shoots as well as leaves. Asahi SL, applied as a foliant, did not significantly affect the height and size of fuchsia 'Edenrock'. In the other hand the plants sprayed with 0,3% solution of the stimulator formed the smallest number of leaves (23,3). Fuchsia 'Silhouette' treated with 0,3% solution of Asahi formed the greatest number of lateral shoots – 14,1. This treatment did not influence the shoot length, the number of leaders and leaves, while the other solutions decreased the number of leaders per one plant. Spraying of young fuchsia and torenia plants with Asahi SL stimulator did not contribute significantly to their growth and size.

KEY WORDS: Asahi SL, *Torenia fournieri*, *Fuchsia hybrida*, growth plants

Recenzent: prof. dr hab. Mieczysław Czekalski – Akademia Rolnicza w Poznaniu

Helena Bis

**UZDOLNIENIA DO PRODUKCJI MIKOTOKSYN GRZYBÓW
WYIZOLOWANYCH Z GLEB KRAKOWA I JEGO OKOLIC
ABILITY TO PRODUCE MYCOTOXINS BY FUNGI ISOLATED
FROM SOILS IN CRACOW AND THE SURROUNDINGS**

*Katedra Mikrobiologii, Akademia Rolnicza w Krakowie
Department of Microbiology, University of Agriculture in Cracow*

Badania mikologiczne gleb prowadzono od maja do października 2004 roku. Próbkę gleby były pobierane raz w miesiącu w pięciu reprezentacyjnych miejscach Krakowa i jego okolicy.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono w badanych środowiskach glebowych znaczne zróżnicowanie liczebności grzybów mikroskopowych *Micromycetes*. Najwięcej ich stwierdzono w glebie pochodzącej z Ronda Matecznego, a najmniej w glebie z okolic Tynieckiego Parku Krajobrazowego. Z badanych gleb wyizolowano 19 gatunków grzybów, z których 10 uznano za potencjalnie toksynotwórcze. W teście biologicznym przebadano wszystkie wyizolowane szczepy (104) gatunków potencjalnie toksynotwórczych, chcąc stwierdzić, które z nich produkują metabolity zwane mikotoksynami. Na tej podstawie stwierdzono, że około 60% to szczepy toksynotwórcze. Metabolity pozostałych szczepów nie wykazywały właściwości toksycznych.

SŁOWA KLUCZOWE: gleba, grzyby, mikotoksyny

WSTĘP

Gleba to naturalne siedlisko życia wielu drobnoustrojów, w tym grzybów mikroskopowych. Drobnoustroje te dzięki swoistym uzdolnieniom biochemicznym przeprowadzają nie tylko proces mineralizacji i humifikacji materii organicznej, ale także wpływają na strukturę gleby uruchamiając wiele związków mineralnych, mających podstawowe znaczenie w prawidłowym odżywianiu roślin [Schlegel, 1996]. W środowisku glebowym grzyby przyczyniają się do rozkładu wielu substancji trudno rozpuszczalnych przez inne drobnoustroje, np.: celulozy, chityny, ligniny, keratyny. Mają też zdolności przeprowadzania procesu syntezy wielu związków, np.: kwasów humusowych, huminowych, witamin i antybiotyków.

Bez udziału grzybów nie mogłaby powstać gleba. Jest ona stałym rezerwuarem tych mikroorganizmów z których najważniejszy udział mają przedstawiciele saprofitów [Muller, Loeffler, 1987; Paul, Clark, 2000]. Następstwem chemicznej ingerencji człowieka w układy biocenotyczne gleby jest pojawienie się wśród autochtonicznych saprofitycznych grzybów – szczepów produkujących toksyny. Szczególnie wrażliwe na to działanie okazała się klasa *Deuteromycetes*. Przedstawiciele jej wykazują predyspozycje do syntezy zarówno *in vitro* jak i *in vivo*, toksycznych substancji biologicznie aktywnych zwanych mikotoksynami. Są to substancje odznaczające się działaniem totalnym, fitotoksycznym, bakterio- i grzybobójczym, mutagennym, teratogennym, kokarcinogennym, neuro- i neurotoksycznym [Barabasz, Vörisek, 2002; Kryński, Rokicki, 1983].

Mikotoksyny zagrażają wszystkim organizmom w różnych ekosystemach, co wpływa ujemnie nie tylko np. na żyzność gleb, produktywność biologiczną agroekosystemów, ekosystemów trawiastych, leśnych, jak i na jakość wód powierzchniowych, a także na plody rolne, żywność, zdrowie ludzi i zwierząt [Barabasz, Vörisek, 2002; Chełkowski, 1985; Tate, 2000].

W środowisku glebowym mikotoksyny wywierają toksyczny wpływ na rośliny, powodując zahamowanie kiełkowania nasion oraz wzrostu roślin, poprzez wywoływanie u nich zakłóceń mitozy i metabolizmu białkowego. Synteza toksyn w strefie korzeniowej roślin uważana jest za główną przyczynę zmian w pobieraniu i rozmieszczaniu składników pokarmowych w roślinie m. in. na skutek zahamowania rozwoju korzeni i włóśniaków. Może również wpływać niekorzystnie na proces mikoryzy [Bis, 2002; Czachor, 1985].

Stąd też celem niniejszej pracy było poznanie składu grzybów potencjalnie toksynotwórczych wyizolowanych z gleb Krakowa i jego okolic oraz sprawdzenie fitotoksyczności ich metabolitów.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w Katedrze Mikrobiologii AR w Krakowie w okresie od maja do października 2004 roku.

Próbki gleby do badań mikologicznych zostały pobrane z pięciu reprezentacyjnych miejsc w Krakowie i jego okolicach:

- 1) Poletka doświadczalne AR w Krakowie–Mydlnikach, gleba płowa użytkowana rolniczo.
- 2) Okolice cementowni w Krakowie–Pleszowie, gleba piaszczysta użytkowana rolniczo.
- 3) Ogródki działkowe w Krakowie – okolica Ronda A. Matecznego, gleba piaszczysta utworzona z lessu.
- 4) Poletka doświadczalne AR w Prusach k.Krakowa, zdegradowany czarnoziem wytworzony z lessu.
- 5) Okolice Tynieckiego Parku Krajobrazowego, rędzina – obszar ten na mapie glebo-rolniczej opisany jest jako nieużytek – kontrola.

Glebę do badań pobierano z wierzchniej warstwy gleby na głębokości 10–20 cm, w ilości 0,5 kg do wyjałowionych kolbek Erlenmayera, raz w miesiącu z zachowaniem zasad czystości mikrobiologicznej. Analizy mikologiczne przeprowadzono metodą posiewu rozcieńczeń. Inkubację grzybów przeprowadzono na brzeczce w temp. 28 °C przez 5 dni. Czyste kultury grzybów wyodrębnionych z badanych środowisk glebowych

poddano szczegółowym studiom taksonomicznym zgodnie z wymogami diagnostyki mikroorganizmów [Gilman, 1947; Raper i wsp., 1968]. Badanie toksyczności dotyczyło metabolitów szczepów grzybów potencjalnie toksynotwórczych. Przeszczepiano je na płynne podłoże Eldrige'a. Hodowlę prowadzono w temperaturze pokojowej przez 14 dni.

W celu stwierdzenia zdolności do produkcji toksyn przez metabolity wyizolowanych szczepów wykonano test biologiczny wg Mirczink [1957]. Rośliną testową był groch łuskany o nasionach marszczonych „Nike” ST 93137/115/24G/C. Za toksyczne uznano te szczepy grzybów, których metabolity spowodowały zahamowanie energii kiełkowania i zdolności kiełkowania nasion grochu powyżej 30% w stosunku do kontroli.

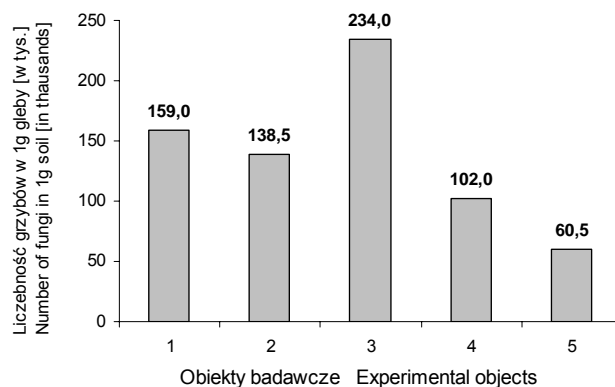
WYNIKI I DYSKUSJA

Mikologiczne badania gleb wykazały w nich znaczne zróżnicowanie liczebności grzybów mikroskopowych *Micromycetes*. Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 1, największą średnią arytmetyczną liczebność grzybów z całego okresu trwania doświadczenia (234×10^3 j.t.k.g⁻¹ gleby) wykazano w punkcie badawczym nr 3 (Rondo A. Matecznego), a najmniejszą ($60,5 \times 10^3$ j.t.k.g⁻¹ gleby) w Tynieckim Parku Krajobrazowym (punkt badawczy nr 5). W pozostałych punktach badawczych wartości średniej arytmetycznej kształtowały się w granicach $102-159 \times 10^3$ j.t.k.g⁻¹ gleby. Oprócz analizy ilościowej wykonano także badania taksonomiczne. Skład gatunkowy przedstawiono w tabeli 1. W badanych środowiskach glebowych stwierdzono obecność dziewiętnastu gatunków grzybów. Są to przedstawiciele przede wszystkim klasy *Deuteromycetes*.

W poszczególnych punktach badawczych, wśród wyizolowanych gatunków grzybów mikroskopowych, stwierdzono obecność gatunków potencjalnie toksynotwórczych.

Należały one do następujących rodzajów: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium* i *Penicillium*.

Biorąc pod uwagę fakt, że gleba pobrana do badań pochodziła z terenów znajdujących się w obrębie Krakowa oraz bliskim jego sąsiedztwie, stąd liczba wyizolowanych gatunków potencjalnie toksynotwórczych była znaczna. Wśród 19 wyizolowanych gatunków grzybów 10 uznano za potencjalnie toksynotwórcze. Najwięcej ich było w glebie pobranej z ogródków działkowych w okolicy Ronda A. Matecznego (7 gatunków) oraz z gleby pobranej w okolicach cementowni w Krakowie–Pleszowie (6 gatunków). Z gleby pobranej z pól uprawnych położonych na terenach doświadczalnych AR w Krakowie–Mydlnikach wyizolowano 4 gatunki, w Prusach 5 gatunków, a najmniej z gleby pobranej na terenie Tynieckiego Parku Krajobrazowego – 2 gatunki. Kształtowanie się gatunków grzybów potencjalnie toksynotwórczych wyizolowanych z badanych środowisk glebowych przedstawiono w tabeli 2. Częstotliwość występowania gatunków grzybów potencjalnie toksynotwórczych była wyższa w glebie pobranej w okolicy będącej pod wpływem silnych emisji przemysłowych (Rondo A. Matecznego, cementownia w Krakowie–Pleszowie) w porównaniu z glebą, znajdującą się w znacznej odległości od źródeł emisji (Kraków–Mydlniki, Prusy k.Krakowa) bądź też nie objętą tymi emisjami (Tyniecki Park Krajobrazowy). Występowanie grzybów toksynotwórczych w środowiskach glebowych jest przede wszystkim następstwem antropogennej ingerencji człowieka w układy biocenotyczne [Barabasz, Vörisek, 2002].



Lokalizacja stanowisk badawczych – Location study site:

1. Pole doświadczalne Kraków – Mydlniki – Experimental field at Cracow – Mydlniki
2. Cementownia w Krakowie–Pleszowie – Cement mill in Cracow – Pleszów
3. Rondo A. Matecznego – Mateczny's roundabout
4. Pole doświadczalne w Prusach – Experimental field at Prusy
5. Tyniecki Park Krajobrazowy– kontrola – Tyniec Landscape Park – control

Dane stanowią średnią arytmetyczną z okresu doświadczalnego.

Data are the arithmetic mean from experimental period.

Rys. 1. Liczebności j.t.k. grzybów w badanych środowiskach glebowych

Fig. 1. The number of c.f.u. fungi occurring in soil environments

Tabela 1

Table 1

Kształtowanie się składu gatunkowego grzybów mikroskopowych *Micromycetes* wyizolowanych z badanych środowisk glebowych

Qualitative composition of microscopic fungi *Micromycetes* isolated from soil environments

| Lp. | Gatunki grzybów – Fungi species | Punkty badawcze – Study sites | | | | |
|-----|---|-------------------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | <i>Absidia glauca</i> Hagem | + | + | + | | + |
| 2. | <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. | | + | + | + | |
| 3. | <i>Alternaria geophila</i> Daszewska | + | + | + | + | + |
| 4. | <i>Aspergillus flavus</i> Link. | | + | + | | |
| 5. | <i>Aspergillus fumigatus</i> Fresenius | | | + | | |
| 6. | <i>Aspergillus niger</i> van Thieghem | + | + | + | | + |
| 7. | <i>Fusarium graminearum</i> Schwabe | | + | + | + | |
| 8. | <i>Mucor hiemalis</i> Wehmer | + | + | + | + | + |
| 9. | <i>Penicillium chermesinum</i> Biourge | + | + | + | | |
| 10. | <i>Penicillium citreo-viride</i> Biourge | + | | | | |
| 11. | <i>Penicillium digitatum</i> Saccardo | | + | | + | |
| 12. | <i>Penicillium implicatum</i> Biourge | + | + | | + | + |
| 13. | <i>Penicillium meleagrinum</i> Biourge | + | | + | | |
| 14. | <i>Penicillium natatum</i> Westling | + | + | | | + |
| 15. | <i>Penicillium rubum</i> Stoll | | | + | + | + |
| 16. | <i>Rhizopus migricans</i> Ehrenberg | + | + | + | + | + |
| 17. | <i>Rhodotorula graminis</i> Di Menna | + | + | + | + | + |
| 18. | <i>Verticillium cellulasae</i> Daszewska | + | + | + | | + |
| 19. | <i>Zygorrhynchus moelleri</i> Vuill | | + | | + | + |

Tabela 2

Table 2

Gatunki grzybów potencjalnie toksynotwórcze stwierdzone w badanych środowiskach glebowych
Species composition of fungi potentially toxin-producing in study soil environments

| Lp. | Gatunki grzybów – Fungi species | Punkty badawcze – Study sites | | | | |
|-----|---|-------------------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. | | + | + | + | |
| 2. | <i>Aspergillus flavus</i> Link. | | + | + | | |
| 3. | <i>Aspergillus fumigatus</i> Fresenius | | | + | | |
| 4. | <i>Fusarium graminearum</i> Schwabe | | + | + | + | |
| 5. | <i>Penicillium chermesinum</i> Biourge | + | + | + | | |
| 6. | <i>Penicillium citreo-viride</i> Biourge | + | | | | |
| 7. | <i>Penicillium digitatum</i> Saccardo | | + | | + | |
| 8. | <i>Penicillium implicatum</i> Biourge | + | + | | + | + |
| 9. | <i>Penicillium meleagrinum</i> Biourge | + | | + | | |
| 10. | <i>Penicillium rubum</i> Stoll | | | + | + | + |

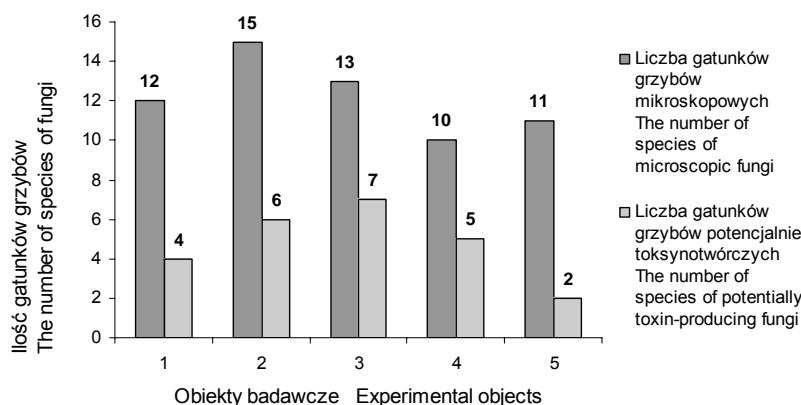
W chwili obecnej największe niebezpieczeństwo zagrażające homeostazie środowiska glebowego i bioróżnorodności mikroorganizmów glebowych to zanieczyszczenia chemiczne. Niewłaściwe lub nadmierne stosowanie pestycydów oraz mineralnych nawozów szczególnie azotowych, a także skażenie środowiska przez liczne związki chemiczne dostające się do gleby z emisji przemysłowych, powodują zmiany morfologiczne i biochemiczne grzybów saprofitycznych, zwiększając ich zdolność do syntezy mikotoksyn [Czachor, 1985; Marska, Głowacz, 1987]. Z badanych gleb wyizolowano 104 szczepy gatunków grzybów potencjalnie toksynotwórczych. Wszystkie przebadano w teście biologicznym. Tylko 60% z nich można uznać za toksyczne. Przebadane szczepy hamowały energię kiełkowania nasion rośliny testowej w granicach od 33 do 72%, a zdolność kiełkowania od 40 do 86% w stosunku do kontroli. Metabolity pozostałych szczepów nie wykazały właściwości toksycznych.

Najsilniejszym działaniem fitotoksycznym odznaczały się metabolity następujących szczepów: *Alternaria alternata* – szczep wyizolowany z Prus oznaczony symbolem P 5 (hamował on energię kiełkowania w 65%, a zdolność kiełkowania nasion w 73% w stosunku do kontroli), *Aspergillus flavus* – szczep oznaczony symbolem RM 6 wyizolowany z gleb ogródków działkowych znajdujących się przy Rondzie Matecznego (hamował energię kiełkowania nasion w 72%, a zdolność kiełkowania nasion w 81% w stosunku do kontroli), *Penicillium rubrum* – szczep oznaczony symbolem RM 7, wyizolowany z gleb ogródków działkowych znajdujących się przy Rondzie Matecznego (hamował energię kiełkowania nasion w 70%, a zdolność kiełkowania w 86% w stosunku do kontroli) oraz *Fusarium gramineareum* – szczep wyizolowany z gleby w Krakowie–Pleszowie z okolicy cementowni, oznaczony symbolem C 5 (hamował energię kiełkowania nasion w 70%, a zdolność kiełkowania w 83% w stosunku do kontroli).

Najsłabsze okazały się metabolity szczepów *Penicillium implicatum* (symbol TPK 13) i *Penicillium rubrum* (TPK 27) wyizolowane z Tynieckiego Parku Krajobrazowego. Hamowały one energię kiełkowania w 32% i 40%, a zdolność kiełkowania nasion w 40% i 47% w stosunku do kontroli.

Metabolity pozostałych przebadanych szczepów grzybów potencjalnie toksynotwórczych wyizolowanych z badanych gleb okazały się średniotoksyczne.

Produkowane przez badane szczepy grzybów mikotoksyny są substancjami odznaczającymi się silną biologiczną aktywnością. Na uwagę zasługuje fakt, że w wielu przypadkach szczepy grzybów, które wykazały bardzo silną toksyczność, nie opóźniały, lecz całkowicie niszczyły żywotność nasion grochu. Powstające w środowisku glebowym mikotoksyny wykazują również działanie grzybobójcze, mogły więc stanowić dodatkową przyczynę regresji innych gatunków znajdujących się w glebie. Uzyskane wyniki świadczą o silnym toksycznym wpływie metabolitów grzybów toksynotwórczych na nasiona rośliny testowej. Ich właściwości fitotoksyczne stanowią również poważny problem w żywieniu zwierząt gospodarczych. Rośliny porażone przez grzyby patogenne wchodzące w skład pasz gromadzą w swoich tkankach metabolity toksyczne dla zwierząt, [Chełkowski, 1985; Paul, Clark, 2000].



Objaśnienia jak na rys. 1

Explanation see Fig. 1

Rys. 2. Ilości gatunków grzybów *Micromycetes* i ilości gatunków potencjalnie toksynotwórczych wyizolowanych z badanych środowisk glebowych

Fig. 2. The number of species of fungi *Micromycetes* and the number of species of potentially toxin-producing fungi isolated from soil environments

WNIOSKI

1. W badanych środowiskach glebowych stwierdzono występowanie grzybów mikroskopowych *Micromycetes* o zróżnicowanej liczebności i składzie gatunkowym.

2. W badanych glebach stwierdzono 19 gatunków grzybów należących przede wszystkim do klasy *Deuteromycetes*, z których 10 należało do potencjalnie toksynotwórczych gatunków: *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Fusarium gramineareum*, *Penicillium meleagrimum*, *Penicillium chermesinum*, *Penicillium implicatum*, *Penicillium rubrum*, *Penicillium citreo-vinide*, *Penicillium digitatum*.

3. Z przebadanych w teście biologicznym szczepów gatunków potencjalnie toksynotwórczych 60% okazało się szczepami toksycznymi. Ich metabolity hamowały energię kiełkowania nasion zielonego grochu od 33 do 72%, a zdolność kiełkowania nasion od 40 do 86 % w stosunku do kontroli.

4. Najsilniejszym działaniem fitotoksycznym odznaczały się szczepy: *Alternaria alternata* (P5), *Aspergillus flavus* (RM6), *Fusarium graminearum* (C5) i *Penicillium rubrum* (RM7).

5. Najsłabszym działaniem fitotoksycznym odznaczały się szczepy wyizolowane z gleb Tynieckiego Parku Krajobrazowego – *Penicillium implicatum* (TPK13) i *Penicillium rubrum* (TPK27).

6. Na zróżnicowanie liczebności i składu gatunkowego grzybów mikroskopowych oraz liczbę szczepów grzybów toksynotwórczych wpłynęło przede wszystkim usytuowanie punktów badawczych, narażonych na różny stopień emisji przemysłowych.

PIŚMIENNICTWO

- Barabasz W., Vörisek K.: 2002. Bioróżnorodność mikroorganizmów w środowiskach glebowych. Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach, Katedra Mikrobiologii AR w Krakowie, 23–34.
- Bis H.: 2002. Występowanie grzybów toksynotwórczych środowisku glebowym. Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach, Katedra Mikrobiologii AR w Krakowie, 35–42.
- Callen D. P.: 1982. Microbial Metabolism of Environmental Chemicals to Mutagen and Carcinogen, *Chemical Mutagens*, 7, 163–188.
- Chełkowski J.: 1985. Mykotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy, SGGW, Warszawa, 96 ss.
- Czachor M.: 1985. Wpływ metabolitów wybranych grzybów toksynotwórczych na niektóre mikroorganizmy glebowe i rośliny uprawne. *Acta Agr. et Silv., Ser. Agr.*, 24, 85–93.
- Gilman J.: 1947. *A Manual of Soil Fungi*, The Iowa State College, Pres, IOWA, USA, 450 ss.
- Kryński A., Rokicki E.: 1983. Mikotoksyny i mikotoksykozy, *Przegląd Hodowlany*, Kraków, 2, 27–33.
- Marska B., Głowacz J.: 1987. Występowanie grzybów toksynotwórczych w glebach uprawnych leżących w rejonie oddziaływania emisji przemysłowych z Zakładów Chemicznych „Police”, *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 130, 93–101.
- Mirczink T. G.: 1957. O grzbach obustwliwajuszczich toksicznost diernowo podzolistnoj poczwy rozlicznoj stiepieni okulturiennosti. *Mikrobiologia*, 26, 78–86.
- Muller E., Loeffler W.: 1987. *Zarys mikologii*, PWRiL, Warszawa, 432–445;
- Paul E. A., Clark F.: 2000. *Mikrobiologia I biochemia gleb*, Wyd. UMCS, Lublin, 400 ss.
- Raper K. B., Thom C. H., Fennell D. J.: 1968. *A Manual of the Penicillia*. The Williams & Wilkins Comp., Baltimore, 875 ss.
- Schlegel H.G.: 1996. *Mikrobiologia ogólna*, PWN, Warszawa, 737 ss.
- Tate R. L.: 2000. *Soil Microbiology*, John Wiley & Sons, Inc. N. Y., 235–244.

ABILITY TO PRODUCE MYCOTOXINS BY FUNGI ISOLATED FROM SOILS IN CRACOW AND THE SURROUNDINGS

S u m m a r y

The paper presents the results of mycological studies upon the ability to produce mycotoxins by fungi isolated from soils in Cracow and the surroundings. Performed analyses revealed great differentiation of microscopic fungi (Micromycetes) population in studied soil environments. Their highest number was found in sampling site No 3 (mateczny's roundabout). Average number of fungi per 1 gram of soil for whole study period was 234.0 thousand c.f.u. of fungi per 1 gram of soil.

The least fungi (arithmetic mean for the whole study period was 60.5 thousand c.f.u. of fungi per 1 gram of soil) was found in soil taken from Tyniec Landscape Park. Values of arithmetic mean were within the range of 102.0 – 159.0 thousand c.f.u. of fungi per 1 gram of soil in other sampling sites.

Nineteen fungi species were isolated from studied soil environments. They are mainly from Deuteromycetes class. Ten of them were accepted as potentially toxin-forming. All isolated strains of potentially toxin-forming species were subjected to bioassay to find out which produced mycotoxins. Studies revealed that toxic strains comprised 60%; other appeared to be non-toxic.

KEY WORDS: soil, fungi, mycotoxins

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Agnieszka Dradrach

**OCENA WSCHODÓW KILKU MIESZANEK TRAW
GAZONOWYCH PRZEZNACZONYCH NA TRAWNIKI
W WARUNKACH MIEJSKICH**

**EMERGENCE ESTIMATION OF VARIOUS GRASS MIXTURES
FOR CITY SODS**

*Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu*

*Department of Grassland and Landscape Development, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

Trawniki nadają zabudowie miejskiej wystrój oraz harmonię, uzupełniając architekturę otoczenia. Roślinami stosowanymi do obsiewu trawników, niezależnie od ich przeznaczenia i rodzaju, są trawy. Dobór gatunków, a przede wszystkim odmian do mieszanek zależy od przeznaczenia, czyli sposobu eksploatacji nawierzchni trawnikowej. Doświadczenie założono na terenie płaskim przy Pl. Grunwaldzkim w dzielnicy Śródmieście we Wrocławiu. W badaniach uwzględniono: różne mieszanki traw Green Universal (A₁), Shadow Gazon (A₂), Super Sport (A₃), dwie normy wysiewu: 20 g·m⁻² i 30 g·m⁻² oraz odległość obiektu od osi jezdni B₁, B₂, B₃, B₄. Ocenę wschodów określono w dwóch terminach: po 28 i po 42 dniach od siewu. Spośród badanych mieszanek gazonowych najbardziej przydatnymi do obsiewu trawników miejskich okazała się mieszanka Super Sport (A₃) przy obu normach wysiewu. Natomiast najmniej zadowolające rezultaty dała mieszanka Green Universal (A₁).

SŁOWA KLUCZOWE: mieszanki trawnikowe, wschody, trawniki miejskie

WSTĘP

Trawniki stanowią podstawowy składnik zieleni na terenach miasta. Na kształtowanie się ekosystemów trawiastych ma wpływ kompleksowe oddziaływanie czynników siedliskowych i antropogenicznych [Harkot i wsp., 2005].

Obecnie zauważa się zmieniający charakter miast i sposób życia ich mieszkańców. W wielkich aglomeracjach coraz więcej osób żyje w ciągłym pośpiechu, hałasie,

odczuwając niedogodności życia [Skórkowska, 2003]. Zwarta murawa i otaczająca zielen korzystnie działa na naszą psychikę i samopoczucie oraz rozwija poczucie piękna i estetyki u człowieka. Tereny trawiaste, przy wzrastającej świadomości społecznej, która wymaga zdrowego, przyjaznego oraz pięknego otoczenia, mają obecnie duże znaczenie. Stały się ważnym elementem życia, mają duże zdolności regeneracyjne, a tym samym zdecydowanie wpływają na ogólną kondycję danego środowiska [Rutkowska i Hempel, 1986; Rutkowska i Pawluśkiewicz, 1996; Wolski 2002; Wysocki, 1994]. Spełniają one funkcję ekologiczną – kształtują mikroklimat, dekoracyjną – stanowią elementy kompozycji przestrzennej, użytkową jako powierzchnie rekreacyjne oraz ochronną [Fortuna-Antoszkiewicz, 2004].

Podstawowymi roślinami stosowanymi do obsiewu trawników, niezależnie od ich rodzaju, są trawy. Skład odmianowy mieszanek zależy od przeznaczenia i eksploatacji nawierzchni trawiastej. Dzięki wieloletności trawy odznaczają się dużą zdolnością regeneracyjną oraz osiągają szybką sprawność funkcjonalną. Racjonalne wykorzystanie traw gazonowych jest ściśle związane z prawidłowym doбором gatunków i odmian w oparciu o ich cechy morfologiczne, biologiczne oraz wymagania siedliskowe [Grabowski 1999].

Celem pracy była ocena wschodów kilku mieszanek traw gazonowych stosowanych do obsiewu trawników w warunkach miejskich.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 4,3 m długości i 1 m szerokości przy Pl. Grunwaldzkim w dzielnicy Śródmieście we Wrocławiu.

W warunkach miejskich wysiano trzy mieszanki trawnikowe: Green Universal (A_1), Shadow Gazon (A_2), Super Sport (A_3) (tab.1). Badania obejmowały trzy czynniki:

I mieszanki traw gazonowych A_1, A_2, A_3

II normy wysiewu: $20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ i $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$

III odległość obiektu od osi jezdni B_1 (4,8 m), B_2 (5,8 m), B_3 (6,8 m), B_4 (7,8 m)

Tabela 1

Table 1

Procentowy udział poszczególnych gatunków w mieszankach trawnikowych
The percentage part of individual species in lawn mixtures

| % Udział gatunków traw w mieszance – % Part of individual species in mixtures | | | | | | | | | |
|---|-------|---------|---------|----------|-------|---------|---------|-------|----|
| Gatunek – Species | Lp | Lp | Lp | Frr | Fr | Frr | Fa | Pp | |
| Odmiana – Cultivar | Sabor | Barrage | Barball | Pernille | Wilma | Bargena | Asterix | Baron | |
| Mieszanka traw Grass mixture | A_1 | 25 | – | – | – | 20 | 20 | 15 | 20 |
| | A_2 | 10 | – | – | – | 30 | 25 | 15 | 20 |
| | A_3 | – | 25 | 25 | 20 | 10 | – | – | 20 |

Objaśnienie – Explanation:

Lp – *Lolium perenne*, Frr – *Festuca rubra rubra*, Fr – *Festuca rubra*, Fa – *Festuca arundinacea*, Pp – *Poa pratensis*

Przed założeniem doświadczenia na wyznaczonym terenie zastosowano odchwaszczenie układowe przy użyciu glifosatu w ilości 1,750 l/ha. Wielkość badanego poletka wynosiła 4,3 m długości na 1 m szerokości. W badaniach zastosowano dwie normy wysiewu: 20 g·m⁻² i 30 g·m⁻². Po wysianiu mieszanek zastosowano nawożenie mineralne w ilości: 200 kg NPK w stosunku 4 : 1 : 2 w dwóch terminach (10.06.06 r. i 25.07.06 r.). W terminie 4 tygodni od siewu dokonano pierwszej oceny wschodów wysianych mieszanek, natomiast drugą ocenę przeprowadzono po 6 tygodniach. Udział roślin w pokryciu powierzchni określono metodą kwadratów Webera.

WYNIKI I DYSKUSJA

W ocenie wschodów badanych mieszanek po 28 dniach od siewu najlepsze wschody stwierdzono dla mieszanki A₃ niezależnie od ilości wysiewu nasion. Również dobre wschody traw odnotowano na obiektach obsianych mieszanką A₂ przy normie wysiewu 30 g·m⁻². Oceniając średnią liczbę siewek na jednostce powierzchni nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy zastosowanymi normami siewu. Analizując wpływ odległości badanego obiektu od osi jezdni nie stwierdzono wyraźnych różnic w przypadku normy wysiewu 20 g·m⁻², natomiast najwyższą obsadę roślin na jednostce powierzchni zaobserwowano dla obiektów położonych w odległościach B₁ i B₂ przy zastosowaniu obu norm wysiewu 20 g·m⁻² i 30 g·m⁻² (tab. 2).

Tabela 2

Table 2

Wschody traw oceniane 4 tygodnie po siewie (16.05.05)
The emergence of grasses estimated 4 weeks after sowing (16.05.05)

| Mieszanka traw Grass mixture | Norma wysiewu: 20 g·m ⁻² Sowing standard: 20 g·m ⁻² | | | | | Norma wysiewu: 30 g·m ⁻² Sowing standard: 30 g·m ⁻² | | | | Średnia Mean | |
|---------------------------------|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------------------------|
| | Odległość od osi jezdni – Distance of road axis | | | | | | | | | | |
| | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | Średnia Mean | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | Średnia Mean | Średnia ogólna General mean |
| A ₁ | 1975 | 1400 | 2550 | 2175 | 2025 | 1417 | 1583 | 2858 | 3417 | 2318 | 2172 |
| A ₂ | 1233 | 1767 | 3183 | 3050 | 2308 | 3658 | 4817 | 3817 | 2333 | 3656 | 2982 |
| A ₃ | 3800 | 4600 | 3175 | 3091 | 3668 | 4425 | 4383 | 3733 | 2500 | 3760 | 3717 |
| Średnia Mean | 2336 | 2589 | 2970 | 2772 | 2667 | 3167 | 3594 | 3469 | 2750 | 3245 | 2957 |
| NIR _{AB} | 1159 | | | | | | | | | | |

Odległość obiektu od osi jezdni – Distance of road axis:

B₁ – 4,8 m, B₂ – 5,8 m, B₃ – 6,8 m, B₄ – 7,8 m

Po 42 dniach od siewu nasion istotnie wyższą liczbę siewek na jednostce powierzchni stwierdzono na obiektach obsianych mieszanką A₃ niezależnie od normy wysiewu oraz mieszanką A₂ przy siewie nasion w ilości 30 g·m⁻². Analizując wpływ odległości badanego obiektu od osi jezdni nie wykazano istotnych różnic przy siewie

nasion w ilości $20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ dla mieszanek A_1 i A_2 . Natomiast lepsze wschody zaobserwowano przy obsiewie mieszaną A_3 . Zastosowanie wyższej normy wysiewu ($30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) wskazuje na istotnie wyższą obsadę roślin na jednostce powierzchni przy użyciu mieszanki A_2 i A_3 na obiektach położonych w odległości B_1 i B_2 od osi jezdni (tab. 3).

Tabela 3

Table 3

Wschody traw oceniane 6 tygodni po siewie (30.05.05)
The emergence of grasses estimated 6 weeks after sowing (30.05.05)

| Mieszanka traw Grass mixture | Norma wysiewu: $20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ Sowing standard: $20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ | | | | | Norma wysiewu: $30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ Sowing standard: $30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ | | | | Średnia Mean | |
|---------------------------------|--|-------|-------|-------|-----------------|--|-------|-------|-------|-----------------|--------------------------------------|
| | Odległość od osi jezdni – Distance of road axis | | | | | | | | | | |
| | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | Średnia Mean | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | Średnia Mean | Średnia ogólna General mean |
| A_1 | 1800 | 1567 | 2042 | 2308 | 1929 | 1117 | 1559 | 2783 | 2158 | 1904 | 1917 |
| A_2 | 1342 | 1758 | 3317 | 3083 | 2375 | 5292 | 7133 | 6567 | 2992 | 5496 | 3936 |
| A_3 | 6042 | 7725 | 5058 | 1683 | 5127 | 5242 | 5200 | 6542 | 3283 | 5067 | 5097 |
| Średnia Mean | 3061 | 3683 | 3472 | 2358 | 3144 | 3884 | 4631 | 5297 | 2811 | 4156 | 3650 |
| NIR_{AB} | 1478 | | | | | | | | | | |

Odległość obiektu od osi jezdni – Distance of road axis:

B_1 – 4,8 m, B_2 – 5,8 m, B_3 – 6,8 m, B_4 – 7,8 m

WNIOSKI

1. Najlepsze wschody stwierdzono przy wysiewie mieszanki Super Sport (A_3) w ilości $20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Istotnie najlepszymi wschodami przy normie wysiewu $30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ charakteryzowała się mieszanka Shadow Gazon (A_2). Przy obu normach wysiewu istotnie najniższą obsadą roślin charakteryzowała się mieszanka Green Universal (A_1).

2. Najatrakcyjniejszą murawę otrzymano wykorzystując mieszankę Super Sport (A_3) – przy normie wysiewu $20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Istotnie najlepszą murawę charakteryzowała się mieszanka Shadow Gazon (A_2) przy zastosowaniu normy wysiewu $30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Przy obu normach wysiewu istotnie najgorszą murawę odznaczała się mieszanka Green Universal (A_1).

3. Spośród badanych mieszanek traw gazonowych najbardziej przydatnymi do obsiewu trawników miejskich okazała się mieszanka Super Sport (A_3).

PIŚMIENNICTWO

- Grabowski K., Grzegorzczak S., Benedycki S., Kwietniewski H.: 1999. Ocena wartości użytkowej wybranych gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu nawierzchni trawiastych. *Folia Univ. Agric. Stetin. 197 Agricultura (75): 81–88.*
- Harkot W., Wyłupek T., Czarnecki Z.: 2005. Trawy na poboczach dróg Lubelszczyzny. *Łąkarstwo w Polsce. PTL 8, 71–74.*
- Rutkowska B., Hempel A.: 1986. *Trawniki. PWRiL, Warszawa, 256 ss.*
- Rutkowska B., Pawluśkiewicz M.: 1996. *Trawniki. PWRiL, Warszawa, 99 ss.*
- Skórkowska A.: 2003. Zielone deptaki i place miejskie. *Przegląd komunalny 10 (145).*
- Wolski K.: 2002. Możliwości wykorzystania siewu rzutowego i perforacyjnego w zakładaniu sportowych nawierzchni trawiastych. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Rocznik XI, Zeszyt 1 (24): 79–82.*
- Wysocki C.: 1994. *Studia nad funkcjonowaniem trawników na obszarach zurbanizowanych (na przykładzie Warszawy). Rozprawa habilitacyjna. Wydaw. SGGW. 96 ss.*

EMERGENCE ESTIMATION OF VARIOUS GRASS MIXTURES FOR CITY SODS

S u m m a r y

Grass matting presents a basic component of the green area in city. They transmit city building decor and harmony, which implementing architecture enclose. Applicable to plants grass matting to sow, independently on their allocations and kind, are the grasses. The species and particularly, cultivars for mixtures selection depends from a destination that is manner of exploitation of pavement. The experiment was setting up on flat field in Grunwaldzki square in center city district of Wrocław. It takes into consideration in research different mixtures grass Green Universal (A_1), Shadow Gazon (A_2), Super Sport (A_3), in two sowings norm: $20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ and $30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ and a distance the object from road axis B_1, B_2, B_3, B_4 . An estimation emergence in two dates definite after 28 and after 42 days from sowing. From among researched mixtures grass, the mixture of Super Sport (A_3) has turned out fairest at both of sowings norm. However, Green Universal (A_1) mixture has given least satisfactory results.

KEY WORDS: grass mixtures, emergence, city sods

Recenzent: prof. dr hab. Kazimierz Grabowski – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

Grażyna Durska

**WPLYW MIEDZI I CYNKU NA WZROST BAKTERII
METYLOTROFICZNYCH WYODREBNIONYCH Z GLEBY
RIZOSFEROWEJ I POZARIZOSFEROWEJ JĘCZMIENIA**
**EFFECT OF COPPER AND ZINC ON THE GROWTH
OF METHYLOTROPHIC BACTERIA SELECTED FROM THE
RHIZOSPHERIC AND NON-RHIZOSPHERIC SOIL OF BARLEY**

*Katedra Mikrobiologii Rolnej, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego
w Poznaniu*

*Department of Agricultural Microbiology, August Cieszkowski University
of Agricultural in Poznań*

W pracy badano wpływ miedzi i cynku na wzrost bakterii metylotroficznych, zaklasyfikowanych wcześniej do fakultatywnych metylotrofów. Metylotrofy wyodrębnione z gleby rizosferowej i pozarizosferowej jęczmienia poddano działaniu miedzi i cynku metodą dyfuzji agarowej. W badaniach zastosowano następujące stężenia metali: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 i 2,5 μg metalu-krążek⁻¹. Uzyskane wyniki wykazały, że już najmniejsze stężenie Cu i Zn (0,5 μg metalu-krążek⁻¹) jest toksyczne dla większości szczepów, a ich toksyczność rośnie wraz ze wzrostem stężenia metali. Zaobserwowano również silniejszą toksyczność badanych metali dla metylotrofów strefy rizosferowej w porównaniu z metylotrofami wyodrębnionymi ze strefy pozarizosferowej jęczmienia.

SŁOWA KLUCZOWE: metale ciężkie, miedź, cynk, bakterie metylotroficzne, rizosfera

WSTĘP

Wiele metali ciężkich zaliczanych jest do grupy pierwiastków śladowych, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania metabolizmu komórkowego. Do grupy tej należą metale biorące udział w biochemicznych reakcjach komórkowych, takie jak: żelazo, miedź, mangan, cynk, kobalt, nikiel, a także molibden. Stanowią one składniki różnych enzymów i w odpowiednich stężeniach są niezbędne do zapewnienia sprawnego przebiegu procesów biochemicznych. Niemniej, gdy ich stężenie w środowisku przekroczy

określony poziom, mogą oddziaływać toksycznie na organizmy znajdujące się na różnych poziomach troficznych, w tym również na drobnoustroje [Fritze i wsp., 1989; Hattori, 1992; Leita i wsp., 1995].

Z przeprowadzonych dotychczas doświadczeń wiadomo, że toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na mikroorganizmy i ich ekologiczne funkcje zależą od fizykochemicznych właściwości samego pierwiastka, jak również od siedliska, w którym dane mikroorganizmy występują [Doelman, 1985; Baath, 1989]. Istotne znaczenie w reakcji na metale ciężkie mają również właściwości morfologiczne, fizjologiczne oraz genetyczne drobnoustrojów [Niklińska i Chmiel, 1997; White i wsp., 1997; Przybulewska i wsp., 2002].

Spośród różnych grup metabolicznych bakterii na uwagę zasługuje grupa bakterii metyloτροφicznych odgrywająca ważną rolę w obiegu węgla w przyrodzie. Jest to grupa bakterii charakteryzująca się zdolnością do wykorzystywania metanu, metanolu i związków jednowęglowych [Bratina i Hanson, 1992]. W glebie metyloτροφy występują dość licznie, a ich liczebność kształtuje się na poziomie 10^5 j.t.k. \cdot g⁻¹gleby [Kaszubiak i Durska, 2000] Podobnie jak i inne grupy ektotroficzne podlegają wpływom różnych czynników chemicznych, w tym metali ciężkich.

Celem pracy było zbadanie wpływu miedzi oraz cynku, w warunkach laboratoryjnych, na wzrost bakterii metyloτροφicznych wyodrębnionych z gleby rizoferowej i pozarizoferowej jęczmienia jarego.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Badaniu poddano 101 szczepów bakterii metyloτροφicznych wyizolowanych z gleby rizoferowej i pozarizoferowej jęczmienia jarego, na polu doświadczalnym w Złotnikach k. Poznania. Izolację szczepów wykonano na podłożu sporządzonym wg Urakami i Kamagata [1978] z dodatkiem metanolu jako jedyne źródła węgla. Spośród ogólnej liczby szczepów 51 szczepów wyodrębniono ze strefy rizoferowej jęczmienia jarego. Należały one do następujących grup morfologicznych: ziarniaki (3 szczepy), pałeczki (13 szczepów) pałeczki rozpadające się na ziarniaki (7 szczepów) i ziarniako-pałeczki (28 szczepów). Pozostałe 50 szczepów wyodrębniono z gleby pozarizoferowej. Były to szczepy należące do grupy morfologicznej ziarniaków (35 szczepów) i pałeczek (15 szczepów).

Określenie wpływu Cu oraz Zn na bakterie metyloτροφiczne przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na podłożu NB wg Ohty i Hattoriego [1980]. Badania przeprowadzono metodą dyfuzji agarowej wg Ore i Grennberg [2003], rozprowadzając na powierzchni zestalonej pożywki agarowej po 0,1 ml zawiesiny określonego szczepu bakterii metyloτροφicznych. Po czym za pomocą mikropipety na powierzchnię 3 krążków, rozmieszczonych na płytce nanoszono odpowiednie stężenie metalu ciężkiego (0,5 μ g, 1,0 μ g, 1,5 μ g, 2,0 μ g, 2,5 μ g) w postaci siarczanu miedzi ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) oraz siarczanu cynku ($\text{ZnSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), w ilości 0,02 ml. Przygotowane płytki inkubowano w termostacie w temperaturze 28 °C przez 24 godziny. Po upływie okresu inkubacji obserwowano zahamowanie wzrostu bakterii metyloτροφicznych na pożywce agarowej

potraktowanej poszczególnymi stężeniami Cu oraz Zn, poprzez określenie średnicy stref zahamowania wzrostu w mm..

Wyniki przedstawiono w postaci średnich uzyskanych dla poszczególnych grup morfologicznych pochodzących ze strefy rizosferowej i pozarizosferowej jęczmienia. Następnie poddano je analizie wariancji za pomocą programu komputerowego Statistica, a różnice między średnimi oceniano testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dane literaturowe wskazują na zróżnicowaną reakcję mikroorganizmów na metale ciężkie. Różna reakcja drobnoustrojów na metale ciężkie wynika z różnic gatunkowych, odmiennych układów enzymatycznych i z możliwości lub braku wykorzystania alternatywnych dróg omijających zablokowany układ enzymatyczny [Insam, 1996; Nies 1999, Słaba i Długoński, 2002]. Toksyczny wpływ metali ciężkich na drobnoustroje polega najczęściej na zahamowaniu wzrostu lub spadku liczebności i biomasy drobnoustrojów, a nasilenie tych procesów związane jest z wartościowością metali, ich formą, rozpuszczalnością, stężeniem oraz czynnikami środowiska [Maliszewska i wsp., 1985; Anyama i Nagumo, 1997, Wyszowska i Zaborowska, 2002].

Przeprowadzone badania nad wpływem miedzi i cynku na wzrost bakterii metylotroficznych, wyodrębnionych z gleby rizosferowej i pozarizosferowej jęczmienia jarego wykazały, że wszystkie izolaty bakterii metylotroficznych niezależnie od ich pochodzenia (strefa rizosferowa, strefa pozarizosferowa) czy przynależności do określonej grupy morfologicznej, w warunkach laboratoryjnych reagowały zahamowaniem wzrostu proporcjonalnie do stężenia metalu (tab. 1–3). Przeprowadzona analiza wariancji na poziomie ufności $P=0,05$ wykazała istotny wpływ stężenia miedzi i cynku na wzrost bakterii metylotroficznych, wyodrębnionych z gleby rizosferowej i pozarizosferowej jęczmienia jarego. Strefa zahamowania wzrostu bakterii metylotroficznych pod wpływem Cu i Zn wynosiła odpowiednio 16,1 i 16,8 mm przy najmniejszym stężeniu metalu $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{krążek}^{-1}$, a 34,3 i 30 mm przy stężeniu $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{krążek}^{-1}$. Zarówno Cu, jak i Zn hamowały wzrost badanych szczepów w podobnym zakresie.

Wpływ Cu i Zn na metylotrofy wyodrębnione z gleby rizosferowej jęczmienia

Toksyczność metali ciężkich dla bakterii metylotroficznych należących do różnych grup morfologicznych, wyodrębnionych ze strefy rizosferowej jęczmienia (tab.1) rosła wraz z wzrostem stężenia metali. Zaobserwowano jednak, że wzrost zahamowania rozwoju bakterii metylotroficznych należących do poszczególnych grup morfologicznych przebiegał w przypadku Cu w sposób bardziej wyrównany niż w przypadku Zn. Cynk wraz z wzrostem stężenia silniej oddziaływał na ziarniaki i pałeczki, a nieco słabiej na pałeczki rozpadające się na ziarniaki i ziarniako-pałeczki. Największa zastosowana dawka Cu ($2,5 \mu\text{g}\cdot\text{krążek}^{-1}$) w porównaniu z najniższym ze stężeń ($0,5 \mu\text{g}\cdot\text{krążek}^{-1}$) hamowała najmniej bo o 47% wzrost bakterii należących do grupy morfologicznej ziarniaków, a następnie już o 56% wzrost pałeczek, o 63% wzrost ziarniako-pałeczek, a najwięcej bo aż o 66% wzrost bakterii należących do grupy morfologicznej – pałeczki rozpadające się na ziarniaki. Analogicznie cynk hamował wzrost ziarniako-pałeczek o

38%, pałeczek rozpadających się na ziarniaki o 45%, pałeczek o 46% i ziarniaków o 56%. Jednocześnie przy najwyższej z zastosowanych dawek różnice w reakcji poszczególnych szczepów na metal były najmniejsze w przypadku Cu (2%) dla ziarniako-pałeczek, a w przypadku cynku (3,5%) dla ziarniaków. Dla pozostałych grup morfologicznych były one już znacznie wyższe i dla miedzi dochodziły aż do 29%, a dla cynku do 17%.

Tabela 1

Table 1

Wpływ Cu i Zn na wzrost bakterii metylotroficznych
wyodrębnionych ze strefy rizosferowej jęczmienia
Effect of Cu and Zn on the growth of methylotrophic bacteria
selected from the rhizospheric zone of barley

| Grupa morfologiczna bakterii | $\mu\text{g Cu}\cdot\text{krążek}^{-1}$ | | | | | $\mu\text{g Zn}\cdot\text{krążek}^{-1}$ | | | | |
|---------------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| Ziarniaki | 19,9a* | 22,6a* | 26,3a* | 27,8a* | 29,2a* | 18,7a* | 21,7a* | 26,0a* | 27,5a* | 29,2a* |
| Pałeczki | 17,9a | 22,3a | 25,1a | 26,5a | 28,0a | 19,7a | 22,6a | 25,6a | 27,2a | 28,7a |
| Pałeczki rozpadające się na ziarniaki | 18,0a | 22,8a | 25,4a | 28,0a | 29,9a | 19,2a | 21,6a | 24,2a | 26,0b | 27,8a |
| Ziarniako-pałeczki | 18,1b | 22,8a | 27,0a | 28,3a | 29,5a | 20,3a | 22,4a | 25,0a | 26,6b | 28,0a |

* Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $P=0,05$

* Means marked with the same letters did not differ significantly at the probability of $P=0,05$

Wpływ Cu i Zn na metylotrofy wyodrębnione z gleby pozarizosferowej jęczmienia

Metylotrofy strefy pozarizosferowej jęczmienia, chociaż stanowiły tak samo liczną grupę szczepów, to były mniej zróżnicowane i obejmowały tylko dwie grupy morfologiczne, ziarniaki i pałeczki. Toksyczny wpływ rosnącego stężenia miedzi i cynku na te grupy morfologiczne bakterii był bardziej wyrównany niż w przypadku szczepów wyodrębnionych ze strefy rizosferowej jęczmienia (tab. 2). Toksyczność miedzi dla ziarniaków przy najwyższej dawce metalu wzrosła o 62%, a toksyczność cynku o 50%. Różnice w reakcji poszczególnych szczepów na najwyższą dawkę metalu w przypadku miedzi były większe (osiągały 36%) niż w przypadku cynku (18%). Natomiast zahamowanie wzrostu pałeczek pod wpływem miedzi doszło do 54%, a pod wpływem cynku do 47%. Różnice pomiędzy szczepami w reakcji na najwyższą dawkę metalu osiągały w przypadku miedzi 13,5%, a w przypadku cynku 20%.

Wyniki analizy statystycznej wykazały w większości przypadków brak istotnych różnic w reakcji na zastosowane w badaniach stężenia Cu i Zn pomiędzy poszczególnymi grupami morfologicznymi metylotrofów strefy rizosferowej jak i pozarizosferowej (tab. 1 i 2).

Przeprowadzone badania wykazały większą toksyczność miedzi jak i cynku względem bakterii strefy rizosferowej niż bakterii strefy pozarizosferowej jęczmienia (tab. 3). Różnice te zaznaczały się niezależnie od dawki tych metali i malały wraz z wzrostem stężenia metalu. Tłumaczyć to należy większą odpornością na niesprzyjające

czynniki środowiska bakterii występujących poza strefą korzeniową rośliny. Wpływ poszczególnych stężeń Cu i Zn na wzrost bakterii metylotroficznych wyodrębnionych ze strefy rizosferowej i pozarizosferowej był istotny.

Tabela 2
Table 2

Wpływ Cu i Zn na wzrost bakterii metylotroficznych
wyodrębnionych ze strefy pozarizosferowej jęczmienia
Effect of Cu and Zn on the growth of methylotrophic bacteria
selected from the non-rhizospheric zone of barley

| Grupa morfologiczna bakterii | $\mu\text{g Cu}\cdot\text{krążek}^{-1}$ | | | | | $\mu\text{g Zn}\cdot\text{krążek}^{-1}$ | | | | |
|------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| Ziarniaki | 17,4a* | 20,5a* | 24,0a* | 26,3a* | 28,1a* | 18,4a* | 21,2a* | 23,2a* | 25,5a* | 27,5a* |
| Pałeczki | 18,1b | 21,1a | 23,1a | 26,0a | 27,9a | 18,6a | 21,1a | 23,5a | 25,4a | 27,3a |

* Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $P=0,05$
* Means marked with the same letters did not differ significantly at the probability of $P=0,05$

Tabela 3
Table 3

Wpływ Cu i Zn na wzrost bakterii metylotroficznych wyodrębnionych ze strefy rizosferowej i pozarizosferowej jęczmienia
Effect of Cu and Zn on the growth of methylotrophic bacteria selected from the rhizospheric and non-rhizospheric zone of barley

| Bakterie metylotroficzne | $\mu\text{g Cu}\cdot\text{krążek}^{-1}$ | | | | | $\mu\text{g Zn}\cdot\text{krążek}^{-1}$ | | | | |
|--------------------------|---|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| Strefy rizosferowej | 18,5a* | 22,4a* | 25,6a* | 27,6a* | 29,2a* | 19,5a* | 22,8a* | 25,5a* | 27,2a* | 28,4a* |
| Strefy pozarizosferowej | 17,7a | 21,3b | 23,5b | 26,2b | 28,0b | 18,5b | 21,2b | 23,4b | 25,5b | 27,4b |

* Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $P=0,05$
* Means marked with the same letters did not differ significantly at the probability of $P=0,05$

Podsumowując należy stwierdzić, że metale ciężkie zastosowane w doświadczeniu wykazały niekorzystne oddziaływanie na wszystkie szczepy bakterii metylotroficznych wyodrębnione z gleby rizosferowej i pozarizosferowej jęczmienia. Natomiast stopień zahamowania wzrostu bakterii uwarunkowany był dawką metalu i jego rodzajem. Uzyskane wyniki potwierdzają obserwacje innych autorów wskazujących na nieco słabszą toksyczność miedzi niż cynku przy niższych stężeniach tych pierwiastków w środowisku i na wzrost toksyczności miedzi i cynku wraz ze wzrostem ich stężenia [Wyszkowska i Zaborowska, 2002; Nowak i wsp., 2004; Wael i wsp., 2000].

WNIOSKI

1. Niezależnie od zastosowanego metalu – miedzi lub cynku – bakterie metylotroficzne wykazały zahamowanie wzrostu już przy najniższej wartości stężenia, tj. $0,5 \mu\text{g metalu} \cdot \text{krążek}^{-1}$.
2. Zwiększone dawki miedzi i cynku powodowały wzrost ich toksyczności względem bakterii metylotroficznych.
3. Bakterie metylotroficzne wyodrębnione ze strefy ryzosferowej jęczmienia jarego wykazywały nieco większą wrażliwość na metale ciężkie niż bakterie strefy pozaryzosferowej.

PIŚMIENNICTWO

- Aoyama M., Nagumo T.: 1997. Comparison of the effect Cu, Pb and As on plant residue decomposition, microbial biomass and soil respiration. *Soil Sci. Plant Nutr.* 43, 613–622.
- Baath E.: 1989. Effects of heavy metals in soil on microbial process and populations. *Water, Air, Soil Pollut.* 47, 335–79.
- Bratina B., Hanson R.S.: 1992. Methylophony. [W:] *Encyclopedia of microbiology*. Ed. J. Lederberg- Academic Press Inc. New York. 3, 121–27
- Doelman P.: 1985. Resistance of soil microbial communities to heavy metals. W: *Micronutrients in soil*. Ed. Jensen A. K., Sorensen L.H. Elsevier Applied Science Publishers. London. 364–84.
- Fritze H., Niani S., Mikkola K. 1989. Soil microbial effects of Cu-Zn smelter in southwestern Finland. *Soil. Biol. Fertilis.* 8, 87–4.
- Hattori H.: 1992. Influence of heavy metals on microbial activities. *Soil Sci. Plant Nutr.*: 38, 93–00.
- Insam H., Hutchinson T.C., Reber H.H.: 1996. Effects of heavy metal stress on the metabolic quotient of the soil microflora. *Soil Biol. Biochem.* 28, 691–94.
- Kaszubiak H., Durska G.: 2000. Effect of Oxafun T seed dressing on bacteria in rhizosphere and non-rhizosphere soil. *Pol. J. Environ. Stud.* 9. (5), 397–01.
- Leita L., De Nobili M., Muhlbachova G.: 1995. Bioavailability and effects of heavy metals on soil microbial biomass survival during laboratory incubation. *Biol. Fertil. Soils.* 19, 103–108.
- Maliszewska W., Dec Wierzbicka H., Woźniakowska A.: 1985. The influence of various heavy metals compounds on the development and activity of soil microorganisms. *Environ. Pollut. Seria A.* 37, 195–215.
- Nies D.H.: 1999. Microbial heavy-metal resistance. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 51,(6),730–750.
- Niklińska M., Chmiel M.: 1997. Porównanie oporności na metale ciężkie u mikroorganizmów glebowych z rejonów silnie zanieczyszczonych miedzią lub cynkiem. [W:] *Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie*. Red. Barabasz W. AR Kraków, 491–504.
- Nowak A., Szopa E., Błaszak M.: 2004. Wpływ metali ciężkich (Cd, Cu, Pb, Hg) na ilość biomasy żywych mikroorganizmów w glebie. *Acta Agraria et Silvestria.* XLII, 335–339.
- Ohta H., Hattori T.: 1980. Bacteria sensitive to nutrient broth medium in terrestrial environments. *Soil Sci. Plant Nutr.* 26, 97–101.
- Ore S., Grennberg K.: 2003. The effect of metal pollutants leaching from the road constructed with bottom ash. 7th International Conference „The Biogeochemistry of Trace Elements”. Uppsala, Sweden, June 15–19.

- Przybulewska K., Nowak A., Smolińska M.: 2002. Wpływ metali ciężkich na liczebność i aktywność mikroorganizmów celulolitycznych w glebie. [W:] Rola drobnoustrojów w kształtowaniu środowiska. Red. Wyszowska J., Jastrzębska E. UWM Olsztyn,
- Słaba M., Długoński J.: 2002. Mikrobiologiczne usuwanie i odzyskiwanie metali ciężkich. Post. Mikrobiol. 41, (2), 167–183.
- Urakami T., Kamagata K.: 1978. Cellular fatty acid composition and enzyme Q system in gram negative methane – utilizing bacteria. J. Gen. Appl. Microbiol. 25, 343–360.
- Wael M., Huang Ch., Xie Z.: 2000. Comparison of the effects of copper and lead on soil microbial biomass carbon and nitrogen in red soil. J. Zhejiang University Sci. 1, (2), 196–201.
- White C., Saper J.A., Gadd.: 1997. Microbial solubilization and immobilization of toxic metals: key biogeochemical process for treatment of contamination. FEMS Microbiol. Rev. 20, 503–516.
- Wyszowska J., Zaborowska M.: 2002. Aktywność enzymów w glebie zanieczyszczonej cynkiem. [W:] Rola drobnoustrojów w kształtowaniu środowiska. Red. Wyszowska J., Jastrzębska E., UWM Olsztyn, s.125.

EFFECT OF COPPER AND ZINC ON THE GROWTH OF METHYLOTROPHIC BACTERIA SELECTED FROM THE RHIZOSPHERIC AND NON-RHIZOSPHERIC SOIL OF BARLEY

S u m m a r y

The methylotrophic bacteria play an important role in the global carbon cycle. These are microorganisms present everywhere in nature. They occur in soil, water and in plant material. A characteristic distinguishing the group among others is the ability to utilize C₁ compounds such as methane, methanol, methylamines and others. The aim of the study was to estimate the effect of copper and zinc in different concentrations (0.5 µg; 1.0 µg; 1.5 µg; 2.0 µg; 2.5 µg filter paper⁻¹) on the growth of the methylotrophic bacteria selected from the rhizosphere and non-rhizosphere zone of barley. The results indicated that already the lowest dose of metal - 0.5 µg filter · paper⁻¹ had a deleterious effect on the growth of the methylotrophic bacteria. The growth of the methylotrophic bacteria was decreased consistently with increasing levels of Cu and Zn. However, the heavy metals strongly decreased the growth of methylotrophic bacteria selected from rhizospheric soil compared to non-rhizospheric soil.

KEY WORDS: heavy metal, copper, zinc, methylotrophic bacteria, rhizosphere

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Julitta Gajewska¹, Karolina Olejnik¹, Małgorzata Parzydeł¹,
Marzena Rastawicka¹, Wiesław Szulc², Andrzej Borkowski¹

**CHARAKTERYSTYKA MORFOLOGICZNA I FIZJOLOGICZNA
GLEBOWYCH BAKTERII UTLENIAJĄCYCH ZWIĄZKI SIARKI
MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARAC-TERIS-
TIC OF SULPHUR OXIDIZING SOIL BACTERIA**

¹Zakład Mikrobiologii Rolniczej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

¹Department of Agricultural Microbiology, Warsaw Agricultural University

²Zakład Chemii Rolniczej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

²Department of Agricultural Chemistry, Warsaw Agricultural University

Celem pracy była charakterystyka izolowanych wcześniej z gleby bakterii zdolnych do utleniania siarki, występujących w glebach o różnym systemie nawożenia: mineralnym (NPK) i organicznym (obornik). Próbkę gleby pochodziły z trwałego doświadczenia nawozowo-płodozmiennego w Łyczynie oraz statycznego doświadczenia nawozowego w Stacji Doświadczalnej w Skierniewicach (SGGW). Do hodowli i izolacji tlenowych bakterii zdolnych do utleniania związków siarki stosowano m.in. podłoże wg Czaban i Kobus [2000]. Do hodowli użyto metody płytek lanych i wysiewu powierzchniowego. Wykonano badania makroskopowe i mikroskopowe izolowanych kolonii. Preparaty bakterii barwione m.in. metodą Grama, oglądane w mikroskopie świetlnym, porównywano z preparatami uzyskanymi z hodowli oraz bezpośrednio z próbek gleby (*in situ*) – z użyciem mikroskopu fluorescencyjnego Nikon. Do badań zastosowano komputerową metodę analizy obrazu z kamery mikroskopu. Identyfikację uzyskanych izolatów oparto o klasyfikację wg Bergey'a [Buchanan i Gibbons, 1974]. Zidentyfikowane bakterie należały m.in. do rodzajów: *Thiobacillus* oraz *Thiovulum* i występowały w glebach obu systemów nawozowych.

SŁOWA KLUCZOWE: bakterie siarkowe, gleba, nawożenie, *Thiobacillus*, *Thiovulum*

WSTĘP

Siarka jest pierwiastkiem szeroko rozpowszechnionym w przyrodzie oraz składnikiem niezbędnym do życia roślin i zwierząt. W warunkach naturalnej homeostazy śro-

dowiska glebowego o zaopatrzeniu roślin w siarkę decyduje stan dynamicznej równowagi między mineralizacją materii organicznej a biologicznym unieruchomieniem tego składnika. W procesie tym ogromną rolę odgrywają bakterie siarkowe, głównie z rodzaju *Thiobacillus*, a także grzyby żyjące w glebie. Procesy utleniania nieorganicznych związków siarki przeprowadzane przez tę grupę bakterii stanowią ważne ogniwo w obiegu siarki w przyrodzie [Kurek, 1984]. Według Barrowa [1980], jeżeli zawartość siarki w rozkładanym materiale jest mniejsza od 0,13%, to cała uwalniana siarka jest zużywana przez bakterie siarkowe, a rośliny cierpią z powodu niedoboru tego składnika. Na zawartość siarki dostępnej dla roślin wpływa również odczyn gleby. Odczyn zasadowy przyspiesza rozkład materii organicznej i uwalnianie siarki, natomiast przy niższym pH zwiększa się adsorpcja siarczanów przez uwodnione tlenki żelaza i glinu oraz kaolinit [Johnson, 1984]. Podobnie jak niedobór – może być również groźny nadmiar tego pierwiastka w glebach. Przyczyną tego zjawiska jest zanieczyszczenie gleb związkami siarki wskutek antropopresji [Motowicka-Terelak i Terelak, 2000]. Siarka i produkty jej przemian wprowadzane do gleby w nadmiarze – mogą niekorzystnie wpływać na środowisko glebowe powodując obniżenie odczynu gleby, co może powodować uruchomienie znacznych ilości glinu [Drożdż-Hara, 1978; Gądor i Motowicka-Terelak, 1980; Nilsson i wsp., 1983].

Celem pracy była charakterystyka morfologiczna i fizjologiczna oraz dokumentacja zdjęciowa izolowanych wcześniej [Gajewska i wsp., 2005] z gleby bakterii zdolnych do utleniania siarki, występujących w glebach o różnym systemie nawożenia: mineralnym (NPK) i organicznym (obornik). Próbki gleby pochodziły z trwałego doświadczenia nawozowo-płodozmiennego w Łyczynie oraz statycznego doświadczenia nawozowego w Stacji Doświadczalnej w Skierniewicach (SGGW).

MATERIAŁY I METODY

Badania zostały przeprowadzone w Stacji Doświadczalnej w Skierniewicach (SGGW) oraz na trwałym doświadczeniu nawozowo-płodozmiennym, założonym w Łyczynie k.Warszawy, na polu doświadczalnym (SGGW). Doświadczenie rozpoczęto w maju 2003 roku, a zakończono w czerwcu 2004 roku.

W Stacji Doświadczalnej w Skierniewicach występują gleby płowe. Na polu doświadczalnym RZD w Łyczynie występują również gleby płowe, wytworzone z glin i piasków zwałowych. Wierzchnią warstwę pola stanowi piasek gliniasty, czasem słabogliniasty, zalegający na glinie zwałowej lekkiej. Na polu w Łyczynie uprawiano w płodozmianie następujące rośliny: żyto, ziemniaki, ryż, jęczmień jary, koniczyna czerwona i pszenica ozima. Badano obecność bakterii na poletkach z następującymi kombinacjami nawozowymi:

Doświadczenie w Łyczynie: kontrola (bez nawozu), NPK, obornik ($12,5t\ ha^{-1}$), Ca, NPK + obornik, Ca NPK + obornik.

Doświadczenie w Skierniewicach:

Doświadczenie 1: kontrola (bez nawozu) i superfosfat pojedynczy, superfosfat potrójny (oba nawozy w dawce $26,2\ kg\ P\ h^{-1}$);

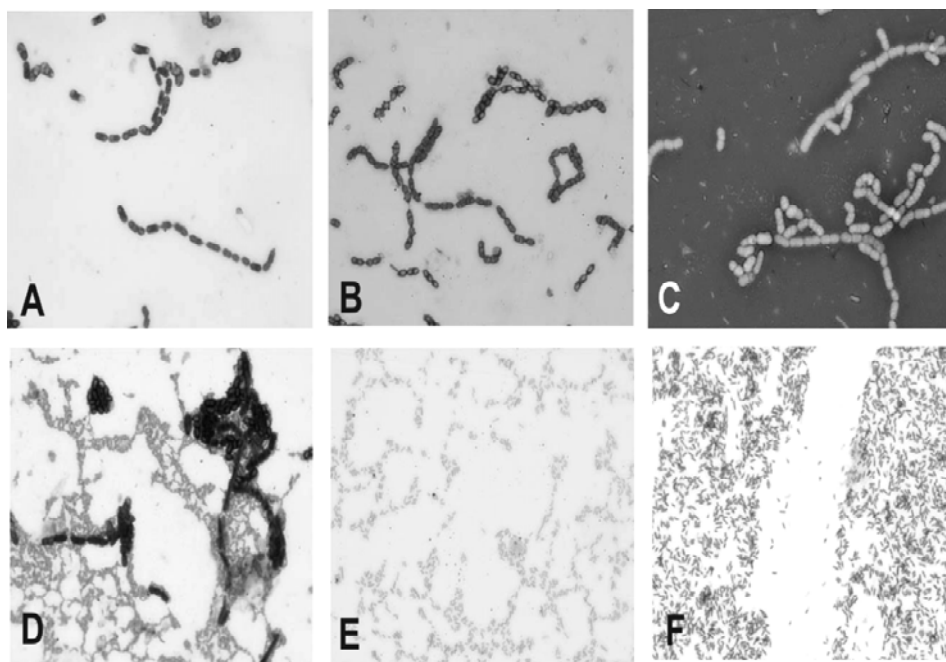
Doświadczenie 2: obornik ($20, 40, 60t\ h^{-1}$).

Skład gatunkowy wyizolowanych mikroorganizmów występujących w próbkach gleb z Łyczyna i Skierniewic przedstawiono w pracy Gajewskiej i wsp. [2005]. W obecnej pracy przedstawiono charakterystykę i dokumentację zdjęciową wyizolowanych bakterii siarkowych z wybranych próbek gleby. Próby do analiz mikrobiologicznych pobrano wiosną, w kwietniu i maju 2003 roku. Na ich podstawie dokonano oceny wpływu różnych systemów nawożenia na wzrost i rozwój tlenowych bakterii siarkowych. W pobranych próbach oznaczono ogólną liczbę: bakterii właściwych, promieniowców, grzybów strzępkowych i drożdży. Próbkę reprezentacyjną gleby uzyskano przez pobranie z danego terenu trzech równoległych próbek gleby łaską Egnera, z głębokości od 0 do 25 cm. Z próbek izolowano bakterie siarkowe na następujących podłożach: wg Czaban i Kobus [2000], Bunta i Roviry z dodatkiem nystatyny. Hodowle inkubowano przez 48 godzin w temperaturze 28 °C. Badania morfologiczne drobnoustrojów objęły badania makroskopowe kolonii, które pozwoliły na wstępną klasyfikację ze względu na ich charakterystyczne cechy, dotyczące m.in. rozmiarów kolonii, kształtu, konsystencji czy wytwarzania barwnika. Do badań mikroskopowych zastosowano preparaty barwione metodą prostą (fuksyną), złożoną (met. wg Grama), barwione negatywnie nigrozyną, oraz preparaty przyżyciowe oglądane przy powiększeniu 1250 razy. Preparaty oglądano przy użyciu mikroskopu Nikon. Do badań zastosowano komputerową metodę analizy obrazu z kamery mikroskopu. Zastosowanie tego mikroskopu pozwoliło m.in. na obserwację inkluzji siarki wewnątrz komórek bakterii, co było jedną z ważniejszych cech morfologicznych tlenowych bakterii, zdolnych do utleniania związków siarki.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ze wszystkich badanych próbek gleby izolowano tlenowe bakterie siarkowe. Na podstawie obserwacji cech morfologicznych i fizjologicznych określono skład rodzajowy i gatunkowy bakterii, zgodnie z systematyką Bergey'a [Buchanan i Gibbons, 1974]. Niezależnie od rodzaju kombinacji nawozowej wyizolowano bakterie należące do różnych rodzajów, takich jak: *Thiobacillus*, *Thiovulum*, *Macromonas*, *Achromatium* (tab. 1).

Występowanie ich stwierdzono również w próbkach kontrolnych. Dominowały bakterie z rodzaju *Thiobacillus*, szczególnie liczne zarówno w próbkach kontrolnych w Łyczynie, jak i nawożonych NPK i NPK + obornik (Łyczyn). W próbkach doświadczenia w Skierniewicach bakterie te dominowały w próbkach nawożonych obornikiem. Stwierdzono dużą różnorodność gatunków z rodzaju *Thiobacillus*: *T. intermedius*, *T. perometabolis*, *T. tepidarius*, *T. versutus*, *T. novellus*, *T. thioparus*, *T. thiooxidans*, *T. albertis*, *T. ferrooxidans*. Na rysunkach 1A–F przedstawiono zdjęcia wybranych izolatów z próbek gleby nawożonych mineralnie i organicznie. Bakterie z rodzaju *Thiobacillus* stwierdzono nawet w próbkach gleby nawożonych wysoką dawką obornika (60t ha⁻¹). Jest to interesujące z uwagi na autotrofię badanych bakterii siarkowych, wytrzymujących konkurencję z bakteriami alochtonicznymi, pochodzącymi z obornika.



Rys. 1 A – F Bakterie siarkowe izolowane z badanych próbek gleby (1250x)

A – *Thiovulum sp.* izolowane z gleby nawożonej superfosfatem (Skierniewice)

B – *Thiovulum sp.* izolowane z gleby kontrolnej (Łyczyn)

C – *Thiobacillus sp.* w hodowli mieszanej, gleba nawożona NPK (Łyczyn)

D – *Thiobacillus thiooxidans* w hodowli mieszanej, z gleby nawożonej obornikiem 20t ha⁻¹ (Skierniewice)

E, F – *Thiobacillus sp.* izolowane z gleby nawożonej NPK + obornik (12,5t ha⁻¹) (Łyczyn)

Rys. 1. A – F The sulphur bacteria isolated from the samples of soil (1250x)

A – *Thiovulum sp.* isolated from soil superphosphate fertilized (Skierniewice)

B – *Thiovulum sp.* isolated from the control soil (Łyczyn)

C – *Thiobacillus sp.* in the mixed culture, soil NPK fertilized (Łyczyn)

D – *Thiobacillus thiooxidans* in the mixed culture, soil manure fertilized 20t ha⁻¹ (Skierniewice)

E, F – *Thiobacillus sp.* isolated from soil NPK fertilized + manure fertilized (12,5t ha⁻¹) (Łyczyn)

Tabela 1

Table 1

Skład gatunkowy wyizolowanych bakterii zdolnych do utleniania związków siarki występujących w próbkach gleby o różnym systemie nawozowym
The sulphur oxidizing bacteria isolated from the soil from the different fertilization combinations of the crops experiment

| Izolaty bakterii Isolated bacteria | Rodzaj nawożenia Kind of fertilization | |
|---------------------------------------|---|---|
| | Łączyn | Skierniewice |
| <i>Macromonas sp.</i> | – | superfosfat, kontrola (II), obornik (20t ha ⁻¹) |
| <i>Thiobacillus albertis</i> | – | obornik (40t ha ⁻¹) |
| <i>Thiobacillus intermedius</i> | – | kontrola (II), obornik (20,40,60 t ha ⁻¹) |
| <i>Thiobacillus novellus</i> | Kontrola | – |
| <i>Thiobacillus perometabolis</i> | kontrola, NPK+obornik | obornik (40 t ha ⁻¹) |
| <i>Thiobacillus tepidarius</i> | kontrola, obornik, NPK | – |
| <i>Thiobacillus thiooxidans</i> | NPK | superfosfat pojedynczy, obornik (20 t ha ⁻¹) |
| <i>Thiobacillus thioparus</i> | kontrola, NPK, NPK+obornik, Ca+NPK | kontrola (II), obornik (60 t ha ⁻¹) |
| <i>Thiobacillus versutus</i> | kontrola, NPK+obornik | – |
| <i>Thiovulum sp.</i> | kontrola, NPK | superfosfat |

WNIOSKI

1. Spośród izolowanych tlenowych bakterii siarkowych dominowały bakterie z rodzaju *Thiobacillus* i *Thiovulum*.

2. Do izolacji bakterii siarkowych z gleby bardzo przydatne może być podłoże stałe wg Czaban i Kobus [2000], o odczynie 7,2, gdyż na płynnym podłożu uzyskano słaby wzrost.

3. Najwięcej szczepów tlenowych bakterii siarkowych izolowano z gleby kontrolnej w Łączynie oraz gleby nawożonej NPK (Łączyn). Mniej szczepów wyizolowano z gleby nawożonej superfosfatem potrójnym granulowanym oraz superfosfatem pojedynczym w Skierniewicach.

4. Zastosowanie mikroskopu fluorescencyjnego oraz analizy komputerowej pozwoliło na obserwację inkluzji komórkowych (siarki) ważnych przy identyfikacji bakterii zarówno *in situ*, jak i w hodowlach.

PIŚMIENNICTWO

- Barrow N.J.: 1980. A comparison of the mineralization of nitrogen and sulphur from decomposing organic materials. *Aust. J. Agric. Res.*, 11, 960–969.
- Buchanan R.E., i Gibbons N.E. (Editor-in-Chief): 1974. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* 8th ed. The Williams and Wilkins Co, Baltimore, 450–471.
- Czaban J. Kobus J.: 2000. Oxidation of elementary sulfur by bacteria and fungi in soil. *Acta Microbiol. Pol.*, 49 (2), 135–147.
- Drożdż-Hara K.: 1978. Studia nad wpływem zanieczyszczenia siarką na przemiany gleb uprawnych w sąsiedztwie kopalni siarki. Niektóre właściwości chemiczne gleby skażonej siarką – doświadczenie modelowe. Część I. *Rocz. Glebozn.*, 29 (1), 141–162.
- Gądor I., Motowicka-Terelak T.: 1980. Wpływ skażenia siarką na właściwości gleb, plonowanie i skład chemiczny roślin w doświadczeniu lizymetrycznym. *Mat. Konf. Cz. II „Wpływ zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi i siarką na przyrodnicze warunki rolnictwa”* IUNG Puławy, 129–134.
- Gajewska J., Olejnik K., Parzydeł M., Rastawicka M., Miszczyk A., Szulc W.: 2005. Wpływ różnych systemów nawozowych na mikroflorę glebową ze szczególnym uwzględnieniem tlenowych bakterii siarkowych. *Fragmenta Agronomica*, 1 (85), 62–73.
- Johnson D. W.: 1984. Sulphur cycling in forest. *Biogeochemistry*, 1, 29–43.
- Kurek E.: 1983. Utlenianie nieorganicznych związków siarki przez drobnoustroje. *Post. Mikrobiol.*, 22 (34), 301–334.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H.: 2000. Siarka w glebach i roślinach Polski. *Folia Univ. Agric. Stetin. 204 Agricultura*, 81, 7–16.
- Nilsson S. I., Wiklander G., Farrell E. P.: 1983. Stress of exchangeable base cations and aluminum in lysimeters previously treated with sulphuric acid or NPK with or without irrigation. *For. Ecol. Manag.*, 5 (2): 87–108.

MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF SULPHUR OXIDIZING SOIL BACTERIA

S u m m a r y

The aim of the work was to investigate the influence of the different fertilization systems on the occurrence of the aerobic oxidizing bacteria in a long-term fertilization-crop study in the Łyczyn and in the static fertilization study at the Experimental Station in the Skierniewice. In this paper, the qualitative investigation of the sulphur bacteria was presented. The obtained results indicate the significant influence of the fertilization on the number of microorganisms, but in all of the kind of fertilized soil were isolated different sulphur bacteria despite the present of raised quantity of the organic matter (in soil manure fertilized). Isolated strains of the sulfur bacteria first of all belong to the genera *Thiobacillus* and *Thiovulum*.

KEY WORDS: soil fertilization, sulfur bacteria, *Thiobacillus*, *Thiovulum*

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Ewa B. Górska¹, Joanna Kopczyńska^{1,2}, Stefan Russel^{1,2}

WYTWARZANIE ENZYMÓW CELULOLITYCZNYCH
I LIGNOLITYCZNYCH W HODOWLI GRZYBA *TRAMETES*
VERSICOLOR Z DODATKIEM SŁOMY ZBOŻOWEJ
O RÓŻNYM STOPNIU ROZDROBNIENIA

PRODUCTION OF CELULLOLYTIC AND LIGNOLYTIC
ENZYMES BY *TRAMETES VERSICOLOR* IN CULTURE
MEDIUM AMENDED WITH DIFFERENTLY SHREDS
CEREAL STRAWS

¹Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie

Department of Soil Environment Sciences, The Warsaw Agricultural University

²Zakład Sanitacji Wsi, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

Department of Rural Sanitization, Institute for Land Reclamation and Grassland
Farming, Falenty

Do badań wybrano szczep grzyba *Trametes versicolor*, pochodzący z kolekcji University of Alexandria z Aleksandrii. Badany szczep hodowano w temp. 25 °C przez 30 dni w warunkach stacjonarnych i wytrząsanych w pożywce z dodatkiem 1% lignocelulozy. Źródłem ligniny i celulozy była siewka lub słoma zmielona z pszenżyta, pszenicy lub żyta. Po 10, 20 i 30 dniach w płynach pochodzących określano aktywność lignolityczną (lakkazy, peroksydazy), ogólną aktywność enzymów scukrzających celulozę (FP-azy) i aktywność karboksymetylocelulazy (CMC-azy).

Produkcja lakazy w hodowli *T. versicolor* w pożywce z dodatkiem zmielonej słomy zbożowej była wyższa w hodowli wytrząsanej niż w stacjonarnej. Najwyższą produkcję lakazy w pożywce ze zmieloną słomą wykazano po 30 dniach inkubacji w hodowli wytrząsanej (0,72 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka) i po 20 dniach inkubacji w hodowli stacjonarnej (0,5 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka). W przypadku dodatku do pożywki siewki pszenżyta najwyższą aktywność lakazy uzyskano po 20 dniach inkubacji bez względu na warunki hodowli. W hodowli wytrząsanej aktywność lakazy wynosiła 12,6 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka natomiast w hodowli stacjonarnej 7,04 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka.

Produkcja enzymów celulolitycznych FP-azy i CMC-azy była najwyższa w hodowli stacjonarnej po 20 dniach inkubacji wynosiła odpowiednio $50 \text{ mU} \cdot \text{min}^{-1}$ i $120 \text{ mU} \cdot \text{min}^{-1}$.

Aktywność enzymów celulolitycznych określona w hodowlach grzyba w pożywce ze słomą zmieloną była wyższa w warunkach wytrząsanych dla CMC-azy w ciągu całego trwania doświadczenia. Aktywność FP-azy po 10 dniach była zdecydowanie najwyższa w warunkach wytrząsania hodowli natomiast w późniejszym czasie ulegała zmniejszeniu o 50%.

Badania enzymatyczne wykazały wpływ rozdrobnienia słomy, czasu i warunków prowadzenia hodowli na aktywność enzymów lignolitycznych i hydrolitycznych.

SŁOWA KLUCZOWE: *Trametes versicolor*, lakkaza, celulazy, lignoceluloza

WSTĘP

Lignina i polisacharydy (celuloza, ksylan) to główne związki chemiczne budujące tkanki roślinne. W przyrodzie substancje te rozkładane są przez bakterie i grzyby do związków prostych takich jak celobioza, glukoza i inne. Grzyby w zależności od uzdolnień do biosyntezy określonych enzymów mogą rozkładać wybiórczo ligninę bądź celulozę lub w różnych proporcjach równocześnie oba związki chemiczne. W związku z tym wyróżniamy grzyby tzw. białego, brunatnego i szarego rozkładu [Adb El-Nesser i wsp., 1997; Breen i Singleton, 1999; Krajewski i Witomski, 2003; Leatham, 1986; Morais i wsp., 2001; Pazarlioglu i wsp., 2005; Perez i wsp., 2002; Rodriguez i wsp., 2003; Rodriguez i wsp., 2004; Young i wsp., 1995].

Trametes versicolor, należący do klasy *Basidiomycetes*, jest grzybem powszechnie występującym w Polsce i na świecie, głównie kolonizującym drzewa liściaste, sporadycznie iglaste, a także drewno użytkowe. Grzyb *T. versicolor* z racji biosyntezy enzymów lignolitycznych (lakkazy, peroksydazy ligninowej i innych) i hydrolitycznych zaliczany jest do grzybów „białego rozkładu” [Rodriguez i wsp., 2003; Rodriguez i wsp., 2004].

Celem pracy jest zbadanie produkcji lakazy i enzymów celulolitycznych w hodowli grzyba *Trametes versicolor* w pożywce płynnej z dodatkiem słomy pszenżytniej, pszenicznej i żytniej. Również podjęto pracę wykazania wpływu stopnia rozdrobnienia słomy, warunków i czasu trwania hodowli na produkcję badanych enzymów.

MATERIAŁY I METODY

Do badań wybrano szczep grzyba *Trametes versicolor*, pochodzący z kolekcji University of Alexandria z Egiptu, który hodowano na podłożu ziemniaczano-glukozowym w płytkach Petriego w temp. $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Z podłoża hodowlanego wycięto jałowo 10 kwadratów o wymiarach $10 \times 10 \text{ mm}$ i wprowadzono do 100 ml płynnej pożywki ziemniaczano-glukozowej. Po upływie 10 dni 10 ml tak przygotowanego inoculum wsiewano do 100 ml pożywki produkcyjnej w oparciu o zmodyfikowaną pożywkę Czapeka [Burbianka, 1983]. Modyfikacja pożywki polegała na zastąpieniu 1% sacharozę zmieloną lub pociętą słomą pszenżyta odmiany Tornado, żytnią odmiany Hegro lub

pszeniczną odmiany Korweta. W celu oznaczenia aktywności lignolitycznej i celulolitycznej badany szczep grzyba hodowano w temp. 25 °C przez 30 dni w warunkach stacjonarnych i wytrząsanych (150 obr. na minutę) w pożywce produkcyjnej. Po 10, 20 i 30 dniach określano w płynach pochodowlanych aktywność lakkazy, ogólną aktywność celulolityczną (FP-azy) i aktywność karboksymetylocelulazy (CMC-azy).

Aktywność lakkazy oznaczano zmodyfikowaną metodą Leonowicza i Grzywnowicza z użyciem syryngaldazyny jako substratu [Leonowicz i Grzywnowicz, 1981]. Aktywność enzymu wyrażono w μmol ach produktów, otrzymanych w wyniku działania lakkazy na substrat w warunkach oznaczenia (temp. 27 °C, pH 5,0), przeliczonych na mg białka w ciągu minuty.

Aktywność enzymów celulolitycznych oznaczono metodami zalecanymi przez Międzynarodową Komisję Biotechnologii [Ghose, 1987]. Metody te polegają na pomiarze ilości cukrów redukujących, uwalnianych podczas działania roztworu enzymu na substrat. W przypadku oznaczania FP-azy jako substrat stosowano 50 mg bibuły Whatman No 1, dla CMC-azy 2% roztwór karboksymetylocelulozy. Miarą aktywności FP-azy i CMC-azy była taka ilość enzymu, która uwalnia 1 μmol cukrów redukujących (w przeliczeniu na glukozę), w ciągu 1 minuty w warunkach oznaczenia (pH 4,8; temp. 50 °C).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wzrost, rozwój i wytwarzanie enzymów w hodowlach grzybów „białego rozkładu” jest uzależniona od wielu czynników, między innymi od odczynu i stanu skupienia pożywki, czasu i temperatury inkubacji, substratów lignocelulozowych oraz dodatku witamin, aminokwasów, a także mikro- i makropierwiastków do pożywki. Badania enzymatyczne w hodowli szczepu grzyba *Trametes versicolor* wykazały wpływ rozdrobnienia słomy, czasu i warunków prowadzenia hodowli na biosyntezę lakkazy i enzymów celulolitycznych. Podobne wyniki nad aktywnością produkowanych enzymów przez grzyby „białego rozkładu” należących do klasy *Basidiomycetes* hodowanych w pożywce płynnej uzyskali między innymi Tekere i wsp. [2001], Masaphy i Levanon [1992] oraz Jang i wsp. [2001].

Wyniki prezentowane na rysunku 1 wskazują, że produkcja lakkazy w hodowli *T. versicolor* z dodatkiem zmielonej słomy zbożowej była nieznacznie wyższa w hodowli wytrząsanej niż w stacjonarnej. Aktywność lakkazy w pożywce ze zmieloną słomą po 30 dniach inkubacji w hodowli wytrząsanej wynosiła 0,72 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka, a po 20 dniach inkubacji w hodowli stacjonarnej była nieznacznie niższa (0,5 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka). W przypadku dodatku do pożywki siewki pszenżytniej najwyższą aktywność lakkazy uzyskano po 20 dniach inkubacji bez względu na warunki hodowli. W hodowli wytrząsanej aktywność lakkazy wynosiła 12,6 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka, natomiast w hodowli stacjonarnej 7,04 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka.

Bollag i Leonowicz [1984] wykazali intensywniejszy wzrost grzybni *T. versicolor* i *Pleurotus ostreatus* w warunkach hodowli stacjonarnej niż wytrząsanej. Warunki hodowli nie wpływały jednakże na intensywność wzrostu szczepu grzyba *Rhizoctonia praticola*. Badania przeprowadzone w ramach niniejszej pracy nie potwierdzają wyników analiz Bollaga i Leonowicza [1984] nad wpływem warunków hodowli na inten-

sywność wzrostu grzybni i aktywność lignolityczną *Trametes versicolor*. Jak wynika z rysunku 1, wytrząsanie wpływało na intensywność wzrostu grzybni i aktywność enzymatyczną *T. versicolor*. Badany szczep grzyba hodowany w pożywce z dodatkiem siewki pszenżytniej, żytniej i pszenicznej (tab. 1) wykazywał wyższą aktywność lakkazy w warunkach hodowli wytrząsanej niż stacjonarnej.

Levin i Forchiasin [2001], Teker i wsp. [2001] wykazali, że aktywność lakkazy w hodowlach grzybów z klasy *Basidiomycetes* zależy od czasu prowadzenia hodowli, co potwierdzają również niniejsze badania. Aktywność lakkazy wytwarzanej przez *T. versicolor* wzrastała w ciągu trwania hodowli, uzyskując bez względu na warunki najwyższą aktywność po 20 dniach hodowli. Związane to jest z faktem, że ligninazy są syntetyzowane w metabolizmie wtórnym. Oznacza to, że grzyb wytwarza je wówczas, gdy w pożywce będzie się zmniejszała ilość łatwo dostępnych źródeł węgla. Ponieważ słoma zbudowana jest nie tylko z ligniny ale z celulozy i hemiceluloz (ksylan, mannan, galaktan), związki te będą w pierwszej kolejności rozkładane jako łatwiej podatne na rozkład enzymatyczny niż lignina.

Tabela 1

Table 1

Aktywność lakkazy, FP-azy i CMC-azy w kulturach *Trametes versicolor* hodowanego na słomie pszenżyta

Activity of laccase, FP-ase and CMC-ase in cultures of *Trametes versicolor* cultivated on triticale straw

| Typ hodowli Type of cultivation | Słoma zmielona Grounded straw | | | Słoma pocięta Chopped straw | | |
|---|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|-------|------|
| | Dni hodowli Days of incubation | | | Dni hodowli Days of incubation | | |
| | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 |
| Lakkaza ($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka) Laccase ($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ protein) | | | | | | |
| Stacjonarna Stationary | 0,10 | 0,50 | 0,30 | 0,20 | 6,50 | 5,90 |
| Wytrząsana Shaken | 0,50 | 0,60 | 0,72 | 2,20 | 12,20 | 8,10 |
| FP-aza ($\text{mUFP}\cdot\text{min}^{-1}$) FP-ase ($\text{mUFP}\cdot\text{min}^{-1}$) | | | | | | |
| Stacjonarna Stationary | 29 | 20 | 10 | 10 | 50 | 20 |
| Wytrząsana Shaken | 40 | 15 | 20 | 20 | 30 | 22 |
| CMC-aza ($\text{mUCMC}\cdot\text{min}^{-1}$) CMC-asea ($\text{mUCMC}\cdot\text{min}^{-1}$) | | | | | | |
| Stacjonarna Stationary | 37,0 | 29,5 | 20,0 | 15,0 | 120,0 | 20,0 |
| Wytrząsana Shaken | 65,0 | 70,0 | 60,0 | 70,0 | 60,0 | 50,0 |

Tabela 2

Table 2

Aktywność lakkazy, FP-azy i CMC-azy w kulturach *Trametes versicolor* hodowanego na słomie pszenicy ozimej lub żytniej
Activity of laccase, FP-ase and CMC-ase in cultures of *Trametes versicolor* cultivated on winter wheat or rye straw

| Typ hodowli Type of cultivation | Słoma pszenicy ozimej Winter wheat straw | | | Słoma żytnia Rye straw | | |
|---|---|------|------|-----------------------------------|------|------|
| | Dni hodowli Days of incubation | | | Dni hodowli Days of incubation | | |
| | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 |
| Lakkaza ($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ białka) Laccase ($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ protein) | | | | | | |
| Stacjonarna Stationary | 1,00 | 3,25 | 3,00 | 2,00 | 5,00 | 8,00 |
| Wytrząsana Shaken | 2,25 | 2,75 | 3,30 | 48 | 68 | 15 |
| FP-aza ($\text{mUFP}\cdot\text{min}^{-1}$) FP-ase ($\text{mUFP}\cdot\text{min}^{-1}$) | | | | | | |
| Stacjonarna Stationary | 20 | 40 | 21 | 30 | 80 | 10 |
| Wytrząsana Shaken | 19 | 39 | 18 | 10 | 30 | 20 |
| CMC-aza ($\text{mUCMC}\cdot\text{min}^{-1}$) CMC-asea ($\text{mUCMC}\cdot\text{min}^{-1}$) | | | | | | |
| Stacjonarna Stationary | 60 | 80 | 100 | 40 | 100 | 220 |
| Wytrząsana Shaken | 20 | 50 | 45 | 50 | 49 | 45 |

Adb El-Nesser i wsp. [1997] prowadzili badania nad biosyntezą enzymów hydrolytycznych (ksylanaz i celulaz) w hodowli grzybów *Phanerocheate chrysosporium* i *Coriolus versicolor*. Grzyby hodowano na odpadach przemysłu rolniczego, takich jak: słoma pszena, rozdrobnione kolby kukurydzy, plewy ryżowe, łupiny orzechów ziemnych. Optymalne warunki do produkcji enzymów celulolitycznych zapewnia pożywka z dodatkiem słomy pszenicznej o odczynie kwaśnym. Na produkcję ksylanazy w jednakowym stopniu wpływał rodzaj dodawanych do pożywki odpadów rolniczych. Najwyższą aktywność produkowanych enzymów celulolitycznych (rys. 2, rys. 3) przez *T. versicolor* obserwowano w hodowli stacjonarnej po 20 dniach inkubacji. W tych warunkach aktywność wytwarzanej FP-azy i CMC-azy wynosiła odpowiednio $50 \text{ mU}\cdot\text{min}^{-1}$ i $120 \text{ mU}\cdot\text{min}^{-1}$. W warunkach wytrząsania hodowli najwyższą produkcję FP-azy stwierdzono po 10 dniach inkubacji, natomiast w późniejszym czasie aktywność ta ulegała zmniejszeniu o 50%. Aktywność enzymów celulolitycznych określona w hodowlach badanego grzyba w pożywce ze słomą zmieloną była wyższa w warunkach wytrząsanych dla CMC-azy w ciągu całego trwania doświadczenia. Aktywność FP-azy po 10 dniach była zdecydowanie najwyższa w warunkach wytrząsania hodowli, natomiast w późniejszym czasie ulegała zmniejszeniu o 50%.

WNIOSKI

1. *Trametes versicolor* syntetyzuje lakkazę oraz enzymy rozkładające celulozę amorficzną i krystaliczną.
2. Biosynteza badanych enzymów zależy od substratu lignocelulozowego, czasu i warunków hodowli (stacjonarna, wytrzasana),
3. Zmielona słoma z pszenżyta wpływała niekorzystnie na wytwarzanie lakkazy w hodowli *T. versicolor*.
4. Najlepszym induktorem do produkcji lakkazy była pocięta słoma żytnia.
5. Stopień rozdrobnienia słomy pszenżyta nie wpłynął znacząco na produkcję enzymów celulolitycznych.

PIŚMIENNICTWO

- Adb El-Nesser N.H., Helmy S., El-Gammal A.A.: 1997. Formation of enzymes by biodegradation of agricultural wastes with white rot fungi. *Polymer Degradation and Stability*, nr 55, 249–255.
- Bollag J. M., Leonowicz A.: 1984. Comparative studies of extracellular fungal laccase. *Appl. Environ. Microbiol.*, nr 48, 849–854.
- Breen A., Singleton F. L.: 1999. Fungi in lignocellulose breakdown and biopulping. *Environmental Biotechnol.*, nr 10, 251–258.
- Ghose T.K.: 1987. Measurement of cellulose activities IUPAC, *Pure Appl. Chem.* Nr 59, 257.
- Jang M.Y., Ryu W.R., Cho M.H.: 2001. Laccase production from repeated batch cultures using free mycelia of *Enzymes Microbiol. Technol.*, nr 30, 741–746.
- Krajewski A., Witomski P.: 2003. *Ochrona Drewna*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 271.
- Leonowicz A., Grzywnowicz K.: 1981. Quantitative estimation of laccase forms in some white-rot fungi using siringaldazine as substrate. *Enzyme. Microbiol. Technol.*, nr 3, 55–57.
- Masaphy S., Levanon D.: 1992. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, nr 36, 828–832.
- Morais H., Ramos C., Forgack E., Csershati T., Oliveira J.: 2001. Lignin modifying enzymes of *Pleurotus ostreatus* grown on agroresidues. *Acta Alimentaria*, nr 30, 363–372.
- Pazarlioglu N. K., Sariisik M., Telefoncu A.: 2005. Laccase: production by *Trametes versicolor* and application to denim washing. *Process Biochemistry*, nr 40, 1673–1678.
- Perez J., Munoz-Dorado J., De la Rubia T., Martinez J.: 2002. Biodegradation and treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: An overview. *Int. Microbiol.*, nr 5, 53–63.
- Rodriguez Couto S., Moldes D., Liebanas A., Sanroman A.: 2003. Investigation of several bioreactor configurations for laccase production by *Trametes versicolor* operating solid state conditions. *Biochemical Engineering Journal*, nr 15, 21–26.
- Rogalski J., Hatakka A., Konga B., Leonowicz A.: 1993. Hemicellulolytic enzymes of the lignolytic white-rot fungus *Phlebia radiata*, determination of enzyme activities. *Act. Biotechnol.*, nr 13, 47–51.
- Singh S., du Preez J. C., Pillay B., Prior B. A.: 2000. The production of hemicelluloses by *Thermomyces lanuginosus* strain SSBP. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, nr 54, 698–704.
- Tekere M., Mswaka A. Y., Zvauya R., Read J. S.: 2001. *Enzyme. Microbiol. Technol.* nr 28, 420–426.
- Toczko M., Grzelińska A.: 1997. *Materiały do Ćwiczeń z Biochemii*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 133.

**PRODUCTION OF CELULLOLYTIC AND LIGNOLYTIC ENZYMES
BY *TRAMETES VERSICOLOR* IN CULTURE MEDIUM AMENDED
WITH DIFFERENTLY SHREDS CEREAL STRAWS**

S u m m a r y

The studies were performed with the strain of fungus *Trametes versicolor* obtained from University of Alexandria culture collection. This strain was cultivated in medium amended with 1% of lignocelluloses at 25C by 30 days. Cultures were shaken or grown stationary. As the sources of lignin and cellulose the chopped or grounded cereal straws were applied. The lignolytic and cellulolytic activity were measured after 10, 20, 30 days of incubation. The production of laccase by *T. versicolor* in the medium amended with grounded cereal straws was higher in shaken than in stationary cultures. The highest production of laccase in culture medium amended with grading wheat-rye straw was show after 30 days of incubation under shaking condition and 20 days under stationary conditions. In the case of culture amended with chopped cereal straws the highest cellulolytic and lignolytic production occur after 20 days of incubation in shaken cultures. The obtained results shows the effect of degree of fragmentation, time and condition of incubation on the production of investigated enzymes.

KEY WORDS: *Trametes versicolor*, cereal straws, laccase, cellulolytic enzymes

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Ewa B. Górska¹, Alina Maciejewska², Iłona Jakubiak^{1,3},
Stefan Russel^{1,3}

**WPLYW OBORNIKA, TORFU, WĘGLA BRUNATNEGO
I PREPARATU REKULTER NA WYSTĘPOWANIE
PROMIENIOWCÓW W GLEBIE**

**EFFECT OF FARM-YARD MANURE, PEAT, BROWN COAL
AND REKULTER ON OCCURRENCE OF ACTINOMYCETES
IN SOIL**

¹*Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie*

*Department of Soil Environment Sciences, Agricultural and Biology Faculty,
The Warsaw Agricultural University*

²*Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów, Politechnika Warszawska
Department of Soil Science and Land Preservation, Warsaw University of Technology*

³*Zakład Sanitacji Wsi, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach
Department of Rural Sanitization, Institute for Land Reclamation and Grassland
Farming, Falenty*

Celem pracy było wykazanie wpływu dodatku obornika, torfu, węgla brunatnego lub preparatu Rekulter na dynamikę występowania promieniowców w glebie płowej z dodatkiem i bez dodatku metali ciężkich (Zn, Pb, Cd). Przeprowadzono również izolację szczepów promieniowców zdolnych do rozkładu skrobi i celulozy.

Doświadczenie założono w Skierniewicach w Zakładzie Doświadczalnym SGGW, w wazonach gruntowych. W ciągu okresu wegetacji od kwietnia do września 2004 r. w glebie określono ogólną liczbę promieniowców metodą płytkową na podłożu skrobiowym z dodatkiem actidionu. Następnie wyizolowano z gleby szczepy promieniowców, które poddano wstępnej identyfikacji. Identyfikację przeprowadzono określając morfologię oraz zdolność do asymilacji wybranych cukrów. Zbadano również zdolność wyizolowanych promieniowców do rozkładu celulozy w pożywce Dubois'a z paskami bibuły filtracyjnej.

Przeprowadzone badania mikrobiologiczne poparte analizami statystycznymi wykazały brak wpływu dodatku do gleby metali ciężkich na liczebność promieniowców w ciągu całego okresu wegetacji. Wykazano natomiast dodatni wpływ Rekultera na liczebność badanych mikroorganizmów w glebie, do której nie dodano metali ciężkich. Podobne wyniki uzyskano dla kombinacji z

dotądkiem metali ciężkich oraz Rekulterem, torfem i obornikiem. Na liczebność promieniowców również wpływał termin.

Z gleby wyizolowano 16 szczepów promieniowców, które rozkładały bibułę filtracyjną. Na podstawie morfologii i wybranych cech biochemicznych i hodowlanych wyizolowane szczepy sklasyfikowano do rodzaju *Streptomyces* i *Streptosporangium*.

SŁOWA KLUCZOWE: promieniowce, nawozy organiczne, węgiel brunatny

WSTĘP

Promieniowce są mikroorganizmami, które licznie zasiedlają warstwę próchniczną gleby. Obecność ich w środowisku glebowym jest uzależniona m.in. od właściwości chemicznych, fizycznych i fizykochemicznych gleby. Promieniowce z racji swoich zdolności do rozkładu różnych związków chemicznych, w tym polisacharydów oraz związków aromatycznych, odgrywają doniosłą rolę w obiegu pierwiastków w przyrodzie oraz w tworzeniu związków humusowych w glebie [Breza-Boruta, 2002; Emmerling i wsp., 2000; Johansson i wsp., 1999]. Wpływ promieniowców na aktywność biologiczną gleby jest spotęgowany ich właściwościami fitosanitarnymi, tzn. zdolnością do wytwarzania substancji antybiotycznych (bakterio- i grzybobójczych) [Broaudbent, 1971].

Celem pracy jest wykazanie wpływu dodatku obornika, torfu, węgla brunatnego oraz preparatu Rekulter na dynamikę występowania promieniowców w glebie płowej z dodatkiem i bez dodatku metali ciężkich. Przeprowadzono również izolację szczepów promieniowców zdolnych do rozkładu skrobi i celulozy.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie założono w Skierniewicach na polu doświadczalnym SGGW, w wazonach gruntowych. Wazonny napelniono glebą płową, właściwą wytworzoną z piasku gliniastego, lekkiego wytworzonego na glinie lekkiej. Do gleby dodano obornik (FYM), torf, węgiel brunatny, Rekulter (preparat z węgla brunatnego z dodatkiem torfu i popiołu z węgla brunatnego) odpowiednio w dawkach 630, 390, 140 i 180 g na wazon, co odpowiada 5 t $C_{org} \cdot ha^{-1}$. Doświadczenie założono równocześnie w dwóch wariantach, tj. bez metali ciężkich i z metalami ciężkimi. Do gleby dodano roztwory następujących metali ciężkich: Zn ($90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) w formie $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, Pb ($60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) w formie $Pb(NO_3)_2$ i Cd ($0,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) w postaci $Cd(NO_3) \cdot 4H_2O$. Kombinacje nawozowe doświadczenia przedstawia tabela 1.

W ciągu okresu wegetacji od kwietnia do września 2004 roku w glebie określono w próbkach gleby ogólną liczbę promieniowców metodą płytkową na podłożu skrobiowym z dodatkiem actidionu oraz izolowano szczepy promieniowców. Liczbę badanych mikroorganizmów wyrażano w jednostkach tworzących kolonie (jtk) w przeliczeniu na 1 gram suchej masy gleby. Wyniki analiz poddano analizie statystycznej przy zastosowaniu testu t-Studenta ($P=0,05$).

Tabela 1
Table 1

Dynamika liczebności promieniowców podczas sezonu wegetacyjnego w zależności od kombinacji nawozowej
Dynamics of number of actinomycetes in vegetation season independent from treatments

| Kombinacje nawozowe Treatments | Średnia liczba promieniowców w 1 g suchej masy gleby ($\times 10^4$) Average number of Actinomycetes in 1 g dry matter of soil ($\times 10^4$) | | | | | |
|---|---|------|-------|-------|-------|-------|
| | Miesiąc – Month | | | | | |
| | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| Kontrola Control | 18,2 | 13,1 | 54,8 | 35,7 | 64,1 | 86,5 |
| Rekulter Rekulter | 11,2 | 26,1 | 116,5 | 81,8 | 105,5 | 107,8 |
| Torf Peat | 17,6 | 26,6 | 128,6 | 23,3 | 57,7 | 75,6 |
| Obornik FYM | 15,5 | 31,8 | 45,2 | 33,4 | 76,7 | 23,5 |
| Węgiel brunatny Brown coal | 16,3 | 18,0 | 38,6 | 42,3 | 32,2 | 32,9 |
| Metale ciężkie Heavy metals | 11,0 | 13,9 | 36,3 | 34,3 | 29,1 | 46,6 |
| Metale ciężkie + Rekulter Heavy metals + Rekulter | 25,6 | 23,6 | 109,0 | 87,1 | 38,5 | 33,1 |
| Metale ciężkie + Torf Heavy metals + Peat | 11,8 | 58,5 | 71,1 | 31,2 | 62,7 | 52,2 |
| Metale ciężkie + Obornik Heavy metals + FYM | 29,7 | 34,9 | 92,2 | 118,1 | 63,6 | 104,7 |
| Metale ciężkie + Węgiel brunatny Heavy metals + Brown coal | 33,3 | 23,7 | 27,4 | 24,1 | 9,1 | 54,6 |

Wyizolowane szczepy oczyszczano przez wielokrotne pasażowanie na podłożu skrobiowym, agarze odżywczym, podłożu Czapeka oraz w pożywce płynnej Dubois'a z paskami bibuły filtracyjnej. Wstępną identyfikację promieniowców przeprowadzono w oparciu o morfologię na podłożu skrobiowym po 30 dni inkubacji oraz wybrane cechy biochemiczne i hodowlane. Cechy biochemiczne promieniowców takie jak zdolność do asymilacji cukrów prostych i polisacharydów zbadano w pożywce płynnej Dubois'a, do której wprowadzono 1% odpowiedniego węglowodanu. Hodowle inkubowano w temp. 28°C przez 1 lub 2 tygodnie.

WYNIKI I DYSKUSJA

Promieniowce z racji pełnionych funkcji są bardzo ważną z punktu ekologii grupą mikroorganizmów zasiedlającą wszystkie ekosystemy naturalne i sztuczne, w tym środowisko glebowe. Rola ich jest związana z mineralizacją związków organicznych pro-

stych i trudno ulegających rozkładowi, np. lignin. W wyniku wytwarzania metabolitów takich jak antybiotyki, barwniki, witaminy i inne promieniowce oddziałują na towarzyszącą mikro- i mezofaunę glebową.

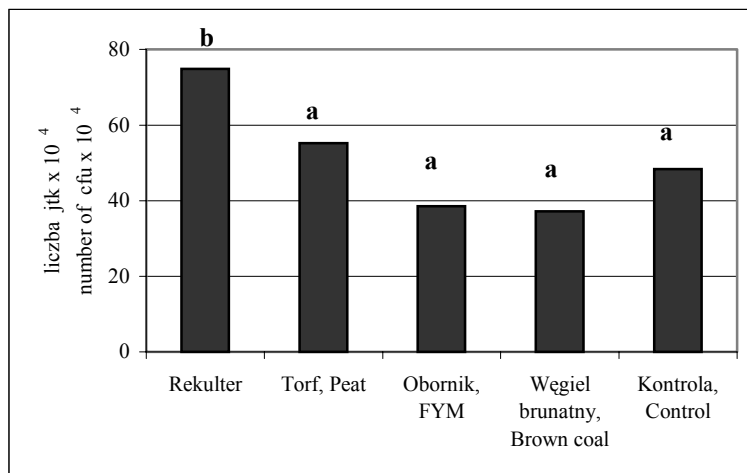
Przeprowadzone w niniejszej pracy badania mikrobiologiczne poparte analizami statystycznymi wykazały brak wpływu dodatku do gleby metali ciężkich na liczebność promieniowców w okresie wegetacji. Nie potwierdzają tego badania prowadzone przez Wyszkowskiego i Kucharskiego [2003]. Negatywny wpływ na rozwój tych mikroorganizmów wykazano w przypadku skażenia gleby miedzią i chromem (III). Podobnie działały cynk, nikiel, ołów. Jedynie kadm i rtęć stymulowały rozwój promieniowców. Dodanie do gleby substancji organicznej może neutralizować niekorzystne działanie metali ciężkich na mikroflorę gleby. Christensen i wsp., [1982] twierdzą, że działanie metali ciężkich w glebie jest uzależnione od obecności związków próchnicznych oraz od stężenia i rodzaju metalu ciężkiego. Badania w niniejszej pracy potwierdzają pozytywny wpływ dodatku do gleby substancji organicznej na rozwój promieniowców w glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi (wykres 2). Dahm i wsp. [1997] oraz Zwoliński i wsp. [1987] zauważyli pozytywne oddziaływanie metali ciężkich na liczebność promieniowców.

Wykres 1 i 2 przedstawia wpływ dodatku do gleby różnych substancji organicznych na liczebność promieniowców. Rekulter dodatnio wpływał na liczebność badanych mikroorganizmów w kombinacjach nawozowych bez dodatku metali ciężkich. Podobne wyniki uzyskano dla kombinacji z dodatkiem metali ciężkich oraz Rekultera, torfu lub obornika. Pozytywny wpływ preparatu organiczno-mineralnego (Rekultera) na liczebność badanej grupy mikroorganizmów glebowych jest związany z jego właściwościami. Wykazano, że Rekulter korzystnie oddziałuje na właściwości i skład chemiczny gleby, a przez to na jej właściwości biologiczne. Rekulter zwiększa zawartość C-organicznego oraz wzbogaca glebę w azot, fosfor, potas, magnez, wapń i mikroelementy, co wykazali w swoich pracach między innymi Gonet i wsp. [1998], Skłodowski i Maciejewska [1998].

Na liczebność promieniowców również wpływał termin, co związane jest z panującymi w danym miesiącu czynnikami abiotycznymi. Górską i wsp. [1999, 2000] Dąbek-Szreniawska i Wyczółkowski [2002], Wyczółkowski i Dąbek-Szreniawska [2002] stwierdzili, że dodanie do gleby nawozów organicznych wpłynęło na zwiększenie ogólnej liczby drobnoustrojów glebowych oraz na poprawę właściwości fizyko-chemicznych gleb, co potwierdzają badania prowadzone w niniejszej pracy.

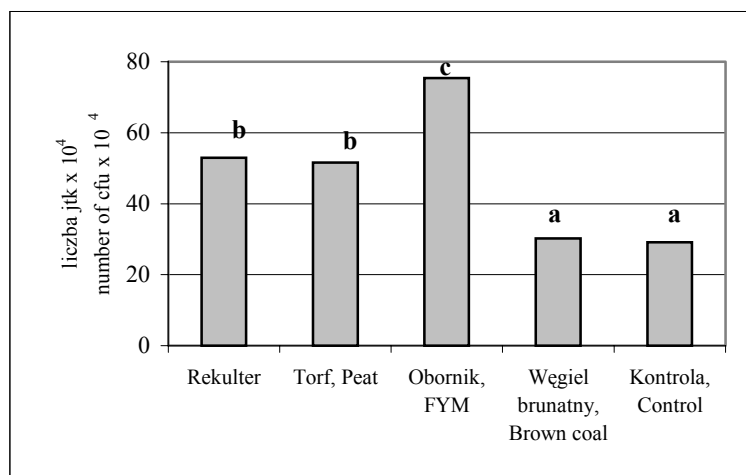
Maciejewska i wsp. [2003] prowadzili badania nad wpływem dodatku torfu, węgla brunatnego i Rekultera do gleby płowej na ogólną liczebność bakterii i grzybów w ciągu sezonu wegetacyjnego. Dodanie tych substancji do gleby wpłynęło na właściwości chemiczne gleby, to jest na wzrost zawartości azotu ogółem, na podwyższenie odczynu gleby oraz zwiększenie ogólnej liczebności mikroorganizmów. Zastosowane w niniejszej pracy substancje organiczno-mineralne istotnie wpływały na zwiększenie liczebności promieniowców zarówno w glebie naturalnej, jak i skażonej metalami ciężkimi (rys. 1, 2). Średnia liczba promieniowców była największa w czerwcu, znacząco niska w lipcu, sierpniu i we wrześniu, co związane jest z warunkami klimatycznymi. Rutkowski i wsp. [2000] badali występowanie promieniowców w glebie przy zróżnicowanym nawożeniu gleby w sadzie. Również wykazali oni wpływ zastosowanego nawożenia na

liczebność promieniowców. Podobne wyniki odnotowali Marska i wsp. [1999] badając wpływ dodatku biohumusu na rozwój mikroorganizmów w wierzchniej warstwie hałdy fosfogipsu powstałej w pobliżu Zakładów Chemicznych „Police”.



Rys. 1. Wpływ dodatku substancji organicznej na liczebność promieniowców w glebie w kombinacjach nawozowych nie skażonych metalami ciężkimi. Słupki oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (NIR 19,628)

Fig. 1. Effect of organic matter on the number of actinomycetes in soil treatments without heavy metals. Bars signed by the same letters are not significantly different (LSD 19,628)



Rys. 2. Wpływ dodatku substancji organicznej na liczebność promieniowców w glebie w kombinacjach nawozowych skażonych metalami. Słupki oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (NIR 8,881)

Fig. 2. Effect of organic matter on the number of actinomycetes in soil treatments in with heavy metals. Bars signed by the same letters are not significantly different (LSD 8,881)

Z gleby pochodzącej z wybranych kombinacji nawozowych wyizolowano 16 szczepów promieniowców aktywnych w mineralizacji bezazotowej substancji organicznej, w tym cukrów prostych i polisacharydów, takich jak skrobia i celuloza. Na podstawie morfologii (tab. 2, tab. 3) i wybranych cech biochemicznych i hodowlanych wyizolowane szczepy sklasyfikowano do rodzaju *Streptomyces* i *Streptosporangium*. W glebie przeważały szczepy promieniowców sklasyfikowane do rodzaju *Streptomyces*.

Tabela 2

Table 2

Morfologia kolonii wybranych szczepów promieniowców na podłożu skrobiowym po 30 dniach inkubacji

Morphological of colony selected strains of actinomycetes on starch medium after 30 days of incubation

| Characteristic, Characteristics | Numer szczepu promieniowca Number of strains of actinomycetes | | | | |
|---|--|----------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|
| | 1 | 5 | 6 | 10 | 14 |
| Grzybnia powietrzna Aerial mycellium | + | + | + | + | + |
| Srednica kolonii (mm) Colony diameter | 1,5 | 0,5 | 0,4 | 1,5 | 1,4 |
| Barwa Colour | Niebieska Blue | Szarozielona Green-grey | Różowa Pink | Białoszara Light grey | Szara Grey |
| Barwa rewersu Colour of reverse | Granatowa Navy blue | Różowa Pink | Pomarańczowa Orange | Żółta Yellow | Brazowa Brown |
| Kształt konidioforów Conidiophores shape | Spiralny Spiral | Spiralny Spiral | Spiralny Spiral | Spiralny Spiral | Spiralny Spiral |
| Zapach Smell | + | + | + | + | + |

Tabela 3

Table 3

Asymilacja niektórych węglowodanów przez wybrane szczepy promieniowców

Assimilation of selected carbohydrates by some strains of actinomycetes

| Węglowodany Carbohydrates | Numer szczepu promieniowca Number of strains of actinomycetes | | | | |
|------------------------------|--|---|-----|-----|-----|
| | 1 | 5 | 6 | 10 | 14 |
| Glukoza – Glucose | + | + | + | + | + |
| Galaktoza – Galactose | + | + | + | + | +/- |
| Rafinoza – Raffinose | + | + | + | +/- | + |
| Ksyloza – Xylose | +/- | + | +/- | +/- | +/- |
| Celobioza – Celobiose | + | + | + | + | + |
| Maltoza – Maltose | + | + | + | + | + |
| Mannoza – Mannose | + | + | + | + | +/- |
| Laktoza – Lactose | + | + | + | + | +/- |
| Sacharoza – Sucrose | + | + | + | + | + |
| Fruktoza – Fructose | + | + | + | + | + |
| Arabinoza – Arabinose | + | + | + | + | + |
| Skrobia – Starch | + | + | + | + | + |
| Celuloza – Cellulose | + | + | + | + | + |

WNIOSKI

1. Nie wykazano istotnych różnic w liczebności promieniowców w glebie naturalnej z dodatkiem różnych substancji organicznych w stosunku do kombinacji nawozowych skażonych metalami ciężkimi.
2. Rekulter zwiększał liczebność promieniowców, w stosunku do gleby naturalnej z dodatkiem obornika, węgla brunatnego i torfu.
3. Dodatek metali ciężkich zwiększał liczebność promieniowców w glebie z Rekulterem, torfem i obornikiem.
4. Wyizolowane z gleby promieniowce celulolityczne sklasyfikowano do *Streptomyces* spp. i *Streptosporangium* spp.

PIŚMIENNICTWO

- Breza-Boruta B.: 2002. Wybrane właściwości enzymatyczne promieniowców z rodzaju *Streptomyces* wyizolowanych spod uprawy ziemniaka. *Agricultura*, nr 1, 27–36.
- Broadbent P., Baker K. F., Waterworth I.: 1971. Bacteria and Actinomycetes to fungal root pathogens in Australian soil. *Aust. J. Biol. Sci.*, nr 24, 925–944.
- Christensen G. M., Olson D., Riedel B.: 1982. Chemical effects on the activity of eight enzymes. A review and a discussion relevant to environment monitoring. *Environ. Res.* nr 29, 247–255.
- Dąbek-Szreniawska M., Wyczółkowski A.I.: 2002. Wpływ niektórych odpadów organicznych na liczebność i aktywność drobnoustrojów. *Acta Agroph.* nr 73, 103–110.
- Dahm H., Januszek K.: 1997. Development of microorganisms and oxidation of some organic compounds in soil polluted with heavy metals. *Pol. J. Soil Sci.*, nr 30, 55–63.
- Emmerling C., Liebner C., Haubold-Rosar M., Katur J., Schroder D.: 2000. Impact of application of organic waste materials on microbial and enzyme activities of nine soils in the lignite coal mining region. *Plant and Soil*, nr 220, 129–138.
- Gonet S.S., Dębska B., Maciejewska A.: 1998. Wpływ nawożenia węglem brunatnym na właściwości materii organicznej gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, nr 455, 85–98.
- Górska E. B., Russel S., Łabętowicz J.: 1999. Wpływ wieloletniego nawożenia na występowanie tlenowych, mezofilnych, przetrwalnikujących bakterii celulolitycznych w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, nr 465, 505–516.
- Górska E. B., El-Haj K., Gozdowski D., Russel S.: 2003. Wpływ wieloletniego nawożenia na występowanie bakterii celulolitycznych z rodzaju *Clostridium* w glebie. *Rocz. Gleb.*, LIV, nr 2, 1–8.
- Johansson M., Steinberg B., Torstensson L.: 1999. Microbiological and chemical changes in two arable soils after long-term sludge amendment. *Biol. Fertil. Soils*, nr 30, 160–167.
- Maciejewska A., Kwiatkowska J., Górska E. B., Russel S.: 2003. Wpływ różnych źródeł węgla na mikroflorę glebową i właściwości fizykochemiczne gleby. *Obieg Pierwiastków w Przyrodzie-Monografia*, tom II, Warszawa, 413–417.
- Marska B., Gdula B., Malinowska K.: 1999. Wpływ biohumusu na mikroflorę wierzchniej warstwy hałdy fosfogipsu. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 201 *Agricultura* nr 78, 161–166.
- Skłódowski P., Maciejewska A.: 1998. Przemiany substancji organicznej w glebie po zastosowaniu nawozów z węgla brunatnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* Nr 455, 23–31.
- Wyszowski J., Kucharski J.: 2003. Liczebność drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* nr 492, 427–433.
- Zwoliński J., Olszowska G., Zwolińska B.: 1987. Soil biological activity as an indicator pressure on the environment. *Acta Agri. Silv., Ser. Silv.*, nr 26, 25–44.

EFFECT OF FARM-YARDMANURE, PEAT, BROWN COAL AND REKULTER ON OCCURRENCE OF ACTINOMYCETES IN SOIL

S u m m a r y

The aim of present paper was to show effect of farmyard-manure, peat, brown coal and Rekulter on occurrence of actinomycetes in soil with and without heavy metals (Zn, Cd, Pb). The isolation actinomyces strains able to transform starch and cellulose was also done. The experiment was situated in Agricultural Experimental Station at Skierniewice in soil pots. Within April and September 2004 total number of actinomyces was investigated five times using plate method on starch medium amended with actidion. The isolated strains were identified on the base of morphology and ability for assimilation of selected sugars. The ability of isolated strains of actinomycetes for degradation of cellulose was also studied.

The results of experiment and statistical analysis don't show any influence of heavy metals content on number of actinomycetes during whole experiment. The preparation of Rekulter caused increase of population in soil actinomycetes. The similar results were obtained in treatments: soil with heavy metals and Rekulter, peat and farm-yard manure. The sixteen cellulolytic actinomycetes were isolated from investigated soil which were classified as *Streptomyces* and *Streptosporangium*.

KEY WORDS: Actinomycetes, organic matter, peat, brown coal

Składam podziękowanie Pani Dr inż. J. Kwiatkowskiej z Zakładu Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów, Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska za dostarczenie próbek gleby do analiz mikrobiologicznych.

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Małgorzata Idkowiak, Leszek Kordas

**WPLYW SPOSOBU UPRAWY ROLI I NAWOŻENIA
AZOTOWEGO NA ZAWARTOŚĆ DIASPOR W GLEBIE**
**THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEM AND NITROGEN
FERTILIZATION ON WEED SEEDS IN THE SOIL**

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Soil Management and Plant Cultivation, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences

W okresie od 2000 do 2003 roku w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Swojcu Akademii Rolniczej we Wrocławiu przeprowadzono badania nad zmianą glebowego banku nasion pod wpływem uproszczeń w uprawie roli i siewu bezpośredniego oraz zróżnicowanego nawożenia azotowego. Badania prowadzono w pszenżycie ozimym uprawianym w zmianowaniu burak cukrowy – pszenica jara – groch siewny – pszenżyto ozime. Stwierdzono, iż stosowanie siewu bezpośredniego w porównaniu do tradycyjnej technologii przyczynia się w warunkach prowadzonych badań do zwiększenia o 71,4% ogólnej liczby diaspor chwastów w warstwie ornej, a nasiona *Chenopodium album* były najliczniej występującym gatunkiem chwastu. Zwiększone nawożenie azotowe istotnie zwiększało o 29,5% zapas diaspor w warstwie uprawnej gleby niezależnie od sposobu uprawy roli.

SŁOWA KLUCZOWE: glebowy bank nasion, uproszczenia uprawy roli, siew bezpośredni, pszenżyto ozime, nawożenie azotem

WSTĘP

Pogarszająca się efektywność ekonomiczna i energetyczna produkcji roślinnej we współczesnym rolnictwie wymusza na rolnikach poszukiwanie nowych rozwiązań ograniczających koszty uprawy roślin. Jednym z nich są modyfikacje w klasycznej (płużnej) uprawie roli, polegające na spłyceciu orki lub jej zastąpieniu bardziej wydajną uprawą wykonaną przy użyciu agregatów uprawowych, kultywatorów, glebogryzarek, bron wirnikowych, talerzowych lub przez całkowite wyeliminowanie uprawy roli i stosowanie siewu bezpośredniego [Kordas, Zawieja, 2004] Uproszczenia w tradycyjnej

uprawie roli obok wielu zalet, m.in. zmniejszenie nakładów energii na uprawę roli, ochrona gleb przed erozją, spowolnienie mineralizacji substancji organicznej [Dzienia, Sosnowski, 1990; Włodek i wsp., 1999] stwarzają też pewne zagrożenia, w tym wzrost zachwaszczenia upraw.

Celem badań było określenie, jak modyfikacje w uprawie roli i związana z tym różna liczba i rodzaj wykonywanych zabiegów przy różnym nawożeniu azotowym wpływa na zapas nasion w glebie i ich skład gatunkowy.

MATERIAŁY I METODY

Dla realizacji założeń określonych w celu badań, założono 3-letnie (2000–2003) doświadczenie polowe, które przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Swojcu Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Doświadczenie zlokalizowano na madzie właściwej, wytworzonej z piasku mocnego gliniastego, zaliczanej do klasy Va, kompleksu żytniego dobrego, w układzie bloków losowanych w czterech powtórzeniach. Pszenżyto ozime uprawiano w zmianowaniu burak cukrowy – pszenica jara – groch siewny – pszenżyto ozime. W badaniach uwzględniono dwie grupy czynników doświadczalnych: czynnikiem pierwszego rzędu był sposób uprawy roli z uwzględnieniem różnych wariantów jej upraszczania (tab. 1), a czynnikiem drugiego rzędu było zróżnicowane nawożenie azotowe: 1N – 50 kg/ha i 2N – 100 kg/ha. Pszenżyto ozime odmiany Fidelio wysiano w ilości zapewniającej obsadę 500 szt·m⁻² roślin. Siew wykonano siewnikiem tradycyjnym, a w przypadku siewu bezpośredniego – siewnikiem talerzowym Great Plains

Tabela 1

Table 1

Schemat doświadczenia polowego
Scheme of field experiment

| Czynnik Factor | Nazwa obiektów – Name of treatments | |
|---------------------------------------|---|---|
| | pełna – full | skrócona – shortened |
| 1 | 2 | 3 |
| I. System uprawy Tillage system | I. Podorywka 10 cm – orka siewna 20 cm – siew trad. Skimming 10 cm – sow ploughing 20 cm – traditional sowing | I. Podorywka – orka 20 cm – s. trad. Skimming – ploughing 20 cm – trad.s. |
| | II. Podorywka 10 cm – orka siewna 10 cm – siew trad. Skimming 10 cm – sow ploughing 10 cm – traditional sowing | II. Podorywka – orka 10 cm – s. trad. Skimming – ploughing 10 cm – trad.s. |
| | III. Podorywka 10 cm – brona wirnikowa 15 cm – siew trad. Skimming 10 cm – swirl harrow 15 cm – traditional sowing | III. Podorywka – br. wir. – s. trad. Skimming – s.harr. – trad.s. |
| | IV. Roundup – orka siewna 10 cm – siew trad. Roundup – sow ploughing 10 cm – traditional sowing | IV. Roundup – orka 10 cm – s. trad. Roundup – ploughing 10 cm – trad.s. |

Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|---|
| | V. Roundup – brona wirnikowa 15 cm – siew trad. Roundup – swirl harrow 15 cm – traditional sowing | V. Roundup – br. wir. – s. trad. Roundup – s. harr. – trad.s. |
| | VI. Roundup – kultywator 17 cm – siew trad. Roundup – cultivator 17 cm – traditional sowing | VI. Roundup – kult. – s. trad. Roundup – colt. – trad.s. |
| | VII. Roundup – siew bezpośredni Direct swing Roundup – direct sowing | VII. Roundup – s. bezp. Roundup – direct sow. |
| II. Poziom nawożenia azotowego Level of nitro- gen fertilization | 1. Podstawowy – Normal – 50 kg/ha 2. Podwyższony – Increased – 100 kg-ha | 1N 2N |

Zawartość nasion chwastów w glebie określono metodą bezpośrednią w modyfikacji Pawłowskiego [Pawłowski, 1963]. Próby gleby do oznaczenia zapasu diaspor chwastów pobrano po zbiorze pszenżyta ozimego, cylindrem o powierzchni przekroju 25 cm² dla trzech warstw: 0–1, 1–10 i 10–20 cm. Glebę przepłukiwano wodą na sicie o średnicy oczek 0,2 mm, a następnie nasiona chwastów wydzielono stosując roztwór K₂CO₃ o stężeniu około 70%. Do oznaczenia gatunków nasion chwastów posłużono się kluczem Kulpy [Kulpa, 1988] oraz własną kolekcją nasion.

WYNIKI

Bank nasion chwastów w glebie zmieniał się pod wpływem obu czynników doświadczenia (tab. 2). Największą liczbę diaspor (156,1 tys. szt·m⁻²) w warstwie uprawnej (0–20 cm) stwierdzono po zaniechaniu uprawy roli i stosowaniu siewu bezpośredniego. Była ona większa o 71,4% w porównaniu do najmniejszej ich liczby, którą oznaczono na poletkach bez uprawy późniejszej ze splotką orką siewną (ob. IV) i o 24,7% większa w stosunku do uprawy tradycyjnej (ob.1). Modyfikacje w uprawie, polegające na spłyceniu orki siewnej lub zastąpieniu jej broną wirnikową czy kultywatorem, niezależnie od techniki uprawy późniejszej, sprzyjały ograniczeniu diaspor w warstwie ornej, średnio o 24,1%.

Zapas diaspor w glebie pod wpływem intensyfikacji nawożenia azotowego uległ w warstwie ornej zwiększeniu. Dla wszystkich systemów uprawowych wzrósł on średnio o 29,5%. Uwidocznił się również wpływ uproszczeń w uprawie roli i zróżnicowanego nawożenia azotowego na rozmieszczenie diaspor chwastów w oznaczonych warstwach profilu glebowego. W warstwie 0–1 cm największą ich liczbę stwierdzono na poletkach, nawożonych pojedynczą i podwójną dawką azotu, z siewem bezpośrednim (średnio 68 tys. szt·dm⁻³). W uprawach, których wykonano, co najmniej jedną orkę, było ich średnio 6-krotnie mniej.

Tabela 2
Table 2

Zachwaszczenie gleby diasporami w zależności od systemu uprawy i nawożenia azotowego
[tys.szt. \cdot m⁻²]
Soil weed infestation as affected by tillage system and nitrogen fertilization [tys.szt. \cdot m⁻²]

| System uprawy Tillage system | Warstwy gleby – Soil layers [cm] | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| | 0–1 | | 1–10 | | 10–20 | | 0–20 | |
| | 1N | 2N | 1N | 2N | 1N | 2N | 1N | 2N |
| I. Podorywka – orka 20 – s. trad. Skimming – ploughing 20 – trad.s. | 11,1 | 9,3 | 56,3 | 73,7 | 49,7 | 50,3 | 117,1 | 133,3 |
| II. Podorywka – orka 10 – s. trad. Skimming – ploughing 10 – trad.s. | 8,4 | 11,1 | 44,7 | 58,1 | 28,3 | 38,7 | 80,9 | 107,9 |
| III. Podorywka – br. wir. – s. trad. Skimming – s.harr. – trad.s. | 9,7 | 9,9 | 30,7 | 61,5 | 29,1 | 56,9 | 69,5 | 128,3 |
| IV. Roundup – orka 10 – s. trad. Roundup – ploughing 10 – trad.s. | 11,1 | 11,7 | 32,7 | 52,3 | 32,0 | 42,4 | 75,7 | 106,4 |
| V. Roundup – br. wir. – s. trad. Roundup – s. harr. – trad.s. | 14,7 | 18,0 | 36,3 | 62,0 | 28,3 | 31,9 | 79,1 | 111,9 |
| VI. Roundup – kult. – s. trad. Roundup – colt. – trad.s. | 13,7 | 14,4 | 47,3 | 56,9 | 33,6 | 32,0 | 94,7 | 103,3 |
| VII. Roundup – s. bezp. Roundup – direct sow. | 67,1 | 68,9 | 55,9 | 75,2 | 22,5 | 22,5 | 145,5 | 166,7 |
| Średnie – Mean | 19,4 | 20,5 | 43,4 | 62,8 | 31,9 | 39,2 | 94,6 | 122,5 |

Tabela 3
Table 3

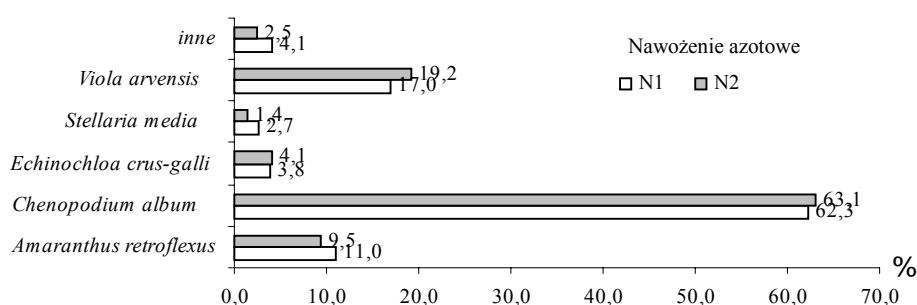
Gęstość występowania diaspor chwastów w zależności od systemu uprawy i nawożenia azotowego [szt. \cdot dm⁻³]
Number of weed sedes as affected by tillage system and nitrogen fertilization [no \cdot dm⁻³]

| System uprawy Tillage system | Warstwy gleby – Soil layers [cm] | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------|------|-----|-------|-----|------|-----|
| | 0–1 | | 1–10 | | 10–20 | | 0–20 | |
| | 1N | 2N | 1N | 2N | 1N | 2N | 1N | 2N |
| I. Podorywka – orka 20 – s. trad. Skimming – ploughing 20 – trad.s. | 1107 | 933 | 625 | 819 | 497 | 503 | 585 | 667 |
| II. Podorywka – orka 10 – s. trad. Skimming – ploughing 10 – trad.s. | 840 | 1107 | 496 | 646 | 283 | 387 | 405 | 539 |
| III. Podorywka – br. wir. – s. trad. Skimming – s.harr. – trad.s. | 973 | 987 | 341 | 683 | 291 | 569 | 347 | 641 |
| IV. Roundup – orka 10 – s. trad. Roundup – ploughing 10 – trad.s. | 1107 | 1173 | 363 | 581 | 320 | 424 | 379 | 532 |
| V. Roundup – br. wir. – s. trad. Roundup – s. harr. – trad.s. | 1467 | 1800 | 401 | 689 | 283 | 319 | 395 | 559 |
| VI. Roundup – kult. – s. trad. Roundup – colt. – trad.s. | 1373 | 1440 | 526 | 633 | 336 | 320 | 473 | 517 |
| VII. Roundup – s. bezp. Roundup – direct sow. | 6707 | 6893 | 621 | 836 | 225 | 225 | 727 | 833 |
| Średnie – Mean | 1939 | 2048 | 482 | 698 | 319 | 392 | 473 | 613 |

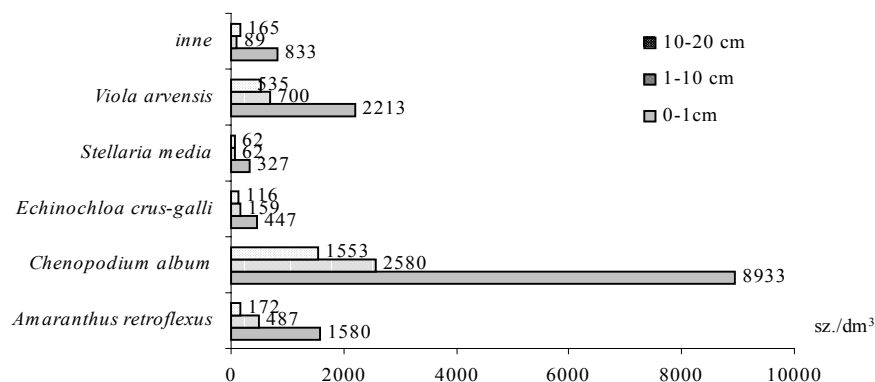
Zawartość diaspor chwastów w glebie na wszystkich obiektach uprawowych przy obu poziomach nawożenia azotem malała wraz z głębokością (tab. 3). Liczebność ich w warstwie 10–20 cm była średnio 5,6 razy mniejsza niż w warstwie przypowierzchniowej. Na poletkach z siewem bezpośrednim stwierdzono 30-krotne zmniejszenie występowania diaspor w warstwie najgłębszej w stosunku do powierzchniowej, gdy na poletkach z uprawą tradycyjną tylko 2-krotne. Sposób uprawy roli nieznacznie wpłynął na zapas diaspor chwastów w warstwie 1–10 cm, natomiast w warstwie najgłębszej (10–20 cm) najbardziej ich występowanie ograniczyło stosowanie siewu bezpośredniego.

Systemy uprawy roli i zróżnicowane nawożenie nie wpłynęło znacząco na skład botaniczny nasion chwastów w glebie. Gatunkiem dominującym zarówno dla podstawowego, jak i podwójnego nawożenia azotem okazał się *Chenopodium album* (rys. 1).

Liczba diaspor tego gatunku stanowiła w całkowitej liczbie oznaczonych gatunków, średnio 62,2%. Największą zawartość dominujących gatunków chwastów oznaczonych w warstwie uprawnej stwierdzono w warstwie 0–1 cm (rys. 2).



Rys. 1. Udział diaspor dominujących gatunków chwastów w glebie [%]
Fig. 1. Seed percentage of dominant weeds in the soil [%]



Rys. 2. Liczba diaspor ważniejszych gatunków chwastów w poszczególnych warstwach gleby [szt.·dm⁻³]
Fig. 2. Number of seeds of main weed species in soil layers [no·dm⁻³]

DYSKUSJA

Badania przeprowadzone nad możliwością stosowania uproszczeń w tradycyjnej uprawie roli wskazują na zagrożenie wzrostu zachwaszczenia gleby jedynie w wyniku stosowania siewu bezpośredniego. Stwierdzono, podobnie jak w pracach Opica [1996] oraz Radeckiego i Opica [1995], że w wyniku zaniechania uprawy roli następuje wyraźny wzrost liczby diaspor chwastów w glebie i ich kumulacja w wierzchniej 5 cm warstwie gleby, przy jednoczesnym zmniejszeniu w warstwach głębszych. Skutecznym zabiegiem ograniczającym liczbę diaspor w glebie okazało się natomiast spłycenie uprawy przedsięwnej po podorywce.

Nie stwierdzono również zwiększenia zapasu nasion chwastów wieloletnich w glebie pod wpływem uprawy zerowej, co potwierdza wcześniejsze wyniki Zawieji i Kordasa [2003], wzrostu zapasu nasion chwastów wieloletnich w glebie pod wpływem uprawy zerowej. Najliczniej występującym gatunkiem chwastu w glebie były nasiona *Chenopodium album*, co potwierdzają badania Zawieji i Kordasa [2003].

Zwiększone nawożenie azotowe sprzyjało wzrostowi liczby diaspor chwastów w całym profilu gleby, mimo teorii, iż azotany i azotyny stymulują kiełkowanie nasion i prowadzą do szybszego wyczerpywania się banku nasion [Bochenek, 2000].

WNIOSKI

1. Stosowanie siewu bezpośredniego przyczynia się do znacznego wzrostu ogólnej liczby nasion chwastów w profilu glebowym w porównaniu do tradycyjnej technologii.
2. Modyfikacje w uprawie, polegające na spłyceniu orki siewnej lub zastąpieniu jej broną wirmikową czy kultywatozem, niezależnie od techniki uprawy poźniwej, sprzyjają ograniczeniu diaspor w warstwie ornej.
3. Najbardziej zachwaszczoną warstwą gleby była w badaniach warstwa przypowierzchniowa (0–1 cm) dla wszystkich oznaczonych gatunków chwastów.
4. Nasiona *Chenopodium album* były najliczniej reprezentowane w glebie spośród wszystkich oznaczonych gatunków chwastów.
5. Zwiększenie dawki azotu z 50 do 100 kg/ha w uprawie pszenżyta ozimego spowodowało istotny wzrost (o 29,5%) liczby diaspor w glebie.

PIŚMIENNICTWO

- Bochenek A.: Wpływ czynników biotycznych i zabiegów uprawowych na glebowy bank nasion chwastów. Post. Nauk Rol., 2000, 2, 19–29.
- Dzienia S., Sasnowski A.: Uproszczenia w podstawowej uprawie roli a wysokość nakładów energii. Fragm. Agron., 1990, 3, 71–79.
- Kulpa W.: Nasionoznawstwo chwastów. PWRiL, 1988.
- Kordas L., Zawieja J.: Changes in the soil seedbank due to tillage reduced tillage and direct sowing in specialistic crop rotation. Zesz. Nauk. AR Wroc., 487, Rol. 85, 2004, 77–84.

- Opic J.: Wpływ głębokości orki i siewu bezpośredniego na liczbę nasion chwastów w glebie. Roczn. Nauk Rol. 1996, ser. A, 112, 1–2, 113–120.
- Pawłowski F.: Liczebność i skład gatunkowy nasion chwastów w ważniejszych glebach województwa lubelskiego. Ann. Univ. Mariae Curie – Skłodowska, 1963, E, 18, Lublin.
- Radecki A., Opic J.: Wpływ zróżnicowanej uprawy na zachwaszczenie i zmiany zapasu nasion chwastów w glebie. Konferencja Naukowa, pt.: Siew bezpośredni w teorii i praktyce. Szczecin-Barzkowice, 1995, 119–133.
- Włodek S., Pabin J., Biskupski A., Kaus A.: Skutki uproszczeń uprawy roli w zmianowaniu. Fol. Univ. Agric. Stetin. 1999, 195 Agricultura (74), 39–45.
- Zawieja J., Kordas L.: Effect of simplified tillage and direct sowing on weed seed bank in soil. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 2(2), 2003 163–170.
- Zawieja J., Kordas L.: Wpływ sposobu uprawy roli pod pszenicę jara i jej przedplon na zawartość diaspor chwastów w glebie. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 2003, 490, 113–120.

THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEM AND NITROGEN FERTILIZATION ON WEED SEEDS IN THE SOIL

S u m m a r y

Abstract: In 2000–2003 at Swojec Experimental station of Agricultural University at Wrocław an experiment was conducted to determine changes in the numbers of weed seeds in soil under simplifications in tillage, direct sowing and varying nitrogen fertilization. The studies were carrying out for winter triticale growing in crop rotation: sugar beet – spring wheat – pea – winter triticale. Direct sowing increased total number of weed seeds in ploughing layer compared to traditional tillage system. Seeds of *Chenopodium album* were the most numerous weed species. Increased nitrogen fertilization significantly increased weed seeds in ploughing layer irrespective of tillage system.

KEY WORDS: weed seedbank, simplifications in tillage, direct sowing, winter triticale, nitrogen fertilization

Recenzent: Kazimierz Klima prof. nadzw. – Akademia Rolnicza, Kraków

Jarosław Kaszubkiewicz, Dorota Kawalko

**ZAWARTOŚĆ BENZO(A)PIRENU W GLEBACH PODDANYCH
ANTROPOPRESJI NA OBSZARZE POWIATÓW
WROCLAWSKIEGO, OŁAWSKIEGO I OLEŚNICKIEGO
CONTENT OF BENZO(A)PYRENE IN SOILS AFFECTED
BY ANTROPOGENIC FACTORS IN THE AREA OF WROCLAW,
OŁAWA AND OLEŚNICA DISTRICTS**

*Institut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu*

*Institute of Soil Science and Agricultural Environment Protection, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu podstawowych właściwości gleby: składu granulometrycznego, ilości materii organicznej i odczynu na zawartość benzo(a)pirenu w glebach oraz uzyskanie odpowiedzi na pytanie, co jest głównym czynnikiem decydującym o zawartości tego związku w środowisku glebowym. Badania przeprowadzono na różnych obiektach zlokalizowanych na obszarach o zwiększonej antropopresji. Źródłami zanieczyszczeń dla tych obiektów były: duże zakłady przemysłowe, komunalne składowiska odpadów, elektrociepłownia oraz droga szybkiego ruchu. Po przeprowadzeniu analizy statystycznej stwierdzono, iż koncentracja B(a)P nie wykazuje korelacji z zawartością iltu koloidalnego, części spławianych, zawartością próchnicy oraz odczynem. Czynnikiem określającym nagromadzenie B(a)P w glebach jest wielkość emisji uzależniona od charakteru źródła zanieczyszczeń i położenie względem tych źródeł.

SŁOWA KLUCZOWE: benzo(a)piren, zanieczyszczenie gleb, antropopresja

WSTĘP

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) są dobrze poznana pod względem właściwości szkodliwych grupą związków. W środowisku występują jako zanieczyszczenia powstałe w wyniku niecałkowitego spalania związków organicznych lub jako naturalne składniki – produkty metabolizmu organizmów żywych [Dutkiewicz i wsp. 1988]. Występują w postaci pyłów i sadzy w powietrzu atmosferycznym oraz na

powierzchni gleby i wód powierzchniowych. WWA wykazują zdolność do migracji pomiędzy poszczególnymi elementami środowiska, często ulegając przemianom w inne związki, które są lepiej rozpuszczalne w wodzie i często bardzo szkodliwe dla organizmów żywych. Ich obecność we wszystkich elementach środowiska, w tym również w materiałach biologicznych i produktach spożywczych, co było przedmiotem wielu badań [Dutkiewicz i wsp., 1988; Łebkowska, 1999; Smreczak, 1997], wskazuje na powszechny charakter narażenia. WWA stwierdzono zarówno w glebach z pól i lasów położonych z dala od autostrad i przemysłu, jak również w piaskach nadbrzeżnych Grenlandii [Engst, Fritz, 1975]. Fakty te wskazują, że część wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w środowisku jest pochodzenia endogennego i że istnieje ich naturalne „tło” w środowisku. Należy jednak pamiętać, że działalność człowieka jest tu dominująca, a gwałtowny rozwój przemysłu i komunikacji spowodował znaczny wzrost zawartości tych związków w przyrodzie. Ogromna różnorodność i złożony charakter przemian WWA, szczególnie w środowisku gruntowo-wodnym wzbudziły zainteresowanie wielu naukowców [Kluska, Kroszczyński, 2000; Kołwzan, 2005; Laskowski, Tołoczko, 2003; Maliszewska-Kordybach, 1993; Maliszewska-Kordybach, 1993; Smreczak, 1997; Maliszewska-Kordybach, 2000; Surygała, 2000].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu podstawowych właściwości: składu granulometrycznego, ilości materii organicznej i odczynu na zawartość benzo(a)pirenu w glebach oraz uzyskanie odpowiedzi na pytanie, co jest głównym czynnikiem decydującym o zawartości tego związku w środowisku glebowym.

OBIEKTY I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono na różnych obiektach zlokalizowanych na terenie powiatów: wrocławskiego, oławskiego i oleśnickiego. Wszystkie przebadane obiekty zlokalizowane na obszarach o zwiększonej antropopresji podzielono na 4 grupy różniące się pod względem ewentualnych źródeł zanieczyszczeń, ich zasięgu i charakteru.

Pierwszą grupę stanowiły gleby położone w otoczeniu dużych zakładów przemysłowych powiatu oławskiego. Były to: Huta Oława S.A. w Oławie (obiekt nr 1) i Zakłady Samochodowe Jelcz S.A. w Jelczu Laskowicach (obiekt nr 12).

Drugą grupę obiektów stanowiły gleby zlokalizowane w bezpośrednim otoczeniu komunalnych składowisk odpadów w gminach wchodzących w skład powiatów wrocławskiego i oławskiego. Były to składowiska zlokalizowane w miejscowościach: Cieszyce (nr 2) w gminie Kobierzyce, Dańkowice (nr 3) w gminie Jordanów Śląski, Strzegomiany (nr 4) w gminie Sobótka, Wawrzeńczyce (nr 5) w gminie Mietków, Bielawa (nr 6) w gminie Długoleśka, Kropielnica (nr 7) w gminie Kąty Wrocławskie, Kotowice (nr 8) w gminie Czernica, Brzeście (nr 15) w gminie Żurawina oraz Owczary (nr 16) w gminie Oława. Wszystkie próbki glebowe pobierano w otoczeniu obiektów, uwzględniając główne kierunki geograficzne w odległościach od 50 do 200 m od misy składowiska. Dodatkowym obiektem o zbliżonej charakterystyce było zrekultywowane składowisko odpadów komunalnych w miejscowości Wawrzeńczyce (nr 13) w gminie Mietków.

Jako trzecią grupę wyodrębniono znajdujące się w gminie Święta Katarzyna: elektrociepłownię „Siechnica” (nr 9) oraz otoczenie położonej w pobliżu (na północny zachód od elektrociepłowni) hałdy odpadów pohutniczych dawnej huty żelazo-chromu „Siechnica” (nr 14).

Ostatnia czwarta grupa to dwa obiekty położone przy drogach o zróżnicowanym natężeniu ruchu. Obiekt nr 14 reprezentuje drogę lokalną Oleśnica – Dobroszyce, natomiast obiekt nr 15 to droga krajowa E67 Wrocław – Oleśnica. Na obu obiektach próbki pobierano w odległościach 5, 25, 50 i 100 m od pasa drogowego.

Na wszystkich obiektach próbki glebowe pobierano z głębokości 0–20 cm w kilku punktach, w niewielkich odległościach, mieszając materiał dla uzyskania próby zbiorczej.

W zebranych materiałach glebowych oznaczano następujące właściwości:

- skład granulometryczny – metodą areometryczno-sitową zgodną z normami PN-R-04032 i PN-R-04033 (1998),
- odczyn gleby: pH w wodzie i w 1 mol·dm³ KCl – metodą potencjometryczną,
- substancję organiczną (węgiel organiczny) – poprzez spalanie na sucho w analizatorze CS-MAT; analiza zawartości powstałego dwutlenku węgla poprzez absorpcję promieniowania w zakresie podczerwonym,
- zawartość benzo(a)pirenu – oznaczano metodą HPLC po ekstrakcji 2-propanolem.

WYNIKI BADAŃ

Pod kątem zawartości B(a)P na wszystkich 16 obiektach przeanalizowano łącznie 94 próbki glebowe (tab. 1).

Dla oceny zgromadzonego materiału badano zależność oznaczonych zawartości benzo(a)pirenu (B(a)P) od podstawowych parametrów gleby (składu granulometrycznego, zawartości materii organicznej oraz odczynu).

Analizując zależność zawartości B(a)P od niektórych charakterystyk składu granulometrycznego stwierdzono brak istotnej statystycznie korelacji pomiędzy zawartością iłu koloidalnego ($\phi < 0,002$ mm) a zawartością B(a)P w glebie (rys. 1a). Podobnie nie stwierdzono istotnej statystycznie korelacji w stosunku do zawartości frakcji spławialnych ($\phi < 0,02$ mm) (rys. 1b).

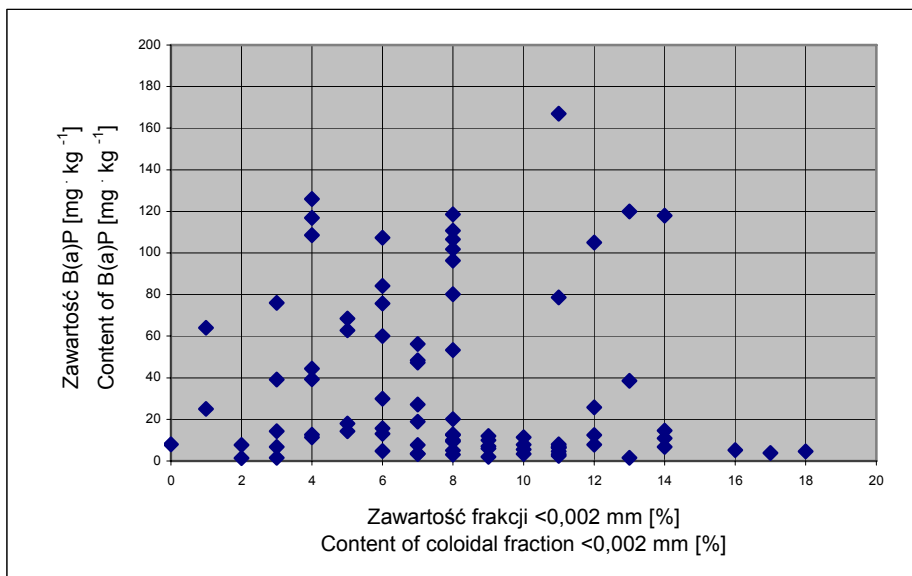
Tabela 1
Table 1Zawartość benzo(a)pirenu i niektóre właściwości badanych gleb
Content of B(a)P and some properties of the analysed soils

| L.p. No | Nr objektu Object No | Nazwa obiektu Object | Sposób użytko- wania Use | C org. Organic C | Zawar- tość próchnicy Content of humus | Zawartość frakcji Percentage content of fraction | | pH KCl | Zawartość B(a)P Content B(a)P | Średnia zaw. B(a)P dla obiektu Average content of B(a)P | ln(B(a)P) | Średnia wartość ln(B(a)P) dla objektu Average content of ln B(a)P |
|------------|-------------------------------|---|-----------------------------------|------------------------|--|--|--------------|------------------------|--|--|-----------|--|
| | | | | | | <0,02 mm | <0,002 mm | | | | | |
| | | | | % | % | % | % | [µg kg ⁻¹] | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1. | 1 | Owczary Otoczenie wysypiska Śmieci Area around municip- al dumping site | R | 0,75 | 1,29 | 17 | 9 | 4,1 | 2,03 | 3,75 | 0,71 | 1,24 |
| 2. | | | R | 0,66 | 1,13 | 18 | 8 | 4,2 | 3,05 | | 1,12 | |
| 3. | | | R | 1,35 | 2,32 | 18 | 7 | 4,4 | 3,41 | | 1,23 | |
| 4. | | | R | 1,05 | 1,81 | 16 | 7 | 5,6 | 3,56 | | 1,27 | |
| 5. | | | R | 0,69 | 1,18 | 8 | 3 | 4,0 | 6,69 | | 1,90 | |
| 6. | 2 | Kobierzyce Cieszyce Otoczenie wysypiska śmieci Area around municip- al dumping site | R | 1,74 | 3,01 | 35 | 11 | 6,1 | 2,4 | 4,74 | 0,88 | 1,49 |
| 7. | | | R | 1,56 | 2,70 | 40 | 10 | 6,5 | 3,4 | | 1,22 | |
| 8. | | | R | 1,62 | 2,80 | 32 | 10 | 6,6 | 5,6 | | 1,72 | |
| 9. | | | R | 1,62 | 2,80 | 30 | 9 | 6,6 | 6,0 | | 1,79 | |
| 10. | | | R | 1,59 | 2,75 | 32 | 11 | 6,5 | 6,3 | | 1,84 | |
| 11. | 3 | Jordanów Śląski Dankowice Otoczenie wysypiska śmieci Area around municip- al dumping site | R | 1,59 | 2,75 | 38 | 17 | 5,8 | 3,8 | 6,17 | 1,34 | 1,73 |
| 12. | | | R | 1,83 | 3,16 | 28 | 11 | 5,3 | 4,6 | | 1,53 | |
| 13. | | | R | 1,71 | 2,95 | 59 | 18 | 5,4 | 4,6 | | 1,53 | |
| 14. | | | R | 1,71 | 2,95 | 43 | 16 | 5,1 | 5,2 | | 1,65 | |
| 15. | | | U | 1,74 | 3,01 | 30 | 11 | 6,0 | 6,4 | | 1,86 | |
| 16. | | | R | 1,50 | 2,59 | 36 | 12 | 5,4 | 12,4 | | 2,52 | |
| 17. | 4 | Sobótka Strzegomia- ny Otoczenie wysypi- ska śmieci Area around municip- al dumping site | R | 1,14 | 1,97 | 36 | 13 | 6,2 | 1,5 | 8,16 | 0,41 | 1,72 |
| 18. | | | R | 1,56 | 2,70 | 36 | 11 | 5,6 | 3,2 | | 1,16 | |
| 19. | | | R | 1,23 | 2,13 | 29 | 6 | 5,4 | 4,8 | | 1,57 | |
| 20. | | | R | 1,47 | 2,54 | 32 | 8 | 4,6 | 12,4 | | 2,52 | |
| 21. | | | N | 3,52 | 6,07 | 24 | 7 | 5,4 | 18,9 | | 2,94 | |
| 22. | 5 | Mietków Wawrzeń- czyce Czynne wysyp- isko Presentmunicipal dumping site | R | 1,23 | 2,13 | 36 | 8 | 5,1 | 5,00 | 8,40 | 1,61 | 2,08 |
| 23. | | | R | 1,20 | 2,07 | 39 | 9 | 4,7 | 7,00 | | 1,95 | |
| 24. | | | R | 1,47 | 2,54 | 43 | 11 | 4,8 | 8,00 | | 2,08 | |
| 25. | | | R | 1,18 | 2,04 | 36 | 8 | 4,1 | 10,00 | | 2,30 | |
| 26. | | | R | 1,04 | 1,80 | 22 | 9 | 4,7 | 12,00 | | 2,48 | |
| 27. | 6 | Długoleka Bielawa Otoczenie wysypiska śmieci Area around municip- al dumping site | R | 1,47 | 2,54 | 36 | 14 | 6,5 | 10,9 | 15,32 | 2,39 | 2,66 |
| 28. | | | R | 1,20 | 2,07 | 13 | 4 | 5,4 | 11,3 | | 2,42 | |
| 29. | | | R | 1,07 | 1,85 | 19 | 10 | 5,5 | 11,3 | | 2,42 | |
| 30. | | | R | 1,02 | 1,76 | 21 | 8 | 5,4 | 12,8 | | 2,55 | |
| 31. | | | R | 1,02 | 1,76 | 12 | 6 | 6,0 | 15,6 | | 2,75 | |
| 32. | | | CH | 2,26 | 3,89 | 12 | 6 | 6,1 | 30,0 | | 3,40 | |
| 33. | 7 | Kąty Wrocławskie Krobielnica Czynne wysypisko Presentmunicipal dumping site | R | 1,95 | 3,37 | 38 | 14 | 5,2 | 6,8 | 17,20 | 1,92 | 2,56 |
| 34. | | | R | 1,83 | 3,16 | 44 | 11 | 4,8 | 7,0 | | 1,95 | |
| 35. | | | R | 0,73 | 1,26 | 37 | 10 | 5,1 | 7,8 | | 2,05 | |
| 36. | | | R | 0,96 | 1,66 | 50 | 12 | 4,9 | 25,8 | | 3,25 | |
| 37. | | | R | 0,71 | 1,23 | 33 | 13 | 4,9 | 38,6 | | 3,65 | |
| 38. | 8 | Czernica Ratowice Czynne wysypisko Presentmunicipal dumping site | R | 1,02 | 1,76 | 13 | 0 | 5,0 | 8 | 24,86 | 2,08 | 2,92 |
| 39. | | | R | 0,93 | 1,61 | 20 | 8 | 4,9 | 9,3 | | 2,23 | |
| 40. | | | R | 0,12 | 0,21 | 21 | 5 | 4,8 | 18 | | 2,89 | |
| 41. | | | R | 2,38 | 4,10 | 11 | 1 | 3,9 | 25 | | 3,22 | |
| 42. | | | R | 1,11 | 1,92 | 7 | 1 | 4,2 | 64 | | 4,16 | |

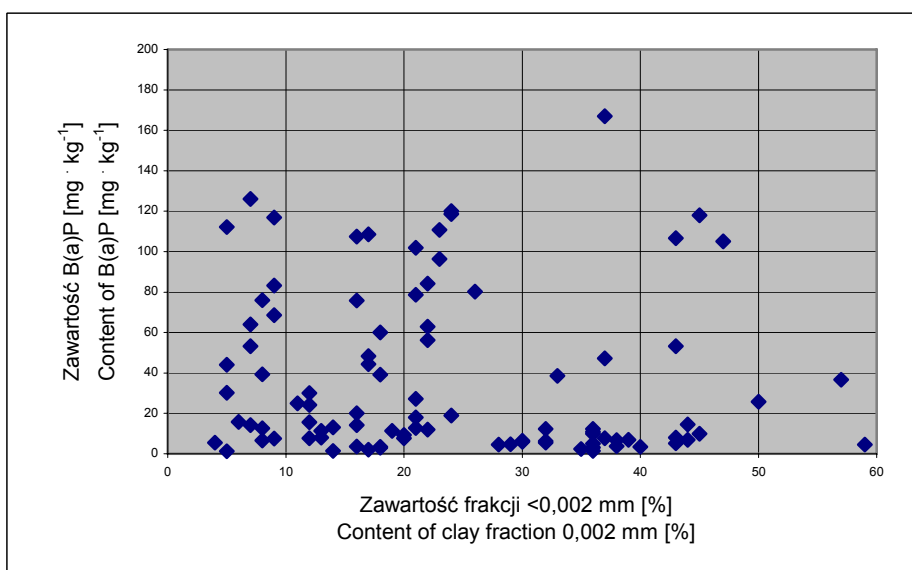
Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | | | |
|-----|----|--|----|--|------|------|------|------|--------|--------|------|------|-------|-------|------|------|
| 43. | 9 | Siechnice Otoczenie elektrociepłowni Area around an industrial factory | N | 2,19 | 3,77 | 5 | 2 | 7,2 | 1,32 | 33,67 | 0,28 | 2,86 | | | | |
| 44. | | | OD | 1,64 | 2,82 | 14 | 3 | 7 | 1,50 | | 0,41 | | | | | |
| 45. | | | OD | 3,05 | 5,25 | 9 | 2 | 7 | 7,66 | | 2,04 | | | | | |
| 46. | | | OD | 2,88 | 4,96 | 20 | 12 | 6,5 | 7,79 | | 2,05 | | | | | |
| 47. | | | OD | 2,62 | 4,52 | 16 | 3 | 6,7 | 14,29 | | 2,66 | | | | | |
| 48. | | | N | 2,77 | 4,78 | 16 | 8 | 6,4 | 20,08 | | 3,00 | | | | | |
| 49. | | | S | 2,97 | 5,12 | 21 | 7 | 4,6 | 27,19 | | 3,30 | | | | | |
| 50. | | | OD | 4,02 | 6,93 | 18 | 3 | 7,5 | 39,20 | | 3,67 | | | | | |
| 51. | | | OD | 3,20 | 5,51 | 17 | 4 | 7,2 | 44,39 | | 3,79 | | | | | |
| 52. | | | OD | 2,18 | 3,75 | 22 | 5 | 6,5 | 62,85 | | 4,14 | | | | | |
| 53. | | | N | 2,95 | 5,09 | 16 | 6 | 6,2 | 75,8 | | 4,33 | | | | | |
| 54. | | | R | 2,43 | 4,19 | 21 | 8 | 6 | 101,92 | | 4,62 | | | | | |
| 55. | | | 10 | Droga o dużym natężeniu ruchu E67 Wrocław-Oleśnica Heavy traffic road | R | 0,96 | 1,65 | 4 | 35 | | 5,7 | | 5,6 | 40,81 | 1,72 | 3,34 |
| 56. | | | | | R | 0,82 | 1,41 | 5 | 36 | | 5,8 | | 30,24 | | 3,41 | |
| 57. | R | 0,84 | | | 1,45 | 5 | 34 | 5,8 | 44,1 | 3,79 | | | | | | |
| 58. | R | 1,24 | | | 2,14 | 9 | 35 | 6,4 | 83,3 | 4,42 | | | | | | |
| 59. | 11 | Droga lokalna Oleśnica-Dobroszyce Local traffic road | R | 1,04 | 1,79 | 6 | 34 | 6,7 | 15,84 | 51,35 | 2,76 | 3,66 | | | | |
| 60. | | | R | 1,18 | 2,04 | 12 | 37 | 6,9 | 24,14 | | 3,18 | | | | | |
| 61. | | | R | 1,10 | 1,90 | 7 | 31 | 7,20 | 53,2 | | 3,97 | | | | | |
| 62. | | | R | 0,84 | 1,45 | 5 | 32 | 7,3 | 112,2 | | 4,72 | | | | | |
| 63. | 12 | Otoczenie Zakł. Samochodowych Jelcz Area around an industrial factory | N | 0,93 | 1,6 | 12 | 7 | 6,8 | 7,7 | 54,24 | 2,04 | 3,24 | | | | |
| 64. | | | N | 0,45 | 0,77 | 8 | 4 | 4 | 12,7 | | 2,54 | | | | | |
| 65. | | | N | 0,54 | 0,93 | 14 | 6 | 5 | 13,1 | | 2,57 | | | | | |
| 66. | | | N | 1,77 | 3,05 | 7 | 5 | 4,8 | 14,2 | | 2,65 | | | | | |
| 67. | | | N | 0,57 | 0,98 | 8 | 3 | 5,3 | 76,0 | | 4,33 | | | | | |
| 68. | | | N | 0,87 | 1,49 | 9 | 5 | 6 | 201,7 | | 5,31 | | | | | |
| 69. | 13 | Mietków Wawrzeń- czyce Rekultywowane Składowisko Reclamation municip- al dumping site | R | 1,26 | 2,18 | 45 | 9 | 6,7 | 10,0 | 59,16 | 2,30 | 3,83 | | | | |
| 70. | | | R | 0,72 | 1,24 | 37 | 7 | 6,6 | 47,3 | | 3,86 | | | | | |
| 71. | | | R | 1,35 | 2,33 | 43 | 8 | 6,0 | 53,3 | | 3,98 | | | | | |
| 72. | | | R | 0,86 | 1,49 | 21 | 11 | 6,9 | 78,6 | | 4,36 | | | | | |
| 73. | | | R | 1,47 | 2,54 | 43 | 8 | 6,4 | 106,6 | | 4,67 | | | | | |
| 74. | 14 | Św. Katarzyna Siechnice Otoczenie hałdy odpadów po hutni- cznych Area around an industrial factory | N | 1,80 | 3,11 | 57 | 30 | 6,6 | 36,6 | 79,99 | 3,60 | 4,32 | | | | |
| 75. | | | N | 1,14 | 1,97 | 17 | 7 | 6,7 | 48,4 | | 3,88 | | | | | |
| 76. | | | N | 1,65 | 2,85 | 22 | 7 | 6,9 | 56,2 | | 4,03 | | | | | |
| 77. | | | OD | 2,53 | 4,35 | 18 | 6 | 6,8 | 60,0 | | 4,09 | | | | | |
| 78. | | | OD | 1,87 | 3,23 | 26 | 8 | 6,9 | 80,2 | | 4,38 | | | | | |
| 79. | | | R | 1,77 | 3,06 | 22 | 6 | 6,6 | 84,2 | | 4,43 | | | | | |
| 80. | | | R | 1,44 | 2,49 | 23 | 8 | 6,9 | 96,3 | | 4,57 | | | | | |
| 81. | | | R | 2,74 | 4,72 | 17 | 4 | 7,0 | 108,6 | | 4,69 | | | | | |
| 82. | | | OD | 1,92 | 3,32 | 23 | 8 | 6,9 | 110,8 | | 4,71 | | | | | |
| 83. | | | OD | 1,77 | 3,06 | 24 | 8 | 7,0 | 118,6 | | 4,78 | | | | | |
| 84. | 15 | Żórawina Brzeście Czynne wysypisko Presentmunicipal dumping site | R | 1,13 | 1,95 | 44 | 14 | 5,5 | 14,6 | 104,92 | 2,68 | 4,40 | | | | |
| 85. | | | R | 1,08 | 1,87 | 47 | 12 | 6,4 | 105 | | 4,65 | | | | | |
| 86. | | | R | 1,05 | 1,81 | 45 | 14 | 4,5 | 118 | | 4,77 | | | | | |
| 87. | | | R | 2,01 | 3,47 | 24 | 13 | 6,5 | 120 | | 4,79 | | | | | |
| 88. | | | R | 0,96 | 1,66 | 37 | 11 | 6,7 | 167 | | 5,12 | | | | | |
| 89. | 16 | Otoczenie Huty Olawa Area around a smelter | OD | 0,75 | 1,29 | 8 | 4 | 5,7 | 39,32 | 170,62 | 3,67 | 4,75 | | | | |
| 90. | | | OD | 5,22 | 8,99 | 9 | 5 | 5,9 | 68,53 | | 4,23 | | | | | |
| 91. | | | OD | 0,84 | 1,44 | 16 | 6 | 6,2 | 107,42 | | 4,68 | | | | | |
| 92. | | | OD | 0,45 | 0,77 | 9 | 4 | 7 | 116,92 | | 4,76 | | | | | |
| 93. | | | OD | 0,36 | 0,62 | 7 | 4 | 5,3 | 125,99 | | 4,84 | | | | | |
| 94. | | | OD | 0,21 | 0,36 | 8 | 3 | 5,7 | 565,5 | | 6,34 | | | | | |

R – grunty orne, U – ugór, N - nieużytek, OD – ogródki działkowe, CH – plantacja chmielu, S – sad
R – arable land, U – fallow, N – waste land, OD – allotment gardens, CH – hop plantation, S – orchard

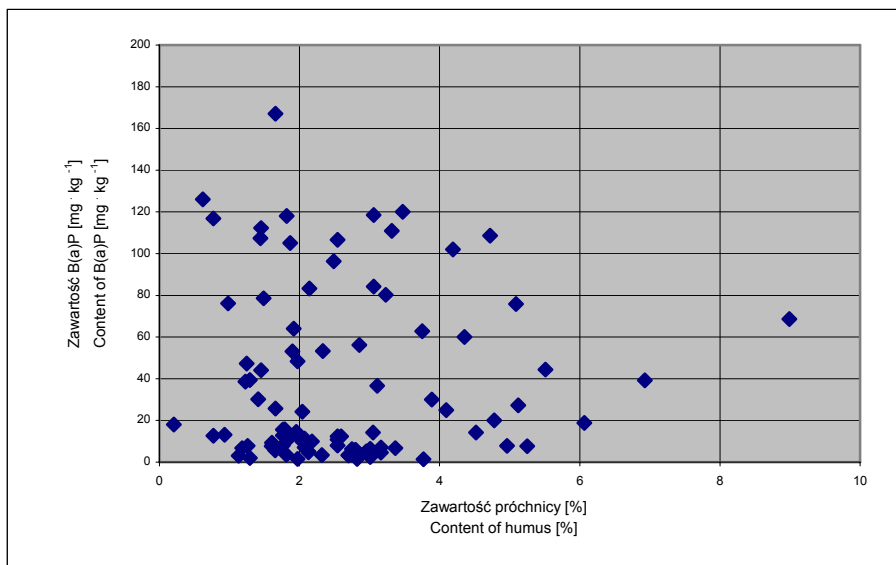


Rys. 1a). Relacja pomiędzy zawartością B(a)P a zawartością łu koloidalnego
Fig. 1a). Relation between content of B(a)P and content of colloidal fraction

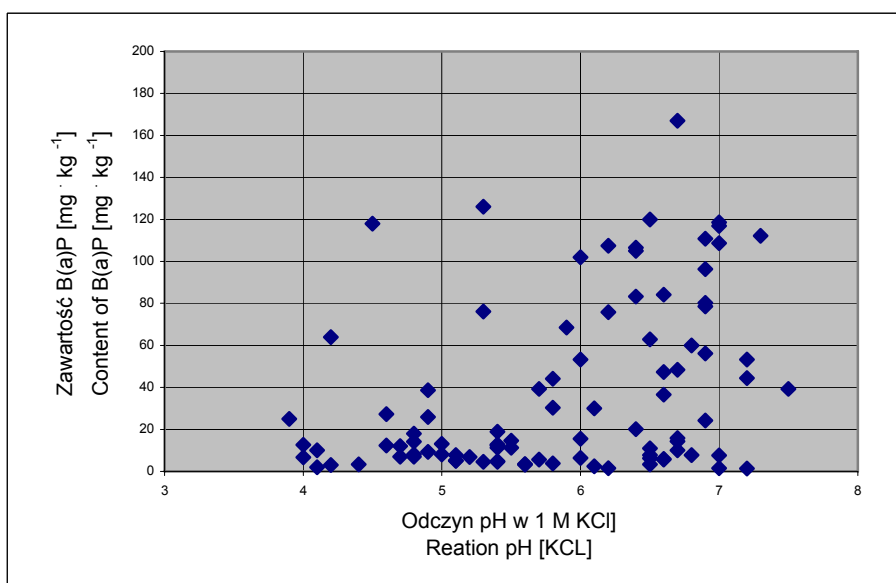


Rys. 1b). Relacja pomiędzy zawartością B(a)P a zawartością frakcji < 0,02 mm [%]
Fig. 1b). Relation between content of B(a)P and content of fraction < 0,02 mm [%]

Wyniki nie potwierdziły również statystycznie istotnej korelacji pomiędzy zawartością materii organicznej, a zawartością B(a)P (rys.1c). Podobnie nie stwierdzono statystycznie istotnej korelacji pomiędzy odczynem gleb a zawartością B(a)P (rys.1d).



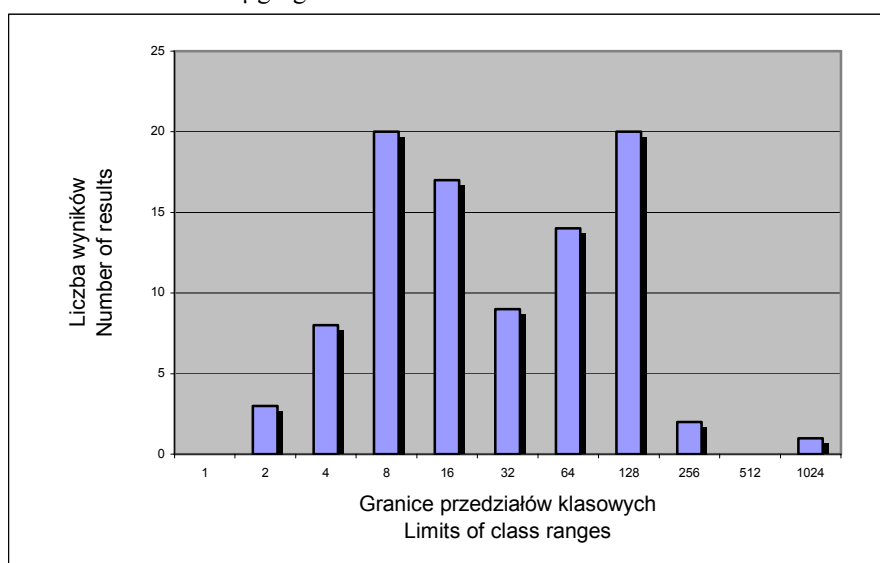
Rys. 1 c). Relacja pomiędzy zawartością B(a)P a zawartością próchnicy
Fig. 1 c). Relation between content of B(a)P and content of humus



Rys. 1 d). Relacja pomiędzy zawartością B(a)P a odczynem
Fig. 1 d). Relation between B(a)P and reation

Brak wymienionych powyżej korelacji pozwala twierdzić, że czynnikiem określającym koncentrację B(a)P w glebach jest wielkość emisji uzależniona od charakteru źródła zanieczyszczeń i położenia poszczególnych punktów badawczych wobec tych źródeł, co znajduje potwierdzenie w literaturze [Adamczewska i wsp., 2000; Maliszewska-Kordybach, Smreczak, 1997; Baran, Oleszczuk, 2001; Oleszczuk, Baran, 2005].

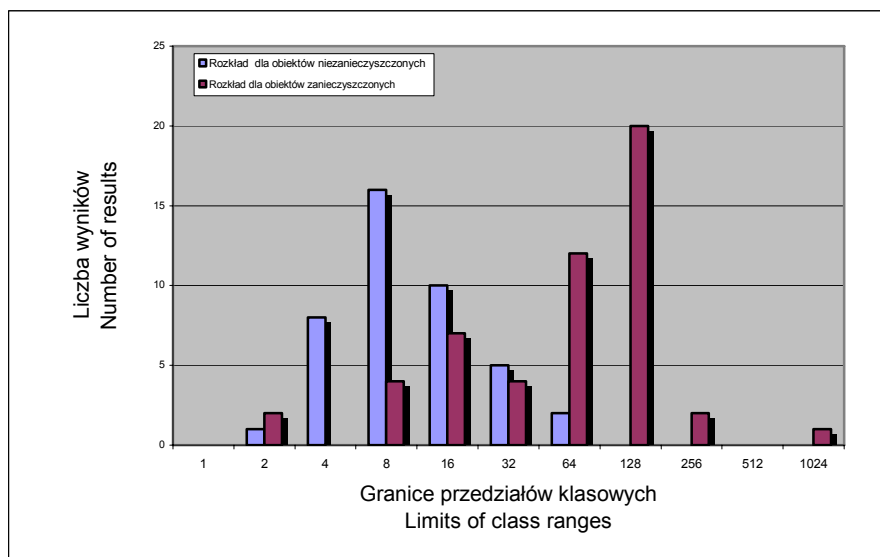
Zakres zawartości B(a)P w badanych glebach wynosił od $1,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $565,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 1). Średnia arytmetyczna zawartość B(a)P we wszystkich zbadanych próbach wynosiła $44,8 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a zatem była wyższa od dopuszczalnej wartości granicznej dla gruntów ornych [Rozporządzenie 2002]. Histogram szeregu rozdzielczego dla przedziałów zawartości B(a)P; 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ przedstawiono na rysunku 2a. Wyraźnie widoczny jest bimodalny charakter rozkładu z maksimum pierwszej mody w przedziale od 4 do 8 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i maksimum drugiej mody w przedziale od 64 do 128 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.



Rys. 2 a). Histogram częstości dla zawartości B(a)P w glebach
Fig. 2 a). Frequency diagram for content of B(a)P in soils

Do dalszej analizy wyników próbki podzielono według średniej zawartości B(a)P. Przy takim kryterium obiekty o numerach od 1 do 8, dla których średnia zawartość B(a)P jest niższa od $30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ można uznać za grupę niezanieczyszczonych, natomiast o numerach od 9 do 16 można uznać za grupę obiektów zanieczyszczonych B(a)P. W grupie obiektów niezanieczyszczonych znalazły się zatem otoczenia składowisk odpadów komunalnych w gminach Kobierzyce, Jordanów, Sobótka, Mietków, Długoleka, Kąty Wrocławskie i Czernica oraz Oława. W grupie próbek zanieczyszczonych znalazły się natomiast: gleby położone w pobliżu dróg, elektrowni Siechnica, w otoczeniu przyległej do EC Siechnica hałdy odpadów dawnej huty żelazochromu, najbliższe tereny Zakładów Samochodowych Jelcz Sp. Z o.o. w Jelczu Laskowicach, składowiska

odpadów w gminie Żórawina, zrekultywowane składowisko odpadów gminy Mietków oraz otoczenie huty Oława. Po dokonaniu podziału na dwa rodzaje obiektów widać, że bimodalny rozkład zawartości B(a)P w całej populacji przebadanych próbek jest właściwie sumą dwóch rozkładów (rys 2b.). Dla uznanych za niezanieczyszczone tylko 2 wyniki spośród 42 przekraczały wartość $30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast dla obiektów uznanych za zanieczyszczone 16 spośród 52 wyników pozostawało poniżej granicy $30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Średnia zawartość B(a)P w grupie obiektów niezanieczyszczonych wynosiła $11,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast w grupie zanieczyszczonych przyjmowała wartość $72,0 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.



Rys. 2 b). Histogramy częstości dla zawartości B(a)P w glebach uznanych za zanieczyszczone i niezanieczyszczone

Fig. 2 b). Frequency diagrams for content of B(a)P in polluted and unpolluted soils

Analizując uzyskane wyniki z zastosowaniem testu t-Studenta dla różnicy wartości średnich uzyskano nieco bardziej złożony obraz.

W tabeli 2 zestawiono prawdopodobieństwa błędu dla hipotezy, że różnica między średnimi zawartościami B(a)P na obiektach *i*, *j* ma przypadkowy charakter.

W oparciu o wyniki z tabeli 2 badane próbki można podzielić na trzy charakterystyczne grupy. Do grupy I zaliczyć należy obiekty o numerach od 1 do 9. Charakteryzują się one średnią zawartością B(a)P do $33,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, przy czym średnie zawartości B(a)P w tej grupie różnią się w sposób istotny ($\alpha=0,05$) od średnich zawartości B(a)P w próbkach o najwyższej jego koncentracji. W obrębie tej grupy również pojawiają się istotne różnice (np. obiekty 6 i 9 mają istotnie wyższe średnie koncentracje B(a)P od obiektów 1, 2 i 3).

II grupa to próbki nr 10, 11 i 12, które można określić mianem przejściowych. Średnie zawartości B(a)P w tej grupie wynoszą od $40,8$ do $54,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Charakteryzują się one

jednak dużym zróżnicowaniem zawartości B(a)P w poszczególnych próbach i średnie nie różnią się w sposób istotny od żadnych z pozostałych obiektów.

III grupę stanowią obiekty o numerach 13–16. Średnie zawartości B(a)P wynoszą na nich od 59,16 do 170,6 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i są istotnie wyższe od średnich zawartości tego związku dla próbek 1–9 (dla nr 13 średnia jest istotnie wyższa niż na obiektach 1–6) (tab. 2).

Tabela 2

Table 2

Poziom istotności dla hipotezy braku różnic pomiędzy zawartością B(a)P na poszczególnych obiektach

Significances levels for hypothesis without differences between content of B(a)P for every object

| Nr obiektu Object No | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------------------------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0,39 | 0,15 | 0,25 | 0,01 | 0,01 | 0,11 | 0,11 | 0,01 | 0,11 | 0,12 | 0,17 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| 2 | | 0,37 | 0,36 | 0,36 | 0,02 | 0,13 | 0,12 | 0,01 | 0,11 | 0,12 | 0,17 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| 3 | | | 0,59 | 0,24 | 0,03 | 0,80 | 0,14 | 0,01 | 0,12 | 0,13 | 0,19 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| 4 | | | | 0,60 | 0,14 | 0,26 | 0,18 | 0,02 | 0,14 | 0,14 | 0,20 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| 5 | | | | | 0,07 | 0,25 | 0,18 | 0,02 | 0,14 | 0,14 | 0,20 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| 6 | | | | | | 0,80 | 0,42 | 0,08 | 0,21 | 0,20 | 0,27 | 0,05 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| 7 | | | | | | | 0,18 | 0,17 | 0,25 | 0,22 | 0,30 | 0,06 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| 8 | | | | | | | | 0,54 | 0,44 | 0,33 | 0,41 | 0,12 | 0,00 | 0,03 | 0,03 |
| 9 | | | | | | | | | 0,72 | 0,50 | 0,55 | 0,21 | 0,00 | 0,04 | 0,04 |
| 10 | | | | | | | | | | 0,71 | 0,59 | 0,45 | 0,06 | 0,07 | 0,06 |
| 11 | | | | | | | | | | | 0,94 | 0,78 | 0,29 | 0,15 | 0,11 |
| 12 | | | | | | | | | | | | 0,89 | 0,46 | 0,24 | 0,17 |
| 13 | | | | | | | | | | | | | 0,30 | 0,17 | 0,13 |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | 0,39 | 0,27 |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | 0,71 |

Dla określenia charakteru rozkładu w grupach o średniej do 30 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i powyżej tej granicy obliczono wartości logarytmów naturalnych z poszczególnych wyników.

$$y_i = \ln(x_i).$$

Następnie dla obu grup obliczono wartości średnie \bar{Y}_n (obiekty niezanieczyszczone), \bar{Y}_z (obiekty zanieczyszczone) i odchylenia standardowe s_n^t, s_z^t dla wartości zlogarytmowanych.

Za pomocą testu chi. kwadrat stwierdzono, że rozkład wyników (po transformacji do logarytmów) w grupie gleb niezanieczyszczonych ma charakter rozkładu normalnego

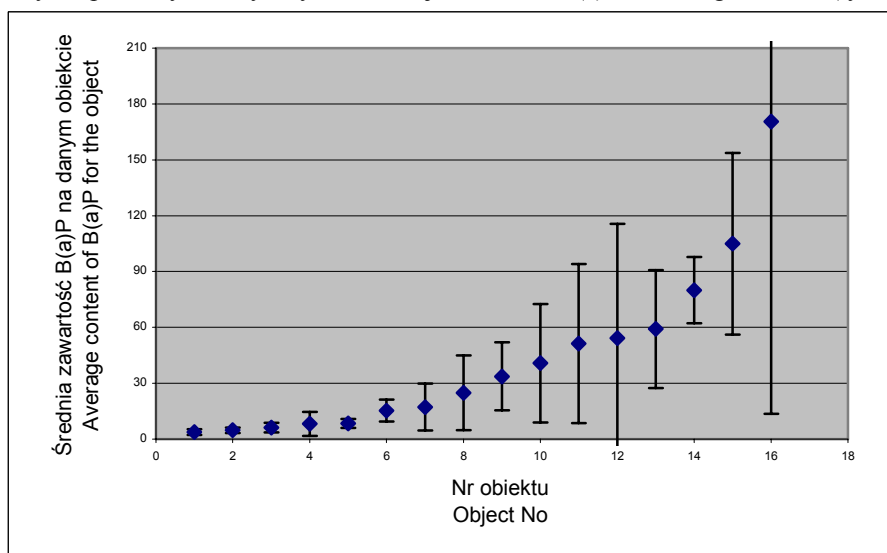
(rys. 2b). Otrzymano wartość statystyki $\chi^2=1,403$ przy jednym stopniu swobody, co nie pozwala na poziomie istotności $\alpha=0,05$ odrzucić hipotezy o braku różnic pomiędzy rozkładem normalnym i rozkładem z próby. Wartość średnia rozkładu wyniosła $\bar{Y}_n=2,06$ (po przekształceniu odwrotnym odpowiada to średniej zawartości B(a)P równej $\bar{X}_n=7,86 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Odchylenie standardowe wyniosło 0,804.

Natomiast rozkład tak przekształconych wyników w grupie obiektów uznanych za zanieczyszczone odbiega od rozkładu normalnego (rys. 2b). Otrzymano wartość statystyki $\chi^2=17,86$ przy jednym stopniu swobody, co pozwala na poziomie istotności $\alpha=0,05$ odrzucić hipotezę o braku różnic pomiędzy rozkładem normalnym i rozkładem z próby. Wartość średnia obliczona w tej grupie dla wyników przekształconych wyniosła $\bar{Y}_z=3,74$ (po przekształceniu odwrotnym daje to średnią zawartości B(a)P równą $\bar{X}_z=42,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Interesująco przedstawia się relacja pomiędzy średnią zawartością B(a)P w glebach danego obiektu a rozrzutem wyników charakteryzowanym przez przedział ufności dla $\alpha=0,05$. Relację taką przedstawiono na rysunku 3. Widoczny jest wyraźny wzrost rozproszenia wyników dla obiektów o wyższych średnich zawartościach B(a)P. Jeśli jednak posłużymy się do opisu rozproszenia wyników na poszczególnych obiektach poprawnym parametrem, jakim jest współczynnik zmienności:

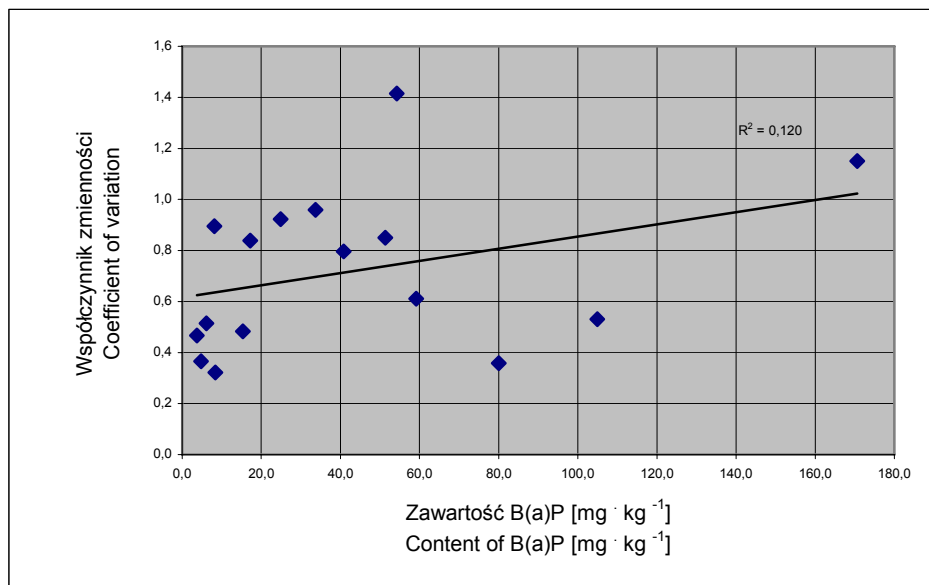
$$v = \frac{s}{\bar{X}}$$

gdzie s – odchylenie standardowe, a \bar{X} średnia arytmetyczna, to widać, że zmienność nie zależy w sposób systematyczny od średniej zawartości B(a)P dla danego obiektu (rys. 4).



Rys. 3. Średnie zawartości B(a)P dla poszczególnych obiektów wraz z przedziałami ufności na poziomie $\alpha=0,05$

Fig. 3. Average content of B(a)P for every object significant at $\alpha=0,05$



Rys. 4. Relacje pomiędzy zawartością B(a)P a współczynnikiem zmienności dla tego parametru
 Fig. 4. Relation between content of B(a)P and coefficient of variation for this parameter

WNIOSKI

Przeprowadzone badania nad zawartością B(a)P w glebach obiektów pozostających pod wpływem antropopresji oraz statystyczna analiza otrzymanych wyników pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków.

1. Koncentracja B(a)P w badanych glebach nie wykazuje korelacji z zawartością ilu koloidalnego, części splawianych, zawartością próchnicy i odczynem.

2. Rozkład zawartości B(a)P w badanych glebach ma wyraźnie bimodalny charakter. Pierwsze maksimum występuje w przedziale od 4 do 8 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast drugie w przedziale od 64 do 128 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

3. Badane obiekty można zakwalifikować do dwóch grup. Pierwszą stanowią obiekty, w których średnie zawartości B(a)P nie przekraczają 30 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a koncentracje tego związku w pojedynczych punktach praktycznie nigdy nie przekraczają tej wartości. Drugą grupę stanowią te, w których średnie koncentracje B(a)P przekraczają 30 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, ale jednocześnie na obiektach tych występują punkty (ok. 30%), w których obserwuje się zawartości B(a)P poniżej 30 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

4. Zastosowanie testu t-Studenta pozwala podzielić badane obiekty na 3 grupy:

- obiekty niezanieczyszczone, o numerach od 1 do 9, w większości otoczenia gminnych składowisk odpadów;
- obiekty o dużym zróżnicowaniu wyników (o numerach 10–12); w tej grupie są przekroje dróg oraz otoczenie Zakładów Samochodowych w Jelczu;

c) obiekty zanieczyszczone (o numerach 13–16); w tej grupie są: otoczenie jednego ze składowisk odpadów, otoczenie hały w Siechnicach i huty Oława oraz obszar po zrehabilitowanym składowisku odpadów.

5. Po dokonaniu transformacji zawartości B(a)P w glebach obiektów zanieczyszczonych mają rozkład normalny, natomiast w glebach obiektów zanieczyszczonych mają rozkład odbiegający od normalnego. Jednocześnie po obliczeniu wartości średnich oraz odchyłek standardowych dla poszczególnych obiektów, a następnie dokonaniu transformacji odwrotnej i obliczeniu współczynników zmienności dla tak otrzymanych charakterystyk można pokazać, że maleje on zdecydowanie wraz ze wzrostem średniej zawartości B(a)P w glebie.

6. Określona w Rozporządzeniu Ministra Środowiska liczba graniczna $30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ stanowi w rzeczywistości granicę pomiędzy glebami o naturalnej zawartości B(a)P a glebami zanieczyszczonymi tym związkiem. Stwierdzenie to nie jest jednoznaczne ze stwierdzeniem, że zawartości B(a)P przekraczające $30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ należy uważać za niebezpieczne dla ludzi, bezkręgowców glebowych bądź też zagrażające wodom gruntowym.

PIŚMIENNICTWO

- Adamczewska M., Siepak J., Gramowski H.: 2000. Studies of levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils subjected to antropopressure in the city of Poznań. *Pol. J. Environ. Stud.* 9: 305–321.
- Baran S., Oleszczuk P.: 2001. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w glebach miasta Lublina objętych wpływem zanieczyszczeń motoryzacyjnych. *Acta Agrophysica* 56: 21–29.
- Dutkiewicz T., Lebek G., Masłowski J., Mielżyńska D., Ryborz S.: 1988. Wielocykliczne węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym. PWN, Warszawa.
- Engst K., Fritz W.: 1975. Zanieczyszczenia żywności węglowodorami rakotwórczymi pochodzącymi ze środowiska. *PHZ XXVI* nr 1, 113–119.
- Łebkowska M.: 1997. Zastosowania monitoringu biologicznego w ochronie wód. Materiały na XVII sympozjum „Badania toksykologiczne w ochronie wód”. Warszawa, 133–141.
- Kluska M., Kroszczyński W.: 2000. Zawartość niektórych policyklicznych węglowodorów aromatycznych w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu. *Chem. Inż. Ekol.* 7: 563–573.
- Kołwzan B.: 2005. Bioremediacja gleb skażonych produktami naftowymi wraz z oceną ekotoksykologiczną. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 5–42.
- Laskowski S., Tołoczko W.: 2003. Zawartość benzo(a)pirenu, fenantrenu i antracenu w glebach przy drogach o różnym natężeniu ruchu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 493: 193–199.
- Maliszewska-Kordybach B.: 1993. Trwałość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w glebie. *Wyd. IUNG, H(4), Puławy*: 5–59.
- Maliszewska-Kordybach B., Smreczak B.: 1997. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w glebach użytkowanych rolniczo na terenie woj. lubelskiego. *Rocz. Glebozn. T XLVIII*, 3/4: 95–110.
- Maliszewska-Kordybach B.: 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons in agroecosystems – example of Poland. *Polycyclic Aromatic Compounds*, Vol. 21: 287–295.

- Oleszczuk P., Baran S.: 2005. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w glebach ogródków działkowych podlegających zróżnicowanemu wpływowi antropogenicznym. *Rocz. Glebozn.* LVI, nr 3/4: 67–77.
- Smreczak B.: 1997. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w układach gleba – roślina wyższa. *Rocz. Glebozn.* T XLVIII, nr 3/4: 37–47.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. 2002. Dz. U. Nr 165 poz.1359.
- Surygała J.: 2000. Zanieczyszczenia naftowe w gruncie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 37–58.

**CONTENT OF BENZO(A)PYRENE IN SOILS AFFECTED
BY ANTHROPOGENIC FACTORS IN THE AREA OF WROCLAW,
OLAWA AND OLEŚNICA DISTRICTS**

S u m m a r y

The main objective of the study was to assess the influence of soil texture, humic substance and reaction on content of B(a)P in soils. The pollution sources of the analysed objects were: industrial factories, municipal dumping sites and heavy traffic road. The results showed there is not correlation between concentration of B(a)P and content of colloidal clay, clay particles, humic substance and reaction. The statistical analysis proved that the quantity of emission, the kind of source of pollution and distance from the source decided about the concentration of B(a)P in the analysed soils.

KEY WORDS: benzo(a)pyrene, pollution of soils, anthropogenic factors

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Mocek – Akademia Rolnicza w Poznaniu

Dorota Kawalko

**COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOILS DEVELOPED
FROM DIFFERENT PARENT ROCKS IN THE AREA
OF ŚLĘŻAŃSKI LANDSCAPE PARK.
PART III. CONTENT OF ORGANIC CARBON
AND TOTAL NITROGEN***

**SKŁAD I WŁAŚCIWOŚCI GLEB WYTWORZONYCH
Z RÓŻNYCH SKAŁ MACIERZYSTYCH NA TERENIE
ŚLĘŻAŃSKIEGO PARKU KRAJOBRAZOWEGO.
CZĘŚĆ III. ZAWARTOŚĆ WĘGLA ORGANICZNEGO
I AZOTU OGÓLNEGO**

*Institut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu*

*Institute of Soil Science and Agricultural Environment Protection, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

The study concerns research of total content of organic carbon and total nitrogen in forest soils and arable lands. The research was conducted on soils developed from different parent rocks. Differentiation of content of analysed parameters – which was determined by category of their utilization – was specified in the research. Experimental sites had been chosen with regard to the kind of parent rock and category of soil use. During the works in the area of Śląski Landscape Park 8 soil profiles had been carried out, whose half constitute forest soils and half arable soils. Additionally, soils matched in pairs according to their utilization category are developed from the same parent rock. The typical disposal of organic matter with maximal content in accumulative level, decreasing gradually with depth until parent rock level, where the value is the lowest, was observed in studied acid brown soils and rankers. Total nitrogen content in analyzed

* Skróty pracy doktorskiej pt. „Skład i właściwości gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych na terenie Śląskiego Parku Krajobrazowego”;

Promotor: prof. dr hab. Tadeusz Chodak, AR Wrocław;

Recenzenci: prof. dr hab. Stanisław Laskowski, Uniwersytet Łódzki;

prof. dr hab. Leszek Szerszeń, AR Wrocław

soils is proportional to organic matter content. Forest soils compared to arable soils have higher content of organic matter and total nitrogen, which was determined by the kind of their utilization.

KEY WORDS: mountain soils, organic carbon, nitrogen, Ślęza

INTRODUCTION

The Ślęza Massive which is symbol of Ślęzański Landscape Park since a long time inspired curiosity of many researchers. The system of relief is characteristic for morphology of island mountains, built from Paleozoic alkaline and acid rocks, resistant to weathering processes [Walczak, 1970]. High litogenic differentiation on such small area had a significant influence on composition and properties of developed soils. Additionally this is the landscape park and there is conducted normal agricultural and forest management. We may say that the kind of use of the soils determined their properties.

Organic matter constitutes a dynamic soil element, which continuously submits transformations in ecosystems. Despite its low presence in soil mass, soil humus has a significant impact on chemical, physico-chemical and physical properties of soils and considerably determines their value. Its content in soils is determined by course of reciprocally competing processes of humification and mineralization. Intensity of these processes depends on climatic, aero and water conditions and also biological activity and other factors [Laskowski, 1973; Drozd and others, 1993].

MATERIAL AND METHODS

Experimental sites had been chosen with regard to the kind of parent rock and category of soil use. During the works in the area of Ślęzański Landscape Park 8 soil profiles had been carried out, whose half constitute forest soils (profiles 1,2,3,4) and half arable soils (profiles 1', 2', 3', 4'). Additionally, soils matched in pairs according to their utilization category are developed from the same parent rock. Because of considerable thickness of non granite deluvial sediments, arable soil developed on granite was not localized. Soils developed from amphibolites (profiles 1 and 1' and 3'), gabbro (profiles 2 and 2') and granite (profile 3) had been categorized as acid brown and lessives soils, however soils developed from a serpentinite's parent rock (profiles 4 and 4') as rankers. Detailed characteristic of physical properties, including characteristic of colloidal fraction was presented in earlier issues [Kawalko, 1998; Kawalko, 2000, Kawalko, 2004]. Localization and some properties of analysed soils were presented in Table 1.

In this work are presented results of research concerning total content of organic carbon and total nitrogen in forest and arable soils.

Tabela 1
Table 1Lokalizacja i wybrane właściwości badanych gleb
Localization and chosen properties of analysed soils

| Profile number Numer profilu | Localization category of soil use Lokalizacja i kategoria użytkowania | Soil name Nazwa gleby | Horizon Poziom | | Granulo-metric group Gr. Gran. |
|---------------------------------|--|--------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| | | | Symbol | Depth [cm] Miąższość | |
| 1 Amphibolite | Wieżyca 405 m a.s.l. mixed forest | acid brown soil | A | 5–30 | SiCL |
| | | | ABbr | 30–60 | SiCL |
| | | | C | >60 | SiCL |
| 2 Gabbro | Śleża 470 m a.s.l. mixed forest | acid brown soil | A | 5–15 | SiCL |
| | | | ABbr | 15–48 | SiCL |
| | | | Bbr/C | 48–80 | SiCL |
| | | | CR | >80 | SiCL |
| 3 Granite | Pass Kamienne Siodło 280 m a.s.l. mixed forest | acid brown soil | A | 6–12 | LSi |
| | | | Bbr | 12–30 | LSi |
| | | | CR | >30 | LSi |
| 4 Serpentynite | Radunia 500 m a.s.l. mixed forest | proper ranker | AC | 8–20 | SiCL |
| | | | CR | >20 | GL |
| 1' Amphibolite | Strzegomiany, 280 m a.s.l. meadow | acid brown soil | A | 10–21 | SiCL |
| | | | Bbr | 21–40 | SiCL |
| | | | CR | >40 | SiCL |
| 2' Gabbro | Mountain Kunowska, 170 m a.s.l. meadow | acid brown soil | A | 7–29 | SiCL |
| | | | ABbr | 29–39 | SiCL |
| | | | IIC1 | 39–52 | LSi |
| | | | IIC2 | 52–66 | LSi |
| | | | IIICR | >66 | LSi |
| 3' Amphibolite | near Wieżyca, 250 m a.s.l. meadow | lessives soil | A | 9–23 | LSi |
| | | | Eet | 23–31 | LSi |
| | | | BtC | >31 | LSi |
| 4' Serpentynite | Oleszańskie Hills, 270 m a.s.l. cultivated field | brown ranker | AC | 0–20 | LSi |
| | | | Bbr | 20–28 | LSi |
| | | | CR | >28 | GL |

RESULTS

Studied soils are characterized by significant skeleton and granulometric composition of its sallow parts corresponds to clays and middle silties. All analysed soils developed from acid rocks as well as on alkaline ones, prove strong acid and acid reaction.

When analysing results of chemical research one should take into account fact, that with regard to high content of skeleton structure parts in deeper levels of most studied soils, these results aren't fully representative for whole soil material, but only for its sallow parts.

The typical disposal of organic matter with maximal content in accumulative level, decreasing gradually with depth until parent rock level, where the value is the lowest, was observed in studied acid brown soils and rankers. In accumulative levels of forest soils total carbon content varies in range from 2,66 to 10,38% (Table 2). In arable soils these values are much lower and vary from 0,53 to 1,29%. Present results confirm the fact, that amount of organic matter in superficial levels depends mainly on utilization category and altitude. Soils placed in higher mountains include more organic matter. It is caused by climatic conditions, lower temperature and higher precipitation, which consequently lead to its slower decomposition (accumulative process dominates on decomposition) [Bogda, 1981]. Moreover anthropogenic factors, as mechanical tillage and fertilization can modify both quantity and properties of humic compounds. Humus horizons of arable soils compared with forest soils horizons are characterized by lower content of organic carbon, better linkage between organic matter and mineral part of soil and higher humification level [Skłodowski, 1994].

Table 2
Tabela 2

Chemical properties of analysed soils
Właściwości chemiczne badanych gleb

| Profile number Numer profilu | Symbol | Depth [cm] Miaższość | pH | | Organic C [%] | Total N [%] | C:N |
|---------------------------------|---------------|-------------------------|------------------|------------|------------------|----------------|--------------|
| | | | H ₂ O | KCl | | | |
| 1 Amphibolite | A | 5–30 | 4,0 | 3,3 | 3,59 | 0,30 | 12 |
| | ABbr | 30–60 | 4,4 | 3,6 | 1,39 | 0,14 | 10 |
| | C | >60 | 4,2 | 3,8 | 0,70 | 0,10 | 7 |
| 2 Gabbro | A | 5–15 | 3,0 | 2,8 | 4,38 | 0,32 | 32 |
| | ABbr | 15–48 | 3,4 | 3,4 | 2,94 | 0,19 | 16 |
| | Bbr/C CR | 48–80 >80 | 3,7 3,6 | 3,6 3,6 | 1,74 1,50 | 0,08 0,10 | 22 15 |
| 3 Granite | A | 6–12 | 3,4 | 3,0 | 4,77 | 0,15 | 32 |
| | Bbr | 12–30 | 3,6 | 3,3 | 1,33 | 0,06 | 22 |
| | CR | >30 | 3,6 | 3,4 | 0,84 | 0,07 | 12 |
| 4 Serpentynite | AC | 8–20 | 3,4 | 3,2 | 2,66 | 0,16 | 17 |
| | CR | >20 | 3,6 | 3,6 | 1,20 | 0,06 | 20 |
| 1' Amphibolite | A | 10–21 | 4,2 | 3,9 | 1,19 | 0,08 | 15 |
| | Bbr | 21–40 | 4,9 | 4,1 | 0,54 | 0,06 | 9 |
| | CR | >40 | 4,9 | 4,1 | 0,13 | n.o. | n.o. |
| 2' Gabbro | A | 7–29 | 4,9 | 4,2 | 1,10 | 0,10 | 11 |
| | ABbr | 29–39 | 5,6 | 4,8 | 0,38 | 0,07 | 5 |
| | IIC1 | 39–52 | 5,8 | 4,8 | 0,19 | n.o. | n.o. |
| | IIC2 IIICR | 52–66 >66 | 6,0 5,9 | 5,1 5,2 | 0,11 0,10 | n.o. n.o. | n.o. n.o. |
| 3' Amphibolite | A | 9–23 | 4,8 | 4,0 | 0,53 | 0,06 | 9 |
| | Eet | 23–31 | 5,0 | 4,0 | 0,17 | n.o. | n.o. |
| | BtC | >31 | 4,8 | 4,0 | 0,12 | n.o. | n.o. |
| 4' Serpentynite | AC | 0–20 | 5,6 | 5,0 | 1,29 | 0,12 | 11 |
| | Bbr | 20–28 | 6,0 | 5,0 | 0,46 | 0,04 | 12 |
| | CR | >28 | 6,2 | 5,0 | 0,22 | n.o. | n.o. |

Among analysed forest soils, horizon C (profile 1) is characterized by the lowest total content of carbon, elevating to 0,70%, however among arable soils the lowest value represents horizon IIIICR (profile 2'), elevating to 0,10% of total carbon. Parent rocks horizons of analysed forest soils are characterized by significant carbon content exceeding 0,5%. According to Laskowski [1973] it is caused among others by the fact that plant roots running into hard rock, start to grow intensively, and form large concentration of organic matter on considerable depths of analysed soils. Rejecting high skeleton when preparing samples (even up to 50% of soil mass), let us differently understand that considerable amount of carbon in deeper horizons of mountain soils than in case of soils with low skeleton content.

Total nitrogen content in analyzed soils is proportional to organic matter content (Table 2). Determination of total nitrogen content hadn't been carried out with organic carbon content below 0,30%. In analysed soils total nitrogen content in accumulative horizons vary from 0,06% (profile 3') to 0,32% (profile 2), and retrospectively ratio C:N from 9 to 32 (Table 2). Highest values C:N, over 30, are present only in accumulative horizons of forest soils developed from gabbro and granite (profiles 2 and 3), which proves supremacy of organic matter accumulation process on its decomposition in these horizons. It is confirmed by results of other researchers [Bogda, 1981; Laskowski, 1973; Walendzik, 1994]. According to Drozd [1973] in all categories of utilization the deeper soil horizon is, the more C:N ratio narrows. It is particularly marked in profiles 1, 2 and 3. According to Stevenson [1959] it is caused by accumulation of stable ammonium nitrogen in subsoil and accumulation of organic compounds rich in nitrogen (mainly humic compounds), which are illuviated to deeper soil horizons with clay minerals.

CONCLUSIONS

1. Analyzed soils contained different content of organic carbon and total nitrogen, which was determined by category of their utilization.
2. Typical distribution of organic matter with maximum content in accumulative horizon, decreasing progressively with depth, was observed in analysed soils.
3. Forest soils compared to arable soils have higher content of organic matter and total nitrogen, which was determined by the kind of their utilization.

REFERENCE

- Bogda A.: 1981. Skład mineralny i niektóre właściwości gleb brunatnych wytworzonych z granitoidów sudeckich. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rozprawy 26: 1–58.
- Drozd J.: 1973. Związki próchnicze niektórych gleb na tle ich fizykochemicznych właściwości. Rocz. Glebozn. 24, 1: 1–55.
- Drozd J., Licznar S.E., Licznar M.: 1993. Formy próchnicy w pionowych strefach klimatyczno-glebowych Karkonoszy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 411: 149–156.

- Kawalko D.: 1998. Skład granulometryczny gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych na terenie Śląskiego Parku Krajobrazowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 464: 143–150.
- Kawalko D.: 2000. Skład i właściwości gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych na terenie Śląskiego Parku Krajobrazowego. Część 1. Właściwości fizyczne. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 396: 29–47.
- Kawalko D.: 2004. Skład i właściwości gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych na terenie Śląskiego Parku Krajobrazowego. Część 2. Charakterystyka frakcji koloidalnej. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 487: 1–26.
- Laskowski L.: 1973. Skład frakcyjny połączeń próchnicznych niektórych kategorii gleb górskich Sudetów. Roczn. Glebozn. 24, 1: 57–101.
- Sevenson F.J.: 1959. Carbon-nitrogen relationships in soil. Sci., 88, 201–208.
- Skłodowski P.: 1994. Wpływ użytkowania gleb na akumulację i jakość związków próchnicznych. Roczn. Glebozn. 45, 3/4: 77–83.
- Walczak W.: 1970. Obszar Przedśudecki. PAN, Wrocław.
- Walendzik R.J.: 1994. Charakterystyka degradacji gleb leśnych w Sudetach Zachodnich i próby ich rewitalizacji. Prace IBL, seria B, 21/1: 37–58.

**SKŁAD I WŁAŚCIWOŚCI GLEB WYTWORZONYCH Z RÓŻNYCH SKAŁ
MACIERZYSTYCH NA TERENIE ŚLĄSKIEGO
PARKU KRAJOBRAZOWEGO
CZĘŚĆ III. ZAWARTOŚĆ WĘGLA ORGANICZNEGO I AZOTU OGÓLNEGO**

S t r e s z c z e n i e

Praca dotyczy badań całkowitej zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego w glebach leśnych i użytkowanych rolniczo. Obiekty badań wytypowano kierując się rodzajem skały macierzystej i kategorią użytkowania gleby. Badania prowadzono na glebach wytworzonych z gabra, granitu, amfibolitu oraz serpentynitu. Ponadto gleby dobrane parami pod względem kategorii użytkowania wytworzone są z tej samej skały macierzystej. W pracy wykazano zróżnicowanie zawartości analizowanych parametrów. W analizowanych glebach zaobserwowano typowe rozmieszczenie substancji organicznej z maksymalną zawartością w poziomie akumulacyjnym. Gleby leśne w porównaniu z glebami użytkowanymi rolniczo charakteryzują się wyższą zawartością substancji organicznej i azotu ogólnego, na co wpłynął sposób użytkowania tych gleb.

SŁOWA KLUCZOWE: gleby górskie, substancja organiczna, azot ogólny, Śląza

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Kotecki – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Zdzisław Klukowski

**MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA NICIENI (*NEMATODA*)
JAKO INDYKATORÓW ZDROWOTNOŚCI GLEBY**
**POTENTIAL APPLICATION OF NEMATODS (*NEMATODA*)
AS INDICATORS OF SOIL HEALTH**

Katedra Ochrony Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Crop Protection, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

Artykuł stanowi przegląd problematyki dotyczącej poszukiwań organizmów glebowych spełniających wymagania indykatorów stanu środowiska, w jakim żyją. W ujęciu chronologicznym scharakteryzowano rozwój ważniejszych kierunków badań nad przydatnością nicieni jako bioindikatorów, a w szczególności kierunku tworzenia modeli indeksowych.

SŁOWA KLUCZOWE: nicienie glebowe, bioindykatory, zdrowotność gleby, wskaźniki dojrzałości

Organizmy glebowe odgrywają podstawową rolę w funkcjonowaniu większości ekosystemów lądowych. Ich funkcjonowanie w glebie pozostaje w ścisłym związku między innymi z dekompozycją detrytusu, wspomaganie retencji i uwalnianie wody, a w rezultacie także z produktywnością roślin. Dotąd powszechnie stosowany jest tradycyjny (sztuczny, lecz bardzo praktyczny) podział organizmów zamieszkujących glebę, w którym głównym kryterium jest ich wielkość. (tab. 1).

Przed organizmami pretendującymi do miana biotycznych indykatorów gleby stawiany jest cały szereg wymogów praktycznych. Powinny one bowiem:

- Dobrze odzwierciedlać bieżący stan procesów zachodzących w glebie dając możliwość obserwacji ich zmian w czasie. Indykator taki powinien również uwzględniać strukturalne i funkcjonalne zmiany procesów ekologicznych gleby wynikające ze sposobu jej praktycznego wykorzystania.
- Gatunek (grupa gatunków) rozpatrywany jako indykatory musi być też dobrze opracowany od strony taksonomicznej, nie stwarzając jednocześnie problemów z jej jednoznacznym oznaczaniem do wymaganego taksonu (pożądana niezbyt duża zmienność cech istotnych taksonomicznie) (kryterium jednoznaczności).

- ☑ Organizmy takie muszą też występować na tyle powszechnie w zdecydowanej większości rodzajów/typów gleb, aby mogły być zastosowane w badaniach monitoringowych na znacznych przestrzeniach (co najmniej w skali kraju) (kryterium powszechności).

Z praktycznej strony pożądane jest też, aby:

- ☑ Sposób pobierania prób oraz ich transport był prosty, a sposób ich opracowania stosunkowo niepracochłonny i tani (kryterium praktyczności).

Tabela 1

Table 1

Podział organizmów zamieszkujących glebę nieuprawną
Hierarchy of size and abundance of organisms inhabiting non cultivated soil
[wg Dindal, 1990; Lal, 1991]

| Grupa organizmów Class | Przykładowe taksony Taxon example(s) | Biomasa Biomass per taxon (g/m ²) | Długość Length (mm) | Populacje Populations per taxon (m ²) |
|---------------------------|---|--|---------------------------|--|
| Mikroflora | Bakterie, Grzyby, Algi ect. | 1 – 100 | < 0,01 | 10 ⁶ – 10 ¹² |
| Mikrofauna | Pierwotniaki | 1,5 – 6,0 | 0,005 – 0,2 | 10 ⁶ – 10 ¹² |
| Mezofauna | Nicienie, drobne stawonogi, roztocza | 0,01 – 10 | 0,2 – 10 | 10 ² – 10 ⁷ |
| Makrofauna | Większe owady | 0,1 – 2,5 | 10 – 20 | 10 ² – 10 ⁷ |
| Megafauna | Skąposzczety | 10 – 40 | > 20 | 0 – 10 ³ |

W poszukiwaniu organizmów indykacyjnych stanu zdrowotności gleby należy uwzględnić przede wszystkim uwarunkowania poszczególnych grup fauny wynikające z ich biologii.

Zaburzenia swego siedliska bardzo dobrze odzwierciedlają organizmy mikrofauny glebowej. Są one wrażliwe na skażenia metalami ciężkimi [Nannipieri i wsp., 1990] czy pestycydami [Sims, 1990; Visser i Parkinson, 1992], niestety posiadają też szereg cech niepożądanych. Ich aktywność może podlegać fluktuacjom w rytmie dobowym, co wymagałoby pobierania prób na znacznym obszarze o zbliżonej jednakowej porze dnia. Posiadają też stosunkowo krótki cykl życiowy (godziny, dni), mogą więc tworzyć niewłaściwy obraz zdrowotności gleby reagując nieadekwatnie do powstających krótkotrwałych zaburzeń jej stanu. Również jednoznaczne określenie/oznaczenie niektórych gatunków bakterii czy grzybów nie jest proste bez odwołania się do ich profilu biochemicznego. Zwiększając pracochłonność i koszt przeprowadzenia wymaganych wyszczepeń czy hodowli. Dotyczy to szczególnie taksonów wolno żyjących [Neher, 2001].

Znacznie lepiej wymagania stawiane indykatorom spełnia mezofauna glebowa. Mezofauna glebowa znajduje się też jeden lub dwa poziomy wyżej w łańcuchu pokarmowym; stanowiąc swojego rodzaju integrator wszystkich fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości, jakie się wytworzyły w ściśle określonym siedlisku; pełniej charakteryzując stan siedliska glebowego. Nie bez znaczenia jest także znacznie dłuższy czas trwania jednego pokolenia (dni, lata). W tym przypadku byłyby one bardziej stabilnym wskaźnikiem w skali czasu. Najmniej podatne na czynniki powodujące krótko-

trwale fluktuacje składników pokarmowych zawartych w glebie przedstawiciele mezo-fauny to:

- nicienie [Bongers, 1990],
- roztocza [Atchias-Binche, 1989; Ruf, 1998], oraz
- skoczogonki [Frampton, 1997].

To właśnie tym trzem grupom poświęcono najwięcej uwagi w poszukiwaniu bioindykatorów glebowych.

Bezsporne zalety spośród nich posiadają nicienie, gdzie wśród zespołu gatunków wolno żyjących i fitopatogenicznych spodziewano się odnaleźć grupy najlepiej spełniające założenia indykacyjne [Gupta i Yeates, 1997]. Jednym z najistotniejszych powodów podjęcia poszukiwań w tych grupach był w miarę dobry stan wiedzy taksonomicznej *Nematoda* przy jednoczesnym rozeznaniu roli, jaką pełnią poszczególne gatunki w łańcuchu troficznym. Wykorzystano tu bowiem wcześniejszy podział nicieni na pięć grup troficznych (bakteriofagi, drapieżce, fitofagi, mikofagi oraz polifagi) zaproponowany przez Yeates'a [1993].

Jednak już wcześniejsze badania Wasilewskiej [1979] wykazały duże możliwości wykorzystania nicieni, ponieważ ich różnorodne wymagania pokarmowe decydują o ich liczebności w różnych siedliskach glebowych (tab. 2).

Tabela 2

Table 2

Występowanie nicieni z różnych grup troficznych w wybranych siedliskach glebowych Polski według Wasilewskiej [1979] (średnio w %)

Abundance of nematode genera per trophic group of nematodes in soils of Poland (percent of mean abundance)

| Grupa troficzna Trophic Group | Uprawa jednoroczna Annual crop (żyto, ziemniaki) | Uprawa wieloletnia Perennial crop (koniczyna) | Łąka Grassland | Las Forest |
|---|--|---|-------------------|---------------|
| Bakteriofagi | 9 – 15 (41) | 15–16 | 8–18 (29) | 11–18(39) |
| Mykofagi | 2 – 4 (16) | 4 | 1–4(6) | 2–5 (21) |
| Uszkodzające korzenie | 6 – 11 (37) | 11 | 9–14(38) | 7–11(23) |
| Polifagi/Drapieżcy | 2–7 (6) | 11–14 | 7–17(27) | 2–8(18) |
| Index Shanonna | 3,1–4,2 | – | 3,9–4,9 | 3,2–4,3 |
| Liczba gatunków | 33–34 | 87–100 | 74 | 344–68 |
| Średnia liczba nicieni ($10^6 \times m^2$) | 3,5–5,0 | – | 2,3–3,3 | 2,3–3,7 |

Wymieniane są trzy podstawowe powody, dla których nicienie uważane są za jedną z najbardziej obiecujących grup pozwalających skonstruować wskaźnik bioindykacyjny.

- Posiadają przepuszczalną kutikulę umożliwiającą osobnikom reagować zwrotnie na skażenia siedliska proporcjonalnie do możliwości odtworzeniowych ekosystemu glebowego [Wasilewska, 1979, 1989];
- Posiadają w swym cyklu rozwojowym mechanizmy pozwalające przetrwać niesprzyjające dla siebie warunki (np. cysta, kryptobioza). I choć występują grupy nicieni nie posiadające stadiów odpornych, to rozpatrywane w kontek-

ście pozostałych grup *Nematoda* są one bardziej wrażliwe na zmiany siedliskowe [Bonger, 1999];

- ☑ Posiadają również możliwość produkcji protein chroniących ich ciało przed stresogennymi czynnikami fizycznymi lub/i chemicznymi (gorąco, toksyny organiczne etc.). Proteiny te mogą prawdopodobnie służyć jako biomarkery oceny toksykologicznego stanu gleby [Kammenga i wsp., 1998, 2000].

Oczywiście można pokusić się o wytypowanie jednego gatunku mezofauny (glebowej) powszechnie w glebie występującego, zwłaszcza jeżeli posiada znaczenie gospodarcze i jest w związku z tym monitorowany (np. zasiedlający rośliny uprawne). Pamiętać jednak należy o tym, że jest mało realne, aby pojedynczy gatunek zasiedlał wszystkie typy gleb we wszystkich strefach klimatycznych [Neher, 2001]. Zatem kryterium powszechności zostanie spełnione w ograniczonym zakresie. Dlatego też zmiany w siedlisku glebowym oparto nie na zmianach ilościowych bądź jakościowych jednego gatunku; lecz na zmianach wzajemnych relacji poszczególnych grup nicieni względem siebie. Zatem potencjalny indeks mający charakteryzować stan zdrowotności gleby uwzględnia status ilościowy i jakościowy wielu taksonów wrażliwych na określone bodźce zewnętrzne.

Pierwszą grupą indeksów mających charakteryzować stan zdrowotności gleby była grupa indeksów bioróżnorodności. Stosowano więc indeksy: Shannon-Weaver (H'), Simpsona (λ), bogactwa gatunkowego (S), zrównoważenia pomiędzy taksonami (E) etc. Nieco później także inne powszechnie znane i szeroko stosowane w ekologii wskaźniki: Jaccarda, Sørensen i McArtura.

Najlepszym rozwiązaniem dla danych o dużym współczynniku skośności okazała się analiza danych obciętych (Jackknife analysis) [Potvin i Rolff, 1993]. Ten typ analizy sprawdza się w wielu sytuacjach nienormalnego rozkładu danych i trudno jest uznać go za specyficzny dla nicieni. Nieco bardziej specyficzną takiej grupy organizmów uwzględnia grupa wskaźników Hillsa (N_0 , N_1 , N_2), są one jednak prostymi transformacjami indeksów Shannona (H') oraz Simpsona (λ) [Ludwig i Reynolds, 1988].

Pierwszym specyficznym ujęciem relacji między taksonami *Nematoda* był indeks dojrzałości sukcesyjnej gleby (MI) opracowany przez Bongersa [1990].

W pierwotnym zamyśle autora indeks ten należało obliczać oddzielnie dla taksonów wolno żyjących (MI) oraz fitofagicznych (PP). Kluczowym elementem indeksu Bongersa jest wyliczane (zawarte w formule indeksu) wyrażenie CP, które może przyjmować wartości od 1 do 5.

Wyrażenie to funkcjonuje jako swoista skala, gdzie $CP = 1$ opisuje taksony od dużej agresywności kolonizacyjnej, o krótkim czasie rozwoju jednego pokolenia z wysoką płodnością i dużą zmiennością wewnątrzpopulacyjną. Natomiast taksonom charakteryzujące się odmienną, osiadłą strategią życiową; o niskiej agresywności kolonizacyjnej, znacznie niższej płodności, przypisywana jest wartość $CP=5$. Takie rodzaje nicieni pojawiają się dość późno w nowych siedliskach [Bongers i Bongers, 1998; Bongers i Ferris, 1999]. Nieco później Yeates [1994] oraz Popovici [1992] zaproponowali dwie inne modyfikacje indeksu MI. Łącznie używanych jest 5 indeksów tej grupy (tab. 3).

Plonem badań lat 90. było wykazanie reakcji nicieni na bodźce zewnętrzne przy zastosowaniu kilku wskaźników MI. Jednocześnie badano ich przydatność w ekotoksykologii gleb (tab. 4).

Tabela 3
Table 3Modyfikacje Indeksów dojrzałości sukcesyjnej gleby według Neher [2001]
Modifications of various successional soil Maturity Indices

| Indeks Index | Grupa troficzna Trophic Group | CP | Piśmiennictwo Citation(s) |
|-----------------|----------------------------------|-----|--|
| MI | FL | 1–5 | Bongers, 1990 |
| MI25 | FL | 2–5 | Bongers i wsp. 1995; Neher i Campbell, 1994; Popovici, 1992 |
| PPI | PP | 2–5 | Bongers 1990 |
| Σ MI | FL + PP | 1–5 | Yeates 1994 |
| Σ MI25 | FL + PP | 2–5 | Neher i Campbell 1996 |

FL = wolno żyjące, PP = pasożyty roślin.

Tabela 4
Table 4Kierunki reakcji *Nematoda* na bodźce zewnętrzne badanych przy zastosowaniu wskaźników MI*
Direction of *Nematodes* response to various kinds of disturbance analyzed by application
Maturity Indices

| Czynnik zaburzający równowagę biologiczną Disturbance Factor | Reakcja wskaźnika Index Response | Piśmiennictwo Citation(s) |
|--|---|---|
| Uprawa mechaniczna Cultivation | ↑ lub ↓ PPI, ↓ MI, ↓ Σ MI, ↓ Σ MI25 | Freckman i Ettema, 1993; Yeates, 1994; Yeates i van der Meulen, 1996 |
| Azot organiczny: obornik lub gnojowica Organic nitrogen: manure or urea | ↑ PPI, ↑ MI | Ferris i in., 1996; Neher, 1999; Neher I Olson, 1999 |
| Nawóz mineralny: azotan lub amon Mineral fertilizer: nitrate or ammonium | ↑ PPI, ↓ MI, ↓ Σ MI25 | Neher, 1999 |
| Wapnowanie – Liming | ↓ MI | de Goede i Dekker, 1993 |
| Fumiganty (np. bromek metylu) Fumigants (methyl bromidae) | ↓ MI, ↓ Σ MI, ↓ PPI | Ettema i Bongers, 1993; Yeates i van der Meulen, 1996 |
| Herbicydy i/lub insektycydy Herbicides and/or insecticides | ↓ MI25 | Neher I Olson, 1999 |
| Zmiana uprawy jednorocznej na wieloletnią Replacment of annual crops by perenial crops | ↑ PPI, ↑ MI, ↑ Σ MI | Freckman i Ettema, 1993; Neher i Campbell, 1994; Yeates, 1994 |
| Wiek łąki (wzrost czasu) Increasing age of meadows | ↑ MI | Wasilewska, 1994 |
| Zamiana monokultury traw na uprawę mieszanki paszowej (rośliny jedno- i dwuliścienne) Conversion of grass monoculture to mixed culture | ↑ MI, | Wasilewska, 1995b |
| Drenaż gleby – Soil drainage | ↓ MI, ↓ Σ MI25 | Wasilewska, 1995a |
| Metale ciężkie Heavy metals | ↓ MI, ↓ MI25, ↓ Σ MI, ↓ Σ MI25 | Korthals i wsp., 1996a, 1996ba, 1998b; Nagy, 1999c; Yeates, 1994 |
| Policykliczne węglowodory aromatyczne Polycyclic aromatic hydrocarbons | ↓ Σ MI | Blakely, 1999 |
| Benzopireny – Benzo[a]pyrene | ↑ Σ MI25 | Blakely, 1999 |

a – Cu, Zn, Ni

c – Cr, Cd

b – Cu, Zn

d – Cu, Cr, Ar

* na stronie internetowej Laboratorium Nematologii Uniwersytetu w Wageningen prowadzona jest na bieżąco lista publikacji autorów, którzy zastosowali w swych badaniach wskaźnik MI.

Równolegle podejmowane były dalsze badania nad opracowaniem takiej formuły indeksu, aby mogła ona pełniej uwzględniać poznaną już reakcję typowych grup nicieni na stresotwórcze czynniki chemiczne i fizyczne. Ze względu na powiązania troficzne poszczególnych rodzajów nicieni reakcje te miały charakter bezpośredni bądź pośredni. Reakcję taką należy rozumieć jako wzrost lub spadek liczebności osobników na skutek wystąpienia bodźca zewnętrznego. Ogólne zestawienie reakcji na te bodźce przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Table 5

Rodzaje Nematoda wrażliwe (S) i niewrażliwe (I) na fizyczne i/lub chemiczne bodźce zewnętrzne [wg Fiskus i Neher, 2002]

Nematodes genera sensitive (S) and not-sensitive to physical and/or chemical disturbances either directly or indirectly

| Rodzaj Specieman | Fizyczne Physical | | Chemiczne Chemical | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | bezpośrednia directly | pośrednia indirectly | bezpośrednia directly | pośrednia indirectly |
| <i>Achromadora</i> | I | S | | |
| <i>Acrobeles</i> | | I | | I |
| <i>Acrobelloides</i> | | I | | |
| <i>Alaimus</i> | | | S | S |
| <i>Anatonchus</i> | I | I | | |
| <i>Aphelenchoides</i> | S | S | | I |
| <i>Aporcelaimus</i> | | | | I |
| <i>Cephalobus</i> | I | S | I | |
| <i>Chiloplacus</i> | I | I | | |
| <i>Clarkus</i> | I | I | | I |
| <i>Cylindrolaimus</i> | | | S | |
| <i>Diphtherophora</i> | | | I | |
| <i>Discolaimus</i> | S | S | S | S |
| <i>Enchodelus</i> | | | | I |
| <i>Eucephalobus</i> | S | S | I | I |
| <i>Eudorylaimus</i> | S | S | | S |
| <i>Eumonhystera</i> | | S | | S |
| <i>Heterocephalobus</i> | S | S | | |
| <i>Mesorhabditis</i> | | | S | |
| <i>Monhystera</i> | | S | I | |
| <i>Mylonchulus</i> | I | I | I | |
| <i>Panagrolaimus</i> | | S | | I |
| <i>Plectus</i> | I | I | I | |
| <i>Prismatolaimus</i> | I | S | S | |
| <i>Tylencholaimellus</i> | I | I | | I |
| <i>Wilsonema</i> | S | S | | |

Równoległe do nurtu badawczego zajmującego się udoskonalaniem wskaźników MI oraz ich testowaniem w praktyce podjęto inne prace nad wykorzystaniem struktury gatunkowej nicieni do oceny stanu zdrowotności gleby. Przyjęto założenie, że indeksy podobieństwa porównujące skład nicieni w próbie są bardziej przydatne od indeksów opisujących ich bioróżnorodność. Uwzględniają one bowiem występowanie tych samych taksonów w próbach, a nie tylko ich liczbę.

Dla potrzeb siedliska glebowego dokonano adaptacji wskaźnika integralności biotycznej (Index of Biotic Integrity – IBI) [Karr i wsp., 1986; Fiskus, 1997] oraz wskaźnika cenotycznego (Weighted Coenotic Index – WCI) [Wodarz i wsp., 1992]. Wskaźnik IBI został pierwotnie skonstruowany dla potrzeb badania fauny morskiej, a następnie stosowany także w innych ekosystemach naturalnych. Podobnie i w drugim przypadku wskaźnik WCI był wcześniej stosowany w badaniach z zakresu protozoologii. Mezo-faunę glebową oszacowano po raz pierwszy przy użyciu tego wskaźnika pięć lat później [Yeates i wsp., 1997].

Zdaniem autora wspomniane już założenie o większej przydatności indeksów podobieństwa od indeksów bioróżnorodności, choć trafne, obarczone jest także szeregiem niedogodności, o których trudno nie wspomnieć. Przede wszystkim są one znacznie trudniejsze do interpretacji w sensie biologicznym. Stąd też wskazane jest odniesienie uzyskanych wartości indeksowych do porównywalnych z doświadczeniem i w pełni wykształconych kontrolnych siedlisk naturalnych. Fakt ten pośrednio ogranicza możliwości wykorzystania tych wskaźników w studiach nad siedliskami zaburzonymi (czynnikami fizycznymi lub chemicznymi).

Podsumowując należy stwierdzić, że wykorzystanie nicieni jako bioindykatorów zdrowotności gleby jest w pełni uzasadnione i funkcjonalne. Nicienie bowiem pełnią centralną rolę w sieci troficznej gleby, a każda z pięciu grup troficznych pozostaje w ścisłej korelacji z wieloma istotnymi procesami, jakie zachodzą w glebie (dekompozycja materii, wzrost roślin itp.)

PIŚMIENNICTWO

- Athias-Binche F.: 1989. General Ecological Principles, which are illustrated by Population Studies of Uropodid Mites. *Adv. Ecol. Res.*, 19, 303–344.
- Blakely J. K.: 1999. Effect of creosote on microinvertebrate communities, and decomposition rates at an abandoned wood-preserving plant in Toledo, OH. M.S. thesis, University of Toledo, Toledo, OH.
- Bongers T.: 1990. The maturity index: An ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83: 14–19.
- Bongers T., Bongers M.: 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10: 239–251.
- Bongers, T., de Goede R.G.M., Korthals G.W., Yeates G.W.: 1995. Proposed changes of c-p classification for nematodes. *Rus. J. Nematology*, 3: 61–62.
- Bongers T., Ferris H.: 1999. Nematode community structure as a biomonitor in environmental monitoring. *Trends Ecol. Evol.*, 14: 224–228.
- de Goede R.G.M., Dekker H.H.: 1993. Effects of liming and fertilization on nematode communities in coniferous forest soils. *Pedobiologia*, 37: 193–209.

- Dindal D.L.: 1990. Soil Biology Guide. John Wiley, New York, NY, s. 1349.
- Ferris H., Venette R.C., Lau S.S., 1996: Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility. *Applied Soil Ecology* 3:161–175.
- Fiscus D.A.: 1997. Development and evaluation of an indicator of soil health based on nematode communities. M.S. thesis, North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Fiscus D.A.: Neher D.A., 2002. Distinguishing nematode genera based on relative sensitivity to physical and chemical disturbances. *Ecological Applications*, 12(2): 565–575.
- Frampton G.K.: 1997. The potential of *Collembola* as indicators of pesticide usage: Evidence and methods from the UK arable ecosystem. *Pedobiologia*, 41: 179–184.
- Freckman D.W., Ettema C.H.: 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 45: 239–261.
- Gupta V.V.S.R., Yeates G.W.: 1997. Soil microfauna as bio-indicators of soil health. Pp. 201–233 W: C. Pankhurst, B.M. Doube, and V.V.S.R. Gupta, eds. *Biological indicators of soil health*. New York, NY: CAB International.
- Kammenga J.E., Arts M.S.J., Oude-Breuil W.J.M.: 1998. HSP60 as a potential biomarker of toxic stress in the nematode *Plectus acuminatus*. *Arch. Environ. Contamin. Toxicol.*, 34: 253–258.
- Kammenga J.E., Dallinger R., Donker M.H., Kohler H.R, Simonsen V., Triebkorn R., Weeks J.M.: 2000. Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessment. *Rev. Environ. Contamin. Toxicol.*, 164: 93–147.
- Karr, J.R., Fausch K.D., Angermeier P.L., Yant P.R., Schlosser I.J. : 1986. Assessing biological integrity in running waters: A methods and its rationale. Special Publication 5. Urbana, IL: Illinois Natural History Survey.
- Korthals G.W., Alexiev A.D., Lexmond T.M., Kammenga J.E., Bongers T.: 1996a. Long-term effects of copper and pH on the nematode community in an agroecosystem. *Environ. Toxicol. Chem.*, 15: 979–985;
- Korthals G.W., Popovici I., Iliev I., Lexmond T.M.: 1998. Influence of perennial ryegrass on a copper and zinc affected terrestrial nematode community. *Appl. Soil Ecol.*, 10: 73–85.
- Korthals G.W., van der Ende A., van Megen H., Lexmond T.M., Kammenga J.E., Bongers T., 1996b. Short-term effects of cadmium, copper, nickel, and zinc on soil nematodes from different feeding and life-history strategy groups. *Appl. Soil Ecol.*, 4:107– 117.
- Lal R.: 1991. Soil conservation and biodiversity [W:] Hawksworth DL (ed) *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*, CAB International, London, UK, 89–104.
- Ludwig J.A., Reynolds J.F.: 1988. *Statistical ecology: A primer on methods and computing*. New York, NY: John Wiley.
- Nagy P., 1999. Effect of an artificial metal pollution on nematode assemblage of a calcareous loamy chernozem soil. *Plant and Soil* 212: 35–43.
- Nannipieri P., Grego S., Ceccanti B.: 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. W; J-M. Bollag and G. Stotzky, eds. *Soil Biochemistry*, vol. 6. Marcel Dekker, New York, NY, 293–355.
- Neher D.A.: 1999. Nematode communities in organically and conventionally managed agricultural soils. *J. Nematol.*, 31: 142–154;
- Neher D.A., 2001: Role of Nematodes in Soil Health and their use as Indicators. *J. Nematol.*, 33(4): 161-168.
- Neher D.A., Campbell C.L.: 1994. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology* 1: 17–28.
- Neher D.A., Olson R.K., 1999: Nematode communities in soils of four farming cropping management systems. *Pedobiologia*, 43: 430–438.

- Popovici, I.: 1992. Nematodes as indicators of ecosystem disturbance due to pollution. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai. Biologia* 37: 15–27.
- Potvin C.: Roff D.A., 1993. Distribution-free and robust statistical methods: Viable alternatives to parametric statistics? *Ecology*, 74: 1617–1628.
- Ruf A.: 1998. A Maturity Index for predatory soil mites (Mesostigmata:Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. *Appl. Soil Ecol.*, 9: 447–452;
- Sims G.K.: 1990. Biological degradation of soil. *Adv. Soil Sci.*, 11: 289–330.
- Visser S., Parkinson D., 1992: Soil biological criteria as indicators of soil quality: Soil microorganisms. *Am. J. Alt. Agric.*, 7: 3–37.
- Wasilewska L.: 1979. The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses. *Pol. Ecol. Stud.*, 5: 97–145.
- Wasilewska L.: 1989. Impact of human activities on nematodes. W; C. Clarholm and L. Bergström, eds. *Ecology of arable land*. Kluwer Academic. Dordrecht, The Netherlands Pp. 123–132.
- Wasilewska L.: 1994. The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. *Pedobiologia* 38: 1–11.
- Wasilewska L.: 1995a. Maturity and diversity of nematodes vs. long-term succession after stress. *Nematologica*, 41: 353.
- Wasilewska L.: 1995b. Differences in development of soil nematode communities in single- and multi-species grass experimental treatments. *Appl. Soil Ecol.*, 2: 53–64.
- Wodarz D., Aesch E., Foissner W.: 1992. A weighted Coenotic Index (WCI): Description and application to soil animal assemblages. *Biol. Fert. Soils*, 14: 5–13.
- Yeates G.W.: 1994. Modification and qualification of the nematode Maturity Index. *Pedobiologia*, 38: 97–101.
- Yeates G.W., Bardgett R.D., Cook R., Hobbs P.J., Bowling P.J., Potter J.F.: 1997. Faunal and microbial diversity in three Welsh grassland soils under conventional and organic management regimes. *J. Appl. Ecology*, 34: 453–470.
- Yeates G.W., Bongers T., de Goede R.G.M., Freckman D.W., Georgieva S.S.: 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *J. Nematology*, 25: 315–331.
- Yeates G.W., van der Meulen H.: 1996. Recolonization of methyl-bromide sterilized soils by plant and soil nematodes over 52 months. *Biol. Fert. Soils*, 21: 1–6.

POTENTIAL APPLICATION OF NEMATODS (*NEMATODA*) AS INDICATORS OF SOIL HEALTH

S u m m a r y

The article review of issues concerning searches of soil organisms fulfilling the indicators requirement for the environment status description which they are living. A development of more important directions of the research on the Nematods usefulness as bioindicators was chronologically characterized with focus on index models

KEY WORDS: soil nematodes , bioindicators, soil health, maturity indices

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Nowak – Akademia Rolnicza w Szczecinie

Anna Koszelnik-Leszek¹, Zofia Spiak²

ZAWARTOŚĆ MAKROSKŁADNIKÓW W ROŚLINACH
DOŚWIADCZALNYCH W ZALEŻNOŚCI OD POZIOMU NIKLU
W GLEBIE

CONTENT OF MACRONUTRIENTS IN EXPERIMENT PLANTS
IN RELATION TO A NICKEL LEVEL IN SOIL

¹ *Katedra Botaniki i Ekologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Botany and Plant Ecology, Wrocław University of Environmental
and Life Sciences*

² *Katedra Żywienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Plant Nutrition, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Celem prezentowanej pracy było określenie wpływu wzrastających dawek niklu na zawartość makroskładników w pszenicy jarej (4 odmiany), jęczmieniu jarym (5 odmian) i gorzycy białej (5 odmian).

Doświadczenie wegetacyjne prowadzono w warunkach hali wegetacyjnej. Nikiel zastosowano w formie siarczanu w ilościach 0, 30, 60, 90, 120 mg·kg⁻¹. Pszenicę jarą zebrano w fazie kłoszenia, jęczmień jary w fazie pełnej dojrzałości, a gorzycę białą w fazie kwitnienia. Stosowanie wzrastających dawek nie wpłynęło na zmianę zawartości makroskładników w częściach nadziemnych roślin doświadczalnych, chociaż przy zastosowaniu wyższych dawek niklu (90 i 120 mg) stwierdzono pewną tendencję wzrostu stężenia N, P, K i Mg w roślinach.

SŁOWA KLUCZOWE: pszenica jara, jęczmień jary, gorzycza biała, nikiel, makroskładniki, skład chemiczny

WSTĘP

Stężenie pierwiastków w roztworze glebowym i ich wzajemne proporcje ilościowe są czynnikami regulującymi przyswajalność składników mineralnych przez roślinę. Wzrastająca zawartość niklu w glebie niewątpliwie wpływa na zwiększone pobieranie przez roślinę tego kationu, ale również i na proces pobierania, transportu i asymilacji

makroskładników [Mishra, Kar, 1974; Szymańska, Matraszek, 1996; Jasiewicz, Antonkiewicz, 2000].

Celem badań było określenie, czy wzrastające dawki niklu wpłyną na zawartość makroskładników w wybranych roślinach doświadczalnych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono w hali vegetacyjnej w wazonach typu Wagnera o pojemności 15 kg gleby. Podłoże stanowiła gleba płowa wytworzona z piasku gliniastego o odczynie lekko kwaśnym (pH w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ wynosiła 6,3) o wysokiej zawartości przyswajalnego fosforu (P-174 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) i potasu (K-206 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz średniej zawartości dostępnego magnezu (Mg-65 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Koncentracja niklu w glebie doświadczalnej wynosiła: formy całkowite 9,8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, formy rozpuszczalne w $1 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ – 1,9 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nikiel dodano do podłoża jako $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ w postaci roztworu w ilościach 0, 30, 60, 90, 120 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby. Wszystkie obiekty założono w 4 powtórzeniach. W tak przygotowane podłoże wysiano pszenicę jara (4 odmiany: Eta, Hera, Ismena, Jasna), jęczmień jary (5 odmian: Boss, Orlik, Brenda, Krona, Rudzik) i jako poplon po jęczmieniu jarym gorczycę białą (5 odmian: Borowska, Nakielska, Salvo, Metex i Ascot). Glebę nawieziono azotem w ilości 1,0 $\text{g} \cdot \text{wazon}^{-1}$ jako NH_4NO_3 w postaci roztworu. Dawka azotu została podzielona: 0,5 $\text{g} \cdot \text{wazon}^{-1}$ zastosowano przedsięwzięcie i 0,5 $\text{g} \cdot \text{wazon}^{-1}$ pogłównie. Zbiór części nadziemnych pszenicy jarej dokonano w fazie kłoszenia, jęczmienia jarego w fazie pełnej dojrzałości, a gorczycy białej w fazie kwitnienia. W okresie vegetacji roślin, gleby utrzymywano w stałej wilgotności wynoszącej 60% maksymalnej pojemności wodnej. Po wysuszeniu i określeniu wysokości plonów, próbki roślinne zmielono i zabezpieczono do dalszych analiz. W celu oznaczenia makroskładników materiał roślinny mineralizowano na mokro, a w roztworze oznaczono:

- azot ogólny metodą destylacyjną na aparacie Parnasa- Wagnera,
- fosfor metodą kolorymetryczną,
- potas metodą fotometrii płomieniowej,
- magnez metodą spektrometrii atomowo-absorpcyjnej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość makroskładników w roślinach doświadczalnych

Pszenica jara

Dane dotyczące zawartości makroskładników w pszenicy jarej, zebranej w fazie kłoszenia, zawarte w tabeli 1 świadczą o wyrównanej koncentracji azotu na obiektach

zerowych wszystkich odmian. W miarę wzrostu dawki niklu stężenie tego makroskładnika było zróżnicowane i zależało od odmiany.

Tabela 1
Table 1

Zawartość makroskładników w pszenicy jarej w fazie kłoszenia [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m.]
The content of macroelements in spring wheat in ear [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}\text{DM}$]

| Odmiana Varieties | Dawka Ni ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby Dose of Ni ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ soil) | N | P | K | Mg |
|----------------------|--|------|-----|------|-----|
| Eta | 0 | 27,0 | 3,7 | 27,0 | 2,6 |
| | 30 | 27,0 | 3,8 | 27,0 | 2,7 |
| | 60 | 23,0 | 3,7 | 23,0 | 2,5 |
| | 90 | 27,0 | 4,1 | 29,0 | 2,8 |
| | 120 | 36,0 | 4,7 | 37,0 | 3,3 |
| | średnia mean | 28,0 | 4,0 | 28,6 | 2,8 |
| Hera | 0 | 24,0 | 3,5 | 22,0 | 2,4 |
| | 30 | 25,0 | 2,8 | 24,0 | 2,6 |
| | 60 | 22,0 | 3,5 | 22,0 | 2,2 |
| | 90 | 31,0 | 2,2 | 32,0 | 2,9 |
| | 120 | 39,0 | 4,8 | 41,0 | 3,1 |
| | średnia mean | 28,2 | 3,4 | 28,2 | 2,6 |
| Ismena | 0 | 26,0 | 3,3 | 23,0 | 2,3 |
| | 30 | 28,0 | 3,3 | 27,0 | 2,5 |
| | 60 | 29,0 | 3,3 | 23,0 | 2,2 |
| | 90 | 22,0 | 3,7 | 30,0 | 2,4 |
| | 120 | 26,0 | 3,7 | 28,0 | 2,4 |
| | średnia mean | 26,2 | 3,5 | 26,2 | 2,4 |
| Jasna | 0 | 26,0 | 3,6 | 21,0 | 2,4 |
| | 30 | 24,0 | 3,6 | 23,0 | 2,3 |
| | 60 | 25,0 | 3,6 | 21,0 | 2,4 |
| | 90 | 25,0 | 6,7 | 23,0 | 2,4 |
| | 120 | 33,0 | 4,5 | 30,0 | 2,8 |
| | średnia mean | 26,6 | 4,4 | 23,6 | 2,5 |

Zawartość fosforu w pszenicy na obiektach kontrolnych nie wykazywała większych różnic, natomiast w miarę zwiększania się dawki niklu stwierdzono niewielką tendencję wzrostu tego składnika w roślinie doświadczalnej.

Stężenie potasu na obiektach zerowych było zróżnicowane i zależało od odmiany. Koncentracja tego pierwiastka w pszenicy wyraźnie rosła dopiero przy wysokich dawkach wynoszących 90 i 120 mg niklu. Zawartość magnezu w roślinach z obiektów kontrolnych była wyrównana, natomiast w miarę wzrostu dawki niklu stężenia tego pierwiastka były zróżnicowane i zależały od odmiany.

Jęczmień jary

Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, że nagromadzenie makroskładników w słomie i ziarnie jęczmienia jarego było różne. Zawartość azotu stwierdzona we wszystkich odmianach jęczmienia jarego była dość wyrównana na obiektach kontrolnych. W miarę wzrostu stosowanych dawek niklu wzrastała także koncentracja tego pierwiastka w ziarnie i słomie jęczmienia (tab. 2).

Tabela 2

Table 2

Zawartość makroskładników w słomie i ziarnie jęczmienia jarego [g·kg⁻¹ s.m.]

The content of macroelements in straw and grain spring barley [g·kg⁻¹ DM]

| Odmiana Varieties | Dawka Ni Dose of Ni | Słoma – Straw | | | | Ziarno – Grain | | | |
|----------------------|------------------------|---------------|-----|------|-----|----------------|-----|-----|-----|
| | | N | P | K | Mg | N | P | K | Mg |
| Boss | 0 | 4,1 | 1,1 | 25,0 | 1,6 | 9,5 | 3,9 | 4,4 | 1,2 |
| | 30 | 4,5 | 1,2 | 28,0 | 1,6 | 10,1 | 3,8 | 4,4 | 1,3 |
| | 60 | 5,2 | 1,2 | 28,0 | 2,1 | 11,8 | 3,8 | 4,4 | 1,3 |
| | 90 | 5,1 | 1,0 | 29,0 | 2,1 | 10,1 | 3,6 | 4,4 | 1,3 |
| | 120 | 4,5 | 0,8 | 27,0 | 2,1 | 10,8 | 3,5 | 4,1 | 1,2 |
| | średnia mean | 4,6 | 1,1 | 27,4 | 1,9 | 10,5 | 3,7 | 4,3 | 1,3 |
| Orlik | 0 | 5,0 | 1,1 | 26,0 | 1,9 | 9,8 | 3,6 | 4,1 | 1,2 |
| | 30 | 6,3 | 1,3 | 29,0 | 2,0 | 11,2 | 3,8 | 5,0 | 1,3 |
| | 60 | 8,7 | 1,9 | 31,0 | 2,2 | 14,8 | 4,3 | 6,0 | 1,4 |
| | 90 | 10,8 | 2,5 | 33,0 | 2,6 | 15,7 | 4,3 | 6,2 | 1,5 |
| | 120 | 10,6 | 3,4 | 31,0 | 2,6 | 14,3 | 3,7 | 5,2 | 1,4 |
| | średnia mean | 8,3 | 2,0 | 30,0 | 2,3 | 13,2 | 3,9 | 5,3 | 1,4 |
| Brenda | 0 | 3,1 | 0,5 | 22,0 | 1,8 | 0,90 | 3,4 | 3,4 | 1,2 |
| | 30 | 3,1 | 0,6 | 22,0 | 1,7 | 0,90 | 3,0 | 3,6 | 1,2 |
| | 60 | 3,7 | 0,6 | 23,0 | 1,9 | 1,02 | 3,6 | 3,8 | 1,2 |
| | 90 | 3,8 | 0,5 | 24,0 | 1,8 | 1,01 | 3,4 | 4,4 | 1,2 |
| | 120 | 3,9 | 0,4 | 22,0 | 2,0 | 1,20 | 3,4 | 3,4 | 1,2 |
| | średnia mean | 0,35 | 0,5 | 22,6 | 1,8 | 1,00 | 3,4 | 3,7 | 1,2 |
| Krona | 0 | 3,0 | 0,5 | 22,0 | 1,5 | 0,85 | 3,0 | 3,8 | 1,3 |
| | 30 | 3,2 | 0,6 | 23,0 | 1,5 | 0,88 | 3,4 | 3,8 | 1,2 |
| | 60 | 3,7 | 0,7 | 25,0 | 1,6 | 1,02 | 3,5 | 3,6 | 1,2 |
| | 90 | 3,9 | 0,7 | 26,0 | 1,8 | 1,06 | 3,8 | 4,4 | 1,2 |
| | 120 | 4,0 | 0,7 | 23,0 | 2,0 | 1,02 | 3,5 | 4,3 | 1,2 |
| | średnia mean | 3,6 | 0,6 | 23,8 | 1,7 | 0,97 | 3,4 | 4,0 | 1,2 |
| Rudzik | 0 | 3,8 | 1,0 | 25,0 | 1,7 | 0,88 | 3,6 | 3,8 | 1,2 |
| | 30 | 4,6 | 1,2 | 27,0 | 1,8 | 1,04 | 4,0 | 4,4 | 1,2 |
| | 60 | 4,9 | 1,3 | 25,0 | 1,6 | 1,15 | 4,2 | 4,4 | 1,2 |
| | 90 | 5,2 | 1,2 | 27,0 | 1,8 | 1,16 | 4,3 | 4,5 | 1,3 |
| | 120 | 4,9 | 0,9 | 24,0 | 1,8 | 1,04 | 3,9 | 4,6 | 1,4 |
| | średnia mean | 4,7 | 1,1 | 25,6 | 1,7 | 1,05 | 4,0 | 4,3 | 1,3 |

Zawartość fosforu w słomie na obiektach zerowych była zróżnicowana w przypadku dwóch odmian **Brenda** i **Krona**, gdzie jego stężenie w porównaniu do pozostałych odmian było dwukrotnie niższe. W słomie w większości odmian nie stwierdzono zmian w koncentracji fosforu, pomimo wyraźnego wzrostu zawartości niklu w glebie. Jedynie w roślinach odmiany **Orlik** wraz ze wzrostem dawki niklu wzrastała także koncentracja omawianego makroelementu. W ziarnie nie stwierdzono różnic w zawartości fosforu w zależności od wzrostu zawartości niklu w podłożu.

Koncentracja potasu w słomie i w ziarnie większości roślin testowych nie była zróżnicowana zarówno na obiektach kontrolnych, jak i z podwyższonymi zawartościami niklu. Wyjątek stanowiła odmiana **Orlik**, u której stwierdzono wzrost koncentracji potasu na obiektach z wyższymi stężeniami niklu w podłożu.

Wzrost koncentracji magnezu był widoczny zależnie od stosowanej dawki niklu we wszystkich odmianach jęczmienia (najwyraźniej u **Orlika**). Zależności tej nie zaobserwowano w ziarnie, gdzie stwierdzono wyrównaną zawartość tego pierwiastka w roślinach wszystkich badanych odmian.

Gorzycza biała

Zawartości azotu na obiektach kontrolnych były wyrównane (tab. 3), oprócz odmiany **Salvo**, która wykazała nieco wyższą koncentrację tego makroskładnika niż pozostałe. Stwierdzono również, że wzrost zawartości azotu w plonie najsilniej zaznaczył się w roślinach uprawianych na obiektach z najwyższymi dawkami niklu w glebie (tab. 3).

Analizując zawartość fosforu wykazano, że jego koncentracja była zróżnicowana i niezależna od stosowanej dawki niklu.

Stężenie potasu w gorzycy białej rosło wraz ze zwiększającą się dawką niklu. Wyjątek stanowiła jedynie odmiana **Salvo**, w której przy poziomie 120 mgNi, stwierdzono spadek zawartości tego makroskładnika.

W przypadku magnezu wraz ze wzrostem niklu w podłożu zaobserwowano tendencję wzrostu stężenia tego składnika w roślinach.

Stwierdzone zawartości makroskładników w roślinach doświadczalnych na obiektach bez niklu i z jego dodatkiem były z reguły wyższe od optymalnych, podawanych w literaturze [Czuba, Mazur, 1980]. Stosowanie wzrastających dawek nie wpłynęło na zmianę zawartości makroskładników w częściach nadziemnych roślin doświadczalnych, chociaż przy zastosowaniu wyższych dawek niklu (90 i 120 mg) stwierdzono pewną tendencję wzrostu stężenia N, P, K i Mg w roślinach. Potwierdzać może to fakt, że w pewnych warunkach nikiel wpływa stymulująco na pobranie niektórych składników [Lityński i Jurkowska, 1982; Jasiewicz, Antonkiewicz, 2000]. Wyższe zawartości makroskładników w roślinach wynikać mogą również z redukcji plonu roślin, która wystąpiła na obiektach z najwyższymi dawkami niklu [Koszelnik-Leszek, 2001].

Tabela 3
Table 3

Zawartość makroskładników w gorczycy białej w fazie kwitnienia [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]
The content of macroelements in white mustard in bloom [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{DM}$]

| Odmiana Varieties | Dawka Ni ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) Dose of Ni ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil) | N | P | K | Mg |
|----------------------|--|------|-----|------|-----|
| Borowska | 0 | 12,3 | 3,8 | 27,0 | 3,3 |
| | 30 | 13,2 | 3,5 | 27,0 | 3,4 |
| | 60 | 14,4 | 4,3 | 35,0 | 3,2 |
| | 90 | 22,8 | 5,3 | 43,0 | 4,6 |
| | 120 | 28,0 | 4,7 | 43,0 | 5,1 |
| | średnia mean | 18,1 | 4,3 | 35,0 | 3,9 |
| Nakielska | 0 | 12,2 | 3,7 | 27,0 | 3,3 |
| | 30 | 14,8 | 4,2 | 32,0 | 3,3 |
| | 60 | 15,5 | 4,5 | 35,0 | 3,3 |
| | 90 | 28,3 | 5,2 | 42,0 | 4,0 |
| | 120 | 30,9 | 3,3 | 31,0 | 3,9 |
| | średnia mean | 20,3 | 4,2 | 33,4 | 3,6 |
| Salvo | 0 | 14,3 | 3,6 | 30,0 | 3,3 |
| | 30 | 14,0 | 4,0 | 34,0 | 3,0 |
| | 60 | 17,1 | 4,5 | 36,0 | 3,5 |
| | 90 | 27,8 | 4,5 | 34,0 | 4,5 |
| | 120 | 27,8 | 2,5 | 22,0 | 4,2 |
| | średnia mean | 20,2 | 3,8 | 31,2 | 3,7 |
| Ascot | 0 | 12,3 | 4,0 | 25,0 | 3,0 |
| | 30 | 12,7 | 3,8 | 26,0 | 3,1 |
| | 60 | 12,2 | 4,0 | 28,0 | 3,0 |
| | 90 | 25,2 | 5,5 | 43,0 | 4,6 |
| | 120 | 26,9 | 4,0 | 35,0 | 4,9 |
| | średnia mean | 17,9 | 4,3 | 31,4 | 3,7 |
| Matex | 0 | 12,7 | 4,0 | 27,0 | 3,1 |
| | 30 | 13,2 | 3,8 | 27,0 | 2,9 |
| | 60 | 14,6 | 4,5 | 33,0 | 3,1 |
| | 90 | 28,6 | 5,1 | 38,0 | 4,7 |
| | 120 | 28,4 | 4,9 | 37,0 | 4,7 |
| | średnia mean | 19,5 | 4,5 | 32,4 | 3,7 |

PODSUMOWANIE

Wpływ wzrastających dawek niklu na zawartość N, P, K i Mg w badanych roślinach był niejednoznaczny.

Stosowany doglebowo nikiel w niewielkim stopniu zróżnicował zawartości makroskładników w częściach nadziemnych badanych gatunków roślin uprawnych i ich odmian.

PIŚMIENNICTWO

- Czuba R., Mazur T.: 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN, Warszawa.
- Koszelnik-Leszek A.: 2001. Odmianowa reakcja roślin na podwyższone zawartości niklu w glebie. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Rolnictwo LXXX, 415, 9–35.
- Jasiewicz Cz., Antonkiewicz J.: 2000. Wpływ zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi na skład chemiczny kukurydzy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471, 937–943.
- Lityński T., Jurkowska H.: 1982. Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN, Warszawa, 512–518.
- Szymańska M., Matraszek R.: 1996. Zawartość żelaza w roślinach bobu w zależności od poziomu niklu w glebie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 434, 805–809.
- Mishra D., Kar M.: 1974. Nickel in plant growth and metabolism. Bot. Rev. 40, 395–352.

CONTENT OF MACRONUTRIENTS IN EXPERIMENT PLANTS IN RELATION TO A NICKEL LEVEL IN SOIL

S u m m a r y

The effect of soil contamination with different nickel doses was studied in pot experiment on macronutrients content in spring wheat (4 varieties), spring barley (5 varieties) and white mustard (5 varieties). Nickel was introduced in amount 0, 30, 60, 90, 120 mg·kg⁻¹ of soil in form NiSO₄·7H₂O. The plants were harvested: spring wheat in ear spring barley in full ripeness and white mustard in bloom. In general the influence of differentiated doses of nickel did not show any effect on quantity to determined macronutrients, although when highest doses of nickel (90 and 120 mg) were applied a tendency to higher contents of N, P, K, Mg were observed in experiment plants.

KEY WORDS: spring wheat, spring barley, white mustard, nickel. macronutrients, chemical composition

Recenzent: prof. dr hab. inż. Teofil Mazur – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

Marcin Kozak, Andrzej Kotecki

**NASTĘPCZY WPŁYW ODMIAN GROCHU SIEWNEGO
NA ROZWÓJ I PLONOWANIE PSZENICY OZIMEJ.
CZĘŚĆ I. WPŁYW ILOŚCI WYSIEWU NA ROZWÓJ
I PLONOWANIE GROCHU SIEWNEGO**

**THE RESIDUAL EFFECT OF COMMON PEA CULTIVARS
ON GROWTH AND YIELDING OF WINTER WHEAT.
PART I. THE EFFECT OF SOWING RATE ON GROWTH
AND YIELDING OF COMMON PEA**

*Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Crop Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

W latach 1997–1999 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice badano wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie grochu siewnego. Doświadczenie założono metodą „split-plot” w czterech powtórzeniach na dwa czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I – odmiany grochu siewnego; wąsolistne – Agra, Piast oraz ulistnione – Przemko, Rubin; II – liczba wysianych nasion na 1 m²: 75, 100, 125.

Spośród badanych morfotypów grochu najwyższą wartością gospodarczą charakteryzowała się odmiana wąsolistna Agra, odznaczająca się największą liczbą strąków na roślinie, liczbą nasion w strąku i liczbą nasion z rośliny, co znalazło odzwierciedlenie w najwyższym plonie nasion, wydajności białka ogółem i wartości energetycznej plonu nasion.

Wzrastająca liczba wysiewu nasion grochu z 75 do 125 sztuk na 1 m² powodowała stały istotny wzrost plonów nasion i wydajności białka.

W warunkach przyrodniczych Dolnego Śląska odmiany Agra, Piast, Przemko i Rubin należy wysiewać w ilości 125 nasion na 1 m².

SŁOWA KLUCZOWE: ilość wysiewu, groch, odmiany, plon

WSTĘP

Z uwagi na zróżnicowane wykorzystanie i duży potencjał plonotwórczy groch jest zaliczany do najważniejszych roślin strączkowych uprawianych w Polsce. W 2005 roku uprawiano go na obszarze 14,8 tys. ha, przy przeciętnych plonach z 1 ha 24,0 dt [FAO, 2005]. Wykorzystanie w praktyce rolniczej potencjału plonotwórczego odmian grochu siewnego nie przekracza 40%. W 2004 roku plony wzorca grochu siewnego w doświadczeniach COBORU wynosiły 64,9 dt·ha⁻¹ [COBORU, 2004]. Przyczyn niskich plonów w Polsce nasion grochu siewnego jest wiele, a do najważniejszych należy zaliczyć niewłaściwą obsadę roślin na 1 m² i opóźniony termin siewu. Powyższych zaniedbań nie można naprawić żadnymi zabiegami agrotechnicznymi.

Właściwe zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni powinno być dostosowane do wymagań poszczególnych odmian grochu [Jasińska, Malarz, 1983; Czyż, 1992; Jasińska, Kotecki, 1993; Kotecki, Grządkowska, 1997]. Sypniewski [1986] stwierdził, że optymalna obsada roślin zależy od właściwości poszczególnych odmian. Istnieje związek między obsadą roślin, która zależy od długości łodygi, a plonem nasion. Optymalny wysiew dla odmian jadalnych średnio- i długołodygowych waha się od 80 do 100, a dla krótkołodygowych i wąsolistnych – do 120 nasion na 1 m² [Jasińska, Malarz, 1983; Kotecki, 1994, Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrzeźniewska, 1996; Paprocki, Fordoński, Głowacka, 1980; Paprocki, Lewandowski, 1987].

Wzrost zagęszczenia prowadzi do zwiększenia samozacienienia Czyż [1992]. Przy 50 roślinach na 1 m² długość zacienionego odcinka łodygi w stosunku do całej długości wynosi 34% i wzrasta do 48% przy zagęszczeniu 150 roślin na 1m².

Liczba strąków na roślinie jest tym elementem struktury plonu, który podlega największej zmienności pod wpływem zróżnicowanego zagęszczenia roślin [Jasińska, Kotecki, 1989]. Charakteryzuje ją wysoki współczynnik zmienności – 24,3% i jest ujemnie skorelowana ze składnikami plonu [Kulig, Ziółek, Oleksy, 1999]. Wśród autorów panuje zgodny pogląd, że wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin w łanie zmniejsza się liczba strąków na roślinie [Księżak, 1993; Kotecki, 1994, Kotecki, Grządkowska, 1997; Jovaisiene, Bakstys, Jonusiene, 1998] i następuje obniżenie liczby nasion w strąku [Święcicki 1979, Kotecki, 1994] oraz nasion z rośliny [Księżak 1996; Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrzeźniewska, 1996]. Wskutek wzrostu zagęszczenia roślin grochu masa nasion w strąku ulegała obniżeniu [Songin, Czyż, 1982; Kotecki, 1994; Kotecki, Grządkowska, 1997].

Masa grochu (łodygi + strączyny + nasiona) jest istotnie zróżnicowana przez czynnik genetyczny. Wzrastająca liczba wysianych na 1 m² nasion z 75 do 125 powodowała istotne obniżenie nadziemnej masy rośliny [Kotecki, Broda, 1995]. Zwiększająca się obsada roślin grochu na jednostce powierzchni przyczyniała się do istotnego procentowego wzrostu udziału łodyg w odniesieniu do całej rośliny, natomiast zmniejszała udział nasion [Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrzeźniewska, 1996; Kotecki, Grządkowska, 1997], a udział strączyn nie różnicował się [Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrzeźniewska, 1996].

Celem badań było ustalenie optymalnej ilości wysiewu zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu siewnego.

METODYKA I WARUNKI BADAŃ

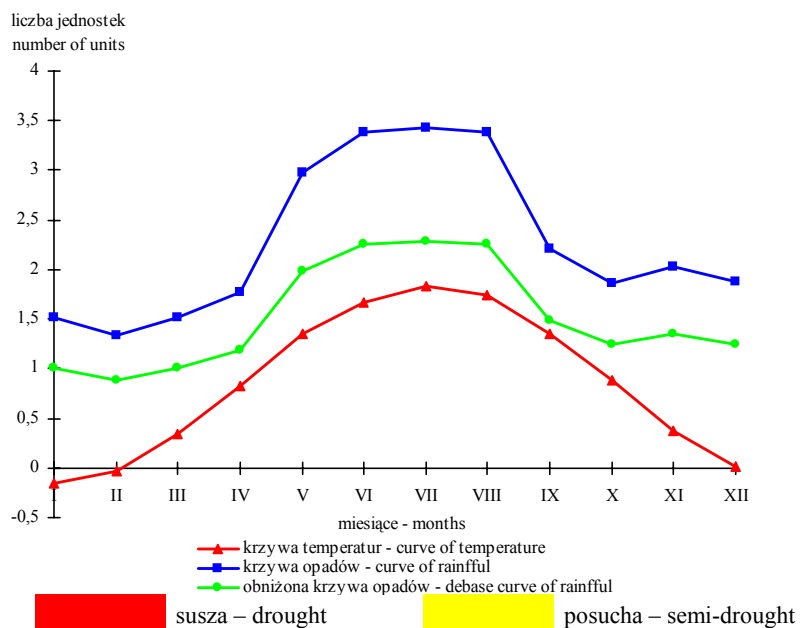
W latach 1997–1999 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice badano wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie grochu siewnego. Doświadczenie założono metodą „split-plot” w czterech powtórzeniach na dwa czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I – odmiany grochu siewnego; wąsolistne – Agra, Piast oraz ulistnione – Przemko, Rubin; II – liczba wysianych nasion na 1 m²: 75, 100, 125.

Na wszystkich poletkach po wschodach i przed zbiorem obliczono zagęszczenie roślin w rzędzie na 3 mb, a uzyskane wyniki przeliczono na 1 m². Na 10 losowo wybranych roślinach z każdego poletka określono: wysokość roślin, liczbę węzłów na pędzie, wysokość osadzenia I strąka, liczbę strąków na roślinie, liczbę nasion w strąku i z rośliny, masę nasion w strąku, masę 1000 nasion, masę nasion, strączyń i łodyg z rośliny. Plony nasion sprowadzono do stałej zawartości wody wynoszącej 13%.

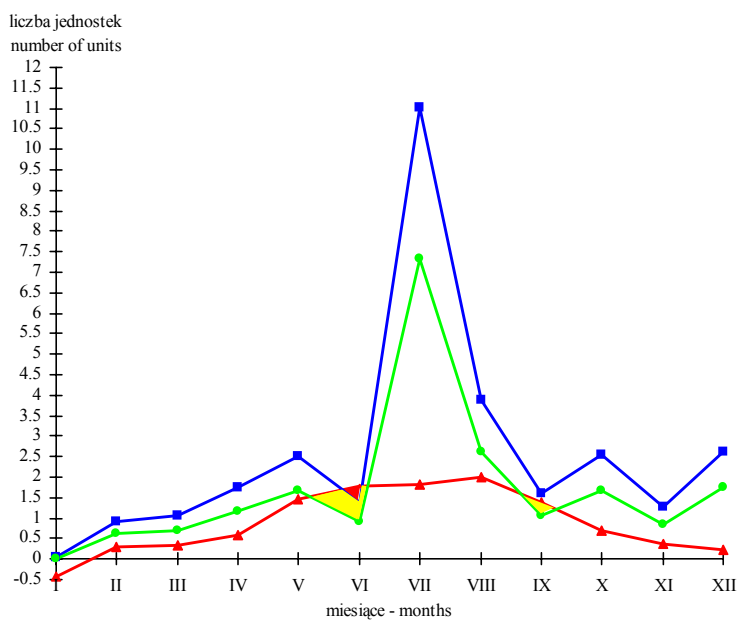
Analizy chemiczne nasion wykonano standardowymi metodami. Zawartość beza-zotowych związków wyciągowych w nasionach obliczono odejmując od 100 sumaryczną, procentową, zawartość białka ogółem, tłuszczu, włókna i popiołu surowego. Na podstawie wyników analiz chemicznych nasion grochu obliczono wartość energetyczną plonu i wydajność białka ogółem z 1 ha.

Warunki pogodowe w poszczególnych latach badań i z wielolecia przedstawiono za pomocą diagramów przebiegu pogody (rys. 1–4) wg metody Waltera [1979]. Na diagramie pogodowym wykreślono krzywe przedstawiające średnie jednostkowe wartości temperatur i opadów. Układ krzywej temperatur do krzywej opadów pozwala wskazać arydową, tj. suchą porę roku (krzywa temperatur przebiega powyżej krzywej opadów) oraz humidową, tj. wilgotną (krzywa temperatur przebiega poniżej krzywej opadów). W suchej porze roku można wyróżnić okres suszy, gdy 10 °C odpowiada 20 mm opadów i okres posuchy, gdy 10 °C przelicza się na 30 mm opadu.

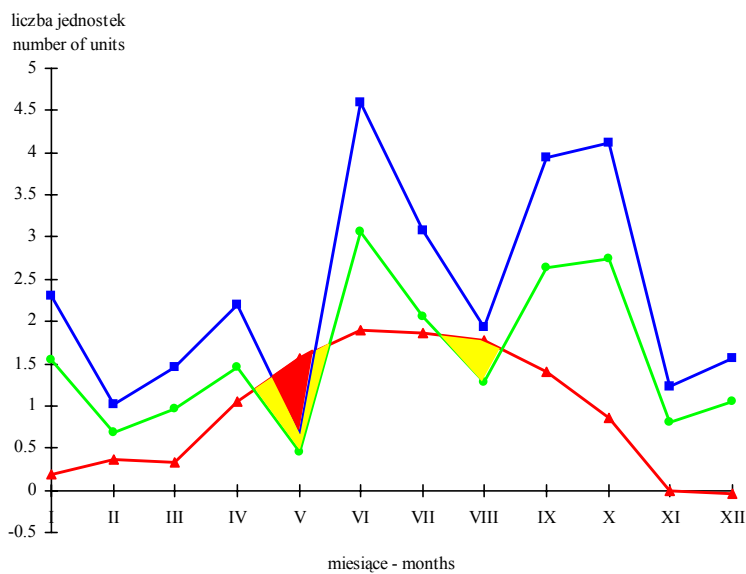
W 1997 roku wiosna, w porównaniu do średniej temperatury z wielolecia była chłodna, co wpłynęło istotnie na długość okresu kiełkowania i wschodów grochu, który był najdłuższy w całym trzyleciu i wynosił 31 dni. W okresie od II dekady kwietnia do II dekady maja odnotowano brak opadów, co przyczyniło się do powstania okresu posuchy przechodzącego stopniowo w suszę. Jednocześnie brak opadów i wysokie temperatury powietrza spowodowały spowolnienie formowania pędów przez rośliny grochu. Intensywne opady trwające od III dekady maja do II dekady lipca miały charakter kłeszkowy, gdyż przyczyniły się do powstania powodzi w wielu rejonach Polski. W początkowym okresie groch intensywnie zawiązywał strąki, lecz nadmiar opadów przyczynił się do znacznego przedłużenia okresu wegetacji roślin i utrudnił przeprowadzenie zbioru. W związku z tym okres wegetacji grochu był najdłuższy w roku 1997, w porównaniu do lat 1998 i 1999. W 1998 roku podczas siewu grochu nie notowano niedoborów wilgoci. W porównaniu z wieloleciem bardzo małe ilości opadów notowano od II dekady kwietnia do II dekady maja. Wysokie temperatury powietrza w tym okresie, w połączeniu z małą sumą opadów, były przyczyną suszy i przyspieszyły rozwój generatywny. Opady w końcu maja i w czerwcu radykalnie poprawiły warunki wilgotnościowe i korzystnie wpłynęły na kwitnienie i zawiązywanie strąków grochu. Po raz drugi niedobór wilgoci wystąpił w II dekadzie lipca i I sierpnia. Wiosną 1997, 1998 i 1999 roku pogoda była podobna. Niedobory wilgoci notowano od II dekady kwietnia do końca maja.



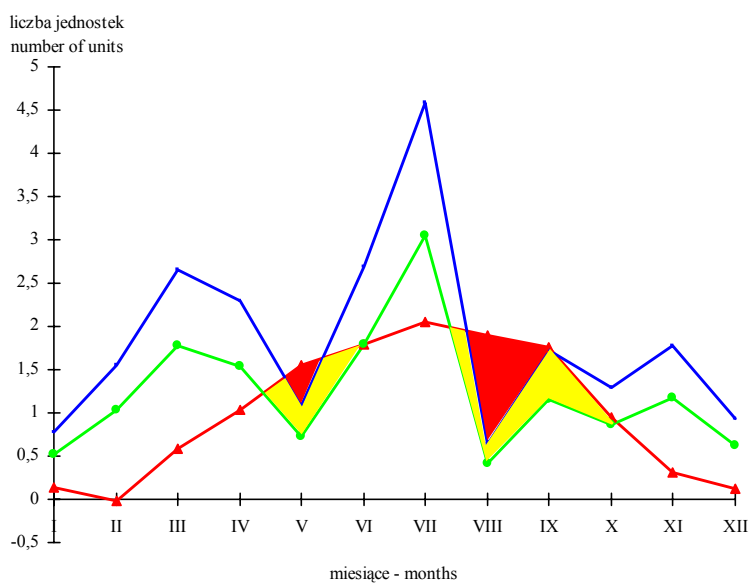
Rys. 1. Diagram przebiegu pogody w Pawłowicach średnie z lat 1961–1995
Fig. 1. The diagram of meteorological conditions at Pawłowice 1961–1995



Rys. 2. Diagram przebiegu pogody w Pawłowicach w roku 1997
Fig. 2. The diagram of meteorological conditions at Pawłowice 1997



Rys. 3. Diagram przebiegu pogody w Pawłowicach w roku 1998
 Fig. 3. The diagram of meteorological conditions at Pawłowice 1998



Rys. 4. Diagram przebiegu pogody w Pawłowicach w roku 1999
 Fig. 4. The diagram of meteorological conditions at Pawłowice 1999

Opady w czerwcu i pierwszej połowie lipca poprawiły warunki wilgotnościowe, dzięki czemu możliwe było dobre wykształcanie strąków przez groch i uzyskanie wysokich plonów nasion.

Doświadczenia zakładano corocznie na glebie należącej do działu gleb autogenicznych, rzędu brunatno-ziemnych, typu płowego, podtypu typowe, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej, zaliczanej do kompleksu przydatności rolniczej pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIb. Zasobność gleby w makroskładniki przedstawiała się następująco: P₂O₅ i K₂O – średnia do bardzo wysokiej, a Mg – niska do średniej. Odczyn pH wahał się od kwaśnego do lekko kwaśnego.

WYNIKI BADAŃ

Długość poszczególnych okresów rozwojowych odmian grochu, cechy morfologiczne, plony i skład chemiczny zależały przede wszystkim od przebiegu pogody w poszczególnych latach badań, a w mniejszym stopniu od czynnika odmianowego i liczby wysianych nasion na 1 m².

Liczba roślin grochu na 1 m² po wschodach była niższa od planowanej (tab. 1). Spośród ocenianych odmian istotnie lepiej kiełkowały Agra i Piast. Dla uzyskania wysokiej liczby roślin po wschodach najkorzystniejszymi warunkami wilgotnościowo-termicznymi odznaczał się rok 1997. Ubytki roślin podczas wegetacji były niewielkie i przy najwyższej ilości wysiewu nie przekraczały 8%.

Tabela 1
Table 1

Liczba roślin grochu siewnego na 1m² oraz ubytki podczas wegetacji
(średnie dla czynników w latach 1997–1999)

Number of plants pea per 1m² and losses of during vegetation (means for factors in 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1 m ² Number of seeds per 1 m ² | Liczba roślin Number per plant | | Ubytki roślin podczas wegetacji Losses of plants during vegetation |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|---|
| | | po wschodach after emergence | przed zbiorem before harvest | |
| Agra | | 91 | 88 | 3,3 |
| Piast | | 89 | 85 | 4,5 |
| Przemko | | 85 | 81 | 4,7 |
| Rubin | | 82 | 77 | 6,1 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 2 | 2 | – |
| | 75 | 69 | 67 | 2,9 |
| | 100 | 88 | 85 | 3,4 |
| | 125 | 109 | 101 | 7,3 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 3 | 3 | – |
| 1997 | | 92 | 89 | 3,3 |
| 1998 | | 81 | 78 | 3,7 |
| 1999 | | 87 | 84 | 3,4 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 2 | 2 | – |

Szybkość kiełkowania nasion, określona liczbą dni od siewu do wschodów, wahała się w latach badań od 19 dni w roku 1998 do 31 w 1997 i była w największym stopniu uwarunkowana temperaturą powietrza (tab. 2). Podczas siewu grochu dostępność wody zimowej w glebie była wystarczająca dla pokrycia potrzeb związanych z kiełkowaniem i nie limitowała tego procesu. Niezależnie od zróżnicowanych warunków pogodowych w latach 1997–1999 rozpoczynała najwcześniej kwitnienie i najszybciej uzyskiwała dojrzałość pełną odmiana Przemko. Spośród badanych odmian najdłuższymi okresami wegetacji charakteryzowały się Agra (wąsolistna) i Rubin (ulistniona).

W odniesieniu do większości badanych cech morfologicznych odmiany wąsolistne osiągały wyższe wartości liczbowe od ulistnionych (tab. 3). Spośród badanych genotypów wąsolistna odmiana Piast była najwyższa i najwyżej zawiązywała I strąk. Natomiast Agra wykształcała najwięcej: strąków na roślinie, nasion w strąku i nasion z rośliny, jednak masa nasion w strąku z powodu najniższej masy 1000 nasion była najmniejsza. Liczba węzłów na pędzie jest cechą odmianową, modyfikowaną w dużej mierze przebiegiem pogody w okresie wzrostu wegetatywnego. W badaniach nie wykazano bezpośredniej zależności tej cechy od wysokości roślin. W miarę zwiększania ilości wysiewu wzrastała wysokość roślin i do I strąka, a obniżała się liczba strąków na roślinie, nasion w strąku, nasion z rośliny, masa 1000 nasion i w strąku.

Masa grochu (łodygi, strączyny, nasiona) była istotnie różnicowana przez czynnik genetyczny (tab. 4). Wąsolistna odmiana Piast odznaczała się istotnie wyższą masą łodyg, strączyn i nasion w porównaniu do pozostałych odmian. Wzrastająca liczba wysianych nasion grochu powodowała istotne obniżenie masy wszystkich badanych elementów rośliny. W latach 1997 i 1999 rośliny wytworzyły najwyższą masę, na którą miała wpływ duża suma opadów podczas wegetacji.

Procentowy udział łodyg i strączyn w masie 1 rośliny różnicował się pod wpływem właściwości odmianowych (tab. 4). Istotnie najmniejszym procentowym udziałem łodyg w strukturze rośliny charakteryzowała się odmiana Rubin, która z kolei odznaczała się wyższym udziałem strączyn w porównaniu do pozostałych badanych odmian. Zwiększająca się obsada roślin grochu na jednostce powierzchni przyczyniała się do istotnego wzrostu udziału łodyg i zmniejszenia udziału nasion w odniesieniu do całej rośliny. Przebieg pogody w latach badań istotnie modyfikował strukturę masy rośliny grochu. W latach 1997 i 1999 sprzyjał rozwojowi generatywnemu roślin, dlatego stwierdzono istotnie wyższy udział strączyn i nasion w strukturze całej rośliny, w porównaniu z rokiem 1998.

Skład chemiczny nasion kształtował się pod wpływem czynnika odmianowego i przebiegu pogody (tab. 5). Odmiana Rubin odznaczała się najwyższą zawartością białka ogółem i tłuszczu surowego, a najmniejszą bezazotowych związków wyciągowych. Najwięcej włókna surowego gromadziły odmiany Agra i Przemko, a bezazotowych związków wyciągowych odmiana Piast, której nasiona odznaczały się najwyższą wartością energetyczną i najniższym poziomem popiołu. Ilość wysiewu nie miała istotnego wpływu na skład chemiczny nasion i ich wartość energetyczną. W umiarkowanie wilgotnym 1998 roku nasiona grochu gromadziły najwięcej tłuszczu i włókna. W wilgotnym 1997 było najmniej białka ogółem, a najwięcej bezazotowych związków wyciągowych i nasiona miały najwyższą wartość energetyczną.

Tabela 2
Table 2Rozwój odmian grochu siewnego
Growth of pea cultivars

| Fazy rozwojowe Growth stages | Liczba dni od siewu Number of days after sowing | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|---------|-------|------|-------|---------|-------|------|-------|---------|-------|
| | 1997 | | | | 1998 | | | | 1999 | | | |
| | Agra | Piast | Przemko | Rubin | Agra | Piast | Przemko | Rubin | Agra | Piast | Przemko | Rubin |
| Siew – Sowing | | | | | | | | | | | | |
| Wschody – Emergence | | | 25.03 | | | | 2.04 | | | | | 3.03 |
| 1–2 liści – 1–2 leaves | | | 31 | | | | 19 | | | | | 25 |
| Formowanie pędu – Stem formation | | | 36 | | | | 25 | | | | | 28 |
| | | | 40 | | | | 28 | | | | | 30 |
| Pąkowanie Budding | 77 | 73 | 71 | 75 | 55 | 53 | 50 | 54 | 60 | 58 | 57 | 58 |
| Kwitnienie w dolnej części rośliny Flowering in down part plant | 79 | 75 | 73 | 78 | 62 | 60 | 56 | 61 | 67 | 65 | 59 | 65 |
| Koniec kwitnienia, wykształcanie strąków End of flowering, pods formation | 94 | 90 | 87 | 92 | 74 | 71 | 69 | 72 | 77 | 76 | 74 | 76 |
| Dojrzałość zielona Green maturity | 109 | 106 | 105 | 107 | 89 | 87 | 85 | 87 | 81 | 80 | 79 | 76 |
| Dojrzałość żółta Yellow maturity | 121 | 117 | 116 | 117 | 104 | 99 | 98 | 99 | 105 | 105 | 105 | 112 |
| Dojrzałość pełna Full maturity | 131 | 130 | 129 | 130 | 114 | 112 | 111 | 113 | 114 | 113 | 113 | 117 |
| Zbiór Harvest | | | | | | | | | | | | |
| Okres wegetacji w dniach Vegetation period of days | 131 | 130 | 129 | 130 | 114 | 112 | 111 | 113 | 114 | 113 | 113 | 117 |

Tabela 3
Table 3Cechy morfologiczne roślin grochu siewnego przed zbiorem (średnie dla czynników w latach 1997–1999)
Morphological traits of pea before harvesting (means for factors in 1997–1999)

| Wysze- zególnienie Specifica- tion | Liczba nasion na 1 m ² Number of seeds per 1 m ² | Wysokość roślin Height of plant (cm) | Liczba węzłów na pędzie Number of nodes per stem | Wysokość osadzenia I strąka Height of the 1 st pod (cm) | Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant | Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod | Liczba nasion z rośliny Number of Seeds per plant | Masa nasion w strąku Weight of seeds per pod (g) | Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g) |
|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| Agra | | 62,0 | 19,2 | 41,6 | 8,5 | 4,5 | 38,6 | 0,76 | 185 |
| Piast | | 66,3 | 17,8 | 45,5 | 8,0 | 3,9 | 31,8 | 0,87 | 245 |
| Przemko | | 63,3 | 17,5 | 43,1 | 7,2 | 3,8 | 27,5 | 0,87 | 256 |
| Rubin | | 51,8 | 16,0 | 37,6 | 7,5 | 3,5 | 25,8 | 0,73 | 229 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 1,0 | 0,3 | 1,0 | 0,3 | 0,1 | 1,1 | 0,02 | 3 |
| | 75 | 59,9 | 17,9 | 40,9 | 8,6 | 4,1 | 35,3 | 0,86 | 235 |
| | 100 | 60,8 | 17,5 | 42,1 | 7,6 | 3,9 | 30,0 | 0,80 | 228 |
| | 125 | 61,8 | 17,4 | 42,8 | 7,2 | 3,8 | 27,4 | 0,76 | 223 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 1,0 | 0,2 | 0,9 | 0,2 | 0,1 | 1,1 | 0,01 | 3 |
| 1997 | | 68,0 | 17,2 | 49,5 | 8,7 | 3,8 | 34,0 | 0,83 | 256 |
| 1998 | | 48,8 | 16,4 | 36,6 | 4,7 | 4,0 | 19,2 | 0,88 | 230 |
| 1999 | | 65,8 | 19,2 | 39,7 | 10,0 | 3,9 | 39,5 | 0,71 | 199 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,9 | 0,3 | 0,9 | 0,2 | 0,1 | 1,0 | 0,02 | 3 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 4
Table 4
Elementy struktury plonu grochu siewnego (średnie dla czynników w latach 1997–1999)
Yield components of pea (means for factors in 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1 m ² Number of seeds per 1 m ² | Masa 1 rośliny Weight of 1 plant (g) | | | | Struktura masy Structure of weight (%) | | | |
|-----------------------------------|--|---|-------------------------------|------------------|----------------|---|-------------------------------|------------------|--|
| | | łodygi stems | strączyny stripped pods | nasiona seeds | razem total | łodygi stems | strączyny stripped pods | nasiona seeds | |
| Agra | | 5,5 | 1,4 | 6,4 | 13,3 | 41,8 | 10,5 | 47,7 | |
| Piast | | 5,7 | 1,5 | 7,0 | 14,2 | 41,4 | 10,3 | 48,3 | |
| Przemko | | 5,4 | 1,4 | 6,3 | 13,1 | 42,5 | 10,5 | 47,0 | |
| Rubin | | 4,1 | 1,3 | 5,1 | 10,5 | 39,2 | 12,5 | 48,3 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 1,1 | 0,5 | r. n. | |
| | 75 | 5,4 | 1,5 | 7,3 | 14,2 | 38,7 | 10,8 | 50,5 | |
| | 100 | 5,1 | 1,4 | 6,0 | 12,5 | 41,7 | 10,9 | 47,4 | |
| | 125 | 5,0 | 1,3 | 5,3 | 11,6 | 43,3 | 11,2 | 45,5 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 1,0 | r. n. | 1,1 | |
| 1997 | | 5,6 | 1,6 | 7,3 | 14,5 | 38,9 | 11,4 | 49,7 | |
| 1998 | | 4,2 | 0,9 | 4,2 | 9,3 | 45,8 | 9,3 | 44,9 | |
| 1999 | | 5,7 | 1,7 | 7,2 | 14,6 | 39,0 | 12,2 | 48,8 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 1,0 | 0,4 | 1,1 | |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 5
Table 5
Skład chemiczny (%) i wartość energetyczna (MJ) nasion grochu siewnego (średnie dla czynników w latach 1997–1999)
Chemical composition (%) and energetic value (MJ·kg⁻¹) in the seeds of pea (means for factors in 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1 m ² Number of seeds per 1 m ² | Białko ogółem Total protein (%) | Tłuszcz surowy Crude fat (%) | Włókno Surowe Crude fibre (%) | Popiół surowy Crude ash (%) | Bezazotowe związki wyciągowe Nitrogen free extract (%) | Wartość energetyczna 1 kg nasion (MJ) Energy value per 1 kg seeds (MJ) |
|-----------------------------------|--|--|---------------------------------------|--|--------------------------------------|--|--|
| Agra | | 24,1 | 1,2 | 7,8 | 3,6 | 63,3 | 7,17 |
| Piast | | 23,2 | 1,3 | 6,9 | 3,4 | 65,2 | 7,22 |
| Przemko | | 22,5 | 1,6 | 7,8 | 3,5 | 64,6 | 7,20 |
| Rubin | | 25,3 | 1,7 | 7,1 | 3,5 | 62,4 | 7,19 |
| NIR - LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,6 | 0,01 |
| | 75 | 23,6 | 1,4 | 7,4 | 3,5 | 64,1 | 7,20 |
| | 100 | 23,7 | 1,4 | 7,5 | 3,5 | 63,9 | 7,19 |
| | 125 | 24,0 | 1,4 | 7,4 | 3,5 | 63,7 | 7,19 |
| NIR - LSD ($\alpha = 0,05$) | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. |
| 1997 | | 22,0 | 1,3 | 6,5 | 3,4 | 66,8 | 7,25 |
| 1998 | | 22,8 | 1,8 | 8,5 | 3,6 | 63,3 | 7,18 |
| 1999 | | 26,5 | 1,1 | 7,3 | 3,5 | 61,6 | 7,16 |
| NIR - LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,01 |

r. n. - różnica nieistotna - no significant difference

Plony nasion odmian wąsolistnych były istotnie wyższe, w porównaniu do ulistnionych (tab. 6). Szczególnie korzystnie wypadła pod tym względem odmiana Agra, która miała wyższy plon nasion od odmian ulistnionych Przemko i Rubin odpowiednio o 13,3% i 34,6%. Zwiększenie wysiewu nasion na 1 m² z 75 do 125 spowodowało wzrost plonu nasion o 13,5%. Pogoda istotnie różnicowała zarówno wydajność białka ogółem, jak i wartość energetyczną plonu nasion, a odmiana Agra przedstawiała się pod względem tych parametrów najkorzystniej. Wzrastająca ilość wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m² zwiększyła wydajność białka ogółem o 13,7% i wartość energetyczną plonu nasion o 11,8 %. Wydajność białka ogółem była najwyższa w roku 1999, a wartość energetyczna plonu nasion w latach 1997 i 1999.

Tabela 6

Table 6

Plony nasion (t·ha⁻¹) i białka ogółem (kg·ha⁻¹) oraz wartość energetyczna plonu nasion grochu siewnego (MJ·ha⁻¹) (średnie dla czynników w latach 1997–1999)
Seed yield (t·ha⁻¹), total protein yield (kg·ha⁻¹) and energy of seed yield of pea (MJ·ha⁻¹) (means for factors in 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1 m ² Number of seeds per 1 m ² | Plony Yields | | Wartość energetyczna plonu nasion Energy of seed yield (MJ·ha ⁻¹) |
|-----------------------------------|---|---|--|--|
| | | nasiona seeds (t·ha ⁻¹) | białko ogółem total protein (kg·ha ⁻¹) | |
| Agra | | 4,24 | 888 | 30409 |
| Piast | | 4,01 | 810 | 28959 |
| Przemko | | 3,74 | 737 | 26961 |
| Rubin | | 3,15 | 697 | 22624 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,13 | 29 | 915 |
| | 75 | 3,55 | 728 | 25568 |
| | 100 | 3,77 | 778 | 27155 |
| | 125 | 4,03 | 844 | 28991 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,07 | 15 | 497 |
| 1997 | | 4,28 | 819 | 30984 |
| 1998 | | 2,83 | 560 | 20340 |
| 1999 | | 4,24 | 971 | 30391 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,11 | 25 | 792 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

DYSKUSJA

W porównaniu z innymi roślinami strączkowymi, groch ma umiarkowane wymagania wodne. Według Paniny [1965] potrzebuje on podczas wegetacji 240 mm wody, największe zapotrzebowanie występuje od 20 dni przed kwitnieniem do 10 dni po kwitnieniu, a długość okresu od początku kwitnienia do dojrzałości pełnej zależy od temperatury. W temperaturze 14–16 °C trwa on 40 dni, a przy temperaturze 20–22 °C następuje skrócenie do 20–28 dni. Kotecki [1990] wykazał, że istnieje dodatnia korelacja

między sumą opadów w okresie od wschodów do dojrzałości żółtej a plonami nasion. Sypniewski [1986] stwierdził, że liczba strąków na roślinie grochu zależy przede wszystkim od układu warunków meteorologicznych, a w mniejszym stopniu od czynnika odmianowego i zabiegów agrotechnicznych.

W badaniach własnych stwierdzono, że długość okresu wegetacji grochu zależała przede wszystkim od sumy opadów i była najdłuższa w wilgotnym 1997 roku. Odmiana Agra zakończyła wegetację po 131 dniach, a Przemko po 129. Przedłużenie okresu wegetacji pod wpływem wysokiej sumy opadów w okresie od zawiązywania strąków do dojrzałości pełnej przyczyniło się do uzyskania najwyższej masy 1000 nasion (średnio 256 g). Największą liczbę strąków z rośliny oraz plony nasion uzyskano w latach 1997 i 1999. Natomiast zawartość białka (22,0%) w nasionach w roku 1997 była najniższa. Potwierdzają to wyniki Koteckiego [1990], który stwierdził, że zawartość białka w nasionach jest ujemnie skorelowana z sumą opadów.

W badaniach własnych stwierdzono, że wzrastająca liczba wysianych nasion grochu z 75 do 125 na 1 m² spowodowała wzrost wysokości roślin i wyższe osadzenie I strąka, a jednocześnie wpłynęła na obniżenie liczby węzłów na pędzie głównym, liczby strąków na roślinie, liczby i masy nasion w strąku oraz masy 1000 nasion. Uzyskane wyniki były, w większości cech, zgodne z wcześniejszymi badaniami [Czyż, 1992; Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrześniewska, 1996; Święcicki, 1979; Zielińska, Protas, 1983]. Plony nasion były najwyższe przy wysiewie 125 nasion na 1 m², co potwierdzają wcześniejsze wyniki doświadczeń innych autorów nad odmianami krótkolodygowymi [Fordoński, Gronowicz, Paprocki, 1988; Paprocki, Fordoński, Głowacka, 1980]. Z kolei w odniesieniu do odmian długołodygowych stwierdzono [Czyż 1992; Zielińska, Protas, 1983], że optymalną ilością wysiewu dla uzyskania wysokich plonów jest 100 szt. na 1 m².

W roku 1999 uzyskano najwyższą wydajność białka ogółem (971 kg·ha⁻¹) przy jednocześnie najwyższej jego koncentracji w nasionach (26,5%), natomiast wartość energetyczna plonu (30984 MJ·ha⁻¹) w wilgotnym roku 1997 była determinowana przede wszystkim wysokimi plonami nasion. W bardzo wilgotnym 1997 roku odnotowano w nasionach najniższą zawartość białka, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami Jasińskiej i Koteckiego [1993], którzy stwierdzili występowanie ujemnej korelacji między zawartością białka w nasionach grochu a sumą opadów w okresie od kwitnienia do dojrzałości żółtej. Efektem działania układu warunków pogodowych w latach jest zmienna zawartość białka w nasionach, przy czym istnieje ujemna korelacja między wysokością plonu a zawartością białka w nasionach. Badania własne nie w pełni potwierdziły te relacje, gdyż przy bardzo zmiennym układzie pogody w 1999 roku występowała wysoka koncentracja białka w nasionach i jednocześnie uzyskano wysoki plon nasion. W doświadczeniach własnych wzrastająca ilość wysiewu nasion spowodowała istotny wzrost plonu białka oraz zwiększyła wartość energetyczną plonu nasion, co potwierdza wcześniejsze wyniki uzyskane przez innych autorów [Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrześniewska, 1996, Zielińska, Protas, 1983].

WNIOSKI

1. Spośród badanych morfotypów grochu najwyższą wartością gospodarczą charakteryzowała się odmiana wąsolistna Agra, odznaczająca się największą liczbą strąków na roślinie, liczbą nasion w strąku i liczbą nasion z rośliny, co znalazło odzwierciedlenie w najwyższym plonie nasion, wydajności białka ogółem i wartości energetycznej plonu nasion.

2. Wzrastająca liczba wysiewu nasion grochu z 75 do 125 sztuk na 1 m² powodowała stały istotny wzrost plonów nasion, białka ogółem i wartości energetycznej

3. W warunkach przyrodniczych Dolnego Śląska odmiany Agra, Piast, Przemko i Rubin należy wysiewać w ilości 125 nasion na 1 m².

PIŚMIENNICTWO

- COBORU.: 2004. Syntezy wyników doświadczeń rejestrowych. Rośliny strączkowe 2004. Słupia Wielka.
- Czyż H.: 1992. Reakcja na zagęszczenie łanu zróżnicowanych odmian grochu. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 152, Rol., 52, 3–12.
- FAO.: 2005. <http://faostat.fao.org/>
- Fordoński G., Gronowicz Z., Paprocki S.: 1988. Wpływ ilości wysiewu na plon i wartość pokarmową nowych odmian grochu siewnego. Acta. Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricult., 45, 15–165.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 1989. Cechy morfologiczne a plonowanie grochu siewnego. Mat. Konf. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. IUNG, Puławy, Cz. II, 7–13.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 1993. Rośliny strączkowe. AR Wrocław, 9–13, 19, 73–80.
- Jasińska Z., Malarz W., 1983. Wpływ nawożenia azotowego i zagęszczenia na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 141, Rol. 125–133.
- Jovaisiene E., Bakstys L., Jonusiene V.: 1998. The dependence of pea crop density and productivity on seed rate and sowing time in Western Lithuania. Zemdirby-ste Makslo Darbai, 63, 156–165.
- Kotecki A., 1990. Wpływ warunków wilgotnościowo-termicznych na rozwój i plonowanie grochu siewnego odmiany Kaliski. Zesz. Nauk., AR Wrocław, 52, 71–84.
- Kotecki A.: 1994. Wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu jadalnego. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 253, Rol., 57–69.
- Kotecki A., Broda K.: 1995. Wpływ ilości wysiewu na wartość resztek poźniwnych dwu odmian grochu. Zesz. Nauk., AR Wrocław, 262, Rol., 129–140.
- Kotecki A., Grządkowska A.: 1997. Wpływ gęstości siewu na rozwój, plonowanie i gromadzenie makroskładników u dwóch odmian grochu. Biul. IHAR, 203, 209–218.
- Kotecki A., Kozak M., Steinhoff-Wrzeźniewska A.: 1996. Wpływ przedplonu i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie odmian grochu. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 303, Rol., 195–209.
- Księżak J.: 1993. Określenie optymalnej gęstości wysiewu dla wybranych odmian grochu. Wyd. IUNG, Puławy, 63–69.
- Księżak J.: 1996. Ocena plonowania wybranych odmian grochu w zależności od gęstości siewu. Fragm. Agron., 2, 95–106.

- Kulig B., Ziółek W., Oleksy A.: 1999. Wpływ składowych plonu na plon nasion zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu przy różnych poziomach plonowania. Zesz. Nauk. AR Kraków, 361, 57–69.
- Panina W.F.: 1965. Pokazатели oceny agrometeorologicznych usłowił na formirowanię urożaja zerna gorocha. Meterolog. i gidrolog., 2, 27–29.
- Paprocki S., Fordoński G., Głowacka S.: 1980. Wpływ gęstości siewu na plonowanie i wartość pokarmową nowych odmian grochu. Acta. Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricult., 30, 151–159.
- Paprocki S., Lewandowski R.: 1987. Wzrost i plonowanie grochu siewnego w zależności od gęstości i głębokości siewu. Roczn. Nauk Rol., 107, A, 1, 153–162.
- Songin H., Czyż H.: 1982. Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotowego na plonowanie odmian grochu. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 92, 211–217.
- Sypniewski J.: 1986. Problemy uprawy roślin strączkowych w Polsce. Fragm. Agron., 1, 29–36.
- Święcicki W.K.: 1979. Wpływ ilości wysiewu na plon siedmiu krajowych i zagranicznych odmian grochu siewnego. Zesz. Nauk. ART Bydgoszcz, 76, Rol., 8, 181–209.
- Walter H.: 1976. Strefy roślinności, a klimat. Warszawa, PWRiL, 26–31.
- Zielińska M., Protas K.: 1983. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i wartość pastewną trzech odmian peluski. Acta. Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricult., 38, 109–116.

**THE RESIDUAL EFFECT OF COMMON PEA CULTIVARS ON GROWTH
AND YIELDING OF WINTER WHEAT
PART I. THE EFFECT OF SOWING RATE ON GROWTH
AND YIELDING OF COMMON PEA**

S u m m a r y

In 1997–1999 at the Research Station in Pawłowice, an experiment was conducted on the effect of sowing rate on common pea growth and yielding. The experiment was split-plot with four replications for two variables. The variables were: I – common pea cultivars: narrow-leaf – Agra and Piast, and traditional – Przemko and Rubin; II – sowing rate (number of seed per 1 m²): 75, 100, 125.

Among the studied morphotypes of pea, the narrow-leaf Agra was has the highest economic value, which was relected by the highest seed yield, total protein content and energy value of seed yield.

The increased sowing rate from 75 to 125 pea seeds per 1 m² caused a significant and continuous increase in seed and total protein yields.

In the natural environment of Lower Silesia, the sowing rate for the cultivars Agra, Piast, Przemko and Rubin should be 125 seed per 1 m².

KEY WORDS: sowing rate, pea, cultivars, yield

Recenzent: prof. dr hab. Mieczysław Wilczek – Akademia Rolnicza w Lublinie

Marcin Kozak, Andrzej Kotecki

**NASTĘPCZY WPŁYW ODMIAN GROCHU SIEWNEGO
NA ROZWÓJ I PLONOWANIE PSZENICY OZIMEJ.
CZĘŚĆ II. MASA I SKŁAD MINERALNY RESZTEK
POZBIOROWYCH GROCHU SIEWNEGO**

**THE RESIDUAL EFFECT OF COMMON PEA CULTIVARS
ON GROWTH AND YIELDING OF WINTER WHEAT.
PART II. WEIGHT AND MINERAL CONTENT OF COMMON
PEA HARVEST RESIDUES**

*Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Crop Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

W latach 1997–1999 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice, badano wpływ ilości wysiewu na masę i skład mineralny resztek pozbiorowych grochu siewnego. Doświadczenie założono metodą „split-plot” w czterech powtórzeniach na dwa czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I – odmiany grochu siewnego; wąsolistne – Agra, Piast oraz ulistnione – Przemko, Rubin; II – liczba wysianych nasion na 1 m²: 75, 100, 125.

W 3–5 dni po zbiorze grochu, na wszystkich poletkach określono masę resztek korzeniowych (korzenie + ściern) z powierzchni 400 cm² do głębokości 20 cm. W resztkach pozbiorowych oznaczono zawartość: suchej masy, azotu ogólnego, P, K, Ca i Mg.

Masa resztek pozbiorowych (korzenie + ściern + słoma) zależała od przebiegu pogody i czynnika genetycznego. W warunkach wilgotnych, sprzyjających bardziej rozwojowi rośliny grochu wytworzyły jej więcej. Średnio porównywane odmiany grochu plasowały się pod tym względem w następującej kolejności (t·ha⁻¹): wąsolistna Agra (5,66), wąsolistna Piast (5,59), tradycyjna Przemko (5,42) i tradycyjna Rubin (4,42).

Odmiana wąsolistna Agra nagromadziła łącznie w resztkach pozbiorowych największą masę makroskładników (kg·ha⁻¹): N – 69,8; P – 5,5; K – 71,4; Ca – 101,9; Mg – 14,4.

Wzrastająca liczba wysiewu nasion grochu z 75 do 125 sztuk na 1 m² powodowała stały istotny wzrost plonów słomy oraz resztek korzeniowych i pozbiorowych.

SŁOWA KLUCZOWE: resztki pozbiorowe, skład mineralny, groch

Rośliny grochu wiążą podczas okresu wegetacji około 50–80 kg N·ha⁻¹, a pozostawiona do głębokości 40 cm w profilu glebowym masa korzeni może wynosić ponad 0,87 t·ha⁻¹ [Bringer, 1984].

Resztki pozbiiorowe grochu siewnego (korzenie + ściern + słoma) wzbogacają glebę przede wszystkim w potas, wapń, i azot w ilości od 38 do 51 kg·ha⁻¹ dla każdego pierwiastka [Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrześniewska, 1996]. Masa pozostawionych w resztkach pozbiiorowych składników mineralnych jest proporcjonalna do ilości przyoranej substancji organicznej. Wzrastająca ilość wysiewu nasion na jednostkę powierzchni powoduje zwiększenie masy pozostawionych resztek pozbiiorowych [Kotecki, Grządowska, 1997].

W badaniach Koteckiego i Brody [1995] pod wpływem zwiększonej ilości wysiewu grochu stwierdzono wzrost nagromadzenia składników pokarmowych w resztkach pozbiiorowych. Jednocześnie na ilość masy organicznej i zawartość w niej poszczególnych składników pokarmowych ma również wpływ odmiana grochu. Pod wpływem tych dwóch czynników sucha masa resztek pozbiiorowych grochu wahała się od 3,1 do 4,0 t·ha⁻¹ i pozostawiała (kg·ha⁻¹) ok. 40 azotu, ponad 40 potasu i 50 wapnia, oraz w mniejszych ilościach magnez – 6 i fosfor – 3. Inne badania wskazują na możliwość akumulacji w resztkach pozbiiorowych nawet 63 kg N·ha⁻¹ [Bojanowski, Higersberger, 1964].

Wartość przedplonową resztek pozbiiorowych grochu w istotny sposób zwiększa wprowadzona do gleby przez przyoranie słoma. Uzyskane plony słomy są wynikiem współdziałania wielu czynników występujących w okresie wegetacji roślin, a mianowicie: przebiegu warunków pogodowych, właściwości genetycznych odmian, terminu oraz ilości wysiewu. W sprzyjających warunkach pogodowych i przy prowadzeniu starannej agrotechniki mogą one osiągać nawet 5–7 t·ha⁻¹ [Fordoński, Gronowicz, Paprocki, 1988; Jasińska, Kotecki, 1993, 2001; Jasińska, Kotecki, Kozak, 1997]. Na sumaryczną wartość przedplonową stanowiska po grochu wpływa nie tylko ilość pozostawionej masy organicznej ale także jej jakość [Batalin, 1962].

Celem pracy było określenie wpływu czynnika odmianowego i ilości wysiewu na kształtowanie masy resztek pozbiiorowych grochu i nagromadzenie w nich makroskładników.

METODYKA I WARUNKI BADAŃ

Metodykę doświadczenia i warunki glebowe omówiono w I. części pracy pt.: „Wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie grochu siewnego”. W 3–5 dni po zbiorze grochu, na wszystkich poletkach określono masę resztek korzeniowych (korzenie + ściern) z powierzchni 400 cm² do głębokości 20 cm. Masę resztek pozbiiorowych (korzenie + ściern + słoma) sprowadzono do stałej zawartości wody wynoszącej 15%.

Analizy chemiczne słomy (strączyzny + łodygi) i resztek korzeniowych grochu wykonano następującymi metodami: sucha masa – metodą suszarkową w temperaturze 105 °C, azot ogólny – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla w aparacie Parnasa-Wagnera; K i Ca – metodą fotometrii płomieniowej, P i Mg – metodą kolorymetryczną.

Na podstawie wyników analiz chemicznych obliczono nagromadzenie składników mineralnych na jednostce powierzchni.

WYNIKI BADAŃ

Plony słomy odmiany Agra i Piast były o 30,5% wyższe niż odmiany Rubin (tab. 1). Zwiększenie ilości wysiewu miało dodatni wpływ na plon słomy. Również czynnik pogodowy w istotny sposób modyfikował plony słomy w poszczególnych latach badań. Były one najwyższe w roku 1999.

Tabela 1

Table 1

Plony słomy oraz masa resztek korzeniowych i pozbiorowych grochu siewnego ($t \cdot ha^{-1}$)
(średnie z lat 1997–1999)
Straw yield, matter of root and harvest residues of pea ($t \cdot ha^{-1}$) (means for 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na $1m^2$ Number of seeds per $1m^2$ | Słoma Straw | Resztki korzeniowe (korzenie+ścierń) Root residues (roots+stubble) | Resztki pozbiorowe (korzenie+ścierń+słoma) Harvest residues (roots+stubble+straw) |
|-----------------------------------|---|----------------|---|--|
| Agra | 75 | 4,13 | 0,56 | 4,69 |
| | 100 | 4,99 | 0,66 | 5,65 |
| | 125 | 5,92 | 0,73 | 6,65 |
| Piast | 75 | 4,23 | 0,51 | 4,74 |
| | 100 | 5,00 | 0,58 | 5,58 |
| | 125 | 5,70 | 0,70 | 6,40 |
| Przemko | 75 | 4,19 | 0,50 | 4,69 |
| | 100 | 4,83 | 0,57 | 5,40 |
| | 125 | 5,54 | 0,65 | 6,16 |
| Rubin | 75 | 3,20 | 0,46 | 3,66 |
| | 100 | 3,90 | 0,61 | 4,51 |
| | 125 | 4,41 | 0,70 | 5,11 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,23 | r. n. | r. n. |
| Agra | | 5,01 | 0,65 | 5,66 |
| Piast | | 5,00 | 0,59 | 5,59 |
| Przemko | | 4,85 | 0,57 | 5,42 |
| Rubin | | 3,83 | 0,59 | 4,42 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,14 | 0,04 | 0,15 |
| | 75 | 3,93 | 0,51 | 4,44 |
| | 100 | 4,68 | 0,60 | 5,28 |
| | 125 | 5,39 | 0,69 | 6,08 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,12 | 0,02 | 0,12 |
| 1997 | | 5,00 | 0,67 | 5,67 |
| 1998 | | 3,53 | 0,63 | 4,16 |
| 1999 | | 5,47 | 0,50 | 5,97 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,12 | 0,04 | 0,13 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Masa resztek korzeniowych była uzależniona od wszystkich badanych czynników doświadczenia. Odmiana Agra odznaczała się istotnie wyższą masą korzeni i ścierni ($0,65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), w porównaniu do pozostałych odmian. Masa korzeni i ścierni w miarę zwiększania ilości wysiewu wzrastała. W wilgotnym roku 1997 masa resztek korzeniowych była najwyższa i wynosiła $0,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Nagromadzenie resztek pozbiorowych (słoma + korzenie + ścierni) było najwyższe u odmian wąsolistnych Agra i Piast i wzrastało pod wpływem zwiększanej ilości wysiewu. Masa resztek pozbiorowych zależała przede wszystkim od plonu słomy, a w mniejszym stopniu od masy korzeni i ścierni, dlatego była najwyższa w 1999 roku, kiedy plony słomy były najwyższe.

W odniesieniu do zawartości składników mineralnych w słomie i resztkach korzeniowych nie stwierdzono interakcji pomiędzy badanymi czynnikami, a wyniki przedstawiono w oparciu o średnie dla poszczególnych czynników. Zawartość wszystkich badanych składników mineralnych w słomie oraz korzeniach i ścierni grochu siewnego była różnicowana istotnie pod wpływem odmian i lat badań (tab. 2 i 3). Najwyższą zawartością N i P w słomie oraz korzeniach i ścierni charakteryzowała się odmiana ulistniona Rubin. Natomiast odmiana wąsolistna Agra odznaczała się najwyższą koncentracją Ca i Mg w resztkach korzeniowych. Nie stwierdzono wpływu zróżnicowanej liczby wysianych nasion na zawartość poszczególnych składników mineralnych w słomie oraz korzeniach i ścierni. W roku 1998 przebieg pogody w okresie wegetacji grochu sprzyjał gromadzeniu wysokiej zawartości w słomie azotu, fosforu i wapnia.

Tabela 2
Table 2

Zawartość składników mineralnych w słomie grochu siewnego (%)
(średnie dla czynników w latach 1997–1999)
Mineral components content in pea straw (%) (means for factors in 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1m^2 Number of seeds per 1m^2 | N | P | K | Ca | Mg |
|-----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Agra | | 1,43 | 0,12 | 1,50 | 2,24 | 0,32 |
| Piast | | 1,20 | 0,10 | 1,19 | 1,97 | 0,26 |
| Przemko | | 1,29 | 0,11 | 1,34 | 2,00 | 0,24 |
| Rubin | | 1,57 | 0,14 | 1,50 | 2,09 | 0,31 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,07 | 0,01 | 0,09 | 0,09 | 0,02 |
| | 75 | 1,37 | 0,12 | 1,38 | 2,09 | 0,29 |
| | 100 | 1,34 | 0,12 | 1,40 | 2,02 | 0,28 |
| | 125 | 1,40 | 0,12 | 1,36 | 2,10 | 0,28 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. |
| 1997 | | 1,13 | 0,09 | 1,30 | 1,75 | 0,22 |
| 1998 | | 1,53 | 0,14 | 1,42 | 2,59 | 0,31 |
| 1999 | | 1,45 | 0,13 | 1,43 | 1,86 | 0,32 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,06 | 0,01 | 0,08 | 0,08 | 0,02 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 3
Table 3

Zawartość składników mineralnych w resztkach korzeniowych grochu siewnego (%)
(średnie dla czynników w latach 1997–1999)
Mineral components content in pea root residues (%) (means for factors in 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1m ² Number of seeds per 1m ² | N | P | K | Ca | Mg |
|-----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Agra | | 1,77 | 0,12 | 1,22 | 1,69 | 0,17 |
| Piast | | 1,68 | 0,11 | 0,96 | 1,38 | 0,13 |
| Przemko | | 1,55 | 0,11 | 1,20 | 1,35 | 0,14 |
| Rubin | | 1,88 | 0,13 | 1,31 | 1,39 | 0,14 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,08 | 0,01 | 0,07 | 0,08 | 0,02 |
| | 75 | 1,73 | 0,12 | 1,18 | 1,41 | 0,15 |
| | 100 | 1,71 | 0,12 | 1,17 | 1,45 | 0,15 |
| | 125 | 1,73 | 0,12 | 1,17 | 1,48 | 0,15 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. |
| 1997 | | 1,53 | 0,10 | 1,19 | 1,10 | 0,10 |
| 1998 | | 1,76 | 0,12 | 1,29 | 1,58 | 0,14 |
| 1999 | | 1,87 | 0,14 | 1,04 | 1,66 | 0,20 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,07 | 0,01 | 0,06 | 0,07 | 0,01 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Nagromadzenie składników mineralnych w słomie grochu zależało od plonu słomy i zawartości poszczególnych składników. Najwięcej wszystkich badanych makroskładników gromadziła w słomie odmiana wąsolistna Agra. Ponadto na masę nagromadzonych makroskładników miała istotny pozytywny wpływ wzrastająca ilość wysiewu nasion (tab. 4). Przebieg pogody w roku 1999 okazał się najkorzystniejszy dla intensywnego gromadzenia składników pokarmowych w słomie grochu. Pod względem nagromadzenia wszystkich makroskładników stwierdzono istotny wpływ współdziałania badanych odmian z liczbą wysianych nasion na jednostce powierzchni. Najkorzystniejszą okazała się być uprawa odmiany Agra wysiewanej w liczbie 125 nasion na 1 m².

Korzenie i ściern badanych odmian grochu w zróżnicowany sposób gromadziły poszczególne makroskładniki (tab. 5). Najwięcej azotu, wapnia i magnezu nagromadziły korzenie i ściern odmiany Agra. Zwiększenie wysiewu z 75 do 125 nasion na 1m² powodowało istotny wzrost masy nagromadzonych makroskładników, w największym stopniu Mg, a następnie kolejno mniejszym Ca, P, N i K w korzeniach i ścierni. Przebieg pogody w latach badań przyczynił się do istotnego zróżnicowania nagromadzenia poszczególnych składników mineralnych w resztkach korzeniowych grochu. Najwięcej N i Ca gromadziły korzenie i ściern w 1998 roku. W odniesieniu do nagromadzenia potasu, wapnia i magnezu przez resztki korzeniowe wykazano współdziałanie badanych czynników, wyrażające się zróżnicowaną reakcją odmian na ilość wysiewu.

Tabela 4
Table 4

Nagromadzenie składników mineralnych w słomie grochu siewnego ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
(średnie z lat 1997–1999)
Mineral components accumulation in pea straw ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (means for 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1m^2 Number of seeds per 1m^2 | N | P | K | Ca | Mg |
|-----------------------------------|--|------|-----|------|-------|------|
| Agra | 75 | 48,9 | 3,9 | 52,7 | 75,6 | 10,7 |
| | 100 | 57,1 | 4,9 | 65,3 | 92,2 | 13,6 |
| | 125 | 74,4 | 5,9 | 75,4 | 110,3 | 16,1 |
| Piast | 75 | 42,5 | 3,2 | 43,5 | 69,6 | 10,4 |
| | 100 | 48,9 | 4,0 | 52,0 | 80,2 | 10,5 |
| | 125 | 57,5 | 4,8 | 52,5 | 96,6 | 11,9 |
| Przemko | 75 | 46,9 | 4,1 | 47,6 | 70,3 | 8,4 |
| | 100 | 52,1 | 4,6 | 54,7 | 81,6 | 10,1 |
| | 125 | 58,6 | 5,1 | 63,5 | 88,0 | 11,8 |
| Rubin | 75 | 42,2 | 4,0 | 40,8 | 56,4 | 8,6 |
| | 100 | 52,1 | 4,7 | 50,6 | 60,5 | 9,8 |
| | 125 | 62,1 | 5,2 | 56,0 | 77,2 | 11,6 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 2,7 | 0,2 | 2,7 | 3,8 | 0,6 |
| Agra | | 60,1 | 4,9 | 64,5 | 92,7 | 13,5 |
| Piast | | 49,6 | 4,0 | 49,4 | 82,1 | 10,9 |
| Przemko | | 52,5 | 4,6 | 55,3 | 80,0 | 10,1 |
| Rubin | | 52,1 | 4,6 | 49,1 | 64,7 | 10,0 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 1,6 | 0,1 | 1,6 | 2,2 | 0,4 |
| | 75 | 45,1 | 3,8 | 46,2 | 68,0 | 9,5 |
| | 100 | 52,5 | 4,5 | 55,7 | 78,7 | 11,0 |
| | 125 | 63,1 | 5,2 | 61,9 | 93,0 | 12,9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 1,3 | 0,1 | 1,3 | 1,9 | 0,3 |
| 1997 | | 48,2 | 3,6 | 55,0 | 74,9 | 9,3 |
| 1998 | | 45,9 | 4,2 | 42,4 | 77,9 | 9,2 |
| 1999 | | 66,8 | 5,8 | 66,3 | 86,9 | 14,9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 1,4 | 0,1 | 1,4 | 1,9 | 0,3 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Łączne nagromadzenie składników mineralnych w resztkach pozbiorowych grochu (słoma + korzenie + ściern) było uwarunkowane przez wszystkie badane czynniki i ich wzajemne współdziałanie (tab. 6). Odmiana wąsolistna Agra zakumulowała łącznie w resztkach pozbiorowych największą masę wszystkich badanych makroskładników. Niezależnie od odmiany grochu, na obiektach z wysiewem 125 nasion na 1m^2 , stwierdzono najwyższe nagromadzenie wszystkich składników mineralnych. Wzrastająca ilość wysiewu z 75 do 125 nasion na 1m^2 powodowała większe nagromadzenie wszystkich makroskładników w resztkach pozbiorowych. Masa wzbogacających glebę składników mineralnych różniła się znacząco w poszczególnych latach. Łączne nagromadzenie wszystkich badanych makroskładników było istotnie największe w ostatnim roku badań (1999).

Tabela 5

Table 5

Nagromadzenie składników mineralnych w resztkach korzeniowych grochu siewnego ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
(średnie z lat 1997–1999)

Mineral components accumulation in pea root residues ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (means for 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1m^2 Number of seeds per 1m^2 | N | P | K | Ca | Mg |
|-----------------------------------|--|-------|-------|-----|------|-----|
| Agra | 75 | 8,1 | 0,5 | 6,0 | 7,7 | 0,8 |
| | 100 | 9,9 | 0,7 | 6,8 | 9,5 | 0,9 |
| | 125 | 11,3 | 0,7 | 7,7 | 10,4 | 1,1 |
| Piast | 75 | 7,1 | 0,5 | 4,2 | 5,5 | 0,5 |
| | 100 | 8,3 | 0,5 | 4,6 | 6,6 | 0,6 |
| | 125 | 9,9 | 0,7 | 6,0 | 8,4 | 0,8 |
| Przemko | 75 | 6,5 | 0,5 | 5,4 | 5,7 | 0,5 |
| | 100 | 7,6 | 0,5 | 5,9 | 6,3 | 0,7 |
| | 125 | 8,7 | 0,7 | 6,4 | 7,6 | 0,8 |
| Rubin | 75 | 7,7 | 0,5 | 5,0 | 5,1 | 0,6 |
| | 100 | 9,0 | 0,6 | 7,0 | 7,1 | 0,6 |
| | 125 | 10,5 | 0,7 | 7,8 | 8,1 | 0,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | r. n. | r. n. | 0,6 | 0,7 | 0,1 |
| Agra | | 9,7 | 0,6 | 6,8 | 9,2 | 0,9 |
| Piast | | 8,5 | 0,6 | 4,9 | 6,8 | 0,7 |
| Przemko | | 7,6 | 0,5 | 5,9 | 6,5 | 0,7 |
| Rubin | | 9,0 | 0,6 | 6,6 | 6,8 | 0,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,6 | r. n. | 0,4 | 0,5 | 0,1 |
| | 75 | 7,4 | 0,5 | 5,1 | 6,0 | 0,6 |
| | 100 | 8,7 | 0,6 | 6,1 | 7,4 | 0,7 |
| | 125 | 10,1 | 0,7 | 6,9 | 8,7 | 0,9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 |
| 1997 | | 8,8 | 0,6 | 6,9 | 6,4 | 0,6 |
| 1998 | | 9,4 | 0,6 | 6,9 | 8,5 | 0,8 |
| 1999 | | 7,9 | 0,6 | 4,4 | 7,1 | 0,9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 0,5 | r. n. | 0,4 | 0,4 | 0,1 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 6
Table 6

Łączne nagromadzenie składników mineralnych w resztkach pozbiorowych grochu siewnego
(kg·ha⁻¹) (średnie z lat 1997–1999)

Total mineral components accumulation in pea harvest residues (kg·ha⁻¹) (means for 1997–1999)

| Wyszczególnienie Specification | Liczba nasion na 1m ² Number of seeds per 1m ² | N | P | K | Ca | Mg |
|-----------------------------------|--|------|-----|------|-------|------|
| Agra | 75 | 57,0 | 4,4 | 58,7 | 83,3 | 11,5 |
| | 100 | 67,0 | 5,6 | 72,1 | 101,7 | 14,5 |
| | 125 | 85,7 | 6,6 | 83,1 | 120,7 | 17,2 |
| Piast | 75 | 49,6 | 3,7 | 47,7 | 75,1 | 10,9 |
| | 100 | 57,2 | 4,5 | 56,6 | 86,8 | 11,1 |
| | 125 | 67,4 | 5,5 | 58,5 | 105,0 | 12,7 |
| Przemko | 75 | 53,4 | 4,6 | 53,0 | 76,0 | 8,9 |
| | 100 | 59,7 | 5,1 | 60,6 | 87,9 | 10,8 |
| | 125 | 67,3 | 5,8 | 69,9 | 95,6 | 12,6 |
| Rubin | 75 | 49,9 | 4,5 | 45,8 | 61,5 | 9,2 |
| | 100 | 61,1 | 5,3 | 57,6 | 67,6 | 10,4 |
| | 125 | 72,6 | 5,9 | 63,8 | 85,3 | 12,3 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 2,9 | 0,2 | 2,8 | 4,0 | 0,6 |
| Agra | | 69,8 | 5,5 | 71,4 | 101,9 | 14,4 |
| Piast | | 58,1 | 4,6 | 54,3 | 88,9 | 11,6 |
| Przemko | | 60,1 | 5,1 | 61,2 | 86,5 | 10,8 |
| Rubin | | 61,1 | 5,2 | 55,7 | 71,5 | 10,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 1,8 | 0,1 | 1,7 | 2,3 | 0,4 |
| | 75 | 52,5 | 4,3 | 51,3 | 74,0 | 10,1 |
| | 100 | 61,2 | 5,1 | 61,8 | 86,1 | 11,7 |
| | 125 | 73,2 | 5,9 | 68,8 | 101,7 | 13,8 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 1,4 | 0,1 | 1,4 | 1,9 | 0,3 |
| 1997 | | 57,0 | 4,2 | 61,9 | 81,3 | 9,9 |
| 1998 | | 55,3 | 4,8 | 49,3 | 86,4 | 10,0 |
| 1999 | | 74,7 | 6,4 | 70,7 | 94,0 | 15,8 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | 1,5 | 0,1 | 1,5 | 2,0 | 0,3 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

DYSKUSJA

Skrzyczyński, Boligłowa, Starczewski [1992] uzyskali z grochu jadalnego masę resztek korzeniowych 0,64 t·ha⁻¹, a z pastewnego 0,56 t·ha⁻¹. Słoma zwiększa w sposób istotny wartość resztek pozbiorowych grochu, a ich masa zależy między innymi od przebiegu pogody, właściwości odmian, terminu oraz ilości wysiewu i może dochodzić do 7 t·ha⁻¹ [Fordoński, Gronowicz, Paprocki, 1988; Zielińska, Protas, 1983]. Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrześniewska [1996] wykazali, że masa resztek pozbiorowych grochu zależała w dużym stopniu od odmian, które różnicowały masę nagromadzonych składników mineralnych (N, K i Mg). Resztki pozbiorowe z 1 ha zawierały średnio od

38 do 51 kg N, K i Ca (każdego z tych składników). Odmiana pastewna Fidelia, w porównaniu z jadalną Opal miała większą masę resztek pozbiorowych o ponad 20%. Batalin [1960] wykazał, że resztki korzeniowe grochu pastewnego gromadzą około 40 kg·ha⁻¹ azotu, 20 kg·ha⁻¹ potasu i 5 kg·ha⁻¹ fosforu. W badaniach własnych masa słomy odmian Agra i Piast była o ponad 30% wyższa od masy uzyskanej z odmiany Rubin, również masa resztek korzeniowych oraz resztek pozbiorowych były istotnie wyższe u odmian wąsolistnych w porównaniu do ulistnionych. Łączne (korzenie + ściern + słoma) nagromadzenie składników na 1 ha wahało się średnio w zależności od odmiany: od 58 do 70 kg N, od 54 do 71 kg K, od 71 do 102 kg Ca i od 11 do 14 kg Mg. Jedyne w odniesieniu do P nie przekraczało 10 kg. Masa wniesionych do gleby składników mineralnych była proporcjonalna do masy resztek pozbiorowych i dlatego w odniesieniu do wszystkich makroskładników była najwyższa na obiektach po odmianie Agra oraz zwiększała się pod wpływem wzrastającej ilości wysiewu.

WNIOSKI

1. Masa resztek pozbiorowych (korzenie + ściern + słoma) zależała od przebiegu pogody i czynnika odmianowego. W warunkach wilgotnych, sprzyjających bardziej rozwojowi wegetatywnemu rośliny grochu wytworzyły jej więcej. Średnio porównywane odmiany grochu plasowały się pod tym względem w następującej kolejności (t·ha⁻¹): wąsolistna Agra (5,66), wąsolistna Piast (5,59), tradycyjna Przemko (5,42) i tradycyjna Rubin (4,42).

2. Nagromadzenie składników mineralnych w resztkach pozbiorowych (korzenie + ściern + słoma) grochu zależało od plonów i zawartości poszczególnych składników. Odmiana wąsolistna Agra nagromadziła łącznie w resztkach pozbiorowych największą masę makroskładników (kg·ha⁻¹): N – 69,8; P – 5,5; K – 71,4; Ca – 101,9; Mg – 14,4.

3. Wzrastająca liczba wysiewu nasion grochu z 75 do 125 sztuk na 1m² powodowała systematyczny wzrost plonów słomy oraz resztek korzeniowych i pozbiorowych.

PIŚMIENNICTWO

- Batalin M.: 1960. Działanie nawozów zielonych w plonach głównych. Roczn. Nauk Rol., 80, ser. A., 2, 261–280.
- Batalin M.: 1962. Studium nad resztkami poźniwnymi roślin uprawnych w łanie. Roczn. Nauk Rol. 98 ser. D, 5–144.
- Bojanowski M., Higersberger J.: 1964. Uprawa motylkowych. PWRiL, Warszawa, 3–23.
- Bringer J.E., 1984. The significance of symbiotic nitrogen fixation in plant production. CRC Critical Reviews in Plant Science, 1, 269–286.
- Fordoński G., Gronowicz Z., Paprocki S.: 1988. Wpływ ilości wysiewu na plon i wartość pokarmową nowych odmian grochu siewnego. Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricult., 45, 157–165.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 1993. Rośliny strączkowe. AR Wrocław, 9–13, 19, 73–80.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 2001. Wpływ roślin strączkowych na gromadzenie masy organicznej i składników mineralnych w glebie. Zesz. Nauk. AR Kraków, 373, 76, 47–54.

- Jasińska Z., Kotecki A., Kozak M.: 1997. Masa i skład chemiczny resztek poźniwnych wybranych odmian grochu i bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 446, 239–246.
- Kotecki A., Broda K.: 1995. Wpływ ilości wysiewu na wartość resztek poźniwnych dwu odmian grochu. *Zesz. Nauk.*, AR Wrocław, 262, Rol., 129–140.
- Kotecki A., Grządkowska A.: 1997. Wpływ gęstości siewu na rozwój, plonowanie i gromadzenie makroskładników u dwóch odmian grochu. *Biul. IHAR*, 203, 209–218.
- Kotecki A., Kozak M., Steinhoff-Wrzeźniewska A.: 1996. Wpływ przedplonu i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie odmian grochu. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 303, Rol., 195–209.
- Skrzyczyński T., Boligłowa E., Starczewski J.: 1992. Wartość przedplonowa roślin strączkowych dla jęczmienia jarego i pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 4, 35–42.
- Zielińska M., Protas K.: 1983. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i wartość pastewną trzech odmian peluszek. *Acta. Acad. Agricult. Techn. Ols.*, 38, 109–116.

**THE RESIDUAL EFFECT OF COMMON PEA CULTIVARS ON GROWTH
AND YIELDING OF WINTER WHEAT
PART II. WEIGHT AND MINERAL CONTENT OF COMMON PEA HARVEST
RESIDUES**

S u m m a r y

In 1997–1999 at the Research Station in Pawłowice, the research was carried out to study the effect of sowing rate on weight and mineral content of common pea harvest residues. The experiment was split plot in four replications for two variables: I pea cultivars: narrow-leaf – Agra and Piast, and ulistnione – Przemko and Rubin; II – sowing rate (seed/1m²): 75, 100 and 125.

In 3–5 days after pea harvest, root residues (roots+stubble) weight was determined from all the plots, each on the area of 400 cm² and to the depth of 20 cm. The harvest residues were analysed to determine the content of dry matter, total nitrogen, P, K, Ca and Mg.

The weight of harvest residues (roots+stubble+straw) depended on weather conditions and genetic factor. Wet conditions were favourable for vegetative growth of pea plants and this increased harvest residues weight. Pea cultivars produced harvest residues in the following amount (t·ha⁻¹): narrow-leaf Agra (5.66), narrow-leaf Piast (5.59), traditional Przemko (5.42) and traditional Rubin (4.42).

The narrow-leaf cultivar Agra accumulated, harvest residues included, the highest content of microelements (kg·ha⁻¹): N – 69.8, P – 5.5, K – 71.4, Ca – 101.9 and Mg – 14.4.

The increase of sowing rate from 75 to 125 seeds per 1m² caused a significant and continuous increase in straw, root and harvest residues yields.

KEY WORDS: harvest residues, mineral content, pea

Recenzent: prof. dr hab. Mieczysław Wilczek – Akademia Rolnicza w Lublinie

Marcin Kozak, Andrzej Kotecki

**NASTĘPCZY WPŁYW ODMIAN GROCHU SIEWNEGO
NA ROZWÓJ I PLONOWANIE PSZENICY OZIMEJ.
CZĘŚĆ III. ROZWÓJ I PLONOWANIE PSZENICY OZIMEJ
THE RESIDUAL EFFECT OF COMMON PEA CULTIVARS
ON GROWTH AND YIELDING OF WINTER WHEAT.
PART III. GROWTH AND YIELDING OF WINTER WHEAT**

*Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Crop Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

W latach 1997–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice, należącym do Akademii Rolniczej we Wrocławiu, badano następczy wpływ grochu siewnego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej odmiany Kobra. Doświadczenie założono w układzie „split-plot” w czterech powtórzeniach na trzy czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I – rodzaj resztek: a – korzeniowe (korzenie + ściern), b – pozbiorowe (korzenie + ściern + słoma), II – odmiany grochu (a – wąsolistne: Agra i Piast, b – tradycyjnie ulistnione: Przemko i Rubin), III – liczba wysianych nasion grochu siewnego na 1 m² (75, 100 i 125).

Rozwój i plonowanie pszenicy ozimej odmiany Kobra były uwarunkowane przede wszystkim zmiennymi warunkami wilgotnościowo-termicznymi w latach badań, a w mniejszym stopniu zależały od rodzaju i masy wprowadzanych do gleby resztek pozbiorowych. Najwyższą masę 1000 ziaren, plon ziarna, plon białka ogółem i wartość energetyczną plonu ziarna uzyskano w wilgotnym cyklu badawczym 1997/1998.

Rodzaj resztek wprowadzanych do gleby po zbiorze przedplonu miał istotny wpływ na cechy morfologiczne oraz wysokość uzyskanych plonów pszenicy. W stanowisku gdzie przyorano resztki pozbiorowe (korzenie + ściern + słoma) grochu odnotowano istotnie wyższą wysokość roślin, dłuższy liść flagowy, większą masę 1000 ziaren oraz najwyższe plony ziarna, słomy, wydajność białka ogółem i wartość energetyczną plonu ziarna pszenicy ozimej, w porównaniu do stanowiska bez przyoranej słomy grochu.

W stanowisku po odmianie ulistnionej grochu Rubin uzyskano najwyższe plony ziarna pszenicy (6,88 t·ha⁻¹), wydajność białka ogółem (852 kg·ha⁻¹) i wartość energetyczną plonu ziarna (49990 MJ·ha⁻¹).

Zwiększenie ilości wysiewu grochu z 75 do 125 nasion na 1 m² miało korzystny następczy wpływ na plony ziarna, wydajność białka ogółem i wartość energetyczną plonu ziarna pszenicy.

SŁOWA KLUCZOWE: przedplon, groch, plon, pszenica ozima

WSTĘP

W uprawie pszenicy ozimej istotną rolę odgrywa prawidłowe następstwo roślin. Błędów w zmianowaniu nie można zrekomensować zwiększoną ilością wysiewu, intensywniejszym nawożeniem i chemiczną ochroną roślin przed agrofagami [Harasim, 1988, 1997; Jelinowski, Kuś, 1982, Kuś, Filipiak, Jończyk, 1992; Kuś, 1993]. Tylko w warunkach optymalnego przedplonu pozostałe ogniwa technologiczne działają najefektywniej, pozwalając na osiągnięcie wysokich plonów rzędu 7–8 ton ziarna z 1 ha.

Dobry dla pszenicy przedplon powinien, między innymi, wcześniej dojrzewać i przez to pozostawić dużo czasu na przygotowanie roli pod siew w optymalnym terminie [Chrzanowska-Drożdż, Nowak, 1995; Ruskowski, Mazurek, 1975]. Spadek plonowania pszenicy ozimej przy opóźnionym terminie siewu związany jest przede wszystkim ze zmniejszeniem krzewienia produkcyjnego, które bezpośrednio determinuje liczbę kłosów na jednostce powierzchni przed zbiorem oraz masę ziarna z pojedynczego kłosa. Właściwie dobrany przedplon sprzyja utrzymaniu gleby w dobrej strukturze, ogranicza konkurencyjne oddziaływanie chwastów oraz przyczynia się do zwiększenia zasobności gleby w składniki pokarmowe. Wartość przedplonu zależy także od ilości i jakości pozostawianych resztek pozbiorowych, które warunkują właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby [Deryło, 1997; Jasińska, Kotecki, 1993b; Jasińska, Kotecki, Kozak, 1996; 1997]. W badaniach niektórych autorów [Burczyk 1969; Kuś, Siuta, 1995] wykazano, że jedynie na glebach zwężłych, przy wysokiej zasobności w składniki pokarmowe i jednocześnie stosowaniu wysokiego nawożenia mineralnego, dobór stanowiska odgrywa mniejszą rolę w kształtowaniu plonu ziarna, niż w przypadku uprawy na glebach lżejszych.

Z badań wielu autorów [Adamiak, Adamiak, Zawiślak, 1994; Dzienia, Romek, 1991; Mościcka, 1981; Siuta 1994; Suwara, Gawrońska-Kulesza, 1994] wynika, że do grupy najlepszych przedplonów dla pszenicy można zaliczyć: rośliny strączkowe, mieszanki strączkowo-zbożowe, rośliny motylkowe wieloletnie oraz rzepak ozimy.

Pozytywny, następczy wpływ roślin strączkowych na pszenicę został potwierdzony w badaniach licznych autorów [Adamiak, Niewiadomski, 1984; Blecharczyk, Skrzypczak, Spitalniak, 1995; Dmowski, 1993; Dzienia, Romek, 1991; Paprocki, Zieliński, 1966; Rutkowski, Fordoński, 1994; Wallgren, 1990]. Wykazano szereg korzystnych oddziaływań przedplonów strączkowych na wzrost, rozwój i plonowanie pszenicy oraz jednocześnie możliwość ograniczenia nakładów na przemysłowe środki produkcji, głównie nawożenie azotem.

Spośród podstawowych elementów struktury plonu pszenicy ozimej o jej wydajności decyduje często w większym stopniu liczba kłosów na jednostce powierzchni niż masa ziarna z kłosa [Bojarczuk, Bojarczuk, 1969; Burczyk, 1969; Fotyma, Fotyma, 1993; Kuś, Nawrocki, 1980; Suwara, Gawrońska-Kulesza, 1997]. Odmiennego zdania są Harasim i Pacholczyk [1985], którzy w swoich badaniach wykazali odwrotną zależność.

W zmianowaniach o dużym wysyceniu zbożami często zaleca się, spośród motylkowych, uprawę grochu jako rośliny przerywającej następstwo tych gatunków po sobie. Jego rozgałęziony system korzeniowy wpływa dodatnio na strukturę gleby i poprawia warunki powietrzno-wodne w profilu glebowym [Bojanowski, Higersberger 1964; Jasińska, Kotecki, 1993a]. Korzystne działanie grochu, uprawianego w przedplonie,

objawia się także w postaci ograniczenia o 25% występowania na pszenicy chorób fuzaryjnych, w porównaniu do uprawy w monokulturze [Bailey, Mortensen, Lafond, 1992]. Proponowane następstwo roślin ma szczególne znaczenie w aspekcie zintegrowanej uprawy roślin, która w obecnych uwarunkowaniach ekonomiczno-gospodarczych jest najbardziej racjonalną formą gospodarowania [Sowiński, Kozak, 2001].

Badania prowadzone przez Harasima [1999] dowodzą, że pszenica uprawiana w następstwie po grochu efektywniej wykorzystuje niższe dawki azotu oraz wyżej plonuje niż po buraku cukrowym. Natomiast Wallgren [1990] prowadząc badania w Szwecji stwierdził, że pozytywny następczy wpływ grochu maleje w miarę nawożenia pszenicy wzrastającymi dawkami azotu.

Wprowadzenie w ostatnich latach do uprawy nowych morfotypów grochu, o odmiennej w stosunku do tradycyjnych budowie morfologicznej, zróżnicowanym przebiegu wzrostu i rozwoju oraz tempie gromadzenia asymilatów w plonie biologicznym i rolniczym stworzyło szerokie możliwości konstruowania zmianowań [Nalborczyk, 1993; Święcicki, Święcicki, Wiatr, 1997].

Celem pracy było określenie następczego wpływu odmian grochu na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej odmiany Kobra.

METODYKA I WARUNKI BADAŃ

W latach 1997–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice, należącym do Akademii Rolniczej we Wrocławiu, badano następczy wpływ grochu siewnego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej odmiany Kobra. Doświadczenie założono w układzie „split-plot” w czterech powtórzeniach na trzy czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I – rodzaj resztek: a – korzeniowe (korzenie + ściern), b – pozbiorowe (korzenie + ściern + słoma), II – odmiany grochu (a – wąsolistne: Agra i Piast, b – tradycyjnie ulistnione: Przemko i Rubin), III – liczba wysianych nasion grochu siewnego na 1 m² (75, 100 i 125).

Po wschodach i po przezimowaniu obliczono zagęszczenie roślin w rzędzie na 3 m.b., a wyniki przeliczono na 1 m². W podobny sposób przed zbiorem określono liczbę kłosów na 1 m². Na podstawie liczby roślin po przezimowaniu i liczby kłosów produkcyjnych przed zbiorem na 1 m² obliczono krzewienie produkcyjne. Plony ziarna i słomy sprowadzono do stałej zawartości wody wynoszącej 15%. Cechy morfologiczne określono bezpośrednio przed zbiorem na 10 losowo wybranych produkcyjnych źdźbłach z każdego poletka. Oznaczono: wysokość, długość liścia flagowego, liczbę ziaren w kłosie, masę ziarna i słomy jednego produkcyjnego źdźbła pszenicy, masę 1000 ziaren. Analizy chemiczne nasion wykonano standardowymi metodami. Zawartość bezazotowych związków wyciągowych w ziarnie obliczono odejmując od 100 sumaryczną zawartość białka ogółem, tłuszczu, włókna i popiołu surowego. Na podstawie wyników analiz chemicznych ziarna obliczono wartość energetyczną plonu i wydajność białka ogółem z 1 ha. Ponadto wyliczono nagromadzenie składników mineralnych w ziarnie i słomie pszenicy.

Warunki glebowe w prowadzonym doświadczeniu opisano w I części pracy pt.: „Wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie grochu siewnego”.

WYNIKI BADAŃ

W pierwszym roku badań (1997) siew pszenicy wykonano 9 października (tab. 1). Początkowy rozwój pszenicy, obejmujący kiełkowanie i wschody roślin, przypadł na okres ciepły i wilgotny. Przyczyniło się to do szybkiego wejścia roślin w fazę piórkania, która miała miejsce już po 12 dniach od siewu. Mimo dobrych warunków dla kiełkowania roślin obsada roślin była niższa od planowanej (400 szt.·1 m⁻²) i wynosiła średnio 323 na 1 m² (tab. 2). Listnienie uległo spowolnieniu, z powodu nadejścia jesiennych chłódów. W fazę początku krzewienia pszenica weszła 16 listopada, a już w kilka dni później nastąpiło zahamowanie vegetacji jesiennej spowodowane gwałtownym spadkiem temperatury powietrza. Mimo łagodnej zimy z niewielką okrywą śnieżną, z uwagi na słabą kondycję roślin jesienią, po rozpoczęciu vegetacji wiosną obsada roślin uległa zmniejszeniu średnio do 243 roślin na 1m². Wiosenna vegetacja pszenicy rozpoczęła się wcześniej i przebiegała w sprzyjających warunkach wilgotnościowo-termicznych, co przyczyniło się do intensywnego krzewienia roślin. Poważne niedobory wilgoci wystąpiły od II dekady kwietnia do II dekady maja, co wpłynęło w sposób istotny na skrócenie fazy strzelania w źdźbło i przejście do fazy kłoszenia pszenicy. Występujące po tym okresie opady poprawiły wilgotność, co przy wysokiej temperaturze powietrza, skutkowało wytworzeniem dużej liczby źdźbeł kłosonośnych. Po raz drugi w 1998 roku niedobór wilgoci wystąpił w II dekadzie lipca, powodując przyspieszenie dojrzewania ziarniaków i skrócenie okresu vegetacji pszenicy do najkrótszego w trzyletnim cyklu badań.

Tabela 1
Table 1

Rozwój pszenicy w latach 1998–2000
Growth of winter wheat in 1998–2000

| Fazy rozwojowe Growth stages | Liczba dni od siewu Number of days after sowing | | |
|--|--|------------|------------|
| | 1997/1998 | 1998/1999 | 1999/2000 |
| Siew – Sowing | 09.10.1997 | 01.10.1998 | 22.09.1999 |
| Wschody – Emergence | 12 | 17 | 19 |
| 3 liście – 3 leaves | 34 | 38 | 28 |
| Początek krzewienia Beginning of tillering | 38 | 42 | 36 |
| Zahamowanie vegetacji jesienią Inhibition of vegetation in autumn | 42 | 45 | 54 |
| Rozpoczęcie vegetacji wiosną Renewal of vegetation in spring | 158 | 168 | 180 |
| Koniec krzewienia – End of tillering | 163 | 201 | 181 |
| Strzelanie w źdźbło – Shooting | 203 | 214 | 217 |
| Kłoszenie – Earing | 223 | 239 | 236 |
| Wykształcanie ziarna – Plumpness of grain | 239 | 249 | 244 |
| Dojrzałość mleczna – Milk stage | 262 | 275 | 266 |
| Dojrzałość woskowa – Dough stage | 274 | 289 | 285 |
| Dojrzałość pełna – Full maturity | 281 | 295 | 307 |
| Zbiór – Harvest | 286 | 299 | 310 |

Tabela 2
Table 2Liczba roślin pszenicy i krzewienie produkcyjne (średnie dla czynników i lat)
Number of plants winter wheat and productive tillering (means for factors and years)

| Resztki poźniwne Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba nasion na 1m ² Number of seeds per 1m ² | Liczba roślin na 1m ² Number of plants per 1m ² | | Liczba kłosów na 1m ² Number of ears per 1m ² | Krzewienie produkcyjne Productive tillering |
|--|---------------------|---|--|---|---|--|
| | | | po wscho- dach after emer- gence | po przezi- mowaniu after winter survival | | |
| Korzeniowe Roots | | | 360 | 316 | 539 | 1,78 |
| Pozbiorowe Harvest | | | 369 | 332 | 563 | 1,76 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 4 | 8 | 4 | r. n. |
| | Agra | | 364 | 325 | 548 | 1,75 |
| | Piast | | 363 | 326 | 554 | 1,77 |
| | Przemko | | 363 | 332 | 550 | 1,79 |
| | Rubin | | 368 | 332 | 552 | 1,78 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. |
| | | 75 | 362 | 319 | 542 | 1,78 |
| | | 100 | 364 | 323 | 553 | 1,78 |
| | | 125 | 367 | 328 | 557 | 1,75 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r. n. | 5 | 5 | r. n. |
| | 1997/1998 | | 323 | 243 | 541 | 2,26 |
| | 1998/1999 | | 380 | 361 | 558 | 1,55 |
| | 1999/2000 | | 390 | 368 | 553 | 1.50 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 5 | 10 | 5 | 0,09 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Siew pszenicy w drugim roku badań miał miejsce 01.10. w okresie bardzo wilgotnym i stosunkowo ciepłym. Pełnię wschodów osiągnęły rośliny pszenicy 18 października, a obsada roślin na 1 m² była zbliżona do założeń teoretycznych i wynosiła średnio 380. Podobnie jak w pierwszym roku badań, wkrótce po rozpoczęciu przez pszenicę krzewienia nastąpiło obniżenie temperatury powietrza i wejście roślin w stan spoczynku zimowego. Zima 1998/1999 była łagodna i sprzyjała dobremu przezimowaniu roślin pszenicy. Rozpoczęcie wiosennej wegetacji pszenicy nastąpiło 18 marca w okresie wilgotnym. Podobnie jak w pierwszym roku badań, susza od II dekady kwietnia do II dekady maja wpłynęła ograniczająco na rozwój roślin pszenicy podczas strzelania w źdźbło. Opady w czerwcu i w pierwszej połowie lipca poprawiły warunki wilgotnościowe, jednak nie zrekomensowały wcześniejszego niedostatku wilgoci, co znalazło swoje odbicie w najniższych plonach ziarna pszenicy w trzyletnim cyklu badań.

Susza na przełomie sierpnia i września spowodowała znaczne trudności w prawidłowym przygotowaniu stanowiska pod uprawę pszenicy ozimej w ostatnim roku badań. Siew pszenicy w 1999 roku wykonano 22.09. w okresie posuszonym, co przyczyniło się do wydłużenia fazy kielkowania do 19 dni. Była ona najdłuższa w trzyletnim cyklu badań. Pomimo niedoboru wilgoci w okresie kielkowania i wschodów obsada

roślin jesienią była najbliższa założeniom teoretycznym i wynosiła średnio 390 na 1m² (tab. 2). Okres spoczynku zimowego pszenicy przebiegał łagodnie, bez gwałtownych zmian temperatur, co przyczyniło się do dobrego przezimowania roślin. Ostatni rok badań – 2000 cechowały ekstremalnie zmienne warunki pogodowe w okresie wegetacji pszenicy. Pierwsza i druga dekada marca była wyjątkowo przekropna w porównaniu z wielolecieciem, co wpłynęło istotnie na rozwój wegetatywny roślin. Suma opadów w tym okresie wynosiła aż 110 mm. Natomiast już na przełomie maja i czerwca (w fazie kłoszenia i wypełniania ziarna pszenicy) notowano niedobory wilgoci powodujące suszę. Czerwiec zaznaczył się wyższymi temperaturami powietrza i niższymi sumami opadów, w porównaniu z wielolecieciem. Wysoka temperatura w tym okresie przyspieszyła osiągnięcie przez rośliny pszenicy fazy dojrzałości mlecznej ziarniaków. W lipcu opady były rekordowo wysokie (130 mm przy średniej dla wielolecia 68,5 mm), natomiast już w końcu lipca rozpoczął się ponownie trwający 2 miesiące okres suszy. Ze względu na bardzo wysokie sumy opadów, okres od siewu do zbioru pszenicy był najdłuższy w ostatnim cyklu badań i wynosił 310 dni.

Na obiektach z przyoraną słomą grochu stwierdzono zarówno po wschodach, jak i po przezimowaniu pszenicy istotnie wyższą obsadę roślin na jednostce powierzchni (tab. 2). Liczba kłosów przed zbiorem była wyższa w stanowisku z przyoraną słomą grochu, w porównaniu do obiektów bez słomy o 4,5%.

Odmiany grochu nie miały wpływu na obsadę roślin pszenicy po wschodach i po przezimowaniu, jak również na liczbę kłosów na jednostce powierzchni i współczynnik krzewienia produkcyjnego (tab. 2). Zmienne warunki wilgotnościowo-termiczne w latach badań oraz zróżnicowana liczba roślin pszenicy na wiosnę modyfikowały w sposób istotny współczynnik krzewienia produkcyjnego, który był istotnie najwyższy w cyklu badań 1997/1998 i wynosił 2,26 (tab. 2).

Badane czynniki modyfikowały istotnie cechy morfologiczne pszenicy. Po przyoranej słomie grochu pszenica miała większą wysokość, dłuższy liść flagowy i wyższą masę 1000 ziaren, natomiast wytwarzała krótsze kłosy, w porównaniu z resztkami korzeniowymi (tab. 3). Odmiany grochu modyfikowały wartość stanowiska i miały wpływ na wysokość roślin, długość liścia flagowego i masę 1000 ziaren. Na ogół najkorzystniejszymi parametrami biometrycznymi odznaczała się pszenica uprawiana po odmianie ulistnionej Rubin. Wzrastająca liczba wysianych nasion grochu zwiększyła istotnie długość liścia flagowego i masę 1000 ziaren (tab. 3).

Zmienne warunki pogodowe w poszczególnych latach badań wpłynęły istotnie na wszystkie badane cechy morfologiczne pszenicy ozimej. Zarówno dla rozwoju wegetatywnego, jak i generatywnego najbardziej korzystny okazał się przebieg pogody w cyklu badawczym 1997/1998. Rośliny osiągnęły największy wzrost, długość kłosa i masę 1000 ziaren w umiarkowanie wilgotnym 1998 roku, natomiast najdłuższym liściem flagowym i największą liczbą ziaren w kłosie charakteryzowały się w ekstremalnie zmiennym pogodowo roku 2000.

Pszenica uprawiana po przyoranej słomie grochu, w porównaniu do obiektów bez słomy, wytwarzała większą masę ziarna w kłosie i masę słomy (tab. 4). Wykazano istotny następczy wpływ odmian grochu na masę ziarna w kłosie i słomy pszenicy. Największą masę ziarna w kłosie pszenicy (2,08 g) oraz łączną masę ziarna i słomy (3,63 g) uzyskano po grochu uprawianym w zagęszczeniu 125 nasion na 1 m².

Tabela 3
Table 3Cechy morfologiczne pszenicy ozimej przed zbiorem (średnie dla czynników i lat)
Morphological traits of winter wheat before harvesting (means for factors and years)

| Resztki pożniwne Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba na- sion na 1m ² Number of seeds per 1m ² | Wysokość roślin Height of plant (cm) | Długość liścia flagowego Length of flag leaf (cm) | Długość kłosa Length of ear (cm) | Liczba ziaren w kłosie Number of grains per ear | MTZ (g) |
|--|---------------------|--|---|---|---|--|------------|
| Korzeniowe Roots | | | 77 | 16,8 | 8,3 | 44,1 | 47,6 |
| Pozbiorowe Harvest | | | 80 | 17,9 | 8,1 | 44,8 | 48,0 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,2 | 0,1 | r. n. | 0,1 |
| | Agra | | 77 | 17,2 | 8,3 | 45,0 | 47,8 |
| | Piast | | 79 | 17,3 | 8,2 | 44,4 | 47,5 |
| | Przemko | | 78 | 17,3 | 8,3 | 44,6 | 47,9 |
| | Rubin | | 79 | 17,6 | 8,3 | 44,0 | 48,0 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,3 | r. n. | r. n. | 0,2 |
| | | 75 | 79 | 17,2 | 8,3 | 44,1 | 47,7 |
| | | 100 | 78 | 17,4 | 8,3 | 44,3 | 47,7 |
| | | 125 | 78 | 17,6 | 8,2 | 45,1 | 48,0 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r. n. | 0,3 | r. n. | r. n. | 0,2 |
| 1997/1998 | | | 85 | 17,0 | 8,4 | 44,1 | 52,9 |
| 1998/1999 | | | 77 | 17,3 | 8,0 | 42,9 | 44,9 |
| 1999/2000 | | | 73 | 17,8 | 8,3 | 46,5 | 45,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,2 | 0,1 | 1,1 | 0,2 |

MTZ – masa 1000 ziaren – weight of 1000 grains; r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 4
Table 4Elementy struktury plonu 1 produkcyjnego źdźbła pszenicy ozimej (średnie dla czynników i lat)
Yield components of winter wheat productive culm (means for factors and years)

| Resztki pożniwne Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba na- sion na 1m ² Number of seeds per 1m ² | Masa ziarna Weight of grains (g) | Masa źdźbła Weight of culm (g) | Łącznie masa ziarna i źdźbła Total weight of grains and culm (g) | Procentowy udział Percentage partici- pation (%) | |
|--|---------------------|--|--|--|--|--|----------------|
| | | | | | | ziarno grain | źdźbło culm |
| Korzeniowe Roots | | | 2,01 | 1,52 | 3,53 | 57,0 | 43,0 |
| Pozbiorowe Harvest | | | 2,07 | 1,58 | 3,65 | 56,8 | 43,2 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,04 | 0,03 | 0,05 | r. n. | r. n. |
| | Agra | | 2,06 | 1,57 | 3,63 | 56,7 | 43,3 |
| | Piast | | 2,03 | 1,55 | 3,58 | 56,7 | 43,3 |
| | Przemko | | 2,05 | 1,53 | 3,58 | 57,4 | 42,6 |
| | Rubin | | 2,04 | 1,55 | 3,59 | 56,8 | 43,2 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,02 | 0,03 | r. n. | r. n. | r. n. |
| | | 75 | 2,02 | 1,55 | 3,57 | 56,6 | 43,4 |
| | | 100 | 2,03 | 1,55 | 3,58 | 56,8 | 43,2 |
| | | 125 | 2,08 | 1,55 | 3,63 | 57,3 | 42,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,04 | r. n. | 0,04 | r. n. | r. n. |
| 1997/1998 | | | 2,13 | 1,39 | 3,52 | 60,6 | 39,6 |
| 1998/1999 | | | 1,90 | 1,65 | 3,55 | 53,5 | 46,5 |
| 1999/2000 | | | 2,09 | 1,61 | 3,70 | 56,5 | 43,5 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,05 | 0,03 | 0,06 | 0,7 | 0,7 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Rodzaj przyoranych resztek poźniwnych grochu wpłynął istotnie na wysokość plonu ziarna i słomy pszenicy oraz wydajność białka ogółem z 1 ha a także wartość energetyczną plonu ziarna (tab. 5). Po przyoranej słomie grochu pszenica odznaczała się wyższym plonem ziarna o 11,3%, słomy o 10,5%, wydajnością białka ogółem z ziarna o 10,3% i o 11,3% wyższą wartością energetyczną plonu z 1 ha, niż na obiektach bez słomy. Po odmianie Rubin, uzyskano najwyższy plon ziarna ($6,88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), wydajność białka ogółem z ziarna ($852 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i wartość energetyczną plonu ziarna ($49990 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Natomiast uzyskany plon słomy był najniższy po odmianie Przemko. Najwyższe plony ziarna pszenicy, wydajność białka ogółem z ziarna i wartość energetyczną plonu ziarna uzyskano na obiektach z wysiewem 125 nasion grochu na 1 m^2 .

Tabela 5
Table 5

Plony pszenicy ozimej (średnie dla czynników i lat)
Yields of winter wheat (means for factors and years)

| Resztki poźniwne Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba nasion na 1 m^2 Number of seeds per 1 m^2 | Plony – Yields ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) | | Wydajność białka ogółem Total protein yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) | WEP ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) |
|--|---------------------|---|--|-------------|---|--|
| | | | ziarno grain | słoma straw | | |
| Korzeniowe Roots Pozbiorowe Harvest | | | 6,30 | 6,16 | 784 | 45754 |
| | | | 7,10 | 6,88 | 874 | 51607 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,07 | 0,13 | 8 | 478 |
| | Agra | | 6,47 | 6,52 | 804 | 47046 |
| | Piast | | 6,74 | 6,62 | 827 | 48998 |
| | Przemko | | 6,70 | 6,34 | 832 | 48689 |
| | Rubin | | 6,88 | 6,59 | 852 | 49990 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,09 | 0,17 | 11 | 641 |
| | | 75 | 6,56 | 6,48 | 802 | 47714 |
| | | 100 | 6,72 | 6,53 | 834 | 48833 |
| | | 125 | 6,81 | 6,55 | 850 | 49494 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,08 | r. n. | 9 | 558 |
| | | 1997/1998 | 7,76 | 7,09 | 973 | 53361 |
| | | 1998/1999 | 5,81 | 7,44 | 721 | 42091 |
| | | 1999/2000 | 6,52 | 5,03 | 792 | 47589 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,08 | 0,16 | 10 | 585 |

WEP – Wartość energetyczna plonu ziarna - Energy of grain field

Badane czynniki miały mały wpływ na skład chemiczny i wartość energetyczną 1 kg ziarna pszenicy, który kształtował się przede wszystkim pod wpływem przebiegu pogody. W stanowisku z przyoraną słomą grochu ziarno pszenicy zawierało mniej białka niż w uprawie bez słomy, a wzrost ilości wysiewu grochu miał korzystny wpływ na zwiększenie zawartości białka ogółem i obniżenie poziomu bezazotowych związków wyciągowych (tab. 6).

Tabela 6
Table 6

Skład chemiczny (%) i wartość energetyczna ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) ziarna pszenicy ozimej
(średnie dla czynników i lat)
Chemical composition (%) and energetic value ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) in the grain of winter wheat
(means for factors and years)

| Resztki poźniwe Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba nasion na 1m^2 Number of seeds per 1m^2 | Białko ogółem | Tłuszcz surowy | Włókno surowe | Popiół surowy | BAW | WE ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) |
|---|---------------------|---|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------|--|
| Korzeniowe Roots | | | 14,6 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 79,1 | 7,27 |
| Pozbiorowe Harvest | | | 14,4 | 2,4 | 2,2 | 1,8 | 79,2 | 7,27 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,1 | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. |
| | Agra | | 14,6 | 2,3 | 2,2 | 1,9 | 79,0 | 7,27 |
| | Piast | | 14,4 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 79,3 | 7,27 |
| | Przemko | | 14,6 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 79,1 | 7,27 |
| | Rubin | | 14,5 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 79,2 | 7,27 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. |
| | | 75 | 14,3 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 79,4 | 7,27 |
| | | 100 | 14,6 | 2,3 | 2,3 | 1,8 | 79,0 | 7,26 |
| | | 125 | 14,7 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 79,0 | 7,27 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,2 | r. n. | r. n. | r. n. | 0,2 | r. n. |
| | 1997/1998 | | 14,8 | 2,4 | 2,3 | 1,9 | 78,6 | 7,26 |
| | 1998/1999 | | 14,6 | 1,7 | 2,3 | 1,8 | 79,6 | 7,25 |
| | 1999/2000 | | 14,3 | 2,7 | 2,1 | 1,7 | 79,2 | 7,29 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |

BAW – Bezazotowe związki wyciągowe – Nitrogen free extract

WE – Wartość energetyczna 1 kg ziarna – Energetic value per 1 kg grain

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Zawartość składników mineralnych w ziarnie pszenicy kształtowała się pod wpływem rodzaju przyoranych resztek grochu. Na obiektach bez przyoranej słomy, w porównaniu z przyoraną słomą, ziarno zawierało więcej N, K i Mg (tab. 7). Odmiany grochu miały wpływ na zawartość magnezu w ziarnie pszenicy. Odnotowano również dodatni wpływ wzrastającej ilości wysiewu grochu na zawartość azotu w ziarnie pszenicy. Natomiast zawartość składników mineralnych w słomie kształtowała się pod wpływem przebiegu pogody (tab. 8).

Tabela 7

Table 7

Zawartość składników mineralnych (%) w ziarnie pszenicy ozimej (średnie dla czynników i lat)
Mineral components content (%) in wheat grain (means for factors and years)

| Resztki poźniwne Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba nasion na 1m ² Number of seeds per 1m ² | N | P | K | Ca | Mg | |
|--|-----------------------------------|---|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| Korzeniowe Roots Pozbiorowe Harvest | | | 2,34 | 0,34 | 0,35 | 0,04 | 0,26 | |
| | | | 2,31 | 0,33 | 0,33 | 0,04 | 0,23 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,02 | r. n. | 0,01 | r. n. | 0,01 | |
| | Agra Piast Przemko Rubin | | 2,33 | 0,32 | 0,34 | 0,04 | 0,25 | |
| | | | 2,31 | 0,33 | 0,34 | 0,04 | 0,23 | |
| | | | 2,34 | 0,32 | 0,34 | 0,04 | 0,26 | |
| | | | 2,33 | 0,33 | 0,33 | 0,04 | 0,26 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | 0,01 | |
| | | 75 | 2,29 | 0,33 | 0,34 | 0,04 | 0,25 | |
| | | 100 | 2,33 | 0,33 | 0,34 | 0,04 | 0,25 | |
| | | 125 | 2,35 | 0,33 | 0,33 | 0,04 | 0,25 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,03 | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | |
| | | | 1997/1998 | 2,36 | 0,37 | 0,37 | 0,02 | 0,26 |
| | | | 1998/1999 | 2,33 | 0,29 | 0,35 | 0,04 | 0,23 |
| | | | 1999/2000 | 2,28 | 0,32 | 0,29 | 0,05 | 0,26 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 8

Table 8

Zawartość składników mineralnych (%) w słomie pszenicy ozimej (średnie dla czynników i lat)
Mineral components content (%) in wheat straw (means for factors and years)

| Resztki poźniwne Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba nasion na 1m ² Number of seeds per 1m ² | N | P | K | Ca | Mg | |
|--|-----------------------------------|---|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| Korzeniowe Roots Pozbiorowe Harvest | | | 0,65 | 0,09 | 0,91 | 0,31 | 0,21 | |
| | | | 0,66 | 0,09 | 0,93 | 0,31 | 0,21 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | |
| | Agra Piast Przemko Rubin | | 0,64 | 0,09 | 0,92 | 0,31 | 0,22 | |
| | | | 0,66 | 0,09 | 0,93 | 0,32 | 0,21 | |
| | | | 0,65 | 0,09 | 0,94 | 0,31 | 0,21 | |
| | | | 0,65 | 0,09 | 0,90 | 0,30 | 0,21 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | |
| | | 75 | 0,64 | 0,09 | 0,93 | 0,31 | 0,21 | |
| | | 100 | 0,66 | 0,09 | 0,93 | 0,30 | 0,21 | |
| | | 125 | 0,65 | 0,09 | 0,91 | 0,31 | 0,21 | |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | r. n. | |
| | | | 1997/1998 | 0,63 | 0,10 | 1,00 | 0,30 | 0,23 |
| | | | 1998/1999 | 0,69 | 0,09 | 1,37 | 0,36 | 0,19 |
| | | | 1999/2000 | 0,64 | 0,09 | 0,40 | 0,26 | 0,21 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,03 | r. n. | 0,04 | 0,02 | 0,01 | |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Masa składników mineralnych w ziarnie i słomie pszenicy była ściśle powiązana z uzyskanymi plonami ziarna i słomy w latach badań i zawartością poszczególnych składników, modyfikowaną przebiegiem pogody w okresie wegetacji roślin (tab. 9 i 10). Na obiektach z przyoraną słomą grochu masa składników mineralnych w ziarnie i słomie pszenicy była istotnie wyższa, w porównaniu z obiektami, gdzie przyorano jedynie resztki korzeniowe. Wykazano również znaczący wpływ uprawianej w przedplonie odmiany grochu na masę nagromadzonych makroskładników. Stanowisko po odmianie Rubin sprzyjało najwyższej koncentracji w ziarnie azotu, fosforu i magnezu. Z kolei ziarno pszenicy uprawianej po odmianie wąsolistnej Piast charakteryzowało się wysokim nagromadzeniem wapnia (tab. 9). Wzrost ilości wysiewu grochu z 75 do 125 nasion na 1 m² powodował większą akumulację w ziarnie N, P, K i Ca.

Tabela 9

Table 9

Masa składników mineralnych (kg·ha⁻¹) w ziarnie pszenicy ozimej (średnie dla czynników i lat)
Mineral components accumulation (kg·ha⁻¹) in winter wheat grain (means for factors and years)

| Resztki poźniwne Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba nasion na 1m ² Number of seeds per 1m ² | N | P | K | Ca | Mg |
|--|-----------------------------------|---|-----|------|------|------|-------|
| Korzeniowe Roots Pozbiorowe Harvest | | | 125 | 17,6 | 18,6 | 1,95 | 14,0 |
| | | | 140 | 20,0 | 19,8 | 2,17 | 14,2 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,02 | 0,1 |
| | Agra Piast Przemko Rubin | | 128 | 17,9 | 18,6 | 2,01 | 13,2 |
| | | | 132 | 19,1 | 19,6 | 2,14 | 13,4 |
| | | | 133 | 18,7 | 19,3 | 1,99 | 14,4 |
| | | | 136 | 19,5 | 19,5 | 2,11 | 15,3 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 2 | 0,2 | 0,2 | 0,03 | 0,2 |
| | | 75 | 128 | 18,5 | 18,9 | 1,99 | 14,1 |
| | | 100 | 133 | 18,9 | 19,4 | 2,01 | 14,2 |
| | | 125 | 136 | 19,1 | 19,4 | 2,18 | 14,0 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,03 | r. n. |
| 1997/1998 1998/1999 1999/2000 | | | 156 | 24,5 | 24,2 | 1,33 | 17,0 |
| | | | 115 | 14,3 | 17,5 | 2,06 | 10,9 |
| | | | 127 | 17,6 | 16,0 | 2,79 | 14,5 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 2 | 0,2 | 0,2 | 0,03 | 0,2 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Masa nagromadzonego w słomie N, P i Ca była najwyższa po grochu odmiany Piast, a Mg po odmianie Agra. Wzrost zagęszczenia roślin grochu, w następczym działaniu na pszenicę, powodował na ogół większą akumulację N i P (tab. 10).

Tabela 10

Table 10

Masa składników mineralnych ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) w słomie pszenicy ozimej (średnie dla czynników i lat)
 Mineral components accumulation ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in winter wheat straw (means for factors and years)

| Resztki poźniwe Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba nasion na 1m^2 Number of seeds per 1m^2 | N | P | K | Ca | Mg |
|-------------------------------------|---------------------|---|----|-----|-------|------|-------|
| Korzeniowe Roots | | | 34 | 4,7 | 51,6 | 16,7 | 11,2 |
| Pozbiorowe Harvest | | | 39 | 5,5 | 57,4 | 18,1 | 12,3 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,1 | 1,2 | 0,3 | 0,2 |
| | Agra | | 35 | 5,2 | 53,6 | 17,2 | 12,3 |
| | Piast | | 38 | 5,3 | 55,4 | 18,4 | 11,9 |
| | Przemko | | 36 | 4,9 | 54,3 | 17,1 | 11,2 |
| | Rubin | | 37 | 5,1 | 54,7 | 17,1 | 11,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,1 | r. n. | 0,5 | 0,3 |
| | | 75 | 35 | 5,0 | 54,5 | 17,6 | 11,6 |
| | | 100 | 37 | 5,2 | 54,8 | 17,1 | 11,8 |
| | | 125 | 37 | 5,2 | 54,1 | 17,6 | 11,9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,1 | r. n. | 0,4 | r. n. |
| | 1997/1998 | | 38 | 6,3 | 60,5 | 18,3 | 14,0 |
| | 1998/1999 | | 45 | 5,0 | 86,0 | 22,7 | 12,2 |
| | 1999/2000 | | 27 | 4,0 | 17,1 | 11,3 | 9,1 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | 0,1 | 1,5 | 0,4 | 0,3 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Łączna masa składników mineralnych w ziarnie i słomie pszenicy była uwarunkowana wszystkimi badanymi czynnikami (tab. 11). Większemu nagromadzeniu wszystkich badanych makroskładników sprzyjała uprawa w stanowisku po przyoranej słomie grochu. Najwyższą łączną akumulację N i Mg uzyskano w uprawie pszenicy po odmianie grochu Rubin, natomiast Ca po odmianie Piast. Zróżnicowana liczba wysiewu nasion grochu miała istotny wpływ na nagromadzenie N, P i Ca.

Tabela 11

Table 11

Masa składników mineralnych łącznie ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) w ziarnie i słomie pszenicy ozimej
(średnie dla czynników i lat)

Total mineral components accumulation ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in winter wheat grain and straw
(means for factors and years)

| Resztki poźniwe Harvest residues | Odmiana Cultivar | Liczba nasion na 1m^2 Number of seeds per 1m^2 | N | P | K | Ca | Mg |
|-------------------------------------|---------------------|---|-----|------|-------|------|-------|
| Korzeniowe Roots | | | 159 | 22,3 | 70,2 | 18,7 | 25,2 |
| Pozbiorowe Harvest | | | 179 | 25,5 | 77,2 | 20,3 | 26,5 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 2 | 0,2 | 1,3 | 0,3 | 0,3 |
| | Agra | | 163 | 23,1 | 72,2 | 19,2 | 25,5 |
| | Piast | | 170 | 24,4 | 75,0 | 20,5 | 25,3 |
| | Przemko | | 169 | 23,6 | 73,6 | 19,1 | 25,6 |
| | Rubin | | 173 | 24,6 | 74,2 | 19,2 | 27,0 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 2 | 0,3 | 1,6 | 0,5 | 0,4 |
| | | 75 | 163 | 23,5 | 73,4 | 19,6 | 25,7 |
| | | 100 | 170 | 24,1 | 74,2 | 19,1 | 26,0 |
| | | 125 | 173 | 24,3 | 73,5 | 19,8 | 25,9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 2 | 0,3 | r. n. | 0,4 | r. n. |
| | 1997/1998 | | 194 | 30,8 | 84,7 | 19,6 | 31,0 |
| | 1998/1999 | | 160 | 19,3 | 103,5 | 24,8 | 23,1 |
| | 1999/2000 | | 154 | 21,6 | 33,1 | 14,1 | 23,6 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 2 | 0,3 | 1,6 | 0,4 | 0,4 |

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

DYSKUSJA

Dużą rolę w kształtowaniu komponentów plonu pszenicy odgrywa rodzaj przedplonu. Wielu autorów [Harasim, 1988, 1997; Harasim, Pacholczyk, 1995; Jelinowski, Kuś, 1982; Suwara, Gawrońska-Kulesza, 1997] wykazało, że pszenica uprawiana w stanowisku po grochu odznaczała się korzystniejszymi elementami struktury plonu. W stanowisku z przyoraną słomą grochu stwierdzono zarówno po wschodach, jak i po przezimowaniu pszenicy, istotnie wyższą obsadę roślin na jednostce powierzchni oraz większą o 4,5% liczbę kłosów przed zbiorem, w porównaniu do obiektów bez przyoranej słomy.

Badania własne potwierdziły wcześniejsze obserwacje [Bojarczuk, Bojarczuk, 1969; Kuś, Nawrocki, 1980] dotyczące plonotwórczej roli poszczególnych elementów struktury plonu, a szczególnie liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren. Również z doświadczeń Harasima [1984] wynika, że o wydajności ziarna z jednostki powierzchni w większym stopniu decyduje plon ziarna z kłosa niż liczba kłosów. Z kolei inne wyniki badań [Burezyk, 1969; Harasim, 1997] wskazują na wysoce istotny wpływ liczby kłosów na plonowanie pszenicy ozimej, co w naszych badaniach nie zostało w pełni potwierdzone.

W badaniach własnych rodzaj przyoranych resztek wpłynął istotnie na wysokość plonu ziarna i słomy pszenicy oraz plon białka ogółem z 1 ha, a także wartość energetyczną plonu nasion. W stanowisku po przyoranej słomie grochu pszenica odznaczała się wyższym plonem ziarna o 11,3%, słomy o 10,5%, białka ogółem o 10,3% i o 11,3% wyższą wartością energetyczną plonu z 1 ha. Spośród badanych odmian grochu, odmiana ulistniona Rubin uprawiana jako przedplon dla pszenicy ozimej korzystnie wpłynęła na uzyskanie najwyższego plonu ziarna ($6,88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), plonu białka ogółem ($852 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i wartość energetyczną plonu ziarna ($49990 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Uzyskane wyniki sugerują wysoką wartość przedplonową odmiany Rubin. Nie znalazło to potwierdzenia we wcześniejszych badaniach [Jasińska, Kotecki, Grządkowska, 1997; Jasińska, Nowak, Grządkowska, 1997], w których pszenica uprawiana po odmianie Rubin odznaczała się gorszymi elementami struktury plonu i niższymi plonami, w porównaniu do stanowiska po odmianie Kama. Ponadto w doświadczeniu własnym stwierdzono, że wzrost ilości wysiewu nasion grochu wpływał pozytywnie na uzyskanie wysokich plonów ziarna pszenicy, białka ogółem i wartość energetyczną plonu. Najkorzystniejszy był wysiew 125 nasion grochu na 1 m^2 .

Główną przyczyną wyższego plonowania zbóż po grochu jest wysoka zawartość łatwo przyswajalnego dla roślin azotu, co daje wyraźną poprawę opłacalności produkcji. Badania Harsima [1998] wskazują, że wskaźnik opłacalności pszenicy ozimej uprawianej po grochu był o 40% większy niż w monokulturze i o 28% niż w zmianowaniu bez tego gatunku.

WNIOSKI

1. Rozwój i plonowanie pszenicy ozimej odmiany Kobra były uwarunkowane przede wszystkim zmiennymi warunkami wilgotnościowo-termicznymi w latach badań, a w mniejszym stopniu zależały od rodzaju i masy wprowadzanych do gleby resztek pozbiorowych. Najwyższą masę 1000 ziaren, plon ziarna, plon białka ogółem i wartość energetyczną plonu ziarna uzyskano w wilgotnym cyklu badawczym 1997/1998.

2. Rodzaj resztek wprowadzanych do gleby po zbiorze przedplonu miał istotny wpływ na cechy morfologiczne oraz wysokość uzyskanych plonów pszenicy. W stanowisku, gdzie przyorano resztki pozbiorowe (korzenie + ściern + słoma) grochu odnotowano istotnie wyższą wysokość roślin, dłuższy liść flagowy, większą masę 1000 ziaren oraz najwyższe plony ziarna, słomy, wydajność białka ogółem i wartość energetyczną plonu ziarna pszenicy ozimej, w porównaniu do stanowiska bez przyoranej słomy grochu.

3. W stanowisku po odmianie ulistnionej grochu Rubin uzyskano najwyższe plony ziarna pszenicy ($6,88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), wydajność białka ogółem ($852 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i wartość energetyczną plonu ziarna ($49990 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$).

4. Zwiększenie ilości wysiewu grochu z 75 do 125 nasion na 1 m^2 miało korzystny następczy wpływ na plony ziarna, wydajność białka ogółem i wartość energetyczną plonu ziarna pszenicy.

PIŚMIENNICTWO

- Adamiak J., Adamiak E., Zawislak K.: 1994. Reakcja pszenicy ozimej na udział zbóż w płodozmianie i dobór przedplonów. *Fragm. Agron.*, 1, 82–88.
- Adamiak J., Niewiadomski W.: 1984. Pszenica ozima po przedplonach zbożowych i bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 305, 295–297.
- Bailey K.L., Mortensen K., Lafond G. P.: 1992. Effects of tillage systems and crop rotations on root and foliar diseases of wheat, flax and peas in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*, 72/2, 583–591.
- Blecharczyk A., Skrzypczak G., Spitalniak J.: 1995. Response of winter wheat to previous crops and nitrogen fertilization. *Fragm. Agron.*, 2, 236–237.
- Bojanowski M., Higersberger J.: 1964. *Uprawa motylkowych*. PWRiL, Warszawa, 3–23.
- Bojarczuk M., Bojarczuk J.: 1969. Wpływ niektórych czynników siedliska związanych z przedplonem na kształtowanie plonu pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*, 3-4, 113–120.
- Burczyk H.: 1969. Wpływ wzrastających dawek azotu na wysokość i jakość plonu pszenicy ozimej w zależności od gleby, przedplonu i doboru odmiany. *Pam. Puł.*, 36, 359–418.
- Chrzanowska-Drożdż B., Nowak W.: 1995. Wpływ stanowiska i nawożenia mineralnego na plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 262, Rol., 81–91.
- Deryło S.: 1997. Wpływ wieloletnich zmianowań zbożowych na plonowanie i zachwaszczenie pszenicy ozimej. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricult.*, 64, 215–219.
- Dmowski Z.: 1993. Przedplony i udział zbóż w zmianowaniu. Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. Pod red. J. Dzieżyca, PWN, Warszawa, Wroc., 279–281.
- Dzienia S., Romek B.: 1991. Reakcja zbóż na przedplony roślin strączkowych. *Rocz. AR Poznań*, 41, Rol., 139–147.
- Fotyma M., Fotyma E.: 1993. Struktura plonu zbóż ozimych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 4, 101–102.
- Harasim A.: 1984. Struktura plonu i wydajność pszenicy ozimej w zależności od stanowiska w zmianowaniu. *Biul. IHAR*, 155, 83–89.
- Harasim A.: 1988. Wpływ stanowiska w zmianowaniu i zagęszczenia roślin na produktywność dwóch odmian pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 93, 215–222.
- Harasim A.: 1997. Możliwość kompensacji ujemnego wpływu stanowiska na plonowanie i efektywność produkcji pszenicy ozimej. Cz. I. Plon ziarna i jego związki z niektórymi czynnikami. *Pam. Puł.*, 109, 19–33.
- Harasim A.: 1998. Efektywność ekonomiczna wybranych elementów agrotechniki pszenicy ozimej w różnych stanowiskach. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricult.*, 66, 67–71.
- Harasim A.: 1999. Efektywność produkcji pszenicy ozimej w różnych stanowiskach w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. *Pam. Puł.*, 118, 159–165.
- Harasim A., Pacholczyk W.: 1985. Reakcja kilku odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych stanowiskach. *Pam. Puł.*, 85, 93–104.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 1993a. Rośliny strączkowe. *AR Wrocław*, 9–13, 19, 73–80.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 1993b. Plonowanie oraz wartość resztek poźniwnych bobiku i grochu. *Biul. IHAR*, 186, 13–14.
- Jasińska Z., Kotecki A., Grządkowska A.: 1997. Wpływ następczy roślin strączkowych i nawożenia azotem na rozwój wegetatywny pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk., AR Wroc.*, 316, Rol., 179–188.
- Jasińska Z., Kotecki A., Kozak M.: 1996. Plonowanie oraz wartość resztek poźniwnych grochu i bobiku. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 303, Rol. 183–193.
- Jasińska Z., Kotecki A., Kozak M.: 1997. Masa i skład chemiczny resztek poźniwnych wybranych odmian grochu i bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 446, 239–246.

- Jasińska Z., Nowak W., Grządkowska A.: 1997. Wpływ następczy roślin strączkowych i nawożenia azotem na cechy struktury plonu i plon pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk., AR Wroc.*, 316, Rol., 189–198.
- Jelinowski S., Kuś J.: 1982. Rola zmianowania w produkcji zbóż. *Nowe Rol.*, 4, 3–8.
- Kuś J.: 1993. Kształtowanie się plonu pszenicy ozimej w różnych płodozmianach w 20-leciu 1973–1993. *Fragm. Agron.*, 4, 25–26.
- Kuś J., Filipiak K., Jończyk K.: 1992. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych i ich współdziałań na plony pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 1, 34–35.
- Kuś J., Nawrocki S.: 1980. Ocena zmianowań o zwiększonym udziale zbóż. Cz. I. Plonowanie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. *Pam. Puł.*, 72, 35–47.
- Kuś J., Siuta A.: 1995. Plonowanie zbóż ozimych w zależności od przedplonu i kompleksu glebowego. *Fragm. Agron.*, 3, 53–58.
- Mościcka E.: 1981. Wpływ przedplonów oraz zróżnicowanie udziału zbóż w zmianowaniu na plonowanie pszenicy ozimej. *Nowe Rol.*, 17/18, 4–5.
- Nalborczyk E.: 1993. Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych. *Fragm. Agron.*, 4, 147–150.
- Paprocki S., Zieliński A.: 1966. Wpływ mieszanek strączkowo-zbożowych na plony, jakość resztek poźniwnych oraz ich następcze działanie na żyto. *Rocz. Nauk Rol.*, 90, A, 4, 611–631.
- Ruszkowski M., Mazurek J.: 1975. *Pszenice*. PWRiL, Warszawa, s. 3–89.
- Rutkowski M., Fordoński G.: 1994. Wartość przedplonowa roślin strączkowych i owsa dla zbóż. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult.*, 59, 49–56.
- Siuta A.: 1994. Plonowanie mieszanek zbożowo-strączkowych i ich wartość przedplonowa dla zbóż. *Mat. Konf. Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowo-strączkowych*. AR Poznań, 40–44.
- Sowiński J., Kozak M.: 2001. Integrowana uprawa pszenicy ozimej. *Instr. DWODR*, Jelenia Góra, 1–43.
- Suwara J., Gawrońska-Kulesza A.: 1994. Wpływ przedplonów i nawożenia na plon pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. ART Bydgoszcz*, 187, Rol., 35, 113–119.
- Suwara J., Gawrońska-Kulesza A.: 1997. Rola przedplonu w ograniczeniu nawożenia azotem pod pszenicę ozimą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 439, 211–213.
- Święcicki W.K., Święcicki W., Wiatr K.: 1997. Historia, współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli roślin strączkowych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 446, 15–32.
- Wallgren B.: 1990. Peas in crop rotations. *Vaxtodling*, 23, 76–81.

**THE RESIDUAL EFFECT OF COMMON PEA CULTIVARS ON GROWTH
AND YIELDING OF WINTER WHEAT
PART III. GROWTH AND YIELDING OF WINTER WHEAT**

S u m m a r y

In 1997–2000 at the Research Station in Pawłowice, at the Agricultural University of Wrocław, the research was carried out to study the residual effect of common pea on growth and yielding of winter wheat, cultivar Kobra. The experiment was split plot in four replications for three variables: I – type of residues: a – root residues (roots+stubble), b – harvest residues (roots+stubble+straw); II – pea cultivars: (a – narrow-leaf: Agra and Piast, and b – traditional – Przemko and Rubin); III – sowing rate (seed/1 m²): 75, 100 and 125.

The highest 1000-kernel weight, grain yield, total protein yield and energy value from grain yield was obtained in a wet season 1997/1998 of the experiment. The type of residues supply in the soil after harvest of the forecrop had a significant effect on morphological features and yields of wheat. At the plot where pea harvest residues (roots+stubble+straw) were ploughed into soil, the following data were recorded: the highest plants, the longest flag-leaf, the highest 1000-kernel weight, the highest grain, straw, total protein yields and energy value of grain yield of winter wheat (in comparison to the plot without ploughed-in pea straw). The highest yields of wheat grain ($6.88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), total protein ($852 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and energy value of grain yield ($49990 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) were obtained from the plot after traditional pea cultivar Rubin. The increase of pea sowing rate from 75 to 125 seeds per 1m^2 had a positive effect grain yield, total protein yield and energy value of grain yield of winter wheat.

KEY WORDS: forecrop, pea, yield, winter wheat

Recenzent: prof. dr hab. Mieczysław Wilczek – Akademia Rolnicza w Lublinie

Piotr Krupa

**ADAPTACJA GRZYBÓW EKTOMIKORYZOWYCH
DO WZROSTU NA GLEBACH SKAŻONYCH METALAMI
CIĘŻKIMI**

**ADAPTATION OF ECTOMYCORRHIZAL FUNGI FOR
GROWTH IN HEAVY-METAL CONTAMINATED SOILS**

*Zakład Mikrobiologii i Biotechnologii, Akademia Jana Długosza,
Instytut Chemii i Ochrony Środowiska w Częstochowie
Department of Microbiology and Biotechnology, Faculty of Chemistry
and Environmental Protection, Jan Długosz Academy of Częstochowa*

W pracy podjęto próbę określenia gatunków grzybów tworzących ektomikoryzę z korzeniami sosen rosnącymi na terenie wokół Huty Miasteczko Śląskie. Identyfikację grzybów pochodzących bezpośrednio z korzeni przeprowadzono przez porównanie restrykcyjnych fragmentów regionu ITS r-DNA, ze wzorami restrykcyjnymi regionów ITS uzyskanymi po izolacji DNA owocników grzybów klasy *basidiomycetes*. Analizę restrykcyjną poprzedzała amplifikacja odcinka ITS przeprowadzona z zastosowaniem metodyki PCR-RFLP. Badając oporność na skażenie kadmem szczepów izolowanych z terenów czystych i skażonych, starano się odpowiedzieć na pytanie czy ma znaczenie pochodzenie grzybów mikoryzowych używanych do mikoryzacji. Wykazano, że oporność grzybów nawet tego samego gatunku na wysokie stężenia metali ciężkich jest różna i zależy od pochodzenia symbionta. Grzyby izolowane z terenów skażonych są lepiej przystosowane do wysokich stężeń metali.

SŁOWA KLUCZOWE: mikoryza, grzyby mikoryzowe, metale ciężkie, kadm

WSTĘP

W klimacie umiarkowanym drzewa pobierają wodę i sole mineralne z podłoża nie korzeniami a grzybokorzeniami, dlatego wszystkie nasze drzewa leśne są mikotroficzne. Grzyby przeważnie tworzą na korzeniach tych drzew mikoryzy zewnętrzne – ektomikoryzy. Zjawisko to obserwujemy dla przykładu u rodzajów *Pinus* (sosna), *Abies* (jodła), *Larix* (modrzew), *Picea* (świerk), *Tsuga* (choina), *Pseudotsuga* (daglezja) oraz

u *Quercus* (dąb), *Fagus* (buk), *Carpinus* (grab), *Salix* (wierzba), *Populus* (topola), *Betula* (brzoza), *Alnus* (olsza). Choć wykazuje się, że symbioza ta może dla niektórych gatunków mieć charakter fakultatywny (klon, brzoza, olsza, wiąz, jałowiec, wierzba, leszczyna), prawidłowy wzrost i rozwój tych roślin bez symbiozy z grzybami nie jest możliwy. Frekwencja mikoryzowa zależna jest od wielu czynników fizycznych i chemicznych, rodzaju i kondycji gleb.

Nie bez znaczenia jest tu działalność człowieka: przemysł, eksploatacja surowców powodują uruchomienie ogromnych ilości zanieczyszczeń gazowych, pyłowych, które dostając się do atmosfery, gleby i wody powodują rozchwianie homeostazy środowiska, co ma duży wpływ na zawiązywanie się i przeżywanie symbioz mikoryzowych. Szczególnie uciążliwe pod tym względem są metale ciężkie, które już w małych stężeniach wpływają negatywnie na szereg procesów biologicznych zachodzących zarówno w glebie, jak i organizmach żywych [Kabata-Pendias, 1999]. Do ograniczenia szkodliwości ksenobiotyków dostających się z gleby do roślin, przyczyniają się zawarte w podłożu związki organiczne, struktura gleby, pH a także czynniki biotyczne, takie jak bakterie i grzyby. Literatura ostatnich lat coraz częściej zwraca uwagę na zjawisko mikoryzy – symbiotyczne połączenie grzybów z korzeniami roślin. Udowodniono, że mikoryzy nie tylko efektywniej prowadzą proces sorpcji wody, chronią rośliny przed patogenami, ale także działają jako filtr biologiczny wzmagając tolerancję roślin na toksyczne stężenia metali ciężkich w glebach [Leyval i wsp., 1997; Krupa, 1997, 2003; Krupa i Kozdrój, 2004]. Jest to możliwe dzięki wiązaniu nadmiaru metali w elektroujemnych miejscach ścian komórkowych grzybni czy unieruchamianiu pierwiastków przez strącenie ich w postaci polifosforanów [Galli i wsp., 1994; Godbold i wsp., 1998]. Wielu autorów twierdzi nawet, że zdolność drzew i roślin długo żyjących do wzrostu i rozwoju w warunkach skażenia środowiska jest możliwe tylko dzięki mikoryzacji ich korzeni [Wilkinson i Dickinson, 1995]. Obecnie na świecie prowadzi się szeroko zakrojone badania nad wyodrębnianiem szczepów grzybów mikoryzowych, które najefektywniej przyczyniają się do odtruwania gleb i roślin.

Ponieważ dodatnia rola mikoryz została bezspornie udowodniona, coraz częściej prowadzi się sztuczną mikoryzację roślin. Stosowanie produkcji licencyjnej bądź gotowych sprowadzanych szczepionek, ugruntowało pogląd, że nie ma znaczenia pochodzenie grzybów użytych do sztucznej mikoryzacji drzew. Pytaniem, na które starano się uzyskać odpowiedź w niniejszej pracy było: czy grzyby mikoryzowe od wielu lat rosnące w terenach skażonych zdołały się przystosować do tych niekorzystnych warunków i czy te same gatunki, ale pochodzące z terenów czystych są mniej odporne na skażenia metalami ciężkimi.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

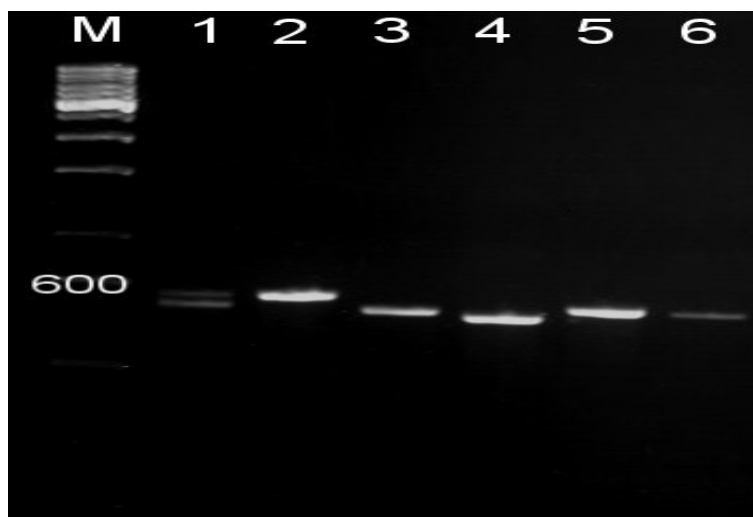
Teren doświadczalny skażony stanowiła sztucznie zadrzewiona brzoza i sosna, industropustynia wokół huty cynku i ołowiu „Miasteczko Śląskie” – położona jest na północnym krańcu Wyżyny Śląskiej, w pobliżu Tarnowskich Gór. Powierzchnie badawcze zlokalizowano w bezpośrednim sąsiedztwie Huty Cynku i Ołowiu „Miasteczko Śląskie”, około 1,5 km od emitorów, w obszarze silnych uszkodzeń przemysłowych (III strefa

według klasyfikacji gospodarczo-leśnej). Z działalnością tego zakładu wiąże się uciążliwa emisja gazów NO_x , SO_x , CO_x , która sięga 30 tys. t/rok oraz pyłów metalonoiących. W przeliczeniu na czysty metal huta emituje rocznie 62 t ołowiu oraz 0,8 t kadmu. Siedliska leśne, na których usytuowano powierzchnie badawcze, można określić jako zdegradowany bór świeży. Głównymi gatunkami lasotwórczymi są tam sosna z niewielką domieszką brzozy. Teren ten przyjęto jako wzorzec siedliska silnie zanieczyszczonego przez przemysł emitujący metale ciężkie.

Teren kontrolny wyznaczono w miejscowości Kokotek. Powierzchnia ta oddalona jest od większego emitora zanieczyszczeń (Miasteczko Śląskie) o około 25 km w kierunku północno-zachodnim. Leży ona w obrębie Kośmidry w nadleśnictwie Lubliniec i znajduje się poza zasięgiem oddziaływania większych zakładów przemysłowych. Siedlisko, na którym usytuowano powierzchnie badawcze, to bór świeży, w którym głównym składnikiem drzewostanu jest sosna z domieszką brzozy.

Materiał do badań stanowiły: korzenie mikoryzowe i owocniki grzybów zebrane z powierzchni doświadczalnych. Postawiony problem starano się rozwiązać w oparciu o czyste kultury grzybni wegetatywnej wyprowadzone metodą tkankową z korzeni mikoryzowych. Poprawność izolacji weryfikowano analizując DNA grzybowe metodą łańcuchowej reakcji polimerazy, tzw. PCR (*polimerase chain reaction*), w połączeniu z analizą polimorfizmu fragmentów restrykcyjnych (RLFP) (*restriction fragment length polymorphism*). W trakcie badań korzystano z metodyki Lanfranco [1998]. Wykonano amplifikację odcinka ITS rDNA charakterystycznego dla gatunków grzybów [White i wsp., 1990] rDNA (rys. 1) i restrykcję z użyciem enzymów *TaqI* i *Alu I*. Jako wzorce porównawcze do rozpoznawania symbiontów grzybowych służyły pocięte tymi samymi enzymami fragmenty rDNA uzyskane z owocników grzybów. W terenie kontrolnym zaobserwowano większą różnorodność gatunkową grzybów. W toku kolejnego etapu badań dokonano selekcji wyprowadzonych kultur grzybowych. Jako kryteria stosowano: szybkość wzrostu na pożywkach sztucznych, występowanie danego gatunku na obydwu powierzchniach doświadczalnych, wirulencję. Spośród wyizolowanych szczepów postawione kryteria spełniały jedynie: *Amanita muscaria* (Muchomor czerwony), *Suillus luteus* (Maślak zwyczajny), *Xerocomus badius* (Podgrzybek brunatny) i *Lactarius rufus* (Mleczaj rudy).

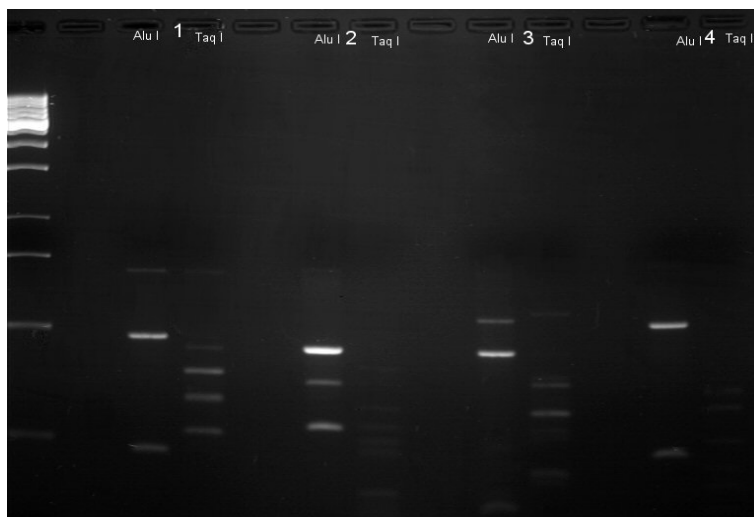
W celu określenia wrażliwości poszczególnych szczepów na metale ciężkie, do sterylnej pożywki melinowskiej wprowadzono wzrastające dawki jonów kadmu. Jako źródło jonów kadmu użyto: $\text{CdCl}_2 \times 2,5\text{H}_2\text{O}$. Odczyn pożywek każdorazowo ustalano na poziomie pH 6,0. Ilość dodawanego metalu przeliczano z proporcji ilości masy atomowej pierwiastka i związku chemicznego. Dawki kadmu stopniowo zwiększano, aby ustalić charakterystykę wzrostu i moment zamierania grzybni. Na tak przygotowane pożywki wykładano inokulum grzybowe o średnicy 1 cm. W celu określenia szybkości wzrostu stosowano umowną skalę wzrostu kultur dwutygodniowych mierząc średnicę wzrostu w odniesieniu do kontroli; od 0,0 do 0,5 cm – wzrost bardzo wolny, od 0,5 do 1,5 cm – wzrost wolny, od 1,5 do 2,5 cm – wzrost umiarkowany, mniejszy niż w kontroli, od 2,5 do 3,0 cm – wzrost szybki jak w kontroli, od 3,0 do 4,0 cm – wzrost bardzo szybki, lepszy niż w kontroli.



Rys. 1. Przykładowe zamplifikowane fragmenty odcinka ITS rDNA grzybów mikoryzowych
Fig. 1. Examples of the amplified fragments of ITS rDNA of mycorrhizal fungi

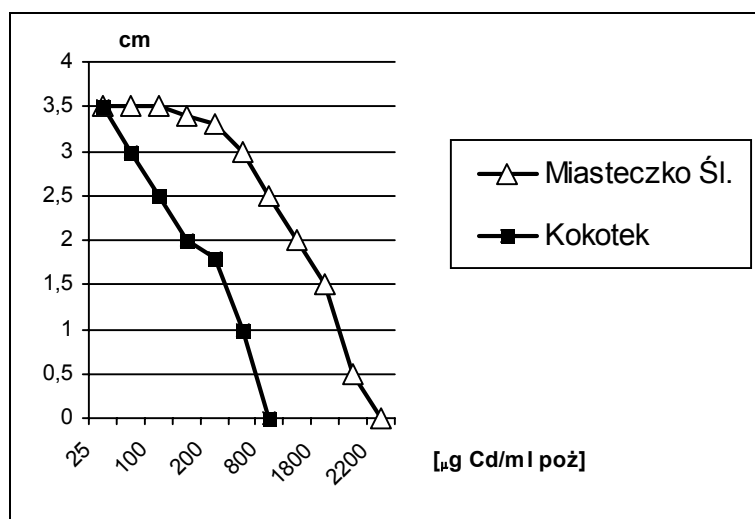
WYNIKI

Po izolacji DNA grzybowego z grzybni i amplifikacji odcinka ITS uzyskano fragmenty o zbliżonej wielkości (rys. 1) Dopiero pocięcie enzymami restrykcyjnymi amplifikowanych fragmentów pozwoliło na uzyskanie zróżnicowanych szablonów porównawczych (rys. 2.) i identyfikację grzybów. W terenie kontrolnym zaobserwowano większą różnorodność gatunkową grzybów, jednak jednym z kryteriów selekcji użytych szczepów było równoczesne występowanie na powierzchni skażonej i czystej. Doświadczenia, których wyniki zostały zobrazowane na rysunkach 3, 4, 5, 6 były tak założone, by wykazać wzrost tych samych gatunków grzybów, ale pochodzących z różnych pod względem zanieczyszczenia terenów na pożywkach skażonych kadm. W każdym z badanych przypadków, jeżeli grzyb był izolowany z terenów zanieczyszczonych wykazywał większą w stosunku do grzybów izolowanych z terenów czystych, odporność na kadm.



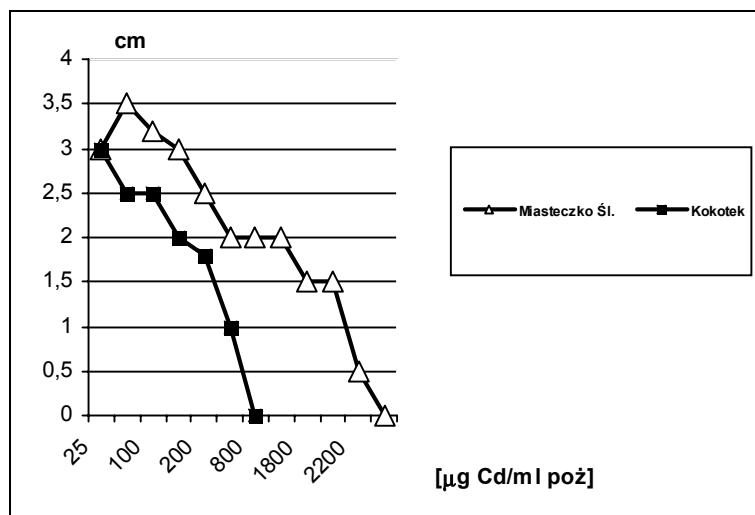
Rys. 2. Przykładowe wzorce uzyskane po pocięciu enzymami restrykcyjnymi amplifikowanych fragmentów ITS rDNA. (1 – *Amanita muscaria*, 2 – *Suillus luteus*, 3 – *Xerocomus badius*, 4 – *Lactarius rufus*)

Fig. 2. Examples of patterns obtained after restriction enzymes digestion of the amplified fragments of ITS rDNA. (1 – *Amanita muscaria*, 2 – *Suillus luteus*, 3 – *Xerocomus badius*, 4 – *Lactarius rufus*)

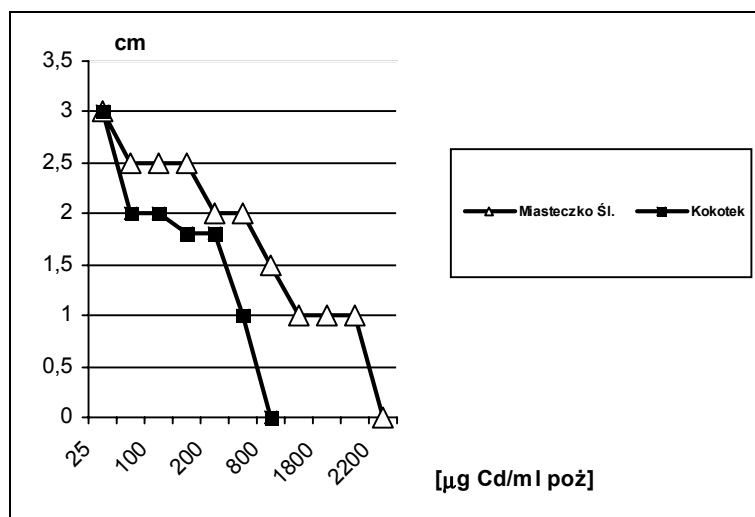


Rys. 3. Wzrost kultur dwutygodniowych szczepów *Amanita muscaria* izolowanych z powierzchni kontrolnej (Kokotek) i skażonej (Miasteczko Śl.) na podłożach skażonych kadmem

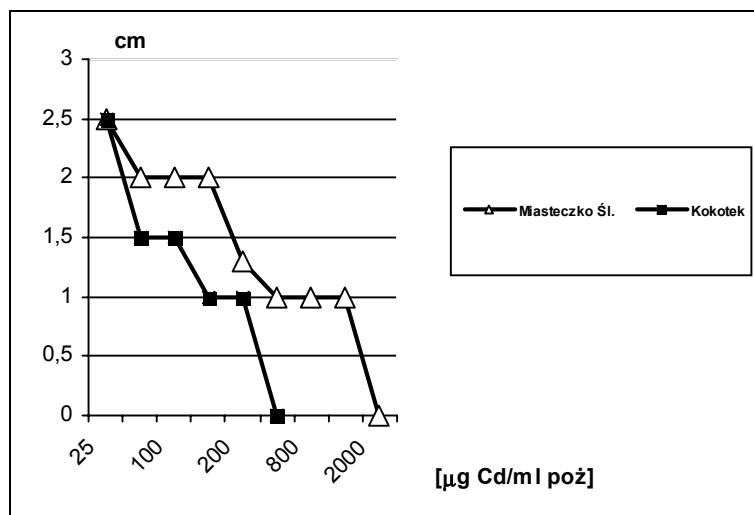
Fig. 3. The growth of 2-weeks old strains of *Amanita muscaria* isolated from control (Kokotek) and contaminated (Miasteczko Śl.) plots on cadmium-supplemented media



Rys. 4. Wzrost kultur dwutygodniowych szczepów *Suillus luteus* izolowanych z powierzchni kontrolnej (Kokotek) i skażonej (Miasteczko Śl.) na podłożach skażonych kadmem
 Fig. 4. The growth of 2-weeks old strains of *Suillus luteus* isolated from control (Kokotek) and contaminated (Miasteczko Śl.) plots on cadmium-supplemented media



Rys. 5. Wzrost kultur dwutygodniowych szczepów *Xerocomus badius* izolowanych z powierzchni kontrolnej (Kokotek) i skażonej (Miasteczko Śl.) na podłożach skażonych kadmem
 Fig. 5. The growth of 2-weeks old strains of *Xerocomus badius* isolated from control (Kokotek) and contaminated (Miasteczko Śl.) plots on cadmium-supplemented media



Rys. 6. Wzrost kultur dwutygodniowych szczepów *Lactarius rufus* izolowanych z powierzchni kontrolnej (Kokotek) i skażonej (Miasteczko Śl.) na podłożach skażonych kadmem.
 Fig. 6. The growth of 2-weeks old strains of *Lactarius rufus* isolated from control (Kokotek) and contaminated (Miasteczko Śl.) plots on cadmium-supplemented media

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki niniejszej pracy wskazują na wyraźną zależność oporności na skażenie od tego, czy szczepy grzybów mikoryzowych pochodziły z terenów czystych czy zanieczyszczonych (rys. 3, 4, 5, 6). Sugeruje to istnienie mechanizmów adaptacyjnych do skażenia metalami ciężkimi. Podobne zależności wykazał Colpaert i wsp. [2000], badając adaptację grzybów do zwiększonych stężeń cynku i kadmu oraz Krupa [1997], który w warunkach laboratoryjnych testował grzyby mikoryzowe na oporność wobec cynku, kadmu i ołowiu. Wyniki te zgodne są także z doniesieniami Aggangana i wsp. [1998], którzy badając tolerancję *Pisolithus* na zwiększone stężenia niklu i chromu stwierdzili, że szczepy izolowane z terenów zanieczyszczonych są bardziej tolerancyjne na te metale niż szczepy pochodzące z terenów czystych. Podobną prawidłowość wykazali Leski i wsp. [1995], badając zależność akumulacji glinu przez szczepy *S. luteus* w zależności od ich pochodzenia. Baker i wsp. [2000] sugerują nawet, że zdolność do akumulacji metali koreluje się ze zdolnością do adaptacji. Jednak zjawiska adaptacji nie można uznawać za obligatoryjne. Hipotezy o przystosowywaniu się grzybów do zwiększonych koncentracji metali ciężkich nie potwierdzają dla przykładu wyniki Colpaerta i van Assche [1987]. Z kolei Rudawska i Leski [1998], badając tolerancję *P. involutus* na jony glinu, stwierdzili bioakumulację tego pierwiastka w strukturach grzybowych, jednak określając w hodowlach płynnych tolerancję na Al grzybów pochodzących z miejsc zanieczyszczonych i czystych, nie stwierdzili wyraźnej różnicy pomiędzy szczepami. Te pozorne sprzeczności mogą świadczyć o dużej roli zróżnicowania szczepowego

w obrębie gatunków grzybów. Różnorodność grzybów zdolnych do tworzenia związków ektomikoryzowych jest ogromna. Nowoczesne techniki biologii molekularnej, oparte na analizie DNA wykazują istnienie różnic nie tylko w obrębie gatunków, ale także wewnątrzgatunkowych. Grzyby ektomikoryzowe cechują się naturalną zmiennością genetyczną, która ujawnia się w ich fizjologii i ekologii. Zmiany te mogą dotyczyć zdolności do kolonizacji korzeni, grubości wytwarzanej mufki czy głębokością sieci Hartiga. Te same gatunki często różnią się aktywnością enzymatyczną, np. dwa różne szczepy *Laccaria bicolor* ujawniały odmienną aktywność kwaśnej fosfatazy, zależnie od pokolenia rodzicielskiego, z jakiego się wywodziły [Galli i wsp., 1994]. Posiadanie przez szczepy grzybów ektomikoryzowych pewnych unikatowych cech, nadających im wyjątkowy charakter może mieć duże znaczenie praktyczne. Są cenne przy selekcji grzybów służących do sztucznej inokulacji siewek. Zastanawiający jest mechanizm zachowywania cech przystosowawczych przez grzyby. Wiadomo, że tylko strzępki dikariotyczne (grzybnia wtórna) są w stanie wytwarzać owocniki, w których dochodzi do zlewania jąder dikariotycznych, a powstałe po mejozie spory dają wzrost w postaci homokariotycznych strzępek. Wśród heterotallicznych podstawczaków wyróżnić możemy dwie grupy grzybów: gatunki bipolarne (około 25%) i tetrapolarne (około 75%). U gatunków bipolarnych, czyli takich, które wytwarzają dwa typy strzępek płciowych, za kompatybilność pomiędzy homokarionami odpowiada tylko pojedynczy czynnik A. Z kolei u gatunków tetrapolarnych (tu należy większość grzybów mikoryzowych, np.: *Hebeloma cylindrosporum*, *Laccaria laccata*), wytwarzających cztery typy strzępek płciowych, za zgodność odpowiadają dwa czynniki, określone jako A i B [Debaud i wsp., 1995]. Taki system zapewnia większą kontrolę, gdyż w wyniku krzyżowania otrzymujemy specyficzne dikariony, które mogą być utworzone tylko przez konkretne i dopasowane pod względem czynników A i B strzępki jednojądrowe. Zjawisko to ogranicza zdolność do bioróżnorodności, jednak z drugiej strony zapewnia zachowanie unikatowych cech w przypadku, gdy mykobiont takie posiada. Konsekwencją takiego sposobu krzyżowania jest też istnienie wewnątrzsterylnych ras i podzbiorowości w obrębie gatunku [Lemke i wsp., 1995]. Choć nie do końca wyjaśnione są mechanizmy adaptacji grzybów do niekorzystnych warunków środowiska, w świetle przedstawionych wyników i cytowanej literatury zjawisko to wydaje się być udowodnione. Fakt ten obliuguje do zwracania uwagi na pochodzenie grzybów wykorzystywanych do sztucznej mikoryzacji siewek.

WNIOSKI

1. W glebach skażonych stwierdzono występowanie i aktywność mikoryzową gatunków: *Amanita muscaria*, *Suillus luteus*, *Xerocomus badius*, *Lactarius rufus*.
2. Na ternie kontrolnym (czystym) występowało większe zróżnicowanie gatunkowe grzybów mikoryzowych.
3. Izolaty grzybów pochodzące z terenów zanieczyszczonych cechują się większą opornością na kadm.

PIŚMIENNICTWO

- Aggangan N.S., Dell B., Malajczuk N.: 1998. Effects of chromium and nickel on growth of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus* and formation of ectomycorrhizas on *Eucalyptus urophylla* S. T. blacke. *Geoderma*, nr 84, 15–27.
- Baker A.J.M., McGrath S.P., Reeves R.D., Smith J.A.C.: 2000. Metal hyperaccumulator plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. *Phytoremediation of contaminated soil and water*. CRC Press, 85–107.
- Colpaert J.V., Vandenkroonhuysse P., Adriaensen K., Vangronsveld J.: 2000. Genetic variation and heavy metal tolerance in the ectomycorrhizal basidiomycete *Suillus luteus*. *New Phytol.*, nr 147 (2), 367–379.
- Colpaert J.V., van Assche J.A.: 1987. Heavy metal tolerance in some ectomycorrhizal fungi. *Funct Ecol.*, nr 1, 415–421.
- Debaud J.C., Marmeisse R., Gay G.: 1995. Intraspecific Genetic Variation in Ectomycorrhizal Fungi. W: *Mycorrhiza*. Varma A., Hock B. (Eds.) Springer – Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 79 – 109.
- Galli U., Schuepp H., Brunold C.: 1994. Heavy metal binding by mycorrhizal fungi. *Physiol. Plant.*, nr 92, 364–368.
- Godbold D.L., Jantschke G., Winter S., Marschner P.: 1998. Ectomycorrhizas and amelioration of metalstress in forest trees. *Chemosphere*, nr 36, 757–762.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.: 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN. Warszawa, s. 400.
- Krupa P.: 1997. Inhibition of selected heavy metals translocation through mycorrhizal fungi and process dependance on the fungal symbiont. *Pol. J. Envir. Studies*, nr 6 (2), 35–38.
- Krupa P.: 2003. The role of ectomycorrhizal fungi in heavy metal polluted areas. *Pol. J. Natural Sci.*, nr 15 (3), 629–636.
- Krupa P., Kozdrój J.: 2004. Accumulation of heavy metals by ectomycorrhizal fungi colonizing birch trees growing in an industrial desert soil. *World J. Microbiol. Biotech.*, nr 20 (4), 427–430.
- Lanfranco L.: 1998. Molecular approaches to investigate biodiversity in Mycorrhizal fungi. [W:] Varma A. (Ed) *Mycorrhiza manual*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 353–372.
- Lemke P.A., Singh N.K., Temann U.A.: 1995. Genetic transformation of ectomycorrhizal fungi. [W:] *Mycorrhiza Manual*. Varma A., Hock B. (Eds.) Springer – Verlag. Berlin – Heidelberg – New York, 137–151.
- Leski T., Rudawska M., Kieliszewska-Rokicka B.: 1995. Intraspecific aluminium response In *Suillus luteus*, an ectomycorrhizal symbiont of Scot pine. *Acta Soc. Bot. Pol.*, nr 64, 97–105.
- Leyval C., Turnau K., Haselwandter K., 1997. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. *Mycorrhiza*, nr 7, 139–153.
- Rudawska M., Leski T.: 1998. Aluminium Tolerancje of different *Paxillus involutus* Fr. strains originating from polluted and nonpolluted sites. *Acta Societatis Bot. Pol.*, nr 67 (1), 115–122.
- White T. J., Bruns T., Lee S., Taylor J.: 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. [W:] Innes M.A., Gelfand D.H., Sninsky J.J., White T.J. : *PCR-Protocols: A Guide to Methods and Applications*. Academic Press, New York, 315–322.
- Wilkinson D.M., Dickinson N.M.: 1995. Metal resistance in trees: The role of mycorrhizae. *Oikos*, nr 72, 298–300.

ADAPTATION OF ECTOMYCORRHIZAL FUNGI FOR GROWTH IN HEAVY-METAL CONTAMINATED SOILS

S u m m a r y

In this paper, it was identified the fungi that formed mycorrhiza with pinus growing around steel works in Miasteczko Śląskie. The studies were carried out with fungi collected directly from roots and was performed by comparing patterns of restriction fragments of fungal ITS products with patterns of restriction fragments of ITS obtained from fruiting bodies of fungi belonged to *Basidiomycetes*. Before the restriction analysis the amplification of ITS r-DNA using the PCR-RFLP method was done. The aim of the study was a testing of the resistance level of isolated strains of mycorrhizal fungi to cadmium in relation to its origin (polluted or unpolluted sites). It has been found that resistance of the same fungal species to high concentrations of heavy metals varied and depended on the origin of symbiont. Fungi isolated from contaminated sites are better adapted to high concentrations of cadmium.

KEY WORDS: ectomycorrhiza, mycorrhizal fungi, heavy metals, cadmium

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Jarosław Kuczkowski, Andrzej Kotecki, Marcin Kozak

**WPLYW SPOSOBU SIEWU NA ROZWÓJ I PLONOWANIE
WAŚOLISTNYCH ODMIAN GROCHU.
CZĘŚĆ I. ROZWÓJ ROŚLIN I PLONY**

**THE EFFECT OF SOWING METHOD ON GROWTH
AND YIELDING OF NARROW-LEAF PEA CULTIVARS.
PART I. PLANTS' GROWTH AND YIELDING**

*Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Crop Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

W latach 2001–2003 na polach Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Kościelnej Wsi, położonej w sąsiedztwie Kalisza, należącej do Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych badano wpływ sposobu siewu na plonowanie wąsolistnych odmian grochu siewnego. Doświadczenia polowe zakładano metodą „split-plot” w czterech powtórzeniach na trzy czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I – rozstawa rzędów w cm: 12,5 i 25,0; II – odmiany: Agra, Ramrod, Profi, Brutus, Pomorska, Tarchalska; III – wysiew nasion na 1 m²: 75, 100, 125.

Zmienne, w latach, warunki pogodowe podczas wegetacji miały istotny wpływ na: cechy morfologiczne grochu, wyleganie roślin, plon nasion i słomy oraz elementy struktury plonu. Zwiększenie rozstawy rzędów z 15 do 25 cm spowodowało między innymi istotny wzrost: masy nasion i strączyń z rośliny. Odmiany grochu różnicowały istotnie wszystkie badane cechy; morfologiczne, wyleganie roślin, plon nasion i słomy oraz strukturę plonu nasion. Wraz ze wzrostem wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m² istotnie wzrastała średnia długość międzywęzła, wysokość osadzenia I. strąka, liczba węzłów do pierwszego strąka, masa 1000 nasion, średnia ważona średnica nasion, plon nasion i słomy, a obniżała się wysokość roślin po zakończeniu kwitnienia, liczba węzłów oraz strąków na roślinie, nasion z rośliny, bonitacja wylegania roślin w czterech fazach rozwojowych grochu, masa nasion, strączyń i łodyg z jednej rośliny. Plon nasion i słomy kształtował się pod wpływem odmiany i w latach wilgotnych wzrastał istotnie wraz z zagęszczeniem łanu (z 75 do 125 nasion na 1 m²). W suchym 2003 roku dla wszystkich badanych odmian wystarczający był wysiew 75 nasion na 1 m². Wśród jadalnych odmian grochu rolniczo najkorzystniej wypadła Tarchalska, którą, ze względu na odporność łodygi na wyleganie, należy wysiewać w ilości 125 nasion na 1 m².

SŁOWA KLUCZOWE: groch siewny, rozstawa rzędów, odmiany wąsoliste, ilość wysiewu, rozwój roślin, cechy morfologiczne, plony nasion i słomy

WSTĘP

Właściwe zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni i wczesny siew to podstawowe czynniki decydujące o wykorzystaniu potencjału plonotwórczego odmian grochu. Obsada roślin powinna być dostosowana do właściwości i wymagań poszczególnych morfotypów grochu [Jasińska, Malarz, 1983; Czyż, Songin, 1988; Kotecki, Grządkowska, 1997]. Sypniewski [1986] stwierdził, że optymalna obsada roślin zależy od genetycznych właściwości poszczególnych odmian. Jednakże ostatnie wyniki badań [Jasińska, 1995] wykazały, że nowe odmiany nie różnią się istotnie reakcją na gęstość siewu. Na podstawie licznych badań wykazano, że istnieje związek między obsadą roślin, która zależy od długości łodygi, a plonem nasion [Paprocki, Fordoński, Głowacka, 1980; Seredyn, 1993; Książak, 1996].

Poglądy autorów odnośnie optymalnej gęstości wysiewu odmian wąsolistnych są podzielone. Nieliczni twierdzą, że wystarczająca jest obsada na 1 m² 55 roślin [Borowiecki, Książak, Bochniarz, 1993], inni, że 75 [Songin, Czyż, 1988] lub 80 [Książak, 1996]. Zalecenia te dotyczyły jednak mniej intensywnych odmian wąsolistnych – Kamil i Ramir. Wielu autorów uważa obsadę 100 roślin na 1 m² za optymalną [Heath, Knott, Dyer, Rogers-Lewis, 1991; Baswana, Saharan, 1993; Seredyn, 1993; Książak, 1993 i 1996; Kotecki, 1994].

Wśród większości autorów przeważa jednak pogląd, że optymalna obsada wynosi 120–125 roślin na 1m² [Bussell, Johnson, Lill, 1983; Paprocki, 1984; Paprocki, Lewandowski, 1987; Sawicki, Boros, Wawer 2000]. Tylko pojedyncze doświadczenia wskazują na konieczność wzrostu zagęszczenia roślin w łanie do 140 na m² [Sawicki, Boros, Wawer, 2000], a nawet 175 roślin, jednak w warunkach klimatycznych Pakistanu [Ajmal, Mohar, Tariq, Ashfaq, Ahmad, 1991].

Szerokość stosowanej rozstawy rzędów przy wysiewie nasion uzależniona jest od sposobu pielęgnowania plantacji [Czyż, 1989] i długości łodygi [Gronowicz, 1989]. Węższa rozstawa rzędów zapewnia równomierne rozmieszczenie roślin przypadających na jednostkę powierzchni, a tym samym lepsze ich nasłonecznienie, wyrównane warunki rozwoju i wzrostu oraz bardziej równomierne dojrzewanie.

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanego rozmieszczenia wąsolistnych odmian grochu na rozwój roślin, kształtowanie cech morfologicznych, elementów struktury plonu, plony nasion i słomy.

METODYKA I WARUNKI BADAŃ

W latach 2001–2003 na polach Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Kościelnej Wsi, położonej w sąsiedztwie Kalisza, należącej do COBORU, badano wpływ sposobu siewu na rozwój i plonowanie wąsolistnych odmian grochu siewnego. Trzyletnie doświadczenia polowe zakładano metodą „split-plot” w czterech powtórzeniach na trzy czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I – rozstawa rzędów w cm: 12,5 i 25,0; II – odmiany: Agra, Ramrod, Profi, Brutus, Pomorska, Tarchalska; III – wysiew nasion na 1 m²: 75, 100, 125. Wielkość poletek do siewu wynosiła 19,5 m², a do zbioru 16,5 m².

W doświadczeniu polowym określono: daty wschodów, początku kwitnienia, końca kwitnienia i osiągnięcia dojrzałości technicznej przez rośliny, obsadę roślin po ukończeniu wschodów grochu. Liczono siewki na 2 m.b. każdego rzędu, a następnie wyniki przeliczano na 1 m², przeprowadzono bonitację wylegania w skali 9–1: na początku i końcu kwitnienia, 7–10 dni po kwitnieniu i przed zbiorem, zmierzono wysokość roślin po zakończeniu kwitnienia.

Bezpośrednio przed zbiorem na 10 losowo wybranych roślinach z każdego poletka oznaczono cechy morfologiczne: wysokość roślin, liczbę węzłów na roślinie, wysokość osadzenia I. strąka, liczbę węzłów do I. strąka, liczbę strąków na roślinie, liczbę nasion w strąku, liczbę nasion z rośliny, masę nasion w 1 strąku, masę nasion, strączyń i łodyg z 1 rośliny. Plony nasion i słomy sprowadzono do stałej zawartości wody – 15%.

Po zbiorze nasion, określono dla każdego poletka: osypywanie nasion w skali 9–1, masę 1000 nasion, frakcję nasion na sitach o oczkach 7, 6, 5, 4 mm według metodyki COBORU. Próbkę nasion (150 g), dwukrotnie powtórzoną, wytrząsano przez 3 min. na separatorze mechanicznym.

W terminie późniejszym wyliczono: średnią ważoną średnicę nasion na podstawie procentowego udziału frakcji 7, 6, 5, 4, 3 mm (frakcję 3 mm stanowiły nasiona, które znajdowały się na dnie pojemnika po przejściu przez sito 4 mm), średnią długość międzywęzła na pędzie głównym.

Analizę wariancji wszystkich ważniejszych cech wykonano testem Fischera, a prze-działy ufności obliczono na podstawie testu T-Studenta zgodnie z metodyką doświad-czeń polowych. Parametry statystyczne oceniono na poziomie ufności $\alpha=0,05$.

W Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Kaliszu (odległej w linii prostej o ok. 3 km od pól doświadczalnych) notowano, w latach 1966–2000, średnią roczną tempe-raturę powietrza – 8.3 °C, roczną sumę opadów – 511 mm, początek okresu wegetacji – 1 kwietnia, koniec okresu wegetacji – 4 listopada.

Wiosną 2001 roku, po siewie grochu siewnego układ warunków wilgotnościowo-termicznych był korzystny dla wyrównanych wschodów, które przebiegały przy dużym uwilgotnieniu i niskich temperaturach (tab. 1).

Okres od wschodów do początku kwitnienia charakteryzował się niskimi temperatu-rami i dużą sumą opadów, co przyczyniało się do bujnego wzrostu grochu (99 cm) i opóźnienia terminu kwitnienia roślin. Podczas kwitnienia grochu notowano wysokie opady, co sprzyjało wydłużeniu tego okresu i powodowało dobre zawiązywanie zarów-no strąków jak i wykształcenie dużej liczby nasion z rośliny. Wysoka temperatura i dobrze rozłożone w czasie opady, spowodowały, że wegetacja grochu siewnego była najdłuższa w całym 3-letnim cyklu badań (114 dni), a strąki dobrze wypełnione.

Ciepły kwiecień w 2002 roku, przy niedoborze opadów, spowodował, że wschody pojawiły się po 24 dniach od siewu, a obsada roślin była niższa od planowanej. Wysoka temperatura od wschodów do początku kwitnienia, przy umiarkowanych opadach, spo-wodowała przyśpieszenie wegetacji i skrócenie łodygi grochu (92 cm). W porównaniu z rokiem poprzednim rośliny zakwitły 11 dni wcześniej. Okres od końca kwitnienia do dojrzałości żniwnej przebiegał w warunkach dużego uwilgotnienia i umiarkowanych temperaturach, co spowodowało jego wydłużenie. Należy jednak zaznaczyć, że w ciągu 18 dni lipca spadło 115 mm wody, co stanowiło 44% sumy opadów całego okresu we-getacji grochu w roku 2002. Duża suma opadów, w okresie dojrzewania, nie mogła być

wykorzystana efektywnie przez rośliny. W II dekadzie lipca groch zaczął żółknąć i osiągnął dojrzałość zniwną (zbiór 23 lipca). W porównaniu z rokiem 2001 okres wegetacji grochu w roku 2002 był krótszy o 3 dni.

Tabela 1

Table 1

Warunki atmosferyczne podczas wegetacji grochu siewnego
Climatic conditions during vegetation period of pea

| Okres rozwoju: Development stage: | Warunki atmosferyczne Climatic conditions | Lata – Years | | |
|--|---|--------------|-------|------|
| | | 2001 | 2002 | 2003 |
| od siewu do wschodów sowing – emergence | liczba dni – number of days | 22 | 24 | 27 |
| | średnia dobową temp. powietrza w °C mean air daily temperature, °C | 6,8 | 8,1 | 6,2 |
| | suma opadów w mm – rainfall summ, mm | 47,8 | 21,8 | 9,7 |
| | liczba dni z opadami – number of days of precipitation | 11 | 8 | 6 |
| od wschodów do początku kwitnienia emergence – begin- ning of flowering | liczba dni – number of days | 49 | 38 | 39 |
| | średnia dobową temp. powietrza w °C mean air daily temperature, °C | 13,6 | 16,4 | 16,4 |
| | suma opadów w mm – rainfall summ, mm | 109,9 | 70,9 | 43,9 |
| | liczba dni z opadami – number of days of precipitation | 16 | 13 | 16 |
| kwitnienie flowering | liczba dni – number of days | 18 | 18 | 10 |
| | średnia dobową temp. powietrza w °C mean air daily temperature, °C | 16,6 | 18,7 | 18,9 |
| | suma opadów w mm – rainfall summ, mm | 74,9 | 42,2 | 4,8 |
| | liczba dni z opadami – number of days of precipitation | 9 | 7 | 4 |
| od końca kwitnienia do dojrzałości zniwnej end of flowering – harvest maturity | liczba dni – number of days | 25 | 31 | 30 |
| | średnia dobową temp. powietrza w °C mean air daily temperature, °C | 19,5 | 19 | 18,2 |
| | suma opadów w mm – rainfall summ, mm | 151,4 | 127,7 | 38,6 |
| | liczba dni z opadami – number of days of precipitation | 15 | 9 | 8 |
| okres wegetacji vegetation period | liczba dni – number of days | 114 | 111 | 106 |
| | średnia dobową temp. powietrza w °C mean air daily temperature, °C | 14,2 | 15,7 | 14,9 |
| | suma opadów w mm – rainfall summ, mm | 384,0 | 262,6 | 97,0 |
| | liczba dni z opadami – number of days of precipitation | 51 | 37 | 34 |

W 2003 roku podczas wschodów notowano niskie temperatury i suszę, co spowodowało, że były one najdłuższe w 3-letnim cyklu badań, a liczba roślin na 1 m² najniższa. Susza w okresie rozwoju wegetatywnego spowodowała, że rośliny były niskie i w porównaniu z rokiem 2001 rozpoczęły kwitnienie 10 dni wcześniej. Kolejna susza podczas kwitnienia skróciła ten okres do 10 dni. Niedobory wilgoci podczas wykształcania i dojrzewania strąków spowodowały skrócenie wegetacji do 106 dni.

Każdego roku doświadczenie zakładano na polu doświadczalnym o 5-letnim zmianowaniu (pszenica jara – groch siewny – rzepak ozimy – pszenica ozima – burak cukrowy). Glebę zaliczono do działu gleb autogenicznych, rząd brunatnoziemne, typ brunatna właściwa, podtyp brunatna wylugowana, wytworzona z pyłów zwykłych, zaległa na glinie średniej, kompleksu pszennego dobrego, klasy III a i III b.

Zasobność gleby w składniki pokarmowe i odczyn pH w poszczególnych latach badań były następujące: 2001 rok: P₂O₅ – bardzo wysoka, K₂O – wysoka, Mg – wysoka, odczyn gleby – lekko kwaśny; 2002 rok: P₂O₅ – bardzo wysoka, K₂O – bardzo wysoka, Mg – średnia, odczyn gleby – lekko kwaśny; 2003 rok: P₂O₅ – bardzo wysoka, K₂O – bardzo wysoka, Mg – bardzo wysoka, odczyn gleby – lekko kwaśny.

Groch siewny uprawiano corocznie po pszenicy jarej. Po zbiorze przedplonu, rozdrobnioną słomę rozrzucano na polu i stosowano pełny zestaw uprawek poźniowych. Późną jesienią wykonywano orkę zimową na głębokość ok. 30 cm, pozostawiając ją w ostrej skibie. Wiosną pole włókowano, wysiewano nawozy mineralne (tab. 2), a następnie doprawiano agregatem uprawowym.

Tabela 2

Table 2

Nawożenie przedsiewne grochu siewnego w latach 2001–2003
Pre-sowing fertilisation of pea (2001–2003)

| Rok Year | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N |
|-------------|-------------------------------|------------------|----|
| | kg·ha ⁻¹ | | |
| 2001 | 60 | 90 | 18 |
| 2002 | 63 | 96 | 40 |
| 2003 | 80 | 120 | 40 |

We wszystkich latach badań przed siewem nasiona zaprawiono przeciwko chorobom (Sarfun T 65 DS w ilości 400 g na 100 kg nasion grochu) oraz nawozem donasienym (Primus P – 200 g na 100 kg nasion). Siew, zgodnie ze schematem doświadczenia, wykonano na głębokość 5 cm siewnikiem poletkowym; 5.04.2001, 3.04.2002, 1.04.2003.

Posiewnie zastosowano następujące herbicydy: Topogard 50 WP – 2,0 kg·ha⁻¹ – 7.04.2001, Linurex 50 WP – 1,8 kg·ha⁻¹ – 3.04.2002, Stomp 330 EC – 4,0 dm³·ha⁻¹ – 3.04.2003.

Chwasty jednoliścienne zwalczano 16.05.2002 i 13.05.2003 stosując Fusilade forte 150 EC w dawce 2 dm³·ha⁻¹. Wtórne zachwaszczenie wystąpiło tylko w 2003 roku, i zostało ograniczone 16 maja za pomocą preparatu Barox 460 SL – (2,0 dm³·ha⁻¹ + Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹).

Żerujące oprzędziki (*Sitona* spp.) zwalczano w pierwszych dwóch latach badań: 10.05.2001 (Karate 0.25 EC 0,25 dm³·ha⁻¹) i 2.05.2002 (Fastac 10 EC 0,10 dm³·ha⁻¹). Mszycę grochową niszczone każdego roku dwukrotnie. W 2001 roku: 7.06. (Karate 0.25 EC 0,25 dm³·ha⁻¹) i 27.06. (Cyperkill Super 25 EC 0,12 dm³·ha⁻¹), w 2002 roku: 31.05 i 17.06. (Karate 0.25 EC – 0,25 dm³·ha⁻¹), a 2003 roku: 30.05 i 16.06. (Karate 0.25 EC – 0,25 dm³·ha⁻¹). Chrzęszcze strąkowca grochowego (*Bruchus pisorium* L.) wystąpiły na roślinach sporadycznie i dlatego nie zachodziła potrzeba ich zwalczania.

We wszystkich latach badań groch dokarmiano dolistnie (tab. 3). Przy chemicznej ochronie i dolistnym dokarmianiu stosowano 300 litrów roztworu na hektar, wykonując zabieg 12-metrowym opryskiwaczem „Kujawiak”.

Tabela 3
Table 3

Nawozy, dawki i terminy dolistnego dokarmiania roślin
Fertilisers, doses and term foliar application fertilisation of plant

| Nawóz Fertilisers | Dawka kg lub dm ³ na 1 ha Doses kg or dm ³ per 1 ha | Lata – Years | | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|
| | | 2001 | 2002 | 2003 |
| Plonvit S + Tytanit + siarczan magnezu magnesium sulphate | 3 l 0,2 l 7,5 kg | 24.05, 24.06 | 15.05, 17.06 | 13.05, 4.06 |
| Wapnovit | 4 l | 24.05, 25.06 | 31.05, 17.06 | 14.05, 11.06 |

Groch osiągnął dojrzałość zniwną: 31.07.2001, 22.07.2002, 15.07.2003, a omlot, kombajnem poletkowym wykonano w dniach: 2.08.2001, 23.07.2002, 18.07.2003.

WYNIKI BADAŃ

Zróznicowana rozstawa rzędów (12,5 i 25,0 cm) nie miała istotnego wpływu na obsadę roślin po zakończeniu wschodów (tab. 4). Średnio za trzy lata badań najniższą obsadę roślin notowano u odmiany Ramrod i Brutus, a następnie kolejno wyższą u Agra, Profi, Pomorska i Tarchalska. Odmiana Brutus miała najniższą połowę zdolność wschodów, a Tarchalska najwyższą. Wraz ze wzrostem liczby wysianych nasion zmniejszała się połowa zdolność wschodów. Suma opadów od siewu do wschodów miała korzystny wpływ na połowę zdolność wschodów. W roku 2001 przy opadach 47,8 mm wschody wynosiły średnio 96%, w roku 2002 przy 21,8 mm 91%, a w 2003 roku przy 9,7 mm 82%.

Duży wpływ na długość faz rozwojowych grochu w latach badań miała odmiana i układ warunków atmosferycznych (tab. 5). Osiągnięcie pełni wschodów zależało od sumy opadów w okresie siew – wschody. Im wyższa była suma opadów, tym szybciej wschodziły nasiona.

Korzystne warunki wilgotnościowe w 2001 roku opóźniały termin kwitnienia grochu, a różnice między odmianami wynosiły 6 dni. Średnio za trzy lata badań najdłużej kwitły odmiany: Ramrod, Profi i Brutus, a najkrócej Agra i Pomorska. Bez względu na czynnik genetyczny długość kwitnienia grochu była dodatnio związana z sumą opadów w tym okresie i wynosiła od 8 do 20 dni.

Różnice w długości okresu wegetacji, były większe pomiędzy latami niż odmianami. Wzrost sumy opadów podczas wegetacji przedłużał rozwój badanych odmian grochu.

Wszystkie, średnie z 3 lat, cechy morfologiczne roślin kształtowały się pod wpływem odmian i nie zależały od rozstawy rzędów (tab. 6 i 7).

Wysokość roślin po zakończeniu kwitnienia i przed zbiorem zależała od odmiany i warunków atmosferycznych panujących podczas wegetacji roślin. Wzrastająca gęstość wysiewu nasion powodowała niewielkie, ale istotne skrócenie łodygi po zakończeniu

kwitnienia grochu. Wysoka suma opadów, zwłaszcza podczas rozwoju wegetatywnego istotnie zwiększała wysokość roślin. Liczba węzłów na roślinie była największa u odmiany Pomorska, a najniższa u Profi i malała wraz ze zwiększającym się zagęszczeniem łąnu. Średnia długość międzywęzła była najniższa u odmiany Agra i Pomorska, a najdłuższa u Brutus i Tarchalska. Wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin nieznacznie wydłuża się długość międzywęzła. W suchym 2003 roku ze względu na słabe wyrośnięcie roślin, długość międzywęzła była o połowę krótsza niż w roku 2002 o wyższych opadach podczas wegetacji. Wysokość osadzenia I. strąka była na ogół dodatnio związana z wysokością łodygi. Wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin w łąnie strąki zawiązywały się wyżej, a niedobór opadów powodował niższe osadzenie strąków.

Tabela 4

Table 4

Obsada roślin grochu po wschodach. (średnie dla czynników badań i lat)

Plant density of pea after emergence (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Obsada roślin na 1m ² po wschodach Plant density of plants after emergence |
|--|----------------------|--|---------------|--|
| 12,5 | | | | 90 |
| 25,0 | | | | 89 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n. – ns |
| | Agra | | | 88 |
| | Ramrod | | | 82 |
| | Profi | | | 94 |
| | Brutus | | | 82 |
| | Pomorska | | | 94 |
| | Tarchalska | | | 96 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 4 |
| | | 75 | | 68 |
| | | 100 | | 90 |
| | | 125 | | 111 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 3 |
| | | | 2001 | 96 |
| | | | 2002 | 91 |
| | | | 2003 | 82 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 2 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant difference

Liczba węzłów do pierwszego strąka na łodydze zależała od właściwości genetycznych badanych odmian i wzrastała nieznacznie wraz z zagęszczeniem roślin w łąnie. Jednak, podobnie jak wysokość osadzenia I. strąka uzależniona była przede wszystkim od warunków atmosferycznych podczas wegetacji. Liczba strąków na roślinie jest cechą genetyczną. Wśród badanych odmian najwięcej strąków zawiązywał Brutus, a najmniej Pomorska. Zwiększenie ilości siewu z 75 do 125 nasion na 1 m² zmniejszyło liczbę strąków na roślinie o 15%, a w warunkach niskiego uwilgotnienia liczba ta była o 50%

niższa niż w roku wilgotnym. Liczba nasion w strąku była w największym stopniu determinowana przez czynnik genetyczny, a różnice między odmianami wynosiły 36%. Należy podkreślić, że zróżnicowana ilość wysiewu i zmienny w latach układ warunków wilgotnościowo-termicznych nie miały wpływu na tę cechę. Liczba nasion z rośliny to wypadkowa liczby strąków z rośliny i nasion w strąku. Najwięcej nasion z rośliny uzyskano z odmiany Agra, a najmniej z Ramrod. Należy podkreślić, że na kształtowanie tej cechy ogromny wpływ miał układ pogody podczas wegetacji grochu.

Tabela 5

Table 5

Długość okresów rozwojowych grochu w dniach (średnie dla odmian i lat)
Development stage of pea in days (means for factors and years)

| Długość okresu od siewu do: Development stage: | Lata Years | Odmiany – Cultivars | | | | | | Średnio dla lat Means for years |
|---|---------------|---------------------|--------|-------|--------|----------|------------|------------------------------------|
| | | Agra | Ramrod | Profi | Brutus | Pomorska | Tarchalska | |
| pełni wschodów full emergence | 2001 | 22 | 22 | 21 | 21 | 21 | 22 | 22 |
| | 2002 | 24 | 25 | 22 | 23 | 22 | 23 | 23 |
| | 2003 | 27 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| | średnio mean | 24 | 24 | 23 | 24 | 23 | 24 | 24 |
| początku kwitnienia beginning of flowering | 2001 | 74 | 68 | 68 | 70 | 74 | 70 | 71 |
| | 2002 | 66 | 58 | 58 | 61 | 67 | 57 | 61 |
| | 2003 | 68 | 63 | 63 | 65 | 69 | 65 | 65 |
| | średnio mean | 69 | 63 | 63 | 65 | 70 | 64 | 66 |
| końca kwitnienia end of flowering | 2001 | 91 | 87 | 88 | 90 | 90 | 87 | 89 |
| | 2002 | 80 | 78 | 78 | 80 | 81 | 77 | 79 |
| | 2003 | 76 | 75 | 75 | 77 | 77 | 75 | 76 |
| | średnio mean | 82 | 80 | 80 | 82 | 83 | 80 | 81 |
| dojrzałości zniwnej full maturity | 2001 | 114 | 114 | 114 | 115 | 113 | 115 | 114 |
| | 2002 | 108 | 108 | 108 | 109 | 108 | 109 | 108 |
| | 2003 | 107 | 104 | 102 | 108 | 107 | 106 | 106 |
| | średnio mean | 110 | 109 | 108 | 111 | 109 | 110 | 109 |

Masa 1000 nasion kształtowała się przede wszystkim pod wpływem czynnika genetycznego, różnice między odmianami przekraczały 25%, a następnie w mniejszym stopniu zależały od przebiegu pogody i liczby wysianych nasion na 1 m². Masa nasion w strąku stanowi wypadkową liczby nasion w strąku i masy 1000 nasion. Różnice między odmianami w kształtowaniu tej cechy przekraczały 21%, a w latach badań dochodziły do 16%.

Średnia ważona średnica nasion świadczy o ich dorodności i pośrednio związana jest z masą 1000 nasion. Największy wpływ na tę cechę miały właściwości odmian, a następnie kolejno przebieg pogody i liczba wysianych na 1 m² nasion.

Tabela 6
Table 6Morfologia grochu siewnego cz. I (średnie dla czynników badań i lat)
Morphology of pea part I (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Wysokość roślin po zakończeniu kwitnienia cm Height of plant after end of flowering | Wysokość roślin przed zbiorem (cm) Height of plant before harvesting | Liczba węzłów na roślinie Number of nodes per plant | Średnia długość międzywęźli (mm) Mean length internodes | Wysokość pędu do I węzła ze strąkami (cm) Height to place first pod (cm) | Liczba węzłów do I strąka Number of nodes to place first pod |
|--|-------------------------------|---|------------|--|---|--|--|---|---|
| 12,5 | | | | 83 | 83 | 20,1 | 43 | 56 | 14,7 |
| 25,0 | | | | 82 | 84 | 20,4 | 42 | 55 | 14,8 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns |
| | Agra | | | 65 | 71 | 19,6 | 38 | 48 | 15,0 |
| | Ramrod | | | 82 | 83 | 19,6 | 44 | 52 | 13,7 |
| | Profi | | | 79 | 79 | 19,1 | 43 | 51 | 13,5 |
| | Brutus | | | 92 | 93 | 21,0 | 46 | 56 | 14,1 |
| | Pomorska | | | 88 | 84 | 22,5 | 38 | 66 | 18,0 |
| | Tarchalska | | | 89 | 90 | 19,7 | 47 | 59 | 14,3 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 2 | 2 | 0,5 | 1 | 2 | 0,4 |
| | | 75 | | 83 | 84 | 20,5 | 42 | 54 | 14,6 |
| | | 100 | | 82 | 83 | 20,2 | 43 | 56 | 14,8 |
| | | 125 | | 81 | 83 | 20,1 | 43 | 57 | 14,9 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 1 | r.n.-ns | 0,4 | 1 | 1 | 0,3 |
| | | | 2001 | 99 | 99 | 22,2 | 45 | 61 | 15,7 |
| | | | 2002 | 92 | 90 | 16,6 | 56 | 57 | 11,2 |
| | | | 2003 | 56 | 60 | 22,0 | 28 | 48 | 17,5 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 5 | 4 | 1,0 | 3 | 3 | 0,9 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Tabela 7
Table 7Morfologia grochu siewnego cz. II (średnie dla czynników badań i lat)
Morphology of pea part II (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Liczba strąków na roślinie Number of seeds per plant | Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod | Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant | Masa 1000 nasion (g) 1000 seeds weight (g) | Masa nasion w strąku (g) Weight of seeds per pod (g) | Średnia ważona średnica nasion (mm) Weighted mean diameter of seeds (mm) |
|---------------------------------------|-------------------|--|------------|--|--|---|--|--|--|
| 12,5 | | | | 8,0 | 3,7 | 29,6 | 231 | 0,86 | 5,7 |
| 25,0 | | | | 8,6 | 3,8 | 31,7 | 236 | 0,88 | 5,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | | | | | | |
| | Agra | | | 7,5 | 4,5 | 34,4 | 215 | 0,99 | 5,6 |
| | Ramrod | | | 9,1 | 2,9 | 26,6 | 270 | 0,79 | 6,0 |
| | Profi | | | 8,1 | 3,8 | 30,8 | 202 | 0,80 | 5,5 |
| | Brutus | | | 9,5 | 3,6 | 33,4 | 233 | 0,84 | 5,8 |
| | Pomorska | | | 7,1 | 4,4 | 31,4 | 228 | 1,00 | 5,3 |
| | Tarchalska | | | 8,4 | 3,3 | 27,5 | 252 | 0,83 | 5,9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | | | | | | |
| | | 75 | | 0,5 | 0,1 | 2,0 | 3 | 0,03 | 0,1 |
| | | 100 | | 9,1 | 3,8 | 34,0 | 232 | 0,87 | 5,6 |
| | | 125 | | 8,0 | 3,8 | 29,6 | 234 | 0,87 | 5,7 |
| | | | | 7,8 | 3,7 | 28,4 | 235 | 0,86 | 5,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | | | | | | |
| | | | | 0,3 | r.n. | 1,3 | 2 | r.n. | 0,1 |
| | | | 2001 | 10,9 | 3,7 | 39,7 | 227 | 0,80 | 5,6 |
| | | | 2002 | 8,6 | 3,8 | 32,5 | 227 | 0,85 | 5,6 |
| | | | 2003 | 5,4 | 3,7 | 19,9 | 246 | 0,95 | 5,8 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | | | | | | |
| | | | | 0,8 | r.n.-ns | 3,1 | 9 | 0,04 | 0,1 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Tabela 8
Table 8Elementy struktury plonu rośliny (średnie dla czynników badań i lat)
Structure components yield of plant (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Masa z 1 rośliny (g) Weight of 1 plant (g) | | | Udział w nadziemnej części grochu siewnego (%) The proportional share aboveground parts of pea | | | |
|--|-------------------------------|---|---------------|---|-----------------------------|-----------------|---|-----------------|----------------------------|----------------|
| | | | | nasiona seeds | strączyzny stripped pods | łodygi stems | razem total | nasion seeds | strączyzn stripped pods | łodyg stems |
| 12,5 | | | | 6,7 | 1,6 | 4,7 | 13,0 | 51,1 | 11,8 | 37,1 |
| 25,0 | | | | 7,2 | 1,8 | 4,9 | 13,9 | 51,9 | 12,5 | 35,6 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,5 | 0,1 | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | 0,4 | r.n.-ns |
| | Agra | | | 7,3 | 1,6 | 4,5 | 13,4 | 54,4 | 11,5 | 34,1 |
| | Ramrod | | | 7,1 | 1,8 | 4,8 | 13,7 | 51,3 | 12,7 | 36,0 |
| | Profi | | | 6,3 | 1,7 | 4,2 | 12,2 | 51,4 | 13,6 | 35,0 |
| | Brutus | | | 7,7 | 1,9 | 5,6 | 15,2 | 50,7 | 12,3 | 37,0 |
| | Pomorska | | | 6,6 | 1,4 | 5,0 | 13,0 | 50,7 | 10,2 | 39,1 |
| | Tarchalska | | | 6,7 | 1,7 | 4,8 | 13,2 | 50,6 | 12,4 | 37,0 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,5 | 0,1 | 0,3 | 0,8 | 1,1 | 0,5 | 1,2 |
| | | 75 | | 7,7 | 1,9 | 5,3 | 14,9 | 51,6 | 12,3 | 36,1 |
| | | 100 | | 6,7 | 1,6 | 4,7 | 13,0 | 51,5 | 12,1 | 36,4 |
| | | 125 | | 6,5 | 1,6 | 4,5 | 12,6 | 51,4 | 12,1 | 36,5 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns |
| | | | 2001 | 8,6 | 2,1 | 5,3 | 16,0 | 53,8 | 13,2 | 33,0 |
| | | | 2002 | 7,2 | 2,0 | 5,2 | 14,4 | 50,0 | 13,7 | 36,3 |
| | | | 2003 | 5,1 | 0,9 | 3,9 | 9,9 | 50,7 | 9,5 | 39,8 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,6 | 0,2 | 0,5 | 1,2 | 2,0 | 0,5 | 2,3 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Masa rośliny grochu (nasiona + strączyny + łodyga) była istotnie różnicowana przez czynnik genetyczny oraz przebieg pogody podczas wegetacji i zmniejszała się pod wpływem ilości wysiewu (tab. 8). Odmiana Brutus, w porównaniu z pozostałymi, odznaczała się istotnie wyższą masą nasion, łodyg i strączyn. W latach wilgotnych największą masę nasion z rośliny uzyskano z odmiany Brutus, a w latach suchych z Agra. Wzrastające zagęszczenie roślin spowodowało obniżenie masy nasion, strączyn i łodyg z jednej rośliny. W latach wilgotnych, zwiększenie ilości wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m², obniżało nadziemną masę rośliny średnio o 11–14%, a w latach suchych o ponad 20%. W nadziemnej masie grochu największy udział miały nasiona, najmniejszy strączyny.

Rozstawa rzędów nie miała wyraźnego wpływu na poziom wylegania grochu (tab. 9). Badane odmiany odznaczały się zróżnicowaną odpornością na wyleganie, niezależnie od fazy rozwojowej roślin. Odmiana Agra wylegała najsilniej, we wszystkich fazach rozwojowych, a Brutus najslabiej, pomimo że posiadał najdłuższą łodygę. Wzrastające zagęszczenie roślin powodowało, niezależnie od fazy rozwojowej, większą skłonność

Tabela 9

Table 9

Wyleganie roślin grochu siewnego w skali 9–1 (średnie dla czynników badań i lat)
Lodging peas plants in the scale 9–1 (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Faza rozwojowa Development stage | | | |
|--|----------------------|--|---------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | | I | II | III | IV |
| 12,5 | | | | 7,7 | 6,2 | 4,9 | 3,8 |
| 25,0 | | | | 7,7 | 6,0 | 4,8 | 3,8 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns |
| | Agra | | | 6,1 | 3,5 | 2,4 | 1,9 |
| | Ramrod | | | 7,9 | 6,4 | 4,9 | 3,8 |
| | Profi | | | 8,1 | 6,4 | 5,6 | 3,7 |
| | Brutus | | | 8,6 | 8,1 | 7,2 | 5,9 |
| | Pomorska | | | 7,4 | 4,7 | 2,8 | 2,3 |
| | Tarchalska | | | 8,4 | 7,5 | 6,1 | 5,1 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | | 75 | | 8,0 | 6,2 | 5,0 | 3,9 |
| | | 100 | | 7,7 | 6,1 | 4,8 | 3,8 |
| | | 125 | | 7,6 | 5,9 | 4,7 | 3,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | | | 2001 | 8,6 | 5,7 | 3,6 | 3,0 |
| | | | 2002 | 8,6 | 7,3 | 6,2 | 4,2 |
| | | | 2003 | 6,1 | 5,2 | 4,7 | 4,1 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Faza rozwojowa: I – początek kwitnienia, II – koniec kwitnienia, III – 7–10 dni po kwitnieniu, IV – przed zbiorem,
Development stage: I – beginning of flowering, II – end of flowering, III – 7–10 days after flowering, IV – before harvest

do wylegania. Duży wpływ na wyleganie grochu miały warunki atmosferyczne podczas wegetacji roślin. W roku 2001, od końca kwitnienia roślin aż do osiągnięcia dojrzałości żniwnej suma opadów wynosiła 151 mm i wyleganie zwiększyło się o 2,7 punktu, a w 2003 roku przy opadach 39 mm tylko o 1,1 punktu. Inaczej reagowały odmiany grochu na wyleganie w roku 2002, który był w początkowym okresie wegetacji umiarkowanie wilgotny i wyleganie postępowało powoli. Dopiero obfite opady w okresie dojrzewania, kiedy w ciągu 18 dni lipca spadło 115 mm wody (co stanowiło 44% sumy opadów całego okresu wegetacji grochu w roku 2002) przyspieszyły wyleganie roślin.

Plony nasion i słomy oraz osypywanie nasion kształtowały się w największym stopniu pod wpływem warunków atmosferycznych, odmian i ilości wysiewu, a w mniejszym stopniu zależały od rozstawy rzędów (tab. 10). W warunkach szerszej rozstawy rzędów plony słomy były o 9% wyższe w porównaniu z rozstawą 12,5 cm. Najwyższymi plonami nasion i słomy odznaczała się odmiana Tarchalska, najniższymi nasion odmiana Profi, a słomy Agra.

Tabela 10

Table 10

Plony oraz osypywanie nasion grochu siewnego podczas zbioru w skali 9–1
(średnie dla czynników badań i lat)

Yield and shattering seeds on the pea during harvest on the scale 9–1 (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Plon Yield t·ha ⁻¹ | | Osypywanie nasion Shattering seeds |
|---|----------------------|---|---------------|----------------------------------|----------------|---|
| | | | | nasiona seeds | słoma straw | |
| 12,5 | | | | 3,74 | 3,32 | 7,8 |
| 25,0 | | | | 3,93 | 3,62 | 7,8 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n.-ns | 0,18 | r.n.-ns |
| | Agra | | | 3,74 | 3,06 | 6,7 |
| | Ramrod | | | 3,54 | 3,36 | 8,1 |
| | Profi | | | 3,41 | 3,15 | 7,4 |
| | Brutus | | | 3,96 | 3,75 | 8,3 |
| | Pomorska | | | 4,14 | 3,63 | 8,3 |
| | Tarchalska | | | 4,21 | 3,88 | 7,9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 0,12 | 0,13 | 0,3 |
| | | 75 | | 3,66 | 3,36 | 7,8 |
| | | 100 | | 3,87 | 3,50 | 7,7 |
| | | 125 | | 3,98 | 3,56 | 7,8 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 0,07 | 0,07 | r.n.-ns |
| | | | 2001 | 5,37 | 3,85 | 6,3 |
| | | | 2002 | 3,14 | 3,37 | 8,5 |
| | | | 2003 | 3,00 | 3,19 | 8,6 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 0,36 | 0,22 | 0,3 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Zwiększenie liczby wysianych na 1 m² nasion z 75 do 125 spowodowało wzrost plonu nasion o 9%, natomiast istotny przyrost plonu słomy notowano przy zwiększeniu wysiewu z 75 do 100 nasion na 1 m². W wilgotnym 2001 roku plony nasion były wyższe o 79%, a słomy o 21%, w porównaniu do suchego 2003 roku. Najwyższe plony nasion uzyskano w roku 2001 z odmiany Brutus, w 2002 z Pomorska, a w 2003 z Agra. Różnice między odmianami w plonach nasion i słomy wynosiły odpowiednio w roku 2001 – 37 i 57%, w 2002 – 85 i 34%, a w 2003 – 11 i 13%. Wzrost ilości wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m² zwiększył plony nasion w roku 2001 o 7%, w 2002 o 22%, a w 2003 nie miał istotnego wpływu. Plony słomy wzrastały istotnie pod wpływem ilości wysiewu do 100 nasion na 1 m² tylko w 2002 roku.

Struktura plonu nasion, wyrażona procentowym udziałem nasion o określonej średnicy w plonie, kształtowała się pod wpływem przebiegu pogody i czynnika genetycznego. U odmian: Agra, Ramrod, Profi, Brutus i Tarchalska dominowały nasiona o średnicy 6–7 mm, u odmiany Pomorska 5–6 mm (tab. 11).

Tabela 11

Table 11

Struktura plonu nasion grochu (średnie dla czynników badań i lat)
Structure harvest seeds of pea (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych na- sion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Udział nasion w plonie (%) o średnicy (mm) | | | |
|--|----------------------|--|---------------|---|---------|---------|---------|
| | | | | Percentage parts seeds of the harvest (mm) | | | |
| | | | | 7 | 6 | 5 | <5 |
| 12,5 | | | | 7,7 | 57,1 | 30,7 | 4,5 |
| 25,0 | | | | 8,7 | 58,2 | 28,4 | 4,7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns |
| | Agra | | | 2,7 | 57,2 | 36,4 | 3,7 |
| | Ramrod | | | 20,7 | 65,8 | 10,3 | 3,2 |
| | Profi | | | 3,2 | 52,1 | 38,2 | 6,5 |
| | Brutus | | | 7,7 | 66,6 | 22,1 | 3,6 |
| | Pomorska | | | 3,1 | 34,4 | 55,1 | 7,4 |
| | Tarchalska | | | 11,9 | 69,6 | 15,3 | 3,2 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 1,7 | 2,3 | 1,5 | 0,8 |
| | | 75 | | 7,9 | 56,5 | 30,7 | 4,9 |
| | | 100 | | 8,3 | 58,0 | 29,1 | 4,6 |
| | | 125 | | 8,4 | 58,5 | 28,8 | 4,3 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n.-ns | r.n.-ns | 0,9 | r.n.-ns |
| | | | 2001 | 4,8 | 58,2 | 31,7 | 5,3 |
| | | | 2002 | 5,1 | 54,5 | 35,9 | 4,5 |
| | | | 2003 | 14,6 | 60,2 | 21,1 | 4,1 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 3,4 | 2,5 | 3,7 | r.n.-ns |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

DYSKUSJA

Zaniedbań wynikających z braku właściwego dla danego gatunku i odmiany zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni nie można zniwelować innymi zabiegami agrotechnicznymi. Istnieje rozbieżność między polową i laboratoryjną zdolnością wschodów. Dlatego trudno jest uzyskać w warunkach polowych zakładaną obsadę roślin. Niektórzy autorzy wykazali, że między planowaną a faktyczną obsadą, roślin różnica wynosi od 5 do 20% [Rembowski, 1971; Prusiński, 1991; Tworkowski, Szczukowski, 1997]. W badaniach własnych różnice między planowaną, a faktyczną obsadą zależały przede wszystkim od warunków atmosferycznych podczas wschodów i średnio wynosiły od 4 do 18%.

W badaniach własnych wykazano istotność różnic odmianowych między wszystkimi określanymi cechami morfologicznymi. Wysokość roślin po zakończeniu kwitnienia zmniejszała się również istotnie pod wpływem zwiększania zagęszczenia ładu. Ponadto ta cecha zależała w dużym stopniu od sumy opadów. W suchym 2003 roku lodyga była o 43% krótsza, w porównaniu z wilgotnym 2001 rokiem. Wysokość roślin charakteryzuje wysoki współczynnik zmienności, dochodzący do 23% [Jasińska, Kotecki, 1989; Kotecki, 1990]. Wiele opracowań wskazuje, że pod wpływem wzrostu zagęszczenia zmniejsza się wysokość roślin [Jasińska, Malarz, 1983; Paprocki, Kacprzyk, 1987; Kotecki, 1994; Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrzeźniewska, 1996].

W badaniach własnych liczba węzłów na roślinie malała wraz ze wzrostem zagęszczenia, natomiast zwiększała się długość międzywęzła. Prawidłowość tę potwierdzają autorzy innych prac [Jasińska, Malarz, 1983; Jasińska, Kotecki, 1989; Kotecki, 1994; Kotecki, Grządkowska, 1997].

Wysokość osadzenia pierwszego strąka jest ważną cechą morfologiczną, ponieważ ma wpływ na wielkość strat nasion, jakie mogą wystąpić podczas kombajnowego zbioru grochu. W badaniach własnych zaobserwowano, że odmiana Pomorska ma strąki skupione wysoko na lodydze na zbliżonym poziomie wysokości. W miarę wzrostu zagęszczenia zwiększeniu uległa wysokość osadzenia I strąka. Najbardziej tę cechę różnicowały zmienne warunki pogodowe. Jasińska i Kotecki [1989] wykazali, że wysokość osadzenia pierwszego strąka cechuje wysoki współczynnik zmienności – 29,1%.

Liczba strąków na roślinie zależała od odmiany (najwięcej w trzyletnim okresie badań miał Brutus 9,5) i obniżała się pod wpływem wzrostu wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m² o 14,3%. W suchym 2003 roku liczba strąków na roślinie była o 50% niższa, w porównaniu z wilgotnym 2001 rokiem. Podobną reakcję, chociaż w mniejszym zakresie (od 13 do 23%) wykazali Szukała, Maciejewski i Sobiech [1995]. Twierdzenie, że wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin w ładu zmniejsza się liczba strąków na lodydze grochu jest w piśmiennictwie powszechne [Paprocki, Lewandowski, 1987; Kotecki, 1994; Kotecki, Broda, 1995; Javaisienne, Balestys, Janusienne, 1998].

Masa 1000 nasion to wypadkowa działania czynnika genetycznego i przebiegu pogody podczas wegetacji. W badaniach własnych wykazano dodatni wpływ wzrastającego zagęszczenia roślin na masę 1000 nasion. Podobny pogląd prezentują Sawicki, Boros, Wawer [2000], u których genotypy wąsolistne, odporne na wyleganie w fazie dojrzewania, miały większą masę 1000 nasion w warunkach gęstszego siewu.

Wszystkie badane czynniki kształtowały masę nasion i strączyń z 1 rośliny, natomiast masa łodyg z 1 rośliny zależała istotnie od odmiany, zagęszczenia roślin i zróżnicowanych warunków atmosferycznych. Procentowy udział nasion w masie nadziemnej części rośliny zależał od czynnika odmianowego i układu warunków pogodowych w latach badań. Kotecki, Kozak i Steinhoff-Wrzeźniewska [1996] nie wykazali zróżnicowania suchej masy nasion rośliny odmiany jadalnej Opal i pastewnej Fidelia. Pod wpływem ilości wysiewu obniżała się masa nasion i strączyń z rośliny [Kotecki, Grządowska, 1997].

Zwiększenie odporności łodyg na wyleganie jest jednym z najważniejszych kierunków hodowli. W badaniach własnych najodporniejszą na wyleganie łodygę przed zbiorem miały odmiany Brutus – 5,9 i zarejestrowana w 2004 roku Tarchalska – 5,1. Jeszcze do niedawna najodporniejszy na wyleganie był Ramrod – 3,8. Wzrastające zagęszczenie roślin – powodowało niewielkie, ale istotne zwiększenie stopnia wylegania. Również układ warunków atmosferycznych kształtował stopień wylegania. Niebezpieczne są zwłaszcza, występujące w krótkim okresie silne opady podczas dojrzewania. Sawicki, Boros, Wawer [2000] udowodnili, że stopień wylegania łodygi grochu siewnego odmian wąsolistnych, zależy nie tylko od gęstości wysiewu nasion, ale przede wszystkim od odmiany. Wyniki prac wielu autorów [Fordoński, Gronowicz, Paprocki, 1988; Borowiecki, Książak, Bochniarz, 1993; Książak, 1993 i 1996] dowodzą, że wśród odmian liściastych wzrost zagęszczenia roślin w łanie grochu siewnego nie miał wpływu na stopień wylegania łodygi, bo nawet odmiany wysiewane rzadko, wykazywały dużą skłonność do wylegania.

Rozstawa rzędów nie miała wpływu na poziom plonowania nasion grochu, natomiast plon słomy był istotnie wyższy przy szerszej rozstawie. Gronowicz [1989] badając wpływ rozstawy rzędów – 10 i 20 cm, uzyskała wyższy plon nasion przy węższej rozstawie. W badaniach własnych, w wilgotnym 2001 roku, najwyżej plonowała odmiana Brutus ($6,24 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), a w suchym 2003 roku najslabiej ($2,81 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Tak duże zróżnicowanie plonu nasion grochu siewnego w latach badań świadczy o nieprzystosowaniu odmiany do rozwoju w warunkach suszy. Pomimo dobrej laboratoryjnej zdolności kiełkowania nasion (94%), faktyczna obsada roślin u odmiany Brutus była najniższa w całym cyklu badań i ten czynnik decydował o słabym plonowaniu w 2003 roku. W trzyletnim cyklu badań najwierniej plonowały odmiany Pomorska i Tarchalska.

Wzrastające zagęszczenie roślin grochu siewnego w łanie powodowało istotny wzrost plonu nasion wszystkich badanych odmian tylko w latach wilgotnych. Natomiast w suchym 2003 roku nie wykazano wzrostu plonu nasion pod wpływem ilości wysiewu. Wyniki badań Święcickiego [1979] i Jasińskiej [1995] wykazały, że odmiany grochu siewnego nie różnią się reakcją na wzrastającą gęstość wysiewu. Badania własne tej tezy nie potwierdzają i są zgodne z poglądem Styka i Przybysza [1967], którzy twierdzą, że nie można wskazać optymalnej gęstości siewu peluszki, właściwej dla wszystkich lat. Wpływ gęstości wysiewu jest zróżnicowany przez warunki atmosferyczne podczas wegetacji.

Osypywanie nasion podczas zbioru jest cechą odmianową, zmienną w latach, związaną ze skłonnością łodygi do wylegania. Borowiecki, Książak i Bochniarz [1993] wykazali, że odmiany wcześniejsze (Ikar, Elektron) łatwiej się osypują. W badaniach własnych najmniejszą skłonność do osypywania nasion miały odmiany Brutus i Pomorska, a następnie kolejno niższą Ramrod, Tarchalska, Profi, a najwyższą Agra.

WNIOSKI

Z badań nad wpływem rozmieszczenia roślin w łanie na rozwój i plonowanie wąsolistnych odmian grochu, przeprowadzonych w latach 2001–2003, w Kościelnej Wsi k. Kalisza, można wysunąć następujące wnioski:

1. Zmienne, w latach, warunki pogodowe podczas wegetacji miały istotny wpływ na: cechy morfologiczne grochu, wyleganie roślin, plon nasion i słomy oraz elementy struktury plonu.

2. Zwiększenie rozstawy rzędów spowodowało między innymi istotny wzrost: masy nasion i strączyń z rośliny.

3. Odmiany grochu różnicowały istotnie wszystkie badane cechy; morfologiczne, wyleganie roślin, plon nasion i słomy oraz strukturę plonu nasion.

4. Wraz ze wzrostem wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m² istotnie;

– wzrastała średnia długość międzywęźla, wysokość osadzenia I. strąka, liczba węzłów do pierwszego strąka, masa nasion, średnia ważona średnica nasion, plon nasion i słomy,

– obniżała się wysokość roślin po zakończeniu kwitnienia, liczba węzłów oraz strąków na roślinie, nasion z rośliny, bonitacja wylegania roślin we wszystkich fazach rozwojowych grochu, masa nasion, strączyń i łodyg z jednej rośliny.

5. Plon nasion i słomy kształtował się pod wpływem odmian i wzrastał istotnie w latach wilgotnych wraz z zagęszczeniem łanu (z 75 do 125 nasion na 1 m²). W suchym 2003 roku dla wszystkich badanych odmian wystarczający był wysiew 75 nasion na 1 m².

6. Wśród jadalnych odmian grochu rolniczo najkorzystniej wypadła Tarchalska, którą należy wysiewać w ilości 125 nasion na 1 m², ze względu na odporność łodygi na wyleganie.

PIŚMIENICTWO

- Ajmal Su, Mohar Ta, Tariq M. Asfhaq N., Ahmad M.: 1991. Pea cultivars response to different plant densities and row spacings, *Journal of Agricultural Research Lahore*, 29, 3, 357–362.
- Baswana K.S., Saharan B.S.: 1993. Effect of row spacing and seed rate on pod yield of garden pea. *Haryana Journal of Agronomy*: 9, 1, 93–95.
- Borowiecki J., Książek J., Bochniarz J.: 1993. Plonowanie wybranych odmian grochu w zależności od gęstości siewu. *Pamiętnik Puławski*, 102, 135–144.
- Bussell W.T., Johnson R.W., Lill R.E.: 1983. Effect of sowing rate on vining pea yields and profitability in Monowatu. *Proceedings Agronomy Society of New Zealand*, 13, 105–106.
- Czyż H.: 1989. Technologia produkcji nasion grochu. Instrukcja upowszechnieniowa 12/89 Akademii Rolniczej w Szczecinie.
- Czyż H., Songin H.: 1988. Reakcja grochu na zagęszczenie łanu. *Materiały Konferencji Naukowej Puławy*, cz. III, 42–47.
- Fordoński G., Gronowicz Z., Paprocki S.: 1988. Wpływ ilości wysiewu na plon i wartość pokarmową nowych odmian grochu siewnego. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn*, s. Agricultura, 45, 157–165.

- Gronowicz Z.: 1989. Wpływ nawożenia Florovitem oraz rozstawy rzędów na plonowanie nowych odmian grochu. Materiały Konferencji Puławy II, 116–122.
- Heath M.C., Knott C.M., Dyer C.J., Rogers-Lewis D.: 1991. Optimum plant densities for three semi - leafless combining pea (*Pisum sativum* L.) cultivars under contrasting field conditions. *Annals of Applied Biology*, 118, 3, 671–688.
- Jasińska Z., Malarz W.: 1983. Wpływ nawożenia azotowego i zagęszczenia roślin na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.* XL, 141, 125–134.
- Jasińska Z.: 1995. Rola roślin strączkowych w zwiększeniu produkcji roślinnej. Materiały z regionalnej konferencji naukowo-technicznej, 23. IX 1995, 9–20.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 1989. Cechy morfologiczne a plonowanie grochu siewnego. Materiały z Konferencji Naukowej Puławy, cz. II (Komunikaty), 7–13.
- Jovaisiene E., Bakstys L., Jonusiene V.: 1998. The dependence of pea crop density and productivity on seed rate and sowing time in Western Lithuania. *Zemdirby-ste Makslo Darbai*, 63, 156–165.
- Kotecki A.: 1990. Wpływ warunków wilgotnościowych i termicznych na rozwój i plonowanie grochu siewnego odmiany Kaliski. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.* LII, 199, 71–84.
- Kotecki A.: 1994. Wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu jadalnego. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.*, LXI, 253, 57–69.
- Kotecki A., Broda K.: 1995. Wpływ ilości wysiewu na wartość resztek poźniwnych dwu odmian grochu. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.* LXIII, 262, 129–140.
- Kotecki A., Kozak M., Steinhoff-Wrzeźniewska A.: 1996. Wpływ przedplonu i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie odmian grochu. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.*, LXVIII, 303, 195–209.
- Kotecki A., Grządkowska A.: 1997. Wpływ gęstości siewu na rozwój, plonowanie i gromadzenie makroskładników u dwóch odmian grochu. *Biuletyn IHAR*, 203, 209–218.
- Księżak J.: 1993. Określenie optymalnej gęstości wysiewu dla wybranych odmian grochu. *Wydawnictwo IUNG Puławy*, 63–69.
- Księżak J.: 1996. Ocena plonowania wybranych odmian grochu w zależności od gęstości siewu. *Fragmenta Agronomica*, 2 (50) 95–106.
- Paprocki S.: 1984. Uprawa grochu siewnego na nasiona. *Wydawnictwo IHAR Radzików*, 1–35.
- Paprocki S., Fordoński G., Głowacka S.: 1980. Wpływ gęstości siewu na plonowanie i wartość pokarmową nowych odmian grochu siewnego. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rol.*, 30, 151–159.
- Paprocki S., Lewandowski R.: 1987. Wzrost plonowania grochu siewnego w zależności od gęstości i głębokości siewu. *Roczniki Nauk Rolniczych*. 107 A-1, 153–163.
- Paprocki S., Kacprzyk M.: 1987. Wpływ gęstości i głębokości siewu peluszki na pokrój roślin oraz plon nasion i słomy. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 107 A-1, 165–177.
- Prusiński J.: 1991. Kielkowanie i wschody roślin strączkowych w warunkach chłodnej i wilgotnej gleby. *Postępy Nauk Rolniczych*, 4\5\6\91, 3–18.
- Rembowski M.: 1971. Zagęszczenie roślin na plantacjach nasiennych roślin motylkowych. *Biuletyn Branżowy Hodowli Roślin i Nasiennictwa*, 2, 3–4.
- Rojek St.: 1986. Potrzeby wodne roślin motylkowych. *Fragm. Agron.*, 2 (10), 3–20.
- Sawicki J., Boros L., Wawer A.: 2000. Wpływ zagęszczenia roślin w łanie na cechy użytkowe trzech wąsolistnych genotypów grochu siewnego (*Pisum sativum* L.). *Biuletyn IHAR*, 214, 253–261.
- Seredyn Z.: 1993. Wpływ obsady roślin na plonowanie odmian grochu siewnego i pastewnego. *Frag. Agron.* 1 (37), 48–55.
- Songin H., Czyż H.: 1988. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie niektórych gatunków roślin strączkowych w warunkach Pomorza Zachodniego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol.*, XLVI, 135, 257–265.

- Szukała J., Maciejewski T., Sobiech S., 1995. Wpływ deszczowania i obsady roślin na plonowanie różnych typów grochu. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych*, 79, 119–124.
- Święcicki W.: 1979. Wpływ ilości wysiewu na plon siedmiu krajowych i zagranicznych odmian grochu siewnego. *Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy. Zesz. Nauk.*, 76, Rol., 181–209.
- Sypniewski J.: 1986. Problemy uprawy roślin strączkowych w Polsce. *Fragm. Agron.*, 1 (9), 29–36.
- Styk B., Przybysz T.: 1967. Plon zielonej masy i masy kilku gatunków roślin strączkowych (wyka jara, peluszką, lędźwian afrykański, lędźwian siewny) w zależności od ilości ich wysiewu, *Biuletyn IHAR*, 5, 77–81.
- Tworkowski J., Szczukowski St.: 1997. Ocena wartości siewnej nasion roślin strączkowych i ich wschody na polu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 446, 441–446.

**THE EFFECT OF SOWING METHOD ON GROWTH AND YIELDING
OF NARROW-LEAF PEA CULTIVARS.
PART I. PLANTS' GROWTH AND YIELDING**

S u m m a r y

In 2001–2003 an experiment was conducted to study the effect of sowing method on yielding of cultivars of narrow-leaf common pea. The experiment was set at the fields of the Experimental Station of Cultivars Evaluation in Kościelna Wieś, near Kalisz, belonging to the Research Centre for Cultivar Testing. The split-plot field experiments were set in four replications for three variables as follows: I row spacing in cm: 12.5, 25.0; II. Cultivars Agra, Ramrod, Profi, Brutus, Pomorska, Tarchalska; III number of sown seeds per 1 m²: 75, 100, 125.

Changing weather conditions during experiment years had a significant effect on: morphological features of pea, plants' lodging, seed and straw yields and elements of yield structure.

Widening row spacing from 15 to 25 cm caused among other things a significant increase in seed and siliques weight per plant. The type of cultivar determined all the studied features, morphological, plants' lodging, seed and straw yields and seed yield structure. When the number of sown seeds was increased from 75 to 125 seeds per 1 m², the following features were increased as well: the mean length of an internode, height of 1st pod fixation, number of nodes up to the first node, 1000-seeds weight, mean weight seed diameter, seed and straw yields, and the following parameters were decreased: plants' height after flowering, number of nodes and pods per plant, number of seeds per plant, plant lodging in four growth stages of pea, seed weight, silique and stem weight per plant. Seed yield was influenced by the cultivars and in wet years it increased significantly together with the increase of canopy density (from 75 to 125 seeds per 1 m²). In the dry year 2003 for all the studied cultivars it was sufficient to sow 75 seeds per 1 m². Among eatable cultivars of pea, Tarchalska turned to be the most effective from an agricultural perspective. Due to a resistance to stem lodging, Tarchalska should be sown at the rate of 125 seed per 1 m².

KEY WORDS: common pea, row spacing, narrow-leaf cultivars, number of sown seeds, plant growth, morphological features, seed and straw yields

Recenzent: prof. dr hab. Mieczysław Wilczek – Akademia Rolnicza w Lublinie

Jarosław Kuczkowski, Andrzej Kotecki, Marcin Kozak

WPLYW SPOSOBU SIEWU NA ROZWÓJ I PLONOWANIE
WĄSOLISTNYCH ODMIAN GROCHU.
CZĘŚĆ II. SKŁAD CHEMICZNY I WYDAJNOŚĆ SKŁADNIKÓW

THE EFFECT OF SOWING METHOD ON GROWTH
AND YIELDING OF NARROW-LEAF PEA CULTIVARS.
PART II. CHEMICAL CONTENT AND ELEMENTS' YIELD

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Crop Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

W latach 2001–2003 na polach Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Kościelnej Wsi, położonej w sąsiedztwie Kalisza, należącej do Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych, badano wpływ sposobu siewu na plonowanie wąsolistnych odmian grochu siewnego. Doświadczenia polowe zakładano metodą „split-plot” w czterech powtórzeniach na trzy czynniki zmienne, którymi w kolejności były: I – rozstawa rzędów w cm: 12,5 i 25,0; II – odmiany: Agra, Ramrod, Profi, Brutus, Pomorska, Tarchalska; III – wysiew nasion na 1 m²: 75, 100, 125.

Zmienne, w latach, warunki pogodowe podczas wegetacji miały istotny wpływ na skład chemiczny nasion, zawartość składników mineralnych w nasionach i słomie, wydajność białka ogółem z nasion i słomy, wartość energetyczną plonu nasion, nagromadzenie składników mineralnych w nasionach oraz słomie. Zwiększenie rozstawy rzędów spowodowało między innymi wzrost zawartości białka ogółem w nasionach i obniżenie zawartości włókna surowego, bezazotowych związków wyciągowych, a także K i Ca. Odmiany grochu różnicowały skład chemiczny i wartość energetyczną nasion, zawartość składników mineralnych w nasionach i słomie, wydajność białka ogółem, wartość energetyczną plonu nasion, nagromadzenie składników mineralnych w nasionach, słomie i łącznie. Wraz ze wzrostem wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m² istotnie wzrastało nagromadzenie w nasionach i słomie: białka ogółem oraz składników mineralnych N, P, K, Ca i Mg.

SŁOWA KLUCZOWE: groch siewny, rozstawa rzędów, odmiany wąsoliste, ilość wysiewu, skład chemiczny nasion i słomy

WSTĘP

Zmienność zawartości białka w nasionach grochu zależy przede wszystkim od przebiegu pogody, a następnie w mniejszym stopniu od przedplonu i właściwości genetycznych odmian [Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrzeźniewska, 1996]. Wydajność białka jest głównie uzależniona od plonu nasion, a w mniejszym stopniu od jej procentowej zawartości [Jasińska, Malarz, 1983; Dolata, Wiatr, 2005].

Zawartość białka ogólnego w słomie to wypadkowa działania temperatury powietrza oraz sumy opadów w okresie od siewu do końca kwitnienia i jest ujemnie skorelowana z sumą opadów [Kotecki, 1990]. Samul i Rutkowski [1983] stwierdzili, że zwiększenie zagęszczenia roślin z 100 do 125 na 1 m² spowodowało w nasionach spadek zawartości białka surowego i jednostek owsianych zarówno wśród odmian jadalnych, jak i pastewnych. Paprocki, Fordoński i Głowacka [1980] wykazali, że zarówno białko strawne w nasionach jak i w słomie oraz jednostki owsiane wzrastały do obsady 125 roślin na 1 m² u form krótkolodygowych i do 100 roślin na 1 m² dla odmian długolodygowych. Badania prowadzone przez Sawickiego, Borosa i Wawera [2000], w okolicach Warszawy, wykazały, że wzrastające zagęszczenie roślin do 140 na 1 m² powodowało wzrost wydajności białka.

Nasiona grochu, w porównaniu z łączną masą pobranych makroskładników przez rośliny (nasiona + korzenie + słoma), gromadzą w %: N–67, P–72, K–33, Ca–4 i Mg–40 [Kotecki, Grządkowska, 1997]. Głównym czynnikiem kształtującym zawartość w nasionach i słomie składników mineralnych był zróżnicowany w latach przebieg pogody [Paprocki, Lewandowski, 1987; Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrzeźniewska, 1996; Kotecki, Grządkowska, 1997]. Liczni autorzy wykazali istotny wpływ czynnika odmianowego na skład chemiczny nasion i słomy [Kotecki, Broda, 1995; Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrzeźniewska, 1996; Jasińska, Kotecki, 2001].

Celem badań było określenie wpływu sposobu siewu wąsolistnych odmian grochu na skład chemiczny nasion i słomy oraz wydajność składników pokarmowych i mineralnych z 1 ha.

METODYKA I WARUNKI BADAŃ

Metodykę badań polowych i warunki prowadzenia doświadczeń przedstawiono w pracy pt.: „Wpływ sposobu siewu na rozwój i plonowanie wąsolistnych odmian grochu. Cz. I. Rozwój roślin i plony”.

W laboratorium Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Akademii Rolniczej we Wrocławiu w nasionach i słomie oznaczono: suchą masę – metodą suszarkową w temperaturze 105 °C, azot ogólny – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla w aparacie Parnasa-Wagnera, K i Ca – metodą fotometrii płomieniowej, P – metodą wanadomolibdenową (wanadynianową), Mg – metodą z żółcieniem tytanową. Azot ogólny przeliczono na białko ogółem stosując przelicznik 6,25.

Ponadto w nasionach grochu oznaczono: tłuszcz surowy (ekstrakt eterowy) – metodą odtłuszczonej reszty przez ekstrakcję wysuszonych próbek bezwodnym eterem etylowym w aparacie Soxhleta-Hencla, włókno surowe – metodą Henneberga-Stohmanna,

popiół surowy – przez spalanie materiału roślinnego w piecu elektrycznym w temperaturze 600 °C.

Zawartość bezazotowych związków wyciągowych w nasionach obliczono odejmując od 100 sumaryczną procentową zawartość białka ogółem, tłuszczu, włókna i popiołu surowego. Na podstawie wyników analiz chemicznych nasion grochu obliczono wartość energetyczną plonu. Ponadto obliczono w nasionach i słomie wydajność z 1 ha białka ogółem i nagromadzenie składników mineralnych.

Analizę wariancji wszystkich ważniejszych cech wykonano testem Fischera, a przedziały ufności obliczono na podstawie testu T-Studenta. Parametry statystyczne oceniono na poziomie ufności $\alpha=0,05$.

WYNIKI BADAŃ

Szersza rozstawa rzędów, w porównaniu z wąską, miała istotny wpływ na wzrost zawartości w nasionach białka ogółem, przy jednoczesnym obniżeniu poziomu popiołu surowego i bezazotowych związków wyciągowych (tab. 1).

Czynnik odmianowy różnicował zawartość wszystkich badanych składników organicznych i popiołu surowego. Najwięcej białka ogółem zawierały odmiany Agra i Brutus, a bezazotowych związków wyciągowych Ramrod i Tarchalska. Ta ostatnia odmiana miała najwyższą wartość energetyczną nasion.

Nie wykazano wpływu ilości wysiewu na skład chemiczny nasion. Na skład chemiczny nasion miał wpływ przebieg pogody w okresie wegetacji. W warunkach niedoboru wilgoci nasiona gromadziły więcej białka ogółem, a mniej bezazotowych związków wyciągowych. W suchym i nie najcieplejszym 2003 roku nasiona miały najwyższą zawartość białka ogółem i włókna surowego w porównaniu z wilgotnymi latami badań.

Na wartość energetyczną nasion grochu nie miała wpływu zróżnicowana rozstawa rzędów i ilość wysiewu, natomiast wykazano wpływ odmiany i warunków atmosferycznych.

Nie wykazano wpływu ilości wysiewu na zawartość składników mineralnych w nasionach grochu (tab. 2).

Zwiększenie rozstawy rzędów do 25 cm spowodowało, w porównaniu z rozstawą 12,5 cm, spadek w nasionach zawartości K i Ca, a wzrost N. W największym stopniu skład mineralny nasion grochu różnicował przebieg pogody i czynnik odmianowy. Spośród badanych odmian najwyższą zawartością N, P i K odznaczały się Agra i Brutus, Ca – Ramrod, a Mg – Agra.

Rozstawa rzędów i ilość wysiewu nie miały wpływu na zawartość białka ogółem w słomie (tab. 3). Najwyższą zawartością tego składnika odznaczała się odmiana Agra, a najniższą Brutus. W umiarkowanie suchym 2003 roku stwierdzono wyższą zawartość białka ogółem niż w latach wilgotnych. Wzrost rozstawy rzędów miał korzystny wpływ na zawartość P, K i Ca. Najwięcej makroskładników gromadziła odmiana Agra, a najmniej Brutus. Ilość wysiewu nie kształtowała składu mineralnego słomy, natomiast w umiarkowanie wilgotnym 2003 roku słoma zawierała więcej K, Ca i Mg niż w latach wilgotnych.

Tabela 1
Table 1

Skład chemiczny (%) i wartość energetyczna nasion grochu siewnego (średnie dla czynników badań i lat)
The chemical components (%) and energetic value (MJ) of pea seeds (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych na- sion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Białko ogółem Total protein | Tłuszcz surowy Crude fat | Włókno surowe Crude fibre | Popiół surowy Crude ash | Bezazotowe związki wyciągowe Nitrogen free extract | Wartość ener- getyczna 1 kg nasion Energetic value 1 kg per seeds (MJ) |
|--|-------------------------------|--|---------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|--|
| 12,5 | | | | 23,0 | 1,1 | 6,5 | 3,3 | 66,1 | 7,07 |
| 25,0 | | | | 23,5 | 1,1 | 6,5 | 3,2 | 65,7 | 7,07 |
| | NIR - LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,2 | r.n.-ns | r.n.-ns | 0,1 | 0,2 | r.n.-ns |
| | Agra | | | 23,6 | 1,0 | 6,3 | 3,3 | 65,8 | 7,07 |
| | Ramrod | | | 23,0 | 1,1 | 6,2 | 3,3 | 66,4 | 7,08 |
| | Profi | | | 22,9 | 1,1 | 6,8 | 3,2 | 66,0 | 7,07 |
| | Brutus | | | 23,6 | 1,0 | 6,5 | 3,2 | 65,7 | 7,07 |
| | Pomorska | | | 23,3 | 1,0 | 7,0 | 3,2 | 65,5 | 7,06 |
| | Tarchalska | | | 23,1 | 1,1 | 6,3 | 3,2 | 66,3 | 7,09 |
| | NIR - LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,01 |
| | | 75 | | 23,3 | 1,1 | 6,6 | 3,2 | 65,8 | 7,07 |
| | | 100 | | 23,2 | 1,1 | 6,5 | 3,2 | 66,0 | 7,07 |
| | | 125 | | 23,2 | 1,1 | 6,5 | 3,2 | 66,0 | 7,07 |
| | NIR: LSD $\alpha=0,05$ | | | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns | r.n.-ns |
| | | | 2001 | 24,3 | 1,0 | 6,8 | 3,4 | 64,5 | 7,04 |
| | | | 2002 | 20,2 | 1,1 | 5,8 | 3,2 | 69,7 | 7,13 |
| | | | 2003 | 25,2 | 1,0 | 7,0 | 3,1 | 63,7 | 7,05 |
| | NIR - LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,2 | r.n.-ns | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,01 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Tabela 2
Table 2Zawartość składników mineralnych w nasionach grochu siewnego (%) (średnie dla czynników badań i lat)
Mineral components of pea seeds (%) (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | N | P | K | Ca | Mg |
|---|-------------------------------|--|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 12,5 | | | | 3,68 | 0,37 | 0,94 | 0,09 | 0,21 |
| 25,0 | | | | 3,76 | 0,37 | 0,89 | 0,07 | 0,21 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,03 | r.n.–ns | 0,01 | 0,01 | r.n.–ns |
| | Agra | | | 3,78 | 0,38 | 0,94 | 0,08 | 0,23 |
| | Ramrod | | | 3,67 | 0,38 | 0,92 | 0,10 | 0,21 |
| | Profi | | | 3,66 | 0,37 | 0,89 | 0,09 | 0,22 |
| | Brutus | | | 3,78 | 0,38 | 0,93 | 0,08 | 0,19 |
| | Pomorska | | | 3,72 | 0,36 | 0,92 | 0,08 | 0,22 |
| | Tarchalska | | | 3,69 | 0,37 | 0,87 | 0,08 | 0,22 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| | | 75 | | 3,73 | 0,38 | 0,92 | 0,08 | 0,21 |
| | | 100 | | 3,71 | 0,37 | 0,92 | 0,08 | 0,21 |
| | | 125 | | 3,72 | 0,37 | 0,91 | 0,08 | 0,21 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | r.n.–ns | r.n.–ns | r.n.–ns | r.n.–ns | r.n.–ns |
| | | | 2001 | 3,88 | 0,40 | 0,93 | 0,09 | 0,21 |
| | | | 2002 | 3,23 | 0,34 | 1,00 | 0,11 | 0,19 |
| | | | 2003 | 4,04 | 0,38 | 0,82 | 0,05 | 0,24 |
| | NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Tabela 3
Table 3

Zawartość białka ogółem i skład mineralny słomy grochu siewnego (%)
(średnie dla czynników badań i lat)
Contents of total protein and mineral components of pea seeds (%) (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Białko ogółem Total protein | N | P | K | Ca | Mg |
|--|-------------------|---|------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 12,5 | | | | 6,5 | 1,05 | 0,06 | 0,61 | 1,17 | 0,22 |
| 25,0 | | | | 6,5 | 1,04 | 0,07 | 0,69 | 1,19 | 0,22 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n.–ns | r.n.–ns | 0,01 | 0,01 | 0,02 | r.n.–ns |
| | Agra | | | 8,2 | 1,31 | 0,09 | 0,72 | 1,39 | 0,25 |
| | Ramrod | | | 6,6 | 1,06 | 0,07 | 0,70 | 1,25 | 0,24 |
| | Profi | | | 5,8 | 0,92 | 0,05 | 0,52 | 0,98 | 0,19 |
| | Brutus | | | 5,7 | 0,90 | 0,05 | 0,64 | 1,01 | 0,19 |
| | Pomorska | | | 6,9 | 1,10 | 0,07 | 0,67 | 1,28 | 0,23 |
| | Tarchalska | | | 6,1 | 0,97 | 0,05 | 0,66 | 1,19 | 0,22 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 0,3 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,01 |
| | | 75 | | 6,5 | 1,04 | 0,06 | 0,65 | 1,20 | 0,22 |
| | | 100 | | 6,5 | 1,04 | 0,06 | 0,65 | 1,18 | 0,22 |
| | | 125 | | 6,5 | 1,04 | 0,06 | 0,65 | 1,18 | 0,22 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n.–ns | r.n.–ns | r.n.–ns | r.n.–ns | r.n.–ns | r.n.–ns |
| | | | 2001 | 7,0 | 1,12 | 0,08 | 0,31 | 0,95 | 0,19 |
| | | | 2002 | 5,2 | 0,83 | 0,04 | 0,39 | 1,16 | 0,15 |
| | | | 2003 | 7,4 | 1,19 | 0,07 | 1,26 | 1,44 | 0,32 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 0,2 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Rozstawa rzędów nie miała wpływu na wydajność białka ogółem z nasion i ich wartość energetyczną, natomiast kształtowała wydajność pierwszego składnika w słomie i łącznie w nasionach i słomie (tab. 4).

Wydajność białka ogółem z nasion była najwyższa u odmian Tarchalska, Pomorska i Brutus, ze słomy u Agry i Pomorskiej, natomiast wartość energetyczna nasion u Tarchalska i Pomorska. Wzrost ilości wysiewu miał korzystny wpływ na wydajność białka ogółem i wartość energetyczną plonu nasion. Przebieg pogody w latach badań w największym stopniu kształtował wydajność białka ogółem z nasion i ich wartość energetyczną.

Tabela 4

Table 4

Wydajność białka ogółem oraz wartość energetyczna plonu nasion grochu siewnego
(średnie dla czynników badań i lat)

Yield of total protein and energy value yields of pea seeds (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m ² Sowing rate seeds per 1 m ² | Lata Years | Białko ogółem (kg·ha ⁻¹) Total protein (kg·ha ⁻¹) | | | Wartość energetycz- na plonu nasion (MJ·ha ⁻¹) Energy value yields of seeds (MJ·ha ⁻¹) |
|--|----------------------|--|---------------|--|----------------|-------------------|--|
| | | | | nasiona seeds | słoma straw | razem together | |
| 12,5 | | | | 736 | 184 | 920 | 26402 |
| 25,0 | | | | 789 | 198 | 987 | 27815 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n.–ns | 11 | 65 | r.n.–ns |
| | Agra | | | 755 | 212 | 967 | 26448 |
| | Ramrod | | | 699 | 190 | 889 | 25057 |
| | Profi | | | 672 | 155 | 827 | 24088 |
| | Brutus | | | 807 | 179 | 986 | 28004 |
| | Pomorska | | | 817 | 209 | 1026 | 29196 |
| | Tarchalska | | | 826 | 200 | 1026 | 29859 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 23 | 8 | 27 | 841 |
| | | 75 | | 733 | 186 | 919 | 25863 |
| | | 100 | | 768 | 192 | 960 | 27351 |
| | | 125 | | 787 | 195 | 982 | 28113 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 13 | 4 | 15 | 466 |
| | | | 2001 | 1106 | 224 | 1330 | 37799 |
| | | | 2002 | 540 | 148 | 688 | 22420 |
| | | | 2003 | 642 | 202 | 844 | 21108 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 72 | 13 | 80 | 2527 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Najwięcej makroelementów gromadziły nasiona odmiany Pomorska i Tarchalska (tab. 5). Wzrost wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m² zwiększył nagromadzenie w nasionach makroskładników. Najwięcej składników mineralnych nagromadziły nasiona w wilgotnym 2001 roku, w którym uzyskano najwyższe plony nasion.

Wszystkie badane czynniki: rozstawa rzędów, odmiany, ilość wysiewu nasion i pogoda w latach badań, miały istotny wpływ na masę składników mineralnych nagromadzonych w słomie grochu. Wynika to z faktu, że wszystkie wymienione czynniki kształtowały istotnie plony słomy.

Tabela 5

Table 5

Nagromadzenie składników mineralnych w nasionach grochu siewnego ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
(średnie dla czynników badań i lat)
Accumulation mineral components ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) of pea seeds (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m^2 Sowing rate seeds per 1 m^2 | Lata Years | N | P | K | Ca | Mg |
|--|----------------------|---|---------------|---------|---------|---------|----|---------|
| 12,5 | | | | 118 | 12 | 30 | 3 | 7 |
| 25,0 | | | | 126 | 13 | 30 | 2 | 7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | r.n.–ns | r.n.–ns | r.n.–ns | 1 | r.n.–ns |
| | Agra | | | 121 | 12 | 30 | 3 | 7 |
| | Ramrod | | | 112 | 12 | 28 | 3 | 6 |
| | Profi | | | 108 | 11 | 25 | 2 | 6 |
| | Brutus | | | 129 | 13 | 31 | 3 | 6 |
| | Pomorska | | | 131 | 13 | 33 | 3 | 8 |
| | Tarchalska | | | 132 | 13 | 31 | 3 | 8 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | 75 | | 117 | 12 | 28 | 2 | 7 |
| | | 100 | | 123 | 12 | 30 | 3 | 7 |
| | | 125 | | 126 | 13 | 31 | 3 | 8 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 2001 | 177 | 18 | 42 | 4 | 9 |
| | | | 2002 | 86 | 9 | 27 | 3 | 5 |
| | | | 2003 | 103 | 10 | 21 | 1 | 6 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 11 | 1 | 3 | 1 | 1 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Zwiększenie rozstawy rzędów i ilości wysiewu miało korzystny wpływ na kształtowanie masy nagromadzonych makroelementów w słomie grochu. Najwięcej N gromadziła odmiana Agra, K – Tarchalska, a Ca i Mg – Pomorska i Tarchalska. W umiarkowanie suchym 2003 roku słoma nagromadziła więcej K, Ca i Mg, głównie z powodu wysokiej zawartości w glebie tych składników, niż w wilgotnym 2001 roku (tab. 6).

Tabela 6
Table 6

Nagromadzenie składników mineralnych w słomie grochu siewnego ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
(średnie dla czynników badań i lat)
Accumulation mineral components ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) of pea straw (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m^2 Sowing rate seeds per 1 m^2 | Lata Years | N | P | K | Ca | Mg |
|--|----------------------|---|---------------|----|---|----|----|----|
| 12,5 | | | | 29 | 1 | 17 | 33 | 6 |
| 25,0 | | | | 32 | 2 | 20 | 36 | 7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | Agra | | | 34 | 2 | 19 | 36 | 6 |
| | Ramrod | | | 30 | 2 | 19 | 35 | 7 |
| | Profi | | | 25 | 1 | 14 | 26 | 5 |
| | Brutus | | | 29 | 2 | 19 | 32 | 6 |
| | Pomorska | | | 33 | 2 | 20 | 39 | 7 |
| | Tarchalska | | | 32 | 2 | 21 | 39 | 7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | 75 | | 30 | 1 | 18 | 34 | 6 |
| | | 100 | | 31 | 2 | 19 | 35 | 6 |
| | | 125 | | 31 | 2 | 19 | 35 | 7 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 2001 | 36 | 2 | 10 | 31 | 6 |
| | | | 2002 | 24 | 1 | 11 | 33 | 4 |
| | | | 2003 | 32 | 2 | 34 | 39 | 9 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

Rozstawa rzędów kształtowała sumaryczne nagromadzenie składników mineralnych w nasionach i słomie, takich jak: N, K i Ca (tab. 7). Natomiast pozostałe badane czynniki kształtowały gromadzenie wszystkich makroelementów. Najwięcej składników mineralnych w nasionach i słomie nagromadziły: N i Ca – Pomorska i Tarchaska, P – Pomorska, Tarchaska i Agra, K – Pomorska, Mg – Tarchaska. Wraz ze wzrostem zagęszczenia zwiększała się masa nagromadzonych w nasionach i słomie składników mineralnych. W wilgotnym 2001 nasiona i słoma gromadziły najczęściej P, Mg, a w umiarkowanie suchym 2003 roku – K i Ca.

Tabela 7

Table 7

Łączne nagromadzenie składników mineralnych w nasionach i słomie grochu siewnego ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
(średnie dla czynników badań i lat)

Accumulation mineral components ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) of pea seeds and straw (means for factors and years)

| Rozstawa rzędów (cm) Row spacing (cm) | Odmiany Cultivars | Liczba wysianych nasion na 1 m^2 Sowing rate seeds per 1 m^2 | Lata Years | N | P | K | Ca | Mg |
|--|----------------------|---|---------------|-----|---------|----|----|---------|
| 12,5 | | | | 147 | 14 | 46 | 36 | 13 |
| 25,0 | | | | 158 | 15 | 50 | 39 | 14 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 10 | r.n.-ns | 3 | 2 | r.n.-ns |
| | Agra | | | 155 | 15 | 49 | 39 | 14 |
| | Ramrod | | | 142 | 13 | 47 | 38 | 13 |
| | Profi | | | 132 | 12 | 39 | 29 | 12 |
| | Brutus | | | 158 | 14 | 51 | 34 | 12 |
| | Pomorska | | | 164 | 15 | 53 | 42 | 14 |
| | Tarchalska | | | 164 | 15 | 52 | 42 | 15 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | 75 | | 147 | 14 | 47 | 36 | 13 |
| | | 100 | | 154 | 14 | 49 | 37 | 13 |
| | | 125 | | 157 | 15 | 50 | 38 | 14 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 2001 | 213 | 21 | 52 | 35 | 16 |
| | | | 2002 | 110 | 10 | 38 | 36 | 10 |
| | | | 2003 | 135 | 12 | 55 | 41 | 15 |
| NIR – LSD ($\alpha = 0,05$) | | | | 13 | 1 | 4 | 2 | 1 |

r.n. – różnica nieistotna; ns – no significant differences

DYSKUSJA

Zawartość białka ogółem w nasionach uprawianych w Polsce odmian grochu siewnego przez ostatnie 30 lat nie wzrosła, ale się zmniejszyła. Święcicki [1979] wykazał, że groch siewny Heros zawierał 28,0–29,5%, a Goma 26,1–28,1% białka ogółem. W badaniach własnych zawartość białka ogółem w nasionach zależała od rozstawy rzędów, odmiany i przebiegu pogody podczas wegetacji. Należy podkreślić, że dwa ostatnie czynniki wpływały istotnie na zawartość białka ogółem w słomie. Nasiona grochu zawierały przeciętnie 23% białka ogółem. W polskim piśmiennictwie poglądy dotyczące wpływu czynników agrotechnicznych na kształtowanie zawartości białka ogółem w nasionach i słomie grochu siewnego są zróżnicowane. Jedni autorzy: [Samul, Rutkowski

1983; Sawicki, Boros, Wawer, 2000] twierdzą, że pod wpływem zagęszczenia wysiewu nie zmienia się zawartość białka ogółem w nasionach i słomie grochu siewnego. Inni, że wpływ jest mały, ale istotny [Kotecki, 1994; Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrześniewska, 1996]. Zdaniem Koteckiego [1990] zawartość białka ogólnego w nasionach grochu jest ujemnie skorelowana z ilością opadów w okresie od końca kwitnienia do dojrzałości żółtej. Natomiast zawartość tego składnika w słomie stanowi wypadkową działania temperatury oraz opadów w okresie od siewu do końca kwitnienia.

W badaniach własnych wykazano, że wydajność białka ogółem i wartość energetyczna plonu z nasion zależy od odmiany, ilości wysiewu i warunków pogodowych. Wyniki prac wielu autorów potwierdzają te zależności [Gronowicz, 1989; Kotecki, 1994; Kotecki, Kozak, Steinhoff-Wrześniewska, 1996].

Zawartość w nasionach i w słomie składników mineralnych zależała, przede wszystkim od odmiany i warunków atmosferycznych w latach. Kotecki i Grządkowska [1997] wykazali różnice odmianowe w gromadzeniu przez nasiona N, P, Mg, a w słomie P i Ca. Wraz ze wzrostem ilości wysiewu na 1 m² zarówno w nasionach, jak i w słomie zwiększała się masa wszystkich badanych makroskładników. Podobne wyniki uzyskali Kotecki, Kozak i Steinhoff-Wrześniewska [1996] oraz Kotecki i Grządkowska [1997].

WNIOSKI

Z badań nad wpływem sposobu siewu na rozwój i plonowanie wąsolistnych odmian grochu, przeprowadzonych w latach 2001–2003, w Kościelnej Wsi k. Kalisza, można wysunąć następujące wnioski:

1. Zmienne, w latach, warunki pogodowe podczas wegetacji miały istotny wpływ na skład chemiczny nasion, zawartość składników mineralnych w nasionach i słomie, wydajność białka ogółem z nasion i słomy, wartość energetyczną plonu nasion, nagromadzenie składników mineralnych w nasionach oraz słomie.

2. Zwiększenie rozstawy rzędów spowodowało między innymi wzrost zawartości białka ogółem w nasionach i obniżenie zawartości włókna surowego, bezazotowych związków wyciągowych, a także K i Ca.

3. Odmiany grochu różnicowały skład chemiczny i wartość energetyczną nasion, zawartość składników mineralnych w nasionach i słomie, wydajność białka ogółem, wartość energetyczną plonu nasion, nagromadzenie składników mineralnych w nasionach, słomie i łącznie.

4. Wraz ze wzrostem wysiewu z 75 do 125 nasion na 1 m² istotnie wzrastało nagromadzenie w nasionach i słomie: białka ogółem oraz składników mineralnych N, P, K, Ca i Mg.

PIŚMIENNICTWO

- Dolata A., Wiatr K.: 2005. Syntezy wyników doświadczeń rejestrowych. Rośliny strączkowe, 41, 1–59.
- Gronowicz Z.: 1989. Wpływ nawożenia Florovitem oraz rozstawy rzędów na plonowanie nowych odmian grochu. Materiały Konferencji Puławy II, 116–122.
- Jasińska Z., Malarz W.: 1983. Wpływ nawożenia azotowego i zagęszczenia roślin na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol. XL, 141, 125–134.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 2001. Wpływ roślin strączkowych na gromadzenie masy organicznej i składników mineralnych w glebie. Zesz. Nauk. AR Kraków, 373, 76, 47–54.
- Kotecki A.: 1990. Wpływ warunków wilgotnościowych i termicznych na rozwój i plonowanie grochu siewnego odmiany Kaliski. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol. LII, 199, 71–84.
- Kotecki A.: 1994. Wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu jadalnego. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol., LXI, 253, 57–69.
- Kotecki A., Broda K.: 1995. Wpływ ilości wysiewu na wartość resztek poźniwnych dwu odmian grochu. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol., LXIII, 262, 129–140.
- Kotecki A., Kozak M., Steinhoff-Wrzeźniewska A.: 1996. Wpływ przedplonu i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie odmian grochu. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol., LXVIII, 303, 195–209.
- Kotecki A., Grządkowska A.: 1997. Wpływ gęstości siewu na rozwój, plonowanie i gromadzenie makroskładników u dwóch odmian grochu. Biuletyn IHAR, 203, 209–218.
- Paprocki S., Fordoński G., Głowacka S.: 1980. Wpływ gęstości siewu na plonowanie i wartość pokarmową nowych odmian grochu siewnego. Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn, Rol., 30, 151–159.
- Paprocki S., Lewandowski R.: 1987. Wzrost plonowania grochu siewnego w zależności od gęstości i głębokości siewu. Roczniki Nauk Rolniczych. 107 A-1, 153–163.
- Samul I., Rutkowski M.: 1983. Wpływ gęstości siewu na plonowanie i wartość paszową nasion grochu, peluszek i łubinu żółtego. Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn, Rol., 37, 59–69.
- Sawicki J., Boros L., Wawer A.: 2000. Wpływ zagęszczenia roślin w łanie na cechy użytkowe trzech wąsolistnych genotypów grochu siewnego (*Pisum sativum* L.). Biuletyn IHAR, 214, 253–261.
- Święcicki W.: 1979. Wpływ ilości wysiewu na plon siedmiu krajowych i zagranicznych odmian grochu siewnego. Zesz. Nauk AT-R Bydgoszcz, 76, Rol., 181–209.

THE EFFECT OF SOWING METHOD ON GROWTH AND YIELDING OF NARROW-LEAF PEA CULTIVARS. PART II. CHEMICAL CONTENT AND ELEMENTS' YIELD

S u m m a r y

In 2001–2003 an experiment was conducted to study the effect of sowing method on yielding of cultivars of narrow-leaf common pea. The experiment was set at the fields of the Experimental Station of Cultivars Evaluation in Kościelna Wieś, near Kalisz, belonging to the Research Centre for Cultivar Testing.

The split-plot field experiments were set in four replications for three variables as follows: I row spacing in cm: 12.5, 25.0; II. Cultivars Agra, Ramrod, Profí, Brutus, Pomorska, Tarchalska; III number of sown seeds per 1 m²: 75, 100, 125.

Changing weather conditions during experiment years had a significant effect on: chemical content of seeds, the content of mineral elements in seeds and straw, total protein yield from seeds and straw, energy value of seed yield, accumulation of mineral elements in seeds and straw. The increase in row spacing caused among other things an increase of total protein in seeds and a reduction of crude fibre content, N-free extract compounds, the decrease of K and Ca contents. The type of pea cultivar determined chemical content and energy value of seeds, mineral elements' content in seeds and straw, total protein yield, energy value of seed yield, minerals accumulation in seeds and straw and in total. The increase in sowing rate from 75 to 125 seeds per 1 m² led to a significant increase of accumulation of N, P, K, Ca and Mg, and total protein content in seeds and straw.

KEY WORDS: common pea, row spacing, narrow-leaf cultivars, sowing rate, chemical content of seeds and straw

Recenzent: prof. dr hab. Mieczysław Wilczek – Akademia Rolnicza w Lublinie

Grzegorz Kulczycki

**WPLYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA POTASEM
I AZOTEM NA PLON ROŚLIN ORAZ WŁAŚCIWOŚCI GLEBY
ŚREDNIEJ**

**THE INFLUENCE OF DIFFERENT POTASSIUM AND NITRO-
GEN FERTILIZATION ON THE PLANT YIELD AND MEDIUM
SOIL PROPERTIES**

*Katedra Żywnienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Plant Nutrition, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono na glinie lekkiej zawierającej 22% części spławialnych. Gleba miała odczyn lekko kwaśny (pH 6,1), wysoką zawartość potasu rozpuszczalnego (190 mg K·kg⁻¹ gleby), bardzo wysoką fosforu (122 mg P·kg⁻¹ gleby) i średnią magnezu (68 mg Mg·kg⁻¹ gleby). Roślinami testowanymi były gorczyca biała uprawiana w plonie głównym i kukurydza w poplonie. W doświadczeniu zastosowano dwa poziomy nawożenia azotem 0,75g (N₁) i 1,5g (N₂) na wazon. W ramach każdej dawki azotu nawożono wzrastającymi dawkami potasu K₁ (0,5 g), K₂ (1,25 g) i K₃ (2,0 g) na wazon. W wyniku przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, że największa dawka potasu obniżyła istotnie plon gorczycy i kukurydzy uprawianych na wyższym poziomie nawożenia azotem. Druga dawka azotu N₂ zwiększyła znacząco plony testowanych roślin. Dawki potasu zmniejszyły zawartości magnezu w kukurydzy uprawianej na obu poziomach nawożenia azotem. Nawożenie potasem zwiększyło zawartość potasu w glebie w formie rozpuszczalnej w wodzie i wymiennej oraz rozszerzyło stosunek równoważnikowy K:Mg.

SŁOWA KLUCZOWE: doświadczenie wazonowe, nawożenie potasem, nawożenie azotem, gorczyca biała, kukurydza, pobranie K, N, Mg, formy rozpuszczalne K i Mg

WSTĘP

Nawożenie azotem i potasem ma znaczący wpływ na wielkość i jakość plonów roślin uprawnych. Wzajemne relacje pomiędzy tymi pierwiastkami wpływają na skład chemiczny roślin oraz właściwości gleb [Dechnik i wsp., 1993; Mercik i wsp., 1976;

Kulczycki, Karoń, 2001]. Celem przeprowadzonego doświadczenia wazonowego było określenie wpływu nawożenia różnymi dawkami azotu i potasu na plon roślin oraz właściwości gleby średniej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie nawozowe przeprowadzono w wazonach typu Wagnera o pojemności 9 kg gleby. Podłożem użytym w doświadczeniu była glina lekka zawierająca 22% części spławialnych. Gleba miała odczyn lekko kwaśny (pH 6,1), wysoką zawartość potasu rozpuszczalnego ($190 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby), bardzo wysoką fosforu ($122 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) i średnią magnezu ($68 \text{ mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby). Roślinami testowanymi była gorczyca biała w plonie głównym oraz kukurydza uprawiana w poplonie. Gorczycę zebrano w fazie kwitnienia, a kukurydzę w fazie 11 liścia rozwiniętego. Nawożenie azotem i potasem zastosowano według jednakowego schematu, w obrębie dwóch poziomów nawożenia azotem $0,75 \text{ g (N}_1)$ i $1,5 \text{ g (N}_2)$ stosowano nawożenie potasem w ilościach K_1 ($0,5 \text{ g}$), K_2 ($1,25 \text{ g}$) i K_3 ($2,0 \text{ g}$) oraz uwzględniono obiekt, na którym nie zastosowano potasu K_0 . Azot wysiano w postaci azotanu amonu ($\frac{1}{2}$ dawki przedsiewnie i $\frac{1}{2}$ dawki pogłównie), potas przedsiewnie w postaci KCl. Magnez w ilości $0,3 \text{ g Mg}$ na wazon zastosowano przedsiewnie. Nawożenie mikroelementami (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) zastosowano w ilościach standardowo używanymi w doświadczeniach wazonowych. W glebach pobranych po sprzęcie kukurydzy oznaczono: skład mechaniczny, pH w $1 \text{ mol KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$, N og. metodą Kjeldahla, C org. metodą Westerhoffa, zawartość rozpuszczalnych form K i P metodą Egnera-Riehma oraz Mg metodą Schachtschabela. Materiał roślinny mineralizowano na mokro w stężonym kwasie siarkowym, uzyskując roztwór podstawowy, w którym oznaczono: fosfor metodą wanado-molibdenową, potas i wapń metodą fotometrii płomieniowej, magnez metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej, natomiast azot ogólny metodą Kjeldahla.

WYNIKI I DYSKUSJA

Większa dawka azotu $N-1,5 \text{ g}$ zwiększyła znacząco plony testowanych roślin w porównaniu do niższego poziomu nawożenia azotem $N-0,75 \text{ g}$ (tab. 1). Największa dawka potasu ($K-2 \text{ g}$) obniżyła istotnie plon gorczycy i kukurydzy uprawianych na wyższym poziomie nawożenia azotem. Największy plon badanych roślin uzyskano na poziomie nawożenia azotem $N-0,75 \text{ g}$ na dawce $K-1,25 \text{ g}$, natomiast na wyższym poziomie nawożenia azotem $N-1,5 \text{ g}$ wystarczyła dawka $K-0,5 \text{ g}$ do uzyskania maksymalnego plonu.

Drugi poziom nawożenia azotem wpłynął na wzrost zawartości w gorczycy azotu, potasu magnezu i wapnia, natomiast zawartość fosforu nie uległa zmianie (tab. 2). Następczy wpływ większej dawki azotu $N-1,5 \text{ g}$ na zawartość makroelementów w kukurydzy uwidocznił się wzrostem zawartości azotu, magnezu i wapnia, natomiast zmniejszyła się zawartość potasu i fosforu. Pod wpływem nawożenia potasem zawartość tego składnika w gorczycy i kukurydzy wzrastała. Dawki potasu wpłynęły na zmniejszenie zawartości magnezu w badanych roślinach na obu poziomach nawożenia azotem.

Tabela 1

Table 1

Średnie plony suchej masy gorczycy białej i kukurydzy uzyskane na glebie średniej [g z wazonu]
Mean yields DM of white mustard and maize grown on medium soil [g from a pot]

| I czynnik; nawożenie azotem I factor; nitrogen fertilization | II czynnik; nawożenie potasem II factor; potassium fertilization | Plon główny Gorczyca biała Main crop White mustard | Poplon Kukurydza Aftercrop Maize |
|---|---|---|---|
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 40,7 | 51,0 |
| | K ₁ -0,5g | 41,4 | 51,0 |
| | K ₂ -1,25g | 42,0 | 56,8 |
| | K ₃ -2,0g | 40,7 | 55,4 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 43,1 | 56,9 |
| | K ₁ -0,5g | 45,3 | 59,1 |
| | K ₂ -1,25g | 42,6 | 57,0 |
| | K ₃ -2,0g | 40,3 | 46,6 |
| Średnia dla dawek azotu Mean for dose nitrogen | N ₁ -0,75g | 41,2 | 53,5 |
| | N ₂ -1,5g | 42,8 | 54,9 |
| Średnia dla dawek potasu Mean for dose potassium | K ₀ -bez K | 41,9 | 53,9 |
| | K ₁ -0,5g | 43,3 | 55,0 |
| | K ₂ -1,25g | 42,3 | 56,9 |
| | K ₃ -2,0g | 40,5 | 51,0 |
| NIR _{0,05} ; LSD _{0,05} | | | |
| I – dla nawożenia azotem – for nitrogen fertilization | | I-0,82 | I-2,94 |
| II – dla nawożenia potasem – for potassium fertilization | | II-1,16 | II-4,16 |
| I/II – interakcja – interaction | | I/II-1,65 | I/II-5,88 |

Tabela 2

Table 2

Zawartości makroskładników w gorczycy i kukurydzy uprawianych na glebie średniej (g·kg⁻¹s.m.)
Macronutrient contents in white mustard and maize to cultivate on medium soil (g·kg⁻¹DM)

| I czynnik; nawożenie azotem I factor; nitrogen fertilization | II czynnik; nawożenie potasem II factor; potassium fertilization | N | K | Mg | Ca | P |
|---|---|------|------|-----|------|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plon główny Gorczyca biała – Main crop White mustard | | | | | | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 27,7 | 38,2 | 3,2 | 13,4 | 4,2 |
| | K ₁ -0,5g | 27,9 | 41,5 | 3,1 | 13,5 | 4,2 |
| | K ₂ -1,25g | 27,5 | 43,3 | 2,8 | 13,7 | 4,0 |
| | K ₃ -2,0g | 28,1 | 45,5 | 2,8 | 13,5 | 4,0 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 36,3 | 37,5 | 3,4 | 14,0 | 4,3 |
| | K ₁ -0,5g | 36,4 | 41,8 | 3,3 | 14,8 | 4,1 |
| | K ₂ -1,25g | 36,4 | 46,9 | 3,2 | 14,7 | 4,0 |
| | K ₃ -2,0g | 36,7 | 48,8 | 3,1 | 14,2 | 4,0 |
| Średnia dla dawek azotu Mean for dose nitrogen | N ₁ -0,75g | 27,8 | 42,1 | 3,0 | 13,5 | 4,1 |
| | N ₂ -1,5g | 36,5 | 43,8 | 3,3 | 14,4 | 4,1 |
| Średnia dla dawek potasu Mean for dose potassium | K ₀ -bez K | 32,0 | 37,9 | 3,3 | 13,7 | 4,3 |
| | K ₁ -0,5g | 32,2 | 41,7 | 3,2 | 14,2 | 4,2 |
| | K ₂ -1,25g | 32,0 | 45,1 | 3,0 | 14,2 | 4,0 |
| | K ₃ -2,0g | 32,4 | 47,2 | 3,1 | 13,9 | 4,0 |

Tabela 2 cd.
Table 2 cont.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|-----------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| Poplon Kukurydza – Aftercrop Maize | | | | | | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 11,8 | 12,4 | 3,8 | 3,6 | 2,1 |
| | K ₁ -0,5g | 11,2 | 15,9 | 3,3 | 3,5 | 2,0 |
| | K ₂ -1,25g | 10,8 | 21,1 | 2,5 | 3,5 | 1,9 |
| | K ₃ -2,0g | 10,9 | 28,6 | 2,2 | 3,5 | 1,8 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 23,0 | 11,3 | 4,8 | 5,3 | 2,0 |
| | K ₁ -0,5g | 23,2 | 14,7 | 4,3 | 5,3 | 1,9 |
| | K ₂ -1,25g | 22,4 | 19,1 | 3,8 | 5,3 | 1,7 |
| | K ₃ -2,0g | 22,8 | 31,9 | 3,3 | 5,5 | 1,7 |
| Średnia dla dawek azotu Mean for dose nitrogen | N ₁ -0,75g | 11,2 | 19,5 | 3,0 | 3,5 | 2,0 |
| | N ₂ -1,5g | 22,9 | 19,3 | 4,1 | 5,4 | 1,8 |
| Średnia dla dawek potasu Mean for dose potassium | K ₀ -bez K | 17,4 | 11,9 | 4,3 | 4,5 | 2,1 |
| | K ₁ -0,5g | 17,2 | 15,3 | 3,8 | 4,4 | 2,0 |
| | K ₂ -1,25g | 16,6 | 20,1 | 3,2 | 4,4 | 1,8 |
| | K ₃ -2,0g | 16,9 | 30,3 | 2,8 | 4,5 | 1,8 |

Mengel [1986] wskazuje na synergiczne współdziałanie pomiędzy kationem potasu i azotanami oraz na antagonizm pomiędzy potasem a kationami wapnia, magnezu i sodu. Wołoszczyk i wsp. [1991] na podstawie przeprowadzonego doświadczenia polowego na glebie brunatnej kwaśnej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego stwierdzają, że nawożenie azotem nie powodowało określonych zmian w zawartości potasu, natomiast zwiększało koncentracje Ca i Mg w trawach. Kulczycki [1998, 2000] w doświadczeniu polowym z kukurydzą wykazuje, że nawożenie wzrastającymi dawkami potasu istotnie zmniejszało zawartość magnezu i wapnia, a nie wpłynęło znacząco na koncentrację azotu i fosforu.

Wyższy poziom nawożenia azotem powodował większe pobranie analizowanych makroelementów zarówno przez gorczycę, jak i kukurydzę (tab. 3). Pobranie potasu przez badane rośliny wzrastało wraz z dawkami tego składnika i było największe na dawce K₃-2g.

Większa dawka azotu wpływała na zawężanie stosunku K:Mg oraz K:(Ca+Mg) zarówno dla gorczycy, jak i kukurydzy, natomiast stosunek N:K w tych roślinach pod wpływem nawożenia azotem ulegał wyraźnemu rozszerzeniu.

Wilk, Rabikowska [1985] wykazali, że wzrastające dawki azotu, fosforu i potasu istotnie obniżały zawartość magnezu w roślinach, zwłaszcza w kukurydzy obserwowano tendencję spadku zawartości magnezu w miarę wzrostu dawek NPK, co prowadzi do zwiększenia się stosunku K:Mg. Kulczycki i Karoń [2001] w doświadczeniu wazonomym stwierdzili antagonistyczny wpływ potasu na pobranie magnezu i wapnia przez kukurydzę.

Tabela 3

Table 3

Pobranie makroskładników przez gorczycę i kukurydzę uprawianych na glebie średniej
Uptake macronutrients by white mustard and maize to cultivate on medium soil

| I czynnik N; I factor N; | II czynnik K; II factor K; | N | K | Mg | Ca | P | N:K | K:Mg | K: (Ca+Mg) |
|--|-------------------------------|--|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| | | pobranie, mg z wazonu uptake, mg with pot | | | | | mmol (+) | | |
| Plon główny Gorczyca biała – Main crop White mustard | | | | | | | | | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 1128 | 1556 | 130 | 546 | 171 | 2,03 | 3,7 | 1,0 |
| | K ₁ -0,5g | 1156 | 1719 | 128 | 559 | 174 | 1,88 | 4,2 | 1,1 |
| | K ₂ -1,25g | 1156 | 1820 | 118 | 576 | 168 | 1,77 | 4,8 | 1,2 |
| | K ₃ -2,0g | 1142 | 1850 | 114 | 549 | 163 | 1,72 | 4,7 | 1,3 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 1563 | 1614 | 146 | 603 | 185 | 2,70 | 3,4 | 1,0 |
| | K ₁ -0,5g | 1647 | 1891 | 149 | 670 | 186 | 2,43 | 3,9 | 1,1 |
| | K ₂ -1,25g | 1550 | 1997 | 136 | 626 | 170 | 2,17 | 4,6 | 1,2 |
| | K ₃ -2,0g | 1477 | 1964 | 125 | 572 | 161 | 2,10 | 4,9 | 1,3 |
| \bar{X} dla dawek N \bar{X} for dose N | N₁-0,75g | 1145 | 1736 | 125 | 557 | 169 | 1,9 | 4,3 | 1,2 |
| | N₂-1,5g | 1559 | 1867 | 139 | 617 | 175 | 2,4 | 4,2 | 1,1 |
| \bar{X} dla dawek K \bar{X} for dose K | K₀-bez K | 1345 | 1585 | 138 | 574 | 178 | 2,4 | 3,6 | 1,0 |
| | K₁-0,5g | 1401 | 1805 | 139 | 614 | 180 | 2,2 | 4,0 | 1,1 |
| | K₂-1,25g | 1353 | 1908 | 127 | 601 | 169 | 2,0 | 4,7 | 1,2 |
| | K₃-2,0g | 1310 | 1907 | 123 | 560 | 162 | 1,9 | 4,8 | 1,3 |
| Poplon Kukurydza – Aftercrop Maize | | | | | | | | | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 481 | 505 | 155 | 147 | 86 | 2,7 | 1,0 | 0,6 |
| | K ₁ -0,5g | 464 | 659 | 137 | 145 | 83 | 2,0 | 1,5 | 0,9 |
| | K ₂ -1,25g | 454 | 887 | 105 | 147 | 80 | 1,4 | 2,6 | 1,4 |
| | K ₃ -2,0g | 443 | 1163 | 89 | 142 | 73 | 1,1 | 4,0 | 2,1 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 990 | 486 | 207 | 228 | 86 | 5,7 | 0,7 | 0,4 |
| | K ₁ -0,5g | 1050 | 665 | 195 | 240 | 86 | 4,4 | 1,1 | 0,6 |
| | K ₂ -1,25g | 954 | 813 | 162 | 226 | 72 | 3,3 | 1,6 | 0,8 |
| | K ₃ -2,0g | 918 | 1284 | 133 | 221 | 68 | 2,0 | 3,0 | 1,5 |
| \bar{X} dla dawek N \bar{X} for dose N | N₁-0,75g | 460 | 803 | 121 | 145 | 80 | 1,8 | 2,3 | 1,3 |
| | N₂-1,5g | 978 | 812 | 174 | 229 | 78 | 3,8 | 1,6 | 0,8 |
| \bar{X} dla dawek K \bar{X} for dose K | K₀-bez K | 735 | 496 | 181 | 187 | 86 | 4,2 | 0,9 | 0,5 |
| | K₁-0,5g | 757 | 662 | 166 | 192 | 84 | 3,2 | 1,3 | 0,8 |
| | K₂-1,25g | 704 | 850 | 133 | 186 | 76 | 2,4 | 2,1 | 1,1 |
| | K₃-2,0g | 680 | 1223 | 111 | 182 | 71 | 1,5 | 3,5 | 1,8 |

Po zakończeniu doświadczenia stwierdzono niższy odczyn gleby na obiektach nawożonych wyższą dawką azotu N-1,5g (tab. 4). Wzrastające nawożenie potasem w niewielkim stopniu obniżyło odczyn gleby w porównaniu do obiektów, gdzie nie stosowano potasu. Zawartości form rozpuszczalnych w wodzie i wymiennych potasu były niższe w porównaniu do zawartości przed doświadczeniem. Pod wpływem dawek potasu zawartości obu form rozpuszczalnych tego składnika wzrastały zarówno na poziomie

nawożenia N_1 , jak i N_2 . Udział formy wodnorozpuszczalnej potasu w wymiennej formie tego pierwiastka malał wraz z zastosowanymi dawkami potasu, natomiast stosunek K:Mg pod wpływem nawożenia K uległ rozszerzeniu.

Tabela 4

Table 4

Odczyn gleby, zawartość form rozpuszczalnych potasu i magnezu oraz ich równoważnikowy stosunek przed i po przeprowadzeniu doświadczenia
Soil reaction, content of soluble forms of potassium and magnesium, as well as K:Mg ratio before and after completing the experiment

| I czynnik N; I factor N; | II czynnik K; II factor K; | pH | | K _{H2O} | | K _{E-R} | | % udział % share K _{H2O} w K _{E-R} | | Mg | | K:Mg | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-----|------------|------------------|-----------|------------------|-----------|---|-----------|----|-----------|------|-------------|--|
| | | I* | II** | I* | II** | I* | II** | I* | II** | I* | II** | I* | II** | |
| mg·kg ⁻¹ gleby – soil | | | | | | | | | | | | | mmol (+) | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 6,1 | 5,0 | 98 | 28 | 190 | 35 | 53 | 80 | 68 | 88 | 0,87 | 0,12 | |
| | K ₁ -0,5g | | 5,0 | | 31 | | 39 | | 79 | | 90 | | 0,13 | |
| | K ₂ -1,25g | | 4,9 | | 37 | | 48 | | 77 | | 95 | | 0,16 | |
| | K ₃ -2,0g | | 4,8 | | 40 | | 68 | | 59 | | 95 | | 0,22 | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 6,1 | 4,7 | 98 | 29 | 190 | 34 | 53 | 85 | 68 | 80 | 0,87 | 0,13 | |
| | K ₁ -0,5g | | 4,7 | | 30 | | 38 | | 79 | | 82 | | 0,14 | |
| | K ₂ -1,25g | | 4,7 | | 34 | | 45 | | 76 | | 85 | | 0,16 | |
| | K ₃ -2,0g | | 4,6 | | 42 | | 63 | | 67 | | 93 | | 0,22 | |
| \bar{X} dla dawek N | N ₁ | | 5,0 | | 34 | | 48 | | 74 | | 92 | | 0,16 | |
| \bar{X} for dose N | N ₂ | | 4,7 | | 34 | | 45 | | 77 | | 85 | | 0,16 | |

* – I – przed doświadczeniem; before the experiment

** – II – po zakończeniu doświadczenia; after completing the experiment

Dechnik i wsp. [1993] stwierdzają, że w wyniku długoletniego i intensywnego nawożenia azotem i potasem gleby brunatnej utworzonej z lessu nastąpiło jej zakwaszenie, które nie spowodowało spadku plonów. Buniak [1977] wykazał, że zawartość formy rozpuszczalnej w wodzie w warstwie ornej pod wpływem wyższych dawek potasu wzrastała na glebach najlżejszych, a na glebach o wyższej zawartości części splanianych nie stwierdzono wzrostu tej formy potasu. Zawartość formy wymiennej potasu wzrastała na wszystkich rodzajach badanych gleb.

WNIOSKI

1. Dawka azotu N-1,5g zwiększyła znacząco plony testowanych roślin w porównaniu do dawki azotu N-0,75g.

2. Największa dawka potasu (K-2g) obniżyła istotnie plon gorczycy i kukurydzy uprawianych na wyższym poziomie nawożenia azotem.

3. Dawki potasu zmniejszały zawartość i pobranie magnezu przez uprawiane rośliny.
4. Stosunek K:Mg i K:(Ca:Mg) rozszerzał się wraz ze zwiększeniem dawek potasu.
5. Nawożenie potasem gleby średniej zwiększyło zawartość potasu w glebie w formie rozpuszczalnej w wodzie i wymiennej oraz rozszerzyło stosunek równoważnikowy K:Mg.

PIŚMIENNICTWO

- Buniak W.: 1977. Wpływ poziomu nawożenia potasowego na formy potasu w glebie. *Rocz. Glebozn.* 28, 2: 87–104.
- Dechnik I., Bednarek W., Filipek T.: 1993. Wpływ nawożenia azotem i potasem na niektóre właściwości gleby brunatnej wytworzonej z lessu. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 37: 113–141.
- Kulczycki G.: 1998. Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem na wybrane właściwości gleby oraz plon i pobranie składników pokarmowych przez kukurydzę. Cz. II. Plon i jego skład chemiczny. *Rocz. Glebozn.* 49(3-4): 63–72.
- Kulczycki G.: 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem na wybrane właściwości gleby oraz plon i pobranie składników pokarmowych przez kukurydzę. Cz. III. Dynamika pobrania i zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w czasie okresu wegetacji. *Rocz. Glebozn.* 51(1-2): 29–37.
- Kulczycki G., Karoń B.: 2001. Wpływ nawożenia azotowego na glebach o zróżnicowanej zasobności w potas i magnez na plon i skład chemiczny kukurydzy oraz właściwości chemiczne gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 480:259–268.
- Mengel K.: 1986. Physicochemical and biological factor of potassium availability in soil. *Potash Review* 2, 16: 3–11.
- Mercik S., Góralski J., Goźliński H.: 1976. Wpływ współdziałania potasu z magnezem oraz potasu z sodem na plonowanie i skład chemiczny kilku roślin. *Rocz. Nauk. Rol., Ser. A* 101: 103–129.
- Wilk K., Rabikowska B.: 1985. Wpływ wzrastających dawek azotu, fosforu i potasu na plony roślin uprawnych. *Zesz. Nauk. AR Wroc. Rol.*, 42, 152:82–89.
- Wołoszczyk Cz., Nowak W., Krzywy E.: 1991. Zawartość składników mineralnych oraz ich proporcje jonowe w trawach w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem i potasem. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 34(262): 53–59.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT POTASSIUM AND NITROGEN FERTILIZATION ON THE PLANT YIELD AND MEDIUM SOIL PROPERTIES

S u m m a r y

The experiment was carried out on light loam of 22% clay fraction. This soil had light acid reaction (pH 6,1) and high content of soluble forms of potassium ($190 \text{ mg K}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil), phosphorus ($122 \text{ mg P}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil) and magnesium ($68 \text{ mg Mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil). As test plants white mustard was cultivated in main crop and maize in aftercrop. Two levels of nitrogen fertilisation were applied – $0,75\text{g (N}_1)$ and $1,5\text{g (N}_2)$ per pot and within each nitrogen dose increased potassium doses were added K_1 ($0,5\text{g}$), K_2 ($1,25\text{g}$) and K_3 ($2,0\text{g}$) per pot.

It has been found in the experiment, that the highest applied potassium dose significantly reduced yield of maize and mustard grown on the highest nitrogen fertilization level. The second nitrogen dose N_2 has significantly increased yield of test plants. Potassium doses caused decrease of magnesium concentration in maize cultivated on both nitrogen fertilization levels.

K:Mg ratio and K:(Ca:Mg) ratio have expanded with increased potassium doses and higher nitrogen dose has caused decrease of these cations ratio. Potassium fertilization applied on medium soil has decreased share of soluble in water potassium forms from exchangeable forms of this element in soil and expanded K:Mg ratio.

KEY WORDS: pot experiment, potassium fertilisation, nitrogen fertilisation, white mustard, maize, K, N, Mg – uptake; soluble forms of potassium; magnesium

Recenzent: prof. dr hab. inż. Teofil Mazur – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie

Grzegorz Kulczycki

**WPLYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA POTASEM
I AZOTEM NA PLON ROŚLIN ORAZ WŁAŚCIWOŚCI GLEBY
LEKKIEJ**

**THE INFLUENCE OF DIFFERENT POTASSIUM
AND NITROGEN FERTILIZATION ON THE PLANT YIELD
AND LIGHT SOIL PROPERTIES**

*Katedra Żywienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Plant Nutrition, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono na piasku gliniastym mocnym zawierającym 18% części spławialnych. Gleba miała odczyn kwaśny i bardzo niską zawartość rozpuszczalnych form potasu, fosforu i magnezu. Roślinami testowanymi były gorczyca biała uprawiana w plonie głównym i kukurydza w poplonie. W doświadczeniu zastosowano dwa poziomy nawożenia azotem 0,75 g (N₁) i 1,5 g (N₂) na wazon. W ramach każdej dawki azotu nawożono wzrastającymi dawkami potasu K₁ (0,5 g), K₂ (1,25 g) i K₃ (2,0 g) na wazon. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono znaczący wzrost plonów roślin testowanych pod wpływem nawożenia potasem na obu poziomach nawożenia azotem. Wzrastające nawożenie potasem na dwóch różnych poziomach nawożenia azotem zwiększało zawartość tego pierwiastka w analizowanych roślinach, a zawartości Mg i Ca uległy znacznemu obniżeniu. Nawożenie potasem zwiększyło zawartość potasu w glebie w formie rozpuszczalnej w wodzie i wymiennej oraz rozszerzyło stosunek równoważnikowy K:Mg.

SŁOWA KLUCZOWE: doświadczenie wazonowe, nawożenie potasem, nawożenie azotem, gorczyca biała, kukurydza, pobranie K, N, Mg, formy rozpuszczalne potasu

WSTĘP

W warunkach intensywnego nawożenia roślin uprawnych szczególnego znaczenia nabiera zagadnienie stosowania optymalnych dawek składników pokarmowych. Jednocześnie uważa się, że istotne znaczenie dla wielkości i jakości uzyskanych plonów mają

właściwe relacje pomiędzy stosowanymi składnikami [Mercik, 1986; Mercik i wsp., 1976; Wilk, Rabikowska, 1985]. Współdziałanie azotu i potasu na plon i skład chemiczny roślin zależy od rodzaju gleby i jej zasobności w rozpuszczalne formy pierwiastków [Dechnik i wsp., 1993; Kulczycki, Karoń, 2001]. Celem przeprowadzonego doświadczenia wazonowego było określenie wpływu nawożenia różnymi dawkami azotu i potasu na plon roślin oraz właściwości gleby lekkiej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie nawozowe przeprowadzono w wazonach typu Wagnera o pojemności 9 kg gleby. Podłożem użytym w doświadczeniu był piasek gliniasty mocny zawierający 18% części spławialnych. Gleba miała odczyn kwaśny (pH 4,0) i bardzo niską zawartość rozpuszczalnych form potasu ($35 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby), fosforu ($15 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) i magnezu ($12 \text{ mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby).

Roślinami testowanymi była gorczyca biała, którą zebrano w fazie kwitnienia oraz kukurydza uprawiana w poplonie i zebrana w fazie 11 liścia rozwiniętego. Nawożenie azotem i potasem zastosowano według jednakowego schematu. W ramach dwóch poziomów nawożenia azotem $0,75 \text{ g (N}_1)$ i $1,5 \text{ g (N}_2)$ stosowano nawożenie potasem w ilościach $K_1 (0,5 \text{ g})$, $K_2 (1,25 \text{ g})$ i $K_3 (2,0 \text{ g})$ oraz uwzględniono obiekt, na którym nie zastosowano potasu K_0 . Azot wysiano w postaci azotanu amonu ($\frac{1}{2}$ dawki przedsięwzięcia i $\frac{1}{2}$ dawki pogłównie), potas przedsięwzięcia w postaci KCl. Wapnowanie przeprowadzono przedsięwzięcia w dawce obliczonej według 1 Hh oraz zastosowano przedsięwzięcia magnez w ilości $0,3 \text{ g Mg}$ na wazon i fosfor w dawce $0,5 \text{ g P}$ na wazon. Nawożenie mikroelementami (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) zastosowano w ilościach standardowo używanych w doświadczeniach wazonowych.

W glebach pobranych po sprzęcie kukurydzy oznaczono; skład mechaniczny, pH w $1 \text{ mol KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$, N og. metodą Kjeldahla, C org. metodą Westerhoffa, zawartość rozpuszczalnych form K i P metodą Egnera-Riehma oraz Mg metodą Schachtschabela. Materiał roślinny mineralizowano na mokro w stężonym kwasie siarkowym, uzyskując roztwór podstawowy, w którym oznaczono; fosfor metodą wanado-molibdenową, potas i wapń metodą fotometrii płomieniowej, magnez metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej, natomiast azot ogólny metodą Kjeldahla.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony gorzycy i kukurydzy uprawianych na glebie lekkiej wzrastały wraz ze zwiększeniem dawek potasu zarówno na pierwszym (N_1), jak i na drugim poziomie (N_2) nawożenia azotem (tab. 1). Najwyższa dawka potasu K_3 powodowała przyrost plonu gorzycy o 17,6% na poziomie nawożenia azotem N_1 i 18,7% na N_2 w stosunku do obiektów nienawożonych potasem. Analizując wpływ nawożenia potasem na średni plon gorzycy uzyskany na obu poziomach nawożenia azotem stwierdzono, że pod wpływem dawek K plon gorzycy był istotnie większy od uzyskanego na obiekcie kon-

tronym, przy czym nie stwierdzono różnicy w działaniu plonotwórczym dwóch najwyższych dawek potasu.

Dawki azotu miały istotny wpływ na obniżenie plonu testowanych roślin, drugi poziom nawożenia azotem gleby lekko obniżył plon gorczycy o 9,3%, a kukurydzy o 36,7%.

Fotyma [1994] uzależnia wielkość dawek azotu pod kukurydzą od czynników środowiskowych, a przede wszystkim od jakości gleby i opadów.

Zawartość potasu w testowanych roślinach wyraźnie wzrastała pod wpływem nawożenia potasem na obu poziomach nawożenia azotem (tab. 2). Zawartości azotu, magnezu, wapnia i fosforu w gorczycy i kukurydzy zmniejszyły się wraz ze wzrastającymi dawkami potasu. Wilk i Rabikowska [1985] w wieloletnim doświadczeniu polowym stwierdzili, że wzrastające dawki azotu, fosforu i potasu istotnie obniżały zawartość magnezu w roślinach.

Tabela 1

Table 1

Średnie plony suchej masy gorczycy białej i kukurydzy uzyskane na glebie lekkoj [g s.m. z wazonu]

Mean yields DM of white mustard and maize to receive on light soil [g DM from a pot]

| I czynnik; nawożenie azotem I factor; nitrogen fertilization | II czynnik; nawożenie potasem II factor; potassium fertilization | Plon główny gorczycy biała Main crop white mustard | Poplon kukurydza Aftercrop maize |
|---|---|---|---|
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 36,6 | 16,9 |
| | K ₁ -0,5g | 40,5 | 26,0 |
| | K ₂ -1,25g | 42,1 | 27,0 |
| | K ₃ -2,0g | 44,4 | 29,3 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 33,1 | 11,4 |
| | K ₁ -0,5g | 34,3 | 15,3 |
| | K ₂ -1,25g | 40,1 | 17,4 |
| | K ₃ -2,0g | 40,7 | 18,6 |
| Średnia dla dawek azotu Mean for dose nitrogen | N₁-0,75g | 40,9 | 24,8 |
| | N₂-1,5g | 37,1 | 15,7 |
| Średnia dla dawek potasu Mean for dose potassium | K₀-bez K | 34,8 | 14,1 |
| | K₁-0,5g | 37,4 | 20,7 |
| | K₂-1,25g | 41,1 | 22,2 |
| | K₃-2,0g | 42,6 | 24,0 |
| NIR _{0,05} , LSD _{0,05} | | | |
| I – dla nawożenia azotem – for nitrogen fertilization | | I-0,57 | I-2,11 |
| II – dla nawożenia potasem – for potassium fertilization | | II-0,81 | II-2,98 |
| I/II – interakcja – interaction | | I/II-1,16 | I/II-4,21 |

Pobranie potasu przez gorczycę wzrastało wraz z dawkami tego pierwiastka na obu poziomach nawożenia azotem (tab. 3). Zastosowane dawki potasu nie zróżnicowały pobrania przez gorczycę azotu, wapnia i fosforu, natomiast pobranie magnezu obniżało się pod wpływem wzrastającego nawożenia potasem.

Pobranie azotu przez kukurydzę wahało się od 912 do 1166 mg N z wazonu na poziomie N₁ nawożenia azotem i od 1269 do 1449 mg N z wazonu na drugiej dawce azotu. Następczy efekt wzrastających dawek potasu zastosowanych pod plon główny uwiódził się zwiększeniem pobrania potasu przez kukurydzę, a pobranie magnezu, wapnia i fosforu uległo obniżeniu.

Stosunek N:K w gorczycy i kukurydzy pod wpływem zastosowanego nawożenia potasem zawęzał się na obu poziomach dawek azotu. Nawożenie potasem rozszerzyło w testowanych roślinach stosunki równoważnikowe K:Mg i K:(Ca+Mg).

Tabela 2

Table 2

Zawartości makroskładników w gorczycy i kukurydzy uprawianych na glebie lekkiej (g·kg⁻¹s.m.)
Macronutrient contents in white mustard and maize to cultivate on light soil (g·kg⁻¹ DM)

| I czynnik; azot I factor; nitrogen | II czynnik; potas II factor; potassium | N | K | Mg | Ca | P |
|--|---|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
| Plon główny Gorczyca biała – Main crop White mustard | | | | | | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 42,1 | 12,5 | 3,0 | 16,8 | 3,1 |
| | K ₁ -0,5g | 42,0 | 20,5 | 2,4 | 14,9 | 2,7 |
| | K ₂ -1,25g | 36,5 | 30,4 | 2,2 | 14,0 | 2,7 |
| | K ₃ -2,0g | 35,7 | 36,6 | 1,9 | 14,0 | 2,7 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 50,7 | 14,7 | 2,5 | 16,9 | 3,4 |
| | K ₁ -0,5g | 44,5 | 22,5 | 2,4 | 14,6 | 2,9 |
| | K ₂ -1,25g | 42,3 | 31,3 | 1,8 | 13,8 | 2,9 |
| | K ₃ -2,0g | 42,1 | 34,6 | 1,7 | 13,5 | 2,8 |
| Średnia dla dawek azotu Mean for dose nitrogen | N ₁ -0,75g | 39,1 | 25,0 | 2,4 | 14,9 | 2,8 |
| | N ₂ -1,5g | 44,9 | 25,8 | 2,1 | 14,7 | 3,0 |
| Średnia dla dawek potasu Mean for dose potassium | K ₀ -bez K | 46,4 | 13,6 | 2,8 | 16,9 | 3,3 |
| | K ₁ -0,5g | 43,3 | 21,5 | 2,4 | 14,8 | 2,8 |
| | K ₂ -1,25g | 39,4 | 30,9 | 2,0 | 13,9 | 2,8 |
| | K ₃ -2,0g | 38,9 | 35,6 | 1,8 | 13,8 | 2,8 |
| Poplon Kukurydza – Aftercrop Maize | | | | | | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 31,9 | 6,4 | 10,4 | 12,9 | 2,6 |
| | K ₁ -0,5g | 25,5 | 7,2 | 8,8 | 10,6 | 1,8 |
| | K ₂ -1,25g | 21,7 | 12,3 | 6,3 | 9,5 | 1,3 |
| | K ₃ -2,0g | 20,9 | 20,4 | 4,8 | 8,3 | 1,2 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 39,1 | 7,9 | 6,5 | 19,5 | 2,1 |
| | K ₁ -0,5g | 37,0 | 12,2 | 4,8 | 14,5 | 1,5 |
| | K ₂ -1,25g | 36,1 | 20,3 | 4,1 | 12,6 | 1,4 |
| | K ₃ -2,0g | 33,7 | 28,2 | 3,4 | 10,8 | 1,3 |
| Średnia dla dawek azotu Mean for dose nitrogen | N ₁ -0,75g | 25,0 | 11,6 | 7,6 | 10,3 | 1,7 |
| | N ₂ -1,5g | 36,5 | 17,2 | 4,7 | 14,4 | 1,6 |
| Średnia dla dawek potasu Mean for dose potassium | K ₀ -bez K | 35,5 | 7,2 | 8,5 | 16,2 | 2,4 |
| | K ₁ -0,5g | 31,3 | 9,7 | 6,8 | 12,6 | 1,7 |
| | K ₂ -1,25g | 28,9 | 16,3 | 5,2 | 11,1 | 1,4 |
| | K ₃ -2,0g | 27,3 | 24,3 | 4,1 | 9,6 | 1,3 |

Kulczycki i Karoń [2001] w dwuletnim doświadczeniu wazonowym z glebą lekką stwierdzili wzrost pobrania potasu przez kukurydzę pod wpływem zastosowanych dawek azotu. Gutyńska i Mercik [1984], prowadząc doświadczenia polowe i wazonowe ze współdziałaniem potasu, magnezu i wapnia stwierdzają, że kierunek zmian w stosunkach K:Mg i K:Ca w roślinach był podobny w obu rodzajach doświadczeń, różnice jednak były większe w doświadczeniach wazonowych zwłaszcza na glebach lekkich. Wzrastające nawożenie potasem, zastosowane na glebie płowej właściwej, istotnie zmniejszało pobranie wapnia i magnezu w czasie wegetacji kukurydzy oraz rozszerzało stosunek K: (Ca+Mg) [Kulczycki, 1998, 2000].

Tabela 3

Table 3

Pobranie makroskładników przez gorczycę i kukurydzę uprawianych na glebie lekkiej
Uptake macronutrients by white mustard and maize to cultivate on light soil

| I czynnik N; I factor N; | II czynnik K; II factor K; | N | K | Mg | Ca | P | N:K | K:Mg | K: (Ca+Mg) |
|--|-------------------------------|--|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|---------------|
| | | pobranie, mg z wazonu uptake, mg with pot | | | | | mmol (+) | | |
| Plon główny Gorczyca biała – Main crop White mustard | | | | | | | | | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 1539 | 457 | 110 | 614 | 113 | 9,4 | 1,3 | 0,3 |
| | K ₁ -0,5g | 1700 | 830 | 97 | 603 | 109 | 5,7 | 2,7 | 0,6 |
| | K ₂ -1,25g | 1535 | 1278 | 93 | 589 | 114 | 3,4 | 4,3 | 0,9 |
| | K ₃ -2,0g | 1586 | 1626 | 84 | 622 | 120 | 2,7 | 6,0 | 1,1 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 1677 | 486 | 83 | 559 | 112 | 9,6 | 1,8 | 0,4 |
| | K ₁ -0,5g | 1526 | 772 | 82 | 501 | 99 | 5,5 | 2,9 | 0,6 |
| | K ₂ -1,25g | 1697 | 1256 | 72 | 554 | 116 | 3,8 | 5,4 | 1,0 |
| | K ₃ -2,0g | 1715 | 1408 | 69 | 549 | 114 | 3,5 | 6,3 | 1,1 |
| \bar{X} dla dawek N \bar{X} for dose N | N ₁ -0,75g | 1590 | 1048 | 96 | 607 | 114 | 5,3 | 3,6 | 0,7 |
| | N ₂ -1,5g | 1654 | 980 | 77 | 541 | 111 | 5,6 | 4,1 | 0,8 |
| \bar{X} dla dawek K \bar{X} for dose K | K ₀ -bez K | 1608 | 472 | 96 | 587 | 113 | 9,5 | 1,6 | 0,3 |
| | K ₁ -0,5g | 1613 | 801 | 90 | 552 | 104 | 5,6 | 2,8 | 0,6 |
| | K ₂ -1,25g | 1616 | 1267 | 82 | 571 | 115 | 3,6 | 4,8 | 0,9 |
| | K ₃ -2,0g | 1650 | 1517 | 77 | 585 | 117 | 3,1 | 6,2 | 1,1 |
| Poplon Kukurydza – Aftercrop Maize | | | | | | | | | |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 1166 | 234 | 380 | 471 | 95 | 13,9 | 0,19 | 0,11 |
| | K ₁ -0,5g | 1032 | 291 | 356 | 429 | 73 | 9,9 | 0,25 | 0,15 |
| | K ₂ -1,25g | 912 | 517 | 265 | 399 | 55 | 4,9 | 0,61 | 0,32 |
| | K ₃ -2,0g | 928 | 906 | 213 | 369 | 53 | 2,9 | 1,32 | 0,64 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 1293 | 261 | 215 | 645 | 69 | 13,8 | 0,38 | 0,13 |
| | K ₁ -0,5g | 1269 | 418 | 166 | 497 | 51 | 8,5 | 0,78 | 0,28 |
| | K ₂ -1,25g | 1449 | 815 | 165 | 506 | 56 | 5,0 | 1,54 | 0,54 |
| | K ₃ -2,0g | 1344 | 1124 | 136 | 431 | 52 | 3,3 | 2,58 | 0,88 |
| \bar{X} dla dawek N \bar{X} for dose N | N ₁ -0,75g | 1010 | 487 | 304 | 417 | 69 | 7,9 | 0,59 | 0,30 |
| | N ₂ -1,5g | 1339 | 655 | 170 | 520 | 57 | 7,6 | 1,32 | 0,46 |
| \bar{X} dla dawek K \bar{X} for dose K | K ₀ -bez K | 1230 | 248 | 298 | 558 | 82 | 13,9 | 0,28 | 0,12 |
| | K ₁ -0,5g | 1151 | 355 | 261 | 463 | 62 | 9,2 | 0,52 | 0,21 |
| | K ₂ -1,25g | 1180 | 666 | 215 | 453 | 55 | 4,9 | 1,07 | 0,43 |
| | K ₃ -2,0g | 1136 | 1015 | 174 | 400 | 53 | 3,1 | 1,95 | 0,76 |

Nawożenie potasem w niewielkim stopniu obniżyło odczyn gleby przy najwyższych dawkach tego pierwiastka (tab. 4). Zastosowane dawki potasu zwiększyły zawartość potasu w glebie w formie rozpuszczalnej w wodzie i wymiennej.

Udział procentowy formy wodnorozpuszczalnej potasu w wymiennej formie tego pierwiastka zwiększył się pod wpływem dawek K w stosunku do udziału tych form w glebach przed doświadczeniem. Stosunek równoważnikowy potasu do magnezu pod wpływem dawek potasu uległ rozszerzeniu.

Tabela 4

Table 4

Odczyn gleby, zawartość form rozpuszczalnych potasu i magnezu oraz ich równoważnikowy stosunek przed i po przeprowadzeniu doświadczenia
Soil reaction, content of soluble forms of potassium and magnesium, as well as K:Mg ratio before and after completing the experiment

| I czynnik N I factor N | II czynnik K II factor K | pH | | K _{H2O} | | K _{E-R} | | % udział % share K _{H2O} w K _{E-R} | | Mg | | K:Mg | | |
|---|-----------------------------|----------------------------------|------|------------------|------|------------------|------|---|------|----|------|------|------|----------|
| | | I* | II** | I* | II** | I* | II** | I* | II** | I* | II** | I* | II** | |
| | | mg·kg ⁻¹ gleby – soil | | | | | | | | | | | | mmol (+) |
| N ₁ -0,75g | K ₀ -bez K | 4,0 (+1Hh) | 6,1 | 11 | 17 | 63 | 32 | 0,91 | 12 | 38 | 48 | 0,17 | 0,17 | |
| | K ₁ -0,5g | | 6,1 | 12 | 18 | 64 | 32 | | | | | | | 0,17 |
| | K ₂ -1,25g | | 6,0 | 14 | 21 | 66 | 35 | | | | | | | 0,19 |
| | K ₃ -2,0g | | 6,0 | 18 | 26 | 67 | 38 | | | | | | | 0,21 |
| N ₂ -1,5g | K ₀ -bez K | 6,0 | 9 | 17 | 54 | 38 | 0,14 | | | | | | | |
| | K ₁ -0,5g | 5,9 | 10 | 17 | 59 | 45 | 0,12 | | | | | | | |
| | K ₂ -1,25g | 5,8 | 16 | 26 | 60 | 48 | 0,17 | | | | | | | |
| | K ₃ -2,0g | 5,8 | 25 | 36 | 68 | 48 | 0,23 | | | | | | | |
| \bar{X} dla dawek N \bar{X} for dose N | N ₁ -0,75g | 6,1 | 13 | 21 | 65 | 34 | 0,18 | | | | | | | |
| N ₂ -1,5g | 5,9 | 15 | 24 | 61 | 45 | 0,16 | | | | | | | | |

* – I – przed doświadczeniem – before the experiment

** – II – po zakończeniu doświadczenia – after completing the experiment

Większa dawka azotu obniżyła odczyn gleby i zwiększyła zawartość form rozpuszczalnych potasu i magnezu w glebie. Udział K_{H2O} w K_{E-R} zmniejszył się pod wpływem podwojenia dawki azotu, a K:Mg uległ nieznacznemu zawężeniu.

Wołoszczyk i Nowak [1995] w doświadczeniu polowym prowadzonym na glebie brunatnej, kwaśnej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego stwierdzają, że wzrastające nawożenie azotem powodowało zmniejszenie ilości form rozpuszczalnych potasu w glebie. W wyniku długoletniego i intensywnego nawożenia azotem i potasem gleby brunatnej wytworzonej z lessu nastąpiło jej zakwaszenie, które nie spowodowało spadku plonów [Dechnik i wsp., 1993].

WNIOSKI

1. Nawożenie wzrastającymi dawkami potasu zwiększało znacząco plony gorczycy białej i kukurydzy na obu poziomach nawożenia azotem.
2. Druga dawka azotu (N-1,5 g) obniżyła istotnie plony testowanych roślin w porównaniu do dawki pierwszej (N-0,75 g).
3. Wzrastające nawożenie potasem zastosowane na dwóch różnych poziomach nawożenia azotem zwiększało zawartość tego pierwiastka w analizowanych roślinach, a koncentracje N, P, Ca i Mg zmniejszyły się.
4. Stosunek K:Mg i K:(Ca:Mg) w roślinach rozszerzał się wraz ze zwiększeniem dawek potasu.
5. Nawożenie potasem zwiększyło zawartość potasu w glebie w formie rozpuszczalnej w wodzie i wymiennej oraz rozszerzyło stosunek równoważnikowy K:Mg.

PIŚMIENNICTWO

- Dechnik I., Bednarek W., Filipek T.: 1993. Wpływ nawożenia azotem i potasem na niektóre właściwości gleby brunatnej wytworzonej z lessu. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 37: 113–141.
- Fotyma E.: 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. Cz. III. Kukurydza. *Fragm. Agron.* 4(44): 20–35.
- Gutyńska B., Mercik S.: 1984. Badania nad współdziałaniem potasu z magnezem i wapniem na różnych glebach i pod różnymi roślinami. *Roczn. Gleb.* 35(1): 63–79.
- Kulczycki G.: 1998. Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem na wybrane właściwości gleby oraz plon i pobranie składników pokarmowych przez kukurydzę. Cz. II. Plon i jego skład chemiczny. *Roczn. Gleb.* 49(3-4): 63–72.
- Kulczycki G.: 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem na wybrane właściwości gleby oraz plon i pobranie składników pokarmowych przez kukurydzę. Cz. III. Dynamika pobrania i zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w czasie okresu wegetacji. *Roczn. Gleb.* 51(1-2): 29–37.
- Kulczycki G., Karoń B.: 2001. Wpływ nawożenia azotowego na glebach o zróżnicowanej zasobności w potas i magnez na plon i skład chemiczny kukurydzy oraz właściwości chemiczne gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 480:259–268.
- Mercik S.: 1986. Próba ustalenia optymalnego stosunku kationów w nawożeniu. Symposium „Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia mineralnego”. IUNG Puławy. Wrocław, 23–24 IX 1986: 11–30.
- Mercik S., Góralski J., Goźliński H.: 1976. Wpływ współdziałania potasu z magnezem oraz potasu z sodem na plonowanie i skład chemiczny kilku roślin. *Roczn. Nauk. Rol., Ser. A* 101: 103–129.
- Wilk K., Rabikowska B.: 1985. Wpływ wzrastających dawek azotu, fosforu i potasu na plony roślin uprawnych. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.* 42, 152:82–89.
- Wołoszczyk Cz., Nowak W.: 1995. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i potasem dwu gatunków traw na zawartość niektórych form potasu w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 421a: 367–372.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT POTASSIUM AND NITROGEN FERTILIZATION ON THE PLANT YIELD AND LIGHT SOIL PROPERTIES

S u m m a r y

The experiment was carried out on heavy loam sand of 18% clay fraction. This soil had acid reaction and low content of soluble forms of potassium, phosphorus and magnesium. As test plants white mustard was cultivated in main crop and maize in aftercrop. Two levels of nitrogen fertilisation were applied – 0,75g (N₁) and 1,5g (N₂) per pot and within each nitrogen dose increased potassium doses were added K₁ (0,5g), K₂ (1,25g) and K₃ (2,0g) per pot. Significant yield increase of test plants was observed on objects were potassium fertilisation by both nitrogen fertilisation levels was applied. In comparison with the first nitrogen dose, the second applied dose has significantly reduced mean yield of mustard and maize. Increasing potassium fertilisation on two different nitrogen fertilisation levels has caused an increase of this element content in analysed plants, while contents of the other macronutrients have decreased. K:Mg ratio and K:(Ca:Mg) ratio have expanded with increased potassium doses and higher nitrogen dose has caused further increase of these cations ratio. Potassium fertilisation applied on light soil has increased share of soluble in water potassium forms from exchangeable forms of this element in soil and expanded K:Mg ratio.

KEY WORDS: pot experiment, potassium fertilisation, nitrogen fertilisation, white mustard, maize, K, N, Mg – uptake; soluble forms of potassium

Recenzent: prof. dr hab. inż. Teofil Mazur – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie

Grzegorz Kulczycki, Zofia Spiak, Anna Kamińska

**WPŁYW ODDZIAŁYWANIA ZAKŁADÓW CHEMICZNYCH
„WIZÓW” NA ZAWARTOŚĆ SIARKI W GLEBACH I ROŚLINACH
THE INFLUENCE OF CHEMICAL COMPANY „WIZÓW”
ON THE SULPHUR CONTENT IN SOIL AND PLANTS**

*Katedra Żywnienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Plant Nutrition, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Badania miały na celu określenie wpływu Zakładów Chemicznych „Wizów” koło Bolesławca w miejscowości Łąka na zawartość siarki w glebach i roślinach pobranych z różnych kierunków i odległości od zakładu. Zawartość w glebie siarki znacząco malała wraz ze wzrostem odległości od zakładu. Ilość tego pierwiastka w glebie była niezależna od kierunku usytuowania względem emitora. Najwięcej siarki zawierały rośliny pobrane w najbliższych odległościach od zakładu, a rośliny uprawiane w odległości 1 km od emitora zawierały naturalne ilości siarki.

SŁOWA KLUCZOWE: zanieczyszczenia przemysłowe, siarka, rośliny, gleba

WSTĘP

Długotrwała emisja dwutlenku siarki do atmosfery przez zakłady przemysłowe może powodować nagromadzenie siarki w glebach i roślinach zwłaszcza w najbliższych odległościach od emitorów [Drozd i wsp., 1984; Kulczycki, Karoń, 2003; Święcicki, Mojzesowicz, 1980]. Nadmierna kumulacja tego pierwiastka w glebie ma szkodliwy wpływ na właściwości fizykochemiczne i biologiczne gleby, natomiast rośliny obniżają plon oraz jego jakość [Motowicka-Terelak, Dudka, 1991]. Ze względu na negatywne oddziaływanie na środowisko Zakłady Chemiczne „Wizów” zmodernizowały instalacje odprowadzające gazy wylotowe, zlikwidowały siarkownie, co w efekcie spowodowało obniżenie emisji SO₂ o 70%.

Celem przeprowadzonych badań było określenie aktualnego wpływu Zakładów Chemicznych „Wizów” na zawartość siarki w glebach i roślinach pobranych w różnych kierunków i odległości od zakładu.

MATERIAŁ I METODY

W Zakładzie Chemicznym „Wizów” podstawowym produktem jest trójpolifosforan sodu (TPFS) oraz kwas fosforowy i wysokogatunkowe odmiany cementu. Na początku działalności w latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia w zakładzie produkowano głównie kwas siarkowy, klinkier i cement portlandzki.

Próbki glebowe pobrano z różnych kierunków (N, NE, E, SE, S, SW, W i NW) i odległości od zakładu (150, 300, 500 i 1000 m) z warstwy wierzchniej (0–20 cm). Materiał roślinny pobierano z tych samych punktów. Gleby wokół zakładu zaliczono do gleb lekkich o składzie granulometrycznym piasku gliniastego i gliny lekkiej. Materiał glebowy i roślinny do analiz chemicznych stanowił średnią z 8 prób pojedynczych, które dokładnie wymieszano i zhomogenizowano. Odczyn gleby oznaczono w roztworze 1 M KCl·dm⁻³, zawartość siarki ogólnej oznaczono metodą nefelometryczną po uprzednim spiekaniu gleby z azotanem magnezu. Materiał roślinny pobierano w różnych fazach rozwojowych w zależności od gatunku rośliny; ziemniaki – początek kwitnienia, rośliny zbożowe i trawy – strzelanie w źdźbło oraz gryka – faza kwitnienia. W celu oznaczenia siarki ogólnej zmielone rośliny traktowano stężonym HNO₃, następnie dodano azotanu magnezu i ogrzewano próbki przez 10 godzin w piecu w temperaturze 450 °C. Po rozтворzeniu popiołu kwasem azotowym oznaczono siarkę metodą nefelometryczną.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość w glebie siarki ogólnej była największa (608 mg S·kg⁻¹) w najbliższej odległości od emitora (tab. 1) W miarę oddalania się od zakładu zawartość tego pierwiastka w glebach znacząco się zmniejszała i odległości 1000 m od zakładu stwierdzono 122 mg S·kg⁻¹.

Tabela 1
Table 1

Odczyn oraz średnia zawartość siarki w glebach w zależności od odległości od Zakładów Chemicznych „Wizów”
Soil reaction and mean contents of sulphur in soils depending on the distances from Chemical Company „Wizów”

| Odległość [m] Distances | pH 1 mol KCl·dm ⁻³ | Sog. |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | mg·kg ⁻¹ gleby – soil |
| 150 | 4,9 | 608 |
| 300 | 4,8 | 413 |
| 500 | 5,1 | 237 |
| 1000 | 5,0 | 122 |
| NIR _{0,05} | r.n | 29,4 |

Porównując uzyskane wyniki z granicznymi zawartościami siarki ogólnej w powierzchniowej warstwie gleby [Kabata-Pendias i wsp., 1993], stwierdzono w najbliższej odległości od emitora zawartość wysoką, natomiast w glebach pobranych 1 km od zakładu zawartość niską tego pierwiastka.

Zawartość siarki ogólnej w glebach mineralnych warstwy wierzchniej zwiększa się wraz ze wzrostem frakcji sflawianej (\emptyset cz. $<0,02$ mm). Motowicka-Terelak i Terelak [1998] podają, że gleby lekkie średnio zawierają $251 \text{ mg S}\cdot\text{kg}^{-1}$. W glebach lekkich południowo-zachodniej Polski Kulczycki i Spiak [2003] oszacowali średnio $203 \text{ mg S}\cdot\text{kg}^{-1}$. Drozd i wsp. [1983] najwięcej siarki ogólnej w glebach stwierdzili w odległości od 300 do 600 m od źródła emisji i zawartość tego pierwiastka zmniejszała się wraz ze wzrostem odległości od huty miedzi. Kulczycki i Karoń [2003] najwięcej siarki ogólnej oznaczyli w glebach pobranych najbliżej zakładów emitujących związki siarki.

Odczyn badanych gleb był kwaśny i wahał się w przedziale pH 4,8 do pH 5,0 i nie uwidoczniła się tendencja do obniżenia odczynu spowodowanego wzrostem zawartości siarki w glebie. Drozd i wsp. [1983] w badaniach gleb wokół Huty Legnica stwierdzają, że nagromadzenie siarki w glebie nie zawsze wpływa wyraźnie na obniżenie pH gleby. Laskowski i Tołoczko [1998] w glebach objętych oddziaływaniem aglomeracji miejsko-przemysłowej Zgierza oznaczyli niewielki wzrost zawartości siarki ogólnej oraz nie stwierdzili wyraźnych zależności między zawartością siarki a odczynem gleby.

Stopień zanieczyszczenia gleb siarką poddanych emisji może zależeć od odległości oraz kierunku od centrum emisji. W przeprowadzonych badaniach pobrano gleby z różnych kierunków i zestawiono jako średnie wartości z czterech analizowanych odległości (tab. 2).

Tabela 2

Table 2

Odczyn oraz średnia zawartość siarki w glebie w zależności od kierunków pobrania prób wokół Zakładów Chemicznych „Wizów”

Soil reaction and mean contents of sulphur in soil depending on the sampling directions around of Chemical Company „Wizów”

| Kierunek Direction | pH 1 mol KCl·dm ³ | Sog. |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | mg·kg ⁻¹ gleby, soil |
| N | 4,7 | 340 |
| NE | 4,8 | 349 |
| E | 4,9 | 357 |
| SE | 5,2 | 356 |
| S | 5,4 | 312 |
| SW | 5,0 | 349 |
| W | 4,9 | 386 |
| NW | 5,5 | 347 |

Niezależnie od kierunku pobrania, gleby miały odczyn kwaśny, przy czym, najniższy odczyn pH określono dla gleb pobranych z kierunku północnego i północno-zachodniego, podobne wyniki otrzymali [Nowak i wsp., 1999].

Zawartości siarki w glebach pobranych z różnych kierunków były zbliżone, najmniej tego pierwiastka określono dla kierunku południowego ($312 \text{ mg S}\cdot\text{kg}^{-1}$), natomiast najczęściej tego pierwiastka oznaczono na kierunku zachodnim ($386 \text{ mg S}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Drozd i wsp. [1983] stwierdzili największe zawartości siarki na kierunku wschodnim, wskazując zgodność z kierunkiem przeważających wiatrów. Chojnacki [1975] niższe zawartości siarki stwierdził w glebach pobranych z kierunku południowego od kopalni siarki w Grzybowie.

Największe zawartości siarki ogólnej oznaczono w roślinach pobranych w odległości 150 m od zakładu (tab. 3). W częściach wegetatywnych tych roślin zawartości siarki przekraczała wartości progowe [Kabata-Pendias i wsp., 1993]. W ziemniakach pobranych z tej odległości oznaczono $8,5 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., natomiast z roślin zbożowych najczęściej tego pierwiastka było w pszenicy ozimej $7,9 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Zawartość siarki w roślinach zmniejszała się wraz z oddaleniem od emitora i w roślinach rosnących w odległości 1 km zawartość tego pierwiastka wahała się od $1,6$ – $1,8 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Nowak i wsp. [1999] najwyższą zawartość tego pierwiastka stwierdzili w lucernie ($8,5 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) i sałacie ($8,2 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) rosnących w pobliżu Zakładu „Wizów”.

Wpływ toksycznego oddziaływania dwutlenku siarki na rośliny objawiają się zaburzeniami transpiracji, oddychania i obniżeniem natężenia fotosyntezy [Dechnik i Kaczor, 1985; Warteresiewicz, 1978]. Poziom siarki w roślinach w warunkach naturalnych wykazuje dość znaczne zróżnicowanie w zależności od gatunku, odmiany, fazy rozwojowej, rodzaju gleby a także klimatu [Warteresiewicz, 1978].

Tabela 3

Table 3

Zawartość siarki w roślinach pobranych w różnych odległościach od Zakładów „Wizów”
Sulphur contents in plants collected in different distances from „Wizów” Company

| Gatunek roślin Species plant | Odległość [m] – Distances [m] | | | |
|---|-------------------------------|------|-----|-------|
| | 150 | 300 | 500 | 1 000 |
| Zawartość siarki – Contents of sulphur $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., d.m. | | | | |
| Pszenica ozima Winter wheat | 7,9 | 4,6 | 2,3 | 1,8 |
| Jęczmień jary Spring barley | 5,9 | 4,1 | 2,5 | n.o. |
| Żyto Rye | 6,0 | 3,1 | 2,2 | 1,7 |
| Ziemniaki (nać) Potatoes (top leaves) | 8,5 | 3,5 | 2,6 | n.o. |
| Trawa Grass | n.o.* | 4,0 | 2,1 | 1,6 |
| Gryka Buckwheat | 8,3 | n.o. | 2,2 | 1,7 |

n.o. – nie oznaczono – not estimated

W warunkach nadmiaru siarki w glebie na ogół nie całość tego składnika pobrana przez rośliny użyta jest do syntezy związków organicznych, prowadzi to do gromadzenia siarczanów [Motowicka-Terelak i Terelak, 1998]. Negatywnym skutkiem tego stanu może być zachwianie równowagi kationowo-anionowej w roślinie [Kaczor, 1996] oraz nadmierne gromadzenie innych pierwiastków, w tym toksycznego glinu i manganu [Motowicka-Terelak i Terelak, 1998; Kulczycki, 2004].

WNIOSKI

1. Zawartość w glebie siarki ogólnej znacząco malała wraz ze wzrostem odległości od zakładu.
2. Ilość siarki w glebie była niezależna od kierunku usytuowania względem emitora.
3. Najwięcej siarki ogólnej zawierały rośliny pobrane w najbliższych odległościach od zakładu.
4. Rośliny uprawiane w odległości 1 km od emitora zawierały naturalne ilości siarki.

PIŚMIENNICTWO

- Chojnacki A.: 1975. Wpływ emisji siarki w Grzybowie na glebę i rośliny w doświadczeniach lizymetrycznych. *Pam. Puł.* 65, 185–199.
- Dechnik I., Kaczor A.: 1985. Plonowanie roślin w warunkach zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki. *Post. Nauk. Rol.* 2/3, 61–68.
- Drozd J., Licznar M., Kowaliński S.: 1983. Kształtowanie się niektórych właściwości gleb w warunkach oddziaływania zanieczyszczeń emitowanych przez Hutę Miedzi Legnica. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 242: 707–717.
- Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Witek T.: 1993. Ocena zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. *Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy, Ser. P 53: 20ss.*
- Kaczor A.: 1996. Następny wpływ stymulowanego kwaśnego deszczu na wartość stosunków między magnezem a siarką w roślinach. *Prace Naukowe IV Ogólnopolskiego Sympozjum Magnezjologicznego. Wyd. AM Lublin, s. 143.*
- Kulczycki G.: 2004. Wpływ nawożenia siarką elementarną na zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Cz. II. Mangan i żelazo. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 502, 207–213.*
- Kulczycki G., Spiak Z.: 2003. Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w glebach Polski Południowo-Zachodniej. *Nawozy i Nawożenie 4 (17), 75–81.*
- Kulczycki G., Karoń B.: 2003. Wpływ oddziaływania wybranych zakładów przemysłowych na zawartość siarki w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 493, 185–192.*
- Laskowski S., Tołoczko W.: 1998. Zmiany odczynu i zawartości siarki w glebach objętych oddziaływaniem aglomeracji miejsko-przemysłowej Zgierza. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 456, 343–351.*
- Motowicka-Terelak T., Dudka S.: 1991. Degradacja chemiczna gleb zanieczyszczonych siarką i jej wpływ na rośliny uprawne. *IUNG Puławy. Seria R 284: 95 ss.*
- Motowicka-Terelak T., Terelak H.: 1998. Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie. *Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa. ss. 106.*

- Nowak W., Wróbel S., Pasierb K.: 1999. Oddziaływanie zanieczyszczeń emitowanych przez Zakłady Chemiczne „Wizów” S.A. na glebę i rośliny. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 467: 413–420.
- Święcicki Cz., Mojzesowicz E.: 1980. Wpływ emisji SO₂ na niektóre elementy ekosystemu rolniczego. Roczn. Glebozn., 31, 3/4:289–297.
- Warteresiewicz M.: 1978. Wpływ dwutlenku siarki na rośliny. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z 206, 29–41.

THE INFLUENCE OF CHEMICAL COMPANY „WIZÓW” ON THE SULPHUR CONTENT IN SOIL AND PLANTS

S u m m a r y

The aim of carried out investigation was to asses the influence of Chemical Company „Wizów” (near Bolesławiec) – producer of polyphosphate, on sulphur contents in soil and plants collected from different direction and distances from the factory.

Contents of sulphur decreased significantly along with distance from the factory. Quantity of soluble forms of this element did not depend on location direction from the factory. The highest sulphur contents were found in plants grown in the closest distances from the factory. Plants cultivated in distance of 1 km from the emission source content natural quantity of this element.

KEY WORDS: industrial emission, sulphur, soil, plants

Recenzent: prof. dr hab. inż. Teofil Mazur – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie

Grzegorz Kulczycki, Zofia Spiak, Anna Kamińska

**WPLYW ODDZIAŁYWANIA ZAKŁADÓW CHEMICZNYCH
„WIZÓW” NA ZAWARTOŚĆ FLUORU W GLEBACH
I ROŚLINACH**

**IMPACT OF CHEMICAL COMPANY „WIZÓW”
ON THE CONTENT OF FLUORINE IN SOIL AND PLANT**

*Katedra Żywienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Plant Nutrition, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu Zakładów Chemicznych „Wizów” koło Bolesławca produkujących polifosforany na zawartość fluoru w glebach i roślinach pobranych z różnych kierunków i odległości od zakładu. Zawartość w glebie fluoru rozpuszczalnego w $0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ CaCl_2 znacząco malała wraz ze wzrostem odległości od zakładu. Ilość formy rozpuszczalnej tego pierwiastka w glebie była niezależna od kierunku usytuowania względem emitora. Najwięcej fluoru zawierały rośliny pobrane w najbliższych odległościach od zakładu, a rośliny uprawiane w odległości 1 km od emitora zawierały naturalne ilości fluoru.

SŁOWA KLUCZOWE: zanieczyszczenia przemysłowe, fluor, rośliny, gleba

WSTĘP

Procesy produkcyjne związane z przetwarzaniem fosforytów i apatytów uwalniają do środowiska fluor, który jest uważany za jeden z najbardziej toksycznych składników biosfery [Jędrzejuk i Milewicz, 1996; Wędzisz, 1994; Zakrzewska, 1995]. Zakłady Chemiczne „Wizów” S.A. produkowały w latach 1951–1990 kwas siarkowy, co przyczyniło się do znacznego zanieczyszczenia środowiska zwłaszcza w pobliżu zakładów [Nowak i wsp., 1999; Kulczycki, Spiak, 2004], obecnie zakład produkuje głównie trójpolifosforan sodu (TPFS) oraz kwas fosforowy i wysokogatunkowe odmiany cementu.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu Zakładów Chemicznych „Wizów” S.A. na zawartość fluoru w glebach i roślinach pobranych w różnych kierunkach i odległościach od zakładu.

MATERIAŁ I METODY

Zakłady Chemiczne „Wizów” zlokalizowane są na północ od Bolesławca w miejscowości Łąka. W badaniach terenowych pobrano próbki glebowe z różnych kierunków (N, NE, E, SE, S, SW, W i NW) i odległości od zakładu (150, 300, 500 i 1000 m) z warstwy wierzchniej (0–20 cm). Materiał roślinny pobierano z tych samych punktów. Gleby wokół zakładu zaliczono do gleb lekkich o składzie granulometrycznym piasku gliniastego i gliny lekkiej. Materiał glebowy i roślinny do analiz chemicznych stanowił średnią z 8 prób pojedynczych, które dokładnie wymieszano i zhomogenizowano. Odczyn gleby oznaczono w roztworze 1 mol KCl·dm⁻³. Zawartość w glebie fluoru rozpuszczalnego w 0,01 mol·dm⁻³ CaCl₂ oznaczono za pomocą elektrody jonoselektywnej. Roślinny zmineralizowano i stapiano z Ca(OH)₂, spopielone próbki rozpuszczono w kwasie nadchlorowym i destylacyjnie oddzielono związki fluoru, które oznaczono kolorymetrycznie. Materiał roślinny pobierano w różnych fazach rozwojowych w zależności od gatunku rośliny; ziemniaki – początek kwitnienia, rośliny zbożowe i trawy – strzelenie w źdźbło oraz gryka – faza kwitnienia.

WYNIKI I DYSKUSJA

Odczyn gleb pobranych w różnych odległościach od zakładu wahał się w przedziale pH 4,8 do pH 5,1 (tab. 1). Najwięcej fluoru rozpuszczalnego stwierdzono w glebach pobranych w najbliższej odległości od zakładu 5,7 mg F·kg⁻¹. Wraz z oddalaniem się od emitora zawartość formy rozpuszczalnej tego pierwiastka zmniejszyła się, a najmniej fluoru określono w glebach pobranych w odległości 1 km od zakładu (1,5 mg F·kg⁻¹).

Tabela 1

Table 1

Odczyn oraz średnia zawartość fluoru rozpuszczalnego w glebach w zależności od odległości od Zakładów Chemicznych „Wizów”

Reaction and mean contents of soluble fluorine in soils depending on the distances of Chemical Company „Wizów”

| Odległość [m] Distances | pH 1 mol KCl·dm ⁻³ | F mg·kg ⁻¹ |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 150 | 4,9 | 5,7 |
| 300 | 4,8 | 4,8 |
| 500 | 5,1 | 3,5 |
| 1000 | 5,0 | 1,5 |
| NIR _{0,05} | r.n | 0,76 |

Kabata-Pendias i Pendias [1999] podają, że zawartość fluoru w glebach jest związana z występowaniem w skałach macierzystych i średnia zawartość kształtuje się od 85 do 560 mg F·kg⁻¹.

Piotrowska [1976] wykazuje, że średnia zawartość fluoru ogólnego dla gleb wytworzonych z piasków wynosi $105 \text{ mg F}\cdot\text{kg}^{-1}$, wytworzonych z glin $283 \text{ mg F}\cdot\text{kg}^{-1}$, a dla gleb ilastych $650 \text{ mg F}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Zawartość fluoru rozpuszczalnego w CaCl_2 we wszystkich rodzajach gleb na ogół nie przekracza $2 \text{ mg F}\cdot\text{kg}^{-1}$ i zmniejsza się wraz ze wzrostem odległości od źródła emisji [Meinhard, 1994].

Zawartość fluoru rozpuszczalnego w glebach pobranych w zależności od kierunku utytułowania od emitora wahała się od $3,53\text{--}4,52 \text{ mg F}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 2). Analiza ilości fluoru w glebie nie uwidoczniała zależności pomiędzy zawartością tego pierwiastka, a kierunkiem położenia od emitora.

Tabela 2

Table 2

Odczyn oraz średnia zawartość fluoru rozpuszczalnego w glebie w zależności od kierunków pobrania prób wokół Zakładów Chemicznych „Wizów”
Reaction and mean contents of soluble fluorine in soil depending on the sampling directions around of Chemical Company „Wizów”

| Kierunek Direction | pH $1 \text{ mol KCl}\cdot\text{dm}^{-3}$ | F $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby – soil |
|-----------------------|--|--|
| N | 4,7 | 3,48 |
| NE | 4,8 | 3,88 |
| E | 4,9 | 3,60 |
| SE | 5,2 | 4,02 |
| S | 5,4 | 3,95 |
| SW | 5,0 | 4,22 |
| W | 4,9 | 3,53 |
| NW | 5,5 | 4,52 |

Andryszczak i wsp. [1984] oznaczyli w glebach wokół fabryki nawozów fosforowych w Uboczu od 2 do $56,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ formy rozpuszczalnej fluoru w $0,01\text{M CaCl}_2\cdot\text{dm}^{-3}$, przy czym najwięcej tego pierwiastka oznaczono w glebach pobranych najbliżej źródła emisji.

Płoszewski [1998] w rejonie Huty Aluminium w Koninie obliczył wysokie współczynniki korelacji (0,813) pomiędzy stężeniem związków fluoru w powietrzu a zawartością fluoru rozpuszczalnego w glebie.

Gałązka [1996] w glebach pobranych na obszarze Konińskiego Okręgu Przemysłowego stwierdził zmiany zawartości fluoru zależne od odległości i kierunku od źródła emisji.

Najwięcej fluoru oznaczono w życie ($96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) i ziemniakach ($91,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) pobranych w odległości 150 m od zakładu. Zawartość fluoru w analizowanych gatunkach roślin zmniejszała się wraz z oddaleniem od zakładu. W roślinach pobranych w odległości 1 km od emitora zawartość fluoru wahała się od 22 do $26,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Poszczególne gatunki, a nawet odmiany różnią się pod względem wrażliwości na związki fluoru. Gatunki mniej wrażliwe stanowią szczególne zagrożenie, bowiem fluor nagromadzać się w nich może w dużych ilościach bez powstania uszkodzeń [Szalonek, 1978].

Tabela 3

Table 3

Zawartość fluoru w roślinach pobranych w różnych odległościach od Zakładów „Wizów”
Contents of fluorine in plants collected in different distances of Company „Wizów”

| Gatunek roślin Species plant | Odległość [m] Distances [m] | | | |
|--|--|------|------|-------|
| | 150 | 300 | 500 | 1 000 |
| | Zawartość fluoru Contents of fluorine mg·kg ⁻¹ s.m., d.m. | | | |
| Pszenvica ozima Winter wheat | 61,7 | 55,4 | 38,0 | 24,6 |
| Jęczmień jary Spring barley | 84,9 | 40,1 | 34,7 | n.o. |
| Żyto Rye | 96,0 | 42,1 | 29,3 | 26,4 |
| Ziemniaki (nać) Potatoes (top leaves) | 91,3 | 46,9 | 42,1 | n.o. |
| Trawa Grass | n.o. | 53,8 | 34,5 | 22,0 |
| Gryka Buckwheat | 80,0 | n.o. | 37,9 | 23,1 |

Zakrzewska [1995] podaje, że ilość do 30 mg·kg⁻¹ fluoru w liściach ziemniaków to naturalna zawartość tego pierwiastka. Jako dopuszczalne zawartości fluoru w roślinach pastewnych przyjmuje się 30–40 mg F·kg⁻¹ [Kabata-Pendias i Pendias, 1999].

W liściach ziemniaków i buraków uprawianych na polach sąsiadujących z Fabryką Nawozów Fosforowych w Uboczu stwierdzono zawartość fluoru od 47,1 do 199,9 mg·kg⁻¹, a rośliny rosnące na polach w dalszej odległości zawierały mniej fluoru [Andryszczak i wsp., 1984].

Zbierska [1997] podaje, że zawartość fluoru w roślinach w strefie powyżej 1 km od Zakładów Chemicznych „LUBON” mieściła się w przedziale zawartości naturalnych. Nowak i wsp. [1999], oznaczając ilość fluoru w roślinach pobranych do 2,5 km od Zakładów Chemicznych w Wizowie, stwierdzili podwyższone zawartości tego pierwiastka zależne od czasu ekspozycji i powierzchni liści analizowanych roślin.

WNIOSKI

1. Zawartość w glebie fluoru rozpuszczalnego w $0,01 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ CaCl_2 znacząco malała wraz ze wzrostem odległości od zakładu.
2. Ilość formy rozpuszczalnej fluoru w glebie była niezależna od kierunku usytuowania względem emitora.
3. Najwięcej fluoru zawierały rośliny pobrane w najbliższych odległościach od zakładu.
4. Rośliny uprawiane w odległości 1 km od emitora zawierały naturalne ilości fluoru.

PIŚMIENNICTWO

- Andryszczak E., Kobuz K., Strączyński S., Radwan., Walczyk K.: 1984. Wpływ emisji fabryki nawozów fosforowych w Uboczu na zawartość fluoru i siarki w glebach i roślinach uprawnych. *Rocz. Glebozn.* 35, 3-4: 117–126.
- Gałązka S.: 1996. Dynamika fluoru w glebach objętych wpływem emisji przemysłowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z 434: 837–841.
- Jędrzejuk D., Milewicz A.: 1996. Toksykologia fluoru. *Bromat. Chem. Toksykol* XXIX, 3: 205–211.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.: 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa: 398 ss.
- Kulczycki G., Spiak Z.: 2004. Wpływ oddziaływania Zakładów Chemicznych Wizów na zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z 502: 887–892
- Meinhardt B.: 1994. Fluor rozpuszczalny w glebie. *Aura* 1: 27–28.
- Nowak W., Wróbel S., Pasierb K.: 1999. Oddziaływanie zanieczyszczeń emitowanych przez Zakłady Chemiczne „Wizów” S.A. na glebę i rośliny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 467: 413–420.
- Piotrowska M.: 1976. Fluor ogólny w niektórych rodzajach gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 179: 459–461.
- Płoszewski K.: 1998. Związki fluoru w powietrzu atmosferycznym Konina. *Aura* 5:12–15.
- Szalonek I.: 1978. Wpływ związków fluoru na rośliny i ich siedliska w rejonach imisji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 206: 43–55.
- Wędzisz A.: 1994. Fluor–środowisko–żywność. *Bromat. Chem. Toksykol.* XXVII, 4:347–352.
- Zakrzewska H.: 1995. Fluor i jego związki w środowisku naturalnym i żywności. *Bromat. Chem. Toksykol.* 28, 4:393–400.
- Zbierska J.: 1997. Ocena zmian emisji fluoru w Zakładach Chemicznych LUBOŃ oraz jej wpływu na skażenie wybranych roślin. *Roczniki AR Poznań CCXCIV* z. 19/24 nr 1: 219–226.

IMPACT OF CHEMICAL COMPANY „WIZÓW” ON THE CONTENT OF FLUORINE IN SOIL AND PLANT

S u m m a r y

The aim of carried out investigation was to asses the influence of Chemical Company „Wizów” (near Boleslawiec) – producer of polyphosphate, on fluorine contents in soil and plants collected from different direction and distances from the factory.

Contents of fluorine soluble forms in $0,01 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \text{ CaCl}_2$ decreased significantly along with distance from the factory. Quantity of soluble forms of this element did not depend on location direction from the factory. The highest fluorine contents were found in plants grown in the closest distances from the factory and plants cultivated in distance of 1 km from the emission source content natural quantity of this element.

KEY WORDS: industrial emission, fluorine, plants, soil

Recenzent: prof. dr hab. inż. Teofil Mazur – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie

Monika Marek-Kozaczuk^{1,2}, Jerzy Wielbo¹, Ryszard Dobrowolski²,
Anna Skorupska¹

WPLYW POZIOMU AZOTU W GLEBIE NA WIELKOŚĆ
POPULACJI SZCZEPÓW *RHIZOBIUM* I ICH ZDOLNOŚĆ
DO SYMBIOTYCZNEGO WIĄZANIA AZOTU*

EFFECT OF SOIL NITROGEN ON RHIZOBIAL POPULATIONS
AND EFFICIENCY OF SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION

¹ Zakład Mikrobiologii Ogólnej, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Department of General Microbiology of Lublin

² Wydziałowe Laboratorium Analityczne, Wydział Chemii, Uniwersytet
Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

² Analytical Laboratory, Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University,
of Lublin

Zbadano wydajność symbiotyczną izolatów *Rhizobium* pozyskanych z brodawek korzeniowych koniczyny, grochu, peluszki, bobiku i fasoli. Badane szczepy pochodziły z dwóch gleb, lessowej i rędzinowej, różniących się zarówno zawartością azotu, jak i liczebnością autochtonicznych rizobiów. W poszczególnych grupach izolatów specyficznych dla ich roślinnych gospodarzy, pochodzących z gleby lessowej lub rędzinowej, zidentyfikowano zarówno szczepy wysokoefektywne w procesie symbiotycznego wiązania azotu, jak i izolaty nieefektywne. Nie zaobserwowano istotnych różnic dotyczących wpływu szczepów pochodzących z różnych środowisk na wzrost roślinnego gospodarza. W przypadku koniczyny, bobiku i peluszki stwierdzono różnicę w poziomie brodawkowania pomiędzy izolatami pochodzącymi z gleby lessowej i rędzinowej. Różnice te nie były zależne od poziomu azotu w glebie ani od wielkości populacji autochtonicznych rizobiów specyficznych dla danej rośliny.

SŁOWA KLUCZOWE: *Rhizobium*, biologiczne wiązanie azotu, liczebność mikrosymbiontów w glebie

* Praca finansowana z grantu badawczego MNiSW nr PBZ-KBN-112/P06/2005.

WSTĘP

Bakterie z rodzaju *Rhizobium* są symbiontami roślin motylkowatych. Rizobia kolonizują tkanki korzenia indukując na nich brodawki korzeniowe, gdzie wiążą cząsteczkowy azot atmosferyczny i tworzą zredukowane związki azotowe łatwo przyswajalne dla roślin [Spaink, 2000]. Biologiczne wiązanie azotu stanowi dla roślin dodatkowe źródło tego pierwiastka, szczególnie istotne w przypadku niskiej zawartości związków azotowych w glebie [Ramos i wsp., 2001].

Proces biologicznego wiązania azotu pozostaje pod wpływem licznych czynników środowiskowych. Wysoki poziom związków azotowych w glebie wpływa negatywnie na symbiozę: zmniejsza ilość brodawek na korzeniach roślin i hamuje aktywność bakteryjnej nitrogenazy [Strzelec, 1987; Waterer i Vessey, 1993]. Może też osłabiać zdolności kompetycyjne wydajnych szczepów rizobiowych [Lopez-Garcia i wsp., 2001]. Z tego powodu w uprawach roślin motylkowatych zaleca się ograniczanie nawożenia azotowego do minimum oraz stosowanie nawozów jedynie w bardzo wczesnych etapach wzrostu roślin [Strzelec, 1995]. Ponadto stwierdzono, że poziom nawożenia azotowego może mieć wpływ na liczebność niektórych gatunków bakterii brodawkowych obecnych w glebie [Martyniuk i wsp., 1999].

W pracy porównano dwie grupy izolatów rizobiowych pochodzących z gleb różniących się zawartością związków azotowych. Podjęto próbę określenia, czy istnieje związek pomiędzy całkowitą ilością azotu w glebie a liczebnością populacji mikrosymbiontów niektórych roślin motylkowatych, oraz czy w glebach o niskiej zawartości azotu istnieje presja selekcyjna promująca szczepy wysokoefektywne, korzystnie wpływające na wzrost roślinnych gospodarzy.

MATERIAŁ I METODY

Szczepy *Rhizobium* izolowano z brodawek korzeniowych koniczyny, grochu, peluszki, bobiku oraz fasoli, uprawianych na poletkach doświadczalnych. Poletka zlokalizowane były w Felinie k. Lublina (gleby lessowe) oraz w Bezku k. Chełma (rędzina). W próbkach gleby oznaczono: ilość całkowitego azotu [PN-75/A-04108], fosforu [PN-R-04023] i potasu [PN-R-04022:1996] oraz ilość mikrosymbiontów specyficznych dla każdego gospodarza [Brockwell, 1982; Martyniuk, 2000]. W testach roślinnych użyto następujących roślin motylkowatych: grochu odm. Ramrod (Piast); peluszki odm. Eureka; bobiku odm. Titus; koniczyny czerwonej odm. Dajana; wyki odm. Wista oraz fasoli odm. Złota Saxa.

Wydajność symbiotyczną izolatów mierzono w doświadczeniach wazonowych prowadzonych w warunkach laboratoryjnych. Miernikiem aktywności szczepu były: świeża masa zakażonych roślin, sucha masa roślin oraz liczba brodawek przypadająca na roślinę. Rośliny hodowano w pojemnikach zawierających 400 g (dla koniczyny) lub 600 g (dla grochu, peluszki, wyki, bobiku i fasoli) płukanego i jałowionego piasku. Piasek jednorazowo (przed wysianiem nasion) nasączano płynną bezazotową pożywką Fahreusa w ilości odpowiednio 100 lub 150 ml. Do tak przygotowanych pojemników wysiewano wyjałowione powierzchniowo (0,1% HgCl₂ i 70% etanol) nasiona odpo-

wiednich gatunków roślin motylkowatych i zakażano je poprzez podanie 3 ml zawiesiny szczepów rizobiowych (OD_{550} 0,1). Ilość roślin przypadająca na pojemnik wynosiła: 10 dla koniczyny, 5 dla wyki oraz 3 dla grochu, peluszki, bobiku i fasoli. Każdy testowany izolat był badany w 3 powtórzeniach. Hodowle roślin prowadzono przez 6 tygodni, podlewając je jałowioną wodą destylowaną 3 razy w tygodniu. Korzystano ze światła dziennego uzupełnianego oświetleniem sztucznym (14/10 godz. dzień/noc, 24/19 °C). Po sześciu tygodniach rośliny zbierano, ważono oraz liczone ilość brodawek korzeniowych. Rośliny z jednej grupy doświadczalnej zbierano razem i suszono (65 °C przez 48 godzin). Po wysuszeniu próbki ważono, a uzyskany wynik dzielono przez liczbę roślin w grupie uzyskując średnią suchą masę rośliny.

Statystyczną istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi obliczonymi dla poszczególnych parametrów testowano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji.

WYNIKI

Analiza chemiczna gleby lessowej i rędzinowej wykazała, że gleba lessowa zawierała 5 razy mniej azotu i 2 razy mniej potasu niż rędzina, natomiast ilości fosforu w obu glebach były porównywalne (tab. 1). W obu glebach stwierdzono porównywalną liczbę mikrosymbiontów zdolnych do zakażenia grochu i peluszki. W glebie lessowej znajdowało się mniej niż w rędzinie rizobiów specyficznych dla bobiku, natomiast więcej rizobiów zakażających koniczynę oraz fasolę (tab. 2).

Tabela 1
Table 1

Zawartość azotu, fosforu i potasu w badanych glebach
The amount of nitrogen, phosphorus and potassium in tested soils

| Gleba Type of soil | Zawartość Amount | | |
|-----------------------|---------------------|---|----------------------------|
| | N (%) | P ₂ O ₅ (mg/100g) | K ₂ O (mg/100g) |
| Lessowa Loessal | 0,0634 ± 0,0006 | 22,7 ± 1,58 | 16,2 ± 0,98 |
| Rędzina Rendzina | 0,3085 ± 0,0250 | 27,3 ± 1,32 | 36,9 ± 1,68 |

Z brodawek roślin pozyskano 87 izolatów rizobiów, w tym: 20 z koniczyny, 14 z grochu, 16 z peluszki, 16 z bobiku oraz 21 z fasoli. Większość badanych szczepów korzystnie wpływała na wzrost roślinnych gospodarzy, zwiększając zieloną i suchą masę roślin. Najlepsze efekty zaobserwowano dla symbiontów koniczyny (maksymalnie 3-krotny wzrost zielonej i suchej masy zakażonych roślin w porównaniu z roślinami nie zakażonymi). Zielona i sucha masa pozostałych roślin (groch, peluszka, fasola, bobik) po szczepieniu rizobiami wzrastała maksymalnie o około 40% (tab. 3 a-e).

Tabela 2

Table 2

Liczba mikrosymbiontów specyficznych dla badanych gospodarzy roślinnych w glebie lessowej i w rędzinie

The number of microsymbionts of tested plant hosts in loessal soil and in rendzina soil

| Roślina Plant host | Ilość specyficznych mikrosymbiontów Number of microsymbionts specific for plant host (log ₁₀ / 1 g gleby) | |
|-------------------------|--|---|
| | Gleba lessowa (95% przedział ufności) Loessal soil (confidence limit 95%) | Rędzina (95% przedział ufności) Rendzina soil (confidence limit 95%) |
| Koniczyna Red clover | 3,4 (3,1–4,2) | 2,4 (2,1–4,2) |
| Groch Pea | 4,4 (4,1–5,2) | 4,2 (3,7–4,8) |
| Peluszka Field pea | 4,2 (3,7–4,8) | 4,4 (4,1–5,2) |
| Bobik Tick bean | 3,4 (3,1–4,2) | 4,2 (3,7–4,8) |
| Fasola Bean | 4,4 (4,1–5,2) | 2,4 (2,1–4,2) |

Tabela 3a

Table 3a

Własności symbiotyczne izolatów z brodawek korzeniowych koniczyny badane w doświadczeniach wazonowych

Symbiotic properties of isolates from nodules of red clover examined in pot experiments

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa całej rośliny Fresh mass of plant (g) | Sucha masa całej rośliny Dry mass of plant (g) | Liczba brodawek na roślinę Nodule number per plant |
|--|---|---|---|
| Izolaty z gleby lessowej – Isolates from loessal soil | | | |
| KO13 | 0,28 ± 0,12 | 0,035 | 13,8 ± 6,0 |
| KO18 | 0,35 ± 0,14 | 0,046 | 11,8 ± 5,3 |
| KO19 | 0,30 ± 0,13 | 0,042 | 13,6 ± 6,8 |
| KO20 | 0,32 ± 0,14 | 0,040 | 12,8 ± 6,9 |
| KO21 | 0,32 ± 0,15 | 0,043 | 14,4 ± 4,9 |
| KO22 | 0,26 ± 0,10 | 0,037 | 11,8 ± 4,7 |
| KO27 | 0,31 ± 0,09 | 0,046 | 18,2 ± 8,4 |
| KO28 | 0,29 ± 0,12 | 0,043 | 14,7 ± 7,6 |
| KO29 | 0,18 ± 0,07 | 0,026 | 9,5 ± 3,4 |
| KO30 | 0,21 ± 0,09 | 0,030 | 10,2 ± 4,1 |
| KO31 | 0,26 ± 0,13 | 0,039 | 12,2 ± 5,6 |
| Izolaty z gleby rędzinowej – Isolates from rendzina soil | | | |
| KO11 | 0,29 ± 0,10 | 0,036 | 15,5 ± 6,6 |
| KO12 | 0,30 ± 0,15 | 0,038 | 15,5 ± 7,2 |
| KO14 | 0,26 ± 0,08 | 0,034 | 11,8 ± 5,2 |
| KO15 | 0,24 ± 0,08 | 0,029 | 13,5 ± 7,5 |
| KO16 | 0,26 ± 0,08 | 0,035 | 18,4 ± 5,4 |
| KO17 | 0,31 ± 0,10 | 0,039 | 20,6 ± 11,5 |
| KO26 | 0,31 ± 0,11 | 0,045 | 18,8 ± 5,2 |
| KO32 | 0,27 ± 0,09 | 0,034 | 12,3 ± 8,4 |
| KO33 | 0,26 ± 0,11 | 0,044 | 10,9 ± 4,8 |
| Koniczyna nie zakażona Uninfected clover plants | 0,11 ± 0,04 | 0,015 | 0 |

Tabela 3b

Table 3b

Własności symbiotyczne izolatów z brodawek korzeniowych grochu badane w doświadczeniach wazonowych

Symbiotic properties of isolates from nodules of pea examined in pot experiments

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa całej rośliny Fresh mass of plant (g) | Sucha masa całej rośliny Dry mass of plant (g) | Liczba brodawek na roślinie Nodule number per plant |
|--|--|---|--|
| Izolaty z gleby lessowej – Isolates from loessal soil | | | |
| GR03 | 3,36 ± 0,86 | 0,49 | 27,4 ± 8,2 |
| GR04 | 3,98 ± 0,91 | 0,55 | 22,0 ± 7,8 |
| GR08 | 4,30 ± 1,26 | 0,68 | 38,8 ± 10,3 |
| GR09 | 4,31 ± 1,69 | 0,73 | 31,3 ± 8,9 |
| GR10 | 3,70 ± 1,25 | 0,62 | 35,6 ± 15,6 |
| GR13 | 3,32 ± 0,90 | 0,43 | 34,7 ± 11,7 |
| GR14 | 3,54 ± 1,36 | 0,51 | 34,3 ± 16,4 |
| Izolaty z gleby rędzinowej – Isolates from rendzina soil | | | |
| GR01 | 3,34 ± 0,72 | 0,44 | 34,8 ± 15,6 |
| GR02 | 3,07 ± 1,15 | 0,45 | 30,3 ± 14,6 |
| GR05 | 3,38 ± 1,86 | 0,49 | 20,6 ± 9,7 |
| GR06 | 3,95 ± 1,45 | 0,55 | 19,0 ± 9,6 |
| GR07 | 3,84 ± 1,41 | 0,56 | 25,6 ± 5,3 |
| GR11 | 3,65 ± 1,30 | 0,51 | 35,3 ± 19,6 |
| GR12 | 3,42 ± 0,63 | 0,39 | 33,7 ± 12,6 |
| Groch nie zakażony Uninfected pea plants | 3,45 ± 0,66 | 0,47 | 0 |

Tabela 3c

Table 3c

Własności symbiotyczne izolatów z brodawek korzeniowych peluszki badane w doświadczeniach wazonowych

Symbiotic properties of isolates from nodules of field pea examined in pot experiments

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa całej rośliny Fresh mass of plant (g) | Sucha masa całej rośliny Dry mass of plant (g) | Liczba brodawek na roślinie Nodule number per plant |
|--|--|---|--|
| Izolaty z gleby lessowej – Isolates from loessal soil | | | |
| PE01 | 2,82 ± 1,08 | 0,43 | 29,8 ± 17,4 |
| PE02 | 2,80 ± 0,76 | 0,44 | 30,9 ± 6,7 |
| PE10 | 2,86 ± 0,32 | 0,35 | 23,0 ± 6,1 |
| PE11 | 3,53 ± 0,67 | 0,46 | 27,0 ± 7,8 |
| PE12 | 3,65 ± 0,77 | 0,53 | 23,0 ± 5,0 |
| PE13 | 3,41 ± 0,67 | 0,52 | 21,0 ± 6,9 |
| PE14 | 3,29 ± 0,58 | 0,51 | 21,0 ± 5,8 |
| PE15 | 3,64 ± 0,78 | 0,54 | 18,8 ± 5,7 |
| Izolaty z gleby rędzinowej – Isolates from rendzina soil | | | |
| PE03 | 2,90 ± 0,47 | 0,34 | 40,1 ± 8,0 |
| PE04 | 2,75 ± 0,42 | 0,26 | 39,6 ± 11,4 |
| PE05 | 3,00 ± 0,34 | 0,35 | 30,0 ± 14,8 |
| PE06 | 3,53 ± 0,75 | 0,40 | 24,2 ± 11,0 |
| PE07 | 3,73 ± 0,61 | 0,49 | 39,6 ± 10,2 |
| PE08 | 3,64 ± 0,82 | 0,55 | 32,9 ± 17,0 |
| PE09 | 3,60 ± 0,88 | 0,37 | 25,3 ± 5,0 |
| PE16 | 3,15 ± 0,66 | 0,51 | 22,2 ± 11,9 |
| Peluszka nie zakażona Uninfected field pea plants | 3,06 ± 0,52 | 0,36 | 0 |

Tabela 3d

Table 3d

Własności symbiotyczne izolatów z brodawek korzeniowych bobiku badane w doświadczeniach wazonowych

Symbiotic properties of isolates from nodules of tick bean examined in pot experiments

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa całej rośliny Fresh mass of plant (g) | Sucha masa całej rośliny Dry mass of plant (g) | Liczba brodawek na roślinę Nodule number per plant |
|--|--|---|---|
| Izolaty z gleby lessowej – Isolates from loessal soil | | | |
| BO03 | 8,87 ± 2,75 | 0,85 | 25,8 ± 20,5 |
| BO04 | 6,47 ± 1,12 | 0,60 | 32,4 ± 14,1 |
| BO08 | 7,51 ± 2,65 | 0,77 | 26,4 ± 20,8 |
| BO09 | 8,05 ± 1,79 | 0,81 | 21,6 ± 5,8 |
| BO10 | 9,27 ± 3,59 | 0,99 | 23,7 ± 14,2 |
| BO13 | 9,20 ± 2,45 | 0,89 | 29,1 ± 15,5 |
| BO14 | 8,53 ± 2,96 | 0,85 | 21,3 ± 9,0 |
| BO16 | 7,75 ± 1,74 | 0,68 | 19,1 ± 7,6 |
| Izolaty z gleby rędzinowej – Isolates from rendzina soil | | | |
| BO01 | 8,00 ± 2,04 | 0,81 | 20,8 ± 8,4 |
| BO02 | 7,62 ± 2,55 | 0,80 | 13,4 ± 5,8 |
| BO05 | 7,81 ± 1,36 | 0,85 | 18,0 ± 10,3 |
| BO06 | 9,20 ± 2,73 | 0,97 | 26,2 ± 10,0 |
| BO07 | 8,34 ± 3,02 | 0,87 | 19,7 ± 8,6 |
| BO11 | 9,47 ± 3,07 | 0,96 | 19,0 ± 5,9 |
| BO12 | 8,65 ± 2,49 | 0,90 | 24,2 ± 10,7 |
| BO15 | 8,08 ± 2,00 | 0,91 | 18,7 ± 7,8 |
| Bobik nie zakażony Uninfected tick bean plants | 6,52 ± 1,35 | 0,74 | 0 |

Tabela 3e

Table 3e

Własności symbiotyczne izolatów z brodawek korzeniowych fasoli badane w doświadczeniach wazonowych

Symbiotic properties of isolates from nodules of bean examined in pot experiments

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa całej rośliny Fresh mass of plant (g) | Sucha masa całej rośliny Dry mass of plant (g) | Liczba brodawek na roślinę Nodule number per plant |
|--|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Izolaty z gleby lessowej – Isolates from loessal soil | | | |
| FA04 | 3,49 ± 1,14 | 0,51 | 28,8 ± 9,4 |
| FA05 | 2,96 ± 1,49 | 0,46 | 26,7 ± 10,7 |
| FA06 | 2,93 ± 1,26 | 0,34 | 19,0 ± 10,6 |
| FA07 | 5,01 ± 0,59 | 0,67 | 32,7 ± 9,2 |
| FA08 | 4,26 ± 0,58 | 0,58 | 44,1 ± 12,0 |
| FA09 | 3,95 ± 1,11 | 0,52 | 41,6 ± 8,6 |
| FA17 | 3,46 ± 1,59 | 0,42 | 22,4 ± 11,7 |
| FA18 | 2,95 ± 0,92 | 0,35 | 14,9 ± 10,0 |
| FA22 | 4,23 ± 1,41 | 0,64 | 23,1 ± 7,8 |
| Izolaty z gleby rędzinowej – Isolates from rendzina soil | | | |
| FA01 | 4,44 ± 1,33 | 0,69 | 33,6 ± 13,4 |
| FA02 | 4,37 ± 1,16 | 0,69 | 31,6 ± 12,5 |
| FA03 | 4,91 ± 2,94 | 0,67 | 32,8 ± 24,2 |
| FA10 | 4,32 ± 1,09 | 0,52 | 23,3 ± 9,6 |
| FA11 | 3,51 ± 0,94 | 0,34 | 12,7 ± 11,0 |
| FA12 | 3,71 ± 1,22 | 0,40 | 15,6 ± 11,6 |
| FA13 | 4,46 ± 0,68 | 0,50 | 25,7 ± 13,9 |
| FA14 | 3,61 ± 1,61 | 0,42 | 21,5 ± 12,6 |

Tabela 3e cd.
Table 3e cont.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-------------|------|-------------|
| FA15 | 3,44 ± 1,39 | 0,38 | 9,6 ± 5,5 |
| FA16 | 4,32 ± 1,68 | 0,54 | 28,8 ± 14,1 |
| FA23 | 4,25 ± 1,28 | 0,62 | 19,0 ± 6,6 |
| FA24 | 3,29 ± 1,14 | 0,35 | 17,0 ± 10,2 |
| Fasola nie zakażona Uninfected bean plants | 3,17 ± 0,80 | 1,99 | 0 |

W celu porównania wydajności symbiotycznego wiązania azotu oraz efektywności brodawkowania dla populacji rizobiowych specyficznych dla poszczególnych roślin, uśredniono wyniki dla wszystkich szczepów pochodzących z danej gleby (tab. 4). Różnice w wydajności symbiotycznej (mierzonej masą roślin) obserwowane pomiędzy grupami izolatów pochodzącymi z gleby lessowej i rędzinowej były statystycznie nieistotne. Natomiast stwierdzono, że mikrosymbionty koniczyny i peluszki izolowane z gleby rędzinowej indukują więcej brodawek na korzeniach swoich roślinnych gospodarzy niż rizobia specyficzne dla tych roślin pochodzące z gleby lessowej. Izolaty pochodzące z gleby lessowej i zakażające bobik indukowały nieco większą ilość brodawek korzeniowych niż symbionty bobiku pochodzące z gleby rędzinowej.

Tabela 4

Table 4

Własności symbiotyczne rizobiów izolowanych z różnych roślin motylkowatych rosnących na glebie lessowej i rędzinie
Symbiotic properties of rhizobial isolates obtained from nodules of leguminous plants grown on loessal soil and rendzina soil

| Roślina Plant host | Świeża masa (g) * Fresh mass of plants (g) | | Liczba brodawek na roślinie* Nodule number per plant | |
|-----------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|
| | Less Loessal soil | Rędzina Rendzina soil | Less Loessal soil | Rędzina Rendzina soil |
| | Koniczyna Red clover | 0,28 ± 0,05 | 0,28 ± 0,03 | 13,0 ± 2,4 a |
| Groch Pea | 3,79 ± 0,42 | 3,52 ± 0,31 | 32,0 ± 5,7 | 28,5 ± 6,8 |
| Peluszka Field pea | 3,15 ± 0,56 | 3,29 ± 0,38 | 24,3 ± 4,4 A | 31,7 ± 7,4 A |
| Bobik Tick bean | 8,21 ± 0,96 | 8,40 ± 0,66 | 24,9 ± 4,4 B | 20,0 ± 3,9 B |
| Fasola Bean | 3,70 ± 0,73 | 4,05 ± 0,51 | 28,1 ± 9,9 | 22,6 ± 8,1 |

* podane wyniki są średnimi dla grup izolatów pochodzących z tej samej gleby
values are mean for groups of isolates derived from the same soil

A, B, C... wartości oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie przy P<0,05
values marked with the same letters are significantly different at P<0,05

a, b, c... wartości oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie przy P<0,1
values marked with the same letters are significantly different at P<0,1

DYSKUSJA

Efektywne wykorzystanie procesu biologicznego wiązania azotu w rolnictwie uzależnione jest przede wszystkim od bakteryjnych mikrosymbiontów roślin motylkowatych: ich obecności w glebie oraz od struktury populacji bakteryjnych. Niewielka liczba rizobiów w glebie ogranicza potencjalne możliwości roślin do tworzenia zasiedlonych przez bakterie brodawek. Z kolei dominacja szczepów nieefektywnych w danym środowisku powoduje, że brodawki korzeniowe są tworzone, lecz zasiedlone są przez rizo-bia wiążące azot w ilościach znacznie niższych niż potrzebne do stymulowania wzrostu roślinnego gospodarza.

W badanych glebach stwierdzono dużą ilość symbiontów specyficznych dla użytych roślin, tzn. powyżej 10 tys. na gram gleby dla symbiontów grochu i peluszki w obu glebach, oraz dla symbiontów bobiku w rędzinie i symbiontów fasoli w glebie lessowej. Najmniejsze ilości bakterii stwierdzono dla symbiontów koniczyny i fasoli w glebie rędzinowej. W tych przypadkach wartość ta była na poziomie kilkuset komórek/1 g gleby, co pozwala przyjąć, że jest to ilość bakterii wystarczająca do prawidłowego rozwoju symbiozy [Martyniuk i wsp., 2003; Martyniuk i wsp., 2005]. Pomimo 5-krotnej różnicy w ilości całkowitego azotu pomiędzy glebą lessową a rędzinową nie zaobserwowano związku pomiędzy ilością azotu a liczebnością mikrosymbiontów badanych roślin motylkowatych: w glebie rędzinowej stwierdzono niższą niż w pozostałych przypadkach ilość symbiontów koniczyny i fasoli, natomiast w glebie lessowej znaleziono mniej symbiontów koniczyny i bobiku w porównaniu z symbiontami grochu, peluszki i fasoli.

Wpływ poszczególnych szczepów na wzrost zakażonych roślin był bardzo różnorodny. Świeża masa roślin szczepionych rizobiami w stosunku do zielonej masy roślin niezakażonych mieściła się w zakresie od 1,64 do 3,18; od 0,89 do 1,25; od 0,90 do 1,19; od 0,99 do 1,45 oraz od 0,92 do 1,58 odpowiednio dla koniczyny, grochu, peluszki, bobiku oraz fasoli. Zaobserwowano duże odchylenia od średniej w każdej grupie, co wynikało ze sposobu prowadzenia eksperymentu. Mierzono świeżą masę pojedynczych roślin, które wykazywały bardzo dużą zmienność osobniczą. Zebrane dane pokazują, że w każdej badanej grupie zidentyfikowano szczepy wydajnie wiążące azot w układach symbiotycznych, jak i szczepy nieefektywne, które indukowały brodawki korzeniowe, lecz nie wspomagały wzrostu zakażonych roślin. Szczepy nieefektywne znaleziono zarówno w grupach izolowanych z gleby rędzinowej, jak i w grupach pochodzących z gleby lessowej (tab. 3 a-e).

Pomimo że badane szczepy stanowiły jedynie część populacji rizobiów obecnych w badanych glebach, podjęto próbę oszacowania średniej wydajności grup izolatów specyficznych dla określonych roślinnych gospodarzy. Stwierdzono, że niewielkie różnice w średniej wydajności symbiotycznej obserwowane pomiędzy szczepami izolowanymi z gleby lessowej i rędzinowej są statystycznie nieistotne, nie ma zatem podstaw do przypuszczenia, że:

- (a) w glebie uboższej w azot całkowity, jaką była badana gleba lessowa, dominują szczepy efektywne, lub że
- (b) gleba rędzinowa wielokrotnie bogatsza w azot jest zdominowana przez szczepy nieefektywne, ponieważ zawarte w glebie związki azotowe w dużej mierze pokry-

wają zapotrzebowania odżywcze roślin i rzadziej dochodzi do nawiązywania układów symbiotycznych, w których największe korzyści odnoszą prawidłowo dobrane i efektywnie funkcjonujące pary mikrosymbiont–gospodarz [Simms i Taylor, 2002].

Porównanie właściwości symbiotycznych grup szczepów izolowanych z gleby lessowej i rędzinowej wykazało istnienie różnic dotyczących ilości brodawek indukowanych na korzeniach gospodarza. Największe różnice zaobserwowano dla izolatów *R. leguminosarum* bv. *viciae*: symbionty peluszki z gleby lessowej indukowały powstawanie mniejszej liczby brodawek niż analogiczna grupa izolatów pochodząca z gleby rędzinowej. Odwrotną tendencję zaobserwowano dla mikrosymbiontów bobiku, gdzie izolaty pochodzące z gleby lessowej tworzyły więcej brodawek niż izobaty z gleby rędzinowej.

WNIOSKI

1. Całkowita ilość azotu w glebie nie wpływa na liczebność rizobiów. W rędzinach bogatych w azot aktywność symbiotyczna rizobiów pozostaje nadal potencjalnym źródłem azotu dla roślin motylkowatych.
2. Średni poziom wiązania azotu mierzony świeżą masą roślin jest porównywalny dla rizobiów pochodzących z gleb o niskiej i wysokiej zawartości tego pierwiastka.
3. Średnia liczba brodawek indukowanych na korzeniach roślin przez szczepy *Rhizobium* izolowane z gleb lessowych i rędzinowych jest różna w przypadku mikrosymbiontów peluszki, bobiku i koniczyny, jednak nie zaobserwowano korelacji pomiędzy typem gleby a liczbą brodawek tworzonych przez szczepy izolowane z tej gleby.

PIŚMIENNICTWO

- Brockwell J.: 1982. [w:] Nitrogen fixation in legumes. Vincent J.M. (ed). Academic Press, Sydney, 41-58.
- Lopez-Garcia S.L., Vazquez T.E.E., Favelukes G., Lodeiro A.R.: 2001. Improved soybean root association of N-starved *Bradyrhizobium japonicum*. J. Bacteriol., 183, 7241–7252.
- Martyniuk S., Oroń J., Martyniuk M.: 2003. Występowanie bakterii brodawkowych łubinu (*Bradyrhizobium* sp.) w glebach Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 495, 367–373.
- Martyniuk S., Oroń J., Martyniuk M.: 2005. Diversity and numbers of root-nodule bacteria (rhizobia) in polish soils. Acta Soc. Bot. Polon., 74, 83-86.
- Martyniuk S., Woźniakowska A., Martyniuk M.: 1999. Effect of agricultural practices on populations of *Rhizobium* in some field experiments. Bot. Lithuanica, Suppl.3, 99–102.
- Martyniuk S., Woźniakowska A., Martyniuk M., Oroń J.: 2000. A new sand pouch-plant infection technique for enumeration of rhizobia in soil. Acta Soc. Bot. Polon., 69, 257–261.
- Ramos M.G., Villatoro M.A., Urquiaga S., Alves B.J., Boddey R.M.: 2001. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation. J. Biotechnol. 91, 105–115.
- Simms E.L., Taylor D.L.: 2002. Partner choice in nitrogen-fixation mutualism of legume and rhizobia. Integ. Comp. Biol., 42, 369–380.
- Spaink H.P.: 2000. Root nodulation and infection factors produced by rhizobial bacteria. Annu. Rev. Microbiol., 54, 257–88.

- Strzelec A.: 1987. Selekcja szczepów *Rhizobium leguminosarum* aktywnych w symbiozie z bobikiem uprawianym na glebie kwaśnej, nawożonej azotem. Roczniki Gleboznawcze, 38, 55–69.
- Strzelec A.: 1985. Stosowanie szczepionek w uprawie roślin motylkowatych. Publikacja IUNG Puławy.
- Waterer J.G., Vessey J.K.: 1993. Effect of low static nitrogen concentrations on mineral nitrogen uptake, nodulation, and nitrogen fixation in field pea. J. Plant Nutr., 16, 1775–1789.

EFFECT OF SOIL NITROGEN ON RHIZOBIAL POPULATIONS AND EFFICIENCY OF SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION

S u m m a r y

Rhizobial strains isolated from nodules of red clover, pea, field pea, tick bean and bean were screened for their symbiotic efficiency and nodulation abilities. Isolates originated from two types of soil: nitrogen-rich rendzina soil and nitrogen-poor loessal soil. In both groups of isolates the effective and non-effective strains were found, but there were no substantial differences in average of efficiency of symbiotic nitrogen fixation between strains isolated from rendzina and loessal soil. In the case of isolates from rendzina soil in comparison with isolates from loessal soil some differences in plant host nodulation efficiency were found for microsymbionts of red clover, tick bean and field pea, but these differences in nodulation were not correlated to soil nitrogen level or number of indigenous native rhizobia.

KEY WORDS: *Rhizobium*, biological nitrogen fixation, number of microsymbionts is soil

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Agnieszka Mocek-PlóciniaK, Aleksandra Sawicka

WPŁYW MIEDZI I OŁOWIU NA LICZEBNOŚĆ MIKROORGANIZMÓW W GLEBACH W POBLIŻU HUTY MIEDZI „LEGNICA”*

EFFECT OF COPPER AND LEAD ON THE NUMBER OF MICROORGANISMS IN THE SOILS IN THE NEIGHBOURHOOD OF THE „LEGNICA” COPPER SMELTER

*Katedra Mikrobiologii Rolnej, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego
w Poznaniu*

*Department of Agricultural Microbiology, August Cieszkowski University of Agriculture
Poznań*

W pracy przedstawiono zależności pomiędzy zawartością Cu i Pb a liczebnością najważniejszych grup drobnoustrojów. Badania były prowadzone w próbkach glebowych pobranych z poziomów wierzchnich czarnych ziem i gleb pługowych. Punkty badawcze znajdowały się w dwóch transektach w różnych odległościach od Huty Miedzi „Legnica”. Analizowane gleby wykazują wyrównane uziarnienie oraz nieco bardziej zróżnicowany odczyn i zawartość materii organicznej. Stwierdzono wyraźny spadek zawartości wspomnianych metali wraz ze wzrostem odległości od źródła emisji. Zaobserwowano również wzrost liczebności grzybów oraz promieniowców w punktach badawczych bardziej oddalonych od huty (1500–2500 m). Prawidłowości tej nie stwierdzono natomiast w przypadku ogólnej ilości bakterii oraz bakterii z rodzaju *Azotobacter*.

SŁOWA KLUCZOWE: gleby, metale ciężkie, mikroorganizmy

WSTĘP

Wraz z intensywnym rozwojem cywilizacji człowiek wprowadza do środowiska różne ksenobiotyki zarówno pochodzenia mineralnego, jak i organicznego. Za nieodwracalne zmiany w ekosystemach lądowych odpowiedzialne są w dużej mierze metale ciężkie, pozostałości wielu gałęzi przemysłowych, a szczególnie hut metali kolorowych. Należą do nich wszystkie pierwiastki metaliczne o liczbie atomowej większej od 20

* Praca finansowana ze środków KBN w ramach grantu nr 2 PO6SO2627.

i gęstości powyżej $4,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. W niektórych glebach, położonych w pobliżu aglomeracji miejskich i dużych zakładów przemysłowych, poziom stężenia wspomnianych ksenobiotyków jest niepokojąco wysoki – niejednokrotnie wyraźnie przekraczający dopuszczalne normy [Kabata-Pendias i Pendias, 1979, 1993].

W glebach zanieczyszczonych metalami ciężkimi obserwuje się zmiany ilościowe i jakościowe organizmów tam bytujących. Prowadzi to często do zmiany aktywności biologicznej pedosfery. Jony wspomnianych metali wpływają między innymi na szybkość wzrostu, zarodnikowanie grzybów czy ich aktywność enzymatyczną [Badura i Piotrowska-Seget, 2000].

Nagromadzenie się metali ciężkich w glebie prowadzi w konsekwencji do ograniczenia różnorodności mikroorganizmów i przyczynia się do obniżenia żyzności gleby [Badura, 1984].

Celem niniejszej pracy była próba oceny wpływu miedzi i ołowiu na liczebność wybranych grup mikroorganizmów w wierzchnich poziomach gleb zanieczyszczonych tymi ksenobiotykami w sąsiedztwie Huty Miedzi „Legnica”.

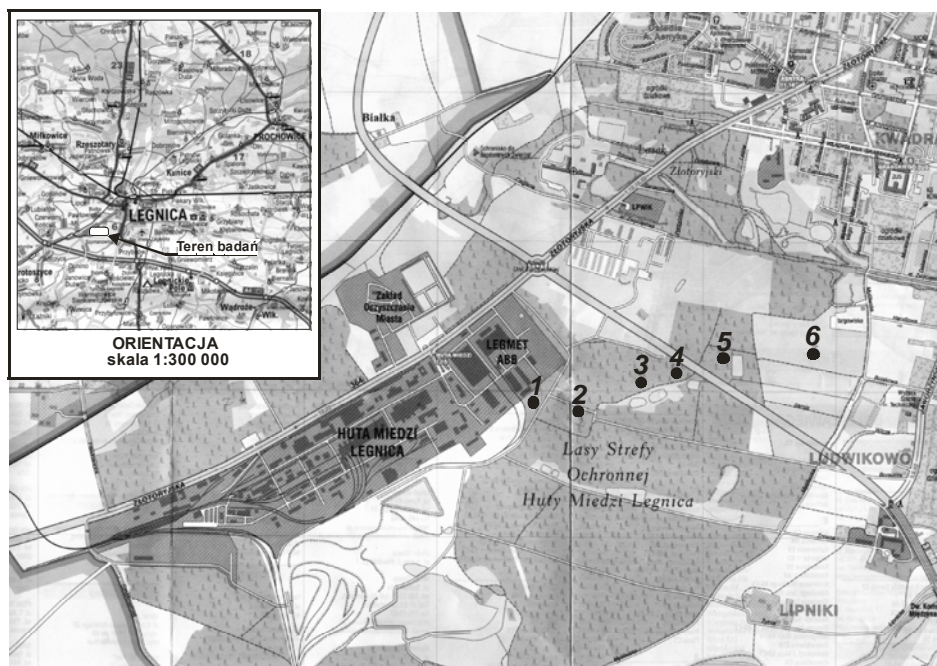
MATERIAŁY I METODY

Badaniami objęto stropowe poziomy czarnych ziem usytuowanych na kierunku wschodnim od wspomnianej huty. Średnie próbki glebowe pobrano latem 2003 roku z dwóch głębokości: 0–10 cm (próbki A) i 10–30 cm (próbki B) poziomów akumulacyjno-próchnicznych. Znajdowały się w odległościach 750, 1000, 1250, 1500, 1800, 2100 m od źródła emisji, czyli kominów pieców szybowych (rys. 1). W zebranych materiale glebowym oznaczono następujące właściwości fizyczne i chemiczne [Mocek i wsp., 2000]:

- skład granulometryczny metodą areometryczną Prószyńskiego,
- węgiel organiczny i azot ogólny na analizatorze Vario – Max,
- odczyn w wodzie destylowanej oraz elektrolicie $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ HCl metodą potencjometryczną,
- całkowitą zawartość metali ciężkich (Cu i Pb) metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS) po rozтворzeniu próbek w wodzie królewskiej (HCl : HNO₃ 3:1).

Ponadto określono liczebność 4 grup drobnoustrojów (ogólną ilość bakterii – wg Löhnisa, promieniowców – wg Pochona, *Azotobacter* – wg Fenglerowej oraz grzybów wg Martina) metodą płytek lanych.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej, obliczając programem STATPAKTU na poziomie ufności $P = 0,95$ współczynniki korelacji oraz regresję liniową pomiędzy zawartościami Cu i Pb w zależności od kierunku i odległości od źródła emisji.



Rys. 1. Lokalizacja miejsca pobrania próbek
Fig. 1. Localization of soil samples

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Pod względem przynależności taksonomicznej [PTG 1989] badane gleby należą do typu czarnych ziem, wykształconych wyłącznie z „ilastej odmiany lessów” [Bolewski i Parachoniak, 1974]. Pod względem gatunkowym – według kryteriów Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego – należą one do pyłów ilastych. Utwory te są w większości płytko, średnio głęboko lub głęboko podścielone ilami pylastymi, glinami ciężkimi bądź lekkimi oraz sporadycznie żwirami gliniastymi i naiłowymi piaskami gliniastymi mocnymi [Mocek, 1989]. Uwzględniając obowiązujące w Polsce kategorie agronomiczne, gleby tej kateny trzeba zaliczyć do utworów ciężkich – IV kategorii [IUNG, 1990].

Według kryteriów składu granulometrycznego opracowanych dla PN-R-04033 próbki pobrane do badań należą do pyłów. Nie zawierają one części szkieletowych, a udział frakcji piasku waha się w granicach 3–19%. Zdecydowanie dominuje frakcja pyłu, a ilość koloidów mineralnych (iłu) mieści się w granicach 0–12%. Tym samym mineralne tworzywo tych gleb wykazuje dość dużą naturalną geochemiczną odporność na zanieczyszczenia metalami ciężkimi, które będą adsorbowane na powierzchni frakcji koloidalnej, zbudowanej z minerałów ilastych typu mieszano-pakietowego.

Zawartość węgla organicznego wahała się w analizowanych próbkach w granicach 0,70–2,47%, a azotu ogólnego od 0,065 do 0,295% (tab. 1). Stosunki C:N w poziomach

wierzchnich zamykały się w granicach 7–14, co może świadczyć o dość intensywnych procesach mineralizacji znacznych ilości opadających co roku resztek roślinnych (liści wierzby, brzozy, topól, roślinności trawiastej).

Tabela 1

Table 1

Wybrane właściwości chemiczne gleb
Selected chemical properties of soils

| Nr profilu Profile No. | Głębokość Depth | pH _{KCl} | pH _{H₂O} | C g·kg ⁻¹ | N g·kg ⁻¹ | C/N |
|---------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------|
| 1 | A 0–10 cm | 7,03 | 7,45 | 9,50 | 0,65 | 14,6 |
| | B 10–30 cm | 6,35 | 6,97 | 7,60 | 0,71 | 10,7 |
| 2 | A 0–10 cm | 6,27 | 7,03 | 7,00 | 0,76 | 9,2 |
| | B 10–30 cm | 5,03 | 5,79 | 8,00 | 0,90 | 8,9 |
| 3 | A 0–10 cm | 5,39 | 5,80 | 24,70 | 2,31 | 10,7 |
| | B 10–30 cm | 5,86 | 6,35 | 19,90 | 2,06 | 9,7 |
| 4 | A 0–10 cm | 6,55 | 7,09 | 23,60 | 2,18 | 10,8 |
| | B 10–30 cm | 6,93 | 7,47 | 20,20 | 2,14 | 9,4 |
| 5 | A 0–10 cm | 5,43 | 6,08 | 17,90 | 2,95 | 6,1 |
| | B 10–30 cm | 5,93 | 6,53 | 19,60 | 2,60 | 7,5 |
| 6 | A 0–10 cm | 5,05 | 5,57 | 16,60 | 1,80 | 9,2 |
| | B 10–30 cm | 5,47 | 6,04 | 14,10 | 1,43 | 9,9 |
| 7 | A 0–10 cm | 7,05 | 7,57 | 9,60 | 0,87 | 11,0 |
| | B 10–30 cm | 7,62 | 7,87 | 9,70 | 0,79 | 12,3 |
| 8 | A 0–10 cm | 6,71 | 7,13 | 13,30 | 1,85 | 8,5 |
| | B 10–30 cm | 6,82 | 7,23 | 9,90 | 1,51 | 6,6 |
| 9 | A 0–10 cm | 7,06 | 7,57 | 10,90 | 1,69 | 8,2 |
| | B 10–30 cm | 7,44 | 7,75 | 9,90 | 1,45 | 6,8 |

Odczyn badanych gleb był zróżnicowany (tab. 1). Na podstawie wartości pH_{KCl} połowa próbek należała do utworów obojętnych (pH 6,6–7,2) lub zasadowych (pH > 7,2). Pozostałe próbki wykazywały odczyn lekko kwaśny bądź kwaśny.

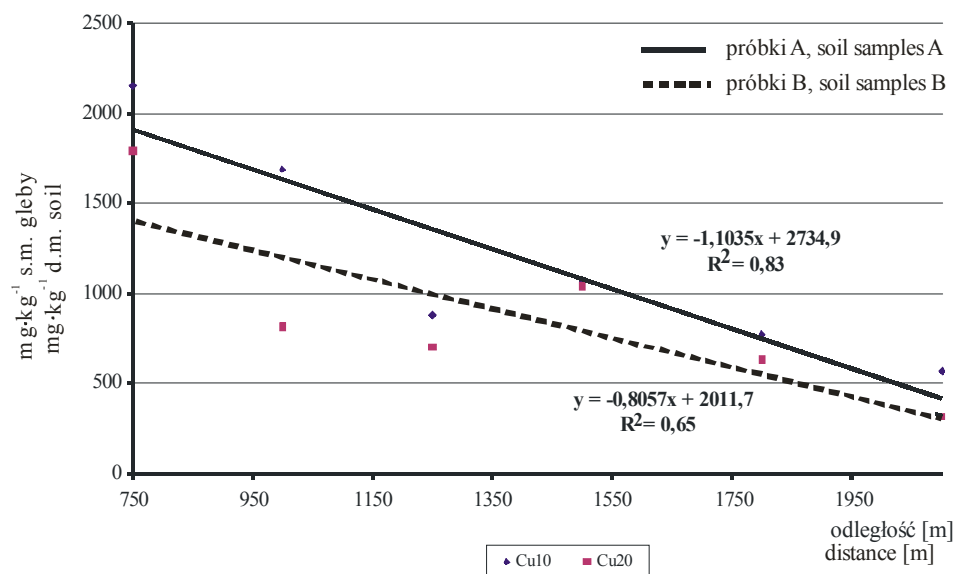
Całkowite ilości Cu i Pb we wszystkich próbkach należy uznać za wysokie (tab. 2), aczkolwiek wyraźnie zróżnicowane w zależności od odległości od źródła emisji (rys. 2 i 3). Największą akumulację tych pierwiastków stwierdzono w najbliższej odległości od huty. Wraz ze wzrostem dystansu od źródła zanieczyszczenia ilości miedzi i ołowiu malały zarówno w próbkach pobranych z głębokości 0–10 cm, jak i 10–30 cm. Potwierdziły to w pełni obliczone wartości regresji liniowej oraz determinacji (rys. 2 i 3). Z obliczeń tych wynika, że na badanym kierunku w próbkach pobranych z głębokości 0–10 cm ilości miedzi maleją z każdym metrem o około 1,10 mg · kg⁻¹ gleby, a nieco głębiej (10–30 cm) o 0,8 mg · kg⁻¹ gleby. W przypadku ołowiu na tym samym kierunku wartości te przedstawiają się odpowiednio: dla próbek 0–10 cm – 0,16 mg · kg⁻¹ i 10–30 cm – 0,18 mg · kg⁻¹ gleby.

Tabela 2
Table 2Wahania i wartości średnie Cu i Pb
Variations and mean values of Cu and Pb

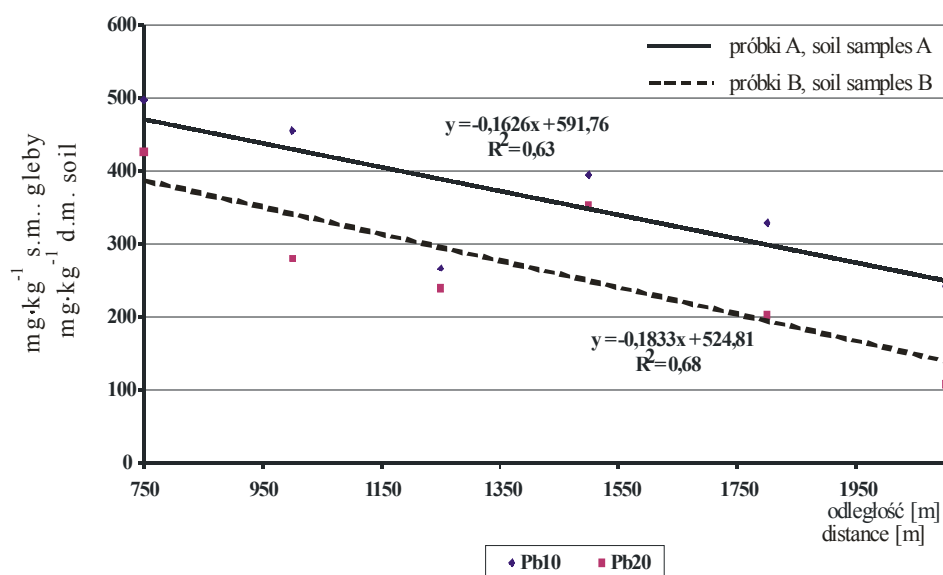
| Nr próbki (wschód) Sample No. (east) | Cu | Pb |
|---|---|----------------------------------|
| | mg · kg ⁻¹ s.m. gleby mg · kg ⁻¹ d.m. soil | |
| 1A – 6A | <u>564,99 – 2153,14</u> 1190,32 | <u>241,66 – 498,33</u> 364,16 |
| 1B – 6B | <u>317,33 – 1792,15</u> 884,13 | <u>107,50 – 425,00</u> 268,20 |

Wpływ wysokich zawartości analizowanych ksenobiotyków na liczebność różnych grup drobnoustrojów był silnie zróżnicowany (rys. 4–7). W literaturze spotyka się szereg opracowań [Badura, 1979; Wyszowska i Kucharski, 2003; Nowak i wsp., 2004], w których rozpatrywano interakcję metali ciężkich na wrażliwość drobnoustrojów w doświadczeniach wazonowych. Pozwalają one bardzo szczegółowo przeanalizować reakcje mikroorganizmów na rosnące dawki jednego lub kilku łatwo dostępnych form metali ciężkich w warunkach kontrolowanych. Wobec braku danych ciekawym wydawało się podjęcie wstępnych badań nad oceną liczebności bakterii, promieniowców oraz grzybów w wierzchnich poziomach gleb wykształconych w części strefy ochrony sanitarnej Huty Miedzi „Legnica”. Z zestawienia uzyskanych rezultatów (tab. 3) wynika, że wrażliwość drobnoustrojów na zróżnicowane ilości miedzi i ołowiu w czarnych ziemiach nie była jednoznaczna. Ogólna ilość bakterii w poziomach przypowierzchniowych (próbki A) generalnie była niska, aczkolwiek wahała się w bardzo szerokich granicach, przewyższając z reguły dość wyraźnie liczebność tych organizmów w poziomach nieco głębszych (próbki B). Potwierdzają to także średnie zawartości obliczone dla pobranego materiału glebowego (tab. 3). Nie stwierdzono natomiast korelacji pomiędzy liczebnością bakterii a zawartościami miedzi i ołowiu (tab. 4 i 5), pomimo że w wielu przypadkach w próbkach silniej zanieczyszczonych wspomnianymi metalami obserwowano większe namnażanie się bakterii. Podobne prawidłowości charakteryzowały stan liczebny *Azotobacter*. Wyraźnie większa liczebność tych bakterii była często spotykana w próbkach A (tab. 3). Wskazywałoby to na tendencję stymulującego niekiedy wpływu zarówno miedzi, jak i ołowiu na liczebność *Azotobacter*, pomimo iż zaobserwowane różnice nie zostały udowodnione statystycznie (tab. 4 i 5).

Liczebność promieniowców wykazywała również silne zróżnicowanie. Generalnie stwierdzono, że w glebach reprezentowanych przez próbki A ilość tych organizmów była w większości przypadków wyższa niżeli w materiale glebowym pobranym z głębokości 10–30 cm. Niemniej wyniki obliczeń statystycznych jednoznacznie wskazują, że promieniowce ujemnie reagowały na określone zawartości miedzi i ołowiu. Wyraźnie przejawiało się to zarówno w glebach z poziomów 0–10 cm, jak i 10–30 cm, w których liczebność tych mikroorganizmów była istotnie ujemnie skorelowana ze stężeniem miedzi oraz ołowiu (tab. 4 i 5).



Rys. 2. Zawartości miedzi w glebie w różnych odległościach od źródła emisji
 Fig. 2. Copper content in the soil at different distances from the emission source



Rys. 3. Zawartości ołowiu w glebie w różnych odległościach od źródła emisji
 Fig. 3. Lead content in the soil at different distances from the emission source

Tabela 3
Table 3Wahania i wartości średnie liczebności drobnoustrojów
Variations and mean count values of microorganisms

| Nr próbki (wschód) Sample No. (east) | Ogólna ilość bakterii Total bacterial count | <i>Azotobacter</i> | Promieniowce Actinomycetes | Grzyby Fungi |
|---|---|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| | $\text{jtk} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m. gleby} \cdot 10^3$ $\text{cfu} \cdot \text{g}^{-1} \text{ d.m. soil} \cdot 10^3$ | | | |
| 1A – 6A | <u>4204,15 – 14478,13</u> 9036,92 | <u>0,0 – 37,04</u> 8,17 | <u>108,11 – 3503,37</u> 962,27 | <u>4,50 – 80,71</u> 36,61 |
| 1B – 6B | <u>1250,33 – 9583,49</u> 5123,41 | <u>0,30 – 10,50</u> 3,15 | <u>70,14 – 667,43</u> 345,60 | <u>4,13 – 28,81</u> 16,00 |

Tabela 4
Table 4Współczynniki korelacji (próbki A – kierunek wschodni)
Correlation coefficients (A samples – east direction)

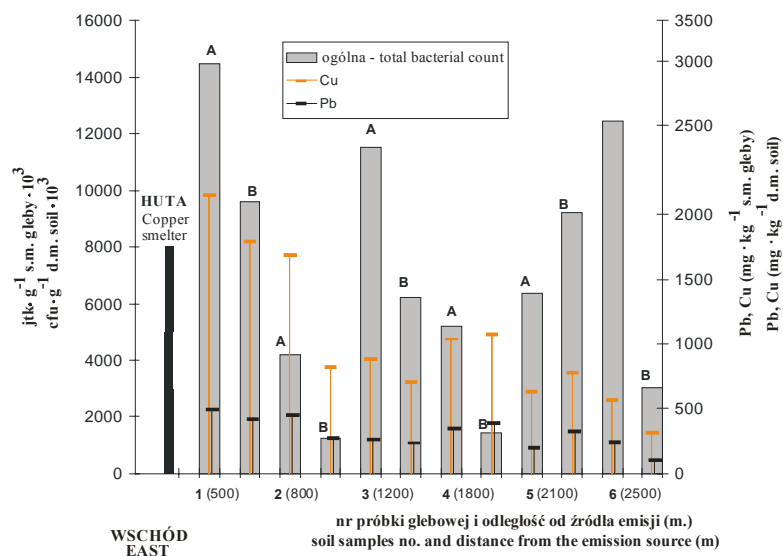
| | Cu | Pb | C | B | Az | Pr |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Pb | 0,93 | – | | | | |
| C | –0,72 | –0,67 | | | | |
| B | 0,11 | –0,18 | 0,01 | | | |
| Az | –0,18 | 0,09 | –0,50 | –0,49 | | |
| Pr | –0,64 | –0,73 | 0,18 | 0,42 | –0,24 | |
| G | –0,64 | –0,87 | 0,50 | 0,59 | –0,41 | 0,73 |

Objaśnienia: Cu – miedź, Pb – ołów, C – węgiel, B – bakterie, Az – *Azotobacter*, Pr – promieniowce
 Commentary: Cu – copper, Pb – lead, C – organic carbon, B – bakteria, Az – *Azotobacter*, Pr – *Actinomycetes*

Tabela 5
Table 5Współczynnik korelacji (próbki B – kierunek wschodni)
Correlation coefficients (B samples – east direction)

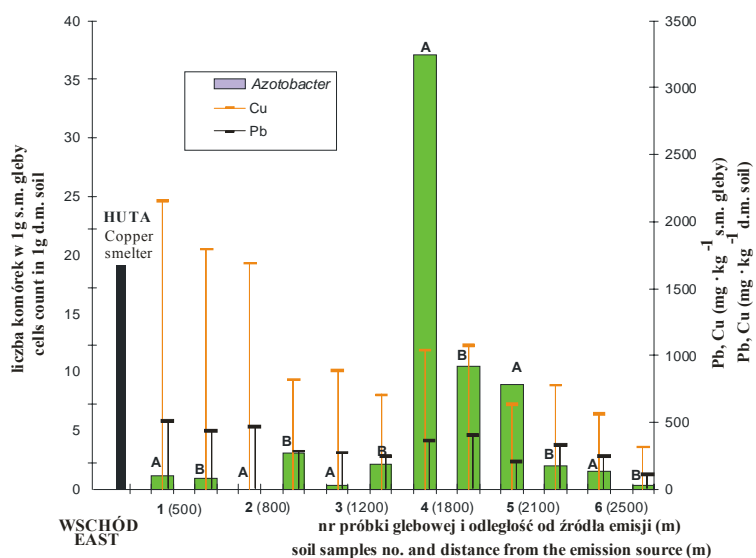
| | Cu | Pb | C | B | Az | Pr |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Pb | 0,95 | | | | | |
| C | –0,47 | –0,33 | | | | |
| B | 0,39 | 0,18 | 0,03 | | | |
| Az | 0,12 | 0,40 | 0,42 | –0,52 | | |
| Pr | –0,71 | –0,78 | 0,68 | 0,26 | –0,24 | |
| G | 0,24 | –0,05 | –0,54 | 0,40 | –0,75 | –0,05 |

Objaśnienia: Cu – miedź, Pb – ołów, C – węgiel, B – bakterie, Az – *Azotobacter*, Pr – promieniowce
 Commentary: Cu – copper, Pb – lead, C – organic carbon, B – bakteria, Az – *Azotobacter*, Pr – *Actinomycetes*



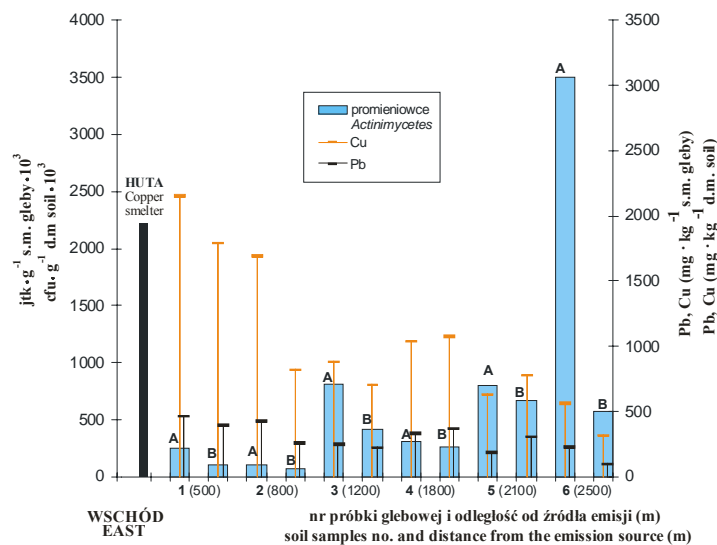
A – próbki glebowe z głębokości 0–10 cm, soil samples from depth 0–10 cm
 B – próbki glebowe z głębokości 10–30 cm, soil samples from depth 10–30 cm

Rys. 4. Ogólna liczba bakterii oraz zawartość ołowiu (Pb) i miedzi (Cu) w próbkach glebowych
 Fig. 4. Total bacterial count and content of copper (Cu) and lead (Pb) in soil samples



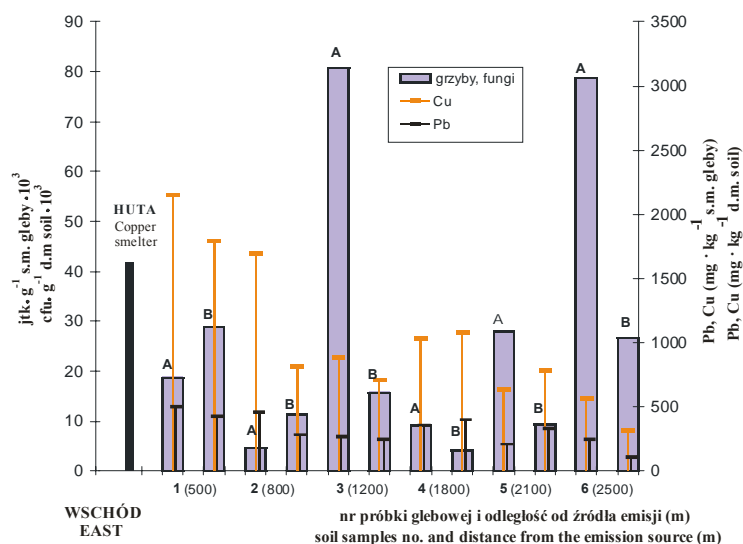
A – próbki glebowe z głębokości 0–10 cm, soil samples from depth 0–10 cm
 B – próbki glebowe z głębokości 10–30 cm, soil samples from depth 10–30 cm

Rys. 5. Liczebność *Azotobacter* oraz zawartość ołowiu (Pb) i miedzi (Cu) w próbkach glebowych
 Fig. 5. *Azotobacter* count and content of copper (Cu) and lead (Pb) in soil samples



A – próbki glebowe z głębokości 0–10 cm, soil samples from depth 0–10 cm
 B – próbki glebowe z głębokości 10–30 cm, soil samples from depth 10–30 cm

Rys. 6. Liczebność promieniowców oraz zawartość ołowiu (Pb) i miedzi (Cu) w próbkach glebowych
 Fig. 6. Actinomycetes count and content of lead (Pb) and copper (Cu) in soil samples



A – próbki glebowe z głębokości 0–10 cm, soil samples from depth 0–10 cm
 B – próbki glebowe z głębokości 10–30 cm, soil samples from depth 10–30 cm

Rys. 7. Liczebność grzybów oraz zawartość ołowiu (Pb) i miedzi (Cu) w próbkach glebowych
 Fig. 7. Fungi count and content of lead (Pb) and copper (Cu) in soil samples

Ostatnią analizowaną grupę drobnoustrojów stanowiły grzyby. Ich liczebność była również niewielka, jednak dość silnie zróżnicowana w analizowanych glebach. Zaobserwowano, że w większości przypadków więcej grzybów występowało w materiale glebowym wykazującym większe stężenie jonów wodorowych, czyli niższe pH. Potwierdziły to także współczynniki korelacji pomiędzy ilością grzybów a wartościami pH_{KCl} ($r = -0,78$). Statystycznie udowodniono, że grzyby namnażały się słabiej wraz ze wzrostem Cu i Pb w próbkach glebowych pobranych z głębokości 0–10 cm. Prawdopodobnie tej nie stwierdzono w materiale glebowym nieco niżej usytuowanym (tab. 4 i 5).

Na podstawie przeprowadzonych, wstępnych badań trudno sformułować jednoznaczne wnioski nad wrażliwością podstawowych drobnoustrojów zasiedlających glebę na wysokie stężenia miedzi i ołowiu ogółem w warunkach naturalnych (polowych). W wielu przypadkach odbiegają one od prawidłowości obserwowanych w badaniach ściśle laboratoryjnych, w których dodawano wspomniane metale w formach łatwo rozpuszczalnych. Wyszowska i Kucharski [2003] w doświadczeniach wazonowych stwierdzili bowiem, że wysokie dawki metali ciężkich powodowały zachwianie równowagi biologicznej gleb, przy czym najbardziej wrażliwe były bakterie, nieco mniej promieniowce, a najmniej grzyby. Badania Michalcewicz i Światły [2003] przeprowadzone również w warunkach ściśle kontrolowanych wykazały zróżnicowany wpływ miedzi i ołowiu na wzrost grzybów saprofitycznych. Negatywnie na rozwój badanych drobnoustrojów wpływały wzrastające dawki miedzi. Natomiast sole ołowiu na niektóre gatunki grzybów działały stymulująco, a na inne hamująco. Świadczy to, że toksyczność metali ciężkich na namnażanie się grzybów zależy od rodzaju metalu, stężenia jego soli oraz gatunku grzyba. Autorzy ci stwierdzili także, że równoczesne działanie miedzi i ołowiu znacznie wyraźniej ograniczało wzrost i rozwój grzybów aniżeli każdego metalu z osobna. Różnorodność reakcji drobnoustrojów na metale ciężkie potwierdzają również inni badacze [Badura i wsp., 1979; Badura, 1998; Babich i wsp., 1982; Barabasz i wsp., 1998a; Kabata-Pendias i Pendias, 1993; Kucharski i Wyszowska, 1998; Szember i wsp., 2001]. Chmielowski i Kłapcińska [1984] zróżnicowaną odporność mikroorganizmów na toksyczne oddziaływanie różnych ksenobiotyków tłumaczą właściwościami fizjologicznymi, powodującymi odmienne zdolności adaptacyjne do niekorzystnych stężeń metali ciężkich w glebie.

PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych badań dotyczące poznania wpływu całkowitych zawartości miedzi i ołowiu w glebach na liczebność podstawowych grup mikroorganizmów tam bytujących nie potwierdzają w pełni rezultatów podobnych analiz przeprowadzonych w ściśle kontrolowanych doświadczeniach wazonowych. W glebach naturalnie występujących w terenie zależności pomiędzy koncentracją metali ciężkich a liczebnością poszczególnych grup drobnoustrojów są bardziej złożone i trudniejsze do oceny. Mechanizmy reakcji drobnoustrojów na metale ciężkie nie do końca są poznane i zróżnicowane. Według Kaszkowiak [2004] niektóre bakterie potrafią rozwijać mechanizm tolerancji na wysokie stężenia metalu w podłożu, polegający na zmianie właściwości błony komórkowej zwiększającej zdolności sorpcyjne w stosunku do niego. Należy

sądzić, że o ich toksyczności mniej decydują całkowite ilości metali ciężkich, a bardziej zawartości ich form łatwo rozpuszczalnych oraz zróżnicowane warunki glebowe, modyfikowane głównie zawartością materii organicznej, odczynem, stosunkami powietrzno-wodnymi oraz pokrywą roślinną. Zapoczątkowane badania są dalej kontynuowane w celu weryfikacji zaprezentowanych powyżej wyników. W dalszych etapach określone zostaną również ilości łatwo dostępnych frakcji miedzi i ołowiu – metodą ekstrakcji sekwencyjnej (specjacji). Formy te hipotetycznie powinny być znacznie lepszym parametrem - aniżeli ilości całkowite – do oceny wpływu metali ciężkich na liczebność mikroorganizmów i aktywność enzymatyczną gleb w naturalnych bądź antropogenicznie przekształconych ekosystemach.

PIŚMIENICTWO

- Babich H., Stotzky G., Schiffenbauer M.: 1982. Comparative toxicity of trivalent and hexavalent chromium to fungi. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 28, 452–459.
- Badura L.: 1984. Rozważania nad stopniem zanieczyszczenia środowiska emisjami przemysłowymi I wynikającymi z tego implikacjami ekologicznymi. *Post. Mikrobiologii* 13 (2), 31–62.
- Badura L.: 1998. Czy znamy wszystkie uwarunkowania toksycznego oddziaływania metali ciężkich na bakterie. *Mat. konf. nauk. „Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby”*, Poznań, 4–6 IX, 58–66.
- Badura L., Górska B., Ulfóg K.: 1979. Oddziaływanie soli cynku i miedzi na drobnoustroje gleby. Cz. I. Reakcje grzybów. *Prace naukowe, Uniwersytet Śląski, Acta Biologica T. 7*, Katowice, 89–99.
- Badura L., Piotrowska-Seget.: 2000. Heavy metals In the environment and their impact on soil microorganisms. *Chem. Inż. Ekol.* 7 (11): 1135–1142.
- Badura L., Rusecka J., Smyłła A.: 1979. Oddziaływanie soli cynku i miedzi na drobnoustroje gleby. Cz. II. Reakcje promieniowców z rodzaju *Streptomyces*. *Prace naukowe, Uniwersytet Śląski, Acta Biologica T. 7*, Katowice, 100–104.
- Barabasz W., Chmiel M. J., Galus A., Paśmionka I.: 1998. Ekotoksykologia chromu. *Chem. Inż. Ekol.*, 5 (8-9), 665–674.
- Bolewski A., Parachoniak W.: 1974. *Petrografia*. Wyd. Geologiczne. Warszawa, s. 446.
- Chmielowski J., Kłapcińska B.: 1984. Mechanizmy pobierania metali przez drobnoustroje. *Postępy Mikrob.* 22 (2), 68–89.
- IUNG.: 1990. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Puławy, s. 26.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.: 1979. *Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym*. Wyd. Geologiczne, Warszawa, s. 300.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.: 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa, s. 364.
- Kaszkowiak I.: 2003. *Obieg pierwiastków w przyrodzie*. Monografia. Tom II. Instytut Ochrony Środowiska, s.407–412.
- Kucharski J., Wyszowska J.: 1998. Wpływ miedzi na właściwości biologiczne gleby. *Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby*, Poznań, 173–177.
- Michalcewicz W., Świątły E.: 2003. Wpływ jonów miedzi oraz ołowiu na wzrost i rozwój wybranych grzybów glebowych. *Zesz. Prob. Nauk Rol.*, z. 492, 197–204;

- Mocek A.: 1989. Możliwości racjonalnego zagospodarowania gleb chemicznie skażonych w przemysłowych strefach ochrony sanitarnej. Roczn. AR, Poznań, Rozprawy Naukowe, z. 185, s. 98.
- Mocek A., Drzymała S., Maszner P.: 2000. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. AR, Poznań, s. 416.
- Nowak A., Szopa E., Błaszak M.: 2004. Wpływ metali ciężkich (Cd, Cu, Pb, Hg) na ilość biomasy żywych mikroorganizmów w glebie. Acta Agraria Et Silvestria, Vol. XLII, 335–339;
- PN-R-04033.: 1998. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. PKN, Warszawa.
- PTG.: 1989. Systematyka gleb Polski. Roczn. Gleb. T. XL, PWN, Warszawa, s. 150.
- Szember A.: 2001. Zarys mikrobiologii rolniczej. Wyd. AR, Lublin, s. 215.
- Wyszkowska J., Kucharski J.: 2003. Liczebność drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., z. 492, 427–433.

EFFECT OF COPPER AND LEAD ON THE NUMBER OF MICROORGANISMS IN THE SOILS IN THE NEIGHBOURHOOD OF THE „LEGNICA” COPPER SMELTER

S u m m a r y

The study presents the correlations between the content of Cu and Pb and the numbers of the most important groups of microorganisms. Experiments were carried out in soil samples collected from surface layers of black and grey-brown podzolic soils. Test points were situated in two transects at different distances from the “Legnica” Copper Smelter. The analysed soils exhibited uniform soil texture, SiL and slightly more diverse reaction and content of organic matter. A distinct decline in the content of the analysed metals was recorded with the increase of the distance from the emission source. In addition, increases of fungus and actinomycete numbers were recorded in test points more distant from the smelter (1500–2500 m). This regularity was not observed in the case of the total bacterial counts and counts of bacteria from the *Azotobacter* genus.

KEY WORDS: soil, heavy metals, mikroorganisms

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Andrzej Nowak, Magdalena Błaszak

**MIKROFLORA ODPADÓW PALENISKOWYCH
ZAGOSPODAROWANYCH NA CELE REKULTYWACJI
TERENÓW ZDEGRADOWANYCH.
CZĘŚĆ I. BAKTERIE, GRZYBY, PROMIENIOWCE**

**MICROFLORA OF FURNACE WASTE ADAPTED
FOR RECLAMATION PURPOSES OF DEGRADED LAND.
PART I. BACTERIA, FUNGI AND ACTINOMYCETES**

*Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska, Akademia Rolnicza w Szczecinie
Department of Microbiology and Environmental Biotechnology, Agriculture University of Szczecin*

Celem doświadczenia była ilościowa charakterystyka mikrobiologiczna (liczebność bakterii, promieniowców i grzybów) różnie zaprojektowanych nadkładów (popiołu z różnymi organicznymi komponentami) i ustalenie kierunku ewentualnych zmian ilościowych w sztucznie stworzonym biotopie. Obiekty badawcze znajdowały się na terenie Zespołu Elektrowni Dolna Odra S.A. Popiół z elektrowni wykorzystano do skonstruowania pięciu rodzajów nadkładów i jednego rodzaju podkładu. Nadkład o miąższości 40 cm sporządzano poprzez wymieszanie popiołu z odpadami różnego pochodzenia: kompost produkowany metodą GWDA; przefermentowany osad ściekowy; kora z drzew iglastych; torf niski; piasek luźny. Tak skonstruowane nadkłady po dokładnym wymieszaniu komponentów umieszczono na warstwie samego popiołu o miąższości 40 cm. Próby zbiorcze pobierano z każdego obiektu z powierzchniowej warstwy o miąższości 10 cm. Analizy wykonywano w następujących terminach: I termin: wiosna 2003, II termin: wiosna 2004 i III termin: wiosna 2005.

W badanym materiale określano liczebność bakterii, promieniowców i grzybów. Analizy wykonywano stosując metodę posiewu na odpowiednich dla każdej grupy mikroorganizmów stałych podłożach selektywnych. Po wzbogaceniu popiołów w organiczne komponenty nastąpiło wielokrotne zwiększenie liczebności mikroorganizmów. Rodzaj komponentów wchodzących w skład nadkładów oraz terminy analiz wpływały statystycznie istotnie na kształtowanie wartości badanych parametrów. Nie stwierdzono jednoznacznie, który z nadkładów stanowił najdogodniejsze siedlisko dla mikroorganizmów, ponieważ poziom liczebności ulegał znacznym fluktuacjom w czasie. Stwierdzono jednoznacznie, że najmniej mikroorganizmów zasiedlało sam popiół, natomiast okresowo najliczniej występowały one w popiele z dodatkiem kompostu, kory i piasku (nadkład II), dodatkowo bakterie w popiele z osadem ściekowym (VI), a grzyby i promieniowce w popiele wzbogaconym w torf niski (nadkład I). Nadkład IV (piasek, kompost, popiół, osad ściekowy) charakteryzował się wyjątkową stabilnością w wysokiej ilości mikroorganizmów (pomijając termin II doświadczenia).

SŁOWA KLUCZOWE: bakterie, promieniowce, grzyby, liczebność, popioły, rekultywacja

WSTĘP

Popioły są produktami ubocznymi przemysłu elektrociepłowniczego. Powszechne jest długoterminowe gromadzenie tego typu odpadów w obrębie elektrowni, co prowadzi do powstania hałd kłopotliwego odpadu. Dobrym rozwiązaniem wydaje się zagospodarowanie popiołów, ponieważ oprócz pozbycia się ich z terenów przyzakładowych, mogą dodatkowo służyć innym celom [Goss, 2003; Sakai i Hara, 2003]. Same popioły ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne, np. bardzo wysokie pH, brak materii organicznej nie są jednak dogodnym środowiskiem dla rozwoju organizmów [Gilewska, 2003]. W prezentowanym doświadczeniu sporządzono tzw. nadkłady. Ze względu na małą aktywność biologiczną popiołu wzbogacono go w różnego typu odpadowe surowce organiczne, które jednocześnie były źródłem mikroflory, czyli czynnika glebotwórczego [Siuta, 1996].

Celem doświadczenia była charakterystyka mikrobiologiczna różnie zaprojektowanych nadkładów i ustalenie kierunku ewentualnych zmian ilościowych w mikrobiocenozie sztucznie stworzonego podłoża.

METODYKA

Obiekty badawcze (każdy po kilkadziesiąt m²) znajdowały się na terenie Zespołu Elektrowni Dolna Odra S.A. Popiół z elektrowni wykorzystano do skonstruowania pięciu rodzajów nadkładów i jednego rodzaju podkładu. Nadkład to wierzchnia warstwa popiołu o miąższości 40 cm, do której wprowadzano odpady różnego pochodzenia: kompost produkowany metodą GWDA [Krzywy, 1999]; przefermentowany osad ściekowy (70% osadu, 15% słomy, 15% odpadów zieleni miejskiej); kora z drzew iglastych [Wolski, Gliński, 1996]; torf niski; piasek luźny (tab. 1). Tak skonstruowane nadkłady po dokładnym wymieszaniu komponentów umieszczono na warstwie samego popiołu (podkład o miąższości 40 cm). Próby zbiorcze (z kilku miejsc poletka) pobierano z każdego obiektu (z powierzchniowej warstwy o miąższości 10 cm), analizy mikrobiologiczne wykonywano w trzech powtórzeniach.

Doświadczenie trwało 3 lata (od 2002 do 2005 roku) a analizy wykonywano w każdym roku w następujących terminach: I termin: wiosna 2003, II termin: wiosna 2004 i III termin: wiosna 2005.

W badanym materiale określano liczebność jednostek tworzących kolonie (j.t.k.) bakterii, promieniowców i grzybów. Analizy wykonywano stosując metodę posiewu rozcieńczeń glebowych na odpowiednich dla każdej grupy mikroorganizmów stałych podłożach selektywnych. Liczebność j.t.k. bakterii oznaczano na podłożu Bunta-Roviry [1955], liczebność promieniowców na podłożu Cyganowa [1964], a grzybów na podłożu Martina [1950]. Hodowle inkubowano w temperaturze pokojowej (20 °C), odpowiednio przez: 7 (promieniowce i grzyby) i 3 (bakterie) doby.

Otrzymane wyniki po transformacji poddano analizie wariancji, test Duncana zastosowano w celu ustalenia istotności różnic między ilością mikroorganizmów w poszczególnych obiektach i terminach (przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$).

Tabela 1
Table 1Skład nadkładów użytych w doświadczeniu
Composition of top layers studied in the experiment

| Udział poszczególnych komponentów w wariantach nadkładów Contribution of specific components in optional top layers | | | | | |
|--|---|----------------------------|--|--|--------------------------|
| popiół ash | kora z drzew iglastych coniferous trees bark | piasek luźny loose sand | kompost produkowa- ny metodą GWDA compost produced with GWDA method | przefermento- wany osad ściekowy fermented sludge composed | torf niski lower peat |
| Nadkład I – Top layer I | | | | | |
| 75% | – | – | – | – | 25% |
| Nadkład II Top layer II | | | | | |
| 50% | 12,5% | 12,5% | 25% | – | – |
| Nadkład IV – Top layer IV | | | | | |
| 12,5% | – | 12,5% | 25% | 50% | – |
| Nadkład VI – Top layer VI | | | | | |
| 50% | – | – | – | 50% | – |
| Nadkład 0 – Top layer 0 | | | | | |
| 100% | – | – | – | – | – |

WYNIKI I DYSKUSJA

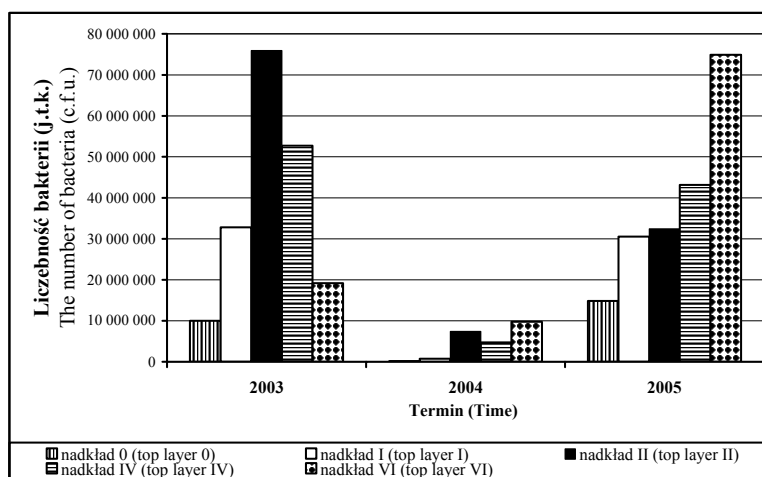
Różnice w ilości jednostek tworzących kolonie (j.t.k.) mikroorganizmów w poszczególnych obiektach i terminach były statystycznie istotne. Na ogół w każdym nadkładzie ilość mikroorganizmów była odmienna, jedynie w terminie III między liczebnością j.t.k. bakterii w nadkładzie I i II oraz liczebnością j.t.k. grzybów w nadkładzie I i VI nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. Uśrednione wyniki doświadczenia przedstawiono graficznie w postaci rycin: 1–3.

Sam popiół charakteryzował się najmniejszą zawartością mikroorganizmów zarówno bakterii, grzybów, jak i promieniowców, zazwyczaj było ich mniej o kilka (2–6) rzędów wielkości niż w pozostałych nadkładach. Niska zawartość mikroorganizmów w samym popiele jest związana z niekorzystnymi warunkami tego siedliska dla mikroorganizmów i roślin [Gilewska, 2003]. Dodatek wszystkich materiałów organicznych do popiołu, spowodował zwiększenie zawartości mikroorganizmów, co zinterpretowano jako zjawisko korzystne ze względu na pośrednie glebotwórcze właściwości bakterii i grzybów [Wolna-Maruwka i Sawicka, 2002]. Jednocześnie intensywny wzrost liczebności mikroorganizmów stwarzał potencjalnie zagrożenie pojawienia się w nadkładach mikroorganizmów chorobotwórczych [Thi Bich Loc, Pionek, 2000; Krzywy, 1999; Mizera, 2002]. Poszczególne grupy systematyczne mikroorganizmów w sposób zróżnicowany pod względem ilościowym zasiedlały badany materiał, w zależności od wariantu nadkładu i terminu badania. Podobnie w innych badaniach [Thi Bich Loc, 2000] ilość mikroorganizmów w surowym i kompostowanym osadzie ściekowym podlegała znacznym wahaniom pod wpływem zróżnicowanych warunków klimatycznych. W drugim

roku po założeniu doświadczenia (II termin) stwierdzono znaczne obniżenie ilości mikroorganizmów ze wszystkich badanych grup systematycznych (o jeden, dwa rzędy wielkości), co najprawdopodobniej miało związek z dominującym wpływem niekorzystnych warunków środowiskowych (susza) na badane parametry [Strzelec, 1986].

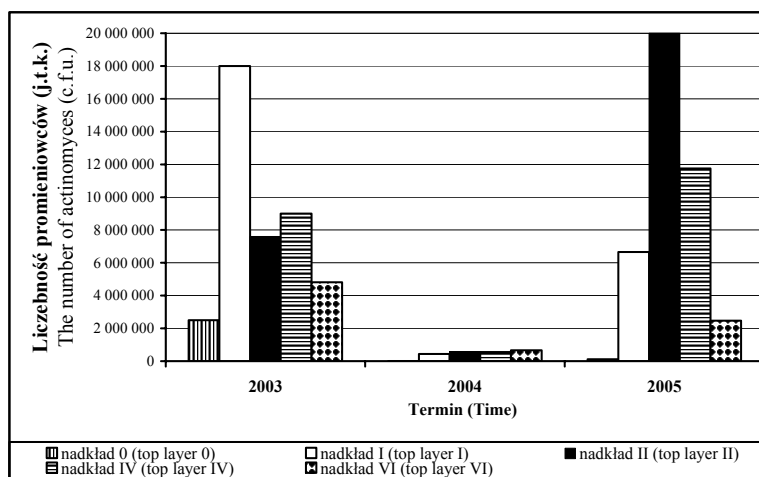
Dodatek do popiołu torfu niskiego w ilości 25% (nadkład I) przyczynił się do zwiększenia ilości j.t.k. mikroorganizmów wszystkich badanych grup, co prawdopodobnie było związane z dostarczeniem składników pokarmowych w postaci częściowo rozłożonej materii organicznej oraz poprawą właściwości fizykochemicznych (np. obniżeniem pH). W pierwszym terminie – grzybów było szesnastokrotnie więcej niż w samym popiele, promieniowców dziewięciokrotnie, a bakterii trzykrotnie. W następnym terminie doświadczenia ilość j.t.k. mikroorganizmów w nadkładzie I była w większości przypadków mniejsza niż w innych wariantach, choć jednocześnie było ich wielokrotnie więcej niż w samym popiele. Podobnie w ostatnim terminie (III): w porównaniu do innych wariantów nadkładów obiekt I nie odznaczał się wysoką zawartością mikroorganizmów, ale rozpatrując ich liczebność indywidualnie (w oderwaniu od pozostałych obiektów) w nadkładzie I było ich dużo (od ok. $25 \cdot 10^3$ grzybów do $30 \cdot 10^6$ bakterii).

Największą liczbę j.t.k. mikroorganizmów w całym doświadczeniu (bakterie – ok. $76 \cdot 10^6$) stwierdzono w pierwszym terminie badania w nadkładzie II sporządzonym z popiołu (50%), kompostu (25%), kory i piasku (po 12,5%). Wysokie ilości j.t.k. mikroorganizmów w nadkładzie II stwierdzono także odnośnie grzybów (termin II: ok. $50 \cdot 10^3$ i termin III ok. $300 \cdot 10^3$) oraz promieniowców: było ich ok. $20 \cdot 10^6$. (termin III).



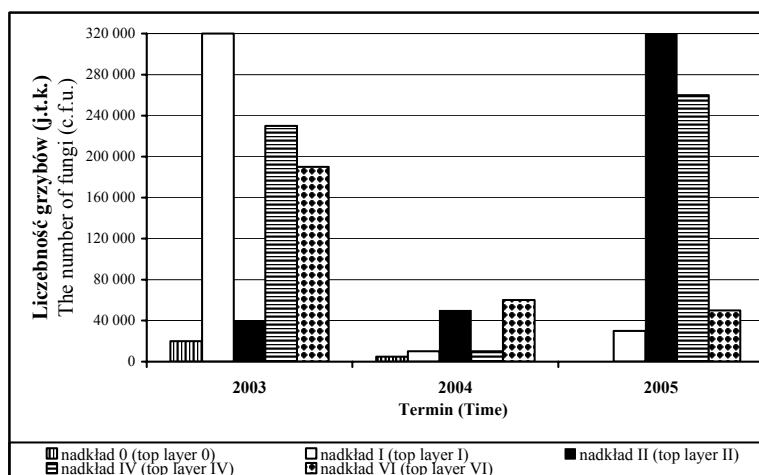
Ryc. 1. Liczebność j.t.k. bakterii w 1 g nadkładu. Nadkłady: 0 – popiół 100%; I – popiół 75%, torf 25%; II – popiół 50%, kora 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%; IV – popiół 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%, osad ściekowy 50%; VI – popiół 50%, osad ściekowy 50%

Fig. 1. The number of bacteria (c.f.u.) in 1 g top layer. The top layers options: 0 – ash 100%; I – ash 75%, peat 25%; II – ash 50%, coniferous 12,5%, sand 12,5%, compost 25%; IV – ash 12,5%, sand 12,5%, compost 25%, sludge composed 50%; VI – ash 50%, sludge composed 50%



Ryc. 2. Liczebność j.t.k. grzybów w 1 g nadkładu. Nadkłady: 0 – popiół 100%; I – popiół 75%, torf 25%; II – popiół 50%, kora 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%; IV – popiół 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%, osad ściekowy 50%; VI – popiół 50%, osad ściekowy 50%

Fig. 2. The number of fungi (c.f.u.) in 1 g top layer. The top layers options: 0 – ash 100%; I – ash 75%, peat 25%; II – ash 50%, coniferous 12,5%, sand 12,5%, compost 25%; IV – ash 12,5%, sand 12,5%, compost 25%, sludge composed 50%; VI – ash 50%, sludge composed 50%



Ryc. 3. Liczebność j.t.k. promieniowców w 1 g nadkładu. Nadkłady: 0 – popiół 100%; I – popiół 75%, torf 25%; II – popiół 50%, kora 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%; IV – popiół 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%, osad ściekowy 50%; VI – popiół 50%, osad ściekowy 50%

Fig. 3. The number of actinomyces (c.f.u.) in 1 g top layer. The top layers options: 0 – ash 100%; I – ash 75%, peat 25%; II – ash 50%, coniferous 12,5%, sand 12,5%, compost 25%; IV – ash 12,5%, sand 12,5%, compost 25%, sludge composed 50%; VI – ash 50%, sludge composed 50%

Najmniejszy udział popiołu w nadkładzie dotyczył obiektu IV, gdzie wspomniany komponent tak samo jak piasek stanowił 12,5%, kompost 25% i osad ściekowy 50%. Pomijając termin drugi, gdzie jak wspomniano ilości mikroorganizmów wszystkich grup systematycznych uległy redukcji, liczebność drobnoustrojów w nadkładzie IV była dość stabilna. Liczebność j.t.k. bakterii kształtowała się w granicach od ok. $45 \cdot 10^6$ (III termin) do ok. $50 \cdot 10^6$ (I termin), grzybów od $220 \cdot 10^3$ (I) do ok. $250 \cdot 10^3$ (III), a promieniowców od $9 \cdot 10^6$ (I) do $12 \cdot 10^6$ (III). W porównaniu do innych nadkładów były to wysokie wartości, choć nigdy nie najwyższe (o 30–50% niższe od największej liczebności w innych obiektach).

Popiół w połączeniu z osadem ściekowym w proporcji 1:1 (nadkład VI) okazał się dogodnym siedliskiem dla bakterii, ponieważ właśnie w tym obiekcie zarówno w terminie II, jak i III było ich najwięcej (ok. $75 \cdot 10^6$ komórek). Pozostałe grupy mikroorganizmów w mniejszej ilości występowały w popiele wymieszanym z osadem ściekowym, ilość j.t.k. grzybów początkowo sięgała prawie $200 \cdot 10^3$, by w dalszych terminach analiz wykazać spadek zawartości do ok. $60 \cdot 10^3$. Promieniowce podobnie, w stosunkowo niewielkiej ilości (w porównaniu do wyników liczebności w pozostałych obiektach) zasiedlały badany nadkład, było ich od $500 \cdot 10^3$ (II termin) do ok. $5 \cdot 10^6$ komórek (I termin).

Osad ściekowy oprócz dużego ładunku materii organicznej wprowadza do środowiska także metale ciężkie [Krzywy, 1999; Johansson i wsp., 1999], co mogło być powodem niespodziewanie mniejszych liczebności j.t.k. grzybów i promieniowców, a w I terminie również bakterii w nadkładzie VI. Nadkład IV, mimo że zawierał osad ściekowy w tej samej ilości co nadkład VI, charakteryzował się wyższą i stabilną zawartością mikroorganizmów. Różnica ta mogła być spowodowana obecnością w obiekcie IV dodatkowych, oprócz osadu i popiołu komponentów: kompostu, kory, i piasku, które jednocześnie urozmaicały warunki siedliskowe dla mikroorganizmów i silniej wiązały metale ciężkie niż sam osad ściekowy [Krzywy i wsp., 2000; Urbaniak, 1997]. Ogólnie można stwierdzić, że osady ściekowe, tak jak i inne materiały pochodzenia organicznego wzbogacają glebę w mikroorganizmy. W badaniach Wolnej-Murawskiej i Sawickiej [2002] osady ściekowe wprowadzone do gleb miały stymulujący wpływ na ogólną liczebność j.t.k. bakterii i grzybów glebowych. Podobny wpływ na mikroflorę glebową zaobserwowano w wielu innych badaniach, np. Wyszkwowskiej i wsp. [2002], Gostkowskiej i wsp. [1997].

WNIOSKI

1. Po wzbogaceniu popiołów w organiczne komponenty nastąpiło wielokrotne (o 2–6 rzędy wielkości) zwiększenie liczebności j.t.k. mikroorganizmów. Rodzaj komponentów wchodzących w skład nadkładów oraz terminy analiz wpływały statystycznie istotnie na kształtowanie wartości badanych parametrów.

2. Nie stwierdzono jednoznacznie, który z nadkładów stanowił najdogodniejsze siedlisko dla mikroorganizmów, ponieważ poziom liczebności j.t.k. ulegał znacznym fluktuacjom w czasie.

3. Stwierdzono jednoznacznie, że najmniej mikroorganizmów zasiedlało sam popiół, natomiast okresowo najliczniej występowały one w popiele z dodatkiem kompostu, kory i piasku (nadkład II), dodatkowo bakterie w popiele z osadem ściekowym (VI), a grzyby i promieniowce w popiele wzbogaconym w torf niski (nadkład I). Nadkład IV (piasek, kompost, popiół, osad ściekowy) charakteryzował się wyjątkową stabilnością w wysokiej ilości mikroorganizmów (pomijając termin II doświadczenia).

PIŚMIENNICTWO

- Bunt J. S., Rovira A. D.: 1955. Microbiological studies of some subantarctic soils. *J. Soil Sci.*, 6 (1), 119–128.
- Cyganow V., A., Zukov R., A.: 1964. Morfologobiochemiczne osobennosti novovo vida actinomyceta. *Mikrobiologija*, 33 (5), 863–869.
- Gilewska M.: 2003. Rekultywacja biologiczna gruntów składowisk popiołowych ZE PAK S.A. *Mat. X Jubileuszowej Międzynarodowej Konf: Popioły z energetyki*. Myszkowska A. i Szczygielski T. [Red.]. Wyd. B i G sp. z o.o. Szczecin, 331–342.
- Goss D.: 2003. Produkty spalania węgla w Stanach Zjednoczonych: szanse i wyzwania. *Rekultywacja biologiczna gruntów składowisk popiołowych ZE PAK S.A. Mat. X Jubileuszowej Międzynarodowej Konf: Popioły z energetyki*. Myszkowska A. i Szczygielski T. [Red.]. Wyd. B i G sp. z o.o. Szczecin, 9–30.
- Gostkowska K., Szwed A., Furczak J., Iglík H.: 1997. Zmiany ilościowe i jakościowe organizmów w glebie użytkowanej sadowniczo wzbogaconej odpadami organicznymi. [W:] *Drobnoustroje w środowisku*. Barabasz W. [Red.], Wyd. Kat. Mikrobiologii AR w Krakowie, 181–194.
- Johansson M., Stenberg B., Torstensson L.: 1999. Microbiological and chemical changes in two arable soils after long-term sludge amendments. *Biol Fertil Soils* 30: 160–167.
- Krzywy E., 1999. *Przyrodnicze zagospodarowanie ścieków i osadów*. Wydaw. AR, Szczecin, s. 145.
- Krzywy E., Wołoszyk Cz., Izewska A.: 2002. Produkcja i rolnicze wykorzystanie kompostów z osadu ściekowego z dodatkiem różnych komponentów, *Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej. Oddział Szczeciński*, s. 39.
- Martin J. P.: 1950. Use of acid rose bengale and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci.*, 6, 215–233.
- Mizera A.: 2002. *Osady ściekowe – odpadem (nie)bezpiecznym*, Mizera A. [Red.], Wyd. Green-World Press (serwis ekologiczny <http://greenworld.serwus.pl/>).
- Sakai Y., Hara K.: 2003. Aktualny stan skutecznego wykorzystania popiołu z węgla w Japonii. *Rekultywacja biologiczna gruntów składowisk popiołowych ZE PAK S.A. Mat. X Jubileuszowej Międzynarodowej Konf: Popioły z energetyki*. Myszkowska A. i Szczygielski T. [Red.]. Wyd. B i G sp. z o.o., Szczecin, 71–86.
- Siuta J.: 1996. Zasoby i przyrodnicze użytkowanie odpadów organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. Z.* 437, 23–30.
- Strzelec A.: 1986. Wpływ właściwości gleb na reakcje ich mikroflory na herbicydy, *Rocz. Glebozn.*, t. XXXVII, nr 1, 129–138
- Tchi Bich Loc N., Pionek M.: 2000. Stan ilościowy niektórych bakterii i grzybów w osadach ściekowych. *Folia Univ. Agric. Stein.* 211 *Agricultura* 84, 341–346.
- Thi Bich Loc N.: 2000. Liczebność niektórych grup drobnoustrojów w surowym osadzie i po jego kompostowaniu. *Folia Univ. Agric. Stein.* 211 *Agricultura*, 84, 335–340.
- Urbaniak M.: 1997. *Przerób i wykorzystanie osadów ze ścieków komunalnych*. Wyd. Ekoinżynieria. Lublin – Łódź, s. 80.

- Wolna-Marówka A., Rawicka A., Czekala J.: 2004. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na rozwój drobnoustrojów w glebie pod uprawą gorczycy białej. *Prace z Zakresu Nauk Rolniczych PTPN*, 97: 257–267.
- Wolski T., Gliński J.: 1999. Modyfikacja odpadowej kory i keratyny w technologii produkcji nawozów organiczno-mineralnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. Z.* 437, 353–357.
- Wyszkowska J., Kucharski J., Jastrzębska E.: 2002. Wpływ osadów ściekowych na liczebność drobnoustrojów glebowych. *Mat. 37 Symp. Mikrobiol. Rola drobnoustrojów w kształtowaniu środowiska*. Wyszkowska J., Jastrzębska E. [Red.]. UWM Olsztyn, 119–120.

**MICROFLORA OF FURNACE WASTE ADAPTED FOR RECLAMATION
PURPOSES OF DEGRADED LAND.
PART I. BACTERIA, FUNGI, AND ACTINOMYCETES**

S u m m a r y

The experiment was set up to determine the number of different groups of microorganisms (bacteria, actinomycetes, fungi) in differently designed top layers consisting of ash mixed with organic components, and to trace the direction of potential size changes in an artificially produced biotope. The experimental plots (each sized several tens of m²) have been located within the area of Lower Odra Power Plant Ltd.. Ashes from power plant were used to set up 5 different top layers and one substrate type. A top layer was a 40 cm thick the top layer of ash, into which waste of various origin were introduced, namely compost produced with a GWDA method, fermented sludge (sludge, straw and urban greenery waste in proportion of 70%, 15%, and 15%, respectively), coniferous trees bark, lower peat, and loose sand. Top layers structured accordingly with components thoroughly mixed were placed on the ash layer (40 cm thick). Collective samples (over several locations within a plot) were collected from each plot, from their 10 cm thick surface layers); 3 series of microbiological analysis were performed. The experiment lasted 3 years (between 2002 and 2005), whereas analyses were performed each year and scheduled for the consecutive springs of 2003, 2004, and 2005, denoted respectively as I, II and III time.

Numbers of c.f.u. of tested microbes were determined on solid media. Bacteria, actinomycetes and fungi were determined on a Bunta-Rovira's (1955), Cyganov's (1964), and Martin's (1950) medium respectively. The cultures of actinomycetes and fungi were incubated at the room temperature (20 °C) for 7 days, whereas bacteria for 3 days.

Once the ashes had been enhanced with organic components, the sample size was observed to multiply by 2 to 6 orders of magnitudes. A statistically significant influence of the components type of which the top layers consisted, as well as the analyses timings have been found to influence and shape the values of the studied parameters. None of the top layers was identified as the most advantageous environment for microbes to multiply, since the sample size level tended to significantly fluctuate over the time. Nevertheless, the very ash layer was determined as the least inhabited by microbes, whereas over some periods microbes size was the greatest in ash with compost, bark and sand admixture, (top layer II). The same effect was observed for bacteria in ash with sludge (VI), while for fungi and actinomycetes in ash enriched with low peat (top layer I). Top layer IV (sand, compost, ash, and sludge) was found to be stable in the respect of the number of enumerated microbes (when 2nd time of the experiment disregarded).

KEY WORDS: bacteria, actinomycetes, fungi, numbers, furnace waste, reclamation

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Andrzej Nowak, Magdalena Błaszak

**MIKROFLORA ODPADÓW PALENISKOWYCH
ZAGOSPODAROWANYCH NA CELE REKULTYWACJI
TERENÓW ZDEGRADOWANYCH.**

**CZEŚĆ II. MIKROORGANIZMY LIPOLITYCZNE,
PROTEOLITYCZNE I AMYLOLITYCZNE**

**MICROFLORA OF FURNACE WASTE ADAPTED
FOR RECLAMATION PURPOSES OF DEGRADED LAND.
PART II. LIPOLYTIC, PROTEOLYTIC AND AMYLOLYTIC
MICROBES**

*Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska, Akademia Rolnicza w Szczecinie
Department of Microbiology and Environmental Biotechnology, Agriculture University of Szczecin*

Celem doświadczenia była charakterystyka mikrobiologiczna sztucznie stworzonych podłoży z popiołów i różnych odpadowych materiałów organicznych. Określano liczebność mikroorganizmów zdolnych do hydrolizy białka (kazeiny), węglowodanów (skrobi) i tłuszczów (tributyryny). Obiekty badawcze znajdowały się na terenie Zespołu Elektrowni Dolna Odra S.A. Popiół z elektrowni wykorzystano do skonstruowania pięciu rodzajów nadkładów i jednego rodzaju podkładu. Nadkład o miąższości 40 cm sporządzano poprzez wymieszanie popiołu z odpadami różnego pochodzenia: kompost produkowany metodą GWDA; przefermentowany osad ściekowy; kora z drzew iglastych; torf niski; piasek luźny. Tak skonstruowane nadkłady po dokładnym wymieszaniu komponentów umieszczono na warstwie popiołu o miąższości 40 cm. Próby zbiorcze pobierano z każdego obiektu z powierzchniowej warstwy o miąższości 10 cm. Analizy wykonywano w następujących terminach: I termin: wiosna 2003, II termin: wiosna 2004 i III termin: wiosna 2005. Analizy wykonywano stosując posiew na odpowiednich dla każdej grupy mikroorganizmów stałych podłożach selektywnych.

Po wzbogaceniu odpadów paleniskowych w organiczne komponenty nastąpiło wielokrotne zwiększenie liczebności mikroorganizmów lipolitycznych, proteolitycznych i amylolytycznych. Rodzaj komponentów wchodzących w skład nadkładów oraz terminy analiz wpływały statystycznie istotnie na kształtowanie wartości badanych parametrów. Nadkład II sporządzony z popiołu (50%), kompostu (25%), kory i piasku (po 12,5%) okazał się najbardziej sprzyjający dla rozwoju mikroorganizmów wszystkich trzech grup (wysoka liczebność w każdym terminie), także popiół wymieszany z torfem (nadkład I) okresowo zawierał dużo mikroorganizmów. Liczebność mikroorganizmów w nadkładach IV i VI, gdzie komponentem był osad ściekowych, była zazwyczaj niższa niż w obiektach bez tego dodatku (oprócz samego popiołu), co szczególnie wyraźnie zaobserwowano na początku doświadczenia.

SŁOWA KLUCZOWE: popioły, rekultywacja, rozkład, skrobia, białka, tłuszcze

WSTĘP

Odpady paleniskowe (popioły) ze względu na swoje właściwości chemiczne (alkaliczny odczyn, przewaga związków mineralnych, pierwiastków w formach nie przyswajalnych lub trudno dostępnych, brak substancji organicznej) nie mogą być bezpośrednio wykorzystane jako podłoże dla roślin [Gilewska, 2003; Stankowski i wsp., 2003]. Istnieje jednak wiele doniesień [Czyż i wsp., 2002; Kitczak i wsp., 1999; Kutyna i Meller, 1999], że popioły po wzbogaceniu w materię organiczną, po odpowiednich zabiegach agrotechnicznych, mogą stanowić dogodny grunt do rozwoju wielu gatunków roślin. U podstaw wystąpienia przeobrażenia materiału nieprzydatnego w glebę jest intensywna aktywność metaboliczna mikroorganizmów, im bardziej zróżnicowana, tym bardziej korzystna.

Celem doświadczenia była charakterystyka mikrobiologiczna sztucznie stworzonych podłoży z popiołów i różnych odpadowych materiałów organicznych. Określano liczebność j.t.k. mikroorganizmów zdolnych do hydrolizy białka (kazeiny), węglowodanów (skrobi), tłuszczów (tributyryny).

METODYKA

Obiekty badawcze (każdy po kilkadziesiąt m²) znajdowały się na terenie Zespołu Elektrowni Dolna Odra S.A. Popiół z elektrowni wykorzystano do skonstruowania pięciu rodzajów nadkładów i jednego rodzaju podkładu. Nadkład to wierzchnia warstwa popiołu o miąższości 40 cm, do której wprowadzono odpady różnego pochodzenia: kompost produkowany metodą GWDA [Krzywy, 1999]; przefermentowany osad ściekowy; kora z drzew iglastych [Wolski, Gliński, 1996]; torf niski; piasek luźny. Charakterystyka podkładów została zamieszczona w naszej poprzedniej publikacji [Nowak i Błaszak *Ibidem*].

Tak skonstruowane nadkłady po dokładnym wymieszaniu komponentów umieszczono na warstwie samego popiołu (podkład o miąższości 40 cm). Próby zbiorcze (z kilku miejsc poletka) pobierano z każdego obiektu (z powierzchniowej warstwy o miąższości 10 cm), analizy mikrobiologiczne wykonywano w trzech powtórzeniach.

Doświadczenie trwało 3 lata (od 2002 do 2005 roku), a analizy wykonywano w każdym roku w następujących terminach: I termin: wiosna 2003, II termin: wiosna 2004 i III termin: wiosna 2005.

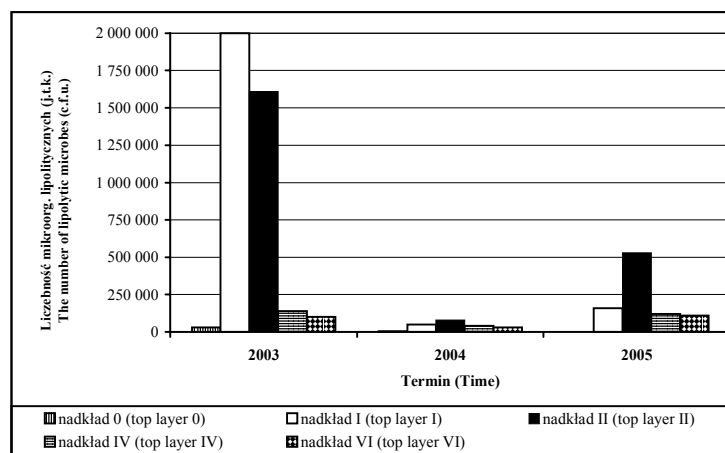
Analizy wykonywano stosując metodę posiewu rozcieńczeń glebowych na odpowiednich dla każdej grupy mikroorganizmów stałych podłożach selektywnych. Jednostki tworzące kolonie mikroorganizmów proteolitycznych liczone na podłożu sporządzonym według Kędzi [1974], gdzie źródłem węgla była kazeina, lipolityczne (zdolne do rozkładu tributyryny) według Kosewskiej [1970], a amylolityczne zgodnie z recepturą Emersona [1964], do tego podłoża dodano skrobię. Hodowle inkubowano w temperaturze pokojowej (20°C), odpowiednio przez: 3 (mikroorganizmy proteolityczne i amylolityczne) 4 doby (lipolityczne). Odczyty liczebności j.t.k. mikroorganizmów amylolitycznych dokonywane były po wcześniejszym zalaniu podłoża płynem Lugola.

Otrzymane wyniki po transformacji poddano analizie wariancji, test Duncana zastosowano w celu ustalenia istotności różnic między ilością mikroorganizmów w poszczególnych obiektach i terminach (przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$).

WYNIKI I DYSKUSJA

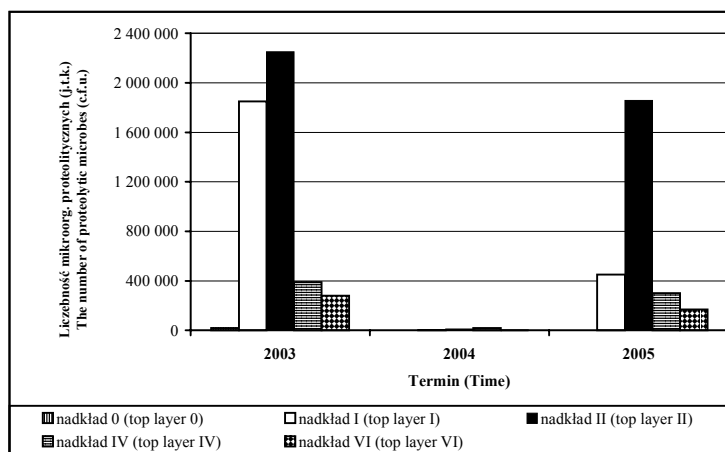
Liczebność jednostek tworzących kolonie (j.t.k.) mikroorganizmów wszystkich trzech grup fizjologicznych różniła się w poszczególnych obiektach i terminach w sposób statystycznie istotny. Jedynie w przypadku nadkładów, w skład których wchodził kompost z osadów ściekowych (IV i VI), nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w terminie III (mikroorganizmy lipolityczne) i I (amylolityczne). Uśrednione wyniki doświadczenia przedstawiono graficznie w postaci rycin: 1–3.

Mikroorganizmy według Winogradzkiego można podzielić na zymogeniczne i autochtoniczne. Bujny rozwój zymogenów następuje w przypadku dopływu do podłoża materii organicznej i trwa do jej całkowitego rozkładu. Podobnie było w przedstawianym doświadczeniu, gdzie najwięcej mikroorganizmów zdolnych do rozkładu prostych substratów organicznych było w pierwszym terminie, w kolejnych analizach było ich mniej.



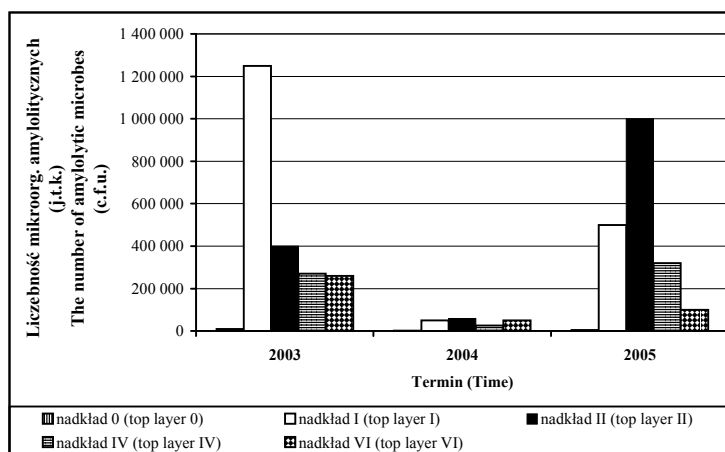
Ryc. 1. Liczebność mikroorganizmów j.t.k. lipolitycznych w 1 g nadkładu. 0 – popiół 100%; I – popiół 75%, torf 25%; II – popiół 50%, kora 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%; IV – popiół 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%, osad ściekowy 50%; VI – popiół 50%, osad ściekowy 50%.

Fig. 1. The number of lipolytic microbes (c.f.u.) in 1 g top layer. The top layers options: 0 – ash 100%; I – ash 75%, peat 25%; II – ash 50%, coniferous 12,5%, sand 12,5%, compost 25%; IV – ash 12,5%, sand 12,5%, compost 25%, sludge composed 50%; VI – ash 50%, sludge composed 50%



Ryc. 2. Liczebność mikroorganizmów j.t.k. proteolitycznych w 1 g nadkładu. 0 – popiół 100%; I – popiół 75%, torf 25%; II – popiół 50%, kora 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%; IV – popiół 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%, osad ściekowy 50%; VI – popiół 50%, osad ściekowy 50%

Fig. 2. The number of proteolytic microbes (c.f.u.) in 1 g top layer. The top layers options: 0 – ash 100%; I – ash 75%, peat 25%; II – ash 50%, coniferous 12,5%, sand 12,5%, compost 25%; IV – ash 12,5%, sand 12,5%, compost 25%, sludge composed 50%; VI – ash 50%, sludge composed 50%



Ryc. 3. Liczebność mikroorganizmów j.t.k. amylolitycznych w 1 g nadkładu. 0 – popiół 100%; I – popiół 75%, torf 25%; II – popiół 50%, kora 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%; IV – popiół 12,5%, piasek 12,5%, kompost 25%, osad ściekowy 50%; VI – popiół 50%, osad ściekowy 50%.

Fig. 3. The number of amylolytic microbes (c.f.u.) in 1 g top layer. The top layers options: 0 – ash 100%; I – ash 75%, peat 25%; II – ash 50%, coniferous 12,5%, sand 12,5%, compost 25%; IV – ash 12,5%, sand 12,5%, compost 25%, sludge composed 50%; VI – ash 50%, sludge composed 50%

Sam popiół (nadkład 0) najgorzej nadawał się do zasiedlenia przez mikroorganizmy. Jedynie w pierwszym terminie pomiaru wartości badanych parametrów odbiegały od zera, ale nawet wtedy mikroorganizmów było mniej niż w pozostałych obiektach, o kilka rzędów wielkości. W dwóch następnych terminach ilość badanych drobnoustrojów zmniejszyła się najczęściej do wartości bliskich zeru. Popiół nie jest dogodnym środowiskiem dla rozwoju mikroorganizmów, wydaje się oczywiste, że brak lub minimalne ilości materii organicznej w nadkładzie 0 drastycznie ograniczyły (o 1–4 rzędy wielkości) występowanie mikroorganizmów heterotroficznych.

W drugim terminie pomiarów stwierdzono niewielkie ilości j.t.k. mikroorganizmów we wszystkich nadkładach (do ok. $90 \cdot 10^3$), było to spowodowane między innymi przesuszeniem gleby: średnia wilgotność prób to ok. 10%, w pierwszym terminie rzeczywista wilgotność podłoża wynosiła średnio ok. 50%, a w trzecim terminie ok. 20%. Reakcja mikroorganizmów na niekorzystne warunki klimatyczne była znaczna (niekiedy było ich mniej nawet dwudziestokrotnie), co potwierdzają także obserwacje autorów innych publikacji [Beulke i Malkomes, 2001; Miller i wsp., 1978; Savage, 1978].

Nadkład II sporządzony z popiołu (50%), kompostu (25%), kory i piasku (po 12,5%) okazał się najbardziej sprzyjający dla rozwoju mikroorganizmów. Szczególnie w ostatnim terminie pomiarów (III) przewaga mikroorganizmów w opisywanym nadkładzie była bezdyskusyjna (od kilkuset tysięcy do ponad miliona j.t.k. więcej niż w pozostałych obiektach). Także w innym doświadczeniu [Kowalik, 1992] wykazano, że kompostowane produkty odpadowe przemysłu drzewnego nadają się doskonale do wzbogacenia ubogich gleb w mikroorganizmy, a co za tym idzie, w przyswajalne przez rośliny składniki, nie stanowiąc jednocześnie zagrożenia fitosanitarnego.

Duże ilości j.t.k. mikroorganizmów stwierdzono również w nadkładzie I (popiół wymieszany z torfem), szczególnie w pierwszym terminie: było ich od ok. $1,2 \cdot 10^6$ (mikroorganizmy amylopolityczne) do $2 \cdot 10^6$ (mikroorganizmy lipolityczne), czyli odpowiednio o 900 i $500 \cdot 10^3$ więcej niż w następnym pod względem liczebności obiekcie. Torf jest bardzo dobrym naturalnym podłożem, występuje w nim bardzo duża ilość mikroorganizmów (do kilkuset milionów), należących do różnorodnych grup systematycznych i fizjologicznych [Gołębiowska, 1986]. W przedstawianym doświadczeniu intensywny rozwój mikroflory w nadkładzie z torfem nastąpił w pierwszym terminie, Sobczak i wsp. [1992] także zwrócili uwagę, że po zasileniu gleby w łatwo przyswajalne substancje odżywcze następuje gwałtowny, lecz krótkotrwały rozwój mikroflory zymogenicznej.

Nie ma identycznych osadów ściekowych ani pod względem składu chemicznego, jak i pod względem różnorodności mikrobiologicznej. Trudno więc porównywać i interpretować wyniki badań, gdzie obiektem badawczym (lub jego elementem) jest osad ściekowy. Mikroorganizmy wszystkich badanych grup fizjologicznych występowały w mniejszej ilości w nadkładach, gdzie komponentem był osad ściekowy (nadkład IV i VI), co nie znaczy, że było ich bardzo mało (często ponad $250 \cdot 10^3$). Mimo że koncentracja form ogólnych metali ciężkich we wszystkich komponentach do budowy nadkładów (w materiale wyjściowym) nie przekraczała norm w obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska [Stankowski i wsp. 2003] to jednak ich ilości były kilkanaście razy większe w kompoście z komunalnych osadów ściekowych, niż w innych komponentach (Cu: $41,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.; Pb: $26,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m., Cd: $5,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.).

Być może mniejsza liczebność j.t.k. mikroorganizmów w obiektach z osadem ściekowym (nadkład IV i VI) była spowodowana obecnością nieobojętnych dla mikroflory metali ciężkich [Badura, 1984; Doelman, 1986; Nowak i wsp., 2004; Wyszowska i wsp., 2004].

WNIOSKI

1. Po wzbogaceniu odpadów paleniskowych w organiczne komponenty nastąpiło wielokrotne zwiększenie liczebności j.t.k. mikroorganizmów lipolitycznych, proteolitycznych i amylolitycznych. Rodzaj komponentów wchodzących w skład nadkładów oraz terminy analiz wpływały statystycznie istotnie na kształtowanie wartości badanych parametrów.

2. Nadkład II sporządzony z popiołu (50%), kompostu (25%), kory i piasku (po 12,5%) okazał się najbardziej sprzyjający dla rozwoju mikroorganizmów wszystkich trzech grup (wysoka liczebność w każdym terminie), także popiół wymieszany z torfem (nadkład I) okresowo zawierał dużo mikroorganizmów.

3. Liczebność mikroorganizmów w nadkładach, gdzie komponentem był kompost z osadów ściekowych (IV i VI), była zazwyczaj niższa niż w obiektach bez tego dodatku (oprócz samego popiołu), co szczególnie wyraźnie zaobserwowano na początku doświadczenia.

PIŚMIENNICTWO

- Badura L.: 1984. Rozważania nad stopniem zanieczyszczenia środowiska emisjami przemysłowymi i wynikającymi z tego implikacjami ekologicznymi. *Post. Mikrobiol.* 2: 31–62.
- Beulke S., Malkomes H. P.: 2001. Effects of herbicides metazachlor and dinoterb on the soil microflora and the degradation and sorption of metazachlor under different environmental conditions, *Biol. Fertil Soils*, 33, 467–471.
- Czyż H., Rogalski M., Gos A., Kitzak T.: 2003. Biologiczna rekultywacja hałd popioło-żużli. [W:] Człowiek i środowisko przyrodnicze Pomorza Zachodniego. 1: Środowisko biotyczne. S. Rogalika [Red.], Wyd. Uniwersytetu Szczecińskiego: 68–71.
- Doelman P.: 1986. Resistance of soils microbial communitiens to heavy metals. W: Jensen V., Kojoller A., *Microbial communitiens in soils*. Elsevier Appl. Sci. Publ. London: 369–383.
- Dymaczewski Z., Oleszkiewicz J. A., Sozański M. M.: 1997. Poradnik eksploratora oczyszczalni ścieków. PZITS, Poznań, 643.
- Gilewska M.: 2003. Rekultywacja biologiczna gruntów składowisk popiołowych ZE PAK S.A. *Mat. X Jubileuszowej Międzynarodowej Konf: Popioły z energetyki*. Myszkowska A. i Szczygielski T. [Red.]. Wyd. B i G sp. z o.o. Szczecin, 331–342.
- Gołębiewska J.: 1986. *Mikrobiologia rolnicza*. PWRiL, Warszawa, s. 88.
- Kędzia W., Konar H.: 1980. *Diagnostyka mikrobiologiczna*. PZWŁ, Warszawa, s. 245.
- Kitzak T., Gos A., Czyż H., Trzaskoś M.: 1999. Roślinność hałd popioło-żużli. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agric.*, 197, 75, 179–186.
- Kosewska L.: 1970. *Analiza mikrobiologiczna w przemyśle spożywczym*. PWSZ, s. 253.

- Kutyna I., Meller E.: 1999. Zmiany w składzie florystycznym zbiorowiska chwastów w uprawie żyta na glebie, do której wprowadzono popioły energetyczne. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agric.* – 1999, 201, 78, s. 139–145.
- Miller J. H., Keeley P. E., Thullen R. J., Carter C. H.: 1978. Persistence and Movement of Ten Herbicides in Soil, *Weed Sci.*, 26, 1, s. 20–27.
- Nowak A., Szopa E., Błaszak M.: 2004. The influence of heavy metals (Cd, Cu, Pb, Hg) on amount of microbial biomass in soil. *Acta Agr. Silv. ser. Agr.*, 42: 335–340.
- Savage K. E.: 1978. Persistence of Several Dinitroaniline Herbicides as Affected by Soil Moisture, *Weed Sci.*, 26, 5, s. 465–471.
- Sobczak E., Haberowa H., Żaba B.: 1992. Biokonwersja substancji organicznych wywaru melasowego i torfu pod wpływem mikroflory. *Przem. Ferment. i Owocowo-Warzywny.* 11: 13–15.
- Stankowski S., Krzywy E., Czyż H., Nowak A., Maciorowski R., Tomaszewicz T., Chudecka J., Zieliński J., Kitzak T.: 2003. *Mat. X Jubileuszowej Międzynarodowej Konf. Popioły z energetyki.* Myszkowska A. i Szczypiński T. [Red]. Wyd. B i G sp. z o.o. Szczecin, 315–329.
- Wyszkowska J., Kucharski J., Jastrzębska E.: 2004. Liczebność mikroorganizmów w glebach zanieczyszczonych osadami ściekowymi. *Acta Agr. Silv. ser. Agr.*, 42: 475–483.

**MICROFLORA OF FURNACE WASTE ADAPTED FOR RECLAMATION
PURPOSES OF DEGRADED LAND.
PART II. LIPOLYTIC, PROTEOLYTIC AND AMYLOLYTIC MICROBES**

S u m m a r y

The experiment was set up as was described in previous paper to determine number of microorganisms (lipolytic, proteolytic and amylolytic microbes) in differently designed top layers consisting of ash mixed with organic components, and to trace the direction of changes of in such artificially produced biotope.

Numbers of c.f.u. of tested microbes were determined on solid media. Numbers of c.f.u. of proteolytic microbes, lipolytic microbes and amylolytic microbes were enumerated on medium with casein as a sole carbon source (Kędzia 1974), on medium with tributirin (degradation capable) (Kosewska 1970) and on medium with starch (Emerson 1964), respectively. For enumeration of proteolytic and amylolytic microbes plates were incubated at the room temperature (20 °C) over 3 days, while incubation lasted 4 days for lipolytic microbes. Prior to readings c.f.u. of amylolytic microbes, media were poured over with Lugol's liquid.

Having enriched the furnace waste in organic components, the number of tested groups of microbes was observed to multiply. Tested components applied into top layers, as well as analysis timings have been found to significantly, at $P=0.05$, affect numbers of all tested physiological groups. Top layer II made of ash (50%), compost (25%), bark and sand (each 12,5%) proved to be the most friendly for environment for development of microbes for all three groups (higher number at each time), but also ash mixed with peat (top layer I) was found to be rich in microbes from time to time. Numbers of microbes in top layers IV and VI, where sludge was the added organic component, tended to be lower than in plots with no admixture present (apart from the clear ash). The effect was observed to be particularly sound at the beginning of the experiment.

KEY WORDS: furnace waste, reclamation, degradation, starch, proteins, lipids

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Krystyna Przybulewska

**WPLYW BENZYNY BEZOLOWIOWEJ W WARUNKACH
WZRASTAJĄCEGO ZASOLENIA NaCl NA LICZEBNOŚĆ
PODSTAWOWYCH GRUP MIKROORGANIZMÓW
GLEBOWYCH**

**INFLUENCE OF UNLEADED GASOLINE UNDER CONDITIONS
OF INCREASING SALINITY WITH NaCl ON THE NUMBER
OF GENERAL SOIL MICROORGANISM GROUPS**

*Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska, Akademia Rolnicza w Szczecinie
Department of Microbiology and Biotechnology of Environment, Agricultural
University of Szczecin*

Przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu działania podwójnego stresu antropogenicznego (NaCl i benzyna bezołowiowa) na liczebność podstawowych grup taksonomicznych drobnoustrojów glebowych. Badania prowadzono na glebie gliniastej i piaskowej. Wyżej wymieniony stres otrzymano zanieczyszczając próbki gleby o różnym stopniu zasolenia benzyną bezołowiową. Metodą posiewu rozcieńczeń glebowych określono liczebność (j.t.k.) bakterii, grzybów oraz promieniowców. Na podstawie liczebności poszczególnych grup drobnoustrojów oznaczono współczynnik SR stopnia rozwoju mikroorganizmów $SR = (j.t.k. bakterii + j.t.k. promieniowców) / j.t.k. grzybów$.

Wprowadzenie dwóch czynników zanieczyszczających glebę spowodowało zmianę liczebności j.t.k. mikroorganizmów glebowych, co zależało od dawki wprowadzonych zanieczyszczeń, rodzaju gleby i grupy badanych drobnoustrojów. Najmniejsze różnice liczebności mikroorganizmów glebowych po zastosowaniu podwójnego stresu stwierdzono w przypadku j.t.k. promieniowców, następnie grzybów i bakterii. Bardziej niekorzystny wpływ badanych czynników zwłaszcza NaCl wystąpił w glebie lekkiej, w porównaniu do gleby gliniastej. Wzrost benzyny bezołowiowej stymulował najczęściej rozwój bakterii i promieniowców, ale wzrost zasolenia chlorkiem sodu w takich warunkach ograniczał ich rozwój na korzyść grzybów glebowych.

SŁOWA KLUCZOWE: benzyna bezołowiowa, zasolenie NaCl, mikroorganizmy, gleba

WSTĘP

Biorąc pod uwagę dominację, a także największy udział w procesach biochemicznych gleby, najczęściej wymienia się bakterie, grzyby i promieniowce. Współpraca drobnoustrojów doprowadza glebę do pewnego stanu równowagi biologicznej [Kermen, 1981]. Zmiany we właściwościach fizycznych i chemicznych gleby mogą być spowodowane przez przyrodę, ale często w wyniku stosowanych zabiegów agrotechnicznych. Nagromadzenie się w glebie różnych substancji zanieczyszczających (pestycydy, związki ropopochodne, różnego rodzaju sole) powoduje przeciążenie możliwości sorpcyjnych gleby [Filipek i Badora, 1992; Ignaczak, 1998; Rytelewski i wsp., 1992]. Najczęściej w glebie występuje kilka rodzajów związków zanieczyszczających działających mniej lub bardziej niekorzystnie na środowisko [Diaz i wsp. 2000]. Pod wpływem działania substancji ksenobiotycznych gleba często zmienia, a nawet traci swoją aktywność biologiczną [Borowiec i wsp., 1982; Dzieńcia i wsp., 1982; Kucharski i Jastrzębska, 2001a i b; Różański i Władkowiec, 2002; Roseberg i wsp., 1986; Wronkowska i wsp., 1999].

Ze względu na małą ilość danych literaturowych dotyczących kompleksowego oddziaływania czynników stresowych, takich jak zasolenie i związki ropopochodne, w niniejszej pracy podjęto próbę oceny wpływu benzyny bezołowiowej w glebie zasolonej NaCl na podstawowe grupy mikroorganizmów glebowych (bakterie, promieniowce i grzyby).

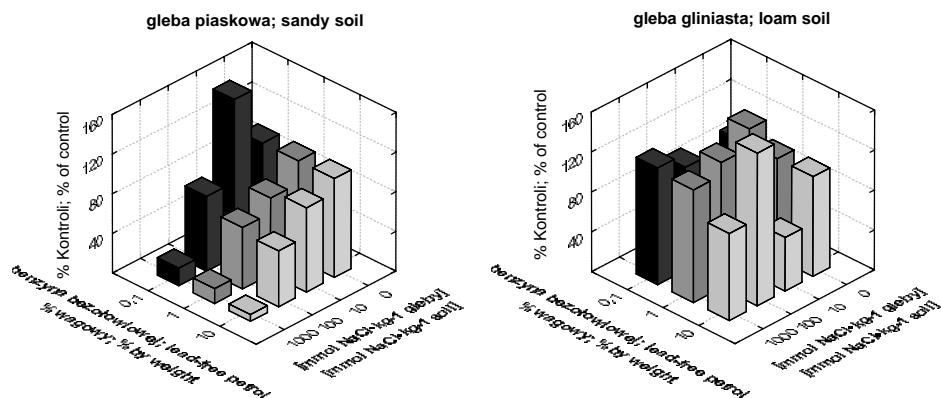
MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na glebie gliniastej (średnia) i piaskowej (lekka), pobranych z poziomu orno-próchniczego (0–10 cm). Pierwsza to czarna ziemia o składzie granulometrycznym gliny lekkiej pylastej. Odczyn gleby wynosił $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7,0. Druga to gleba piaszczysta zaliczona do gleb rdzawych, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. Jej odczyn był lekko kwaśny ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ – 6,5). Przygotowano próbki glebowe o masie 1 kg i zanieczyszczono NaCl (10, 100 i 1000 Mmol NaCl·kg⁻¹ gleby). Kontrolę stanowiła gleba bez dodatku NaCl. Podwójny stres antropogeniczny otrzymano zanieczyszczając próbki z powyżej przygotowanych kombinacji benzyną bezołowiową w następujących dawkach: 0,1; 1 oraz 10% ww. Otrzymano w ten sposób 12 kombinacji o różnym stopniu zanieczyszczenia. Próbki gleb do analiz pobierano w dniu założenia doświadczenia (termin 1), a następnie po 3, 7, 14, 28 i 48 dniach. Metodą posiewu rozcieńczeń glebowych określono liczebność bakterii na podłożu według Bunta-Roviry [1955], grzybów według Martina [1950] oraz liczebność promieniowców według Cyganowa [1964].

Uzyskane wyniki przeliczano na 1 g suchej masy gleby. Na podstawie ogólnej j.t.k. liczby bakterii, j.t.k. promieniowców i j.t.k. grzybów oznaczono współczynnik SR stopnia rozwoju mikroorganizmów $\text{SR} = (\text{j.t.k. bakterii} + \text{j.t.k. promieniowców}) / \text{j.t.k. grzybów}$ [Myśków, 1981]. Otrzymane wyniki poddano ocenie statystycznej wyliczając analizę wariancji i stosując test Duncana. Ocenę wpływu benzyny bezołowiowej w glebie zasolonej oceniono jako procent odchyleń w stosunku do gleby nie zanieczyszczonej NaCl.

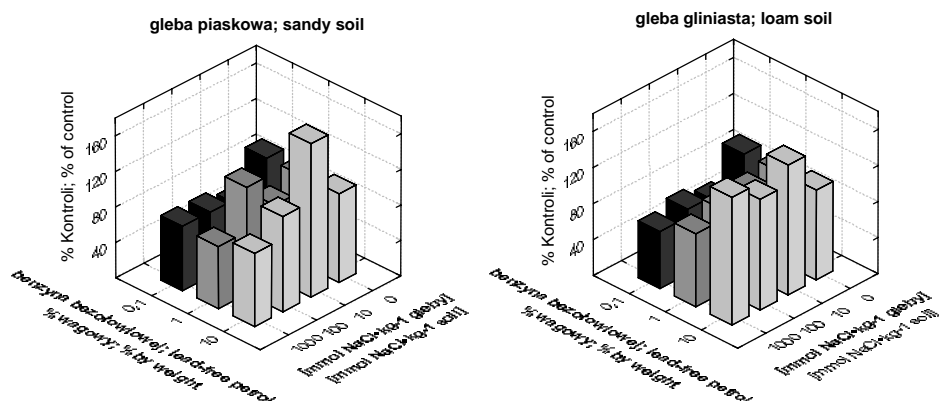
WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zanieczyszczenie gleby zasolonej NaCl benzyną bezołowiową wpływało na zmiany liczebności j.t.k. bakterii, promieniowców oraz grzybów glebowych. Wielkość tych zmian zależała od ilości wprowadzonych zanieczyszczeń (dawki), rodzaju gleby oraz od grupy badanych mikroorganizmów (rys.1–3).



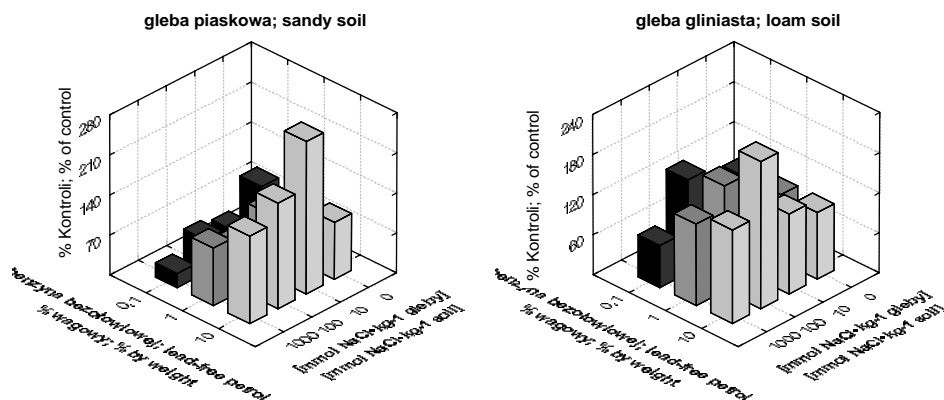
Rys. 1. Wpływ podwójnego stresu na liczebność j.t.k. bakterii w glebie wyrażonych w procentach kontroli

Fig. 1. Influence of double stress on the number of c.f.u. of bacteria in soil expressed in percentage of control



Rys. 2. Wpływ podwójnego stresu na liczebność j.t.k. promieniowców w glebie wyrażonych w procentach kontroli

Fig. 2. Influence of double stress on the number of c.f.u. of *Actinomycetes* in soil expressed in percentage of control



Rys. 3. Wpływ podwójnego stresu na liczebność j.t.k. grzybów w glebie wyrażonych w procentach kontroli

Fig. 3. Influence of double stress on the number of c.f.u. of fungi in soil expressed in percentage of control

W glebie lekkiej stwierdzono w większości badanych kombinacji spadek liczebności j.t.k. bakterii w glebie. Wzrost zanieczyszczeń zarówno NaCl, jak i benzyny bezołowiowej powodował proporcjonalne zmniejszenie liczebności bakterii, od kilkunastu procent do czterdziestu w glebie zanieczyszczonej benzyną, w której zasolenie wzrosło do $100 \text{ mmol NaCl} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby. Niekorzystne oddziaływanie podwójnego stresu widoczne było najbardziej w glebie z największym zasoleniem $1000 \text{ mmol NaCl} \cdot \text{kg}^{-1}$, w której liczebność wynosiła jedynie od kilku do kilkunastu procent w stosunku do gleby kontrolnej bez NaCl. Jedyny wzrost liczebności j.t.k. bakterii (58% więcej niż w kontroli) stwierdzono po dodaniu do gleby najniższych dawek badanych zanieczyszczeń. Badania Kargi i Dincer [1998], Kubo i wsp. [2001] oraz Pattnaik i wsp. [2000] potwierdziły negatywny wpływ zasolenia na drobnoustroje glebowe. Wzrost stężenia NaCl hamował rozwój mikroorganizmów glebowych. Znacznie mniejszy wpływ zanieczyszczenia gleby benzyną i NaCl wystąpił w glebie gliniastej. Przeważnie liczebność j.t.k. bakterii zwiększała się pod wpływem dodanych czynników od kilku do kilkudziesięciu procent w porównaniu do gleby bez dodatku soli.

W przypadku promieniowców glebowych zmiany w liczebności nie były tak duże w porównaniu do gleby bez NaCl. Nie stwierdzono również istotnych różnic pomiędzy badanymi glebami. Stwierdzono natomiast stymulację rozwoju promieniowców pod wpływem zwiększającej się zawartości w glebie benzyny bezołowiowej niezależnie od wzrastającej dawki NaCl. Podobnie jak w badaniach Kosinkiewicz i Lubczyńskiej [1986] odnotowano wzrost liczebności promieniowców w glebie zanieczyszczonej związkami ropopochodnymi. Promieniowce okazały się najbardziej odporne w porównaniu do dwóch pozostałych badanych grup mikroorganizmów (bakterie i grzyby) na działanie dwóch czynników stresowych (NaCl i benzyna bezołowiowa) wprowadzonych jednocześnie do gleby. Stymulujące działanie zanieczyszczeń na wzrost promieniowców nasilało się szczególnie w glebie gliniastej.

Liczebność j.t.k. grzybów pod wpływem wprowadzonych czynników ulegała wahaniom w dość szerokim zakresie. Znaczne zmniejszenie liczebności stwierdzono w glebie piaszczystej zanieczyszczonej benzyną bezołowiową niezależnie od wprowadzonej ilości soli. Liczebność j.t.k. grzybów zmniejszyła się w tych kombinacjach nawet 4-krotnie w porównaniu do gleby bez NaCl. Zwiększająca się zawartość benzyny bezołowiowej i zasolenia w glebie lekkiej powodowała jednak wzrost liczebności grzybów nawet prawie trzykrotny w porównaniu do gleby bez NaCl. Wprowadzenie do gleby gliniastej badanych czynników powodowało często stymulację ich wzrostu niezależnie od wielkości wprowadzanych zanieczyszczeń. Prawdopodobnie warunki takie stworzyły możliwość wykorzystania przez grzyby benzyny bezołowiowej, być może była on źródłem węgla, co potwierdza wielu autorów [Maliszewska-Kordybach, 1987; Nowak i Hawrot, 1998].

Współczynnik stopnia rozwoju SR wyrażający stosunek sumy liczebności j.t.k. bakterii i promieniowców do liczebności grzybów ulegał wahaniom w zależności od rodzaju i ilości wprowadzonego zanieczyszczenia oraz od rodzaju gleby (tab. 1). W glebie zanieczyszczonej najniższą dawką benzyny bezołowiowej dodatkowe wprowadzenie zasolenia spowodowało wystąpienie lepszych warunków do rozwoju bakterii i promieniowców niż grzybów, o czym świadczy nawet dwukrotny wzrost współczynnika SR.

Tabela 1

Table 1

Zmiany współczynnika stopnia rozwoju mikroorganizmów (SR) w glebie zasolonej pod wpływem benzyny bezołowiowej

The changes of the development coefficient of microorganisms (SR) under the influence of saline and lead-free petrol

| Obiekty Objects | | Gleba piaszkowa Sandy soil | | Gleba gliniasta Loam soil | |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| mmol NaCl·kg ⁻¹ | Benzyna Petrol % w/w; % v/v | SR | % kontroli % of control | SR | % kontroli % of control |
| 0 | 0,1 | 32 | 100 | 21 | 100 |
| 10 | | 75 | 231 | 40 | 192 |
| 100 | | 41 | 127 | 12 | 59 |
| 1 000 | | 58 | 179 | 27 | 131 |
| 0 | 1 | 61 | 100 | 40 | 100 |
| 10 | | 45 | 72 | 41 | 100 |
| 100 | | 61 | 99 | 26 | 65 |
| 1 000 | | 20 | 32 | 31 | 75 |
| 0 | 10 | 137 | 100 | 48 | 100 |
| 10 | | 58 | 42 | 73 | 152 |
| 100 | | 54 | 39 | 29 | 60 |
| 1 000 | | 28 | 20 | 77 | 160 |

W glebie gliniastej również lepiej rozwijały się bakterie i promieniowce niż grzyby, ale były to już wartości niższe niż w tych samych warunkach w glebie piaskowej. Pod

wpływem wzrastającego stężenia benzyny bezołowiowej w glebie (110% ww.) bez NaCl widać wyraźne tendencje wzrostu współczynnika SR w glebie lekkiej 32>61>137 i 21>42>48 w glebie gliniastej, czyli też występują lepsze warunki do rozwoju bakterii i promieniowców niż grzybów.

Wprowadzenie jednak drugiego czynnika w postaci NaCl wyraźnie obniża wartość tego współczynnika, co świadczy o wystąpieniu bardziej sprzyjających warunków do rozwojowi grzybów niż bakterii i promieniowców. Na podstawie przeprowadzonych wyliczeń powyższego współczynnika (SR) można przypuszczać, że interakcje pomiędzy dwoma czynnikami zanieczyszczającymi glebę są następujące: wzrost benzyny bezołowiowej stymuluje najczęściej rozwój bakterii i promieniowców, ale wzrost zasolenia chlorkiem sodu w takich warunkach ogranicza ich rozwój na korzyść grzybów glebowych.

Niewiele jest danych literaturowych na temat jednoczesnego wpływu zasolenia i związków ropopochodnych. Zbliżone badania przeprowadzili Diaz i wsp. [2000]. Liczebność mikroorganizmów rozkładających związki ropopochodne była mniejsza w warunkach wysokiego zasolenia (> 60–70 g·l⁻¹ NaCl). Degradacja była zatem wyższa, gdy zasolenie spadało i odwrotnie, malała, gdy stężenie NaCl rosło, co częściowo zostało potwierdzone w wyniku przeprowadzonych doświadczeń.

WNIOSKI

1. Wprowadzenie dwóch czynników zanieczyszczających glebę (NaCl i benzyna bezołowiowa) spowodowało zmianę liczebności j.t.k. mikroorganizmów glebowych, co zależało od dawki wprowadzonych zanieczyszczeń, rodzaju gleby i grupy badanych drobnoustrojów.

2. Najmniejsze różnice w j.t.k. liczebności mikroorganizmów glebowych po zastosowaniu podwójnego stresu stwierdzono w przypadku promieniowców, następnie grzybów i bakterii.

3. Bardziej niekorzystny wpływ badanych czynników, zwłaszcza NaCl wystąpił w glebie lekkiej, w której to liczebność j.t.k. bakterii była mniejsza o 40% niż w glebie gliniastej. Podobne zjawisko zaobserwowano na przykładzie grzybów, w przypadku których liczebność j.t.k. była 2-krotnie mniejsza w piasku o najmniejszym zasoleniu, niezależnie od wprowadzonej ilości benzyny, w porównaniu do tych samych warunków panujących w glebie gliniastej.

4. Na podstawie otrzymanych wartości współczynnika SR można przypuszczać, że interakcje pomiędzy dwoma czynnikami zanieczyszczającymi glebę są następujące: wzrost benzyny bezołowiowej stymuluje najczęściej rozwój bakterii i promieniowców, ale wzrost zasolenia chlorkiem sodu w takich warunkach ogranicza ich rozwój na korzyść grzybów glebowych.

PIŚMIENNICTWO

- Borowiec S., Dzienia S., Boligłowa E.: 1982. Wpływ skażenia gleby produktami ropy naftowej na mikroflorę glebową. Cz. I. Mikroorganizmy glebowe w sąsiedztwie magazynów paliw. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 94: 33–44.
- Bunt J. S., Rovira A. D.: 1955. Microbiological studies of some subantarctic soil. *J. Soil Sci.*, 6 (1): 119–128.
- Cyganow V. A., Zukovr A., 1964. Morfologobiochemiczne osobennosti novovo vida actionomicta, *Mikrobiologia* 33 (5): 863–869.
- Diaz M. P., Grigson S. J. W., Pepiatt CH. J., Burgess J. G.: 2000. Isolation and Characterization of Novel Hydrocarbon-Degrading Euryhaline Consortia from Crude Oil and Mangrove Sediments. *Mar. Biotechnol.*, 2, 522–532.
- Dzienia S., Boligłowa E., Borowiec S.: 1982. Wpływ skażenia gleby produktami ropopochodnymi na mikroflorę glebową. Cz. 2. Wpływ oleju napędowego stosowanego w rolnictwie na niektóre grupy drobnoustrojów glebowych. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 94: 65–70.
- Filipek T., Badora A.: 1992. Jony rozpuszczalne w wodzie w glebach zanieczyszczonych środkami do zwalczania śliskości pośniegowej. *Rocz. Glebozn.*, 18 (3–4): 37–40.
- Ignaczak S.: 1998. Systemy konserwacji gleby odłogowanej - Zmiany temperatury, wilgotności i zasolenia różnych warstw. *Frag. Agron.*, 5: 225–237.
- Kargi F., Dincer A. R.: 1998. Saline wastewater treatment by halophile supplemented activated sludge culture in an aerated rotating biodisc contactor. *Enzyme Mikrob. Technol.*, 22: 427–433.
- Kermen J.: 1981. Dynamiczna równowaga mikroorganizmów w glebie. *Post. Mikrobiol.*, 20, 3/4: 201–211.
- Kosinkiewicz B., Lubczyńska J.: 1986. Wykorzystywanie i biotransformacja 3,4 benzo-a-pirenu przez mikroorganizmy glebowe. *Arch. Ochr. Środ.*, 1–4, 133–141.
- Kubo M., Hiroe J., Murakami M., Fukami H., Tachiki T.: 2001. Treatment of Hypersaline-Containing Wastewater with Salt-Tolerant Microorganisms. *J. Biosc. Bioeng.*, 91, (2): 222–224.
- Kucharski J., Jastrzębska E.: 2001a. Reakcja drobnoustrojów na zanieczyszczenie gleby benzyną ołowiową. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 476: 189–195.
- Kucharski J., Jastrzębska E.: 2001b. Aktywność enzymatyczna gleby zanieczyszczonej olejem napędowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 476: 181–187.
- Maliszewska-Kordybach B.: 1987. Mikrobiologiczne przemiany wielopierścieniowych węglodorów aromatycznych w środowisku glebowym. *Post. Mikrobiol.*, 36 (3): 233–247.
- Martin J.P.: 1950 Use of Acid, Rose Bengales and Streptomycin in the plate Method for Estimating Soil Fungi. *Soil Sci.* 69, 215–233.
- Myśków W.: 1981. Próby wykorzystania wskaźników aktywności mikrobiologicznej do oceny żyzności gleby. *Post. Mikrobiol.*, 20 (3/4): 175–192.
- Nowak A., Hawrot M.: 1998. Ocena liczebności mikroorganizmów w glebach skażonych związkami ropopochodnymi przy zastosowaniu analizatora typu BACTRAC 4100. [W] Materiały z konferencji pt. Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby, pod red. Aleksandry Sawickiej i Grażyny Durskiej, AR Poznań, 223–231.
- Pattnaik P., Mishra S. R., Bharati K., Mohanty S. R., Sethunathan N., Adhya T. K.: 2000. Influence of salinity on methanogenesis and associated mikroflora in tropical rice silos. *Microbiol. Res.*, 155(3): 215–220.
- Roseberg R.J., Christensen N.,W. Akckon T.L.: 1986. Chloride soil solution osmotic potential, and soil pH effects on nitrification. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50 (4): 941–945.
- Różański H., Włodkovic D.: 2002. Skutki oddziaływania zanieczyszczeń ropopochodnych na środowisko przyrodnicze. *Wszechświat*, 103 (7-9): 223–225.

Rytelewski J., Przedwojski R., Niklewska A.: 1992. Program rekultywacji gleb zasolonych na Kujawach. Biul. Nauk. AR-T Olsztyn, 1 (10): 139–144.

Wronkowska H., Karczmarczyk S., Rumas E.: 1999. Wpływ nawadniania słoną wodą na liczebność mikroorganizmów glebowych. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol., 193 (73): 213 – 216.

INFLUENCE OF UNLEADED GASOLINE UNDER CONDITIONS OF INCREASING SALINITY WITH NaCl ON THE NUMBER OF GENERAL SOIL MICROORGANISM GROUPS

S u m m a r y

Studies targeted to evaluate the influence of double anthropogenic stress (NaCl and unleaded gasoline) on the number of general taxonomic groups of soil microorganisms. Study was carried out on loamy and sandy soils. The double stress was invoked by contaminating the soil samples with various salinity levels and unleaded gasoline. Bacterial, fungal and actinomycetes populations (CFU) were estimated by means of soil dilution inoculation. The coefficient of microbial development extent $SR = (\text{bacterial CFU} + \text{actinomycetes CFU}) / \text{fungal CFU}$ was calculated on a base of particular microorganism groups populations. Introduction of two factors that polluted the soil resulted in the change of CFU number of soil microorganisms, which depended on dose of contaminants, soil type and group of microorganisms tested. The least differences of soil microorganism population after double stress application were observed in the case of CFU actinomycetes, then fungi and bacteria. More unfavorable influence of studied factors, namely NaCl, occurred in light as compared to loamy soil. The increases of unleaded gasoline dose the most often stimulated bacteria and actinomycetes development. However, the increase of NaCl salinity under such conditions reduced their development as opposite to soil fungi.

KEY WORDS: unleaded gasoline, NaCl salinity, microorganisms, soil

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Krystyna Przybulewska¹, Andrzej Nowak¹, Agnieszka Mientka²

**AKTYWNOŚĆ METABOLICZNA BAKTERII
DEGRADUJĄCYCH STYRENU WZGLĘDEM ROZKŁADU
CUKRÓW, TŁUSZCZÓW I BIAŁEK**

**METABOLIC ACTIVITY OF STYRENE-DEGRADING
BACTERIA TOWARDS SUGARS, FATS AND PROTEINS
DECOMPOSITION**

¹ *Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska, Akademia Rolnicza w Szczecinie
Department of Microbiology and Biotechnology of Environment, Agricultural
University of Szczecin*

² *Instytut Chemii i Podstaw Ochrony Środowiska, Politechnika Szczecińska
Institute of Chemistry and Environmental Protection, Technical University of Szczecin*

Określono aktywność metaboliczną 12 wyizolowanych szczepów wykazujących znaczną aktywność degradacyjną względem styrenu w stosunku do innych związków organicznych. Testowane szczepy hodowano na podłożach z jedynym źródłem węgla w postaci skrobi, białka i tłuszczu. Szczepy bakterii degradujące styren metabolizowały równie dobrze tłuszcz i białko, a w znacznie mniejszym stopniu hydrolizowały skrobię. Wielkość tej aktywności zależna była od rodzaju szczepu. Wraz ze wzrostem aktywności badanych bakterii względem styrenu zmniejszała się ich aktywność względem rozkładu białka i skrobi. Zależności takich nie stwierdzono w przypadku hydrolizy tłuszczu.

SŁOWA KLUCZOWE: aktywność metaboliczna, mikroorganizmy, związki organiczne, styren

WSTĘP

Mikroorganizmy biorące udział w biodegradacji pobierają do wzrostu najczęściej związki ksenobiotyczne. Drobnoustroje takie powinny charakteryzować się wysoką, niezmienną aktywnością rozkładu związków szkodliwych. Wykorzystują one różne o mniej lub bardziej złożonej strukturze związki będące źródłem węgla i energii [Nowak, 1997]. Rosnąc na podłożach selektywnych, najczęściej w warunkach laboratoryjnych,

ukierunkowują swój metabolizm do związku obecnego w danym środowisku. W warunkach *in situ* aktywne mikroorganizmy wprowadzane są najczęściej do gleby, torfu, kompostu itp. środowisk, gdzie mają do dyspozycji pełną gamę innych związków, między innymi łatwo dostępnych cukrów, białek czy tłuszczów. W takich warunkach mikroorganizmy często przestawiają swoje szlaki metaboliczne, zmniejszając lub tracąc aktywność degradacyjną w stosunku do unieszkodliwianych związków [Kim, 2002; Mroziak i Łabużek, 2002]. Ze względu na efektywność procesu biodegradacji zjawiska takie są niepożądane. Łabużek wraz z wsp. [1996] dowiodła, że konieczne są często zabiegi adaptacyjne prowadzące do wzrostu stopnia biodegradacji pewnych ksenobiotyków.

Mikroorganizmy posiadają wiele właściwości biochemicznych, które wynikają z różnorodności wytwarzanych przez nie enzymów, inicjujących wiele procesów. Raczej rzadko występują mikroorganizmy, które degradują tylko i wyłącznie pojedyncze związki bez możliwości metabolizowania innych dostępnych w podłożu O'Leary i wsp., [2002]. Często rozkładają substancje o podobnych właściwościach czy budowie Szklarczyk i wsp. [1997]. Może to być utlenianie lub redukcowanie, odrywanie grup funkcyjnych lub częściowa degradacja struktury rdzenia.

Celem niniejszej pracy było określenie aktywności metabolicznej szczepów o dużych zdolnościach degradacyjnych względem styrenu (wykorzystywanych w biofiltracyjnych systemach oczyszczania powietrza) w stosunku do innych łatwo dostępnych źródeł węgla, takich jak: cukry, tłuszcze i białka.

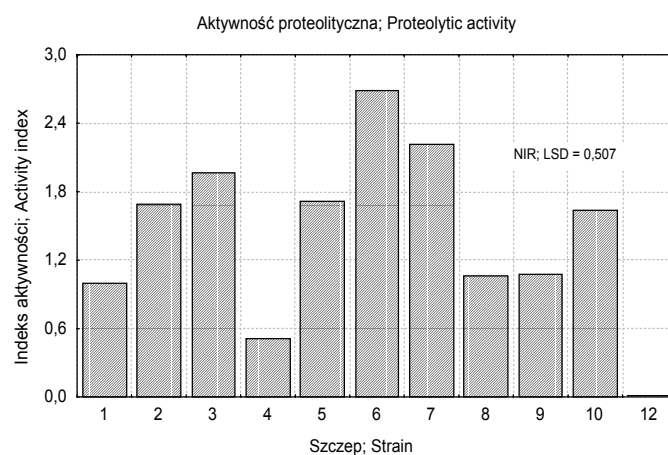
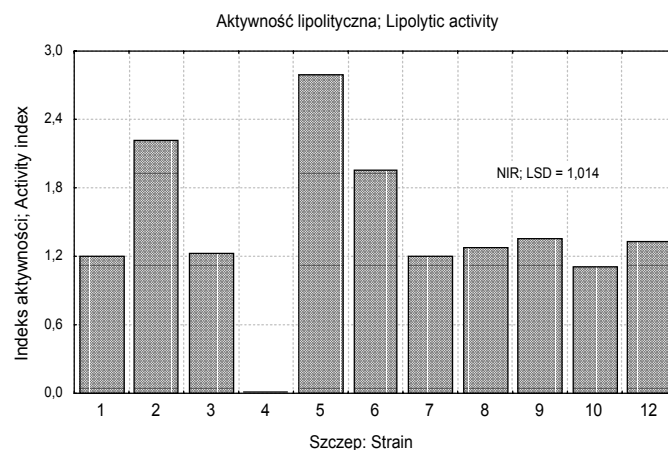
MATERIAŁ I METODY

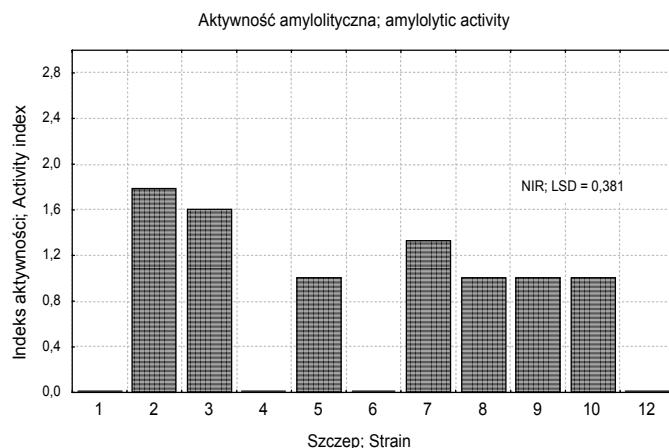
W przeprowadzonym doświadczeniu podjęto próbę określenia aktywności metabolicznej szczepów wykazujących znaczną aktywność degradacyjną względem styrenu w stosunku do innych źródeł związków organicznych. Do badań nad aktywnością mikroorganizmów wykorzystano 12 szczepów bakteryjnych. Drobnoustroje te były wyizolowane z kompostu będącego wypełnieniem biofiltra znajdującego się przy lakierni w fabryce kabli „Załam” koło Szczecina. Aktywność rozkładu wybranych szczepów względem styrenu określono chromatograficznie [Przybulewska i wsp., 2006]. Pilotowy biofiltr oczyszczający gazy odlotowe z lakierni zainstalowano w ramach wcześniejszego projektu badawczego [Wieczorek, 2002]. Najbardziej aktywne szczepy rozkładające styren hodowano na podłożach z różnymi rodzajami związków organicznych zawierających tłuszcz [Cooney i Emerson, 1964], białka na podłożu według Kędzi i Koniara [1980] i lipolitycznych według metody Burbianki i Pliszki [1977]. Badane szczepy szczepiono w formie rysy na zestalone podłoża mikrobiologiczne. Inkubację hodowli badanych mikroorganizmów przeprowadzono w temperaturze 25 °C. Przez 5 dni w odstępach dobowych wykonywano pomiary, określając wielkość stref hydrolizy, a następnie wyliczono indeks aktywności dla poszczególnych szczepów (stosunek szerokości strefy do szerokości koloni). Przeprowadzono analizy statystyczne wyliczając między innymi współczynniki korelacji liniowej Pearsona dla porównania zależności pomiędzy aktywnością szczepów w przypadku rozkładu styrenu a ich aktywnością względem innych badanych związków organicznych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyizolowane szczepy wykazujące aktywność degradacyjną względem styrenu wykazywały różną aktywność w stosunku do innych substratów, między innymi skrobi, białka oraz tłuszczu. Wielkość tej aktywności zależna była od rodzaju szczepu i związku organicznego.

Maksymalna aktywność lipolityczna została stwierdzona w przypadku szczepu nr 5, a wyliczony indeks aktywności wynosił 2,8 (rys. 1). Mniejsze wartości średnio o 25% uzyskano dla szczepu nr 2 i 6. Pozostałe szczepy z wyjątkiem 4 wykazywały zbliżoną aktywność względem hydrolizy tłuszczu na poziomie 1,2 wartości indeksu aktywności.





Rys. 1. Aktywności enzymatyczne szczepów degradujących styren względem rozkładu białka, skrobi i tłuszczu

Fig. 1. Enzymatic activity of styrene-degrading strains referring to styrene degradation towards sugars, fats and proteins decomposition

Szczep nr 4 nie metabolizował tego rodzaju substratu. Na zbliżonym poziomie bakterie metabolizowały również białko (tab. 1.). Wyjątek stanowił szczep 12, który zupełnie nie wykazywał takiej aktywności oraz szczep nr 4, który miał średnio kilkakrotnie niższą aktywność niż pozostałe czynne bakterie. Badane szczepy znacznie rzadziej i zmniejszając intensywnością hydrolizowały skrobię (rys. 3). Prawie 40% z wszystkich wyizolowanych szczepów nie wykazywało takiej aktywności. W przypadku trzech szczepów hydrolizujących wielocukier wartość indeksu było większa od 1 i wynosiła dla szczepu nr 2 – 1,8, dla szczepu nr 3 – 1,6 i 1,3 dla szczepu nr 7. Pozostałe bakterie metabolizowały skrobię na poziomie wartości indeksu aktywności równej 1.

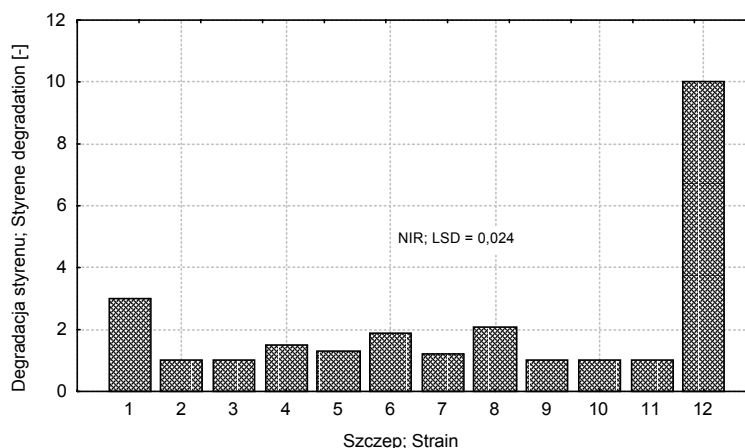
Tabela 1

Table 1

Grupy jednorodne szczepów aktywnych pod względem rozkładu styrenu względem innych aktywności enzymatycznych

Homogeneous groups of active strains referring to styrene degradation towards other enzymatic activities

| Aktywność enzymatyczna Enzymatic activities | Średni Indeks Aktywności Mean activity index | Grupy jednorodne homogeneous groups |
|--|---|--|
| Proteolityczna – Proteolytic | 1,373 | a |
| Lipolityczna – Lipolytic | 1,438 | a |
| Amylolityczna – Amylolytic | 0,770 | b |



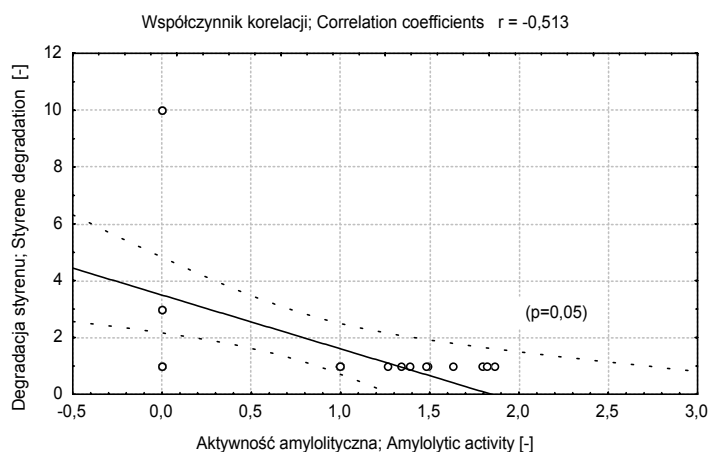
Ryc. 2. Aktywności degradacyjne wyizolowanych szczepów o największej aktywności względem styrenu

Fig. 2. Degradation activities of isolated strains with the highest activity towards styrene

W związku z tym, że wyniki aktywności amylolitycznych, proteolitycznych oraz lipolitycznych zostały przeliczone i podane w formie indeksów aktywności, również wyniki aktywności względem degradacji styrenu przez te same szczepy ujednolicono, przeliczono i podano w skali 10-punktowej. W pierwszej kolejności wszystkie wyniki szczepu najbardziej aktywnego nr 12 uzyskane w ciągu 2 lat prowadzonych badań w różnych warunkach hodowlanych uśredniono ($EC=22,91 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ przy stężeniu $C_1 = 722 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) i przyporządkowano wartości najwyższej w zaproponowanej skali, tj. 10. Następnie te same czynności wykonano z pozostałymi szczepami testowanych bakterii i wyliczono wielkość ich aktywności w stosunku do szczepu najbardziej aktywnego nr 12, co przedstawiono na rysunku 2.

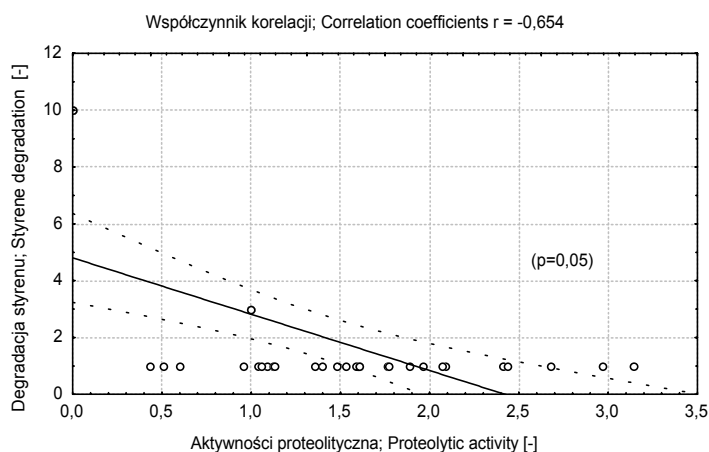
Wyliczając współczynniki korelacji liniowej Pearsona stwierdzono istotne zależności pomiędzy aktywnością szczepów w przypadku rozkładu styrenu a ich aktywnością względem innych związków organicznych, takich jak białko i skrobi. Istotna wartość tego współczynnika pomiędzy aktywnością proteolityczną wynosiła $r = -0,654$ i amylolityczna $r = -0,513$ w porównaniu do aktywności względem styrenu (rys. 3 i 4) Ujemne wartości współczynnika świadczą o tym, że wraz ze wzrostem aktywności badanych szczepów względem styrenu zmniejszała się aktywność tych szczepów względem rozkładu białka i skrobi. Zależności takich nie stwierdzono w przypadku aktywności lipolitycznych. Szczepy o największej aktywności biodegradacyjnej względem styrenu zwłaszcza nr 12 nie wykazywały żadnej aktywności lub wykazywały słabą względem hydrolizy białka i skrobi. Można przypuszczać, że szczepy o dużej aktywności degradacyjnej lotnych węglowodorów ukierunkowują swoje szlaki metaboliczne głównie w kierunku ich rozkładu, nie hydrolizując innych związków z wyjątkiem tłuszczowych, co stwierdzono na podstawie przeprowadzonych badań. Niewiele jest danych literaturowych mówiących o podobnych zależnościach. Zbliżone badania prowadzili Ikura i wsp.

[1997]. Dwa wyizolowane szczepy degradujące styren z rodzaju *Pseudomonas* metabolizowały jednocześnie różnego rodzaju związki organiczne, np. glukozę, mannozę, ksylozę, β -alaninę i betainę. Szczepy te nie wykazywały jednak aktywności względem białek (żelatyny), skrobi i niektórych cukrów, tj. sacharozy i maltozy. Schie i wsp. [1998] na przykładzie szczepów denitryfikacyjnych rozkładających fenol wykazali, że są one również aktywne względem innych związków organicznych, między innymi cukrów prostych i peptonów.



Ryc. 3. Zależności pomiędzy aktywnością szczepów degradujących styren a ich aktywnością względem rozkładu skrobi

Fig. 3. Dependence between styrene-degrading strains activity and their activity towards starch decomposition



Rys. 4. Zależności pomiędzy aktywnością szczepów degradujących styren a ich aktywnością względem rozkładu białka

Fig. 4. Dependence between styrene-degrading strains activity and their activity towards protein decomposition

WNIOSKI

1. Wyizolowane szczepy bakterii degradujące styren metabolizowały równie dobrze tłuszcz i białko, a w znacznie mniejszym stopniu hydrolizowały skrobię. Wielkość tej aktywności zależna była od rodzaju szczepu.

2. Wraz ze wzrostem aktywności badanych bakterii względem styrenu zmniejszała się ich aktywność względem rozkładu białka i skrobi. Zależności takich nie stwierdzono w przypadku hydrolizy tłuszczu.

PIŚMIENNICTWO

- Burbianka M., Pliszka A.: 1977. Mikrobiologia żywności. PZWL, Warszawa, s. 507.
- Cooney D.G., Emerson R.: 1964. Thermophilic fungi. Freeman and Co. London, s. 508.
- Ikura Y., Yoshida Y., Kudo T.: 1997. Physiological Properties of Two *Pseudomonas mendocina* Strains Which Assimilate Styrene in a Two-Phase (Solvent-Aqueous) System under Static Culture Conditions. J. Ferm. Bioeng., 83 (6), 604–607.
- Kędzia W., Koniar H.: 1980. Diagnostyka mikrobiologiczna, PZWL, Warszawa s. 245.
- Kim E. 2002. Alkylbenzene degradation by *Rhodococcus*. Appl. Environ. Microbiol., 68: 3270–3277.
- Łabużek S., Kłapcińska B., Mroziak A., Radecka I., Woźnica, A.: 1996. Gaining of a highly-active mixed population of microorganisms capable of degrading phenolic compounds. Arch. Ochr. Środ., 1–2: 49–63.
- Mroziak A., Łabużek S.: 2002. A comparison of biodegradation of phenol and homologous compounds by *Pseudomonas vesicularis* and *Staphylococcus sciuri* strains. Acta Microbiol. Pol., 51, 367–378.
- Nowak A.: 1997. Wykorzystanie mikroorganizmów w biotechnologii środowiskowej. Chem. Inż. Ekol. 4(6), 869–893.
- O’Leary N.D., O’Connor K.E., Dobson A.D. W.: 2002. Biochemistry, genetics and physiology of microbial styrene degradation. FEMS Microbiol. Rev., 26, 403 – 417
- Przybulewska K., Wieczorek A., Nowak A.: 2006. Isolation of Microorganisms Capable of Styrene Degradation. Polish J. Of Environ. Stud. 15 (5) 777–783.
- Schie P.M., Young L.Y.: 1998. Isolation and Characterization of Phenol-Degrading Denitrifying Bacteria . Appl. Environ. Microbiol., 64 (7), 2432–2438.
- Szklarczyk M., Czermazowicz M., Adamiak W.: 1997. Biologiczne oczyszczanie gazów – stan obecny i perspektywy rozwoju. Biotechnologia, 1(36), 109–116.
- Wieczorek A.: Pilot plant studies on biofiltration of waste gases from lacquer covered wire plant. Proceedings of the 15th International Congress of Chemical and Process Engineering, 25–29 August 2002, Praha, CD-dokument, plik 1030. pdf.

**METABOLIC ACTIVITY OF STYRENE-DEGRADING BACTERIA
TOWARDS SUGARS, FATS AND PROTEINS DECOMPOSITION****S u m m a r y**

The metabolic activity of 12 isolated strains showing a significant degrading activity towards styrene in relation to other organic compounds was determined. Tested strains were cultured on mediums with the only carbon source in a form of starch, protein and fat. Bacterial styrene-degrading strains metabolized fat and protein very well, and starch much worse. The activity level depended on the strain. Along with the increase of bacterial activity towards styrene, their activity towards protein and starch decomposition decreased. Such dependencies were not found in the case of fat hydrolysis.

KEY WORDS: metabolic activity, microorganisms, organic compounds, styrene

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Jan Spiak

**ASPEKTY RYNKOWE W ZARZĄDZANIU GOSPODARSTWAMI
WIELKOobszarowymi NA DOLNYM ŚLĄSKU**

**MARKET ASPECTS IN MANAGING LARGE-AGRARIAN
FARMS IN LOWER SILESIA**

*Katedra Ekonomiki i Organizacji Rolnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Economics and Organization Agriculture, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

Przeprowadzono analizę porównawczą poziomu cen skupu wybranych zbóż oraz żywca wołowego i wieprzowego na rynku w latach 2004–2005. Przedstawiono opinie badanej grupy kierowników gospodarstw wielkoobszarowych na Dolnym Śląsku dotyczące oceny szans i barier występujących w mikrootoczeniu przedsiębiorstwa. Wykazano wzrost kosztów nabycia i dzierżawy gruntów od Agencji Nieruchomości Rolnych na Dolnym Śląsku i w kraju.

SŁOWA KLUCZOWE: gospodarstwo wielkoobszarowe, rynek rolny, zarządzanie gospodarstwem rolnym, opinie kierowników

WSTĘP

Warunki funkcjonowania przedsiębiorstw stanowią przedmiot ciągłych analiz mających wpływ na wybór strategii działania umożliwiającej uzyskanie przewagi konkurencyjnej. Dobór elementów otoczenia do szczegółowej analizy zależy od przyjętego przez zarząd podejścia do strategii rozwoju przedsiębiorstwa [Skawińska, 2002].

Otoczenie zewnętrzne przedsiębiorstwa może być rozpatrywane w różnych strukturach jako otoczenie ogólne i celowe lub też makro-otoczenie i otoczenie konkurencyjne. Otoczenie ogólne obejmuje elementy ekonomiczne, prawne, polityczne, rynkowe, technologiczne, społeczne i ekologiczne. Do otoczenia konkurencyjnego zaliczane są takie podmioty jak: dostawcy, odbiorcy, klienci, producenci substytutów, konkurenci w branży i nowo wchodzący na rynek [Gierszewska, Romanowska, 2002].

Po akcesji do Unii Europejskiej wzrosła rola Agencji Rynku Rolnego jako regulatora na rynku rolnym, jak podaje Wenerski [2005], do końca lipca 2005 roku ARR admi-

nistrowała 57 mechanizmami WPR i krajowymi. Wśród działań stosowanych przez ARR na rynku surowców i produktów rolnych są:

- zakupy lub sprzedaż interwencyjna,
- regulacje obrotu w handlu zagranicznym (refundacje i opłaty eksportowe pozwolenia na przywóz i wywóz),
- system kwot produkcyjnych,
- dopłaty do przechowywania,
- dopłaty do produktów wykorzystywanych na określone cele społeczne,
- wspieranie wybranych działań promocyjnych.

Agencja Rynku Rolnego od przystąpienia do UE wypłaciła polskim przedsiębiorcom, według Lipińskiego [2005], łącznie refundacje na kwotę 344 mln zł.

CEL, ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Celem badań było wykazanie zmian zachodzących w otoczeniu operacyjnym (celowym) przedsiębiorstw rolnych oraz ich oddziaływanie na zarządzanie gospodarstwami wielkoobszarowymi na Dolnym Śląsku.

Badaniami objęto grupę 10 gospodarstw wielkoobszarowych powyżej 300 ha UR (około 5% populacji), działających w formie spółek z o.o., które dzierżały grunty od OT ANR we Wrocławiu. Wybór obiektów do badań był celowy ze względu na posiadany areal powyżej 300 ha UR oraz dzierżawę gruntów od ANR.

Przeprowadzone badania ankietowe kadry kierowniczej w 2005 roku miały wykazać, jak zmiany w otoczeniu odbierane są i oceniane przez kierowników gospodarstw w zakresie szans i zagrożeń wpływających na zarządzanie strategiczne przedsiębiorstwami oraz współpracy z odbiorcami i dostawcami.

Analizę zachodzących zmian cen skupu i cen środków produkcji na rynku – przeprowadzono w kontekście podejmowania decyzji dotyczących planowania struktury produkcji w latach 2005–2006. W tym celu porównano poziom cen dla zbóż (pszenicy i żyta) oraz żywca wołowego i wieprzowego w poszczególnych miesiącach 2004 i 2005 roku oraz wskaźnika zmian cen środków produkcji i cen skupu opublikowanego w Rynek Rolny [2006].

WYNIKI BADAŃ

Charakterystykę badanych przedsiębiorstw rolnych działających na Dolnym Śląsku przedstawiono w oparciu o wybrane wskaźniki ekonomiczne uzyskane w 2004 roku (tab. 1). Przeciętny wiek ankietowanych kierowników gospodarstw wielkoobszarowych wynosił 53 lata, a wykazywany staż pracy w gospodarstwach był zróżnicowany i wahał się w przedziale 15–30 lat. Spośród badanych kierowników połowa posiadała wykształcenie wyższe, pozostali średnie – rolnicze.

Tabela 1
Table 1

Wybrane wskaźniki zasobów, produktywności i efektywności ekonomicznej badanych gospodarstw wielkoobszarowych według kierunków produkcji 2004
Selected indicators of resources, productivity, economic efficiency of large-area farms according to production directions in 2004

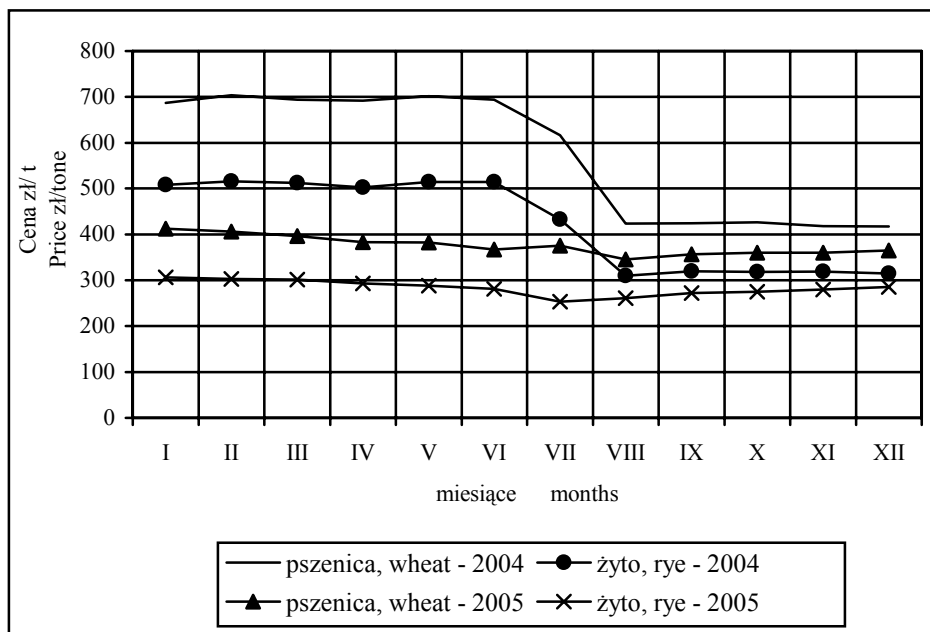
| Lp. No. | Ogółem pow. UR Total area AL | Wielkość zatrudnienia na 100 ha UR Employment quantity per 100 ha AL | Wskaźnik produ- ktywności UR Productive- nes index AL | Wskaźnik wydajności pracy Work effi- ciency index | Wynik finansowy (+ zysk; - strata) Financial result (+ profit; - loss) | Przychody ze sprzeda- ży Sales income | Wskaźnik rentowności sprzedaży Sales rentabi- lity indekx |
|--|---------------------------------------|---|---|--|---|---|--|
| | ha ha | pracownik employee | tys. zł/ 1 ha K zł/1 ha | tys. zł/prac. K zł/ empl. | zł/ 1 ha UR zł/ 1 ha AL | zł/ 1 ha UR zł/ 1 ha AL | % |
| Produkcja roślinna – 0.01 Plants production | | | | | | | |
| 1. | 796 | 1,76 | 2,68 | 152,71 | 102,6 | 2686,0 | 38,2 |
| 2. | 861 | 1,97 | 2,50 | 126,64 | 665,0 | 2500,0 | 26,6 |
| 3. | 666 | 1,54 | 2,95 | 196,50 | 761,0 | 2951,0 | 25,8 |
| 4. | 1350 | 2,70 | 6,53 | 241,70 | 144,0 | 6535,0 | 22,0 |
| 5. | 199 | 3,00 | 2,42 | 80,33 | 507,5 | 2422,0 | 20,9 |
| 6. | 1108 | 2,80 | 6,25 | 223,55 | 351,0 | 6254,5 | 5,6 |
| 7. | 915 | 2,00 | 3,25 | 165,38 | 149,0 | 3253,0 | 4,6 |
| 8. | 394 | 4,10 | 2,55 | 63,00 | 112,0 | 2556,0 | 4,4 |
| Produkcja mieszana – 0.03 Mix production | | | | | | | |
| 1. | 1124 | 1,35 | 11,20 | 279,90 | 1946,0 | 11205,0 | 17,4 |
| 2. | 954 | 1,90 | 3,90 | 208,22 | 645,0 | 3928,0 | 16,4 |
| 3. | 389 | 4,10 | 11,50 | 280,15 | 1112,0 | 11537,0 | 9,6 |

Źródło: badania własne
Source: own research

Badane gospodarstwa wielkoobszarowe na Dolnym Śląsku według PKD prowadziły w 7 jednostkach produkcję roślinną oraz w 3 produkcję mieszaną-wielostronną. Uzyskane wyniki w 2004 roku wskazywały na poprawę efektywności gospodarowania w stosunku do 2003 roku. Wykazywany zysk w grupie gospodarstw o kierunku roślinnym wynosił od 103 do 761 zł/ha UR, natomiast w grupie gospodarstw o kierunku mieszanym był wyższy i wynosił od 645 do 1946 zł/ha UR. Rentowność sprzedaży w badanych gospodarstwach w stosunku do grup gospodarstw badanych przez IER i GŻ wykazywały w gospodarstwach o kierunku wielostronnym podobny poziom wskaźnika 17%, natomiast w 4 gospodarstwach o kierunku roślinnym wskaźnik ten przewyższał o 6,25%, wykazywany dla grupy porównawczej [Gucewicz, 2005].

Analiza uwarunkowań rynkowych wykazała, że akcesja Polski do UE spowodowała duże zmiany cen skupu surowców rolnych i cen środków produkcji dla rolnictwa.

Porównanie poziomu kształtowania się cen skupu głównych zbóż w poszczególnych miesiącach 2004 i 2005 roku przedstawia rysunek 1.

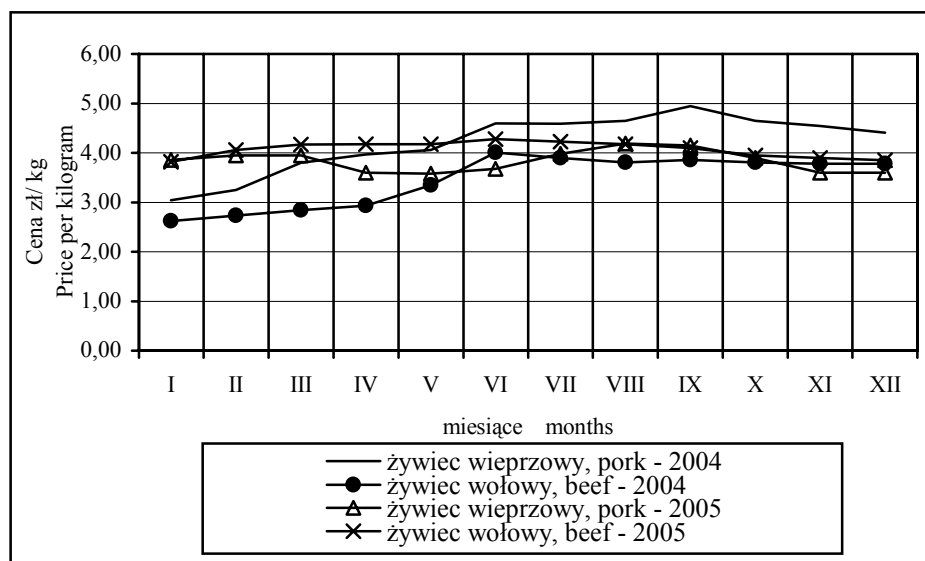


Źródło: Zestawiono na podstawie danych – Rynek zbóż 2004, 2005
Source: Data compilation – grain market 2004, 2005.

Rys. 1. Kształtowanie się cen skupu zbóż w poszczególnych miesiącach 2004 i 2005 r.
Fig. 1. Changes in grain purchase price in respective months of 2004 and 2005

Analizując ceny skupu pszenicy i żyta w poszczególnych miesiącach 2004 roku, obserwuje się ich wyraźny spadek od maja do sierpnia, dla pszenicy około 40%, natomiast dla żyta około 30%. Po tym okresie ceny stabilizują się na poziomie 417–426 zł za tonę pszenicy oraz 315–320 zł za tonę żyta. W 2005 roku ceny badanych zbóż stabilizują się na niższym poziomie w stosunku do roku ubiegłego i utrzymują się w przedziale 345–412 zł/t dla pszenicy i 253–306 zł/t dla żyta.

W odróżnieniu od cen zbóż ceny skupu żywca w 2004 roku wzrastały i w okresie IV – VI ceny żywca wołowego wzrosły około 37%, natomiast ceny żywca wieprzowego były najwyższe w IX i w odniesieniu do IV zwiększyły się około 12%. W analogicznym okresie 2005 roku ceny skupu żywca wieprzowego były niższe, ale wykazywały mniejsze wahania, od 3,58 do 4,19 zł/kg, natomiast dla żywca wołowego ceny były wyższe i wynosiły od 3,82 do 4,28 zł/kg (rys. 2).



Źródło: Zestawiono na podstawie danych – Rynek mięsa 2004, 2005
Source: Data compilation – Meat market 2004, 2005.

Rys. 2. Kształtowanie się cen skupu żywca wieprzowego i wołowego w poszczególnych miesiącach 2004 i 2005 r.

Fig. 2. Changes in pork and beef purchase price in respective months of 2004 and 2005

Przeprowadzona analiza wskaźnika nożyc cen w latach 2004–2005 wskazuje, że tylko w okresie III–IX 2004 roku wskaźnik wykazywał poziom ponad 100%, po czym stopniowo obniżał się osiągając najniższą wielkość 98% w marcu 2005 roku. Od września 2005 roku wyrównany wskaźnik nożyc cen zwiększył się zbliżając się do poziomu 100%, jednak nadal był niekorzystny dla producentów rolnych.

Przedstawione zmiany cen na rynku były wymieniane przez ankietowanych kierowników jako istotny czynnik otoczenia zwiększający zagrożenie działalności przedsiębiorstwa. Ankietowani wśród najważniejszych czynników otoczenia (stwarzających szanse i bariery) w działalności gospodarstw rolnych wymieniali w zakresie:

- okazji do wykorzystania
 - 1) wyrównanie poziomu dopłat bezpośrednich w krajach UE;
 - 2) korzystanie z funduszy i programów skierowanych do gospodarstw rolnych;
 - 3) ustabilizowanie zasad polityki rolnej.
- występujących zagrożeń
 - 1) obniżenie cen na produkty rolne (zboża);
 - 2) wzrost cen środków produkcji;
 - 3) wysokie wymagania jakościowe produktów rolnych.

Główne zagrożenia dla działalności gospodarstw wielkoobszarowych badani postrzegają w spadku cen skupu i wzrostu cen środków produkcji, co znajduje potwierdzenie w przedstawionej analizie zmian cen na rynku rolnym. Przy planowaniu struktury produkcji roślinnej na najbliższe 2 lata zakładano stopniowe ograniczanie powierzchni zasiewów pszenicy na rzecz uprawy rzepaku. W gospodarstwach wielostronnych prowadzących chów zwierząt nie planowano zwiększenia pogłównia zwierząt, ale zwiększenie wydajności.

Szanse wykazywane przez kierowników obejmowały płatności obszarowe oraz możliwości korzystania z sektorowych programów operacyjnych skierowanych także do gospodarstw wielkoobszarowych. Korzystanie z SPO deklarowała połowa badanych gospodarstw, a uzyskane środki wynosiły od 250 do 465 tys. zł na gospodarstwo i były przeznaczone na zakup ciągników i maszyn.

W zakresie gospodarowania zasobami ankietowani wskazywali na potrzebę bardziej efektywnego ich wykorzystania, gdyż nabycie ich staje się coraz droższe. Wskaźniki wydajności pracy uzyskiwane w badanych gospodarstwach zarówno o kierunku roślinnym, jak i wielostronnym były wyższe jak średnie dla grup podawane w „Rankingu 300” [2005], które wynosiły odpowiednio 67,8 tys. zł i 69,1 tys. zł. Analizowane wskaźniki produktywności UR i wydajności siły roboczej w grupie badanych gospodarstw rolniczych wielostronnych były wyższe jak w gospodarstwach o ukierunkowaniu roślinnym, co wskazuje na lepsze ich wykorzystanie.

Przewidywane zmiany w gospodarstwach odnośnie wyposażenia w zasoby wskazują, że 3/4 ankietowanych deklaruje zwiększenie środków trwałych, poprzez wymianę ciągników i maszyn na nowsze, natomiast w użytkowaniu gruntów planuje się utrzymanie areалу UR i częściowy wykup dzierżawionych gruntów. Ceny sprzedawanych gruntów przez OT ANR Wrocław w ciągu 2004 roku zwiększyły się z 4058 do 5034 zł za 1 ha, tj. o 24%, natomiast średnio cena gruntów sprzedawanych przez ANR w kraju wzrosła z 3974 zł do 5138 zł za 1 ha, tj. o 29%.

Korzystanie z dzierżawy gruntów od ANR w kraju wymagało w 2004 roku ponoszenia średniej opłaty czynszu za 1 ha gruntów równowartości 3,2–3,5 dt pszenicy, natomiast w OT Wrocław rata czynszu była wyższa i wynosiła 4,1–5,3 dt pszenicy z ha. W opinii ankietowanych kierowników wysokość płaconego czynszu dzierżawnego (średnio – 2,4 dt/ha) była oceniana jako przeciętna i badane gospodarstwa nie korzystały z odroczonej płatności czynszu, nie występowały także o restrukturyzację zadłużenia.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania w grupie gospodarstw wielkoobszarowych (powyżej 300 ha UR) działających na Dolnym Śląsku wykazały, że w 2004 roku uzyskały one wysokie wskaźniki rentowności sprzedaży, co potwierdzają również wyniki badań gospodarstw wielkoobszarowych prowadzonych przez IER i GŻ.

Analiza poziomu cen skupu zbóż (pszenicy i żyta) w latach 2004–2005 wskazuje, że po dużym spadku cen bezpośrednio po akcesji do UE ich wysokość utrzymuje się na stałym poziomie, co według ankietowanych kierowników wpłynęło na decyzje dotyczące

zmniejszenia ich udziału w planowanych zasiewach na lata 2005–2006, w największym stopniu w gospodarstwach, w których przekraczały 65% gruntów ornych.

Badanie cen skupu żywca wołowego wskazuje, że po wzroście w 2004 roku utrzymuje się ich wysoki poziom w następnym roku, natomiast ceny skupu żywca wieprzowego po silnym wzroście w 2004 roku zmniejszyły się stopniowo w 2005 roku. Ankietowani nie planowali rozszerzenia produkcji zwierzęcej przez zwiększenie поголова zwierząt, gdyż wiąże się to z koniecznością ponoszenia dużych nakładów inwestycyjnych.

Wskazywali natomiast na potrzebę silniejszej integracji gospodarstw wysokotowarowych z odbiorcami surowców rolnych oraz zwiększenia absorpcji środków z sektorowych programów operacyjnych przez gospodarstwa rolne celem sprostania wzrostu konkurencyjności na rynku UE.

PIŚMIENNICTWO

- Gierszewska J., Romanowska M.: 2002. Analiza strategiczna przedsiębiorstwa. PWE, Warszawa.
- Guzewicz W.: 2005. Sytuacja produkcyjno-ekonomiczna dzierżawców rolnych. Mat. konf. Dzierżawa rolna trwałą formą gospodarowania w rolnictwie polskim, SGGW Warszawa, marzec 2005 r.
- Guzewicz W., Kulawik J.: 2005. Ranking 300. Nowe Życie gospodarcze nr 22.
- Lipiński M.: 2005. Agencja Rynku Rolnego – administrowanie mechanizmami handlowymi Wspólnej Polityki Rolnej. Biuletyn Informacyjny ARR nr 9 (171), s. 18–22.
- Skawińska E.: 2002. Konkurencyjność przedsiębiorstw – nowe podejście. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Wenerski R.: 2005. Wspieranie polskich przedsiębiorców rolnych – Formy i skala interwencji ARR w 2005 roku. Biuletyn Informacyjny ARR nr 9 (171), s. 8–16.

MARKET ASPECTS IN MANAGING LARGE-AGRARIAN FARMS IN LOWER SILESIA

S u m m a r y

A comparative analysis of purchasing prices has been made, concerning different types of crops, beef and pork in the market in the years 2004–2005. Opinions of managers of large-agrarian farms in Lower Silesia have been presented, concerning changes and barriers that occur in enterprise microenvironment. An increase of land tenure costs and purchasing costs from the ANR in Lower Silesia and in the whole country has been shown.

KEY WORDS: farm of large area, agrarian market, managing an arable farm, managers opinions

Recenzent: dr hab. inż. Wiesław Musiał prof. nadzw. – Akademia Rolnicza w Krakowie

Marek Stachowiak

**WYDAJNOŚĆ PRACY I STRUKTURA CZASU PRACY
PRZY WYKONYWANIU ZABIEGÓW OCHRONY ROŚLIN
I UŻYCIU OPRYSKIWACZA TYPU „HP-300” I DAWCE
CIECZY ROBOCZEJ 600 [DM³HA⁻¹] W UPRAWACH
OGÓRKÓW SZKLARNIOWYCH WCZESNYCH
PRODUCTION CAPACITY OF WORK AND STRUCTURE
OF LABOUR TIME OF CHEMICAL PLANT PROTECTION
AND USE SPRAYER „HP-300” AND DOSE LIQUIT 600 [DM³HA⁻¹]
IN GREENHOUSES IN EARLY CUCUMBER CULTIVATION**

*Katedra Ekonomiki i Organizacji Rolnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Economic and Organization of Agriculture, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

Celem pracy było określenie wydajności pracy oraz struktury czasu pracy chemicznych zabiegów ochrony roślin wykonywanych techniką opryskiwania przy użyciu opryskiwacza typu „HP-300” przy dawce cieczy roboczej 600 [dm³ha⁻¹] w uprawach ogórków szklarniowych wczesnych. Łącznie uzyskano 16 fotografii dnia pracy, średnia wydajność pracy wynosiła 0,68 [hah⁻¹]. Udział czasu T₁ i T₂ był zbliżony i wynosił ok. 38 [%].

SŁOWA KLUCZOWE: organizacja pracy, ochrona roślin, ogórek wczesny, szklarnia

WSTĘP

Ochrona roślin ogrodniczych uprawianych pod osłonami cechuje się wysoką intensywnością jej prowadzenia ze względu na potencjalnie wysokie straty w produkcji, jakim ma zapobiec. Prawidłowo prowadzona ochrona roślin to nie tylko wybór odpowiedniej metody walki z patogenami czy szkodnikami, wybór konkretnego preparatu, ale również wybór właściwej techniki zastosowania środka ochrony roślin oraz właściwa organizacja pracy podczas zabiegów ochrony roślin. Zabiegi opryskiwania stosowane są

od początku cyklu produkcyjnego. Niższe dawki cieczy roboczej umożliwiają zastosowanie mniejszych opryskiwaczy, takich jak „HP-300” napędzany energią elektryczną i wymagający dwóch pracowników do obsługi. Umożliwia to zmniejszenie kosztów przeprowadzania zabiegów w postaci mniejszej wartości amortyzacji opryskiwacza i mniejszego kosztu energii napędowej.

Celem niniejszej pracy było określenie wydajności pracy oraz struktury czasu pracy chemicznych zabiegów ochrony roślin wykonywanych techniką opryskiwania przy użyciu opryskiwacza typu „HP-300” przy dawce cieczy roboczej $600 \text{ [dm}^3\text{ha}^{-1}\text{]}$ w uprawach ogórków szklarniowych wczesnych.

MATERIAŁ I METODY

Podstawowym materiałem badawczym w opracowaniu tego zagadnienia była fotografia czasu pracy [Schmidt, 1959]; Kopeć, 1983]. Arkusz fotografii czasu pracy, którym się posługiwano, został opracowany w Pracowni Ekonomiki Ochrony Roślin AR we Wrocławiu. Wszystkie fotografie czasu pracy wykonano w jednym przedsiębiorstwie, które dysponuje szklarniami zblokowanymi typu radzieckiego o powierzchni około $10137,6 \text{ [m}^2\text{]}$. Blok szklarniowy składał się z 22 naw o wymiarach $6,4 \text{ [m]} \times 36 \text{ [m]}$, znajdujących się po obydwu stronach łącznika o szerokości 3 [m] .

Podział czasu pracy przyjęto zgodnie z normą branżową BN-76/9195-01 [Dziennik Norm i Miar 1976] oraz jako drugi – zgodny z proponowanym przez Golinowską [1990].

Wydajność pracy określono adekwatnie do właściwych czasów zgodnie z normą branżową BN-77/9195-02 [Dziennik Norm i Miar 1977] według wzoru na techniczną wydajność pracy [Schmidt, 1969]. Do określenia ilości wykonywanej pracy zastosowano formułę na normę pracy zaproponowaną przez Kopia [1962]. W badaniach przyjęto za jeden cykl czas, w którym napełniony został i wykorzystany zbiornik opryskiwacza o pojemności $300 \text{ [dm}^3\text{]}$.

Obserwacji poddane zostały zabiegi zastosowania fungicydów i insektycydów przeprowadzone przy użyciu opryskiwacza typu „HP-300” (firmy „Vanjet”) wyposażonego w lance zakończone 10-12 dyszami o $\varnothing 0,6 \text{ mm}$ przy użytej dawce cieczy roboczej $600 \text{ [dm}^3\text{ha}^{-1}\text{]}$ i ciśnieniu na manometrze w czasie zabiegu od $5,07$ do $10,1 \text{ [MPa]}$. Badane zabiegi chemicznej ochrony wykonywane były w ramach integrowanej ochrony roślin.

WYNIKI BADAŃ

W okresie od 12.01.1998 roku do 19.02.2002 roku uzyskano 16 fotografii czasu pracy sporządzonych dla zabiegów wykonywanych pomiędzy 6 a 17 dniem od posadzenia roślin na miejsce stałe. Badane zabiegi ochrony roślin wykonywane były systemem pracy brygadowym prostym, brygada składała się z dwóch pracowników wykonujących zabieg, którzy zamieniali się regularnie w czasie pracy wykonywanymi czynnościami. W trakcie opryskiwania jeden z pracowników wchodził z lancą opryskiwacza w mię-

dzyrzedzia i rozwijał przewód doprowadzający ciecz roboczą. Po dojściu do końca nawy otwierał zawór odcinający ciecz od lancy i opryskiwując wycofywał się z nawy, natomiast drugi pracownik nawijał przewód doprowadzający ciecz roboczą na bęben opryskiwacza, stopniowo wybierając jego luz. Przy każdym zabiegu obecny był pracownik średniego szczebla zarządzania, wyposażony w środki ochrony osobistej i apteczkę, którego zadaniem było czuwanie nad prawidłowym przeprowadzeniem zabiegu i bezpieczeństwem przy pracy. Wynagrodzenie za wykonywane zabiegi ochrony roślin naliczano zgodnie z systemem czasowym, aczkolwiek wewnątrz brygady obowiązywały przepisy, zgodnie z którymi wykonywanie danego zadania było podstawą do uznania pracownikowi określonego czasu pracy.

Schemat procesu technologicznego przy przeprowadzaniu zabiegów ochrony roślin jest zgodny z przyjętym za Golinowską [1990] i przedstawionym z niewielkimi zmianami przez Stachowiaka [1999]. Wyniki badań przedstawione zostały w tabelach 1 i 2. Średnia wydajność pracy (tab. 1) kształtowała się na poziomie $0,68 \text{ ha h}^{-1}$, rozpiętość pomiędzy wydajnością pracy maksymalną a minimalną stanowiła około 37 [%] wartości średniej. W strukturze czasu pracy największym średnim udziałem charakteryzował się czas T_1 – 38,82 [%] nieznacznie przewyższając T_2 o mniej niż 0,5 [%]. Udziały czasu obsługi technicznej T_3 i czasu dojazdów T_6 był zbliżone każdy do ok. 11 [%], a czas usuwania usterek T_4 i straty czasu z przyczyn niezależnych od badanej maszyny T_8 – stanowiły łącznie mniej niż 1,5%.

Porównanie tego typu zabiegów do danych z literatury nastęrcza pewne trudności związane z tym, że mamy do czynienia albo z innymi typami opryskiwaczy, albo badane zabiegi były przeprowadzane w innych warunkach. Uzyskana wydajność pracy jest zbliżona do wyników otrzymanych przez Stachowiaka [1999] i Golinowską, Kilarską [1989] i jest mniejsza od wyników uzyskanych przez Sztudera [1985] do ok. 1,4 razy oraz większa niż wydajność opryskiwaczy taczkowych w sadach ok. 1,7 razy [Martyna, Kurzawiński, 1977]. Udział T_1 jest niższy ok. 20–10 [%] niż w badaniach Golinowskiej i Kilarskiej, [1989] oraz Stachowiaka [1999], ok. 2-krotnie Martyny i Kurzawińskiego [1977], na zbliżonym poziomie do badań Golinowskiej [1990] oraz 2–3-krotnie większy niż u autora Sztudera [1985]. Podobnie w stosunku do danych z literatury zróżnicowany jest udział czasu T_2 .

Zbliżony udział T_1 i T_2 w badaniach własnych jest konsekwencją określonego sposobu przeprowadzania zabiegu – oszczędności czasu na przejściach w głąb nawy mogą być stosunkowo niewielkie, natomiast przygotowanie cieczy roboczej jest krótsze niż w większych opryskiwaczach. Na uwagę zasługuje stosunkowo wysoki – jak na gospodarstwo szklarniowe – udział T_6 , wynikający z „ręcznego transportu opryskiwacza” oraz wysoki udział czasu T_3 , który zostaje rekompensowany niskimi udziałami czasów „straconych” T_4 i T_8 .

Tabela 1

Table 1

Struktura czasu pracy zgodnie z normą branżową BN-76/9195-01 i wydajność pracy w czasie wykonywania zabiegów ochrony roślin opryskiwania upraw ogórków szklarniowych wczesnych przy użyciu opryskiwacza HP300 i dawce cieczy roboczej 600 [dm³ ha⁻¹]

Structure of labour time according to sectoral norm BN-76/9195-01 and production capacity while at practice plant protection treatment spraying cultivation of greenhouse tomato with use sprayer "HP-300" and dose working liquid 600 [dm³ ha⁻¹]

| Lp. No. | Wyszczególnienie Specification | Udział Participation [%] | | | Wydajność pracy Productivity of labour [hah ⁻¹] | | |
|---------|--|--------------------------|-------|--------|---|------|------|
| | | Średnia Average | Min. | Max. | Średnia Average | Min. | Max. |
| 1. | Efektywny czas pracy T1 Base time | 38,82 | 33,63 | 44,22 | 1,74 | 1,62 | 1,89 |
| 2. | Czas pomocniczy T2 Auxiliary time | 38,46 | 34,70 | 41,83 | – | – | – |
| 3. | Operacyjny czas pracy T02 Operation time | 77,28 | 68,30 | 83,83 | 0,87 | 0,81 | 0,97 |
| 4. | Czas obsługi techn. T3 Technical service activity time | 11,00 | 7,68 | 15,86 | – | – | – |
| 5. | Czas usuwania usterek T4 Deletion of fault time | 0,33 | 0,00 | 0,92 | – | – | – |
| 6. | Roboczy czas pracy – produkcyjny T04 Labour time – productive | 88,61 | 82,44 | 92,20 | 0,76 | 0,64 | 0,85 |
| 7. | Czas odpoczynku T5 Rest time | 0,00 | 0,00 | 0,00 | – | – | – |
| 8. | Czas przejazdów trans. T6 Arrival time | 10,51 | 6,28 | 16,11 | – | – | – |
| 9. | Czas codziennej obsł. techn. maszyn tow. T7 Daily of service activity of techn. machine concomitant | 0,00 | 0,00 | 0,00 | – | – | – |
| 10. | Ogólny czas zmiany T07 General duty time | 99,12 | 97,03 | 100,00 | – | – | – |
| 11. | Straty czasu z przyczyn niezal. od bad. maszyny T8 Losses of times from reasons independent on researched machine | 0,88 | 0,00 | 2,97 | – | – | – |
| 12. | Czas zmiany kontrol. T08 Control duty time | 100,00 | – | – | 0,67 | 0,54 | 0,79 |
| 13. | Liczba obserwacji Observation quantity | 16 | | | | | |

Źródło: badania własne. Source: Autor's research

Tabela 2

Table 2

Struktura czasu pracy zgodnie z klasyfikacją czasu pracy stosowaną w ochronie roślin i wydajność pracy w czasie wykonywania zabiegów ochrony roślin opryskiwania upraw ogórków szklarniowych wczesnych przy użyciu opryskiwacza HP300 i dawce cieczy roboczej 600 [dm³ha⁻¹]
Structure of labour time according to classification labour time in plant protection and production capacity while at practice plant protection treatment spraying cultivation of greenhouse tomato with use sprayer "HP-300" and dose working liquid 600 [dm³ha⁻¹]

| Lp. No | Wyszczególnienie Specification | Udział Participation [%] | | | Wydajność pracy Productivity of labour [hah ⁻¹] | | |
|--------|--|--------------------------|-------|--------|---|------|------|
| | | Średnia Average | Min. | Max. | Średnia Average | Min. | Max. |
| 1. | Czas główny Base time | 38,82 | 33,63 | 44,22 | 1,74 | 1,62 | 1,89 |
| 2. | Czas pomocniczy Auxiliary time | 38,46 | 34,77 | 41,83 | – | – | – |
| 3. | Czas operacyjny Operation time | 77,27 | 68,40 | 83,83 | 0,87 | 0,81 | 0,97 |
| 4. | Czas przygotowawczo-zakończeniowy Preparation finishing time | 11,00 | 7,68 | 15,86 | – | – | – |
| 5. | Czas właściwy Preparation finishing time | 88,27 | 82,44 | 91,18 | 0,77 | 0,64 | 0,86 |
| 6. | Czas przejazdów Proper time | 10,51 | 6,28 | 16,11 | – | – | – |
| 7. | Czas produktywny Arrival time | 98,78 | 97,03 | 100,00 | 0,68 | 0,58 | 0,79 |
| 8. | Czas stracony Productive time | 1,21 | 0,00 | 2,97 | – | – | – |
| 9. | Czas całkowity Total time | 100,00 | – | – | 0,68 | 0,57 | 0,79 |
| 10. | Liczba obserwacji Observation quantity | 16 | | | | | |

Źródło: badania własne. Source: Autor's research

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Podczas wykonywania chemicznych zabiegów opryskiwania opryskiwaczem „HP-300” udział czasu głównego i pomocniczego – pozostawał na zbliżonym poziomie (ok. 38 [%]), co można uznać za charakterystyczny element struktury czasu pracy dla tego typu zabiegów.

2. Średnia wydajność pracy dla czasu całkowitego wynosiła (ok. 0,68 [hah⁻¹]) była zbliżona do danych innych autorów dotyczących zabiegów opryskiwania w szklarniach.

3. Pomimo małych odległości transportowych – udział czasu przejazdów – był znacząco wysoki, co wynika z niezastosowania mechanicznej siły pociągowej.

4. Niski udział strat czasu pracy (T_4 i T_8) przy wysokim udziale czasu obsługi technicznej (T_3) świadczy o dużej dbałości pracowników o powierzony im sprzęt i jego dobrym stanie technicznym.

PIŚMIENNICTWO

- 1976: BN-76/9195-01 Dziennik Norm i Miar, Nr 11, poz. 39.
1977: BN-77/9195-02 Dziennik Norm i Miar, Nr 14, poz. 50.
Golinowska M., Kilarska M.: 1989. Organizacja pracy przy zabiegach ochrony roślin w szklarniach. Zesz. Nauk. AR Wroc. 177, Rol. XLIX, 167–177.
Golinowska M.: 1990. Organizacja pracy w ochronie roślin. Roczn. Nauk Rol., Seria G, Tom 85, Zesz. 3, 101–114.
Kopeć B.: 1962. Ekonomia i organizacja gospodarstw rolniczych w zarysie. PWRiL, Warszawa, 138–141.
Kopeć B.: 1983. Metodyka badań ekonomicznych w gospodarstwach rolnych. Skrypt AR Wrocław 269, 158–190.
Martyna S., Kurzawiński J.: 1977. Zapotrzebowanie pracy przy zastosowaniu różnych typów opryskiwaczy w sadach gminy Jodłownik, Zesz. Nauk. AR Kraków, nr 125, Ogrodnictwo Z. 5, 85–97.
Schmidt S.: 1959. Metodyka technicznego normowania pracy w rolnictwie. PWRiL, Warszawa, ss 124.
Stachowiak M.: 1999. Organizacja pracy przy wykonywaniu chemicznych zabiegów ochrony roślin w szklarniach na przykładzie pomidorów. Zesz. Nauk. AR Wrocław 368, Rol. LXXV, 153–161.
Sztuder Z.: 1985. Organizacja pracy wykonawczej w ochronie roślin, Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol., z 246, 203–214.

PRODUCTION CAPACITY OF WORK AND STRUCTURE OF LABOUR TIME OF CHEMICAL PLANT PROTECTION AND USE SPRAYER „HP-300” AND DOSE LIQUIT 600 [DM³HA⁻¹] IN GREENHOUSES IN EARLY CUCUMBER CULTIVATION

S u m m a r y

The aim of the work was determination of production capacity of labour and structure of time labour of chemical plant protection treatment executable spraying technique with use sprayer “HP-300” and dose working liquid 600 [dm³ha⁻¹] in early cucumber cultivation. It execute 16 photo of labour time, average production capacity of labour amount to 0,68 [hah⁻¹]. Participation of time T_1 and T_2 closer together and amounted to about 38 [%].

KEY WORDS: labour organization, plant protection, early cucumber, greenhouse

Recenzent: prof. dr hab. Bogdan Klepacki – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Marek Stachowiak

**WYDAJNOŚĆ PRACY I STRUKTURA CZASU PRACY PRZY
WYKONYWANIU CHEMICZNYCH ZABIEGÓW OCHRONY
ROŚLIN W SZKLARNIACH TECHNIKĄ ZAMGŁAWIANIA
NA GORĄCO I UŻYCIU ZAMGŁAWIACZA TYPU „K30/10”
W UPRAWACH POMIDORÓW SZKLARNIOWYCH**

**PRODUCTION CAPACITY OF WORK AND STRUCTURE
OF LABOUR TIME AT PRACTICE OF CHEMICAL
PROCEDURE OF PLANT PROTECTION IN GREENHOUSES
ON HOT TECHNIQUE FOG AND USE FOG SPRAYER TYPE
„K30/10” IN CULTIVATIONS OF TOMATOES**

*Katedra Ekonomiki i Organizacji Rolnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Economic and Organization of Agriculture, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

Celem pracy było określenie wydajności pracy oraz struktury czasu pracy chemicznych zabiegów ochrony roślin wykonywanych techniką zamgławiania na gorąco w uprawach pomidorów szklarniowych. Łącznie uzyskano 15 fotografii czasu pracy zabiegów, do których użyto zamgławiacza PulsFog T-30/10 do zastosowania preparatów fungicydowych i insektycydowych. Średnia wydajność pracy wynosiła około 0,98 [ha⁻¹]. Największy udział w strukturze czasu pracy posiadał czas główny: 54,02 [%]. Udział czasu pomocniczego kształtował się na średnim poziomie 14,81 [%].

SŁOWA KLUCZOWE: organizacja pracy, ochrona roślin, pomidor, szklarnia

WSTĘP

Prawidłowa organizacja pracy w czasie wykonywania zabiegów ochrony roślin jest jednym z warunków skuteczności technicznej tych zabiegów, a jednocześnie wpływa korzystnie na ograniczenie kosztów wykorzystywanych zabiegów [Mierzejewska,

Golinowska, 1976]. Technika zamgławiania na gorąco jest bardzo popularna ze względu na stosunkową prostotę wykonania takiego zabiegu, jego ograniczony wpływ fitotoksyczny i wysoką skuteczność techniczną [Kotliński i Sadło, 1994].

Celem niniejszej pracy było określenie wydajności pracy oraz struktury czasu pracy chemicznych zabiegów ochrony roślin wykonywanych techniką zamgławiania na gorąco w uprawach pomidorów szklarniowych.

MATERIAŁ I METODY

Podstawowym materiałem badawczym w opracowaniu tego zagadnienia była fotografia czasu pracy [Schmidt, 1959; Kopeć, 1983]. Arkusz fotografii czasu pracy, którym się posługiwano został opracowany w Pracowni Ekonomiki Ochrony Roślin AR we Wrocławiu. Wszystkie fotografie czasu pracy wykonano w jednym przedsiębiorstwie, które dysponuje szklarniami zablokowanymi typu radzieckiego o powierzchni około 10137,6 m². Blok szklarniowy składał się z 22 naw o wymiarach 6,4 m x 36 m, znajdujących się po obydwu stronach łącznika o szerokości 3 m. Fotografie czasu pracy wykonywano techniką zerowania.

Podział czasu pracy przyjęto zgodnie z normą branżową BN-76/9195-01 [Dziennik Norm i Miar 1976] oraz jako drugi – zgodny z proponowanym przez [Golinowską, 1990].

Wydajność pracy określono adekwatnie do właściwych czasów zgodnie z normą branżową BN-77/9195-02 [Dziennik Norm i Miar 1977] według wzoru na techniczną wydajność pracy [Schmidt, 1969].

Do określenia ilości wykonywanej pracy zastosowano formułę na normę pracy zaproponowaną przez [Kopcia, 1962]. W badaniach przyjęto za jeden cykl czas, w którym napełniony został i wykorzystany zbiornik zamgławiacza o pojemności 20 [dm³].

Obserwacji poddane zostały zabiegi zastosowania fungicydów i insektycydów przeprowadzone przy użyciu zamgławiacza „PulsFog” T-30/10 wyposażonego w dysze o \varnothing 1,2–1,3 [mm] przy użytej dawce cieczy roboczej 20 [dm³ha⁻¹]. Badane zabiegi chemicznej ochrony wykonywane były w ramach integrowanej ochrony roślin.

WYNIKI BADAŃ

W okresie od 28.01.1998 roku do 05.09.2002 roku uzyskano 15 fotografii czasu pracy, z czego 9 sporządzone zostało dla zabiegów wykonywanych pomiędzy 6 a 15 dniem od posadzenia roślin na miejsce stałe, zaś dalsze 6 pomiędzy 183 a 224 dniem. Zabiegi ochrony roślin wykonywane były systemem pracy pojedynczej w godzinach popołudniowych lub wieczorowych. Przeprowadzane zabiegi ochrony roślin nadzorowane były przez pracownika kadry kierowniczej średniego szczebla zgodnie z przepisami bhp. Wynagrodzenie za wykonywane zabiegi ochrony roślin naliczano zgodnie z systemem czasowym, aczkolwiek wewnątrz brygady obowiązywały przepisy, zgodnie z którymi wykonywanie danego zadania było podstawą do uznania pracownikowi określonego czasu pracy.

Proces technologiczny zamglawiania był bardzo prosty, można ująć go w następujące fazy: 1) napełnianie zbiornika zamglawiacza i przygotowanie cieczy roboczej, 2) uruchomienie silnika zamglawiacza, 3) transport zamglawiacza z pracującym silnikiem do końca wewnętrznego łącznika szklarni (jest to czas przeznaczony na rozgrzanie silnika odrzutowego zamglawiacza), 4) zamglawianie ze stopniowym przemieszczaniem się do wyjścia z szklarni.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 1 i 2. Średnia wydajność pracy (tab. 1) w czasie wykonywania tych zabiegów wynosiła $0,98 \text{ [hah}^{-1}\text{]}$, a różnica w rozpiętości tej cechy stanowiła ok. 70% jej średniej wartości, co świadczy o dużych jej wahaniami. Największy udział w strukturze czasu pracy pod względem wartości średniej zajmuje efektywny czas pracy (T_1) – 54,02%. Na kolejnej pozycji znajduje się czas pomocniczy (T_2) – 14,81% nieznacznie przewyższając czas obsługi technicznej (T_3) i czas przejazdów transportowych (T_6). Straty czasu z przyczyn niezależnych od badanej maszyny (T_8) były nieznaczne.

Duże zróżnicowanie pod względem procesu technologicznego i techniki wykonywania zabiegu zdecydowanie ogranicza możliwość w pełni miarodajnego odniesienia uzyskiwanych wyników do danych z literatury dotyczących innych technik wykonywania chemicznych zabiegów ochrony roślin w szklarniach.

W odniesieniu do wyników dotyczących zabiegów opryskiwania uzyskiwanych przez Golinowską i Kilarską [1989] na zbliżonym poziomie jest średni udział czasu głównego, różniący się o ok. 6%. Natomiast w stosunku do danych uzyskanych przez Stachowiaka [1999] jest on na blisko dwukrotnie wyższym poziomie. Udział czasu pomocniczego jest o ok. 2% wyższy u Golinowskiej i Kilarskiej [1989] niż w badaniach własnych, natomiast w cytowanej pracy Stachowiaka [1999] był on blisko 3,5 krotnie większy. Zaś udział czasu przejazdów był około 2,5 krotnie większy niż w cytowanych pracach. Udział przerw był dwukrotnie mniejszy niż w badaniach Stachowiaka [1999] i aż ponad pięciokrotnie mniejszy niż u Golinowskiej i Kilarskiej [1989]. Średnia wydajność pracy była wyższa w badaniach własnych o ok. 40% Golinowskiej i Kilarskiej [1989] i ok. 50% Stachowiaka [1999] niż w cytowanych pracach.

Tak duże różnice w strukturze czasu pracy i wydajności pracy w stosunku do badań cytowanych autorów wynikało przede wszystkim z ograniczenia podczas zabiegów zamglawiania w stosunku do opryskiwania wszelkich czynności pomocniczych (jak np. przejścia jałowe przy opryskiwaniu w głąb nawy) oraz poważnemu uproszczeniu procesu technologicznego. Znaczne skrócenie czasu trwania zabiegu zamglawiania (wyższa wydajność pracy) przy tych samych drogach przejazdów na dodatek bez użycia mechanicznej siły pociągowej oraz dosyć dokładnym przygotowaniu zamglawiacza do pracy spowodowały wzrost udziałów czasów przejazdów i przygotowawczo-zakończeniowych. Natomiast niski udział czasu straconego wynika przede wszystkim z bardzo dobrego stanu technicznego zamglawiaczy przy stratach czasu pracy jedynie z przyczyn organizacyjnych.

Tabela 1

Table 1

Struktura czasu pracy zgodnie z normą branżową BN-76/9195-01 i wydajność pracy w czasie wykonywania zabiegów ochrony roślin zamgławiania upraw pomidorów szklarniowych przy użyciu zamgławiacza K30/10 i dawce cieczy roboczej 20 [dm³ha⁻¹]

Structure of labour time according to sectoral norm BN-76/9195-01 and production capacity while at practice plant protection treatment fog spraying cultivation of greenhouse tomato with use fog-sprayer K30/10 and dose work liquid 20 [dm³ha⁻¹]

| Lp. No. | Wyszczególnienie Items | Udział Participation [%] | | | Wydajność pracy Productivity of labour [ha ⁻¹] | | |
|---------|---|--------------------------------|--------|-------|--|------|------|
| | | Średnia Average | Max. | Min. | Średnia Average | Max. | Min. |
| 1. | Efektywny czas pracy Base time T1 | 54,02 | 65,23 | 39,24 | 1,92 | 2,58 | 1,10 |
| 2. | Czas pomocniczy Auxiliary time T2 | 14,81 | 21,82 | 11,30 | - | - | - |
| 3. | Operacyjny czas pracy Operation time T02 | 68,83 | 79,94 | 59,53 | 1,45 | 1,81 | 0,94 |
| 4. | Czas obsługi technicznej Technical service activity time T3 | 14,03 | 17,57 | 6,35 | - | - | - |
| 5. | Czas usuwania usterek Deletion of fault time T4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | - | - |
| 6. | Roboczy czas pracy – produkcyjny Labour time – productive T04 | 82,86 | 92,50 | 66,10 | 1,20 | 1,51 | 0,82 |
| 7. | Czas odpoczynku Rest time T5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | - | - |
| 8. | Czas przejazdów trans. Arrival time T6 | 13,80 | 21,22 | 7,50 | - | - | - |
| 9. | Czas codz. obsługi techn. maszyn tow. Daily of service activity of techn. machine concomitant T7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | - | - |
| 10. | Ogólny czas zmiany General duty time T07 | 96,66 | 100,00 | 83,14 | - | - | - |
| 11. | Straty czasu z przyczyn niezal. od bad. masz. Losses of times from reasons independent on researched machine T8 | 3,34 | 16,86 | 0,00 | - | - | - |
| 12. | Czas zmiany kontrolnej Control duty time T08 | 100,00 | - | - | 0,98 | 1,30 | 0,64 |
| 13. | Liczba obserwacji Observation quantity | 15 | | | | | |

Źródło: badania własne. Source: autor's research.

Tabela 2

Table 2

Struktura czasu pracy zgodnie z klasyfikacją czasu pracy stosowaną w ochronie roślin i wydajność pracy w czasie wykonywania zabiegów ochrony roślin zamgławiania upraw pomidorów szklarniowych przy użyciu zamgławiacza K30/10 i dawce cieczy roboczej 20 [dm³ha⁻¹]

Structure of labour time according to classification labour time in plant protection and production capacity while at practice plant protection treatment fog spraying cultivation of greenhouse tomato with use fog-sprayer K30/10 and dose working liquid 20 [dm³ha⁻¹]

| Lp. No | Wyszczególnienie Items | Udział Participation [%] | | | Wydajność pracy Productivity of labour [hah ⁻¹] | | |
|--------|--|--------------------------|--------|-------|---|------|------|
| | | Średnia Average | Max. | Min. | Średnia Average | Max. | Min. |
| 1. | Czas główny Base time | 54,02 | 65,23 | 39,24 | 1,92 | 2,58 | 1,10 |
| 2. | Czas pomocniczy Auxiliary time | 14,81 | 21,82 | 11,30 | – | – | – |
| 3. | Czas operacyjny Operation time | 68,83 | 79,94 | 59,53 | 1,45 | 1,81 | 0,94 |
| 4. | Czas przygotowawczo-zakończeniowy Preparation finishing time | 14,03 | 17,57 | 6,35 | – | – | – |
| 5. | Czas właściwy Proper time | 82,86 | 92,50 | 66,10 | 1,20 | 1,51 | 0,82 |
| 6. | Czas przejazdów Arrival time | 13,80 | 21,22 | 7,50 | – | – | – |
| 7. | Czas produktywny Productive time | 96,66 | 100,00 | 83,14 | 1,06 | 1,46 | 0,76 |
| 8. | Czas stracony Lost time | 3,34 | 16,86 | 0,00 | – | – | – |
| 9. | Czas całkowity Total time | 100,00 | – | – | 0,98 | 1,30 | 0,64 |
| 10. | Liczba obserwacji Observation quantity | 15 | | | | | |

Źródło: badania własne. Source: autor's research.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wysunąć następujące wnioski:

1. Elementem struktury czasu pracy charakteryzującym chemiczne zabiegi ochrony roślin wykonywania techniką zamgławiania na gorąco jest wysoki udział czasu efektywnego – 54,02% i stosunkowo niski udział czasu pomocniczego – 14,81%.

2. Średnia wydajność pracy dla czasu zmiany kontrolnej wynosiła 0,98 [hah⁻¹] i była stosunkowo wysoka w odniesieniu do danych cytowanych z literatury dotyczących zabiegów opryskiwania.

3. Znaczne uproszczenie procesu technologicznego podczas zabiegów zamgławiania na gorąco w odniesieniu do zabiegów opryskiwania pozwoliło na uzyskanie dużo większej wydajności pracy oraz znaczącej poprawy struktury czasu pracy wyrażające się wzrostem czasu głównego a ograniczeniem większości pozostałych elementów czasu pracy.

PIŚMIENNICTWO

- 1976: BN-76/9195-01 Dziennik Norm i Miar, Nr 11, poz. 39.
 1977: BN-77/9195-02 Dziennik Norm i Miar, Nr 14, poz. 50.
 Golinowska M., Kilarzka M.: 1989. Organizacja pracy przy zabiegach ochrony roślin w szklarniach. Zesz. Nauk. AR Wroc. 177, Rol. XLIX, 167-177.
 Golinowska M.: 1990. Organizacja pracy w ochronie roślin. Roczn. Nauk Rol., Seria G, Tom 85, Zesz. 3, 101-114.
 Kopeć B.: 1962. Ekonomia i organizacja gospodarstw rolniczych w zarysie. PWRiL, Warszawa, 138-141.
 Kopeć B.: 1983. Metodyka badań ekonomicznych w gospodarstwach rolnych. Skrypt AR Wrocław 269, 158-190.
 Kotliński S., Sadło S.: 1994. Porównanie efektywności opryskiwania szklarni metodą tradycyjną i metodą zamgławiania na gorąco. Integrowane metody produkcji warzyw. Sympozjum z okazji 30-lecia Instytutu Warzywnictwa. Skierniewice. Cz. I, 149-152.
 Mierzejewska W., Golinowska M.: 1976. Koszty i ekonomiczna efektywność chemicznych zabiegów ochrony roślin. PWRiL, Warszawa, 32-35.
 Mierzejewska W.: 1971. Ekonomia i organizacja ochrony roślin, PWRiL, Warszawa, ss. 105.
 Schmidt S.: 1959. Metodyka technicznego normowania pracy w rolnictwie. PWRiL, Warszawa, ss 124.
 Stachowiak M.: 1999. Organizacja pracy przy wykonywaniu chemicznych zabiegów ochrony roślin w szklarniach na przykładzie pomidorów. Zesz. Nauk. AR Wroc. 368, Rol. LXXXV, 153-161.

PRODUCTION CAPACITY OF WORK AND STRUCTURE OF LABOUR TIME AT PRACTICE OF CHEMICAL PROCEDURE OF PLANT PROTECTION IN GREENHOUSES ON HOT TECHNIQUE FOG AND USE FOG SPRAYER TYPE „K30/10” IN CULTIVATIONS OF TOMATOES

S u m m a r y

The aim of the work was determination labour time structures and production capacity of labour of chemical plant protection treatments executable on hot fog technique in cultivation of greenhouse tomatoes. It get including 15 photo of labour time, it use for employment of confectio fog sprayer type PulsFog T-30/10 fungicides and insekticides. Average production capacity of work totaled amount to near 0,98 [hah⁻¹]. Biggest participation owned main time in structure of active time 54,02 [%]. Participation of subsidiary time was formed on average 14,81 [%].

KEY WORDS: labour organization, plant protection, tomato, greenhouse

Recenzent: prof. dr hab. Bogdan Klepacki – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Marek Stachowiak

**ORGANIZACJA PRACY PRZY WYKONYWANIU ZABIEGÓW
DEZYNFEKCYJNYCH OCHRONY ROŚLIN W SZKLARNIACH
TECHNIKĄ OPRYSKIWANIA PO LIKWIDACJI UPRAW
POMIDORÓW PRZY UŻYCIU OPRYSKIWACZA „ŚLĘZA”
I DAWCE CIECZY ROBOCZEJ 3000 DM³HA⁻¹**

**PRODUCTION CAPACITY OF WORK AND STRUCTURE
OF LABOUR TIME OF DISINFECTION PLANT PROTECTION
TREATMENT IN GREENHOUSES SPRAYER TECHNIQUE
AFTER CLEARING OF CULTIVATION OF TOMATOES WITH
USE SPRAYER „ŚLĘZA” AND DOSE WORKING LIQUIT
3000 [DM³HA⁻¹]**

*Katedra Ekonomiki i Organizacji Rolnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Economisc and Organization of Agriculture, Wrocław University
of Enviromental and Life Sciences*

Celem pracy było określenie wydajności pracy oraz struktury czasu pracy chemicznych zabiegów dezynfekcyjnych ochrony roślin wykonywanych techniką opryskiwania przy użyciu opryskiwacza typu „Ślęza-3000” przy dawce cieczy roboczej 3000 [dm³ha⁻¹] w uprawach pomidorów szklarniowych. W wyniku badań uzyskano 16 fotografii dnia pracy. Średnia wydajność pracy wynosiła 0,74 [hah⁻¹], średni udział czasu głównego 16,03 [%], zaś czasu pomocniczego 42,67 [%]. Na uwagę zasługuje wysoki udział czasu obsługi – 24,88 [%] związany z myciem opryskiwacza.

SŁOWA KLUCZOWE: organizacja pracy, ochrona roślin, pomidor, szklarnia

WSTĘP

Zabiegi dezynfekcyjne odgrywają w uprawach szklarniowych szczególne znaczenie, wywierają wpływ na ilość form propagacyjnych, które mogą przetrwać do następnego cyklu produkcyjnego wewnątrz szklarni. Dlatego bardzo ważna jest wysoka skuteczność techniczna ich przeprowadzenia. Unikalną cechą tego typu zabiegów jest to, że przeprowadza się je już pod odcięciem łodygi od korzeni, a więc niejako „na martwych roślinach” – po likwidacji uprawy.

Celem niniejszej pracy było określenie wydajności pracy oraz struktury czasu pracy chemicznych zabiegów dezynfekcyjnych ochrony roślin wykonywanych techniką opryskiwania przy użyciu opryskiwacza typu „Śleza-3000” przy dawce cieczy roboczej $3000 \text{ dm}^3 \text{ ha}^{-1}$ w uprawach pomidorów szklarniowych.

MATERIAŁ I METODY

Podstawowym materiałem badawczym w opracowaniu tego zagadnienia była fotografia czasu pracy [Schmidt, 1959; Kopec, 1983]. Arkusz fotografii czasu pracy, którym się posługiwano, został opracowany w Pracowni Ekonomiki Ochrony Roślin AR we Wrocławiu. Wszystkie fotografie czasu pracy wykonano w jednym przedsiębiorstwie, które dysponuje szklarniami zblokowanymi typu radzieckiego o powierzchni około $10137,6 \text{ m}^2$. Blok szklarniowy składał się z 22 naw o wymiarach $6,4 \text{ m} \times 36 \text{ m}$, znajdujących się po obydwu stronach łącznika o szerokości 3 m .

Podział czasu pracy przyjęto zgodnie z normą branżową BN-76/9195-01 [Dziennik, Norm i Miar, 1976] oraz jako drugi – zgodny z proponowanym przez Golinowską [1990].

Wydajność pracy określono adekwatnie do właściwych czasów zgodnie z normą branżową BN-77/9195-02 [Dziennik Norm i Miar 1977] według wzoru na techniczną wydajność pracy [Schmidt 1969]. Do określenia ilości wykonywanej pracy zastosowano formułę na normę pracy zaproponowaną przez Kopia [1962]. W badaniach przyjęto za jeden cykl czas, w którym napełniony został i wykorzystany zbiornik opryskiwacza o pojemności 1000 dm^3 .

Obserwacji poddane zostały zabiegi zastosowania chemicznych środków ochrony roślin przeprowadzone przy użyciu opryskiwacza typu „Śleza-1001/3” i Śleza „1002” zagregowanego z ciągnikami typu U3512 oraz C-360-3P, wyposażonego w trzy lance zakończone 2 dyszami o $\varnothing 1,5\text{--}2,5 \text{ mm}$ przy użytej dawce cieczy roboczej $3000 \text{ dm}^3 \text{ ha}^{-1}$ i ciśnieniu na manometrze w czasie zabiegu od $1,8\text{--}2,5 \text{ MPa}$. Badane zabiegi chemicznej ochrony wykonywane były w ramach integrowanej ochrony roślin.

WYNIKI BADAŃ

W okresie od 06.10.1998 roku do 18.12.2003 roku uzyskano 16 fotografii czasu pracy sporządzonych dla zabiegów wykonywanych pomiędzy 257 a 329 dniem od posadzenia roślin na miejsce stałe. Badane zabiegi ochrony roślin wykonywane były syste-

mem pracy brygadowym prostym, brygada składała się z trzech pracowników wykonujących zabieg, w tym jednego traktorzysty. Przy każdym zabiegu obecny był pracownik średniego szczebla zarządzania, wyposażony w środki ochrony osobistej i apteczkę, którego zadaniem było czuwanie nad prawidłowym przeprowadzeniem zabiegu i bezpieczeństwem przy pracy. Wynagrodzenie za wykonywane zabiegi ochrony roślin naliczono zgodnie z systemem czasowym, aczkolwiek wewnątrz brygady obowiązywały przepisy, zgodnie z którymi wykonywanie danego zadania było podstawą do uznania pracownikowi określonego czasu pracy. Schemat procesu technologicznego przy przeprowadzaniu zabiegów ochrony roślin jest zgodny z przyjętym za Golinowską [1990] i przedstawionym z niewielkimi zmianami przez Stachowiaka [1999]. Podobnie też zorganizowane było przeprowadzenie samego zabiegu. W przypadku tego typu zabiegów dochodziło do znacznego zużycia substancji biologicznie czynnej $143,88-431,64 \text{ kg ha}^{-1}$.

Wyniki badań przedstawione zostały w tabelach 1 i 2. Średnia wydajność pracy w czasie całkowitym (tab. 1) kształtowała się na poziomie $0,74 \text{ ha h}^{-1}$, a rozpiętość tej cechy stanowi blisko 50 [%] jej średniej wartości. Czas pomocniczy T_2 dominuje w strukturze czasu pracy – średnia 42,67 [%] i jego udział jest ponad 2,5-krotnie wyższy niż udział czasu głównego T_1 – 16,03 [%]. Na drugim miejscu pod względem średniego udziału uplasował się czas obsługi technicznej T_3 ok. 25 [%]. Pozostałe elementy czasu pracy stanowiły poniżej 20 [%] i kształtowały się na średnim poziomie: T_6 – 8,31 [%], T_8 – 2,35 [%], T_4 – 1,56 [%].

W odniesieniu do danych z literatury uzyskana wydajność pracy w czasie całkowitym była nieznacznie wyższa niż w badaniach Golinowskiej i Kilarńskiej [1989] oraz Stachowiaka [1999], ok. 1,7–2,3-krotnie mniejsza niż u Martyny i Kurzawińskiego [1977] oraz Golinowskiej [1990] i stanowi od ok. 0,74 do ok. 1,23 krotności wydajności w badaniach Sztudera [1985]. Średni udział czasu głównego T_1 był wyższy: ok. 2–3-krotnie w badaniach Golinowskiej i Kilarńskiej [1989] oraz Golinowskiej [1990] a także Martyny i Kurzawińskiego [1977], ok. 10% u Stachowiaka [1999] i na zbliżonym poziomie w pracy Sztudera [1985]. Zaś udział czasu pomocniczego T_2 do ok. 10% niższy w stosunku do badań Stachowiaka [1999], od ok. 0,8 krotności do ok. 2 krotnie wyższy niż w badaniach Martyny i Kurzawińskiego [1977] oraz Golinowskiej [1990], do ok. 2–3-krotnie wyższego niż w badaniach Golinowskiej i Kilarńskiej [1989] oraz Sztudera [1985].

Stosunkowo wysoki udział czasu pomocniczego wynika w dużej mierze z bardzo czasochłonnego przygotowania cieczy roboczej, natomiast blisko 25 [%] udział czasu obsługi technicznej T_3 – jest konsekwencją dokładnego mycia zbiornika opryskiwacza i jego elementów roboczych – tak aby usunąć wszelkie pozostałości defoliantów. Takie postępowanie jest niezbędne – aby uniknąć uszkodzeń roślin na innych plantacjach – do których opryskiwania będzie wykorzystywany ten sam sprzęt.

Tabela 1

Table 1

Struktura czasu pracy zgodnie z normą branżową BN-76/9195-01 i wydajność pracy w czasie wykonywania zabiegów dezynfekcyjnych ochrony roślin opryskiwania po likwidacji upraw pomidorów szklarniowych przy użyciu opryskiwacza „Śleza” i dawce cieczy roboczej 3000 [dm³ha⁻¹]

Structure of labour time according to sectoral norm BN-76/9195-01 and production capacity while at practice plant protection treatment of disinfection after liquidation of greenhouse tomato liquidation with use sprayer “Śleza” and dose of working liquid 3000 [dm³ha⁻¹]

| Lp. No | Wyszczególnienie Items | Udział Participation [%] | | | Wydajność pracy Productivity of labour [hah ⁻¹] | | |
|--------|--|--------------------------|-------|--------|---|------|------|
| | | Średnia Average | Min. | Max. | Średnia Average | Min. | Max. |
| 1. | Efektywny czas pracy T1 Base time | 16,03 | 11,21 | 19,12 | 4,28 | 4,13 | 4,52 |
| 2. | Czas pomocniczy T2 Auxiliary time | 42,67 | 33,12 | 52,63 | – | – | – |
| 3. | Operacyjny czas pracy T02 Operation time | 58,70 | 45,33 | 71,54 | 1,23 | 1,15 | 1,35 |
| 4. | Czas obsługi techn. T3 Technical service activity time | 24,88 | 12,33 | 39,05 | – | – | – |
| 5. | Czas usuwania usterek T4 Deletion of fault time | 1,56 | 0,23 | 4,40 | – | – | – |
| 6. | Roboczy czas pracy – produkcyjny T04 Labour time – productive | 85,14 | 80,39 | 89,63 | 0,81 | 0,65 | 0,95 |
| 7. | Czas odpoczynku T5 Rest time | 0,00 | 0,00 | 0,00 | – | – | – |
| 8. | Czas przejazdów trans. T6 Arrival time | 8,31 | 4,73 | 9,69 | – | – | – |
| 9. | Czas codziennej obsłu. techn. maszyn tow. T7 Daily of service activity of techn. machine concomitant | 4,20 | 1,58 | 12,51 | – | – | – |
| 10. | Ogólny czas zmiany T07 General duty time | 97,65 | 95,52 | 100,00 | – | – | – |
| 11. | Straty czasu z przyczyn niezal. od bad. maszyny T8 Losses of times from reasons independent on researched machine | 2,35 | 0,00 | 4,48 | – | – | – |
| 12. | Czas zmiany kontrol. T08 Control duty time | 100,00 | – | – | 0,74 | 0,53 | 0,88 |
| 13. | Liczba obserwacji Observation quantity | 16 | | | | | |

Źródło: badania własne

Source: autor's research

Tabela 2

Table 2

Struktura czasu pracy zgodnie z klasyfikacją czasu pracy stosowaną w ochronie roślin i wydajność pracy w czasie wykonywania zabiegów dezynfekcyjnych ochrony roślin opryskiwania po likwidacji upraw pomidorów szklarniowych przy użyciu opryskiwacza „Śleza” i dawce cieczy roboczej [$3000 \text{ dm}^3 \text{ ha}^{-1}$]

Structure of labour time according to classification labour time in plant protection and production capacity while at practice plant protection treatment of disinfection after liquidation of greenhouse tomato liquidation with use sprayer „Śleza” and dose of working liquid $3000 [\text{dm}^3 \text{ ha}^{-1}]$

| Lp. No | Wyszczególnienie Items | Udział Participation [%] | | | Wydajność pracy Productivity of labour [hah ⁻¹] | | |
|-----------|--|--------------------------------|-------|-------|---|------|------|
| | | Średnia Average | Min. | Max. | Średnia Average | Min. | Max. |
| 1. | Czas główny Base time | 16,03 | 11,21 | 19,16 | 4,28 | 4,13 | 4,52 |
| 2. | Czas pomocniczy Auxiliary time | 42,67 | 33,12 | 52,63 | – | – | – |
| 3. | Czas operacyjny Operation time | 58,70 | 45,33 | 71,54 | 1,23 | 1,15 | 1,35 |
| 4. | Czas przygotowawczo- -zakończeniowy Preparation finishing time | 24,88 | 12,33 | 39,05 | – | – | – |
| 5. | Czas właściwy Proper time | 83,58 | 76,24 | 91,08 | 0,82 | 0,62 | 0,93 |
| 6. | Czas przejazdów Arrival time | 8,31 | 4,73 | 9,69 | – | – | – |
| 7. | Czas produktywny Arrival time | 91,89 | 91,12 | 99,77 | 0,74 | 0,58 | 0,89 |
| 8. | Czas stracony Productive time | 2,81 | 0,23 | 8,88 | – | – | – |
| 9. | Czas całkowity Total time | 100,00 | – | – | 0,74 | 0,53 | 0,88 |
| 10. | Liczba obserwacji Observation quantity | 16 | | | | | |

Źródło: badania własne
Source: autor's research

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wysunąć następujące wnioski:

1. W strukturze czasu pracy dominował średni udział czasu pomocniczego na poziomie 42,67 [%], następnym był czas obsługi technicznej – 24,88 [%] i czas główny – 16,03 [%], co można uznać za charakterystyczną właściwość struktury czasu pracy podczas zabiegów dezynfekcyjnych opryskiwania.

2. Średnia wydajność pracy kształtowała się na poziomie 0,74 hah⁻¹ i była zbliżona do wyników uzyskiwanych przez innych autorów w podobnych warunkach.

3. Znaczący udział czasu obsługi technicznej wynikał z konieczności dokładnego przemycia opryskiwacza po zabiegu – aby uniknąć oparzeń roślin na innych plantacjach.

4. Bardzo duża ilość SBC używana do dezynfekcji miała wpływ na zwiększenie udziału czasu pomocniczego – poprzez wydłużenie czasu przygotowania cieczy roboczej.

PIŚMIENNICTWO

- 1976: BN-76/9195-01 Dziennik Norm i Miar, Nr 11, poz. 39.
1977: BN-77/9195-02 Dziennik Norm i Miar, Nr 14, poz. 50.
Golinowska M., Kilarska M.: 1989. Organizacja pracy przy zabiegach ochrony roślin w szklarniach. Zesz. Nauk. AR Wroc. 177, Rol. XLIX, 167–177.
Golinowska M.: [1990]. Organizacja pracy w ochronie roślin. Roczn. Nauk Rolniczych, Seria G, Tom 85, Zesz. 3, 101–114.
Kopeć B.: 1962. Ekonomia i organizacja gospodarstw rolniczych w zarysie. PWRiL, Warszawa, 138–141.
Kopeć B.: 1983. Metodyka badań ekonomicznych w gospodarstwach rolnych. Skrypt AR Wrocław 269, 158–190.
Martyna S., Kurzawiński J.: 1977. Zapotrzebowanie pracy przy zastosowaniu różnych typów opryskiwaczy w sadach gminy Jodłownik, Zesz. Nauk. AR Kraków, nr 125, Ogrodnictwo Z.5, 85–97.
Schmidt S.: 1959. Metodyka technicznego normowania pracy w rolnictwie. PWRiL, Warszawa, ss 124.
Stachowiak M.: 1999. Organizacja pracy przy wykonywaniu chemicznych zabiegów ochrony roślin w szklarniach na przykładzie pomidorów. Zesz. Nauk. AR Wroc. 368, Rol. LXXXV, 153–161.
Sztuder Z.: 1985. Organizacja pracy wykonawczej w ochronie roślin, Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol., z 246, 203–214.

PRODUCTION CAPACITY OF WORK AND STRUCTURE OF LABOUR TIME OF DISINFECTION PLANT PROTECTION TREATMENT IN GREENHOUSES SPRAYER TECHNIQUE AFTER CLEARING OF CULTIVATION OF TOMATOES WITH USE SPRAYER „ŚLĘZA” AND DOSE WORKING LIQUIT 3000 [DM³HA⁻¹]

S u m m a r y

The aim of the work was determination of production capacity of labour and labour time structures of disinfection treatments of plant protection executable spraying technique with use sprayer “Śleza-3000” at dose of working liquid 3000 [dm³ ha⁻¹] in greenhouse tomato cultivation. During research assemble 16 photo of labour day. Average production capacity was amounted 0,74 [hah⁻¹], average participation of base tame was amounted 16,03 [%], however auxiliary time 42,67 [%]. It deserve note high participation of technical service activity time – 24,88 [%] related with washing of sprayer.

KEY WORDS: labour organization, plant protection, tomato, greenhouse

Recenzent: prof. dr hab. Bogdan Klepacki – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Katarzyna Styła, Agnieszka Wolna-Maruwka

**WPLYW NAWODNIENIA NA LICZEBNOŚĆ RÓŻNYCH GRUP
DROBNOUSTROJÓW W GLEBIE W SADZIE JABŁONIOWYM
PO REPLANTACJI**

**THE EFFECT OF IRRIGATION ON THE OCCURENCE
OF DIFFERENT MICROORGANISMS GROUPS IN THE SOIL
OF APPLE-TREES ORCHARD AFTER REPLANTED**

*Katedra Mikrobiologii Rolnej, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego
w Poznaniu*

*Department of Agricultural Microbiology, August Cieszkowski Agricultural University
of Poznań*

W niniejszym doświadczeniu badano wpływ zróżnicowanego nawodnienia na ogólną liczebność bakterii oraz różnych grup drobnoustrojów (grzybów, promieniowców, azotobakterii proteolitycznych, bakterii rozpuszczających fosforany) w glebie z sadu jabłoniowego po replantacji. W doświadczeniu zastosowano 3 kombinacje nawodnieniowe: W_0 – utrzymanie wilgotności na poziomie opadów naturalnych, W_1 – utrzymanie wilgotności na poziomie $-0,03$ MPa i W_2 – utrzymanie wilgotności na poziomie $-0,01$ MPa. Stwierdzono najwyższą ilość mikroorganizmów w okresie wiosennym lub jesiennym, a najniższą latem. Liczebności drobnoustrojów były zróżnicowane w zależności od zastosowanego poziomu nawodnienia oraz terminu pobierania próbek glebowych. Ponadto, potwierdzono istotne korelacje pomiędzy wartością pH, zawartością węgla organicznego w glebie a liczbą mikroorganizmów w glebie sadu jabłoniowego po replantacji.

SŁOWA KLUCZOWE: replantacja, drobnoustroje, zmęczenie gleby, nawodnienie

WSTĘP

Choroba replantacji w uprawach sadowniczych występuje przy sadzeniu młodych drzew, bezpośrednio lub wkrótce po usunięciu poprzednio rosnących drzew tego samego lub pokrewnego gatunku [Szczygieł, 1993]. Ujemny wpływ zmęczenia gleby w sadach polega na ograniczeniu lub całkowitym zahamowaniu wzrostu, a nawet zamie-

raniu drzew, sadzonych w tych samym miejscu [Szczygieł, 1991]. Typ specyficzny choroby replantacji jest związany z obecnością w glebie pasożytniczych nicieni, grzybów, promieniowców oraz bakterii [Jaffe, Abawi, Mai, 1982; Lipecki, 1999]. Wśród grzybów wywołujących chorobę replantacji wymienia się rodzaje: *Pythium*, *Thielaviopsis*, *Rosellinia*, *Phytophthora*, *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Penicillium* oraz *Alternaria* [Mai i Abawi, 1978; Jeffers i wsp., 1982; Szczygieł, 1997; Rutkowski i wsp., 2000; Sobiczewski, 2000]. Bakterie, które są odpowiedzialne za występowanie zmęczenia gleby w sadach należą do gatunków: *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas putida* [Utkhede i Smith, 1994; Rutkowski i wsp., 2000]. Według Westcott i wsp., [1978] oraz Rutkowskiego i wsp. [2000] promieniowce mogą także osłabiać wzrost drzew. Promieniowce z rodzaju *Actinomyces* wnikają przez oskórek korzeni lub włósniki do epidermy, powodując jej niszczenie i zamieranie [Westcott i wsp., 1978; Rutkowski i wsp., 2000]. Nawodnienie przed replantacją i po replantacji uważane jest za czynnik powodujący zmniejszenie nasilenia chorób replantacyjnych [Pacholak, 1997].

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w 2003 i 2004 roku w sadzie jabłoniowym po replantacji, który mieści się na terenie Rolniczo-Sadowniczego Gospodarstwa Doświadczalnego w Przybrodzie, należącym do Akademii Rolniczej w Poznaniu. Doświadczenie zostało założone na glebie płowej właściwej zbudowanej w warstwie wierzchniej (0–50 cm) z piasków gliniastych lekkich, do piasku gliniastego mocnego.

Sad został założony w 1975 roku. W 1988 roku dokonano pierwszej replantacji bez wcześniejszego przygotowania gleby. W 1994 roku dokonano ponownej replantacji, jednakże po wykarczowaniu drzew zastosowano płytką orkę stosując 2000 kg CaO/ha. Następnie posadzono odmianę jabłoni Šampion, a jako zapylacz odmianę Golden Delicious na podkładce P 60 w rozstawie 3,5 x 1,5 m (1900 drzew/ha). W doświadczeniu zastosowano 3 poziomy nawodnienia, tj.

- W_0 – utrzymanie wilgotności na poziomie opadów naturalnych,
- W_1 – utrzymanie wilgotności na poziomie -0,03 MPA potencjału wodnego gleby,
- W_2 – utrzymanie wilgotności na poziomie -0,01 MPA potencjału wodnego gleby.

Próbki glebowe do analiz pobierano z głębokości 0–20 cm, w trzech terminach w zależności od faz rozwoju jabłoni w sadzie: intensywny wzrost jabłoni (czerwiec), owocowanie/dojrzewanie (sierpień) oraz zbiór owoców połączony z opadem liści (październik). Średnia temperatura oraz suma opadów sezonu wegetacyjnego 2003 (IV–X) wynosiła odpowiednio 15,3 °C i 211,6 mm. Natomiast w drugim roku pobierania próbek (2004) zanotowano średnią temperaturę w wysokości 14,9 °C oraz sumę opadów w ilości 283,0 mm (tab. 1).

W ramach badań mikrobiologicznych oznaczano: ogólną ilość grzybów na pożywce Martina [1950] po 5 dniach inkubacji w temperaturze 24 °C, liczebność promieniowców na pożywce Pochona [Grabińska-Łoniewska, 1999] po 3 dniach inkubacji w temperaturze 24 °C, ogólną ilość bakterii na 2% podłożu agarowym na wyciągu glebowym po 14 dniach inkubacji w temperaturze 28 °C [Löchnis, 1920], liczebność drobnoustrojów proteolitycznych według Rodiny [1968] po 48 h inkubacji w temperaturze 21 °C,

liczebność drobnoustrojów rozpuszczających fosforany [Rodina, 1968] z $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ po 10 dniach inkubacji w temperaturze 28 °C, liczebność bakterii z rodzaju *Azotobacter* według Fenglerowej [1965] po 4 dniach inkubacji w temperaturze 24 °C.

W badanych próbkach oznaczono pH w H_2O metodą potencjometryczną według Ostrowskiej i wsp. [1991] oraz zawartość węgla organicznego metodą Tiurina.

Posiewy zostały wykonane w 5 powtórzeniach, a liczbę poszczególnych drobnoustrojów przeliczono na 1 kg suchej masy gleby i wyrażono w jednostkach tworzących kolonie (jtk). Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji a różnice między średnimi oceniano testem Tukey'a. Oszacowano również zależności pomiędzy właściwościami chemicznymi i liczebnością drobnoustrojów przy użyciu regresji wielorakiej.

Tabela 1

Table 1

Tabela 1. Średnia miesięczna temperatura (°C) i suma opadów (mm) w sezonach wegetacyjnych 2003 i 2004 w Przybrodzie

Table 1 Mean monthly temperature (°C) and sum of precipitation (mm) during the vegetation seasons of 2003 and 2004 in Przybroda

| Miesiąc Months | 2003 | | 2004 | |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| | Temperatura Temperature (°C) | Opady Precipitation (mm) | Temperatura Temperature (°C) | Opady Precipitation (mm) |
| Kwiecień April | 8,9 | 24,5 | 10,0 | 14,9 |
| Maj May | 16,2 | 14,6 | 13,2 | 46,9 |
| Czerwiec June | 20,0 | 24,6 | 16,7 | 63,8 |
| Lipiec July | 20,8 | 85,7 | 18,7 | 41,7 |
| Sierpień August | 20,9 | 14,5 | 21,0 | 41,8 |
| Wrzesień September | 15,2 | 19,8 | 14,9 | 33,3 |
| Październik October | 5,6 | 27,9 | 10,4 | 40,6 |
| Średnia Mean | 15,3 | 30,2 | 14,9 | 40,4 |
| Suma opadów Sum of precipitation | – | 211,6 | – | 283,0 |

WYNIKI I DYSKUSJA

W niniejszym doświadczeniu termin pobierania próbek oraz zastosowane kombinacje nawodnieniowe wpływały (prawie zawsze istotnie) na liczebność grzybów, promieniowców, *Azotobacter*, bakterii proteolitycznych, bakterii rozpuszczających fosforany i ogólną liczebność bakterii w sadzie jabłoniowym po replantacji (tab. 2, 3).

Tabela 2
Table 2

Wpływ terminów pobierania próbek i nawodnienia na liczebność drobnoustrojów w glebie w sadzie jabłoniowym po replantacji w sezonie wegetacyjnym 2003 i 2004 (jtk · kg⁻¹ s. m. gleby)
Influence of date of sampling and irrigation on the numbers of microorganisms in the apple-trees orchard soil after replantation, during the vegetation season 2003 and 2004 (cfu · kg⁻¹ d. m. soil)

| Terminy pobierania próbek Date of sampling | Kombinacje nawodnieniowe Combination of irrigation | 2003 | | 2004 | | |
|---|---|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|---|
| | | Grzyby Fungi x 10 ⁶ | Promieniowce Actinomycetes x 10 ⁶ | Grzyby Fungi x 10 ⁶ | Promieniowce Actinomycetes x 10 ⁶ | Azotobacter Azotobacter x 10 ³ |
| Intensywny wzrost jabłoni Intensive growth of apple-trees | W ₀ | 105,48 bc* | 447,25 a* | 182,22 c* | 856,69 bc* | 0 a* |
| | W ₁ | 38,80 a | 771,07 ab | 102,73 b | 1141,02 c | 0 a |
| | W ₂ | 33,58 a | 517,44 a | 23,74 a | 1696,59 d | 5 b |
| | W ₀ | 130,63 c | 696,74 a | 72,73 ab | 132,16 a | 0 a |
| | W ₁ | 57,35 ab | 378,49 a | 57,57 ab | 365,92 a | 0 a |
| | W ₂ | 41,05 a | 1094,57 ab | 130,66 bc | 533,97 ab | 0 a |
| Zbiór owoców Harvesting of fruits | W ₀ | 238,85 d | 1096,30 ab | 78,96 ab | 471,66 ab | 1 a |
| | W ₁ | 79,38 a b c | 1490,39 b | 58,11 ab | 161,34 a | 3 ab |
| | W ₂ | 55,34 ab | 1484,88 b | 19,48 a | 380,33 a | 2 a |
| | W ₀ | 158,32 b | 746,76 a | 111,30 b | 486,84 a | 0 a |
| Średnie dla poziomów nawodnienia Means for level of irrigation | W ₁ | 58,51 a | 879,98 a | 72,81 ab | 556,09 a | 1 ab |
| | W ₂ | 43,32 a | 1032,30 a | 57,96 a | 870,30 b | 2 b |
| | Intensywny wzrost jabłoni Intensive growth of apple-trees | 59,29 a | 578,59 a | 102,90 a | 1231,43 b | 2 a |
| Średnie dla terminów pobierania próbek Means for date of sampling | Owocowanie /dojrzwanie Fruiting/ripening | 76,34 a | 723,26 a | 86,99 ab | 344,02 a | 0 a |
| | Zbiór owoców Harvesting of fruits | 124,00 b | 1357,19 b | 52,90 b | 337,78 a | 2 a |

* Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $\alpha = 0,05$.

* Means marked with the same letters did not differ significantly at the probability of $\alpha=0.05$.

Tabela 3
Table 3

Wpływ terminów pobierania próbek i nawodnienia na liczebność drobnoustrojów w glebie w sadzie jabłoniowym po replantacji w sezonie wegetacyjnym 2003 i 2004 (jtk · kg⁻¹ s. m. gleby)
Influence of date of sampling and irrigation on the numbers of microorganisms in the apple-trees orchard soil after replantation, during the vegetation season 2003 and 2004 (cfu · kg⁻¹ d. m. soil)

| Terminy pobierania próbek Date of sampling | Kombinacje nawodnieniowe Combination of irrigation | 2003 | | | 2004 | | |
|--|---|--|---|--|--|---|--|
| | | Bakterie proteolityczne Proteolytic bacteria x 10 ⁶ | Bakterie rozpuszczające fosforany Phosphate solubilizing bacteria x 10 ⁶ | Ogólna ilość bakterii The total number of bacteria x 10 ⁶ | Bakterie proteolityczne Proteolytic bacteria x 10 ⁶ | Bakterie rozpuszczające fosforany Phosphate solubilizing bacteria x 10 ⁶ | Ogólna ilość bakterii The total number of bacteria x 10 ⁶ |
| Intensywny wzrost jabłoni Intensive growth of apple-trees | W ₀ | 50,54 a* | 224,20 b* | 2755,84 a* | 49,98 a* | 533,85 ab* | 2927,42 a-c* |
| | W ₁ | 146,49 b | 985,56 a | 2700,82 a | 80,64 a | 1157,59 bc | 3541,15 bc |
| Owocowanie/dojrzwanie Fruiting/ripening | W ₀ | 266,12 c | 654,36 a-c | 2551,19 a | 77,45 a | 1845,34 c | 6783,00 e |
| | W ₁ | 15,17 a | 348,76 bc | 2810,03 a | 27,25 a | 297,18 a | 668,45 d |
| Zbiór owoców Harvesting of fruits | W ₀ | 39,61 a | 458,79 a-c | 3507,50 a | 63,27 a | 941,60 ab | 2582,76 a-d |
| | W ₁ | 62,51 a | 693,05 a-c | 3948,51 a | 211,72 b | 1857,55 c | 3992,95 c |
| Średnie dla poziomów nawodnienia Means for levels of irrigation | W ₀ | 25,88 a | 730,41 a-c | 4539,35 a | 35,44 a | 325,61 ab | 1589,60 abd |
| | W ₁ | 40,04 a | 982,85 a | 4349,31 a | 40,58 a | 609,40 ab | 1107,45 ad |
| Średnie dla poziomów nawodnienia Means for levels of irrigation | W ₀ | 30,06 a | 892,00 ac | 3643,21 a | 61,21 a | 630,61 ab | 2884,50 a-c |
| | W ₁ | 30,53 a | 434,46 b | 3368,41 a | 37,56 a | 385,55 a | 1728,49 a |
| Średnie dla terminów pobierania próbek Means for date of sampling | W ₀ | 75,38 b | 809,07 a | 3519,21 a | 61,50 a | 902,86 b | 2410,46 a |
| | W ₁ | 19,57 c | 746,69 a | 3380,97 a | 116,79 b | 1444,50 c | 4553,61 b |
| Intensywny wzrost jabłoni Intensive growth of apple-trees | W ₀ | 154,38 a | 621,37 ab | 2669,28 a | 69,36 ab | 1178,92 a | 4417,32 b |
| | W ₁ | 39,10 b | 500,20 a | 3422,01 ab | 100,75 b | 1032,11 a | 2414,72 a |
| Owocowanie/dojrzwanie Fruiting/ripening | W ₀ | 31,99 b | 868,64 b | 4177,29 b | 45,74 a | 521,87 b | 1860,52 a |
| | W ₁ | | | | | | |

* Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $\alpha = 0,05$.

* Means marked with the same letters did not differ significantly at the probability of $\alpha = 0,05$.

Niezależnie od nawodnienia liczebność grzybów (tab. 2), promieniowców (tab. 2), *Azotobacter* (tab. 2), bakterii rozpuszczających fosforany (tab. 3) i ogólna liczebność bakterii (tab. 3) była najwyższa jesienią, tj. po zbiorze owoców i prawie zawsze najniższą wiosną w pierwszym roku badań, tj. 2003. W tym samym roku stwierdzono także najwyższą ilość bakterii proteolitycznych wiosną (tab. 3). W kolejnym roku pobierania próbek stwierdzono wysoką ilość grzybów (tab. 2), promieniowców (tab. 2), *Azotobacter* (tab. 2), bakterii rozpuszczających fosforany (tab. 3) i ogólnej liczebności bakterii (tab. 3) wiosną, tj. w okresie intensywnego wzrostu jabłoni w sadzie a niską jesienią. Jedynie liczba bakterii proteolitycznych była najwyższa latem (tab. 3). Wyniki przedstawione w tej pracy są zgodne z uzyskanymi przez Pacholaka i wsp. [2004]. Autorzy ci także zaobserwowali wzrost liczby drobnoustrojów w terminach wiosennych lub jesiennych w kolejnych latach badań. Również Bis [2002] stwierdziła, że maksymalny rozwój grzybów przypada na okres wiosenny i jesienny.

Bielińska i Domżał [1998] wskazują także na sezonowe wahania zmiany odczynu gleby. Podobnie jak Bielińska i Domżał [1998] autorki tej pracy stwierdziły wzrost pH wiosną, spadek wartości pH latem i ponowny jej wzrost w terminie jesiennym (tab. 4). Zatem sezonowe zmiany w liczebności drobnoustrojów były związane z okresowymi zmianami wartości pH w glebie.

Na liczebność drobnoustrojów występujących w glebie wpływ mają także warunki jej uprawy. Według Zydlik i Pacholaka [2004] zabiegi agrotechniczne, takie jak nawożenie i nawodnienie, istotnie wpływają na aktywność mikroorganizmów glebowych. W naszym przypadku nawodnienie prawie zawsze wpływało istotnie na ilość drobnoustrojów (tab. 2, 3) w glebie w sadzie jabłoniowym po replantacji w latach 2003 i 2004. Jedynie w 2003 roku nawodnienie nie modyfikowało ogólnej liczebności bakterii (tab. 3). Drażkiewicz [1989] uważa, że ilość i stan wody w glebie wywierają zasadniczy wpływ na wzrost i rozwój w niej mikroorganizmów. Wykazano we wszystkich badanych terminach w latach 2003 i 2004 wysoką ilość grzybów w kombinacji W_0 , a niską w kombinacji W_2 . Jedynie w okresie letnim w 2004 roku zaobserwowano wzrost liczby tych mikroorganizmów w kombinacji intensywnie nawadnianej- W_2 (tab. 2). Najwyższą liczbę promieniowców zanotowano w kombinacjach nawadnianych W_1 (wiosna, jesień-2003) lub W_2 (lato, jesień – 2003 rok, wiosna, lato 2004) a najniższą w kombinacji bez nawodnienia – W_0 (tab. 2). Także potwierdzono wzrost ilości promieniowców w kombinacjach bez nawodnienia (W_0) w okresie jesiennym w 2004 roku. Zanotowano wysokie liczebności bakterii proteolitycznych (tab. 3) oraz rozpuszczających fosforany (tab. 3) na obiektach nawadnianych (W_1 – wiosna, jesień – 2003 rok lub W_2 – w pozostałych terminach) oraz niskie w kombinacjach bez nawodnienia – W_0 . Liczba *Azotobacter* (tab. 2), oraz ogólna ilość bakterii (tab. 3) były zróżnicowane w poszczególnych terminach pobierania próbek w kolejnych latach badań. Ich wysoką ilość w tych okresach zaobserwowano na obiektach nawadnianych ($-0,03\text{MPa}$, $-0,01\text{MPa}$) jak i w kombinacji bez nawodnienia (W_0) w pierwszym roku badań w okresie wiosennym (tab. 2). Drażkiewicz [1989] oraz Kobus [1995] stwierdzili, że grzyby mogą rozwijać się przy bardzo małej wilgotności, co potwierdzają także wyniki tej pracy. Podobne relacje pomiędzy wilgotnością gleby a liczebnością drobnoustrojów (szczególnie w ilości grzybów) uzyskali również Rutkowski i wsp. [2000] oraz Pacholak i wsp. [2004]. Także Gołębiowska [1986] oraz Paul i Clark [2000] uważają, że bakterie i promieniowce pobierają więcej wody niż grzyby. Również Pacholak i wsp. [2004] zanotowali na tym samym badanym obiekcie w latach 2000–2003 wyższą ilość *Azotobacter* w kombinacji W_2 , podobnie jak

autorki tej pracy. Jednakże wyniki dotyczące ogólnej ilości bakterii są odmienne od uzyskanych przez Pacholaka i wsp. [2004], którzy zaobserwowali wzrost liczby tej grupy drobnoustrojów w kombinacji bez nawodnienia, tj. W_0 . Ponadto, w kombinacjach nawadnianych – W_1 i W_2 zaobserwowano także wyższą wartość pH zarówno w latach 2003, jak i 2004, tj. 4,5–6,38 w porównaniu z kombinacją bez nawodnienia – W_0 , tj. 3,42–5,14 (tab. 4). Zatem czynnikiem wpływającym na wzrost liczebności drobnoustrojów w kombinacjach nawodnieniowych (tj. –0,03MPa, –0,01MPa) oraz grzybów w kombinacji bez nawodnienia (W_0) była optymalna wartość pH.

Tabela 4

Table 4

Wpływ terminów pobierania próbek i nawodnienia na wartość pH_{H₂O} oraz zawartość węgla organicznego w glebie w sadzie jabłoniowym po replantacji w sezonie wegetacyjnym 2003 i 2004
Influence of date of sampling and irrigation on pH_{H₂O} and contents total of organic carbon in the apple-trees orchard soil after replantation, during the vegetation season 2003 and 2004

| Terminy pobierania próbek Date of sampling | Kombinacje nawodnieniowe Combination of irrigation | 2003 | | 2004 | |
|--|--|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | | pH _{H₂O} | Corg. (g · kg ⁻¹) | pH _{H₂O} | Corg. (g · kg ⁻¹) |
| Intensywny wzrost jabłoni Intensive growth of apple-trees | W_0 | 4,76 a* | 8,31 a* | 5,14 ab* | 8,71 ab* |
| | W_1 | 5,42 a-c | 8,96 a | 5,36 a-c | 8,92 ab |
| | W_2 | 5,80 bc | 8,18 a | 6,38 c | 8,47 ab |
| Owocowanie/dojrzewanie Fruiting/ripering | W_0 | 4,85 ab | 8,32 a | 3,42 a | 8,91 ab |
| | W_1 | 4,82 ab | 7,89 a | 4,76 a | 9,43 b |
| | W_2 | 5,90 c | 7,87 a | 5,37 a-c | 8,20 ab |
| Zbiór owoców Harvesting of fruits | W_0 | 4,79 a | 10,15 a | 4,55 a | 6,93 ac |
| | W_1 | 5,66 a-c | 10,20 a | 4,50 a | 7,50 a-c |
| | W_2 | 5,79 bc | 9,82 a | 6,02 bc | 5,45 c |
| Średnie dla poziomów nawodnienia Means for level of irrigation | W_0 | 4,80 a | 8,92 a | 4,37 a | 8,18 ab |
| | W_1 | 5,30 b | 9,02 a | 4,87 b | 8,62 b |
| | W_2 | 5,83 c | 8,62 a | 5,92 c | 7,37 a |
| Średnie dla terminów pobierania próbek Means for date of sampling | Intensywny wzrost jabłoni Intensive growth of apple-trees | 5,33 a | 8,48 a | 5,63 c | 8,70 b |
| | Owocowanie /dojrzewanie Fruiting/ripering | 5,19 a | 8,03 a | 4,51 a | 8,85 b |
| | Zbiór owoców Harvesting of fruits | 5,41 a | 10,06 b | 5,02 b | 6,62 a |

* Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $\alpha = 0,05$.

* Means marked with the same letters did not differ significantly at the probability of $\alpha=0.05$.

Według Nowaka [1998], bakterie na ogół rozwijają się lepiej w środowisku przy odczynie obojętnym lub lekko zasadowym, natomiast grzyby rozwijają się dobrze przy niższych wartościach pH. Także Bis [2002] oraz Kobus [1995] uważają, że najbardziej optymalne pH środowiska dla grzybów jest lekko kwaśne. Wyniki badań prowadzonych przez autorki tej pracy są zgodne z uzyskanymi przez Kobusa [1995] Nowaka [1998] i Bis [2002].

Zaobserwowano także wyższą zawartość węgla organicznego w kombinacji W₁ (-0,03MPa), tj. 7,89–10,20 g · kg⁻¹ w 2003 roku oraz 7,50–9,43 g · kg⁻¹ w 2004 roku, a niższą w kombinacjach W₀ (8,31–10,15 g · kg⁻¹ w 2003 roku oraz 6,93–8,91 g · kg⁻¹ w 2004 lub W₂, tj. 7,87–9,82 g · kg⁻¹; 5,45–8,47 g · kg⁻¹ (tab. 4). Stężenie jonów wodorowych oraz odpowiedni poziom materii organicznej mogły wpływać na wzrost liczebności badanych mikroorganizmów w poszczególnych kombinacjach nawodnieniowych. Kobus [1995] uważa, że głównym czynnikiem ograniczającym aktywność drobnoustrojów jest zawartość dostępnej dla nich materii organicznej. Według Kozaneckiej i wsp. [1996] rozwój i aktywność drobnoustrojów zależy od: pH, zawartości substancji organicznej, poszczególnych pierwiastków, wilgotności, temperatury oraz sposobu uprawy i ochrony roślin.

Również uzyskane współczynniki korelacji świadczą o istotnych zależnościach pomiędzy C_{org.} oraz wartością pH_{H₂O}, a liczbą badanych grup drobnoustrojów (tab. 5). Omawiane w niniejszej pracy wyniki potwierdzają zatem wzrost aktywności mikrobiologicznej gleby w tych terminach, a szczególnie w tych kombinacjach nawodnieniowych, w których zanotowano jednocześnie korzystne właściwości chemiczne gleby.

Tabela 5

Table 5

Współczynniki korelacji pomiędzy pH_{H₂O} zawartością C organicznego a liczebnością drobnoustrojów

Correlation coefficients between pH_{H₂O}, contents total of organic carbon and numbers of microorganisms

| Grupy drobnoustrojów Groups of microorganisms | pH _{H₂O} | Węgiel organiczny The total organic carbon |
|--|------------------------------|---|
| Grzyby Fungi | -0,120 | 0,189** |
| Promieniowce Actinomycetes | 0,450* | 0,208** |
| <i>Azotobacter</i> | 0,275* | 0,288* |
| Bakterie proteolityczne Proteolytic bacteria | 0,126 | -0,020 |
| Bakterie rozpuszczające fosforany Phosphate solubilizing bacteria | 0,405* | 0,199** |
| Ogólna ilość bakterii The total number of bacteria | 0,496* | 0,286* |

* istotne na poziomie istotności $\alpha=0,001$
significantly at the probability of $\alpha=0.001$

** istotne na poziomie istotności $\alpha=0,01$
significantly at the probability of $\alpha=0.01$

WNIOSKI

1. Liczebność grzybów, promieniowców, *Azotobacter*, bakterii proteolitycznych, bakterii rozpuszczających fosforany oraz ogólna liczebność bakterii zmieniała się w sezonie wegetacyjnym jak i w poszczególnych latach badań. Okresom wysokiej aktywności drobnoustrojów w kolejnych latach badań oraz poszczególnych terminach towa-

rzyszył wzrost wartości pH gleby. Zatem aktywność biologiczna środowiska glebowego jest silnie związana z jej odczynem.

2. Stopień nawodnienia był głównym czynnikiem decydującym o ilości mikroorganizmów oraz zawartości węgla w glebie w sadzie jabłoniowym po replantacji.

3. Potwierdzono istotne korelacje pomiędzy wartością pH, zawartością węgla organicznego w glebie a liczbą drobnoustrojów. Zatem właściwości chemiczne gleby kształtują aktywność biologiczną gleby.

PIŚMIENNICTWO

- Bielińska E. J., Domżał H.: 1998. Wpływ zakwaszenia gleby użytkowanej sadowniczo na jej aktywność biochemiczną. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 497–502.
- Bis H.: 2002. Występowanie grzybów toksynotwórczych w środowisku glebowym. [w:] „Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach”. Kat. Mikrobiologii, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja, Kraków, 35–42.
- Drażkiewicz M.: 1989. Relacje pomiędzy fazą stałą gleby a mikroorganizmami. Postępy Mikrobiologii XXVIII, 2–4, 161–172.
- Fenglerowa W.: 1965. Simple method for counting *Azotobacter bacterii* in soil samples. Acta Microbiologica Polonica. 14, 203.
- Gołębiowska J.: 1986. Mikrobiologia Rolnicza. Podręcznik dla studentów akademii rolniczych. Wydanie IV. PWRiL, Warszawa. s. 1–266.
- Grabińska-Loniewska A.: 1999. Ćwiczenia laboratoryjne z mikrobiologii ogólnej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s. 223.
- Jaffe B.A., Abawi G.S., Mai W. F.: 1982. Role of soil microflora and *Pratylenchus penetrans* in an apple replant disease. Phytopathology 72, 247–251.
- Jeffers S.N., Aldwinckle T.J., Burr T.J., Arneson P.A.: 1982. *Phytophthora* and *Pythium* species Associated with Crown Rot in New York Apple Orchards. Phytopathology. 72, 533–538.
- Kobus J.: 1995. Biologiczne procesy a kształtowanie żyzności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421a, 209–219.
- Kozanecka T., Rekosz-Burlaga H., Russel S.: 1996. Aktywność mikrobiologiczna gleby w sadzie jabłoniowym w zależności od sposobu jej utrzymania, nawożenia azotem i wapnowania. Rocz. Glebozn. 47 Supl., 75–84.
- Lipecki J.: 1999. Replantacja sadów. IV Ogólnopolskie Spotkanie Sadowników w Grójcu. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa. Grójec 20–21 stycznia 1999, 3–7.
- Löchnis F.: 1920. Landwirtschaftlich bakteriologisches Praktikum. Berlin.
- Mai W.F., Abawi G. S.: 1978. Determining the cause and extent of apple, cherry, and pear replant diseases under controlled conditions. Phytopathology, 68, 1540–1544.
- Martin J.P.: 1950. Use of acid, rose Bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. Soil Science, 69, 215 – 232.
- Nowak A.: 1998. Mikrobiologia dla kierunków rolniczego, ogrodniczego i ochrona środowiska. Akademia Rolnicza Szczecin. s. 1–122.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z.: 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Katalog. Instytut Ochrony Roślin. Warszawa, s. 47–50.
- Pacholak E.: 1997. Zmęczenie gleby jako groźne zjawisko replantowanych sadów. Seminarium sadownicze Przyroda, 97, 31–36;
- Paul E. L., Clark F. E.: 2000. Mikrobiologia i biochemia gleb. UMCS, Lublin. s. 1–400.
- Rodina A.: 1968. Mikrobiologiczne metody badania wód. PWRiL, Warszawa. s. 1–468.

- Pacholak E., Zydlik Z., Sawicka A.: 2004. Wpływ nawożenia i nawadniania na stan mikrobiologiczny gleby w replantowanym sadzie jabłoniowym. Część II. Liczebność bakterii. PTPN Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Leśnych, 97, 307–316.
- Rutkowski K., Pacholak E., Sawicka A.: 2000. Ocena stanu mikrobiologicznego gleby przy zróżnicowanych warunkach nawożenia i nawadniania w sadzie replantowanym. I. Liczebność bakterii. PTPN Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Leśnych, 89, 175–184.
- Rutkowski K., Pacholak E., Sawicka A.: 2000. Ocena stanu mikrobiologicznego gleby przy zróżnicowanych warunkach nawożenia i nawadniania w sadzie replantowanym. II. Liczebność grzybów i promieniowców. PTPN Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Leśnych, 89, 185–192.
- Sobiczewski P.: 2000. Bakterie kontra „zmęczenie gleby” w sadach i szkółkach. Sad Nowoczesny, 4, 5–6.
- Szczygieł A.: 1991. Choroba replantacji drzew owocowych. Hasło Ogrodnicze, 4, 7–8.
- Szczygieł A.: 1993. Zmęczenie gleby, czyli choroba replantacji. Hasło Ogrodnicze, 8, 8–9.
- Szczygieł A.: 1997. Choroba replantacji w sadach (I). Sad Nowoczesny, 7, 5–6.
- Utkhede R.S., Smith E.M.: 1994. Biotic and abiotic causes of replant problems of fruit trees. Acta Hort., 363, 25–31.
- Westcott S.W., Beer S.V., Israel H.W.: 1978. Interactions between Actinomycetace-like organisms and young apple roots grown in soil conducive to apple replant disease. Phytopathology, 77, 1071–1077.
- Zydlik Z., Pacholak E.: 2004. Wpływ nawożenia i nawadniania na stan mikrobiologiczny gleby w replantowanym sadzie jabłoniowym. Część III Liczebność grzybów i promieniowców. PTPN Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Leśnych, 97, 317–324.

THE EFFECT OF IRRIGATION ON THE OCCURENCE OF DIFFERENT MICROORGANISMS GROUPS IN THE SOIL OF APPLE-TREES ORCHARD AFTER REPLANTED

S u m m a r y

The effect of differentiated irrigation on the occurrence of microorganisms (bacteria, fungi, actinomycetes, *Azotobacter*, proteolytic bacteria, phosphate solubilizing bacteria) in the soil of the apple-trees orchard was investigated. Three levels of irrigation W_0 – maintenance moisture on level rainfall, W_1 – maintenance moisture on level $-0,03\text{MPa}$ potential water soil and W_2 – maintenance moisture on level $-0,01\text{MPa}$ potential water were used. The highest numbers of microorganisms confirmed during autumn time or in the spring time and smallest in the summer time. The numbers of different microorganisms in the soil were diversified in depend on level irrigation and sampling date. A significantly correlation was observed between the numbers of microorganisms and pH, the contents total of organic carbon in the apple-trees orchard soil after replantation.

KEY WORDS: replantation, microorganisms, soil fatigue, irrigation

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Anna Szynkiewicz-Wronek¹, Lidia Sz wajkowska-Michalek²,
Hanna Kwaśna¹, Juliusz Perkowski²

**POPULACJA *PENICILLIUM ADAMETZII* ZALESKI
W OTOCZENIU KORZENI BUKA ZWYCZAJNEGO (*FAGUS
SYLVATICA* L.) I WPLYW GRZYBA NA *ARMILLARIA* SPP.**

**POPULATION OF *PENICILLIUM ADAMETZII* ZALESKI
IN SURROUNDINGS OF ROOTS OF COMMON BEECH (*FAGUS
SYLVATICA* L.) AND ITS EFFECT ON *ARMILLARIA* SPP.**

¹ *Katedra Fitopatologii Leśnej, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego
w Poznaniu*

Department of Forest Pathology, August Cieszkowski Agricultural University of Poznań

² *Katedra Chemii, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu
Department of Chemistry, Agricultural University of Poznań*

W glebie, na oraz w korzeniach 1-roczytnych i 2-letnich pniaków buka doszło do silnego namnożenia się mikrogrzybów. Dominował rodzaj *Penicillium*, którego liczebność wzrosła średnio o 139% po 1 roku i o 279% po 2 latach od ścięcia drzew. Zbadano wpływ surowych metabolitów oraz ekstraktów chloroformowych *P. adamezzii* wyizolowanych z pniaków buka zwyczajnego, na wzrost *A. ostoyae* i *A. gallica*.

Surowe metabolity *P. adamezzii* ograniczały wzrost grzybni i rizomorf *A. ostoyae* o 97% i *A. gallica* o 95% w stosunku do kontroli. Ekstrakty chloroformowe metabolitów *P. adamezzii* w stężeniach 0.000125–0.125% ograniczały wzrost patogenów: *A. ostoyae*: od 14–70% i *A. gallica*: od 24–70%.

SŁOWA KLUCZOWE: *Penicillium adamezzii*, metabolity, *Armillaria*

WSTĘP

Opieńkowa zgnilizna korzeni powodowana przez grzyby rodzaju *Armillaria* (Fr.:Fr.) Staude jest jedną z najgroźniejszych grzybowych chorób infekcyjnych drzewostanów, głównie w umiarkowanej strefie klimatycznej. Znanych jest obecnie 36 gatunków ro-

dzaju *Armillaria* [Kile i wsp., 1991]. W Polsce występuje *A. borealis* Marxm. & Korhonen (opieńka północna), *A. cepistipes* Velen. (opieńka maczugowata), *A. gallica* Marxm. & Romagn. (opieńka bulwiasta), *A. mellea* (Vahl: Fr.) Komm (opieńka miodowa) i *A. ostoyae* (Romagn.) Herink (opieńka ciemna) [Żółciak, 1991; Kowalski i wsp., 1977; Łakomy, 1998; Żółciak, 1999a,b; Łakomy i Siwecki, 2000].

Armillaria ostoyae i *A. gallica* mają największe znaczenie gospodarcze w Polsce. *Armillaria ostoyae* występuje powszechnie; jest najczęściej spotykanym gatunkiem w drzewostanach iglastych. W formie saprotroficznej występuje na pniakach i fragmentach drewna liściastego. *Armillaria gallica* jest mniej groźna. Poraża drzewa wcześniej zasiedlane przez *A. ostoyae*, osobniki osłabione, poddane działaniu czynników stresowych, stare, zamarłe [Mańka, 1998]. W fazie saprotroficznej, podobnie jak *A. ostoyae*, częściej kolonizuje pniaki liściaste, niż iglaste [Rishbeth, 1985b].

Martwe drewno liściaste jest bardzo atrakcyjnym substratem pokarmowym dla opieńki. Pniaki liściaste stanowią bazę pokarmową i przez wiele lat centrum formowania się rizomorf, które są organami infekcyjnymi patogena [Rykowski, 1985]. Im większa i atrakcyjniejsza baza pokarmowa, tym większa agresywność opieńki.

Od lat poszukuje się efektywnych metod ograniczania występowania oraz zmniejszania strat powodowanych przez opieńki [Mwangi i wsp., 1990; Greig, 1991]. Praktycy i naukowcy badają wpływ abiotycznych i biotycznych czynników stymulujących i hamujących rozwój opieńki [Kwaśna i wsp., 2001b]. Badanie tego typu podejmuje się w nadziei wykorzystania tych ostatnich w praktycznej ochronie lasu przed opieńką.

Wydaje się, że wzrost grzybni i rizomorf *Armillaria* spp., może być hamowany przez zbiorowiska grzybów z niektórych gleb i korzeni rośliny. Struktura zbiorowisk mikrogrzybów korzeni i rizosfery drzew jest specyficzna dla gatunku rośliny i zależy od kondycji drzew. Buk zwyczajny w niektórych sytuacjach uchodzi za odporny na infekcję ze strony *Armillaria* i stosowany jest przy przebudowie drzewostanów niszczonej przez opieńkę. Trzebieże oraz pozyskanie buka w drzewostanie powodują pozostawienie pniaków, które ulegają rozkładowi i mineralizacji. Wydaje się, że procesy te przyczyniają się do wzrostu liczebności i aktywności biochemicznej mikroorganizmów oddziaływających na patogena.

Celem pracy było zanalizowanie ilościowe i jakościowe zbiorowisk grzybów z korzeni i otoczenia korzeni buka zwyczajnego oraz jego pniaków 1 i 2 lata po ścięciu drzew. Zbadano wpływ metabolitów *Penicillium adametzii* Zaleski, gatunku najczęściej występującego na/w korzeniach pniaków, na wzrost grzybni i rizomorf *Armillaria* spp.

MATERIAŁY I METODYKA

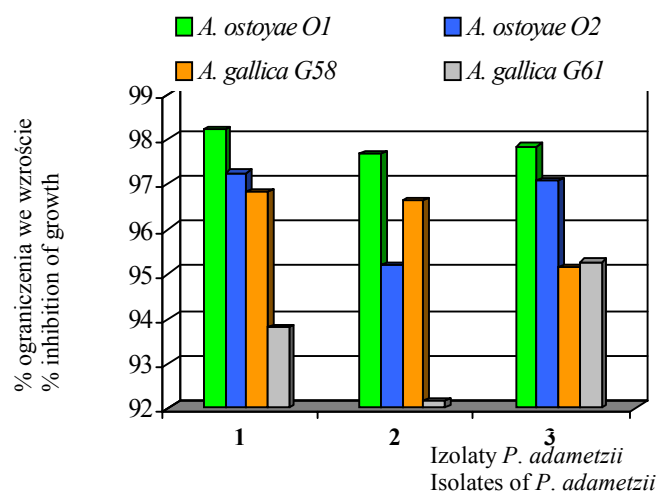
Do badań wybrano 10 drzew 50-letniego buka zwyczajnego w Nadleśnictwie Zielonka, leśnictwie Rakownia, w oddziale 25 o (RDLP Poznań). Próby gleby i korzeni spod każdego drzewa pobrano jesienią 2002, a spod pniaków utworzonych po ścięciu drzew, jesienią 2003 i 2004, z głębokości 20–50 cm. Z każdej próby gleby grzyby izolowano metodą Mańki (1974) po dokładnym zmieszaniu gleby i jej rozcieńczeniu w piasku. W celu izolacji grzybów z rizosfery z każdej próby korzeni po ich dokładnym opłukaniu w silnym strumieniu bieżącej wody przez 10 min, wybierano pięć fragmen-

tów korzeni o długości 1 cm, szerokości 1 cm i płukano w 100 ml wody destylowanej sterylnej przez 10 min. Zawiesinę pozostałą po opłukaniu korzeni rozcieńczano 50-krotnie. 300 µl zawiesiny umieszczano w centrum płytki Petri'ego z pożywką Czapek-Dox z różem bengalskim (KH_2PO_4 , 1g; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, 0.5 g; pepton, 5 g; dekstroza, 10g; 0.3% róż bengalski, 0,03g; streptomycyna, 0.01g; agar, 20 g; woda destylowana, 1 l) i rozprowadzano po powierzchni. Założono 10 powtórzeń dla każdej próby. Płytki inkubowano w temp. 22 °C. W celu izolacji grzybów z korzeni pięć fragmentów korzeni o długości 1 cm, szerokości 1 cm płukano każdorazowo 10 × po 3 min w 100 ml wody destylowanej sterylnej. Następnie korzenie suszono przez 1 godz. w sterylnej bibule filtracyjnej. W warunkach sterylnych zdejmowano z nich korę. Korę i drewno korzeni z każdej próby dzielono na 60 fragmentów i wyłożono na pożywkę glukozowo-ziemniaczaną (PDA: przefiltrowany wyciąg z ziemniaków, 200 g; glukoza, 20 g; agar, 20g; woda destylowana, 1 l). Płytki umieszczono w termostacie w 22 °C. Po upływie 7 dni wyrosłe grzyby odszczepiano na skosy PDA. Po 3 tygodniach z każdego zbiorowiska wyłaniano reprezentację, którą oznaczano w oparciu o morfologię kultur na sztucznych pożywkach.

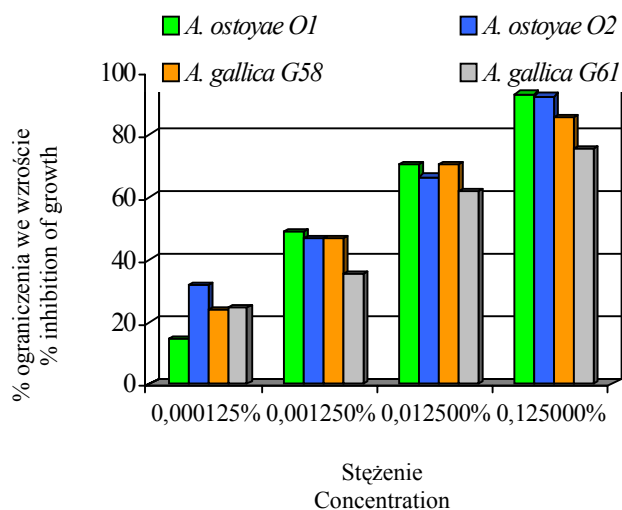
Badanie wpływu surowych metabolitów grzyba *P. adametzii* na wzrost *A. ostoyae* i *A. gallica* prowadzono na przesączu z płynnej pożywki glukozowo-ziemniaczanej pozostałej po hodowli grzyba. Dla potrzeb hodowli 200 ml sterylnej pożywki szczepiono trzema inokulami grzyba o wymiarach 5 mm². Grzybnię inkubowano w temp. 22–25 °C, w cyklu świetlnym dnia i nocy. Po 6 tygodniach wyrosła na powierzchni grzybnię usuwano, pożywkę sączono przez bibulę filtracyjną, a następnie przez sterylną membranę filtracyjną o średnicy por 0.6 µm. Przesącz rozlewano na płytki Petri'ego o średnicy 9 cm. W centrum płytki umieszczano 5 mm² inokulum *Armillaria* i hodowano przez 40 dni w temp. 23 °C w cyklu świetlnym dnia i nocy. Następnie grzybnię zdejmowano, płukano 3 × po 1 min. w gorącej wodzie destylowanej, suszono przez 48 godz. w temp. 45 °C i ważono. Ustalano w procentach masę grzybni patogenu w stosunku do kontroli (patogen na sterylnej, płynnej pożywce glukozowo-ziemniaczanej). Zbadano wpływ surowych metabolitów 3 izolatów *P. adametzii* (Nr 1, 2, 3) na 2 izolaty *A. ostoyae* i *A. gallica* w 4 powtórzeniach.

W celu badania oddziaływania ekstraktów chloroformowych *P. adametzii* na *A. ostoyae* i *A. gallica* hodowano grzyba na pożywce ryżowej (ryż, 250 g; woda destylowana, 50ml). Po 40 dniach inkubacji w temp. 25 °C podłoże przerośnięte grzybem suszono przez 48 godz. w temp. 40°C, mielono i poddawano 3-krotnej ekstrakcji 200 ml chloroformu. Frakcję organiczną odparowywano w wyparce próżniowej w temp. 40 °C i suszono pod strumieniem azotu. Ekstrakty chloroformowe dodawano do pożywki PDA, na której hodowano patogena. Zbadano wpływ następujących stężeń ekstraktów chloroformowych w pożywce: 0,000125%, 0,00125%, 0,0125%, 0,125%. Po 40-dniowej inkubacji w temp. 22 °C grzybnię zdejmowano, płukano 3 × po 1 min w gorącej wodzie destylowanej, suszono przez 48 godz. w temp. 45 °C i ważono. Ustalano w procentach masę grzybni patogenu w stosunku do kontroli (patogen na PDA oraz na PDA z 1% chloroformu).

W obydwu doświadczeniach wyniki sprawdzono statystycznie jednoczynnikową analizą wariancji.



Ryc. 1. Wpływ surowych metabolitów *P. adametzii* na *A. ostoyae* i *A. gallica*
 Fig. 1. The influence of raw metabolites of *P. adametzii* on *A. ostoyae* and *A. gallica*



Ryc. 2. Wpływ poszczególnych stężeń ekstraktów chloroformowych *P. adametzii* na *A. ostoyae* i *A. gallica*
 Fig. 2. The influence of individual concentrations of chloroform extract of *P. adametzii* on *A. ostoyae* and *A. gallica*

WYNIKI I DYSKUSJA

W glebie i na/w korzeniach 1-rocnych i 2-letnich pniaków buka doszło do silnego namnożenia się mikrogrzybów. Dominował rodzaj *Penicillium*, którego liczebność wzrosła średnio o 139% po 1 roku i o 279% po 2 latach od ścięcia drzew (tab. 1). Wyniki są zgodne z badaniami Kwaśnej i wsp. [2001b], którzy obserwowali dominację grzybów rodzaju *Penicillium* w zbiorowiskach wyizolowanych z gleby brzozy, buka, czeremchy, dębu i modrzewia. Wzrost liczebności grzybów rodzaju *Penicillium* wynika z ich uczestnictwa w rozkładzie i mineralizacji korzeni i drewna pniaków. W zbiorowiskach z gleby i korzeni buka dominował *Penicillium adametzii* Zaleski. Zaobserwowano, że jego liczebność po 1 roku i 2 latach po ścięciu drzew wzrosła średnio o 319% i 528% (tab. 2).

Tabela 1

Table 1

Liczba izolatów rodzaju *Penicillium* spod pniaków w 2002, 2003, 2004
Number of isolates of *Penicillium* under stumps in 2002, 2003, 2004

| Rok Year | Rizosfera Rhizosphere | | | | | Kora Bark | | | | | Drewno Wood | | | | | Gleba Soil | | | | Suma Total | |
|-------------|--------------------------|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----------------|----|----|----|----|---------------|----|----|----|---------------|------|
| 2002 | 16 | 15 | 20 | 13 | 17 | 19 | 12 | 29 | 23 | 17 | 5 | 1 | 9 | 10 | 10 | 15 | 16 | 19 | 11 | 14 | 291 |
| 2003 | 24 | 50 | 55 | 37 | 49 | 26 | 16 | 32 | 26 | 32 | 20 | 20 | 39 | 39 | 38 | 19 | 43 | 52 | 36 | 43 | 696 |
| 2004 | 44 | 56 | 78 | 63 | 77 | 39 | 30 | 52 | 49 | 60 | 38 | 20 | 51 | 36 | 46 | 51 | 69 | 79 | 78 | 86 | 1102 |

Tabela 2

Table 2

Liczba izolatów z gatunku *Penicillium adamantzii* spod pniaków w 2002, 2003, 2004
Number of isolates of *Penicillium adamantzii* species under stumps in 2002, 2003, 2004

| Rok Year | Rizosfera Rhizosphere | | | | | Kora Bark | | | | | Drewno Wood | | | | | Gleba Soil | | | | Suma Total | |
|-------------|--------------------------|---|---|---|----|--------------|---|----|---|----|----------------|---|----|----|---|---------------|----|----|----|---------------|-----|
| 2002 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | 16 | 1 | 3 | | | | | 3 | | 1 | 2 | | 2 | 32 |
| 2003 | 3 | 6 | 6 | 6 | 9 | | | 13 | 3 | 12 | | 3 | 1 | 19 | 5 | 8 | 11 | 10 | 8 | 11 | 134 |
| 2004 | 5 | 7 | 8 | 9 | 16 | 8 | 7 | 15 | 8 | 24 | 4 | 3 | 12 | 7 | | 3 | 10 | 15 | 16 | 24 | 201 |

Penicillium adametzii jest pospolitym grzybem glebowym występującym w lasach iglastych i mieszanych. Po raz pierwszy został zidentyfikowany w glebie drzewostanów iglastych przez Karola Zaleskiego w Polsce w 1928 roku [Raper i wsp., 1949]. W Polsce gatunek ten często izolowano z gleby spod sosny zwyczajnej [Przezbórski, 1982, Kwaśna 1995, 1997a, b, c], brzozy brodawkowej [Kwaśna 1996 a, b], dębu bezszypułkowego [Kwaśna i wsp., 2001a, b], a także buka zwyczajnego [Kwaśna i wsp., 2001b]. Kwaśna i Sierota [1999] oraz Kwaśna i wsp. [2000] zaobserwowali również obecność grzyba na gruntach porolnych i nieużytkach.

Przypuszcza się, że grzyby o największej frekwencji w zbiorowisku mogą wywierać pewien wpływ na wzrost i aktywność opieńki. W warunkach *in vitro* surowe metabolity *P. adametzii* ograniczały wzrost grzybni i rizomorf *A. ostoyae* średnio o 97% i *A. gallica* średnio o 95% w stosunku do kontroli (tab. 3). Podobnie u Kwaśnej i wsp. [2001 b] metabolity *P. adametzii* wyizolowanego z gleby spod buka ograniczały wzrost *Armillaria* spp. o 75–100% (ryc. 1). Ekstrakty chloroformowe w warunkach *in vitro* także ograniczały wzrost grzybni i rizomorf *A. ostoyae* o 93% i *A. gallica* o 86% w stężeniu 0,125% (ryc. 2). Ekstrakty chloroformowe metabolitów *P. adametzii* w stężeniach 0.000125%–0.0125% ograniczały wzrost patogenów: *A. ostoyae*: od 14%–70% i *A. gallica*: od 24%–70% (tab. 4). Zaobserwowano słabszy efekt inhibicji przy niższym stężeniu ekstraktów chloroformowych *P. adametzii*. Wyniki naszych badań laboratoryjnych mogłyby świadczyć o potencjalnych możliwościach ograniczania rozwoju opieńki przez *P. adametzii*.

Tabela 3

Table 3

Masa grzybni *Armillaria ostoyae* i *A. gallica* na podłożu zawierającym ekstrakty grzyba *Penicillium adametzii*, w % stosunku do kontroli

Weight of *Armillaria ostoyae* and *A. gallica* mycelium on medium with raw metabolites of *Penicillium adametzii*, (%) compared to control

| Izolat Isolate | Sucha masa grzybni (%) w stosunku do kontroli Weight of dry mycelium, (%) compared to control | | | |
|-----------------------|--|---------------------|----------------------|----------------------|
| | <i>A. ostoyae</i> 1 | <i>A. ostoyae</i> 2 | <i>A. gallica</i> 58 | <i>A. gallica</i> 61 |
| <i>P. adametzii</i> 1 | 1,81** | 2,76** | 3,18** | 6,2** |
| <i>P. adametzii</i> 2 | 2,35** | 4,83** | 3,39** | 7,85** |
| <i>P. adametzii</i> 3 | 2,17** | 2,93** | 4,87** | 4,75** |

** – statystycznie istotne przy $P \leq 0.001$
statistically significant at $P \leq 0.001$

Tabela 4

Table 4

Masa grzybni *Armillaria ostoyae* i *A. gallica* na podłożu zawierającym ekstrakty chloroformowe *Penicillium adametzii*, w % stosunku do kontroli

Weight of *Armillaria ostoyae* and *A. gallica* mycelium on medium with chloroform extracts of *Penicillium adametzii*, (%) compared to control

| Stężenie ekstraktu Concentration of extract | Sucha masa grzybni w % stosunku do kontroli Weight of dry mycelium, (%) compared to control | | | |
|--|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | <i>A. ostoyae</i> O1 | <i>A. gallica</i> G58 | <i>A. ostoyae</i> O2 | <i>A. gallica</i> G61 |
| 0,000125% | 85,8 | 76,36 | 68,18 | 75,72 |
| 0,00125% | 51,16* | 53,5* | 53,42* | 64,87 |
| 0,0125% | 29,63* | 29,78* | 33,46* | 38,0* |
| 0,125% | 6,9** | 14,45* | 7,64** | 24,42* |

* – statystycznie istotne przy $P \leq 0.05$
statistically significant at $P \leq 0.05$

** – statystycznie istotne przy $P \leq 0.001$
statistically significant at $P \leq 0.001$

Grzyby z rodzaju *Penicillium* tworzą wiele związków o charakterze antybiotyków działających fungistatycznie w stosunku do innych grzybów [Chełkowski, 1985; Domsch i wsp., 1980]. Produkują metabolity hamujące wzrost grzybni i rizomorf opieńki. Również inne grzyby, np. z rodzaju *Trichoderma* są powszechnie znanymi antagonistami opieńki *in vitro* i *in vivo*, [Hagle i Shaw, 1991; Kwaśna, 1996 a, b]. Rodzaj *Trichoderma*, zwłaszcza *T. viride* powszechnie występuje w środowisku lasu, egzystuje na wielu substratach dzięki produkcji enzymów hydrolitycznych i celulolitycznych, ma tendencję do bardzo szybkiego wzrostu, obfitego zarodnikowania. Grzyby te ograniczają wzrost innych grzybów dzięki tworzeniu substancji fungitoksycznych (głównie antybiotyków peptydowych). Mają również zdolność do pasożytnictwa [Gotfredsen i Vangedal, 1965; Yamano i wsp., 1970; Widden i Scattolin, 1988; Betina, 1989]. Z innych grzybów *Geotrichum candidum* Link, *Aspergillus kanagawaensis* Nehira, *Clohostachys candelabrum* (Bonorden, Schroers) oraz przedstawiciele podgromady *Basidiomycotina* posiadają zdolności hamowania wzrostu i aktywności *Armillaria* [Kwaśna i wsp., 2001 b; Saito, 1965].

Otrzymane wyniki stanowią podstawę do stwierdzenia, że *P. adametzii* produkuje związki, które hamują wzrost grzybni i rizomorf opieńki. Wzrost liczebności tego gatunku w zbiorowisku na/w korzeniach pniaków buka skłania do przypuszczeń, że może on być poważnym konkurentem w zdobywaniu pokarmu i przestrzeni życiowej usuwając bazę pokarmową *Armillaria*. Jego oddziaływanie antagonistycznie dodatkowo skłania do zainteresowania tym gatunkiem z punktu widzenia ewentualnego wykorzystania go w praktycznej ochronie lasu.

PIŚMIENNICTWO

- Betina V.: 1989. Mycotoxins: Chemical, Biological and Environmental Aspects. Bio. Molec., 9, Amsterdam.
- Chełkowski J.: 1985. Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy. SGGW-AR, Warszawa, s. 96.
- Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H.: 1980. Compendium of soil fungi. London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco, Acad. Press., s. 892.
- Gotfredsen W.O., Vangedal S.: 1965. Trichodermin, a new sesquiterpene antibiotic. Acta Chem. Scan., 19, 1088–1103.
- Grieg B.: 1991. Stump fumigation as a control measure against honey fungus. For. Comm. Bull., 97, 188–196.
- Hagle S.K., Shaw C.G.III.: 1991. Avoiding and Reducing Losses from *Armillaria* Root Disease. [W:] "Armillaria root rot". Red. C.G.III Shaw I G.A. Kile. Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 157–173.
- Kile A.G., McDonald G.I., Byler J.W.: 1991. Ecology and Disease in Natural Forests [W:] "Armillaria root rot". Red. C.G.III Shaw, G.A. Kile. Forest Service, U.S. Department of Agriculture: 102–121.
- Kowalski T., Leszczyński K., Wąsik R.: 1997. Badania nad stanem zdrowotnym świerka *Picea abies* (L.) Karst. w drzewostanach Gorczańskiego Parku Narodowego. Zesz. Nauk. AR Krak., 26, 103–119;

- Kwaśna H.: 1995. Fungal communities in soil beneath Scots pine and their stumps. Effect of fungi on *Heterobasidion annosum* and *Armillaria ostoyae* growth. *Acta Mycol.*, 30, 193–205.
- Kwaśna H.: 1996a. Mycobionta of birch and birch roots and their possible effect to the infection by *Armillaria* spp. (Romagn.) Herink growth. Part I. *Acta Mycol.*, 31, 101–110.
- Kwaśna H.: 1996b. Mycobionta of birch and birch roots and their possible effect to the infection by *Armillaria* spp. (Romagn.) Herink growth. Part II. *Acta Mycol.*, 31, 110–122.
- Kwaśna H.: 1997 a. Fungi on the surface of roots of Scots pine and its stumps and their effect on *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. and *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink growth. *Pol. Agric. Ann.*, 26, 109–123.
- Kwaśna H.: 1997b. Antagonistic effect of fungi from Scots pine stumps roots against *Heterobasidion annosum* and *Armillaria ostoyae*. *Acta Mycol.*, 32, 369–381.
- Kwaśna H.: 1997 c. Antagonistic effect of fungi communities from Scots pine fine roots on *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. and *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink growth. *Phytopath. Pol.*, 13, 133–146.
- Kwaśna H., Sierota Z.: 1999. Structure of fungal communities in barren post agricultural soil 1-and 2 years after pine sawdust application. *Phytopath. Pol.*, 15, 126–130.
- Kwaśna H., Sierota Z., Bateman G. L.: 2000. Fungal communities in fallow soil before and after amending with pine sawdust. *Appl. Soil Ecol.*, 14, 177–182;
- Kwaśna H., Kotyńska U., Łakomy P., Mallett K.: 2001a. Stimulation of *Armillaria* rhizomorph growth by oak root fungi. *Acta Mycol.*, 36 (2), 257–272.
- Kwaśna H., Manka M., Sierota Z., Łakomy P., Szewczyk W.: 2001b. Określenie czynników wpływających na zagrożenie chorobowe drzewostanów ze strony opieńki oraz sposobów przeciwdziałania im. Akademia Rolnicza w Poznaniu, IBL, Poznań-Warszawa, 1–88.
- Łakomy P.: 1998. Monitoring huby korzeni i opieńkowej zgnilizny korzeni w wybranych uprawach sosnowych Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej. *Rocz. AR Poz., Rozpr. Nauk.*, 283, 1–120.
- Łakomy P., Siwecki R.: 2000. Gatunki z rodzaju *Armillaria* występujące w Nadleśnictwie Smolarz. *Sylwan*, 4, 115–121.
- Mańka K.: 1974. Zbiorowiska grzybów jako kryterium oceny wpływu środowiska na choroby roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 160, 9–23.
- Mańka K.: 1998. Fitopatologia leśna. PWRiL, Warszawa. s. 290.
- Mwangi L., Lin D., Hubbes M.: 1990. Chemical factors in *Pinus strobus* inhibitory to *Armillaria ostoyae*. *Eur. J. For Path.*, 20, 8–14.
- Przezbórski A.: 1982. Terenowe i laboratoryjne badania nad możliwościami biologicznej ochrony sosny zwyczajnej przed zakaźną zgorzelą siewek. *Rocz. AR Poz. Roz. Nauk.*, 124, 1–103.
- Raper K.B.: Thom Ch., Fennel D.I.: 1949. A manual of the Penicillia. The Williams & Wilkins Company, Baltimore, USA.
- Rishbeth J.: 1985b. Infection cycle of *Armillaria* and host response. *Eur. J. For. Path.*, 15, 332–341.
- Rykowski K.: 1985. Niektóre troficzne uwarunkowania patogeniczności *Armillaria mellea* (Vahl) Quel. w uprawach sosnowych. *Prace IBL*, 640.
- Saito T.: 1965. Coactions between litter-decomposing hymenomycetes and their associated microorganisms during decomposition of beech litter. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 31, 255–273.
- Widden P., Scattolin V.: 1988. Competitive interactions and ecological strategies of *Trichoderma* species colonizing spruce litter. *Mycol.*, 80, 795–803.
- Yamano T., Hemmi S., Yamamoto I., Tsubaki K.: 1970. Trichoviridin, a new antibiotic. *Chem. Abst.*, 73, 65093.
- Żółciak A.: 1991. Zmienność wewnątrzgatunkowa grzybów z rodzaju *Armillaria* – identyfikacja polskich izolatów z rodzaju *Armillaria*. *Sylwan.*, 11, 27–40.

Żółciak A.: 1999a. Identyfikacja gatunków grzybów z rodzaju *Armillaria* (Fr.:Fr.) Staude w Polsce. Prace IBL, 888, 3–19.

Żółciak A.: 1999b. Występowanie grzybów z rodzaju *Armillaria* (Fr.:Fr.) Staude w kompleksach leśnych w Polsce. Prace IBL, 890, 29–40.

**POPULATION OF *PENICILLIUM ADAMETZII* ZALESKI
IN SURROUNDINGS OF ROOTS OF COMMON BEECH
(*FAGUS SYLVATICA* L.) AND ITS EFFECT ON *ARMILLARIA* SPP.**

S u m m a r y

Penicillium was the dominating genera and *P. adametzii* the most frequent species, in soil and on/in roots of the 1 year- and 2 year-old stumps of beech. Frequency of *P. adametzii* increased more than threefold and more than fivefold one and two years after felling down of trees, respectively. Raw metabolites and chloroform extract from *P. adametzii* mycelium inhibited the growth of *A. ostoyae* and *A. gallica* mycelium and rhizomorphs. The scale of inhibition exerted by raw metabolites amounted to 95–97%. When the chloroform extract was used the highest inhibition of pathogens growth was observed when the highest concentration of extract (0.125%) was used. The lowest concentration of extract (0.000125%) applied had almost no effect on pathogens growth.

KEY WORDS: *Penicillium adametzii*, metabolites, *Armillaria*

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Beata Szwejkowska

**WPLYW SPOSOBU UPRAWY I REAKCJA ODMIAN GROCHU
SIEWNEGO NA WYLEGANIE ORAZ PORAZENIE PRZEZ
CHOROBY**

**IMPACT OF THE TECHNOLOGY OF CULTIVATION
AND VARIETY OF PEA ON THE DISEASE INFECTION
AND PLANT LODGING**

*Katedra Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Department of Plant Production, University of Warmia and Mazury in Olsztyn*

W latach (2001–2003) dokonano oceny wpływu zastosowania zróżnicowanej pod względem intensywności technologii uprawy grochu siewnego na stopień wylegania i porażenia roślin przez choroby, a także odporności odmian na te negatywne zjawiska. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem 4 odmian uprawianych z zastosowaniem trzech technologii różniących się poziomem nakładów: od nisko- poprzez średnio- do wysokonakładowej. Wykazały one, że wielkość poniesionych na uprawę nakładów miała istotny wpływ zarówno na stopień wylegania jak i porażenia przez choroby, a w konsekwencji czynniki te bezpośrednio oddziaływały na wzrost i rozwój roślin badanych odmian grochu siewnego oraz ich plonowanie. Różna była także reakcja badanych odmian na porażenie przez choroby i podatność na wyleganie.

SŁOWA KLUCZOWE: groch siewny, odmiana, technologia uprawy, okres wegetacji, wyleganie, porażenie przez choroby

WSTĘP

Mimo iż w ostatnich latach powierzchnia uprawy grochu dość znacznie zmalała, to nadal wśród roślin strączkowych uprawianych w Polsce zajmuje on dominującą pozycję. Przyczynami postępującego – zwłaszcza w okresie do 2002 roku – zmniejszania powierzchni uprawy grochu są stosunkowo duże – np. w porównaniu ze zbożami – wymagania technologiczne, niestabilne plonowanie, a także zwiększony import wysokobiałkowych pasz sojowych. Groch jako cenna roślina wysokobiałkowa charakteryzuje się bardzo dużą różnorodnością odmian i ich przydatnością co do kierunku uprawy

(jadalne, na paszę jako suche nasiona i na zielonkę). Cechy te są coraz bardziej zauważane przez rolników i od 2003 roku daje się zauważyć nie tylko zahamowanie spadku, ale pewną tendencję wzrostową powierzchni uprawy grochu – podobnie zresztą jak i innych roślin strączkowych.

Na uwagę zasługuje przy tym istotny postęp hodowlany (największy spośród roślin strączkowych), jaki nastąpił w uprawie grochu w ostatnich latach. Jego miarą jest przede wszystkim ponad 50% wzrost średniego plonu. Jednocześnie zwraca się uwagę między innymi [Urbanowski i wsp., 1997], że nie został on jednak w pełni wykorzystany w nowoczesnym systemie gospodarowania.

Oprócz niewątpliwych zalet groch posiada także cechy ujemne, stwierdzone w praktyce, jak również w szeregu badaniach; m.in. Grzebisza [1988], Wiatra [2001, 2003], Andrzejewskiej i wsp. [2002]. Należą do nich głównie dość wysoka skłonność do wylegania, nierównomierne dojrzewanie strąków i nie zawsze wysoki plon nasion, który uzależniony jest w dużej mierze od przebiegu warunków pogodowych podczas okresu wegetacyjnego, w tym szczególnie od sumy i rozkładu opadów, a także od czynników agrotechnicznych.

Celem autora niniejszych badań było przeanalizowanie wpływu trzech technologii uprawy, różniących się poziomem nakładów i intensywnością produkcji, na stopień porażenia przez choroby oraz podatność na wyleganie roślin przed i podczas kwitnienia oraz przed zbiorem, a także odporność badanych odmian grochu siewnego na te negatywne czynniki. W konsekwencji oceniono, jak badane czynniki wpłynęły na plon kilku odmian grochu siewnego.

METODYKA BADAN

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2001–2003 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym Bałcyny k. Ostródy. Ścisłe, dwuczynnikowe doświadczenie polowe, założono na glebie kompleksu pszennego dobrego (2), zaliczanej do klasy bonitacyjnej III b, charakteryzującej się wysoką zasobnością w fosfor i potas, a średnią w magnez, o odczynie pH 6,7. Przedplonem grochu w każdym z lat badań były zboża (pszenica, pszenica i jęczmień).

Czynnikami I doświadczenia były 4 odmiany grochu: Rola i Agra (jadalne, ogólnoużytkowe) oraz Wiato i Sokolik (pastewne). Jako czynnik II przyjęto – zróżnicowane pod względem wielkości i rodzaju nakładów – technologie uprawy. Zróżnicowanie technologii ustalono trzystopniowo na poziomie: nisko- (A), średnio- (B) i wysokonakładowym (C). W nisko- i średnionakładowej technologii uprawy zastosowano jesienią nawożenie fosforowe w dawce 40 kg/ha P_2O_5 (w formie superfosfatu potrójnego) oraz potasowe w dawce 70 kg/ha K_2O (w formie soli potasowej). Natomiast w technologii wysokonakładowej zastosowano dawki: P_2O_5 – 80 kg/ha i K_2O – 140 kg/ha, stosując te same formy nawozu jak w pozostałych technologiach. W technologii niskonakładowej nie stosowano nawożenia azotem, natomiast w średnio nakładowej dodatkowo wiosną zastosowano nawożenie azotem w dawce 30 kg/ha N, a w wysokonakładowej – w dawce 60 kg N/ha. Pozostałe zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne były zgodne z ogólnie

przyjętymi zasadami agrotechniki grochu zalecanymi przez Instytut Ochrony Roślin, natomiast ich zróżnicowanie w zależności od technologii uprawy, było następujące:

- w ramach technologii niskonakładowej (A) nie stosowano zaprawiania nasion, zwalczania chemicznego chorób i szkodników, nawożenia azotem oraz desykcji;
- w uprawie na poziomie średnionakładowym (B) stosowano zaprawianie nasion zaprawą nasienną T, mechaniczną pielęgnację przeciwko chwastom (2-krotne bronowanie) oraz chemiczne zwalczanie szkodników stosując Decis, nie stosowano: dolistnego dokarmiania, zwalczania chorób i desykcji;
- w technologii wysokonakładowej (C) zastosowano wszystkie elementy uprawy począwszy od zaprawiania nasion zaprawą nasienną T, po pielęgnację chemiczną przed chwastami stosując Bładex+Basagran, ochronę przed chorobami, stosując Bravo 500 SC oraz Pencozeb 80 WP i szkodnikami stosując Decis i Fastac, dolistne dokarmianie Basfoliarem 6-12-6 oraz desykcję – Reglone.

W pierwszym i drugim roku doświadczenia siew nasion wykonano w III dekadzie marca, a w trzecim w I dekadzie kwietnia siewnikiem rzędownym, przyjmując za optymalną obsadę 100 nasion na 1 m². Zbioru dokonywano jednoetapowo w każdym z lat badań 31 lipca. Wysokość plonu ustalano przy porównywalnej wilgotności nasion, wynoszącej 14%. Doświadczenie polowe zakładano w układzie split-plot w czterech powtórzeniach, powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 15 m².

WYNIKI

W poszczególnych latach prowadzenia doświadczeń warunki meteorologiczne były istotnie zróżnicowane. Pierwszy rok badań (2001) był ciepły, o średnich temperaturach miesięcznych w okresie wegetacji – wyższych od notowanych z wielolecia – z dostateczną ilością opadów, odpowiadającą wymaganiom grochu. Drugi rok (2002) był chłodniejszy z temperaturą niższą od średniej z wielolecia, z brakiem opadów w miesiącu maju i z nadmiernymi opadami szczególnie w miesiącu czerwcu i lipcu – tj. podczas fazy kwitnienia i zawiązywania strąków. Warunki klimatyczne w trzecim roku doświadczenia (2003) były stosunkowo korzystne, podobne do występujących w pierwszym roku doświadczenia, z umiarkowaną liczbą opadów i średnią temperaturą ciepłą wyższą od temperatury z wielolecia.

Ponieważ przebieg warunków klimatycznych i stopień intensywności uprawy w poszczególnych latach badań był zróżnicowany, dlatego zarówno wzrost i rozwój roślin, stopień skłonności do wylegania oraz podatność poszczególnych odmian grochu na porażenie przez choroby były różne, a uzyskane efekty biologiczne i ekonomiczne uprawy były także zróżnicowane. Ze względu na korzystniejszy przebieg warunków klimatycznych, najlepsze wyniki uzyskano w pierwszym i trzecim roku uprawy. W latach tych dało się jednak zauważyć zróżnicowane nasilenie czynników wpływających na plonowanie – głównie między roślinami uprawianymi z zastosowaniem różnych technologii. I tak, na poletkach z technologią wysokonakładową, nie stwierdzano żadnego porażenia roślin przez patogeny chorobotwórcze w pierwszym i trzecim roku. Natomiast minimalne w drugim roku doświadczeń. W przypadku roślin uprawianych z zastosowaniem technologii średnionakładowej, porażenie przez patogeny było znacznie

mniej zauważalne niż w przypadku technologii najbardziej oszczędnej. W drugim roku badań zauważono natomiast znaczne porażenie roślin przez askochytozę, fuzariozę i mączniaka – i to u wszystkich odmian uprawianych z zastosowaniem niskonakładowej technologii uprawy. W nieco mniejszym natężeniu zjawisko to występowało na polach z technologią średnionakładową. Również – w niewielkim stopniu – patogenami (głównie zarodnikami mączniaka właściwego) porażone były rośliny uprawiane technologią wysokonakładową. Okazało się bowiem, że zastosowanie intensywnej technologii uprawy, zwłaszcza w postaci chemicznej ochrony roślin, dość skutecznie chroniło rośliny, również wówczas, gdy warunki klimatyczne sprzyjały rozwojowi chorób. Zauważono przy tym, że poszczególne odmiany grochu w zróżnicowanym także stopniu były odporne na patogeny chorobotwórcze, co uwidoczniła analiza porównawcza roślin uprawianych w tych samych warunkach.

Odmianami, które były najmniej porażane przez askochytozę, fuzariozę i mączniaka właściwego, były Rola, a następnie Sokolik i za nią Wiato. Natomiast najbardziej podatną na choroby okazała się odmiana Agra (tab. 2).

Drugim badaniem czynnikiem wpływającym na plonowanie była podatność roślin na wyleganie. Stwierdzono przy tym, że zjawisko to nie występowało u żadnej z odmian (niezależnie od zastosowanej technologii uprawy) w fazie przed i podczas kwitnienia. Dlatego należy stwierdzić, że wszystkie badane odmiany w tej fazie wzrostu i rozwoju roślin są odporne na wyleganie. Natomiast przed zbiorem stopień wylegania był szczególnie istotny w przypadku roślin odmiany Agra i Wiato. Odmiana Wiato charakteryzowała się najdłuższymi łodygami i nieparzystopierzastymi liśćmi. Natomiast odmiana Agra, mimo iż jest odmianą o stosunkowo krótkich łodygach w porównaniu do innych badanych odmian, a także wąsolistną wykazała duże skłonności do wylegania przed zbiorem w każdym z lat badań – i to zarówno w uprawie wysokonakładowej jak i w pozostałych. Najmniejszymi skłonnościami do wylegania przed zbiorem charakteryzowała się wąsolistna odmiana Sokolik (tab. 1). Należy przy tym podkreślić, iż w drugim roku badań – w warunkach szczególnie sprzyjających wyleganiu (dużo opadów) – niską skłonność do wylegania (oprócz odmiany Sokolik) zanotowano również w przypadku roślin odmiany Rola. W kontekście zastosowanych technologii uprawy, największe skłonności do wylegania wykazywały rośliny uprawiane w technologii wysokonakładowej, gdzie stosowano najwyższą dawkę nawożenia azotem. Nie mniej jednak zdecydowanych różnic pod względem wylegania w poszczególnych technologiach nie zanotowano (tab. 1).

Poza niekorzystnymi warunkami klimatycznymi, negatywny wpływ na obniżenie plonowania roślin u wszystkich odmian miał także stopień porażenia przez choroby, szczególnie w drugim roku doświadczenia, kiedy to stopień porażenia askochytozą, fuzariozą i mączniakiem właściwym u wszystkich odmian wzrósł. Zanotowany w drugim roku badań plon nasion był najniższy, który w uprawie technologią niskonakładową nie przekroczył 1 tony z ha (wahał się w granicach od 0,6 do 0,8 t·ha⁻¹). W pierwszym i trzecim roku doświadczenia średni plon nasion oscylował w granicach 4 t·ha⁻¹ i był istotnie statystycznie zróżnicowany – szczególnie między technologiami uprawy. Natomiast w drugim roku uprawy wyniósł średnio ok. 2,5 t·ha⁻¹ i był o 38% niższy w stosunku do średniego plonu z pierwszego i trzeciego roku uprawy zarówno w technologii średnio-, jak i wysokonakładowej. zanotowano ponadto międzyodmianowe

zróżnicowanie plonowania (istotnie, największy średni plon nasion dała odmiana Rola, a nieco niższy odmiana Wiato i Sokolik). Natomiast najniżej (średnio o 20 %) w każdym z lat badań plonowała odmiana Agra.

Tabela 1
Table 1

Poziom wylegania przed zbiorem (średnia z trzech lat w 9° skali)
Level plant lodging before properties – Mean of years

| Technologia uprawy Technology | Odmiana Cultivar | | | | Średnio dla technologii Mean of technology |
|---|---------------------|---------|-------|------|---|
| | Rola | Sokolik | Wiato | Agra | |
| | Wyleganie (9°) | | | | |
| A – niskonakładowa | 4,7 | 6,5 | 3,4 | 3,0 | 4,4 |
| B – średnionakładowa | 4,0 | 5,3 | 3,1 | 2,6 | 4,0 |
| C – wysokonakładowa | 3,6 | 4,0 | 2,4 | 2,0 | 3,7 |
| Średnio dla odmian Mean of cultivars | 4,1 | 5,3 | 3,0 | 2,5 | |

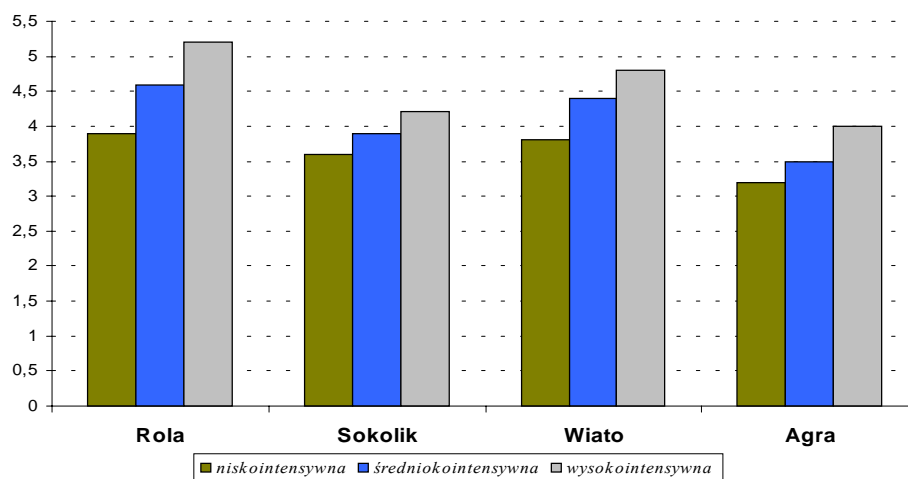
NIR (p=0,05) dla: technologii uprawy – r.n.; odmiany – 2,1
interakcja technologia uprawy x odmiana – r. n.

Tabela 2
Table 2

Porażenie przez choroby askochytozę i fuzariozę (średnia z trzech lat w 9° skali)
Disease infection Ascochyta and Fusarium – Mean of years

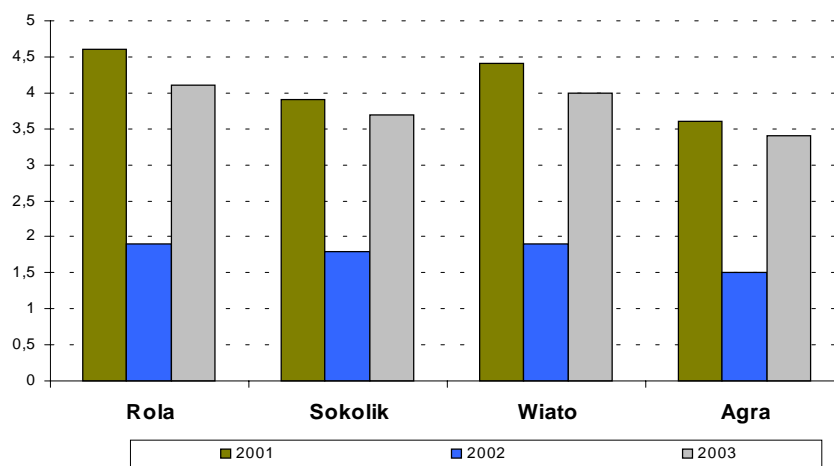
| Technologia uprawy Technology | Odmiana Cultivar | | | | | | | | Średnio dla technologii Mean of technology | |
|----------------------------------|-------------------------------|-----|---------|-----|-------|-----|------|-----|---|-----|
| | Rola | | Sokolik | | Wiato | | Agra | | | |
| | Askochytoza Fuzarioza (9°) | | | | | | | | | |
| A – niskonakładowa | 5,0 | 5,3 | 5,6 | 5,1 | 4,1 | 4,9 | 2,8 | 4,1 | 4,0 | 5,0 |
| B – średnionakładowa | 8,2 | 7,9 | 6,9 | 7,6 | 7,4 | 6,8 | 3,9 | 5,7 | 7,0 | 7,0 |
| C – wysokonakładowa | 0,0 | 8,2 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | 0,0 | 7,1 | 7,3 | 8,0 | 8,0 |
| Średnio Mean | 6,6 | 7,1 | 6,3 | 7,1 | 6,7 | 5,9 | 4,6 | 5,7 | | |

NIR (p=0,05) dla: technologii uprawy – 1,95; odmiany – 0,32.
interakcja technologia uprawy x odmiana – r. n.



Rys. 1. Plony nasion (interakcja lat i odmian)

Fig. 1. Fielding of cultivars pea depending upon intensity of technology



Rys. 2. Plony nasion (interakcja odmian i technologii uprawy)

Fig. 2. Fielding of pea cultivars depending upon years (mean of technology)

DYSKUSJA

Wykazany w badaniach wpływ warunków klimatycznych oraz czynników agrotechnicznych na przebieg wegetacji grochu potwierdzają wcześniejsze badania, m.in. [Grzebisza, 1988; Jasińskiej i Koteckiego, 1993; Szukały i wsp., 1997; Księżaka i Borowieckiego, 1997; oraz Alvino i Leone, 1999]. Wpływ warunków klimatycznych oraz stopień agrotechniki miał istotny wpływ na stopień wylegania przed zbiorem u każdej z odmian. Wiatr [2001] wskazuje, że wyleganie, szczególnie przed zbiorem, dotyka niemal wszystkich odmian, mimo iż w grupie odmian jadalnych przeważają formy wąsolistne, z których znaczna część wyróżnia się zmniejszoną podatnością na tę negatywną cechę. W niniejszych badaniach w największym natężeniu wylegały odmiany w obiektach uprawianych technologią wysokonakładową, a znacznie słabiej w technologii najbardziej oszczędnej – szczególnie w drugim roku doświadczenia, kiedy to pod koniec wegetacji było najwięcej opadów. Należy zauważyć, że w tym niekorzystnym roku uprawy, rośliny odmiany Agra, które wyróżniały się dużą skłonnością do wylegania, były najniższe i nie wylegały nawet przed zbiorem w obiektach z uprawą nisko- i średnionakładową. Trzykrotna bonitacja wylegania potwierdziła, że badane odmiany były odporne na wyleganie we wcześniejszych fazach rozwoju, a mniej odporne przed zbiorem, mimo iż dwie z nich, tj. Agra i Sokolik, są odmianami wąsolistnymi, co potwierdzają badania [Wiatra, 2001]. Odnotowano ponadto negatywny wpływ warunków klimatycznych na wzrost i plonowanie roślin, na skutek niskiej temperatury i zbyt intensywnych opadów (szczególnie w drugim roku badań), w wyniku czego w roku tym nastąpiło znaczące obniżenie plonowania grochu (średnio o 80% w technologii niskonakładowej i 50% w przypadku technologii średnionakładowej) w stosunku do plonu z pierwszego i trzeciego roku badań. Badania Szukały i wsp. [1997], Urbanowskiego i wsp. [1997] dowodzą, iż opady mogą być czynnikiem obniżającym plonowanie jedynie wówczas, gdy występują w nadmiarze i w rozkładzie nie dostosowanym do poszczególnych faz rozwoju roślin. Zastosowane bowiem przez wyżej wymienionych autorów deszczowanie, odpowiednio co do dawki i terminów, przyczyniło się do istotnego wzrostu plonu nasion grochu siewnego.

W drugim roku uprawy zanotowano także zdecydowanie większe natężenie porażenia przez choroby między innymi; askochytozę, fuzariozę i mączniaka właściwego na roślinach wszystkich odmian, w tym szczególnie w uprawie najbardziej oszczędną technologią niskonakładową (bez ochrony chemicznej). Nowoczesna ochrona roślin strączkowych, w tym grochu polega na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod i sposobów zwalczania chorób i szkodników, włączając w to agrotechnikę, dobór odpornych odmian, glebę oraz metody chemiczne i biologiczne w celu skutecznego, bezpiecznego i opłacalnego ograniczenia chorób i szkodników do poziomu, poniżej którego nie wyrządza on szkód. Jednakże mimo tego, mała odporność odmian i niekorzystne warunki klimatyczne, mogą przyczynić się do wystąpienia groźnych chorób – co stwierdzono w niniejszych badaniach – kiedy to wystąpiły: Askochytoza i Fuzarioza. Natomiast minimalne jedynie porażenie chorobami zanotowano w obiektach chronionych chemicznie, czyli uprawianych technologią wysokonakładową, także w drugim roku badań. Wysoka obniżka plonu nasion, szczególnie w technologii niskonakładowej, spowodowana była nie tylko gorszymi warunkami klimatycznymi, ale także negatywnym wpływem

spowodowanym porażeniem roślin przez choroby, co potwierdzają także badania [Majchrzak i wsp., 1998; Wiatra, 2001, 2003].

Czynniki pogodowe, co wykazano np. w badaniach Kulig i Ziółek [1997], a także w niniejszych, przyczyniają się do zróżnicowania wysokości plonów, choć w różnym stopniu i w zależności od zastosowanej technologii uprawy. Średni plon uzyskany przy zastosowaniu minimum nakładów był o ponad półtora raza niższy od średniego plonu uzyskanego w obiektach z technologią wysokonakładową.

Wiatr [2001, 2003] w syntezie wyników doświadczeń odmianowych wskazuje, iż w ocenie wieloletniej, statystycznie udowodniony plon większy od wzorca (ok. 114%), charakteryzował odmianę jadalną Rola, co potwierdzają także niniejsze badania. Jest to odmiana dobrze plonująca, szczególnie w korzystnych warunkach klimatycznych. Natomiast należy zauważyć, że w gorszych warunkach reaguje największą obniżką plonu nasion. Odmiana Agra w badaniach COBORU plonowała o 8–10% powyżej wzorca, a w niniejszych badaniach wyróżniała się najniższym plonem nasion spośród badanych odmian. Niniejsze badania potwierdzają również tezę, iż najbardziej wydajną w mniej sprzyjających warunkach jest odmiana Wiato, która ponadto – wraz z odmianą Sokolik, w największym stopniu reagowała na wzrost poziomu nakładów, a jednocześnie wykazała się najwyższym przyrostem plonu w obiektach z technologią wysokonakładową (C) w porównaniu do obiektów z technologią niskonakładową (A).

WNIOSKI

1. Przebieg czynników klimatycznych w okresie wegetacji wpływał nie tylko na plonowanie, ale także na występowanie chorób, takich jak: askochytoza, fuzarioza oraz mączniak właściwy. Niekorzystne warunki klimatyczne zwiększały natężenie tych chorób, a tym samym dodatkowo obniżały plonowanie.

2. Zastosowanie wysokointensywnej uprawy grochu siewnego chroniło rośliny przed porażeniem przez choroby i miało istotny wpływ na uzyskany plon nasion zarówno w latach o korzystnych, jak i niekorzystnych warunkach klimatycznych podczas okresu wegetacyjnego, a także istotnie ograniczyło naturalny spadek plonowania.

3. Zwiększenie intensywności uprawy grochu prowadziło u wszystkich badanych odmian do większych skłonności do wylegania roślin przed zbiorem w każdym z lat badań, szczególnie w technologii najbardziej intensywnej. Największymi skłonnościami do wylegania przed zbiorem charakteryzowały się rośliny odmiany Agra, a najmniejszymi rośliny odmiany Sokolik.

4. Niezależnie od intensywności uprawy oraz warunków klimatycznych, najwyższym i najwierniejszym plonowaniem wykazała się odmiana jadalna Rola.

PIŚMIENNICTWO

- Alvino A., Leone A.: 1993. Response to low soil water potential in pea genotypes (*Pisum sativum* L.) with different leaf morphology. *Scientia Hort.* 53, s. 21–34.
- Andrzejewska J., Wiatr K., Pilarczyk W.: 2002. Wartość gospodarcza wybranych odmian grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego. *Act. Scien. Polon. Agricultura* 1(1) : 59–72.
- Grzebisz W.: 1988. Warunki wodno-powietrzne gleby, a rozwój systemu korzeniowego roślin uprawnych. *Fragm. Agron.* 19 (3) : 57–70.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 1993. *Rośliny strączkowe*. PWN, Warszawa.
- Kulig B., Ziółek W.: 1997. Plonowanie zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu siewnego i bobiku w zależności od nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446 : 207–212.
- Księżak J., Borowiecki J.: 1997. Plonowanie grochu siewnego z samokończącą odmianą bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446 : 395–399.
- Majchrzak B., Kurowski T., Czajka W.: 1998. Reakcja grochu na grzyby chorobotwórcze w zróżnicowanych warunkach agrotechnicznych. *Zesz. Nauk AR Kraków. Ogródnictwo* 57 s. 191–194.
- Szukała J., Maciejewski S., Sobiech S.: 1997. Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plonowanie bobiku, grochu siewnego i łubinu białego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446 : 247–252.
- Urbanowski S., Rajs T., Piekarczyk M.: 1997. Produkcyjność grochu pastewnego w zmianowaniu tradycyjnym, uproszczonym i monokulturze. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446 : 161–164.
- Wiatr K.: 2001. 2003. *Rośliny strączkowe (Synteza wyników doświadczeń rejestru)*. Słupia Wielka z. 3 i 5.

IMPACT OF THE TECHNOLOGY OF CULTIVATION AND VARIETY OF PEA ON THE DISEASE INFECTION AND PLANT LODGING**S u m m a r y**

The three year's field experiment (2001–2003) was conducted for investigation of impact of the different intensity of technology of pea on plant lodging and disease infestation as well as resistance of plants against unfavorable conditions. Four varieties of pea and three levels of technology intensity were taken under consideration. The study pointed out that the all of those experimental elements meaningfully influenced on disease level of plant infection and plant lodging, and thus directly prevailed on growth, development and plant yielding. The different reaction of pea varieties were observed in all stressed circumstances.

KEY WORDS: pea, variety, technology of cultivation, growing season, lodging, plant diseases infection

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Kotecki – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Jacek Twardowski

**WYSTĘPOWANIE ROZTOCZY (*ARACHNIDA: ACARI*)
W GLEBIE POLA UPRAWNEGO ORAZ SIEDLISKA
BRZEŻNEGO***

**OCCURENCE OF MITES (*ARACHNIDA: ACARI*) IN SOIL
OF ARABLE FIELD AND FIELD BOUNDARY**

*Katedra Ochrony Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Plant Protection, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Badania przeprowadzono w latach 2003–2004, na terenie RZD Swojec Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Celem było określenie różnic w liczebności grup roztoczy występujących w glebie uprawnej na plantacji pszenicy ozimej oraz w glebie siedliska brzeżnego, przyległego do pola uprawnego. W obu siedliskach, w każdym terminie badań pobierano po 24 próby gleby. Roztocze z gleby wyplaszano w aparatach Tullgrena.

W obu latach badań zarówno wiosną, jak i jesienią, łączna liczba *Acari* była zdecydowanie większa w próbach gleby pobranych z siedliska brzeżnego niż w glebie pola uprawnego. Do najliczniejszych grup roztoczy w każdym siedlisku i w każdym terminie pobierania prób należały *Oribatida*. Mniej liczne były *Gamasida* oraz *Prostigmata*. Można, zatem stwierdzić, że intensywne wykonywanie zabiegów uprawowych gleby powoduje istotne ograniczenie liczebności roztoczy glebowych w porównaniu do siedliska nieuprawianego.

SŁOWA KLUCZOWE: roztocze, *Acari*, gleba, pole uprawne, siedlisko brzeżne

WSTĘP

Cechą charakterystyczną intensywnie użytkowanych rolniczo terenów jest zmniejszenie liczebności i różnorodności roślin i zwierząt. Siedliska brzeżne, przyległe do pól uprawnych, o charakterze naturalnym bądź półnaturalnym często stanowią refugium dla większej liczby gatunków roślin, a także dla różnych grup stawonogów [Alvarez i wsp., 2000; Marasas i wsp., 2001]. Siedliska te dostarczają m.in. alternatywnego pokarmu dla

* Część badań wykonano w ramach projektu badawczego KBN 3 P06 R085 25.

fauny pożytecznej, decydują o bardziej sprzyjającym stawnogom mikroklimacie czy o dogodniejszych warunkach do przetrwania. Istnienie siedlisk przyległych do pól poprawia też warunki wzrostu roślin uprawnych oraz zapewnia stabilniejszy plon [Gordon i wsp. 1997]. Struktury takie sprzyjają również występowaniu większej liczby organizmów pożytecznych w obrębie pola. Dość dobrze zbadane w tym względzie są drapieżne chrząszcze i muchówki oraz pasożytnicze błonkówki [Barczak i wsp., 1999; Bennewicz, Kaczorowski, 1997; Sutherland i wsp., 2001; Thomas, Marshall, 1999]. W przypadku mezofauny glebowej, dane dotyczące wpływu siedliska brzeżnego, przylegającego do plantacji, dotyczą głównie skoczogonków [Alvarez i wsp., 2000], brakuje natomiast pozycji w piśmiennictwie opisujących roztocze (*Arachnida*, *Acari*).

Roztocze glebowe zamieszkują wypełnione powietrzem naturalne przestwory w powierzchniowej warstwie gleby. Stawnogi te stanowią najliczniejszą grupę organizmów w glebie, a ich liczba może dochodzić do 100 000 na 1 m² [Boczek, Błaszak, 2005]. Wiele form roztoczy odżywia się detritusem, przyczyniając się do prawidłowego krążenia składników mineralnych w glebie. Są też ważnym czynnikiem glebotwórczym (szczególnie *Oribatida*), odpowiedzialnym za tworzenie struktury gruzełkowatej. Obok saprofitów, wiele form roztoczy jest drapieżcami (*Mesostigmata* i *Prostigmata*), a część odżywia się również bakteriami, glonami, grzybami oraz podziemnymi fragmentami roślin [Boczek, Błaszak, 2005; Górny, 1975].

Celem badań było określenie różnic w liczebności różnych grup roztoczy zasiedlających glebę na plantacji pszenicy ozimej oraz siedliska brzeżnego, przyległego do pola uprawnego.

MIEJSCE I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2003–2004 na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Swojec Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Typ gleby w doświadczeniu określono jako małą właściwą, wytworzoną z piasku gliniastego mocnego pylastego. Pod względem przydatności rolniczej glebę zaliczono do klasy bonitacyjnej IVa oraz kompleksu żytniego bardzo dobrego. Rolę pod zasiew pszenicy ozimej (odmiany Clever) uprawiano w sposób tradycyjny z wykorzystaniem pługa odkładnicowego. Po zbiorze przedplonu (rzepak ozimy) na polu wykonano szereg zabiegów późnych (podorywka, bronowania) oraz przedplonowych (orka średnia, bronowania). Zastosowano standardowe w uprawie pszenicy ozimej nawożenie NPK oraz chemiczne środki zwalczające chwasty i patogeny chorobotwórcze. Nie przeprowadzono zabiegów z użyciem zoocydów.

Siedlisko brzeżne stanowił pas roślinności o szerokości 30 m, bezpośrednio przylegający do jednego z boków pola uprawnego. Zbiorowisko to stanowił głównie zespół roślin trawiastych oraz zielnych z przewagą *Arrhenatherum elatius* (L.), *Artemisia vulgaris* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Chenopodium album* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Cirsium oleraceum* (L.) Scop., *Convolvulus arvensis* L., *Galium mollugo* L., *Phragmites communis* Trin., *Taraxacum officinale* Web., *Urtica dioica* L., i *Vicia cracca* L.

Liczebność i skład jakościowy roztoczy określano w pobieranych próbach gleby. Czynności te wykonywano w dwóch terminach wiosną (2003 rok) oraz w dwóch terminach wiosną i jesienią (2004). We wszystkich terminach badań przeanalizowano po 24 próby gleby z każdego z obiektów. Zarówno na plantacji pszenicy, jak i na pasie brzeżnym próby pobierano wzdłuż jednego z boków pola, w odległości od 2 do 4 metrów od strefy ekotonu, czyli styku między dwoma siedliskami. Odległość pomiędzy miejscami pobierania prób w rzędzie w każdym siedlisku wynosiła 2 metry. Do tego celu użyto pobieraka o średnicy 5 cm i głębokości 10 cm. Taka głębokość pobierania prób wynika z faktu, że większość roztoczy zasiedla glebę do głębokości 10 cm [Górny, 1975]. Wilgotność gleby w trakcie pobierania prób wynosiła średnio od 15 do 18% w okresie wiosennym oraz od 16 do 21% w okresie jesieni.

W laboratorium, roztocze wyplaszano z gleby w aparatach Tullgrena, zmodyfikowanych przez Murphiego [1956]. W aparatach tych żywe organizmy opuszczają glebę pod wpływem światła i ciepła wytwarzanego przez żarówkę o mocy 25W. Odłowione *Acari* przechowywano w 75% alkoholu etylowym, a następnie liczono i selekcyjonowano. Roztocze oznaczono do czterech rzędów, tj. *Oribatida*, *Gamasida*, *Prostigmata*, *Astigmata* [Boczek, Błaszak, 2005]. Piątą grupę stanowiły osobniki nieoznaczone.

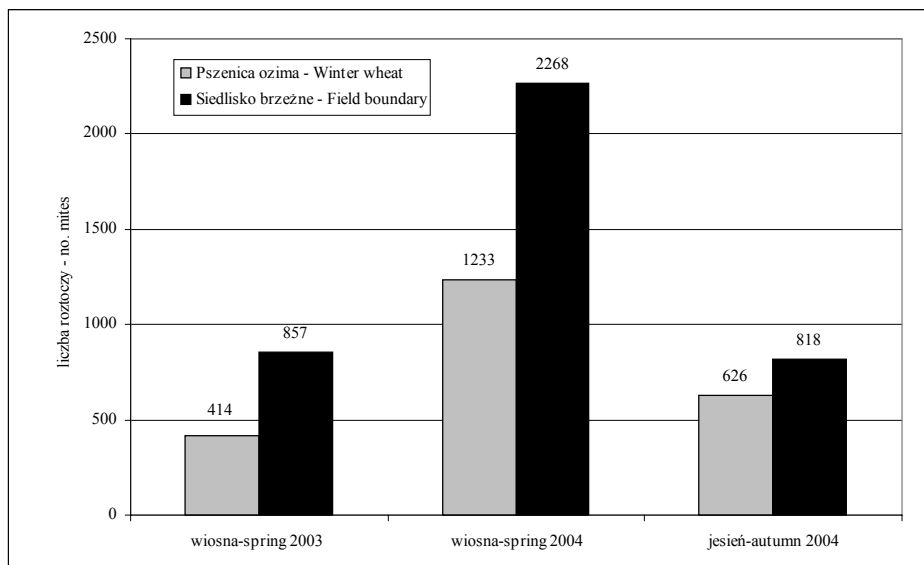
Ocenę statystyczną zebranych wyników wykonywano za pomocą programu Statistica 7.1. Zastosowano analizę wariancji oraz dla porównania średnich test Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

1. Okres wiosenny

W obu latach badań prowadzonych na przełomie kwietnia i maja wykazano, że we wszystkich czterech terminach pobierania prób, łączna liczebność *Acari* była znacznie wyższa w glebie siedliska brzeżnego aniżeli w glebie pola uprawnego (rys. 1). Analiza wariancji danych wykazała, że dwukrotnie różnice te były istotne. W pierwszym terminie 2003 roku (23 kwiecień) odnotowano istotnie więcej roztoczy (21,1 sztuk/24 próby gleby) w siedlisku brzeżnym w porównaniu do plantacji pszenicy ozimej (średnio 5,3 sztuk) (tab. 1). W następnym, 2004 roku, w pierwszym terminie (20 kwietnia) również istotnie więcej roztoczy było w glebie nieuprawianej (51,8 sztuk), aniżeli w glebie uprawnej (14,6 sztuk) (tab. 2).

W każdym siedlisku i w każdym terminie pobierania prób wiosną do najliczniejszych grup *Acari* należały *Oribatida* – mechowce (tab. 1, 2). Mniej liczne były roztocze należące do rzędów *Gamasida* oraz *Prostigmata*, sporadycznie zaś stwierdzano przedstawicieli *Astigmata*. Relacje ilościowe poszczególnych grup *Acari* oznaczanych w próbach gleby z pola uprawnego oraz siedliska przyległego, były podobne jak w przypadku całkowitej liczby roztoczy. W pierwszych terminach pobierania prób w 2003 roku, w siedlisku brzeżnym odnotowano istotnie więcej *Oribatida* oraz *Prostigmata* w porównaniu do liczby tych roztoczy w glebie uprawnej. W 2004 roku ponownie w pierwszym terminie, istotnie więcej mechowców stwierdzono w glebie siedliska przyległego, a dodatkowo istotnie liczniejsze okazały się roztocze należące do rzędu *Gamasida*. *Astigmata* w obu latach stwierdzano w niewielkiej liczbie.



Rys. 1. Liczebność *Acari* w dwóch różnych siedliskach w latach 2003–2004
 Fig. 1. The number of *Acari* recorded in two different sites in 2003–2004

Tabela 1

Table 1

Liczebność *Acari* w glebie pola uprawnego oraz siedliska brzeżnego wiosną 2003 roku
 The number of *Acari* in soil of arable field and field boundary in spring 2003

| Typ siedliska Type of habitat | | <i>Oribatida</i> | | <i>Gamasida</i> | | <i>Prostigmata</i> | | <i>Astigmata</i> | | Inne <i>Acari</i> Other <i>Acari</i> | | Razem Total | |
|---|-----------------|------------------|------|-----------------|-----|--------------------|-----|------------------|-----|---|-----|----------------|------|
| | | I* | II** | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II |
| Pszenica ozima Winter wheat | Suma Total | 69 | 246 | 40 | 27 | 16 | 13 | | 1 | 1 | 1 | 126 | 288 |
| | Średnia Mean | 2,9b*** | 10,3 | 1,7 | 1,1 | 0,7 b | 0,5 | | | 0,1 | 0,1 | 5,3 b | 12,0 |
| Siedlisko brzeżne Field boundary | Suma Total | 374 | 287 | 77 | 26 | 40 | 21 | 29 | 3 | | | 520 | 337 |
| | Średnia Mean | 15,6 a | 12,0 | 3,2 | 1,1 | 1,7 a | 0,9 | 1,2 | 0,1 | | | 21,1a | 14,0 |

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (23 kwietnia)

– 1st time of collecting soil samples (23rd April)

** drugi termin pobierania prób glebowych (7 maja)

– 2nd time of collecting soil samples (7th May)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie (ANOVA; $P \leq 0,05$, test Tukeya)

– means in columns followed by different capital letters differ significantly (ANOVA; $P \leq 0,05$; Tukey's test)

Tabela 2
Table 2Liczebność *Acari* w glebie pola uprawnego oraz siedliska brzeżnego wiosną 2004 roku
The number of *Acari* in soil of arable field and field boundary in spring 2004

| Typ siedliska Type of habitat | | <i>Oribatida</i> | | <i>Gamasida</i> | | <i>Prostigmata</i> | | <i>Astigmata</i> | | Razem Total | |
|-------------------------------------|-----------------|------------------|------|-----------------|-----|--------------------|------|------------------|-----|----------------|------|
| | | I* | II** | I | II | I | II | I | II | I | II |
| Pszenica ozima Winter wheat | Suma Total | 230 | 756 | 70 | 100 | 29 | 26,4 | 19 | | 350 | 883 |
| | Średnia Mean | 9,6 b*** | 31,5 | 2,9 b | 4,2 | 1,2 | 1,1 | 0,8 | | 14,6 b | 36,8 |
| Siedlisko brzeżne Field boundary | Suma Total | 883 | 845 | 276 | 115 | 84 | 36 | | 29 | 1243 | 1025 |
| | Średnia Mean | 36,8 a | 35,2 | 11,5 a | 4,8 | 3,5 | 1,5 | | 1,2 | 51,8 a | 42,7 |

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (20 kwietnia)

– 1st time of collecting soil samples (20th April)

** drugi termin pobierania prób glebowych (11 maja)

– 2nd time of collecting soil samples (11th May)*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie (ANOVA; $P \leq 0,05$, test Tukeya)– means in columns followed by different capital letters differ significantly (ANOVA; $P \leq 0,05$; Tukey's test)Tabela 3
Table 3Liczebność *Acari* w glebie pola uprawnego oraz siedliska brzeżnego jesienią 2004 roku
The number of *Acari* in soil of arable field and field boundary in autumn 2004

| Typ siedliska Type of habitat | | <i>Oribatida</i> | | <i>Gamasida</i> | | <i>Prostigmata</i> | | <i>Astigmata</i> | | Razem Total | |
|-------------------------------------|-----------------|------------------|------|-----------------|-----|--------------------|-----|------------------|-------|----------------|--------|
| | | I* | II** | I | II | I | II | I | II | I | II |
| Pszenica ozima Winter wheat | Suma Total | 68 | 346 | 116 | 41 | 8 | 5 | 8 | 34 | 200 | 426 |
| | Średnia Mean | 2,8 | 14,4 | 4,8 a*** | 1,7 | 0,3 | 0,2 | 0,3 b | 1,4 b | 8,3 b | 17,8 b |
| Siedlisko brzeżne Field boundary | Suma Total | 74 | 296 | 36 | 58 | 5 | 11 | 156 | 182 | 271 | 547 |
| | Średnia Mean | 3,1 | 12,3 | 1,5 b | 2,4 | 0,2 | 0,5 | 6,5 a | 7,6 a | 11,3 a | 22,8 a |

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (8 października)

– 1st time of collecting soil samples (8th October)

** drugi termin pobierania prób glebowych (22 października)

– 2nd time of collecting soil samples (22nd October)*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie (ANOVA; $P \leq 0,05$, test Tukeya)– means in columns followed by different capital letters differ significantly (ANOVA; $P \leq 0,05$; Tukey's test)

2. Okres jesienny

W okresie jesiennym 2004 roku, łączna liczebność *Acari* w obu terminach pobierania prób była wyższa w glebie siedliska brzeżnego w porównaniu do liczby tych organizmów w glebie pola uprawnego (rys. 1). Obliczenia statystyczne pozwoliły stwierdzić,

że zarówno w pierwszym terminie pobierania prób – 8 października (średnio 11,3 roztoczy w glebie nieuprawnej oraz 8,3 w uprawnej), jak i w drugim – 22 października (odpowiednio 22,8 i 17,8), różnice w liczbie *Acari* były istotne (tab. 3).

Również jesienią, podobnie jak w okresie wiosennym, zdecydowanie najliczniejszą grupą *Acari* były *Oribatida*. Łącznie, w obu siedliskach i w dwóch terminach odnotowano 784 sztuki tych roztoczy (tab. 3). Mniej liczne były *Astigmata* (380 sztuk), *Gamasida* (251 sztuk) oraz *Prostigmata* (29 sztuk). W obu terminach badań liczebność *Astigmata* była istotnie większa w glebie siedliska brzeżnego w porównaniu do gleby uprawnej. W przypadku *Gamasida* w pierwszym terminie odnotowano istotnie więcej tych roztoczy w glebie pola uprawnego.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wszelkie praktyki agrotechniczne, szczególnie orki, głęboko ingerują w strukturę gleby i inne jej właściwości. Stosowanie zabiegów uprawowych i chemicznych, wprowadzanie nawozów itd., stwarzają niekorzystne warunki dla przebywających w glebie licznych grup stawonogów [Cortet i wsp., 2002; Grabarkiewicz, Trojanowski, 1996]. Częste zabiegi uprawowe działają również negatywnie na roztocza [Koehler, 1997, Larsen i wsp., 2004, Wallwork, 1976]. Z reguły stawonogi te reagują zmniejszeniem liczebności oraz zmianami w spektrum gatunkowym [Hülsmann, Wolters, 1998; Klavdivko, 2001]. W moich badaniach uzyskane wyniki dotyczące liczebności roztoczy w glebie w dwóch różnych siedliskach są jednoznaczne. Łącznie stwierdzono bowiem w każdym terminie badań zdecydowanie więcej *Acari* w próbach gleby pobranych w siedlisku brzeżnym, bezpośrednio przyległym do plantacji pszenicy ozimej. Uzyskane wyniki są zgodne ze stwierdzeniami Boczka i Błaszaka [2005]. Autorzy ci podają, że gęstość zasiedlenia przez roztocze gleby pól uprawnych jest zwykle kilkakrotnie niższa aniżeli w trawiastych siedliskach brzeżnych. Również Duffey [1978], stwierdził, że na polach uprawnych liczebność *Acari* znacznie maleje (o 60%) po zastosowaniu orki i innych zabiegów agrotechnicznych, w porównaniu do gleby nieuprawianej. Można, zatem stwierdzić, że istnienie takich nieuprawianych, urozmaiconych florystycznie siedlisk w pobliżu pól uprawnych korzystnie oddziałuje na liczebność akarofauny glebowej.

Uprawa roli wpływa różnie na różne grupy *Acari*. Na przykład *Oribatida* (mechowce) są bardziej wrażliwe na sposób uprawy roli niż *Astigmata* i *Prostigmata* [Wallwork, 1976]. Spadek liczebności mechowców w glebie odnotowano w przypadku uprawy tradycyjnej. Natomiast w przypadku uprawy uproszczonej najbardziej wrażliwą grupą roztoczy były *Gamasida* [Hülsmann, Wolters, 1998; Twardowski i wsp., 2004]. Zmiany proporcji w występowaniu różnych grup *Acari* pod wpływem zabiegów agrotechnicznych w uprawie pszenicy opisują również Marasas i wsp. [2001]. Najliczniejsze w moich badaniach grupy roztoczy (*Oribatida*, *Gamasida*, *Prostigmata*) stwierdzano na ogół w znacznie większej liczbie w siedlisku brzeżnym. Tylko w jednym terminie jesienią wykazano istotnie więcej *Gamasida* w próbach gleby pobranych z pola uprawnego. Nie stwierdzono natomiast większych zmian w proporcjach pomiędzy liczbą poszczegól-

nych rzędów *Acari* oznaczanych w obu stanowiskach badawczych. Wydaje się, że dla wykazania zmian w spektrum różnych grup roztoczy konieczne jest oznaczenie tych stawonogów do niższych jednostek taksonomicznych.

WNIOSKI

1. W obu latach badań zarówno wiosną, jak i jesienią, łączna liczba roztoczy była istotnie większa w próbach gleby pobranych z siedliska brzeżnego niż w glebie pola uprawnego. Wykonywanie zatem zabiegów agrotechnicznych na polu uprawnym wpływa negatywnie na liczebność akarofauny.

2. Do najliczniejszych grup *Acari* w każdym terminie pobierania prób i w każdym siedlisku należały *Oribatida*. Mniej liczne były *Gamasida*, *Prostigmata* oraz *Astigmata*. Nie stwierdzono wyraźnych zmian w proporcjach pomiędzy liczbą poszczególnych rzędów roztoczy oznaczanych w obu stanowiskach badawczych.

PIŚMIENNICTWO

- Alvarez T., Frampton G. K., Goulson D.: 2000. The role of hedgerows in the recolonisation of arable fields by epigeal Collembola. *Pedobiologia*, 44, 516–526.
- Barczak T., Bennewicz J., Kaczorowski G., Dębek-Jankowska A.: 1999. Pasożytnicze błonkówki (*Hymenoptera-Parasitica*) stowarzyszone z mszycami – *Aphidoidea* (*Homoptera*) w zaroślach śródpolnych. *Wiad. Entomol.*, 18, 33–39.
- Bennewicz J., Kaczorowski G.: 1997. Miedza-zagrożenie czy korzyść dla plantacji buraka cukrowego. *Biul. IHAR*, 202, 225–227.
- Boczek J., Błaszak Cz.: 2005. *Roztocze (Acari) – znaczenie w życiu i gospodarce człowieka*. Wyd. SGGW, Warszawa, s. 7–30.
- Cortet J., Ronce D., Poinso-Balaguer N., Beaufreton C., Chabert A., Viaux P., Fonseca J. P. C.: 2002. Impacts of different agricultural practices on the biodiversity of microarthropod communities in arable crop systems. *Eur. J. Soil Biol.*, 38, 239–244.
- Duffey E.: 1978. Ecological strategies in spiders including some characteristics of species in pioneer and nature habitats. *Symposium of the Zoological Society, London*, 42, 109–123.
- Gordon A., Newman S., Williams P. A.: 1997. Temperature agroforestry: an overview. [In:] Gordon A., Newman S. M. (Eds.), *Temperate Agroforestry Systems*. CAB International, Wallingford, UK, s. 1–9.
- Górny M.: 1975. *Zoekologia gleb leśnych*. PWRiL, Warszawa, s. 87–110.
- Grabarkiewicz A., Trojanowski H.: 1996. Drobne bezkręgowce glebowe – bioindykatory w uprawach polowych. *Prog. Plant Prot.*, 36, 72–75.
- Hülsman A., Wolters V.: 1998. The effects of different tillage practices on soil mites, with particular reference to *Oribatida*. *Appl. Soil Ecol.*, 9, 327–332.
- Kladivko E. J.: 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil&Tillage Research*, 61, 61–76.

- Koehler H. H.: 1997. *Mesostigmata* (Gamasina, Uropodina), efficient predators in agroecosystems. *Agric. Ecos. Env.*, 62, 105–117.
- Larsen T., Schjonning P., Axelsen J.: 2004. The impact of soil compaction on euedaphic Collembola. *Appl. Soil Ecol.*, 26, 273–281.
- Marasas M. E., Sarandon S. J., Cicchino A. C.: 2001. Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. *Appl. Soil Ecol.*, 18, 61–68.
- Murphy P. W., 1956. A modified funnel method for extracting soil mesofauna. *Trans. 6th Int. Congr. Soil Sci. Paris*, s. 255–262.
- Sutherland J. P., Sullivan M. S., Poppy G. M.: 2001. Distribution and abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: *Syrphidae*) in wildflower patches and field margin habitats. *Agric. Forest Entomol.* 3, 57–64.
- Thomas C. F. G., Marshall E. J. P., 1999. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agric. Ecos. Env.*, 72, 133–144.
- Twardowski J., Smolis A., Kordas L., 2004. Wpływ różnych systemów uprawy roli na mezofaunę glebową. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 817–824.
- Wallwork J. A., 1976. *The distribution and diversity of soil fauna*, Academic Press, New York, NY.

OCCURENCE OF MITES (*ARACHNIDA: ACARI*) IN SOIL OF ARABLE FIELD AND FIELD BOUNDARY

S u m m a r y

The studies were carried out at the Agricultural Experimental Station Swojec, at Agricultural University of Wrocław, Lower Silesia, Poland, in 2003–2004. The main aim was to determine the differences in number of different groups of mites in soil in winter wheat field and in field boundary. In both of these sites, every time 24 soil samples were taken. Later the mites were extracted using Tullgren's apparatus.

In each year, both in spring and autumn time, the greatest number of *Acari* was recorded in soil taken from field boundary. Every time the most abundant group of mites was *Oribatida*. *Gamasida*, *Prostigmata* and *Astigmata* were less numerous. Therefore, it is suggested that intensive farming practices can significantly decrease the number of mites in soil of winter wheat field in comparison to the field boundary.

KEY WORDS: mites, *Acari*, soil, arable field, field boundary

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Nowak – Akademia Rolnicza w Szczecinie

Jerzy Wielbo, Monika Marek-Kozaczuk, Anna Skorupska

**ZRÓŻNICOWANIE PROFILÓW PLAZMIDOWYCH ORAZ
WYDAJNOŚĆ SYMBIOTYCZNA SZCZEPÓW *RHIZOBIUM
LEGUMINOSARUM* IZOLOWANYCH Z ROŚLIN MOTYLKO-
WATYCH ROSNĄCYCH NA UŻYTKOWANYCH ROLNICZO
GLEBACH LUBELSZCZYZNY***

**PLASMID PROFILES DIVERSITY AND SYMBIOTIC
EFFICIENCY OF *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM* STRAINS
ISOLATED FROM LEGUMES GROWN ON ARABLE SOILS
OF LUBLIN REGION, POLAND**

*Zakład Mikrobiologii Ogólnej, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Department of General Microbiology, Mariae Curie-Skłodowska University of Lublin*

Zebrano i scharakteryzowano izolaty *Rhizobium leguminosarum* pochodzące z brodawek korzeniowych koniczyny (uprawianej na glebie bielicznej, lessowej i rędzinowej), wyki (rosnącej na glebie bielicznej) oraz grochu i peluski (uprawianych na glebie lessowej i rędzinowej). Na podstawie profilów plazmidowych oceniono stopień zróżnicowania genetycznego izolatów, a w doświadczeniach wazonowych określono ich wydajność symbiotyczną. Najwyższe zróżnicowanie genetyczne zaobserwowano wśród szczepów *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* oraz bv. *trifolii* pochodzących z gleb bielicznych. Największą zmienność parametrów symbiotycznych wyrażonych poprzez masę roślin i ilość brodawek korzeniowych stwierdzono wśród (a) izolatów *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* pochodzących z gleb bielicznych, izolowanych z brodawek wyki (wysokie zróżnicowanie zarówno zielonej masy roślin, jak i liczby brodawek) oraz (b) izolatów z brodawek koniczyny i peluski pochodzących z gleb lessowych (wysokie zróżnicowanie zielonej masy roślin).

SŁOWA KLUCZOWE: *Rhizobium*, plazmidy, biologiczne wiązanie azotu, bioróżnorodność

* Praca finansowana z grantu badawczego MNiSW nr PBZ-KBN-112/P06/2005.

WSTĘP

Rizobia tworzące układy symbiotyczne z roślinami motylkowatymi stanowią bardzo zróżnicowaną grupę taksonomiczną [Young i Haukka, 1996]. Charakterystyczną cechą genomów *R. leguminosarum* jest występowanie znacznej części materiału genetycznego w formie plazmidów [Mercado-Blanco i Toro, 1996; Stępkowski i Legocki, 2001], wśród których znajduje się plazmid symbiotyczny pSym, zawierający komplet genów umożliwiających bakteriom nawiązanie symbiozy z roślinami motylkowatymi [Spaink, 2000]. Wzorce plazmidowe są charakterystyczne dla szczepów, są więc wykorzystywane do identyfikacji izolatów i oceny bioróżnorodności kolekcji [Hynes i O'Connel, 1990].

Celem autorów pracy była ocena stopnia zróżnicowania izolatów na podstawie profilów plazmidowych oraz oszacowanie aktywności symbiotycznej szczepów *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* pochodzących z brodawek korzeniowych koniczyny czerwonej, oraz szczepów *R. leguminosarum* bv. *viciae* pochodzących z brodawek grochu, peluszki i wyki ozimej.

MATERIAŁ I METODY

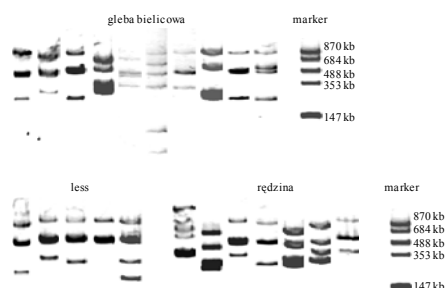
Rośliny motylkowate przeznaczone do izolacji rizobiów uprawiano na trzech różniących się typach gleb, tj.: glebie bielcowej (okolice Parczewa) – koniczyna i wyka; glebie lessowej (Felin k. Lublina) – koniczyna, groch i peluszka, oraz rędzinie (Bezek k. Chełma) – koniczyna, groch i peluszka. Łącznie zebrano, oczyszczono i zbadano 33 izolaty *R. leguminosarum* bv. *trifolii* pochodzące z brodawek korzeniowych koniczyny oraz 40 izolatów *R. leguminosarum* bv. *viciae* pochodzących z brodawek korzeniowych wyki, grochu i peluszki.

Plazmidy rizobiów rozdzielano analityczną metodą Eckhardta [Eckhardt, 1978]. Wydajność symbiotyczną izolatów badano w doświadczeniach wazonowych prowadzonych w warunkach laboratoryjnych. Miernikiem aktywności symbiotycznej szczepu były: świeża masa zakażonych roślin oraz liczba brodawek przypadająca na roślinę. Rośliny hodowano w pojemnikach zawierających 400 g (dla koniczyny) lub 600 g (dla grochu, peluszki i wyki) płukanego i jałowionego piasku. Piasek jednorazowo (przed wysianiem nasion) nasączano płynną bezazotową pożywką Fahreusa w ilości odpowiednio 100 lub 150 ml. Do tak przygotowanych pojemników wysiewano wyjałowione powierzchniowo (0,1% HgCl₂ i 70% etanol) nasiona odpowiednich gatunków roślin motylkowatych i zakażano je poprzez podanie 3 ml zawiesiny szczepów rizobiowych (OD₅₅₀ 0,1). Ilość roślin przypadająca na pojemnik wynosiła 10, 5 lub 3, odpowiednio dla koniczyny, wyki oraz grochu i peluszki. Jeden testowany izolat był badany w 3 powtórzeniach. Rośliny hodowano przez 6 tygodni, podlewając je wyjałowioną wodą destylowaną 3 razy w tygodniu. Korzystano ze światła dziennego uzupełnianego oświetleniem sztucznym (14/10 godz. dzień/noc, 24/19 °C). Po sześciu tygodniach rośliny zbierano, ważono, oraz liczone ilość brodawek korzeniowych.

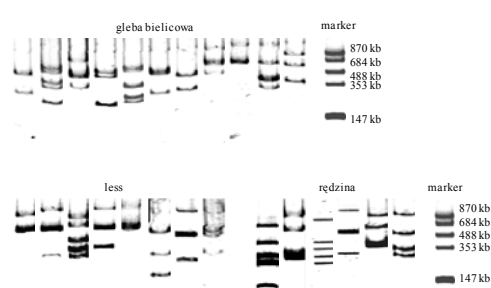
Statystyczną istotność różnic średnich obliczanych dla poszczególnych parametrów charakteryzujących grupy doświadczalne testowano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji.

WYNIKI

Gleby, z których izolowano rizobia różniły się znacząco pod względem zawartości azotu całkowitego. Ilość N całkowitego wynosiła: 0,05% dla gleby bielicznej, 0,063% dla gleby lessowej oraz 0,309% dla rędziny. Przeprowadzone badania wykazały istnienie bardzo dużej różnorodności profilów plazmidowych w szczepach izolowanych z określonego środowiska glebowego. W szczepach *R. leguminosarum* bv. *trifolii* identyfikowano od 3 do 6 plazmidów o wielkości od 65 do 1381 kb (rys. 1), natomiast w szczepach *R. leguminosarum* bv. *viciae* od 2 do 5 plazmidów o wielkości od 113 do 1191 kb (rys. 2). Najwięcej różnorodnych wzorców plazmidowych stwierdzono wśród izolatów pochodzących z gleb bielicznych zarówno dla szczepów *R. leguminosarum* bv. *trifolii*, jak i *R. leguminosarum* bv. *viciae* – odpowiednio 10 różnych wzorców na 14 izolatów i 11 różnych wzorców na 15 izolatów. Zmienność profilów plazmidowych w obrębie poszczególnych grup izolatów wyrażona jako stosunek liczby różnych profilów w grupie do liczby izolatów w grupie wynosiła odpowiednio dla *R. leguminosarum* bv. *trifolii* 0,71 : 0,50 : 0,77, natomiast dla *R. leguminosarum* bv. *viciae* 0,73 : 0,67 : 0,46 (gleba bielicza : lessowa : rędzina) (tab. 1). Porównanie liczby plazmidów oraz ilości pozachromosomowego DNA (szczegółowe dane nie załączone) w poszczególnych grupach szczepów wykazało istnienie statystycznie istotnych różnic międzygrupowych dotyczących tych cech. Stwierdzono, że izolaty należące do *R. leguminosarum* bv. *viciae*, pochodzące z gleb bielicznych i lessowych posiadają mniej plazmidów niż izolaty *R. leguminosarum* bv. *trifolii* pochodzące z gleby rędzinowej (średnie dla grup odpowiednio: $3,4 \pm 1,0$; $3,8 \pm 0,7$ i $4,6 \pm 0,8$) (tab. 2). Największe różnice dotyczące ilości pozachromosomowego DNA zaobserwowano pomiędzy izolatami *R. leguminosarum* bv. *viciae* z gleb bielicznych a izolatami *R. leguminosarum* bv. *trifolii* z gleby rędzinowej (odpowiednio 1661 kb i 2603 kb) (tab. 2).



Rys. 1. Profile plazmidowe izolatów *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*
Fig. 1. Plasmid profiles of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* isolates



Rys. 2. Profile plazmidowe izolatów *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*
Fig. 2. Plasmid profiles of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* isolates

Tabela 1

Table 1

Stopień zróżnicowania profilów plazmidowych izolatów rizobialnych pochodzących z gleb bielcowych, lessowych i rędzin (określony jako stosunek liczby typów profilów plazmidowych do liczby badanych izolatów)

The differentiation of plasmid profiles of rhizobial isolates from sandy soil, loessal soil and rendzina soil (shown as proportion between the number of plasmid profiles and the number of isolates)

| Izolaty – Isolates | Rodzaj gleby – Type of soil | | |
|--|-----------------------------|-------------------|----------------------|
| | Bielicowa – Sandy | Lessowa – Loessal | Rędzinowa – Rendzina |
| <i>R. leuminosarum</i> bv. <i>trifolii</i> | 10 / 14 | 5 / 10 | 7 / 9 |
| <i>R. leuminosarum</i> bv. <i>viciae</i> | 11 / 15 | 8 / 12 | 6 / 13 |

Tabela 2

Table 2

Zakres zmienności pozachromosomowego DNA w badanych izolatach rizobialnych
The variability of extrachromosomal DNA in tested *Rhizobium* isolates

| Izolaty Isolates | Charakterystyka Specification | | Rodzaj gleby – Type of soil | | |
|--|--|---------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|
| | | | Bielicowa Sandy | Lessowa Loessal | Rędzina Rendzina |
| <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> | Liczba plazmidów Plasmid number | Średnia Mean | 3,4 ± 1,0 ABC | 3,8 ± 0,7 a | 4,3 ± 0,5 A |
| | | Minimum | 2 | 3 | 4 |
| | | Maksimum Maximum | 5 | 5 | 5 |
| | Średnia ilość plazmidowego DNA (kb) Mean amount of plasmid DNA (kb) | | 1661 ± 701 bcDd | 2221 ± 220 b | 2028 ± 259 |
| | Wielkość plazmidów(kb) Size of plasmids (kb) | Minimum | 204 | 170 | 113 |
| Maksimum Maximum | | 1172 | 1191 | 1031 | |
| <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>trifolii</i> | Liczba plazmidów Plasmid number | Średnia Mean | 4,2 ± 0,6 B | 4,0 ± 0,7 | 4,6 ± 0,8 aC |
| | | Minimum | 4 | 3 | 4 |
| | | Maksimum Maximum | 6 | 5 | 6 |
| | Średnia ilość plazmidowego DNA (kb) Mean amount of plasmid DNA (kb) | | 2128 ± 190 ce | 2285 ± 208 d | 2603 ± 241 De |
| | Wielkość plazmidów(kb) Size of plasmids (kb) | Minimum | 65 | 190 | 241 |
| Maksimum Maximum | | 943 | 1016 | 1381 | |

Literami A, B, C... oznaczono wartości różniące się istotnie przy P<0,05

Values marked with A, B, C... letters are significantly different at P<0,1

Literami a, b, c... oznaczono wartości różniące się istotnie przy P<0,05

Values marked with a, b, c... letters are significantly different at $P < 0,1$

Ponadto określono wydajność symbiotyczną izolatów (tab. 3 a-d). Zaobserwowano duży zakres zmienności w ilości brodawek indukowanych na korzeniach roślinnych gospodarzy i nieco mniejszy zakres zmienności świeżej masy zakażonych roślin (tab. 4). Największą zmienność wydajności brodawkowania zaobserwowano wśród symbiontów wyki z gleb bielcowych w zakresie od 23 do 60 brodawek na roślinę (tab. 3b). Z kolei największą zmienność masy zielonej zakażonych roślin zaobserwowano dla rizobii izolowanych z koniczyny rosnącej na glebie lessowej (w zakresie od 183 mg do 352 mg) (tab. 3a), dla symbiontów wyki z gleby bielcowej (w zakresie od 0,88 g do 2,02 g) (tab. 3b) oraz izolatów z brodawek peluszkii rosnącej na glebie lessowej (w zakresie od 2,02 g do 3,65 g) (tab. 3d).

Tabela 3a

Table 3a

Własności symbiotyczne izolatów *R. leguminosarum* bv. *trifolii* pochodzących z brodawek korzeniowych koniczyny uprawianej na glebach bielcowych, lessowych i rędzinach.
Symbiotic properties of *R. leguminosarum* bv. *trifolii* isolates from nodules of red clover cultivated on sandy soil, loessal soil and rendzina soil

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa roślin (g) Fresh plant weight (g) | Liczba brodawek na roślinę Nodule number per plant | Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa roślin (g) Fresh plant weight (g) | Liczba brodawek na roślinę Nodule number per plant | Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa roślin (g) Fresh plant weight (g) | Liczba brodawek na roślinę Nodule number per plant |
|---|--|---|--|--|---|---|--|---|
| Izolaty z gleby bielcowej Isolates from sandy soil | | | Izolaty z gleby lessowej Isolates from loessal soil | | | Izolaty z gleby rędzinowej Isolates from rendzina soil | | |
| KO02 | 0,26 ± 0,10 | 16,8 ± 8,3 | KO13 | 0,28 ± 0,12 | 13,8 ± 6,0 | KO11 | 0,29 ± 0,10 | 15,5 ± 6,6 |
| KO03 | 0,28 ± 0,10 | 20,7 ± 12,5 | KO18 | 0,35 ± 0,14 | 11,8 ± 5,3 | KO12 | 0,30 ± 0,15 | 15,5 ± 7,2 |
| KO04 | 0,30 ± 0,14 | 17,0 ± 9,3 | KO19 | 0,30 ± 0,13 | 13,6 ± 6,8 | KO14 | 0,26 ± 0,08 | 11,8 ± 5,2 |
| KO05 | 0,25 ± 0,10 | 13,7 ± 7,2 | KO20 | 0,32 ± 0,14 | 12,8 ± 6,9 | KO15 | 0,24 ± 0,08 | 13,5 ± 7,5 |
| KO06 | 0,27 ± 0,10 | 11,7 ± 6,2 | KO21 | 0,32 ± 0,15 | 14,4 ± 4,9 | KO17 | 0,31 ± 0,10 | 20,6 ± 11,5 |
| KO07 | 0,24 ± 0,11 | 9,7 ± 4,4 | KO22 | 0,26 ± 0,10 | 11,8 ± 4,7 | KO26 | 0,31 ± 0,11 | 18,8 ± 5,2 |
| KO08 | 0,24 ± 0,10 | 11,2 ± 5,1 | KO27 | 0,31 ± 0,09 | 18,2 ± 8,4 | KO32 | 0,27 ± 0,09 | 12,3 ± 8,4 |
| KO09 | 0,29 ± 0,09 | 13,6 ± 6,7 | KO28 | 0,29 ± 0,12 | 14,7 ± 7,6 | KO33 | 0,26 ± 0,11 | 10,9 ± 4,8 |
| KO10 | 0,28 ± 0,10 | 18,2 ± 8,0 | KO29 | 0,18 ± 0,07 | 9,5 ± 3,4 | | | |
| KO23 | 0,36 ± 0,17 | 14,7 ± 7,0 | KO30 | 0,21 ± 0,09 | 10,2 ± 4,1 | | | |
| KO24 | 0,39 ± 0,15 | 16,8 ± 6,8 | KO31 | 0,26 ± 0,13 | 12,2 ± 5,6 | | | |
| KO25 | 0,35 ± 0,15 | 14,6 ± 5,9 | | | | | | |
| KO34 | 0,26 ± 0,10 | 11,0 ± 4,6 | | | | | | |
| KO35 | 0,22 ± 0,12 | 11,3 ± 3,7 | | | | | | |

Tabela 3b

Table 3b

Własności symbiotyczne izolatów *R. leguminosarum* bv. *viciae* pochodzących z brodawek korzeniowych wyki uprawianej na glebie biellicowej
Symbiotic properties of *R. leguminosarum* bv. *viciae* isolates from nodules of vetch cultivated on sandy soil

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa roślin (g) Fresh plant weight (g) | Liczba brodawek na roślinie Nodule number per plant |
|-------------------------------------|--|--|
| WY01 | 1,24 ± 0,59 | 20,9 ± 3,8 |
| WY02 | 1,38 ± 0,64 | 7,5 ± 3,4 |
| WY03 | 1,53 ± 0,45 | 31,9 ± 4,2 |
| WY04 | 1,86 ± 0,94 | 27,6 ± 8,7 |
| WY05 | 2,17 ± 0,50 | 27,2 ± 5,8 |
| WY06 | 1,88 ± 0,73 | 36,2 ± 7,8 |
| WY07 | 1,90 ± 1,09 | 33,0 ± 5,9 |
| WY08 | 2,13 ± 1,13 | 13,9 ± 6,3 |
| WY09 | 1,82 ± 0,97 | 31,0 ± 7,2 |
| WY10 | 1,88 ± 0,81 | 25,3 ± 3,6 |
| WY11 | 1,83 ± 0,71 | 34,5 ± 12,6 |
| WY12 | 1,51 ± 0,60 | 22,8 ± 7,4 |
| WY13 | 1,50 ± 0,54 | 8,9 ± 3,9 |
| WY18 | 1,15 ± 0,58 | 9,6 ± 2,6 |
| WY19 | 0,88 ± 0,20 | 6,9 ± 2,6 |

Tabela 3c

Table 3c

Własności symbiotyczne izolatów *R. leguminosarum* bv. *viciae* pochodzących z brodawek korzeniowych grochu uprawianej na glebach lessowych i rędzinowych
Symbiotic properties of *R. leguminosarum* bv. *viciae* isolates from nodules of pea cultivated on loessal soil and rendzina soil

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa roślin (g) Fresh plant weight (g) | Liczba brodawek na roślinie Nodule number per plant | Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa roślin (g) Fresh plant weight (g) | Liczba brodawek na roślinie Nodule number per plant |
|--|--|--|---|--|--|
| Izolaty z gleby lessowej Isolates from loessal soil | | | Izolaty z gleby rędzinowej Isolates from rendzina soil | | |
| GR04 | 3,98 ± 0,91 | 22,0 ± 7,8 | GR01 | 3,34 ± 0,72 | 34,8 ± 15,6 |
| GR08 | 4,30 ± 1,26 | 38,8 ± 10,3 | GR02 | 3,07 ± 1,15 | 30,3 ± 14,6 |
| GR09 | 4,31 ± 1,69 | 31,3 ± 8,9 | GR05 | 3,38 ± 1,86 | 20,6 ± 9,7 |
| GR10 | 3,70 ± 1,25 | 35,6 ± 15,6 | GR06 | 3,95 ± 1,45 | 19,0 ± 9,6 |
| GR13 | 3,32 ± 0,90 | 34,7 ± 11,7 | GR07 | 3,84 ± 1,41 | 25,6 ± 5,3 |
| GR14 | 3,54 ± 1,36 | 34,3 ± 16,4 | GR11 | 3,65 ± 1,30 | 35,3 ± 19,6 |
| | | | GR12 | 3,42 ± 0,63 | 33,7 ± 12,6 |

Tabela 3d

Table 3d

Własności symbiotyczne izolatów *R. leguminosarum* bv. *viciae* pochodzących z brodawek korzeniowych peluszki uprawianej na glebach lessowych i rędzinowych
Symbiotic properties of *R. leguminosarum* bv. *viciae* isolates from nodules of field pea cultivated on loessal soil and rendzina soil

| Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa roślin (g) Fresh plant weight (g) | Liczba brodawek na roślinie Nodule number per plant | Symbol izolatu Symbol of isolate | Świeża masa roślin (g) Fresh plant weight (g) | Liczba brodawek na roślinie Nodule number per plant |
|--|--|--|---|--|--|
| Izolaty z gleby lessowej Isolates from loessal soil | | | Izolaty z gleby rędzinowej Isolates from rendzina soil | | |
| PE01 | 2,02 ± 1,08 | 29,8 ± 17,4 | PE03 | 2,90 ± 0,47 | 40,1 ± 8,0 |
| PE02 | 2,80 ± 0,76 | 30,9 ± 6,7 | PE04 | 2,75 ± 0,42 | 39,6 ± 11,4 |
| PE10 | 2,86 ± 0,32 | 23,0 ± 6,1 | PE05 | 3,00 ± 0,34 | 30,0 ± 14,8 |
| PE11 | 3,53 ± 0,67 | 27,0 ± 7,8 | PE06 | 3,53 ± 0,75 | 24,2 ± 11,0 |
| PE12 | 3,65 ± 0,77 | 23,0 ± 5,0 | PE08 | 3,64 ± 0,82 | 32,9 ± 17,0 |
| PE13 | 3,41 ± 0,67 | 21,0 ± 6,9 | PE09 | 3,60 ± 0,88 | 25,3 ± 5,0 |

Tabela 4

Table 4

Zakres zmienności cech określających wydajność symbiotyczną izolatów *R. leguminosarum* bv. *trifolii* oraz *R. leguminosarum* bv. *viciae* izolowanych z gleb bielcowych, lessów i rędzin
The variability of traits connected with symbiotic efficiency of *R. leguminosarum* bv. *trifolii* oraz *R. leguminosarum* bv. *viciae* isolates from nodules of leguminous plants grown on sandy soil, loessal soil and rendzina soil

| Izolaty Isolates | Gleba Type of soil | Roślina Plant host | Świeża masa roślin (g) Fresh mass of plant (g) | | Liczba brodawek na roślinie Nodule number per plant | |
|---|-----------------------|-----------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------|
| | | | Minimum Minimum | Maksimum Maximum (100%) | Minimum Minimum | Maksimum Maximum (100%) |
| <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>trifolii</i> | Bielicowa Sandy | Koniczyna Clover | 0,238 (71%) | 0,334 | 9,7 (53%) | 18,2 |
| <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>trifolii</i> | Lessowa Loessal | Koniczyna Clover | 0,183 (52%) | 0,352 | 9,5 (65%) | 14,7 |
| <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>trifolii</i> | Rędzina Rendzina | Koniczyna Clover | 0,236 (77%) | 0,308 | 10,9 (58%) | 18,8 |
| <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> | Bielicowa Sandy | Wyka Vetch | 0,88 (44%) | 2,02 | 23,0 (38%) | 60,0 |
| <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> | Lessowa Loessal | Groch Pea | 3,32 (77%) | 4,31 | 22,0 (57%) | 38,8 |
| <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> | Lessowa Loessal | Peluszka Field pea | 2,02 (55%) | 3,65 | 21,0 (68%) | 30,9 |
| <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> | Rędzina Rendzina | Groch Pea | 3,07 (78%) | 3,95 | 19,0 (54%) | 35,3 |
| <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> | Rędzina Rendzina | Peluszka Field pea | 2,75 (76%) | 3,64 | 24,2 (60%) | 40,1 |

DYSKUSJA

Oszacowanie genetycznego i fizjologicznego zróżnicowania szczepów rizobiowych obecnych w glebach użytkowanych rolniczo jest problemem, którego zbadanie dostarcza cennych danych możliwych do wykorzystania w praktyce. Od lat prowadzi się badania mające na celu określenie liczebności mikrosymbiontów roślin motylkowatych w polskich glebach [Martyniuk i wsp., 1999; Martyniuk i wsp., 2000], jednak badania te nie dostarczają informacji na temat bioróżnorodności oraz symbiotycznej wydajności wykrywanych w glebie rizobiów. Liczebność mikrosymbiontów, ich zróżnicowanie oraz wydajność symbiotycznego wiązania azotu mają wpływ na wzrost roślinnego gospodarza. Parametry te należy brać pod uwagę w przypadku stosowania bionawozów zawierających wyselekcjonowane szczepy rizobiowe, ponieważ mają one wpływ na konkurencyjność szczepów wprowadzanych do środowiska [Streeter, 1994; Toro, 1996] oraz wskazują na zasadność stosowania bionawozów.

Badane rizobia pochodziły z gleb uprawnych, co może być przyczyną zaobserwowanego dużego genetycznego zróżnicowania populacji [Palmer i Young, 2000]. Szczepy różniły się od siebie zarówno ilością, jak i wielkością plazmidów. W odróżnieniu od przeprowadzonych wcześniej badań prowadzonych na bakteriach symbiotycznych z rodzaju *Rhizobium* [Brom i wsp., 2002] lub patogenach roślinnych z rodzaju *Agrobacterium* [Puławska i wsp., 1996], zaobserwowana w naszych badaniach duża zmienność profilów plazmidowych dotyczyła szczepów pochodzących z tego samej gleby. Świadczy to o dużym zróżnicowaniu mikrosymbiontów specyficznych dla danego gospodarza w badanych glebach (izolaty o powtarzających się wzorcach plazmidowych stanowiły od 33 do 54% ogólnej ilości izolatów). W przeciwieństwie do prac nad *Sinorhizobium meliloti* [Stiens i wsp., 2006], nie stwierdzono obecności szczepów wyraźnie dominujących w badanych środowiskach. Na podstawie zgromadzonych wyników nie można stwierdzić, czy zaobserwowane wysokie zróżnicowanie profilów plazmidowych jest stanem utrzymującym się w glebach przez dłuższy okres, czy też wynika z zaobserwowanej w niektórych gatunkach *Rhizobium* niestabilności plazmidowego materiału genetycznego [Brom i wsp., 1991].

Plazmidy rizobiów zawierają geny odpowiedzialne za ekspresję licznych cech wpływających na wydajność symbiotycznego wiązania azotu [Badani i wsp., 1992; Brom i wsp., 1992; Garcia-de los Santos i wsp., 1996]. Przeprowadzone badania pokazały, że w przypadku badanych izolatów oprócz dużego zróżnicowania wzorców plazmidowych obserwuje się duże zróżnicowanie parametrów symbiotycznych. Różnice w świeżej masie roślin mieściły się w zakresie od 23% (w obrębie grupy izolatów z konicyzny rosnącej na glebie rędzinowej) do 56% (w obrębie grupy izolatów z wyki rosnącej na glebie bielicowej). Jeszcze większe różnice dotyczyły ilości brodawek indukowanych na korzeniach zakażonych roślin. Różnice te mieściły się w zakresie od 32% (w obrębie grupy izolatów z peluszki rosnącej na glebie lessowej) do 62% (w obrębie grupy izolatów z wyki rosnącej na glebie bielicowej). Nie zaobserwowano ścisłych korelacji pomiędzy stopniem zróżnicowania profilów plazmidowych izolatów pochodzących z określonej gleby a stopniem zróżnicowania parametrów symbiotycznych. Jednak w przypadku mikrosymbiontów wyki pochodzących z gleby bielicowej najwyż-

sze zróznicowanie profilów plazmidowych zbiegało się z najwyższym zróznicowaniem obu badanych parametrów symbiotycznych. Ponadto niskie zróznicowanie profilów plazmidowych symbiontów grochu i peluszki izolowanych z gleby rędzinowej oraz symbiontów koniczyny z gleby lessowej towarzyszyło relatywnie niskiemu zróznicowaniu parametrów symbiotycznych, szczególnie w przypadku pomiaru świeżej masy roślin zakażonych tymi szczepami.

WNIOSKI

1. Najbardziej zróznicowane pod względem liczby i wielkości plazmidów były izolaty *R. leguminosarum* bv. *trifolii* i *R. leguminosarum* bv. *viciae* pochodzące z gleb biellicowych.

2. Izolaty *R. leguminosarum* bv. *viciae* pochodzące z gleb biellicowych wykazywały najwyższą zmienność parametrów symbiotycznych.

3. Izolaty z gleb lessowych charakteryzowały się dużym zróznicowaniem wydajności symbiotycznej i relatywnie niskim zróznicowaniem profilów plazmidowych.

PIŚMIENICTWO

- Baldani J.I., Weaver R.W., Hynes M.F., Eardly B.D.: 1992. Utilization of carbon substrates, electrophoretic enzyme patterns, and symbiotic performance of plasmid-cured clover rhizobia. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58, 2308–2314.
- Brom S., Garcia de los Santos A., de Lourdes Girard M., Davilla G., Palacios R., Romero D.: 1991. High-frequency rearrangements in *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* plasmids. *J. Bacteriol.*, 173, 1344–1346.
- Brom S., Garcia de los Santos A., Stepkowsky T., Flores M., Davilla G., Romero D., Palacios R.: 1992. Different plasmids of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* are required for optimal symbiotic performance. *J. Bacteriol.*, 174, 5183–5189.
- Brom S., Girard L., Garcia-de los Santos A., Sanjuan-Pinilla J.M., Olivares J., Sanjuan J.: 2002. Conservation of plasmid-encoded traits among bean-nodulating *Rhizobium* species. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68, 2555–2561.
- Eckhardt T.: 1978. A rapid method for the identification of plasmid deoxyribonucleic acid in bacteria. *Plasmid* 1, 584–588.
- Hynes M.F., O'Connell M.P.: 1990. Host plant effect on competition among strains of *Rhizobium leguminosarum*. *Can. J. Microbiol.*, 36, 864–869.
- Mercado-Blanco J., Toro N.: 1996. Plasmids in rhizobia: the role of nonsymbiotic plasmids. *Molec. Plant-Microbe Interact.*, 9, 535–545.
- Martyniuk S., Woźniakowska A., Martyniuk M.: 1999. Effect of agricultural practices on populations of *Rhizobium* in some field experiments. *Bot. Lithuanica*, Suppl. 3, 99–102.
- Martyniuk S., Woźniakowska A., Martyniuk M., Oroń J.: 2000. A new sand pouch-plant infection technique for enumeration of rhizobia in soil. *Acta Soc. Bot. Polon.*, 69, 257–261.
- Palmer K.M., Young J.P.W.: 2000. Higher diversity of *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* populations in arable soils than in grass soils. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 2445–2450.
- Pulawska J., Malinowski T., Sobiczewski P.: 1998. Diversity of plasmids of *Agrobacterium tumefaciens* isolated from fruit trees in Poland. *J. Phytopathology*, 146, 465–468.

- Spaink H.P.: 2000. Root nodulation and infection factors produced by rhizobial bacteria. *Annu. Rev. Microbiol.*, 54, 257–88.
- Stepkowski T., Legocki A.B.: 2001. Reduction of bacterial genome size and expansion resulting from obligate intracellular lifestyle and adaptation to soil habitat. *Acta Biochim. Polon.*, 48, 367–381.
- Stiens M., Schneider S., Keller M., Kuhn S., Pühler A., Schülter A.: 2006. Sequence analysis of the 144-kilobase accessory plasmid pSmeSM11a, isolated from a dominant *Sinorhizobium meliloti* strain identified during a long-term release experiment. *Appl. Environ. Microbiol.*, 72, 3662–3672.
- Streeter, J.G.: 1994. Failure of inoculant rhizobia to overcome the dominance of indigenous strains for nodule formation. *Can. J. Microbiol.* 40, 513–522.
- Toro, N.: 1996. Nodulation competitiveness in the *Rhizobium*-legume symbiosis. *World J. Microbiol. Biotech.*, 12, 157–162.
- Young P., Haukka K.E.: 1996. Diversity and phylogeny of rhizobia. *New Phytol.*, 133, 87–94.

**PLASMID PROFILES DIVERSITY AND SYMBIOTIC EFFICIENCY
OF *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM* STRAINS ISOLATED FROM LEGUMES
GROWN ON ARABLE SOILS OF LUBLIN REGION, POLAND**

S u m m a r y

Isolates of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* and bv. *viciae* from root nodules of clover, vetch, pea and field pea were collected and characterized. Vetch was cultivated on sandy soil, pea and field pea on loessal soil and on rendzina, and red clover was planted on all three types of soil. The genetic diversity of isolates was estimated on the basis of plasmid profiles, and efficiency of symbiotic nitrogen fixation was measured in pot experiments under laboratory conditions.

The highest genetic diversity was found in *R. leguminosarum* bv. *viciae* and bv. *trifolii* originated from sandy soil. The highest variability in the symbiotic parameters like nodule number and efficiency of nitrogen fixation was found in (a) *R. leguminosarum* bv. *viciae* isolates originated from sandy soil, in which green mass of plants and nodule number varied substantially, and (b) microsymbionts of clover and field pea originated from loessal soil, in which green mass of plants also was very differentiated.

KEY WORDS: *Rhizobium*, plasmids, biological nitrogen fixation, biodiversity

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław J. Pietr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Janina Zawieja

**REAKCJA SOCZEWICY JADALNEJ NA SIEW WSPÓLRZĘDNY
ZE ZBOŻAMI JARYMI W ZALEŻNOŚCI OD TERMINU SIEWU
I GĘSTOŚCI SIEWU.**

CZEŚĆ I. CECHY BIOMETRYCZNE I ZACHWASZCZENIE

**RESPONSE OF LENTIL (LENS CULINARIS MEDIK)
ON INTERCROPPING WITH SG CEREALS AS AFFECTED
BY RATES AND SOWING DATES.**

PART I. BIOMETRICAL TRAITS AND WEED INFESTATION

*Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Soil Management and Plant Cultivation, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

W latach 2000–2002 przeprowadzono doświadczenie mikropoletkowe w celu zbadania wpływu współrzędnej uprawy soczewicy jadalnej ze zbożami w warunkach zróżnicowanej gęstości i terminów siewu na cechy morfologiczne i zachwaszczenie soczewicy jadalnej. Wysokość soczewicy jak i wysokość osadzenia pierwszego strąka w sposób istotny zróżnicowana była w zależności od zagęszczenia łąnu. Zwiększenie obsady ze 150 do 300 roślin przyczyniło się do istotnego zwiększenia wysokości roślin o 5,3% oraz osadzenia strąka (o 11,4%). Czynniki doświadczenia w sposób istotny zróżnicowały liczbę rozgałęzień I. stopnia. U roślin uprawianych w mniejszym zagęszczeniu uzyskano o 24,4% wyższą wartość tej cechy w porównaniu do uzyskanej przy wysiewie 300 roślin·m⁻². Opóźnienie terminu siewu soczewicy o dekadę wpłynęło na obniżenie liczby wytworzonych rozgałęzień o 12,4%. U soczewicy uprawianej w siewie czystym liczba rozgałęzień osiągnęła najwyższą wartość (2,42). Była ona wyższa w porównaniu do siewu z owsem i pszenżytem odpowiednio o 31,5 i 75,4%. Pszenżyto okazało się rośliną silniej konkurencyjną dla soczewicy w porównaniu do owsa. Parametry większości badanych cech osiągnęły w siewie z pszenżytem niższe wartości w porównaniu do siewu współrzędnego z owsem mieszczące się w przedziale od 4 do 25%.

SŁOWA KLUCZOWE: soczewica jadalna, uprawa współrzędna, termin siewu, gęstość siewu, cechy morfologiczne, zachwaszczenie

WSTĘP

W świecie, soczewicę uprawiano w 2002 roku na powierzchni około 3,34 mln ha (w tym w Europie 46 tys. ha) [Jasińska, Kotecki, 2003]. W Polsce ślady uprawy tej rośliny pochodzą z wczesnego Średniowiecza, a przed II wojną światową uprawiano ją na powierzchni 1400 ha [Dziamba, Sochaj, 1993]. W miarę intensyfikacji naszego rolnictwa soczewica niemalże całkowicie została wyparta z uprawy polowej, a niewielkie powierzchnie uprawy w gospodarstwach indywidualnych przeznaczone były na użytek własny [Milczak i wsp., 1991]. Spowodowane było to brakiem dobrych odmian krajowych oraz dużą zawadnością plonowania w niesprzyjających warunkach siedliskowych, a przede wszystkim klimatycznych [Pawłowski, Bujak, 1989]. Dzisiaj soczewica w Polsce podobnie jak i w świecie przeżywa swój renesans [Brand i wsp., 2003, Turk i wsp., 2003].

Osiągnięciem polskiej hodowli było wpisanie do rejestru pierwszych rodzimych odmian soczewicy jadalnej. Biorąc pod uwagę małe wymagania glebowe soczewicy, dużą wartość dietetyczną jej nasion oraz wzrost zainteresowania konsumentów jej spożyciem celowym wydają się badania nad uwarunkowaniami agrotechnicznymi plonowania soczewicy.

Soczewica w okresie od kwitnienia do końca wegetacji charakteryzuje się dużą podatnością na wyleganie. Występujące w tym czasie nawet niewielkie opady deszczu powodują wyleganie soczewicy i znaczne straty w plonie poprzez nasilony rozwój patogennych grzybów na liściach, strąkach i nasionach [Błażej, 1996; Sadowski, Krzysiak, 1990]. Jednym ze sposobów ochrony soczewicy przed wyleganiem i chorobami może być uprawa w siewie współrzędnym z innymi gatunkami roślin uprawnych.

Celem badań było poznanie reakcji soczewicy na wprowadzenie do ładu zbóż jako roślin podporowych. W ramach doświadczenia określona została przydatność dwóch gatunków zbóż jarych (pszenżyta i owsa nagiego) jako roślin podporowych w uprawie soczewicy w zależności od jej gęstości i terminu siewu.

MATERIAŁ I METODY

Podstawą badań było doświadczenie mikroplotkowe przeprowadzone w latach 2000–2002 w RZD Swojec należącym do AR Wrocław. Doświadczenie zlokalizowano na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego zalegającego na piasku słabo gliniastym. Charakteryzowała się ona odczynem lekko kwaśnym oraz średnią zasobnością w fosfor i potas. Glebę zaliczono do klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żyniego dobrego. Przedplonem była gorczyca biała. Po zbiorze przedplonu wykonano nawożenie wapnem magnezowym o składzie 40% CaO i 11% MgO w dawce odpowiadającej 5 t CaO na ha. Przeważnie zastosowano nawozy fosforowo-potasowe w dawce 40 kg P₂O₅ (superfosfat potrójny 46%) oraz 60 kg·ha⁻¹ K₂O (sól potasowa 57%).

Czynniki doświadczenia były:

A – sposób siewu soczewicy

- siew czysty soczewicy (odmiana Anita)
- siew współrzędny z pszenżytem jarym (odmiana Gabo)
- siew współrzędny z owsem nagim (odmiana Akt)

- B – termin siewu
- pierwsza dekada kwietnia
 - druga dekada kwietnia
- C – gęstość siewu
- 300 szt. roślin soczewicy·m⁻²
 - 150 szt. roślin soczewicy·m⁻².

Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach. Wielkość poletek wynosiła 1 m². Rośliny wysiewano ręcznie w rozstawie rzędów co 11 cm. Gęstość siewu zbóż wysiewanych oddzielnie w międzyrzędzia była stała i wynosiła 150 szt. m⁻². W czasie wegetacji poletka odchwaszczano ręcznie do momentu zakrycia międzyrzędzi.

W pełni kwitnienia soczewicy określono indeks pokrycia liściowego (LAI) przy użyciu LAI – 2000. W okresie zbioru pobrano plony próbne poprzez wyrwanie wszystkich roślin z poletka, na którym oznaczono obsadę końcową. Na 25 losowo wybranych roślinach soczewicy z każdego poletka przeprowadzono pomiary biometryczne: wysokość roślin, liczbę rozgałęzień pierwszego stopnia oraz wysokość osadzenia pierwszego strąka. W terminie zbioru dokonano metodą wagową oceny zachwaszczenia łąnu, określając powietrznie suchą masę chwastów na 1 m².

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla poziomu istotności 0,05.

Warunki pogodowe w czasie wegetacji określono na podstawie danych uzyskanych ze stacji Meteorologicznej Katedry Agro- i Hydrometeorologii AR we Wrocławiu–Swojec (tab. 1). Przebieg pogody w okresie badań, szczególnie ilość i rozkład opadów w czasie wegetacji roślin, odbiegał od średnich z wielolecia. Najmniej korzystny przebieg pogody dla rozwoju soczewicy wystąpił w pierwszym i ostatnim roku badań. W czerwcu 2000 roku ilość opadów była aż 4-krotnie mniejsza od przeciętnej z wielolecia.

Tabela 1
Table 1

Średnie dobowe temperatury powietrza i sumy opadów
Mean daily air temperature and rainfall sums

| Rok Year | Miesiące – Months | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|------|------|------|-------|-------|
| | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| | temperatura – temperature [°C] | | | | | |
| 2000 | -0,2 | 12,2 | 15,6 | 18,3 | 16,8 | 18,8 |
| 2001 | 0,7 | 8,1 | 15,1 | 15,3 | 19,5 | 19,4 |
| 2002 | 0,8 | 9,0 | 17,4 | 18,5 | 20,5 | 20,9 |
| Srednio – Mean 2000–2002 | 0,4 | 9,8 | 16,0 | 17,4 | 18,9 | 19,7 |
| Srednio – Mean 1968–2002 | 3,3 | 8,2 | 13,8 | 16,6 | 18,4 | 17,9 |
| | opady – rainfall [mm] | | | | | |
| 2000 | 86,0 | 29,5 | 86,6 | 17,6 | 117,0 | 34,0 |
| 2001 | 52,7 | 38,2 | 43,9 | 91,5 | 180,0 | 40,3 |
| 2002 | 15,7 | 32,9 | 39,5 | 82,4 | 26,8 | 103,1 |
| Srednio – Mean 2000–2002 | 51,5 | 33,5 | 56,7 | 65,8 | 107,9 | 59,1 |
| Srednio – Mean 1968–2002 | 31,8 | 38,2 | 52,7 | 73,4 | 86,0 | 71,0 |

Wpłynęło to ujemnie na kwitnienie i zawiązywanie strąków soczewicy. Wyższe opady w lipcu (zwłaszcza w drugiej połowie miesiąca) nie były w stanie zrekomensować czerwcowych niedoborów wody. Równie niekorzystnym przebiegiem, w okresie decydującym o rozwoju roślin, okazał się rok 2002. W lipcu ostatniego roku badań ilość opadów była ponad 3-krotnie mniejsza od średniej z wielolecia. Susza ta została spotęgowana wyższą aż o 2,1 °C temperaturą powietrza w porównaniu ze średnią z lat 1968–2002.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na wartość indeksu pokrycia liściowego (LAI) w czasie kwitnienia soczewicy istotnie wpłynął termin i gęstość siewu (tab. 2). Wartość indeksu pokrycia liściowego u roślin wysianych w drugiej dekadzie była o 14,1% wyższa w porównaniu do siewu o dekadę wcześniej. Wraz ze wzrostem zagęszczenia ładu ze 150 do 300 roślin·m⁻² wartość badanej cechy wzrosła istotnie o 13,2%. Nie wykazano istotnego wpływu na wartość LAI występowania w łąnie soczewicy zbóż. Jednak przy łącznym występowaniu soczewicy z owsem osiągnął on wyższe wartości (średnio 7,1%) w porównaniu do siewu czystego i z pszenżytem jarym.

Tabela 2

Table 2

Indeks LAI (średnie z lat 2000–2002)
Index of LAI (means for years 2000–200)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. · m ⁻²] Seeding rate [no. · m ⁻²] | Sposób siewu Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|-----------------------------------|---|---|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with naked oat | |
| 1/IV | 150 | 2,19 | 2,05 | 2,58 | 2,27 |
| | 300 | 2,76 | 2,47 | 2,43 | 2,55 |
| | średnio – mean | 2,48 | 2,26 | 2,50 | 2,41 |
| 2/IV | 150 | 2,34 | 2,49 | 2,86 | 2,56 |
| | 300 | 2,85 | 3,03 | 2,91 | 2,93 |
| | średnio – mean | 2,60 | 2,76 | 2,89 | 2,75 |
| Średnio Mean | 150 | 2,26 | 2,27 | 2,72 | 2,42 |
| | 300 | 2,80 | 2,75 | 2,67 | 2,74 |
| | średnio – mean | 2,53 | 2,51 | 2,70 | x |

NIR_{0,05} dla terminu siewu (A) 0,11; sposobu siewu (B) r.n.; gęstości siewu (C) 0,21; AxB r.n.; BxC r.n.; AxC r.n.; AxBxC r.n

LSD_{0,05} for: seeding time (A) 0.11; method of sowing (B) n.s.; seeding rate (C) 0.21; AxB; BxC AxC; and AxBxC n.s.

r.n. różnica nieistotna – n.s. differens not significant

Rośliny soczewicy rosnąc w większej obsadzie osiągały istotnie wyższą wysokość (o 1,8 cm) w porównaniu do rosnących w mniejszym zagęszczeniu (tab. 3). Pawłowski i Bujak [1989] oraz Pawłowski i wsp. [1988] wykazali, iż gęstszy siew w rzędzie powodował wydłużenie łodyg soczewicy. Potwierdzają to wcześniejsze badania Zawieji [2000], w których wraz ze wzrostem obsady roślin ze 100 do 200 i do 300 szt./m² istotnie wzrastała wysokość roślin, średnio o 4,4%. Natomiast według badań Turk i wsp. [2003] rośliny soczewicy siane w większym zagęszczeniu były istotnie niższe. Wysokość roślin soczewicy nie była istotnie zróżnicowana w zależności od terminu i sposobu siewu jak i od współdziałania czynników. Wysokość roślin wysianych w pierwszej dekadzie kwietnia była nieznacznie o 7,1% większa w porównaniu do wartości uzyskanych u roślin posianych w późniejszym terminie. Podobnie Dziamba [1991] wykazał, iż rośliny z opóźnionego siewu (pełnia wschodów roślin z wczesnego siewu) miały gorsze warunki do dalszego wzrostu i rozwoju oraz były niższe średnio o 8,8 cm. Również w badaniach Zawieji [2000] u roślin wysianych w trzeciej dekadzie kwietnia i w pierwszej maja uzyskano odpowiednio o 8,9 i 5,3% niższe rośliny w porównaniu do siewu w drugiej dekadzie kwietnia.

Obniżeniem wysokości (o 1,4 cm) soczewica reagowała na obecność pszenżyta jarego w łąnie. Mniej konkurencyjną rośliną w stosunku do soczewicy okazał się owies nagi, a różnica we wzroście wyniosła tylko 0,1 cm.

Tabela 3
Table 3

Wysokość roślin w terminie zbioru (cm) (średnie z lat 2000–2002)
Plant height in harvest time (cm) (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. · m ⁻²] Seeding rate [no. · m ⁻²] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|--|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszen- żytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with nacket oat | |
| 1/IV | 150 | 35,7 | 33,9 | 36,1 | 35,2 |
| | 300 | 35,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 |
| | średnio mean | 36,5 | 35,6 | 36,7 | 36,3 |
| 2/IV | 150 | 34,1 | 31,2 | 34,5 | 33,3 |
| | 300 | 35,4 | 34,2 | 34,2 | 34,6 |
| | średnio mean | 34,8 | 32,7 | 34,4 | 33,9 |
| Średnio Mean | 150 | 34,9 | 32,6 | 35,3 | 34,2 |
| | 300 | 36,4 | 35,8 | 35,7 | 36,0 |
| | średnio mean | 35,6 | 34,2 | 35,5 | x |

NIR_{0,05} dla :terminu siewu (A) r.n.; sposobu siewu (B) r.n.; gęstości siewu (C) 1,3; AxB r.n.; BxC r.n.; AxC r.n.; AxBxC r.n

LSD_{0,05} for: seeding time (A) n.s.; method of sowing (B) n.s.; seeding rate (C) 1.3; AxB; BxC; AxC and AxBxC n.s.

r.n. różnica nieistotna – n.s. differens not significant

Liczba rozgałęzień pierwszego rzędu uzyskana u roślin wysiewanych we wcześniejszym terminie była istotnie (o 14,2%) większa w stosunku do uzyskanej u roślin posianych w drugiej dekadzie kwietnia (tab. 4). Podobnie Dziamba [1991], Turk i wsp. [2003] i Zawieja [2000] stwierdzili obniżenie liczby rozgałęzień wraz z opóźnieniem terminu siewu o dekadę w stosunku do pierwszego terminu siewu. Zwiększona obsada roślin na jednostce powierzchni przyczyniła się do obniżenia wartości badanej cechy (o 19,6%) w porównaniu do wartości uzyskanej przy mniejszym zagęszczeniu roślin, a zaistniałe różnice zostały udowodnione statystycznie. Potwierdzają tę zależność wyniki Dziamby [1991], Turka i wsp. [2003] i Zawieji [2000], którzy wykazali wpływ gęstości siewu soczewicy na wartość tej cechy. Stwierdzona liczba rozgałęzień pierwszego rzędu była istotnie niższa przy uprawie soczewicy z pszenżytem w porównaniu do dwóch pozostałych sposobów siewu, a różnica wynosiła 25% w odniesieniu do uprawy z owsem i 43,0% w porównaniu do siewu czystego.

Tabela 4

Table 4

Liczba rozgałęzień I. stopnia (średnie z lat 2000–2002)

Numer of primary branches (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. · m ⁻²] Seeding rate [no. · m ⁻²] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|--|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with nacket oat | |
| 1/IV | 150 | 3,12 | 1,45 | 1,94 | 2,17 |
| | 300 | 2,43 | 1,51 | 1,60 | 1,84 |
| | średnio – mean | 2,77 | 1,48 | 1,78 | 2,01 |
| 2/IV | 150 | 2,40 | 1,41 | 2,21 | 2,01 |
| | 300 | 1,78 | 1,16 | 1,63 | 1,52 |
| | średnio – mean | 2,08 | 1,29 | 1,92 | 1,76 |
| Średnio Mean | 150 | 2,76 | 1,43 | 2,07 | 2,09 |
| | 300 | 2,09 | 1,33 | 1,62 | 1,68 |
| | średnio – mean | 2,42 | 1,38 | 1,84 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) 0,24; sposobu siewu (B) 0,21; gęstości siewu (C) 0,16; AxB 0,33; BxC 0,28; AxC r.n.; AxBxC r.n

LSD_{0,05} for: seeding time (A) 0.24; method of sowing (B) 0.21; seeding rate (C) 0.16; AxB 0.33; BxC 0.28; AxC and AxBxC n.s.

r.n. różnica nieistotna – n.s. differens not significant

Wytworzoną liczbę rozgałęzień istotnie różnicowało współdziałanie gęstości siewu soczewicy z jej sposobem siewu. Największą wartość ta cecha osiągała w siewie czystym w zagęszczeniu 150 roślin/m² (2,76), a najniższą w siewie z pszenżytem jarym i zagęszczeniu 300 roślin/m² (1,33). Uprawa soczewicy w warunkach konkurencyjności z pszenżytem, sianą w drugiej dekadzie kwietnia okazała się w badaniach najgorszym wariantem. Uzyskana na tym obiekcie wartość analizowanej cechy była istotnie niższa (1,29) w porównaniu do pozostałych wariantów.

Zarówno termin, jak i sposób siewu soczewicy nie różnicowały w sposób istotny wysokości osadzenia pierwszego strąka (tab. 5). Według Milczaka i wsp. [1991] wysokość osadzania pierwszych dolnych strąków, ze względu na straty przy zbiorze powinna wynosić co najmniej 25 cm. W badaniach własnych zawierała się ona w przedziale od 17,8 do 22,6 cm. Po zwiększeniu zagęszczenia roślin w łanie z 150 do 300 roślin·m⁻² obserwowano istotne zwiększenie wysokości osadzenia pierwszego strąka (o 11,4%) w odniesieniu do obsady niższej, co potwierdzają wcześniejsze badania prowadzone przez Zawieję [2000]. Na wysokość osadzania pierwszego strąka istotnie wpłynęło współdziałanie sposobu i gęstości siewu soczewicy. Największą wartość ta cecha osiągnęła w siewie soczewicy z pszenżytem i zagęszczeniu 300 roślin·m⁻² (22,4 cm), a najniższą (18,4 cm) z tą samą rośliną, lecz w niższej obsadzie (150 roślin·m⁻²).

Tabela 5
Table 5

Wysokość osadzenia 1. strąka (cm) (średnie z lat 2000–2002)
Height of first pod position (cm) (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. · m ⁻²] Seeding rate [no. · m ⁻²] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|--|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with nacket oat | |
| 1/IV | 150 | 19,5 | 19,1 | 20,7 | 19,8 |
| | 300 | 20,6 | 22,6 | 21,8 | 21,6 |
| | średnio – mean | 20,1 | 20,8 | 21,2 | 20,7 |
| 2/IV | 150 | 19,1 | 17,8 | 19,4 | 18,8 |
| | 300 | 21,0 | 22,2 | 20,9 | 21,3 |
| | średnio – mean | 20,0 | 20,0 | 20,2 | 20,1 |
| Średnio Mean | 150 | 19,3 | 18,4 | 20,1 | 19,3 |
| | 300 | 20,7 | 22,4 | 21,3 | 21,5 |
| | średnio – mean | 20,0 | 20,4 | 20,7 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) r.n.; sposobu siewu (B) r.n; gęstości siewu (C) 0,8; AxB r.n; BxC 1,6; AxC r.n; AxBxC r.

LSD_{0,05} for: seeding time (A) n.s.; method of sowing (B) n.s.; seeding rate (C) 0.8; AxB n.s.; BxC 1.6; AxC and AxBxC n.s.

r.n. różnica nieistotna – n.s. differens not significant

Sucha masa chwastów w łanie soczewicy w sposób istotny zróżnicowana była przez sposób siewu soczewicy (tab. 6). Najbardziej konkurencyjny w stosunku do zachwaszczenia okazał się łan, w którym soczewica uprawiana była łącznie z pszenżytem. W tym sposobie uprawy sucha masa chwastów wyniosła (50,8 g). Siew czysty soczewicy oraz z owsem nagim zwiększył zachwaszczenie w porównaniu do jej siewu współrzędnego z pszenżytem jarym, odpowiednio o 45,9 i 25,2%.

Tabela 6
Table 6Sucha masa chwastów [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$] (średnie z lat 2000–2002)
Dry matter of weeds [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$] (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. $\cdot \text{m}^{-2}$] Seeding rate [no. $\cdot \text{m}^{-2}$] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|--|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with nacket oat | |
| 1/IV | 150 | 74,3 | 37,8 | 64,4 | 58,8 |
| | 300 | 82,1 | 57,6 | 56,7 | 65,5 |
| | średnio – mean | 78,2 | 47,7 | 60,5 | 62,1 |
| 2/IV | 150 | 87,2 | 44,8 | 74,9 | 69,0 |
| | 300 | 52,9 | 63,0 | 58,5 | 58,2 |
| | średnio – mean | 70,0 | 53,9 | 66,7 | 63,5 |
| Średnio Mean | 150 | 80,7 | 41,3 | 69,6 | 63,9 |
| | 300 | 67,5 | 60,3 | 57,6 | 61,8 |
| | średnio – mean | 74,1 | 50,8 | 63,6 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) r.n.; sposobu siewu (B) 12,8; gęstości siewu (C) r.n.; AxB r.n.; BxC r.n.; AxC r.n.; AxBxC r.nLSD_{0,05} for seeding time (A) n.s.; method of sowing (B) 12,8; seeding rate (C); AxB and BxC n.s.; AxC 18,2; AxBxC n.s.

r.n.– różnica nieistotna – n.s. differens not significant

PODSUMOWANIE

1. Zastosowanie w uprawie soczewicy roślin podporowych z pszenżyta jarego i owsa nagiego w sposób istotny wpłynęło na zmniejszenie liczby rozgałęzień, nie różnicowało natomiast w sposób znaczący wskaźnika ulistnienia łanu, wysokości roślin i wysokości osadzenia pierwszego strąka.

2. Porównywane terminy wysiewu soczewicy (I i II dekada kwietnia) istotnie różnicowały wartość wskaźnika LAI i liczbę rozgałęzień, nie wpływając na pozostałe parametry.

3. Gęstość siewu miała znaczący wpływ na wysokość roślin soczewicy uzyskaną w terminie zbioru oraz wysokość osadzenia pierwszego strąka.

4. Wykazano, iż najbardziej konkurencyjnym w stosunku do zachwaszczenia soczewicy był jej siew współrzędny z pszenżytem jarym, w którym soczewica była siana łącznie z pszenżytem. Stwierdzone w tym sposobie uprawy zachwaszczenie było najniższe.

5. Liczba rozgałęzień była istotnie zależna od współdziałania terminu i sposobu oraz od sposobu i gęstości siewu w sposób i wysokość osadzenia pierwszego strąka.

PIŚMIENNICTWO

- Błażej J.: 1996. Wpływ fungicydów na grzyby zasiedlające nasiona soczewicy jadalnej (*Lens esculenta* Moench.). Progress in Plant Protection/ Post. Ochr. Rośl., 36(2): 174–176.
- Brand J., Armstrong R., Materne M., Antnoff G.: 2003. The response of lentil cultivars to sowing date and plant density in the southern Mallee of Victoria. Proceeding of the 11th Australian Agronomy Conference, 'Solutions for a Better Environment, 12-13 February 2003, Australian Society of Agronomy.
- Dziamba S.: 1991. Wpływ terminu i gęstości siewu na produktywność soczewicy jadalnej (*Lens culinaris* Medic.). Fragm. Agron., 1(29): 5–14.
- Dziamba S., Sochaj J.: 1993. Zmienność plonowania i struktury plonu soczewicy jadalnej. Roczn. Nauk Rol., Seria A, 110: 103–109.
- Jasińska Z., Kotecki A.: 2003. Rośliny strączkowe, [W:] Szczegółowa uprawa roślin, praca zbiorowa pod red. Z. Jasińskiej, Wyd. AR we Wrocławiu.
- Milczak M., Gryka J., Segit Z.: 1991. Zmienność i współzależność niektórych cech u soczewicy (*Lens culinaris* Medic.). Biul. IHAR 179: 59–65.
- Pawłowski F., Bujak K.: 1989. Wpływ ilości wysiewu i rozstawy rzędów na plonowanie soczewicy jadalnej. Pam. Puł. 95: 157–167.
- Pawłowski F., Jędruszczak M., Bojarczuk M.: 1988. Plonowanie soczewicy jadalnej (*Lens culinaris* Medic.) w środkowo-wschodniej Polsce w zależności od gęstości siewu. Biul. IHAR, 168: 109–116.
- Sadowski S., Krzysiak A.: 1990. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na zdrowotność i plonowanie soczewicy (*Lens esculenta* Moench.). Phytopathol. Polonica, XI: 273–287.
- Turk M. A., Tawaha A. M., El-Shatnawi M. K. J.: 2003. Response of Lentil (*Lens culinaris* Medik) to Plant Density, Sowing Date, Phosphorus Fertilization and Ethephon Application in the Absence of Moisture Stress. Journal of Agronomy and Crop Science 189 (1), 1–6.
- Zawieja J.: 2000. Plonowanie soczewicy jadalnej (*Lens culinaris* Medic.) w zależności od gęstości siewu i terminu siewu. Zesz. Nauk. AR Wroc. Rol. 396: 143–151.

**RESPONSE OF LENTIL (*LENS CULINARIS* MEDIK) ON INTERCROPPING
WITH CEREALS AS AFFECTED BY RATES AND SOWING DATES.
PART I. BIOMETRICAL TRAITS AND WEED INFESTATION**

S u m m a r y

In 2000–2002 a micro-plot experiment was conducted to study the effect of intercropping with cereals under various rates and sowing dates on morphological traits and weed infestation of lentil. Plant height of first pod position was significant and depended on stand density. Increasing of seeding rate from 150 until 300 seeds·m⁻² was significant for increase of plant height (5.3%) and height of the pod position (11.4%). The number of primary branches was significantly affected by the factors of the experiment. Compared with seeding rate 300 seeds·m⁻² plants growing in sparsely density were higher about 24.4%. The delay of the sowing date by decade has an influence on decreasing the number of branches (12.4%). When lentil was growing in sole crop the number of primary branches was the highest (2.42) and it was higher compared to sowing with oats and triticale properly 31.5 and 75.4%. Triticale was more competitive for lentil than oats. Parameters of most features were lower in sowing with triticale compared to intercropping with oats, within the range (4–25%).

KEY WORDS: lentil, intercropping, sowing date, sowing rate, morphological traits, weed infestation

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Bleharczyk – Akademia Rolnicza w Poznaniu

Janina Zawieja

**REAKCJA SOCZEWICY JADALNEJ NA SIEW WSPÓLRZĘDNY
ZE ZBOŻAMI JARYMI W ZALEŻNOŚCI OD TERMINU SIEWU
I GĘSTOŚCI SIEWU.**

**CZĘŚĆ II. CECHY PLONOTWÓRCZE I PLONOWANIE
SOCZEWICY**

**RESPONSE OF LENTIL (LENS CULINARIS MEDIK)
ON INTERCROPPING WITH SPRING CEREALS AS AFFECTED
BY RATES AND SOWING DATES.**

PART II. YIELDING TRAITS AND YIELDING OF LENTIL

*Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Soil Management and Plant Cultivation, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

W doświadczeniu mikropoletkowym przeprowadzonym w latach 2000–2002 w RZD Swojec k. Wrocławia zbadano wpływ uprawy współrzędnej z pszenżytem jarym i owsem nagim na cechy plonotwórcze i plon soczewicy jadalnej w zależności od jej terminu i gęstości siewu. Soczewica niekorzystnie reagowała na obecność roślin zbożowych w łanie poprzez znaczne obniżenie wartości większości parametrów, a w rezultacie na wysokość uzyskanych plonów. Plon nasion soczewicy w siewie czystym był o 2,5 raza wyższy w porównaniu do siewu z owsem nagim oraz 3,5 dla siewu współrzędnego z pszenżytem jarym. Obecność roślin zbożowych przyczyniła się do zmniejszenia u soczewicy liczby strąków i nasion z rośliny oraz masy nasion z rośliny. Zróżnicowany termin siewu soczewicy nie wpłynął istotnie na uzyskany plon nasion.

SŁOWA KLUCZOWE: soczewica jadalna, uprawa współrzędna, termin siewu, gęstość siewu, cechy plonotwórcze, plon

WSTĘP

Soczewica jadalna należy do cenionych roślin strączkowych ze względu na swoje duże walory dietetyczne nasion, wysoką wartość paszową zielonki, słomy i plew [Wierzbicka, 1984; Savage, 1988]. Małe wymagania glebowe soczewicy [Dziamba, 1991; Pawłowski i wsp., 1988] w połączeniu z tymi walorami wskazują na celowość

rozszerzenia jej uprawy w naszym kraju. Wiąże się to z opracowaniem prawidłowej agrotechniki umożliwiającej uzyskanie wysokiego i jakościowo dobrego plonu. Dużego znaczenia nabiera tutaj ochrona soczewicy przed wyleganiem, które sprzyja rozwojowi chorobotwórczych grzybów [Sadowski, Krzysiak, 1990]. Istotną rolę może odgrywać siew łączny z innymi roślinami uprawnymi.

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu terminu siewu i gęstości siewu na plon nasion i cechy kształtujące jego wielkość u soczewicy uprawianej w siewie czystym oraz z pszenżytem jarym i owsem nagim.

MATERIAŁ I METODY

Opis i warunki doświadczenia wraz ze schematem przedstawiono w części pierwszej pracy, dotyczącej zróżnicowania we wzroście, rozwoju soczewicy jadalnej oraz zachwaszczeniu jej łąnu.

W okresie dojrzałości pełnej dokonano zbioru wszystkich roślin na każdym poletku oddzielając soczewicę od zbóż. Było to podstawą dla określenia obsady końcowej soczewicy oraz masy plonu nasion z jednostki powierzchni i masy tysiąca nasion. Na wybranych losowo 25 roślinach oznaczono liczbę strąków pełnych oraz liczbę i masę nasion z rośliny.

WYNIKI I DYSKUSJA

Należy zaznaczyć, iż na żadnym z obiektów nie uzyskano zamierzonej liczby roślin soczewicy jadalnej na jednostce powierzchni (tab. 1). Liczba roślin w istotny sposób była zróżnicowana przez gęstość siewu. Przy wysiewie 150 sztuk najwięcej roślin soczewicy uzyskano z poletek, na których siew przypadł na drugą dekadę kwietnia w siewie czystym (145 sztuk). Najmniej przy tej obsadzie było roślin soczewicy wysianych w siewie z pszenżytem w pierwszej dekadzie kwietnia (125). Z poletek, na których wysiano soczewicę w zagęszczeniu 300 sztuk najwięcej roślin (276 sztuk) uzyskano w podobnych warunkach uprawy jak przy niższej obsadzie. Natomiast najsilniej na zmniejszenie jej obsady końcowej przy uprawie w większym zagęszczeniu wpłynęła uprawa współrzędna z owsem nagim i wcześniejszy termin siewu roślin. W tych warunkach uprawy roślin soczewicy w terminie zbioru było o 16,7% mniej w porównaniu do zamierzonej.

Liczba strąków pełnych z rośliny była istotnie zróżnicowana przez czynniki doświadczenia (tab. 2). Opóźnienie terminu siewu soczewicy jadalnej o dekadę (z pierwszej do drugiej dekady kwietnia) powodowało zmniejszenie liczby strąków pełnych z rośliny o 23,8%. Zależność tę potwierdzają wcześniejsze badania Zawieji [2000], Dziamby [1991], Tursk i wsp., 2003 oraz Błażej i Błażej [1997a]. Zdecydowanie najwyższą liczbę strąków pełnych z rośliny uzyskano w siewie samodzielnym soczewicy i była ona o prawie dwa razy wyższa w porównaniu do liczby uzyskanej w siewie współrzędnym z owsem nagim i trzy razy wyższa w odniesieniu do liczby uzyskanej w siewie z pszenżytem. Dane te potwierdzają badania Błażej i Błażej [1997a] oraz Błażej i Błażej

[1997b], którzy w warunkach uprawy współrzędnej soczewicy z owsem uzyskali obniżenie wartości badanej cechy o połowę. Soczewica uprawiana w mniejszym zagęszczeniu ($150 \text{ sztuk} \cdot \text{m}^{-2}$) wytworzyła o 32% więcej strąków z rośliny w porównaniu uprawy w większym zagęszczeniu ($300 \text{ sztuk} \cdot \text{m}^{-2}$), co jest zgodne z wynikami uzyskanymi przez innych autorów [Błażej i Błażej, 1997; Dziamba, 1991; Zawieja, 2000; Tursk i wsp., 2003]. Nie wykazano istotności współdziałania czynników doświadczenia na liczbę strąków z rośliny.

Tabela 1
Table 1

Liczba roślin w terminie zbioru ($\text{szt.} \cdot \text{m}^{-2}$) (średnie z lat 2000–2002)
Number of plant ($\text{no.} \cdot \text{m}^{-2}$) (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [$\text{szt.} \cdot \text{m}^{-2}$] Seeding rate [$\text{no.} \cdot \text{m}^{-2}$] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|---|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with naked oat | |
| 1/IV | 150 | 135,5 | 125,3 | 137,3 | 132,7 |
| | 300 | 256,3 | 263,8 | 250,0 | 256,7 |
| | średnio – mean | 195,9 | 194,6 | 193,7 | 194,7 |
| 2/IV | 150 | 145,3 | 139,8 | 136,3 | 140,5 |
| | 300 | 275,7 | 260,2 | 257,8 | 264,6 |
| | średnio – mean | 210,5 | 200,0 | 197,5 | 202,5 |
| Średnio Mean | 150 | 140,4 | 132,6 | 136,8 | 136,6 |
| | 300 | 266,0 | 262,0 | 253,9 | 260,6 |
| | średnio – mean | 203,2 | 197,3 | 195,4 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) r.n.; sposobu siewu (B) r.n.; gęstości siewu (C) 5,7; AxB r.n.; BxC r.n.; AxC r.n.; AxBxC r.n

LSD_{0,05} for: seeding time (A) and method of sowing (B); seeding rate (C) 5.7; AxB, BxC; AxC and AxBxC n.s. r.n. – różnica nieistotna; n.s. – differens not significant

Tabela 2
Table 2

Liczba strąków pełnych z rośliny (średnie z lat 2000–2002)
Number of full pods per plant (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [$\text{szt.} \cdot \text{m}^{-2}$] Seeding rate [$\text{no.} \cdot \text{m}^{-2}$] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|---|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with naked oat | |
| 1/IV | 150 | 20,1 | 8,3 | 9,3 | 12,6 |
| | 300 | 15,1 | 5,6 | 7,1 | 9,3 |
| | średnio – mean | 17,6 | 7,0 | 8,2 | 10,9 |
| 2/IV | 150 | 15,9 | 5,2 | 8,8 | 9,9 |
| | 300 | 11,2 | 3,3 | 5,4 | 6,6 |
| | średnio – mean | 13,5 | 4,3 | 7,1 | 8,3 |
| Średnio Mean | 150 | 18,0 | 6,8 | 9,0 | 11,3 |
| | 300 | 13,1 | 4,5 | 6,3 | 7,9 |
| | średnio – mean | 15,6 | 5,6 | 7,6 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) 2,2; sposobu siewu (B) 1,7; gęstości siewu (C) 1,2; AxB r.n.; BxC r.n.; AxC r.n.; AxBxC r.n

LSD_{0,05} for seeding time (A) 2,2; method of sowing (B) 1,7; seeding rate (C) 1,2; AxB; BxC; AxC and AxBxC n.s. differens not significant

r.n. – różnica nieistotna – n.s. differens not significant

Podobnie ilość nasion z rośliny była uzależniona istotnie od terminu, sposobu i gęstości siewu soczewicy (tab. 3), a różnice kształtowały się na tym samym poziomie, jak dla liczby strąków. Największą liczbę nasion z rośliny stwierdzono u soczewicy uprawianej w siewie czystym, w mniejszym zagęszczeniu roślin na jednostce powierzchni i w pierwszym terminie siewu (21,5 sztuki). Najmniejszą liczbę nasion (5,3 sztuk) uzyskano w uprawie soczewicy w zagęszczeniu wynoszącym 300 roślin·m² w siewie współrzędnym z pszenżytem jarym i sianej w drugiej dekadzie kwietnia.

Tabela 3

Table 3

Liczba nasion z rośliny (średnie z lat 2000–2002)
Number of seed per plant (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. · m ⁻²] Seeding rate [no. · m ⁻²] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|--|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with nacket oat | |
| 1/IV | 150 | 21,5 | 8,8 | 9,4 | 13,2 |
| | 300 | 16,1 | 8,0 | 10,2 | 11,4 |
| | średnio – mean | 18,8 | 8,4 | 9,8 | 12,3 |
| 2/IV | 150 | 16,7 | 5,4 | 10,6 | 10,9 |
| | 300 | 12,6 | 5,3 | 6,4 | 8,1 |
| | średnio – mean | 14,7 | 5,3 | 8,5 | 9,5 |
| Średnio Mean | 150 | 19,1 | 7,1 | 10,0 | 12,1 |
| | 300 | 14,4 | 6,6 | 8,3 | 9,8 |
| | średnio – mean | 16,7 | 6,8 | 9,2 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) 2,8; sposobu siewu (B) 1,9; gęstości siewu (C) 1,5; AxB r.n.; BxC r.n.; AxC r.n.; AxBxC r.n

LSD_{0,05} for: seeding time (A) 2.8; method of sowing (B) 1.9; seeding rate (C) 1.5; AxB; BxC; AxC; and AxBxC n.s.

r.n. – różnica nieistotna – n.s. differens not significant

Masa nasion z jednej rośliny soczewicy jadalnej zależała w sposób istotny od sposobu jej siewu i zastosowanych w doświadczeniu gęstości siewu (tab. 4). Soczewica siana w siewie czystym wytworzyła prawie dwukrotnie większą masę nasion z rośliny w porównaniu do uzyskanej w siewie współrzędnym z owsem, a trzykrotnie do masy otrzymanej w uprawie z pszenżytem jarym. Podobnie rośliny uprawiane w mniejszej obsadzie wydały wyższą masę nasion z rośliny w odniesieniu do masy uzyskanej w zagęszczeniu dwukrotnie wyższym, a różnica ta wyniosła 50%. Jest to zgodne z wynikami badań Turska i wsp., [2003]. W badaniach nie wykazano istotnych różnic w masie nasion z rośliny w zależności od terminu siewu, co jest zgodne z wynikami uzyskanymi przez Dziambę [1991]. Jednak według wcześniejszych badań Zawieji [2000] oraz Błażej i Błażej [1997a], soczewica siana w pierwszej dekadzie kwietnia plonowała na wyższym poziomie w porównaniu do siewu opóźnionego o dekadę lub dwie. Wykazano istotność wpływu sposobu i gęstości siewu na wydajność soczewicy. Najwyższą masę nasion z rośliny uzyskano w uprawie soczewicy bez roślin podporowych i w obsadzie 150 roślin · m⁻² (0,79 g) a najniższą w siewie z pszenżytem w obsadzie 300 roślin (0,15 g).

Tabela 4
Table 4Masa nasion z rośliny [g] (średnie z lat 2000–2002)
Seed weight per plant [g] (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. · m ⁻²] Seeding rate [no. · m ⁻²] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|---|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with naked oat | |
| 1/IV | 150 | 0,84 | 0,32 | 0,34 | 0,50 |
| | 300 | 0,62 | 0,19 | 0,23 | 0,34 |
| | średnio – mean | 0,73 | 0,26 | 0,29 | 0,42 |
| 2/IV | 150 | 0,68 | 0,20 | 0,32 | 0,40 |
| | 300 | 0,48 | 0,10 | 0,19 | 0,26 |
| | średnio – mean | 0,58 | 0,15 | 0,27 | 0,33 |
| Średnio Mean | 150 | 0,76 | 0,26 | 0,33 | 0,45 |
| | 300 | 0,55 | 0,15 | 0,21 | 0,30 |
| | średnio – mean | 0,66 | 0,20 | 0,27 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) r.n.; sposobu siewu (B) 0,07; gęstości siewu (C) 0,05; AxB r.n.; BxC 1,6; AxC r.n.; AxBxC r.n.LSD_{0,05} for: seeding time (A) n.s.; method of sowing (B) 0.07; seeding rate (C) 0.05; AxB n.s.; BxC 1.6; AxC and AxBxC n.s.

r.n. – różnica nieistotna – n.s. differens not significant

Uzyskany plon nasion z poletka (tab. 5) był istotnie zróżnicowany przez zastosowane w doświadczeniu sposoby siewu, gęstości siewu i ich współdziałania, a nie był zróżnicowany przez termin siewu. Jednak według Andrews i wsp. [2001] soczewica siana we wcześniejszym terminie (III dekada kwietnia) plonowała istotnie wyżej niż siana w terminach późniejszych (od 2 do 4 tygodni). Soczewica uprawiana w siewie czystym plonowała na istotnie wyższym poziomie w porównaniu do siewu współrzędnego ze zbożami. Najbardziej niekorzystnym wariantem uprawy okazał się siew z pszenżytem, gdzie uzyskany plon był o 71,4% niższy w porównaniu do siewu czystego. Wyniki te są zbieżne z wynikami Błażej i Błażej [1997a, 1997b], którzy uzyskali podobne różnice przy uprawie współrzędnej soczewicy z owsem. Wpływ na tę zależność miało zarówno zmniejszenie liczby plonujących roślin, jak i liczby strąków i nasion z rośliny.

Zwiększając zagęszczenie roślin w łanie ze 150 do 300 sztuk·m⁻² uzyskano w badaniach własnych istotny wzrost plonu soczewicy (o 29%). Podobnie Tursk i wsp. [2003] zwiększając obsadę z 80 do 120 roślin·m⁻² uzyskali wzrost plonu nasion soczewicy o 21,1%. Według Pawłowskiego i Bujaka [1989] od gęstości siewu zależy zapewnienie roślinie optymalnej przestrzeni życiowej. Wyniki ich badań wykazały wzrost plonowania soczewicy przy równomiernym rozłożeniu roślin w łanie i odpowiednim ich zagęszczeniu, który według cytowanych autorów wynosi 200 roślin·m⁻². Jednak w badaniach

Branda i wsp. 2003] soczewica plonowała na optymalnym poziomie przy obsadzie 90 roślin \cdot m⁻². W badaniach własnych stwierdzono istotność wpływu sposobu i gęstości siewu na plonowanie soczewicy. Najwyższą masę nasion z poletka uzyskano w uprawie soczewicy bez roślin podporowych i w obsadzie 300 roślin na 1 m² (143,5 g), a najniższą w siewie z pszenżytem w obsadzie 150 roślin na 1 m² (33,8 g).

Tabela 5

Table 5

Plon nasion z poletka [g.m⁻²] (średnie z lat 2000–2002)
Yield of seedes from plot [g.m⁻²] (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. \cdot m ⁻²] Seeding rate [no. \cdot m ⁻²] | Sposób siewu soczewicy — Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|---|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with naked oat | |
| 1/IV | 150 | 113,6 | 39,4 | 40,8 | 64,6 |
| | 300 | 150,5 | 48,2 | 57,3 | 85,3 |
| | średnio – mean | 132,1 | 43,8 | 49,1 | 75,0 |
| 2/IV | 150 | 100,3 | 28,1 | 46,4 | 58,2 |
| | 300 | 136,4 | 27,3 | 56,2 | 73,3 |
| | średnio – mean | 118,3 | 27,7 | 51,3 | 65,8 |
| Średnio Mean | 150 | 107,0 | 33,8 | 43,6 | 61,4 |
| | 300 | 143,5 | 37,8 | 56,8 | 79,3 |
| | średnio – mean | 125,2 | 35,8 | 50,2 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) r.n.; sposobu siewu (B) 12,2; gęstości siewu (C) 10,3; AxB r.n.; BxC 17,5; AxC r.n.; AxBxC r.n

LSD_{0,05} for: seeding time (A) n.s.; method of sowing (B) 12.2; seeding rate (C) 10.3; AxB n.s.; BxC 17.5; AxC and AxBxC n.s.

r.n. – różnica nieistotna – n.s. – differens not significant

Termin siewu nie wpłynął różnicująco na masę tysiąca nasion soczewicy jadalnej (tab. 6). Natomiast badania Turska i wsp. [2003] wykazały, iż masa tysiąca nasion istotnie uległa obniżeniu u soczewicy sianej w późniejszym terminie. Różnice istotne w wartości danej cechy wystąpiły w wyniku zastosowanych sposobów siewu i gęstości. Dla soczewicy uprawianej w siewie czystym stwierdzono średnio o około 5,2 g wyższą masę tysiąca nasion w porównaniu do uzyskanej w siewie współrzędnym ze zbożami. U roślin uprawianych w zagęszczeniu 300 sztuk oznaczona masa tysiąca nasion była istotnie o 2% mniejsza w porównaniu do uzyskanych z siewu w mniejszym zagęszczeniu. Podobne zależności w swoich badaniach otrzymali Pawłowski i wsp. [1988] oraz Turska i wsp. [2003]. Największą masę tysiąca nasion (42,5 g) stwierdzono u soczewicy wysianej w drugim terminie w zagęszczeniu 300 roślin \cdot m⁻² i bez roślin towarzyszących, a najniższą (35,6 g) w tych samych warunkach agrotechnicznych, ale rosnących w warunkach konkurencji ze strony pszenżyta jarego. Różnice we współdziałaniu tych czynników doświadczenia były istotne.

Tabela 6
Table 6Masa tysiąca nasion [g] (średnie z lat 2000–2002)
1000 seed weight [g] (means for years 2000–2002)

| Termin siewu Seeding time | Gęstość siewu [szt. · m ⁻²] Seeding rate [no. · m ⁻²] | Sposób siewu soczewicy – Methods of sowing | | | Średnio Mean |
|------------------------------|--|--|---|--|-----------------|
| | | siew czysty sole crop | współrzędny z pszenżytem jarym intercropping with spring triticale | współrzędny z owsem nagim intercropping with nacket oat | |
| 1/IV | 150 | 41,6 | 38,7 | 37,0 | 39,1 |
| | 300 | 41,7 | 35,4 | 36,8 | 38,0 |
| | średnio – mean | 41,7 | 37,0 | 36,9 | 38,5 |
| 2/IV | 150 | 43,0 | 37,2 | 38,4 | 39,5 |
| | 300 | 43,3 | 35,7 | 38,0 | 39,0 |
| | średnio – mean | 43,2 | 36,4 | 38,2 | 39,3 |
| Średnio Mean | 150 | 42,3 | 37,9 | 37,7 | 39,3 |
| | 300 | 42,5 | 35,6 | 37,4 | 38,5 |
| | średnio – mean | 42,4 | 36,7 | 37,6 | x |

NIR_{0,05} dla: terminu siewu (A) r.n.; sposobu siewu (B) 1,2; gęstości siewu (C) 0,8; AxB r.n.; BxC 1,6; AxC r.n.; AxBxC r.nLSD_{0,05} for: seeding time (A) and method of sowing (B) 1.2; seeding rate (C) 0.8; AxB n.s.; BxC 1.6; AxC and AxBxC n.s.

r.n. – różnica nieistotna – n.s. – differens not significant

WNIOSKI

1. Soczewica uprawiana współrzędnie z pszenżytem jarym i owsem nagim wydała istotnie niższy plon nasion w porównaniu do uzyskanego w siewie czystym.
2. Obecność zbóż wpłynęła na zwiększenie ubytków w obsadzie soczewicy oraz na pogorszenie badanych cech struktury plonu.
3. Opóźnienie terminu siewu soczewicy o dekadę nie było czynnikiem istotnie decydującym o wysokości plonowania soczewicy.
4. Zwiększenie ilości wysiewu soczewicy ze 150 do 300 sztuk·m⁻² przyczyniło się do istotnego wzrostu masy nasion z poletka.
5. Stwierdzono istotną interakcję pomiędzy sposobem a gęstością siewu soczewicy a jej plonowaniem.

PIŚMIENNICTWO

- Andrews M., McKenzie, B. A. Joyce A., Andrews M. E.: 2001. The potential of lentil (*Lens culinaris*) as a grain legume crop in the UK: an assessment based on a crop growth model. *Ann. Appl. Biol.* 139 (3), 293–300.
- Błażej J., Błażej J.: 1997a. Wpływ terminu siewu na plonowanie soczewicy uprawianej w siewie czystym i współrzędnie z owsem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446: 415–418.
- Błażej J., Błażej J.: 1997b. Zmienność wysokości plonowania i niektórych cech morfologicznych soczewicy jadalnej uprawianej w siewie czystym i współrzędnie z owsem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446: 419–423.

- Brand J., Armstrong R., Materne M., Antnoff G.: 2003. the rspanse of lentil cultivars to sowing date an plant density in the southern Malleeof Victoria. Proceeding of the 11th Australian Agronomy Conference, 'Solutions for a Better Environment, 12-13 February 2003, Australin Society of Agronomy,
- Dziamba S.: 1991. Wpływ terminu i gęstości siewu na produktywność soczewicy jadalnej (*Lens culinaris Medic.*). *Fragm. Agron.*, 1(29): 5–14.
- Pawłowski F., Bujak K.: 1989. Wpływ ilości wysiewu i rozstawy rzędów na plonowanie soczewicy jadalnej. *Pam. Puł.* 95:157–167.
- Pawłowski F., Jędruszczak M., Bojarczuk M.: 1988. Plonowanie soczewicy jadalnej (*Lens culinaris Medic.*) w środkowo-wschodniej Polsce w zależności od gęstości siewu. *Biul. IHAR*, 168: 109–116.
- Sadowski S., Krzysiak A.: 1990. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na zdrowotność i plonowanie soczewicy (*Lens esculenta Moench.*). *Phytopathol. Polonica*, XI: 273–287.
- Savage G. P.: 1988. The composition and nutritive value of lentils (*Lens culinaris*). *Nutrition Abstracts and Reviews* 58: 319-343
- Tursk M. A. , Tawaha A. M, El-Shatnawi M. K. J.: 2003. Response of Lentil (*Lens culinaris Medik*) to Plant Density, Sowing Date, Phosphorus Fertilization and Ethephon Application in the Absence of Moisture Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 189 (1), 1–6.
- Wierzbicka B.: 1984. Warzywa bogate w białko. PWRiL, Warszawa: 30–34.
- Zawieja J.: 2000. Plonowanie soczewicy jadalnej (*Lens culinaris Medic.*) w zależności od gęstości siewu i terminu siewu. *Zesz. Nauk. AR Wroc. Rol.* 396: 143–151.

**RESPONSE OF LENTIL (LENS CULINARIS MEDIK)
ON INTERCROPPING WITH SPRING CEREALS AS AFFECTED BY
RATES AND SOWING DATES.
PART II. YIELDING TRAITS AND YIELDING OF LENTIL**

S u m m a r y

In 2000–2002 a micro-plot experiment was conducted to study the effect of intercropping with spring triticale and hull-less oats on yielding traits and yielding of lentil affected by rates and sowing dates. Lentil disadvantageously responded on presence of other components in stand mixture by significant decreasing of most parameters, finally – on yielding. The weight of seeds in sole crop was 2.5 times higher than sowing with oats and 3.5 times higher for intercropping with spring triticale. When lentil was growing with other components the number of pods and seeds from one plant and weight of seeds from one plant were lower. Sowing dates of lentil were not significant for weight of seeds.

KEY WORDS: lentil, intercropping, sowing date, sowing rate, yielding traits, yield

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Blecharczyk – Akademia Rolnicza w Poznaniu