

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersYTETU
PRZYRODNICZEGO
WE WROCŁAWIU**

NR 568

**ROLNICTWO
AGRONOMY**

XCII

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersYTETU
PRZYRODNICZEGO
WE WROCŁAWIU**

NR 568

**ROLNICTWO
AGRONOMY**

XCII



WROCŁAW 2008

Redaktor merytoryczny serii
prof. dr hab. Zofia Spiak

Redakcja
mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz

Korekta
Janina Szydłowska

Łamanie
Teresa Alicja Chmura

Projekt okładki
Grażyna Kwiatkowska

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2008

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany
za pomocą urządzeń elektronicznych, nagrywających i innych
bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich

ISSN 1897–208X
ISSN 1897–2098

WYDAWNICTWO UNIwersYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCLAWIU

Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki
ul. Sopocka 23, 50–344 Wrocław, tel./fax 071 328–12–77
e-mail: wyd@up.wroc.pl

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 4,5. Ark. druk. 5,0
Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek
tel./fax: 054 232 37 23, 232 48 73
e-mail: sekretariat@expol.home.pl

SPIS TREŚCI

| | |
|---|----|
| 1. J. Diviš – Wpływ sposobu uprawy na zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka | 7 |
| 2. J. Bárta, J. Diviš, V. Bártová – Wpływ warunków agroekologicznych na względną zawartość frakcji patatin białek bulw ziemniaka | 13 |
| 3. U. Faltyn, T. Miszkieło – Wpływ efektywnych mikroorganizmów (EM [®]) na zdolność kiełkowania ziarna pszenicy jarej | 31 |
| 4. E. Sacała – Wpływ umiarkowanego stresu solnego na wzrost oraz asymilację azotanów w siewkach ogórka (<i>Cucumis sativus</i> L.) | 37 |
| 5. U. Sienkiewicz-Cholewa – Wpływ nawożenia miedzią na wielkość plonu i stan odżywienia rzepaku ozimego | 49 |
| 6. W. Wojciechowski, D. Parylak, J. Zawieja – Oddziaływanie następstwa roślin i odłogowania na zapas nasion chwastów w glebie | 59 |
| 7. B. Patorczyk-Pytlak, T. Zbroszczyk, A. Zimoch – Zawartość siarki w niektórych gatunkach roślin łąkowych | 67 |

CONTENTS

| | | |
|----|---|----|
| 1. | J. Diviš – Effect of cultivation system on glycoalkaloids content in potato tubers..... | 7 |
| 2. | J. Bárta, J. Diviš, V. Bártová – Relative abundance of patatin in potato tuber protein in dependence on agro-ecological conditions..... | 13 |
| 3. | U. Faltyn, T. Miszkieło – The influence of effective microorganism on germinability of dressed spring wheat seeds..... | 31 |
| 4. | E. Sacała – The influence of moderate salt stress on growth and nitrate assimilation in cucumber (<i>Cucumis sativus</i> L.) seedlings | 37 |
| 5. | U. Sienkiewicz-Cholewa – Influence of copper application on plant nutrition status and level of oilseed rape yield | 49 |
| 6. | W. Wojciechowski, D. Parylak, J. Zawieja – The effect of crop sequence and fallowing on weed seedbank..... | 59 |
| 7. | B. Patorczyk-Pytlik, T. Zbroszczyk, A. Zimoch – Content of sulphur in some species of meadows plants | 67 |

Jiří Diviš

**EFFECT OF CULTIVATION SYSTEM
ON GLYCOALCALOIDS CONTENT IN POTATO TUBERS**

**WPLYW SPOSOBU UPRAWY NA ZAWARTOŚĆ
GLIKOALKALOIDÓW W BULWACH ZIEMNIAKA**

*Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, České Budějovice
Wydział Rolniczy, Uniwersytet Południowoczeski, Czeskie Budziejowice*

In the years 2002–2005 experiments with selected potato varieties in conventional and organic farming were started at the altitude of 460 m. The contents of glycoalkaloids in potato tubers in dependence of the farming method applied and the particular year were studied. Varieties with differing vegetation period durations were chosen: Rosara – very early, Marabel – early, Karin – early, Satina – medium early, Bionta – late. The achieved results have confirmed a high rate of the glycoalkaloid contents dependence of the variety.

The impact of the particular year on the glycoalkaloid contents has also been recorded. A trend of increased glycoalkaloid contents in potato tubers from organic farming has also been found.

KEY WORDS: potato, organic growing, conventional growing, glycoalkaloids

INTRODUCTION

Glycoalkaloids (solanine) present a natural and potentially toxic component of potatoes. Potatoes consist by 94 percent of solanine and chaconine. A regular and high consumption of potatoes results in an increased interest in factors, which may influence the contents of the substances as mentioned above in potato tubers.

Panovská, Hajšlová, Kotal (1994) state that the contents of glycoalkaloids in potato tubers depend on the variety and are subject to fluctuation. According to Zrůsta (1995) the contents of glycoalkaloids are genetically fixed and depend on the weather conditions, soil quality and applied farming techniques. The impact of nitrogen fertilization on glyco-

For citation – Do cytowania: Diviš J., 2008. Effect of cultivation system on glycoalkaloids content in potato tubers. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCII, Nr 568, 7–11.

alcaloid contents has been mentioned by Mondy and Munsh (1990). Lower glycoalcaloid levels in potato tubers from organic farming as compared with conventional farming have been stated by Prugar (2000).

The results of Guziur, Schulzová, Hajšlová (2000) suggest that, in most cases, potato tubers from organic farming showed higher glycoalcaloid values. The State Public Health Institute of the Czech Republic determined the permissible value of glycoalcaloid contents in potato tubers at 200 mg per 1 kg fresh matter.

MATERIALS AND METHODS

The output of organic farming is usually believed to show a higher quality and lower levels of health risk substances. The objective of the above specified experiments consisted in determining the quality of potato tubers from organic and conventional farming from the perspective of glycoalcaloid contents.

In the years 2002–2005 experiments with selected potato varieties (Rosara – very early, Marabel – early, Karin – early, Satina – medium early, Bionta – late) in conventional and organic farming were started at the altitude of 460 m. The procedures applied within an organic farm are subject to the principles of organic farming. NPK fertilizers and pesticides were applied on the farm subject to conventional farming methods. Samples for the determination of glycoalcaloid levels of the varieties mentioned above were taken after harvest. The contents of glycoalkaloids were determined by HPLC. Statistical evaluation was made three-way analysis variance (ANOVA).

RESULTS AND DISCUSSION

The results achieved in different farming systems (organic and conventional potato growing) have confirmed the findings as acquired by Panovská, Hajšlová, Kotal (1994) and Zrůsta (1995) stating that glycoalcaloid contents in potato tubers are significantly dependent on the variety. Among all studied varieties the Karin variety showed the highest glycoalcaloid contents in the course of the whole studied period – organic farming 121,7 mg and conventional farming 103 mg. The lowest glycoalcaloid contents were detected in Satina - organic farming 37,7 mg and conventional farming 37,2 mg (Tab. 1). The statistic evaluation showed a high statistic relevance of the impact of variety on the glycoalcaloid contents (Tab. 2). The duration of the vegetation period did not influence the glycoalcaloid contents in any way. As opposed to Prugar (2000) tubers resulting from conventional farming did not show higher glycoalcaloid contents. The impact of nitrogen application in conventional farming did not prove to result in higher glycoalcaloid contents, as stated by Mondy, Munsh (1990). On the contrary, increased glycoalcaloid contents were detected in varieties grown in organic farming. The Karin variety, which shows the highest glycoalcaloid contents, when compared with all the other studied varieties, higher glycoalcaloid contents were recorded in conventional farming. The results

have confirmed the evaluation of Guziur, Schulzová, Hajšlová (2000) that in most cases higher glycoalkaloid contents can be found in potato tubers from organic farming. The differences in glycoalkaloid contents between organic and conventional farming are not statistically relevant.

Table 1
Tabela 1

Glycoalkaloids content
Zawartość glikoalkaloidów

| Variety Odmiana | Conventional growing Konwencjonalny sposób uprawy | | | | | | Organic growing Ekologiczny sposób uprawy | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------|--------------------|-----|---|-------|-------|------|--------------------|-------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | average średnio | % | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | average średnio | % |
| α chaconine – α chakonina | | | | | | | α chaconine – α chakonina | | | | | |
| Rosara | 35,7 | 31,5 | 41,0 | 9,4 | 29,4 | 100 | 26,5 | 43,8 | 41,0 | 15,8 | 31,8 | 108,1 |
| Marabel | 37,7 | 20,0 | 38,0 | 7,3 | 25,7 | 100 | 38,6 | 25,6 | 33,0 | 17,3 | 28,6 | 112,3 |
| Karin | 75,8 | 93,4 | 97,0 | 28,7 | 73,7 | 100 | 61,9 | 62,3 | 97,0 | 24,6 | 61,4 | 85,1 |
| Satina | 21,5 | 16,9 | 30,0 | 18,5 | 21,7 | 100 | 42,8 | 24,4 | 18,0 | 8,3 | 23,4 | 107,8 |
| Bionta | 58,9 | 49,4 | 63,0 | 23,8 | 48,7 | 100 | 65,4 | 44,1 | 82,0 | 31,6 | 55,8 | 114,6 |
| α solanine – α solanina | | | | | | | α solanine – α solanina | | | | | |
| Rosara | 14,0 | 33,5 | 13,0 | 23,9 | 21,1 | 100 | 7,6 | 45,6 | 13,0 | 27,1 | 23,3 | 110,4 |
| Marabel | 14,9 | 19,9 | 16,0 | 20,2 | 17,7 | 100 | 16,6 | 25,3 | 14,0 | 30,1 | 21,4 | 120,9 |
| Karin | 27,6 | 44,6 | 44,0 | 75,8 | 48,0 | 100 | 22,7 | 53,3 | 41,0 | 49,3 | 41,6 | 86,6 |
| Satina | 5,8 | 13,0 | 15,0 | 28,2 | 15,5 | 100 | 16,2 | 19,6 | 5,0 | 16,5 | 14,3 | 92,2 |
| Bionta | 70,0 | 13,7 | 36,0 | 46,9 | 41,7 | 100 | 32,1 | 42,0 | 36,0 | 62,0 | 43,0 | 103,1 |
| α chaconine + α solanine – α chakonina + α solanina | | | | | | | α chaconine + α solanine – α chakonina + α solanina | | | | | |
| Rosara | 49,7 | 65,0 | 54,0 | 33,3 | 50,5 | 100 | 34,1 | 89,4 | 54,0 | 42,9 | 55,1 | 109,1 |
| Marabel | 52,6 | 39,9 | 54,0 | 27,5 | 43,7 | 100 | 54,6 | 50,9 | 47,0 | 47,4 | 50,0 | 115,2 |
| Karin | 103,4 | 138,0 | 141,0 | 104,5 | 121,7 | 100 | 84,6 | 115,5 | 138,0 | 73,9 | 103,0 | 84,6 |
| Satina | 27,3 | 29,9 | 45,0 | 46,7 | 37,2 | 100 | 59,0 | 44,0 | 23,0 | 24,8 | 37,7 | 101,3 |
| Bionta | 128,9 | 63,1 | 99,0 | 70,7 | 90,4 | 100 | 97,5 | 86,1 | 118,0 | 93,6 | 98,8 | 109,3 |

In the course of the studied years the highest differences in glycoalkaloid contents were detected in the Bionta variety in conventional farming and in the Satina variety in organic farming. A statistic evaluation showed statistic relevance of the particular year (Tab. 2).

In all studied varieties the permissive limit of 200 mg·kg glycoalkaloids in fresh potato tubers has been exceeded neither in conventional nor in organic farming.

Table 2
Tabela 2Statistic evaluation – glycoalkaloids
Ocena statystyczna – glikoalkaloidy

| α -chaconine content – Zawartość α chakoniny | | | | | | |
|---|----------|----|---------|---------|----------|------|
| factor (interaction) czynnik (interakcja) | SS | df | MS | F | p | % TV |
| year – rok | 14004,9 | 3 | 4668,3 | 2680,83 | 0,000000 | 30,4 |
| growing way sposób uprawy | 2,1 | 1 | 2,1 | 1,21 | 0,277297 | 0,0 |
| cultivar – odmiana | 23503,9 | 4 | 5876,0 | 3374,35 | 0,000000 | 46,8 |
| 1 x 2 | 48,8 | 3 | 16,3 | 9,33 | 0,000084 | 0,0 |
| 1 x 3 | 5526,2 | 12 | 460,5 | 264,46 | 0,000000 | 10,4 |
| 2 x 3 | 863,1 | 4 | 215,8 | 123,91 | 0,000000 | 0,9 |
| 1 x 2 x 3 | 1947,5 | 12 | 162,3 | 93,20 | 0,000000 | 11,2 |
| error – błąd | 69,7 | 40 | 1,7 | | | 0,2 |
| α -solanine content – zawartość α solaniny | | | | | | |
| factor (interaction) czynnik (interakcja) | SS | df | MS | F | p | % TV |
| year – rok | 3131,05 | 3 | 1043,68 | 1160,08 | 0,000000 | 7,3 |
| growing way sposób uprawy | 0,05 | 1 | 0,05 | 0,06 | 0,814833 | 0,0 |
| cultivar – odmiana | 12148,79 | 4 | 3037,20 | 3375,91 | 0,000000 | 48,3 |
| 1 x 2 | 1086,87 | 3 | 362,29 | 402,69 | 0,000000 | 3,9 |
| 1 x 3 | 4450,33 | 12 | 370,86 | 412,22 | 0,000000 | 10,2 |
| 2 x 3 | 254,21 | 4 | 63,55 | 70,64 | 0,000000 | 0,0 |
| 1 x 2 x 3 | 2655,41 | 12 | 221,28 | 245,96 | 0,000000 | 30,1 |
| error – błąd | 35,99 | 40 | 0,90 | | | 0,2 |
| α -chaconine + α -solanine content – zawartość α chakoniny + α solaniny | | | | | | |
| factor (interaction) czynnik (interakcja) | SS | df | MS | F | p | % TV |
| year – rok | 4687,3 | 3 | 1562,4 | 331,53 | 0,000000 | 2,8 |
| growing way sposób uprawy | 1,2 | 1 | 1,2 | 0,24 | 0,623719 | 0,0 |
| cultivar – odmiana | 68620,3 | 4 | 17155,1 | 3640,15 | 0,000000 | 71,8 |
| 1 x 2 | 738,7 | 3 | 246,2 | 52,25 | 0,000000 | 0,0 |
| 1 x 3 | 11472,0 | 12 | 956,0 | 202,86 | 0,000000 | 9,3 |
| 2 x 3 | 1935,2 | 4 | 483,8 | 102,66 | 0,000000 | 0,4 |
| 1 x 2 x 3 | 5198,6 | 12 | 433,2 | 91,92 | 0,000000 | 15,2 |
| error – błąd | 188,5 | 40 | 4,7 | | | 0,3 |

CONCLUSIONS

Our study focussed on the determination of glycoalkaloid contents in potato tubers has confirmed a high dependence rate of glycoalkaloid contents on variety. An impact of the duration of the vegetation period on their contents could not be found. The impact of applied nitrogen in conventional farming on increased glycoalkaloid contents in potato tubers could not be detected. A trend of increased glycoalkaloid contents in potatoes produced in organic farming could be proved. Varieties with high glycoalkaloid contents showed higher glycoalkaloid contents in tubers from conventional farming. The impact of the particular year on glycoalkaloid contents could be detected. The glycoalkaloid contents in all studied varieties both in conventional and in organic farming did not exceed the limit of 200 mg·kg glycoalkaloids in fresh potato tubers.

Acknowledgments

This work was supported by the project MSM 6007665806.

REFERENCES

- Guziur J., Schulzová V., Hajšlová J., 2000. Vliv lokality a způsobu pěstování na chemické složení hlíz brambor. *Bramborářství VIII* č.1: 6–7.
- Mondy N.I., Munsh C.B., 1990. Effect of nitrogen fertilization on glycoalkaloids and nitrate content of potatoes. *Journal Agric. Food Chem.*, 38: 565–567.
- Panovská Z., Hajšlová J., Kotal F., 1994. Výskyt glykoalkaloidů v odrůdách brambor pěstovaných v ČR. *Rostlinná výroba*, 40: 1123–1128.
- Prugar J., 2000. Pěstování brambor v podmínkách ekologického zemědělství. In Vokál B. et al: *Brambory. Agrospoj*. Praha, 230–235.
- Zrůst J., 1997. Obsah glykoalkaloidů v hlízách bramboru (*Solanum tuberosum* L.) ovlivněný pěstitelským opatřením a mechanickým poškozením. *Rostlinná výroba*, 43: 509–515.

WPLYW SPOSOBU UPRAWY NA ZAWARTOŚĆ GLIKOALKALOIDÓW W BULWACH ZIEMNIAKA

Streszczenie

W latach 2002–2005 przeprowadzono badania z wybranymi odmianami ziemniaka w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych, położonych na wysokości 460 m n.p.m. W doświadczeniu oceniano zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka w zależności od sposobu uprawy, warunków pogodowych w latach badań oraz wybranych odmian. W badaniach oceniano bardzo wczesną odmianę Rosaria, wczesne Marabel i Karin, średniowczesną Satina i późną Bionta. Uzyskane wyniki potwierdziły duże zróżnicowanie w zawartości glikoalkaloidów pomiędzy poszczególnymi odmianami. Warunki w okresie wegetacji miały wpływ na zawartość badanych związków. Odmiany uprawiane w gospodarstwach ekologicznych odznaczały się wyższą zawartością glikoalkaloidów w bulwach niż pochodzące z gospodarstw konwencjonalnych.

SŁOWA KLUCZOWE: ziemniak, uprawa ekologiczna, uprawa konwencjonalna, glikoalkaloidy

Reviewer – Recenzent: dr hab. Marcin Kozak, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Jan Bárta, Jiří Diviš, Veronika Bártová

**RELATIVE ABUNDANCE OF PATATIN
IN POTATO TUBER PROTEIN IN DEPENDENCE
ON AGRO-ECOLOGICAL CONDITIONS**

**WPŁYW WARUNKÓW AGROEKOLOGICZNYCH
NA WZGLĘDNĄ ZAWARTOŚĆ FRAKCJI PATATIN BIAŁEK
BULW ZIEMNIAKA**

*Department of Plant Production, University of South Bohemia, České Budějovice
Katedra Produkcji Roślin, Uniwersytet Południowoczeski, Czeskie Budziejowice*

This study was conducted to assess the impact of agro-ecological conditions on patatin relative abundance in SDS-extractable protein of potato tubers. Potato tubers of three cultivars (Marabel, Karin, Rosella) were produced over three experimental years (1998–2000), on two sites (České Budějovice – altitude 380 Vyklantice – altitude 620 m) and under five rates of nitrogen fertilization (0–120 kg N ha⁻¹). Analysed tubers were sampled in both, mature and immature stages. Effect of all four factors (year, site, cultivar, fertilization) was significant in both mature and immature tubers, however direct effect of year was the most important. The highest differences in year values of patatin relative abundance in mature tubers were evaluated between the years 1998 and 1999 (difference of 9.4%). Average patatin relative abundance determined in mature tubers was about 6.8% higher than those of immature. In addition, the model collection of 17 potato cultivars (one-year growing) was analysed for illustration of cultivar variability. There was found significant cultivar variability of patatin relative abundance. It may be concluded that cultivar effect on patatin relative abundance is significantly influenced by year and agro-ecological conditions, however the final value of patatin relative abundance is determined by the specific cultivar response on year, site and fertilization.

KEY WORDS: *Solanum tuberosum* L., potato tubers, patatin proteins, potato tuber protein, agro-ecological conditions

For citation – Do cytowania: Bárta J., Diviš J., Bártová V., 2008. Relative abundance of patatin in potato tuber protein in dependence on agro-ecological conditions. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCII, Nr 568, 13–29.

INTRODUCTION

In potato tubers, patatin proteins (patatin) represent a family of immunological identical glycoprotein isoforms with molecular mass of monomer about 40–43 kDa (native conformation is a dimer with molecular mass about 80 kDa, respectively 88 kDa) (Lee et al. 1983; Mignery et al. 1984, Rajapakse et al. 1991, Pots et al. 1998, Pots et al. 1999a, Pinsirodom and Parkin 2000). The presence of molar mass differences of patatin isoforms is caused by a different number of glycosylation sites in combination with mutations in the primary sequence of the protein chain (Pots et al. 1999b). Patatin genes are mainly expressed in tubers, with a significantly lower amount of transcripts in other tissues. Patatin is considered to be present in all genotypes of potato, including the wild diploid relatives *Andigena* and *Phurea* (Lee et al. 1983). Patatin appears to serve as a storage protein, but unlike most other plant storage proteins, it has also enzymatic activity (Mignery et al. 1988). Nonspecific lipid acyl hydrolase (LAH) activity for monoacylglycerols deacylation was the first described (Andrews et al. 1988), however later even more surprising enzymatic activities of patatin were discovered, such as activity of phospholipase A2 (Senda et al. 1996), β -1,3-glucanase (Tonón et al. 2001) and acyl transferase (Jimenez et al. 2001). The important antioxidant activity of patatin was also found and among antioxidant substances of potatoes, it was classified as the second after L-ascorbic acid (Al-Saikhan et al. 1995). These findings have supported the concept that patatin is not only a storage protein, but it could also be part of potato's defence mechanism. However, the real physiological role of patatin in potato tubers has not been established yet (Paiva et al. 1983, Pots et al. 1999b, Bárta and Čurn 2004). Patatin relative abundance can vary considerably in tuber extractable protein, ranging from 20 to 40% (Racusen and Foote 1980, Rosahl et al. 1986), however patatin contents up to 60% were also reported (Pots et al. 1999b, Ralet and Guéguen 2001). Its relative abundance in extractable tuber protein could be dependent on several factors, that have been presented yet - cultivar (Hannapel 1991), degree of tuber development (Hannapel, 1991) and storage duration (Kumar et al. 1999, Pots et al. 1999b). However, evaluation of the effect of agro-ecological factors on patatin relative abundance in protein of potato tubers has not been presented yet. Potatoes are important root-crops of the temperate zone (especially Europe and North America) where this crop is cultivated in two utility groups: table potatoes (food exploitation) and processing potatoes (starch production). Table potato cultivars are characterised by a shorter growing season, and properties corresponding with cooking type; the nutritiously-favourable tuber protein represents a welcome component and usability of patatin enzymatic, foaming and nutritional properties in food application was also discussed (Macrae et al. 1998, Ralet and Guéguen 2001, Wang and Xiong 2005).

The present study was conducted: a) to evaluate the effect of agro-ecological conditions (cultivar, year, site) on patatin relative abundance in tuber protein, b) to determine the patatin proteins representations in mature and immature potato tubers, and 3) to assess the effect of applied nitrogen on patatin relative abundance in protein of potato tubers.

MATERIALS AND METHODS

Plant material and field trials

Effect of agro-ecological conditions on patatin proteins abundance was determined in tubers of three potato cultivars, Karin, Marabel, Rosella, with different maturity class according to the Czech List of Recommended Cultivars [7 (early), 7–8 (early) , and 5–4 (semi-early), respectively]. Analysed potato tubers were growing in the Czech Republic over three experimental years (1998–2000), on two sites with different altitude: České Budějovice (N 48° 58' 29", E 14° 28' 29") with altitude 380 m and Vyklantice (N 49° 33' 37", E 15° 2' 25") with altitude 620 m. Following variants of nitrogen fertilization were used for potato tubers production:

- variant A** without fertilization,
- variant B** without N fertilization + P and K fertilization (35 kg P ha⁻¹; 60 kg K ha⁻¹),
- variant C** with 60 kg N ha⁻¹ + P and K fertilization same as in II variant,
- variant D** with 120 kg N ha⁻¹ + P and K fertilization same as in II variant,
- variant E** split application of N fertilizer: 100 kg N ha⁻¹ (as basic) + 20 kg N ha⁻¹ (during vegetation). P and K fertilization was same as in II variant.

Oats were always used as the foregoing crop, and manure (40 t ha⁻¹) was applied on the experimental areas in autumn before the experimental season. Individual small plots (4.5 m²) were arranged in a randomized complete block design replicated three times. Each plot consisted of two 3-m-long rows (planting distance 0.75 x 0.30 m). Plant protection against late blight (*Phytophthora infestans*) and colorado beetle (*Leptinotarsa decemlinata*) was performed by chemical control. Potato crop was not irrigated.

Three health and undamaged tubers were randomly taken for analyses (from each replication one tuber). Tubers were taken at two stages: I. stage – immature tubers and II. stage – mature tubers (for details see Tab. 1). Weather characteristics of experimental years are given in Tables 2a and 2b. The collection of 17 potato cultivars was analysed for illustration of cultivar variability (Tab. 3). These potatoes were cultivated under the same growing conditions in 1999 (within the framework of cultivar trials of the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture in Brno). Harvest of potato tubers was made by hand.

Table 1
Tabela 1Dates of important operations in field experiments
Terminy wykonania ważniejszych zabiegów

| České Budějovice | 1998 | | 1999 | | 2000 | |
|--|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| Date of operation Termin zabiegu | Date Data | DAP* | Date Data | DAP* | Date Data | DAP* |
| Planting – Sadzenie | 22.04. | 0 | 23.04. | 0 | 25.04. | 0 |
| Additional N fertilization (variant E) – Dodatkowe nawożenie N (wariant E) | 16.06. | 55 | 14.06. | 52 | 20.06. | 56 |
| 1 st sampling (immature tubers) Pierwszy termin poboru bulw (niedojrzałe) | 28.07. | 97 | 26.07. | 94 | 24.07. | 90 |
| 2 nd sampling (mature tubers) Drugi termin poboru bulw (dojrzałe) | 17.09 | 148 | 20.09. | 150 | 15.09. | 143 |
| = date of harvest – termin zbioru | | | | | | |
| Vyklantice | 1998 | | 1999 | | 2000 | |
| Date of operation Termin zabiegu | Date Data | DAP* | Date Data | DAP* | Date Data | DAP* |
| Planting – Sadzenie | 30.04. | 0 | 07.05. | 0 | 28.04. | 0 |
| Additional N fertilization (variant E) – Dodatkowe nawożenie N (wariant E) | 17.06. | 49 | 22.06. | 46 | 22.06. | 55 |
| 1 st sampling (immature tubers) Pierwszy termin poboru bulw (niedojrzałe) | 04.08. | 97 | 22.07. | 76 | 20.07. | 83 |
| 2 nd sampling (mature tubers) Drugi termin poboru bulw (dojrzałe) | 24.09. | 148 | 21.09. | 137 | 20.09. | 145 |
| = date of harvest – termin zbioru | | | | | | |

Note: DAP* days after planting – dni po posadzeniu

Table 2a
Tabela 2aMean daily air temperatures (°C)
Średnie temperatury powietrza

| Site Miejsce | České Budějovice | | | | Vyklantice | | | |
|------------------|------------------|------|------|--------------------------------------|------------|------|------|--------------------------------------|
| Month Miesiąc | VII | VIII | IX | Year average Średnia roczna | VII | VIII | IX | Year average Średnia roczna |
| 1998 | 18.3 | 18.5 | 12.9 | 9.1 | 17.1 | 17.5 | 12.1 | 8.5 |
| 1999 | 19.5 | 17.9 | 16.3 | 9.3 | 18.9 | 17.2 | 16.1 | 8.5 |
| 2000 | 16.5 | 19.3 | 14.0 | 9.9 | 15.5 | 19.0 | 13.0 | 9.4 |
| 1901–1950 | 17.8 | 17.0 | 13.3 | 7.8 | 16.8 | 16.6 | 12.9 | 6.8 |

Table 2b
Tabela 2bSums of daily precipitation (mm)
Suma opadów atmosferycznych

| Site Miejsce | České Budějovice | | | | Vyklantice | | | |
|------------------|------------------|------|----|-------------------------------|------------|------|----|-------------------------------|
| Month Miesiąc | VII | VIII | IX | Year sum Suma roczna | VII | VIII | IX | Year sum Suma roczna |
| 1998 | 93 | 35 | 65 | 552 | 97 | 50 | 82 | 641 |
| 1999 | 73 | 68 | 41 | 505 | 109 | 46 | 70 | 654 |
| 2000 | 104 | 73 | 72 | 601 | 130 | 43 | 38 | 740 |
| 1901–1950 | 100 | 74 | 60 | 620 | 101 | 81 | 58 | 696 |

Table 3

Tabela 3

Patatin relative abundance (% of total SDS-protein) in mature tubers of seventeen potato cultivars cultivated in the Czech Republic

Względna zawartość frakcji patatin (% ogólnej zawartości SDS białek) w dojrzałych bulwach siedemnastu odmian uprawianych w Republice Czeskiej

| Cultivar Odmiana | Use* Kierunek użytkowania | Maturity class** Klasa wczesności | Mean PRA in mature tubers ± SEM (% of total SDS-protein) Średnia zawartość frakcji patatin w dojrzałych bulwach ± błąd standardowy (% ogólnej ilości białek SDS) |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| Agria | F + T | 5-4 | 13.31 ± 1.26 |
| Amylex | SI | 3 | 28.13 ± 0.81 |
| Asterix | F + T | 4 | 18.89 ± 1.47 |
| Cinja | T | 7 | 23.04 ± 1.54 |
| Filea | T | 6 | 22.11 ± 0.11 |
| Folva | T | 5-4 | 17.05 ± 1.33 |
| Impala | T | 8 | 22.34 ± 1.15 |
| Karin | T | 7 | 17.84 ± 2.15 |
| Kordoba | T | 7 | 17.50 ± 2.50 |
| Krasa | T | 7 | 17.74 ± 0.89 |
| Krystala | T | 8 | 17.06 ± 0.17 |
| Lenka | T | 5 | 15.25 ± 0.50 |
| Marabel | T | 7-8 | 24.93 ± 1.63 |
| Monalisa | T | 7 | 20.73 ± 2.60 |
| Rosella | T | 4-5 | 27.30 ± 2.09 |
| Santé | T | 6 | 18.31 ± 0.24 |
| Saturna | F + SI | 4-5 | 21.73 ± 1.87 |
| TOTAL | | | 20.19 ± 0.64 |

* Use: F – fried products – frytki, SI – starch industry – skrobiowy, T – table potatoes – jadalny

** Maturity class in points: 8 – 9 very early – bardzo wczesne, 7 early – wczesne, 5 – 6 semi early – średnio wczesne, 3 – 4 semi late – średnio późne, 1 – 2 very late – bardzo późne

SEM – Standard error of mean, each data point is mean of data from three analysed tubers – błąd standardowy średniej, każdy wynik został obliczony na podstawie średniej z trzech analizowanych bulw

Patatin proteins quantification

Quantification of patatin proteins was based on the electrophoretic separation of SDS-protein complex by technique SDS-PAGE (Laemmli 1970) and the obtained electrophoretic profiles of total potato protein were processing by digital image analysis and evaluated by software BioProfil Bio-1D++ (Vilber Lourmat, France), measuring of absorbance profiles and computation of patatin portion. The patatin bands were determined on the basis of molecular mass in range of 40–43 kDa (see Fig. 1).

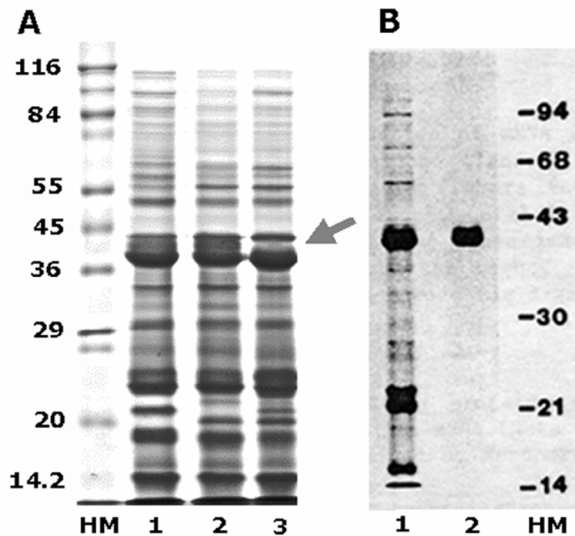


Fig 1a and 1b. A: SDS-PAGE profiles of total SDS-extractable proteins from mature tubers of studied cultivars Karin (1), Rosella (2) a Marabel (3). The arrow marks a region, which is appreciated as patatin proteins. B. SDS-PAGE profiles taken from Lee et al. (1983) – total SDS extractable proteins from mature tubers (1) and purified patatin (2). HM – molecular weight marker (kDa)

Rys. 1a i 1b. A – profil SDS i wyciągowej frakcji białek SDS z dojrzałych bulw badanych odmian Karin (1), Rosella (2), Marabel (3). Strzałka oznacza obszar profilu, w którym występuje patatin. B – SDS profile z publikacji Lee i in. (1983) ogólny profil białek wyciągowych SDS z dojrzałych bulw (1) i czysty patatin (2). HM – molekularna masa markerów (kDa)

Potato protein extraction and electrophoresis (SDS-PAGE)

Thin tuber slices (100 mg of fresh tuber mass) from tuber's whole profile were homogenized in Eppendorf tube containing 50 μ l of extraction buffer (0.0625 M Tris-HCl, pH 6.8, 5% 2-mercaptoethanol, 2% SDS). The extraction was performed for 4 hours at 4 C. The homogenate samples were purified by centrifugation (3 minutes, 14 000 g) and 100 μ l of clear supernatants were transferred into new 1.5 ml Eppendorf tubes containing 25 μ l of loading buffer (5x: 5 ml 1.25 M Tris-HCl, pH 6.8; 2.3 g SDS, 10 ml glycerol,

5 mg Bromophenol Blue). Before use, 170 μ l of 2-mercaptoethanol was added to 500 μ l of loading buffer. Samples were boiled (2 minutes) in water bath and 25 μ l of sample was loaded per gel slot.

Electrophoresis of SDS-proteins was performed using standard cooled dual vertical slab units SE 600 (Hoefer Scientific Instruments, San Francisco, USA) under conditions of 0.25 M Tris, 1.92 M glycine (pH 8.3) buffer system with 1% of SDS. Proteins separation was performed using the discontinuous sodium dodecylsulphate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) with 4% stacking gel (0.125 M Tris-HCl, pH 6.8 + SDS) and 10% separating gel (0.375 M Tris-HCl, pH 8.8 + SDS) (Hames and Rickwood, 1987). A 15 μ l of supernatant was loaded with the micropipette into the gel wells and run at a constant current of 90 Volts at room temperature (25 C) till the tracking dye migrated to the gel bottom. The gels were later stained in 0.1% Coomassie Brilliant Blue R-250 in methanol, acetic acid and distilled water (5:1:4 v/v) for 10 hours. Next they were destained in the same solution without Coomassie Brilliant Blue R-250 with occasional shaking till the gels became clear.

Data analysis

The obtained data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), Tukey's test and correlation analysis. A four-factor ANOVA was used to evaluate the effects of agro-ecological factors (year, site, cultivar, nitrogen fertilization). Significant level of 0.05; 0.01 and 0.001 were used. Tukey's H.S.D. test was used to separate means at the 5% level ($P < 0.05$). Correlation analysis was used to evaluate the relationship between patatin relative abundance in mature and immature tubers. All statistical analyses were performed using the STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc. 2001) statistical package.

RESULTS AND DISCUSSION

Patatin proteins were found in all analyzed cultivars, which confirmed the assumption that patatin is obviously presented in all potato genotypes (Lee et al. 1983, Rajapakse et al. 1991, Jimenez et al. 2001). Table 3 displays the values of patatin relative abundance in total tuber protein (PRA) of collection of 17 potato cultivars. These values ranged from 13.31 to 28.13% of SDS-protein content, which is less than generally reported range from 20 to 40% (Racusen and Foote 1980, Lee et al. 1983, Rosahl et al. 1986, Ralet and Guéguen 1999). Expressive cultivar variability of PRA was evident. Significant correlation between duration of growing season and PRA was not found. From the point of view of future possible isolation of patatin proteins from potato fruit juice that remains as a by-product in potato starch manufacture (Koningsveld et al. 2001), it is interesting that the highest PRA was found in the cultivar Amylex, that represents important cultivar for starch industry.

Values of PRA in the polyfactorial experiment (Tab. 4) are significantly higher than those of 17 cultivars collection. It can be assumed that the data of three years polyfactorial experiments are more realistic. The average PRA (on experimental level) was 29.4%, however ranged from 20.56% (average of all five variants of fertilization for the cultivar Karin on site Vyklantice in 1998) to 38.73% (average of all five variants of fertilization for the cultivar Marabel on site České Budějovice in 1999). These data are in close agreement with interval of patatin content in potato tuber proteins (20–40%) presented by Racusen and Foote (1980), Lee et al. (1983), Rosahl et al. (1986), Ralet and Gueguen (1999). In comparable study, Hannapel (1991) reported the patatin contents in mature tubers of four north-american cultivars ranging from 24 to 30%. However, these data were not effected by year conditions because it was only one-year experiment.

The analysis of variance (year, site, cultivar, fertilization) revealed that impact of experimental year on total variability of PRA (of both immature and mature tubers) was the major (Tab. 5). Year average of PRA of mature tubers from 1999 and 2000 (33.0% and 35.0%, respectively) differed significantly with the same value from 1998 (23.6%). In immature tubers, the average PRA from 1999 was significantly different with the same data of 1998 and 2000 (Tab. 4). From the Tables 2a and 2b is obvious that all three years were extraordinary warm and dry, especially the year 1999. These weather abnormalities, especially in months July, August and September, could explain the season development of PRA in potato tubers. The period from July to September had fundamental impact on development and growth of tubers, and on accumulation of reserve substances. The mentioned year's differences of PRA are apparent from Figure 2. In 1998, PRA of mature tubers ranged from 20.56 to 26.95% (among cultivars from both sites), and in immature tubers (first sampling) from 17.04 to 24.51%. Average difference of PRA between the both stages of sampling was 3.6%, which is a small difference in comparison with the results of the years 1999 and 2000. In 1998, the temperature differences between July and August were the same on the both sites (0.3 C on site České Budějovice, 0.4 C on site Vyklantice). On the contrary, in the conditions of the year 1999, the high level of PRA could be caused by high July temperatures, whose effect was supported by drought on site České Budějovice. In this year, high accumulation of patatin proteins was reached before the stage of second sampling. Different trend of patatin proteins accumulation in potato tubers was found in 2000. The average difference of PRA between stages of sampling was 10.7% of total SDS-protein and even 14.12% for the cultivar Marabel on site České Budějovice. In comparison with the year 1999, the different character of temperatures in the months July and August, associated with changes in temperature (+ 2.8 C on site České Budějovice and + 3.5 C on site Vyklantice) for the benefit of August, effected obviously the increasing of patatin proteins accumulation in second period.

Table 4
Tabela 4

Patatin relative abundance in % of total SDS-protein (PRA) in mature and immature tubers
Względna zawartość frakcji patatin (%) w ogólnej ilości białek SDS w dojrzałych i niedojrzałych bulwach

| Effect Czynnik | n | Mean PRA in mature tubers ± SEM (% of total protein) Średnia zawartość frakcji patatin ± błąd standardowy (% ogólnej ilości białek) | | Difference between PRA in mature and immature tubers Średnie różnice pomiędzy dojrzałymi i niedojrzałymi bulwami | |
|------------------------------------|-----|---|--------------------------------------|--|---|
| | | Mature tubers Bulwy dojrzałe | Immature tubers Bulwy niedojrzałe | Abs. diff. (% of total protein) Różnica bezwzględna (% ogólnej ilości białek) | Rel. diff. (%) Różnica względna (%) |
| Year – Rok | | | | | |
| 1998 | 60 | 23.6 ± 0.58 a | 20.0 ± 0.51 a | 3.6 | 15.3 |
| 1999 | 60 | 33.0 ± 0.72 b | 26.9 ± 0.75 b | 6.1 | 18.5 |
| 2000 | 60 | 31.5 ± 0.91 b | 20.8 ± 0.45 a | 10.7 | 34.0 |
| Site Miejsce | | | | | |
| CB | 90 | 30.5 ± 0.74 a | 23.9 ± 0.64 a | 6.6 | 21.6 |
| VY | 90 | 28.2 ± 0.74 b | 21.2 ± 0.47 b | 7.0 | 24.8 |
| Cultivar Odmiana | | | | | |
| Karin | 60 | 27.2 ± 0.81 a | 21.3 ± 0.64 a | 5.9 | 21.7 |
| Rosella | 60 | 29.1 ± 0.86 a | 21.7 ± 0.63 a | 7.4 | 25.4 |
| Marabel | 60 | 31.7 ± 0.99 b | 24.7 ± 0.77 b | 7.0 | 22.1 |
| Fertilization Nawożenie | | | | | |
| A | 36 | 29.9 ± 1.00 ab | 21.0 ± 0.86 a | 8.9 | 29.8 |
| B | 36 | 28.1 ± 1.39 a | 23.2 ± 1.03 b | 4.9 | 17.4 |
| C | 36 | 28.0 ± 1.01 a | 22.0 ± 0.67 ab | 6.0 | 21.4 |
| D | 36 | 31.0 ± 1.10 b | 23.7 ± 1.05 b | 7.3 | 23.5 |
| E | 36 | 29.5 ± 1.32 ab | 23.0 ± 0.87 ab | 6.5 | 22.0 |
| Total – Suma | 180 | 29.4 ± 0.53 | 22.6 ± 0.41 | 6.8 | 23.1 |

n – number of cases (years x sites x cultivars x fertilization x analytical replications) – liczba prób (lata x miejsca x odmiany x nawożenie x powtórzenia)

Same lower case letters indicate non-significant difference at the $P < 0.05$ level – jednakowe małe litery oznaczają brak różnic istotnych na poziomie $P < 0,05$

SEM – Standard error of mean – błąd standardowy

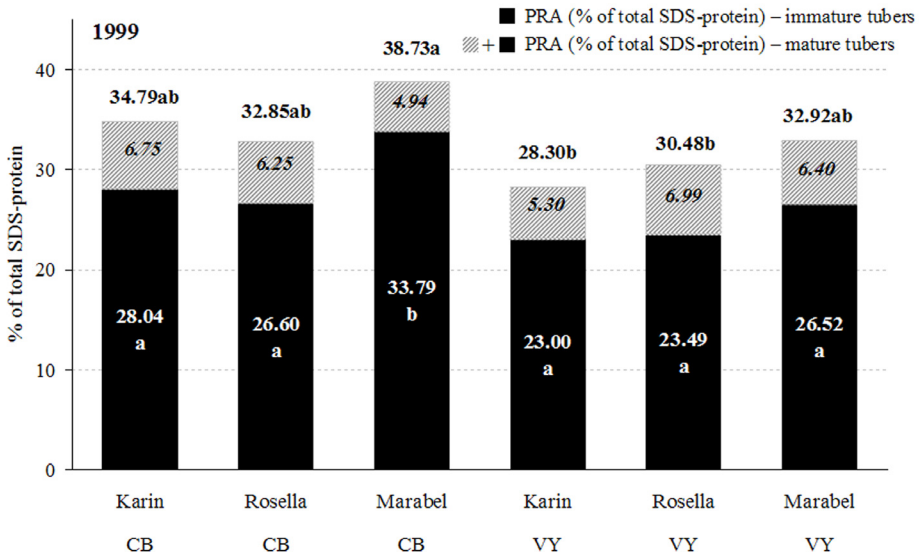
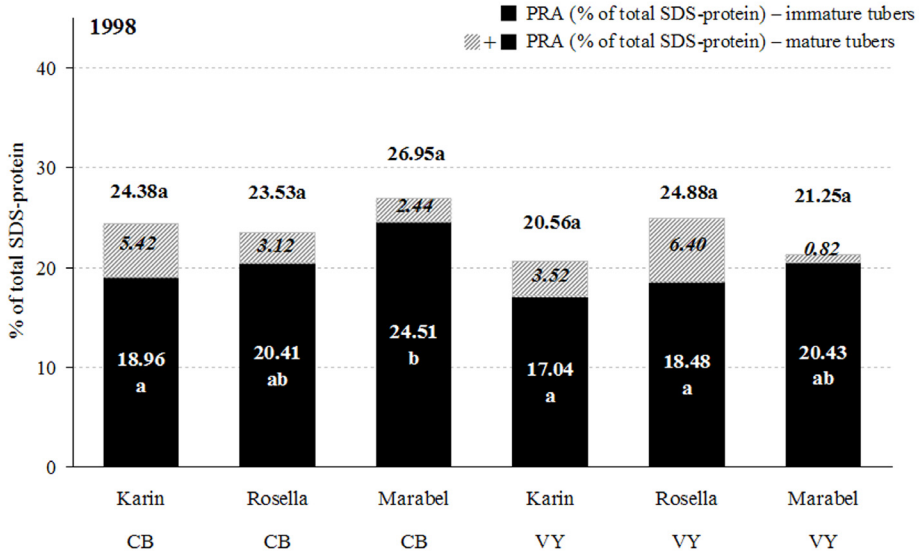
Table 5
Tabela 5

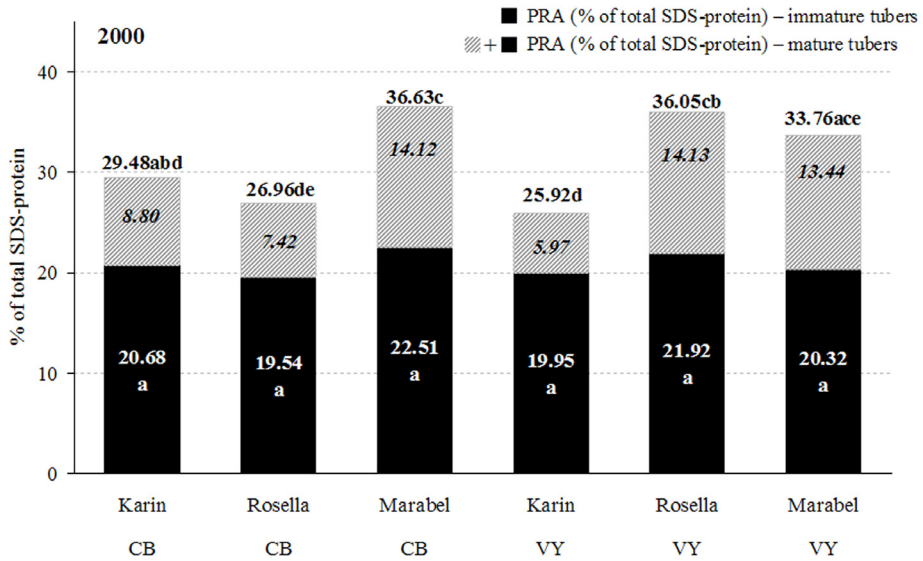
ANOVA evaluation of polyfactorial experiment for patatin relative abundance in total protein of immature and mature tubers
 Analiza wariancji (wieloczynnikowe doświadczenie ANOVA) dla względnej zawartości frakcji patatin w białku bulw niedojrzałych i dojrzałych

| Factor – Czynniki (interactions współdziałanie) | Degree of freedom Stopnie swobody | MS – value – Średni kwadrat – wartość | |
|---|---|---------------------------------------|---------------------------------|
| | | Immature tubers Bulwy niedojrzałe | Mature tubers Bulwy dojrzałe |
| Year –Rok (1) | 2 | 858.60 *** | 1531.2 *** |
| Site – Miejsce (2) | 1 | 316.58 *** | 226.0 *** |
| Cultivar – Odmiana (3) | 2 | 203.99 *** | 301.8 *** |
| Fertilization – Nawożenie (4) | 4 | 40.88 ** | 66.1 * |
| 1 x 2 | 2 | 92.27 *** | 127.8 ** |
| 1 x 3 | 4 | 32.75 * | 58.3 * |
| 2 x 3 | 2 | 49.44 ** | 274.1 *** |
| 1 x 4 | 8 | 43.08 *** | 29.1 |
| 2 x 4 | 4 | 4.30 | 38.4 |
| 3 x 4 | 8 | 17.16 | 28.4 |
| 1 x 2 x 3 | 4 | 3.59 | 35.1 |
| 1 x 2 x 4 | 8 | 14.36 | 41.1 * |
| 1 x 3 x 4 | 16 | 16.01 | 31.5 |
| 2 x 3 x 4 | 8 | 33.19 ** | 25.8 |
| 1 x 2 x 3 x 4 | 16 | 16.06 | 15.5 |
| Error – Błąd | 90 | 10.09 | 19.3 |

*, **, *** Significant at the $P < 0.05$, 0.01 , and 0.001 levels, respectively – istotne przy poziomie $P < 0.05$, 0.01 i 0.001

Site effect on PRA was significantly lower than year effect (Tab. 5). Nevertheless, significant differences between both sites were found in whole experiment data (Tab. 4) and in the case of the data of year 1999 (Fig. 3). Average value of PRA was higher on site České Budějovice, which is warmer and drier site (Tab. 2a, 2b). Cultivar effect on PRA variability was similar to site effect. Though, the extent of cultivar effect demonstrated on cultivar collection (Tab. 3), may be more important. The average PRA for the cultivar Marabel was significantly higher than for cultivars Karin and Rosella. Different character of changes in PRA between first and second sampling stage, e. g. for the cultivar Karin 5.97% and for the cultivar Rosella 14.13% (year 2000, site Vyklantice), may be considered as a very expressive. However, Hannapel (1991) found similar results of changes in PRA between day 70 and 120 after planting. In the cultivar Kennebec, he found the difference of PRA between both stages 4% of the total tuber protein, and in the cultivar Superior 15%.





CB – České Budějovice – Czeskie Budziejowice, VY – Vyklantice – Vyklantice

Each value represents mean patatin relative abundance for five variants of fertilization – Każda wartość jest średnią zawartością białek z frakcji patatin z 5 dawek nawożenia azotem.

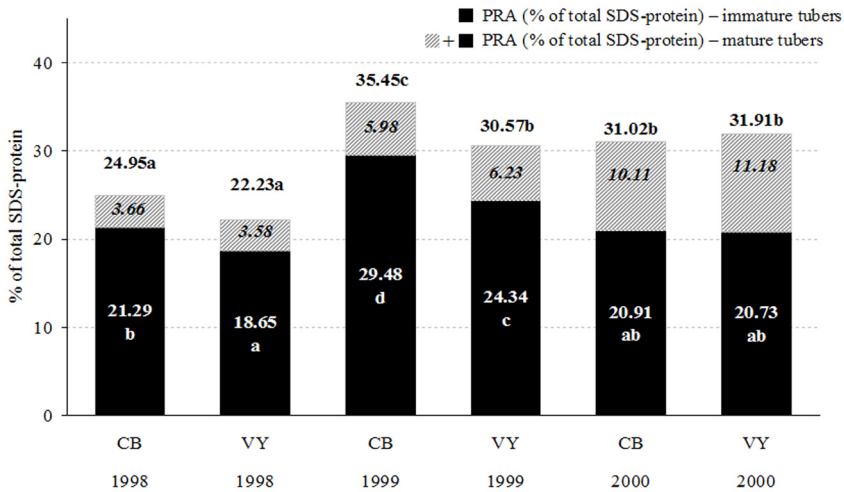
Same lower case letters indicate non-significant difference at the $P < 0.05$ level in group of values derived from mature respectively immature tubers – Jednakowe małe litery oznaczają brak różnic istotnych na poziomie $P < 0,05$ w grupie bulw dojrzałych i niedojrzałych

Data in italic represent differences of patatin relative abundance between mature and immature tubers – Wartości podane kursywą przedstawiają różnice w zawartości frakcji patatin pomiędzy dojrzałymi a niedojrzałymi bulwami

% of total SDS-protein – zawartość (%) białek SDS

Fig. 2. Illustrations of patatin relative abundance in total tuber protein of tested cultivars at sites České Budějovice (CB) and Vyklantice (VY) for individual years

Rys. 2. Względna zawartość frakcji patatin w białku bulw ziemniaka testowanych odmian w miejscowości Czeskie Budziejowice (CB) i Vyklantice (VY) w poszczególnych latach badań



CB – České Budějovice – Czeskie Budziejowice, VY – Vyklantice –Vyklantice

Each value represents mean patatin relative abundance in three cultivars from five variants of fertilization – Każda wartość przedstawia średnią zawartość frakcji patatin z 3 odmian i 5 dawek nawożenia azotem

Same lower case letters indicate non-significant difference at the $P < 0.05$ level in group of values derived from mature respectively immature tubers – Jednakowe małe litery oznaczają brak różnic istotnych na poziomie $P < 0,05$ w grupie bulw dojrzałych i niedojrzałych

Data in italic represent differences of patatin relative abundance between mature and immature tubers – Wartości podane kursywą przedstawiają różnice w zawartości frakcji patatin pomiędzy dojrzałymi a niedojrzałymi bulwami

PRA (% of total protein) in mature tubers – Względna zawartość frakcji patatin (% białka ogółem) w bulwach dojrzałych

PRA (% of total protein) in immature tubers – Względna zawartość frakcji patatin (% białka ogółem) w bulwach niedojrzałych

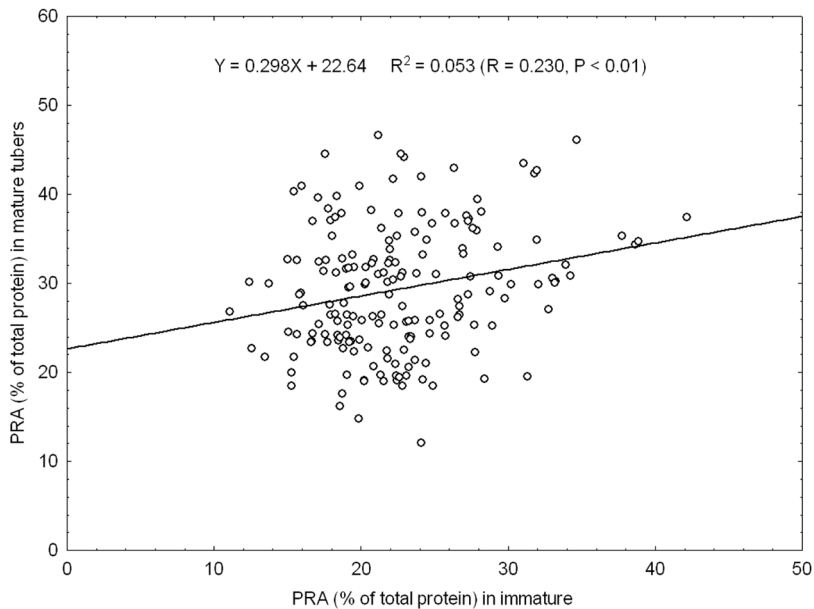
% of total SDS-protein – zawartość (%) białek SDS

Fig. 3. Expression of patatin relative abundance in % of total SDS-protein (PRA) in mature and immature tubers as an interaction between year and site

Rys. 3. Przedstawienie względnej zawartości frakcji patatin białek w % całkowitej zawartości SDS-protein między dojrzałymi a niedojrzałymi bulwami

The effect of N fertilization on variability of PRA was surprisingly the lowest (Tab. 5). From data of individual variants of N fertilization, it could be concluded, that the rate among basic nutrients may be important for patatin proteins accumulation (Tab. 4). It is possible that the alone effect of P and K (variant B) or effect of P and K application with lower rate of nitrogen (variant C), may cause lower accumulation of patatin proteins in comparison with variants with higher applied N (variants D and E) or in comparison with non-modified rate of nutrients (variant A).

Significant moderate correlation ($r = + 0.230$, $P < 0.01$) was found between PRA from first and second stage of sampling (Fig. 4). This finding corresponds with the fact that the PRA is formed during period from tuber initiation to their maturity (Hannapel 1991). Possible prediction of final PRA in mature tubers according to PRA of immature tubers may be only partial.



PRA (% of total protein) in mature tubers – Względna zawartość frakcji patatin (% białka ogółem) w bulwach dojrzałych

PRA (% of total protein) in immature tubers – Względna zawartość frakcji patatin (% białka ogółem) w bulwach niedojrzałych

Fig.4. Relationship between patatin relative abundance in total protein of mature and immature tubers

Rys. 4. Zależność pomiędzy względną zawartością frakcji patatin w białku ziemniaka z bulw dojrzałych a niedojrzałych

CONCLUSIONS

It was confirmed that patatin proteins represent the important part of potato tuber proteins. Effects of all four factors (year, site, cultivar and fertilization) were significant in both, mature and immature tubers, but the impact of year was the most important. The highest difference in year level of PRA in mature tubers was found between years 1998 and 1999 (9.4% of total protein). At the average, PRA in mature potato tubers was about 6.8% of total protein higher than in immature tubers. The cultivar variability of PRA in potato tubers may be very wide, one-year data of model collection of 17 cultivars show the range of PRA from 13.31 to 28.13% of total protein. In addition, it was found that cultivar effect can be significantly influenced by year conditions and the specific cultivar response on year character (high temperature and drought) may be very important. With respect to importance of patatin proteins for future applications in food technologies or in other branches, it is necessary to continue in study of patatin content modification by agro-ecological conditions.

Acknowledgements

This study was supported by grant of the Ministry of Education of the Czech Republic no. MSM 6007665806.

REFERENCES

- Al-Saikhan M.S., Howard L.R., Miller Jr. J.C., 1995. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Food Sci.*, 60: 341–347.
- Andrews D.L., Beames B., Summers M.D., Park W.D., 1988. Characterization of the lipid acyl hydrolase activity of the major potato (*Solanum tuberosum*) tuber protein, patatin, by cloning and abundant expression in a baculovirus vector. *Biochem. J.*, 252: 199–206.
- Bárta J., Čurn V., 2004. Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber Proteins – Classification, Characterization, Importance. *Chem. Listy*, 98 (7): 373–378.
- Hames B.D., Rickwood D., 1987. Gel electrophoresis of proteins. A practical approach. IRL Press Limited, Oxford.
- Hannapel D.J., 1991. Characterization of the early events potato tuber development. *Physiol. Plant*, 83: 568–573.
- Jiménez M, Escribano J., Perez-Gilabert M., Chazarra S., Cabanes J., Garcia-Carmona F., 2001. An octaethylene glycol monododecyl ether-based mixed micellar assay for determining the lipid acyl hydrolase activity of patatin. *Lipids*, 36: 1169–1174.
- Koningsveld van G.A., Gruppen H., Jongh de H.H.J., Boekel, van M.A.J.S., Walstra P., Voragen A.G.J., 2001. The solubility of potato proteins from industrial potato fruit juice as influenced by pH and various additives. *J. Sci. Food Agric.*, 82: 134–142.
- Kumar G.N.M., Houtz R.L., Knowles N.R., 1999. Age-induced protein modifications and increased proteolysis in potato seed-tubers. *Plant Physiol.*, 119: 89–99.
- Laemmli U.K., 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680–685.
- Lee L., Hannapel D., Mignery G., Shumway J., Park W., 1983. Control of tuber protein synthesis in potato, [in:] Goldberg R.B. (ed.), *Plant Molecular Biology*: 355–365, UCLA Symp., Alan R. Liss, New York.
- Macrae A.R., Visicchio J.E., Lanot A., 1998. Application of potato lipid acyl hydrolase for the synthesis of monoacylglycerols. *JAOCS*, 75: 1489–1494.
- Mignery G.A., Pikaard C.S., Hannapel D.J., Park W.D., 1984. Isolation and sequence analysis of cDNA for the major tuber protein. *Nucleic Acids Res.*, 12: 7987–8000.
- Paiva E., Lister R.M., Park W.D., 1983. Induction and accumulation of major tuber proteins of potato in stems and petioles. *Plant Physiol.*, 71: 161–168.
- Pinsirodom P., Parkin K.L., 2000. Selective of celite-immobilized patatin (lipid acyl hydrolase from potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers in esterification reactions as influenced by water activity and glycerol analogues as alcohol acceptors. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 155–160.
- Pots A.M., Jongh de H.H.J., Gruppen H., Hamer R.J., Voragen A.G.J., 1998. Heat-induced conformational changes of patatin, the major potato tuber protein. *Eur. J. Biochem.*, 252: 66–72.
- Pots A.M., Gruppen H., Hessing M., Boekel van M.A.J.S. Voragen, A.G.J., 1999a. Isolation and characterization of patatin isoforms. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 4587–4592.
- Pots A.M., Gruppen H., Diepenbeek van R., Lee van der J.J. Boekel van M.A.J.S., Wijngaards G., Voragen A.G.J., 1999b. The effect of storage of whole potatoes of three cultivars on the patatin and protease inhibitor content; a study using capillary electrophoresis and MALDI-TOF mass spectrometry. *J. Sci. Food Agric.*, 79: 1557–1564.

- Racusen D., Foote M., 1980. A major soluble glycoprotein of potato. *J. Food Bioch.*, 4: 43–52.
- Rajapakse D.P., Imai T., Ishige T., 1991. Analysis of potato microtuber proteins by sodium dodecylsulfate polyacrylamide gel electrophoresis. *Potato Res.*, 34: 285–293.
- Ralet M.C., Gueguen J., 2001. Foaming properties of potato raw proteins and isolated fractions. *Lebens.-Wiss. u.-Technol.*, 34: 266–69.
- Ralet M.C., Gueguen J., 1999. Les protéines de pomme de terre: composition, isolement et propriétés fonctionnelles. *Sciences des Aliments*, 19: 147–165.
- Rosahl S., Schmidt, R., Schell J., Willmitzer L., 1986. Isolation and characterization of a gene from *Solanum tuberosum* encoding patatin, the major storage protein of potato tubers. *Mol. Gen. Genet.*, 203: 214–220.
- Senda K., Yoshioka H., Doke N., Kawakita K., 1996. A cytosolic phospholipase A2 from potato tissues appears to be patatin. *Plant Cell Physiol.*, 37: 347–353.
- StatSoft, Inc. 2001. STATISTICA for Windows (Computer program manual). Tulsa, OK (USA).
- Tonón C., Daleo G., Oliva C., 2001. An acidic beta-1,3 glucanase from potato tubers appears to be patatin. *Plant Physiol. Biochem.*, 39: 849–854.
- Wang L.L., Xiong Y.L., 2005. Inhibition of lipid oxidation in cooked beef patties by hydrolyzed potato protein is related to its reducing and radical scavenging ability. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 9186–9192.

WPLYW WARUNKÓW AGROEKOLOGICZNYCH NA WZGLĘDNĄ ZAWARTOŚĆ FRAKCJI PATATIN BIAŁEK BULW ZIEMNIAKA

Streszczenie

W badaniach oceniono wpływ warunków agroekologicznych na względną zawartość frakcji patatin w wyciągu SDS białka bulw ziemniaka. W doświadczeniu, prowadzonym w latach 1998–2000, oceniano 3 odmiany (Marabel, Karin, Rosella) w dwóch miejscowościach (Czeskie Budziejowice – 380 m n.p.m., Vykłantice – 620 m n.p.m.), przy zróżnicowanym nawożeniu N (pięć dawek wzrastających od 0 do 120 kg N · ha⁻¹). Bulwy ziemniaka do analiz pobierano w pełni dojrzałości fizjologicznej oraz niedojrzałe. Wpływy wszystkich czterech badanych czynników (lat, miejscowości, odmian, nawożenia) był istotny zarówno w odniesieniu do bulw dojrzałych, jak i niedojrzałych. Na względną zawartość frakcji patatin największy bezpośredni wpływ miał rok prowadzenia badań. W bulwach dojrzałych różnica w zawartości frakcji patatin pomiędzy rokiem 1998 a 1999 wynosiła 9,4%. Średnia zawartość tej frakcji białek w dojrzałych bulwach była o 6,8% wyższa niż w niedojrzałych. Dodatkowo, w badaniach jednorocznych (modelowych do oceny różnic odmianowych) stwierdzono istotne zróżnicowanie we względnej zawartości frakcji patatin pomiędzy ocenianymi odmianami. Odnotowano, że zawartość frakcji patatin w odmianach ziemniaka była istotnie zależna od warunków agroekologicznych. Zawartość względna tej frakcji białek w bulwach ziemniaka jest determinowana odmianą, warunkami pogodowymi, a także poziomem nawożenia azotowego oraz lokalizacją doświadczenia.

SŁOWA KLUCZOWE: ziemniak jadalny, bulwy ziemniaka, białka patatin, białka bulw, warunki agroekologiczne

Reviewer – Recenzent: dr hab. Marcin Kozak, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Urszula Faltyn, Tomasz Miszkielo

**WPLYW EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW (EM®)
NA ZDOLNOŚĆ KIELKOWANIA ZIARNA PSZENICY JAREJ**
**THE INFLUENCE OF EFFECTIVE MICROORGANISM
ON GERMINABILITY OF DRESSED SPRING WHEAT SEEDS**

*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 roku 2008 zostało przeprowadzone doświadczenie szalkowe nad wpływem różnych dawek efektywnych mikroorganizmów EM® na zdolność kiełkowania zaprawianego ziarna pszenicy jarej. Przeprowadzone badania dowodzą, że najlepsza dynamika wschodów była po zastosowaniu dawki 1,5 l EM-A/100 kg ziarna. Stwierdzono różnice statystyczne w procentowej zawartości suchej masy korzeni pszenicy jarej. Wykazano jednak wyraźne zróżnicowanie pomiędzy zastosowaniem dawki EM-A (ob. 1,5 l EM-A) oraz dawki EM-A (ob. 3 l EM-A) a obiektami kontrolnymi bez EM-A (ob. 1,5 l M+H₂O, 3 l M+H₂O, 1,5 l H₂O).

SŁOWA KLUCZOWE: Efektywne mikroorganizmy EM®, EM-A – aktywna forma EM-1, pszenica jara, zaprawianie ziarna, zdolność kiełkowania, zielona masa, sucha masa

WSTĘP

Efektywne mikroorganizmy EM® produkowane przez firmę Greenland są mieszaniną różnych kultur użytecznych mikroorganizmów, które mogą być stosowane jako modyfikator mikrobiologicznej różnorodności gleby. W skład EM® wchodzi ok. 80 mikroorganizmów, m.in. bakterie fotosyntetyczne (zarówno tlenowe, jak i beztlenowe), bakterie kwasu mlekowego, drożdże, grzyby fermentujące oraz promieniowce.

EM® mają swoje zastosowanie w rolnictwie przy regeneracji gleby, produkcji roślinnej i zwierzęcej. Można wykorzystać je również w ochronie środowiska i gospodarstwie

Do cytowania – For citation: Faltyn U., Miszkielo T., 2008. Wpływ efektywnych mikroorganizmów (EM®) na zdolność kiełkowania ziarna pszenicy jarej. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCII, Nr 568, 31–35.

domowym. Korzyści z zastosowania EM[®] w rolnictwie to m.in. wspieranie kiełkowania, kwitnienia, owocowania oraz dojrzewania roślin. EM[®] poprawiają fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości środowiska glebowego oraz tłumią rozwój w glebie czynników chorobotwórczych i szkodników. Ponadto zwiększają wydajność procesu fotosyntezy i lepszą przyswajalność składników pokarmowych z głębszych warstw gleby (Higa 2003).

Teruo Higa uważa, że ze względu na mniejsze zastosowywanie pestycydów i nawozów Efektywne Mikroorganizmy wpływają na polepszenie stanu gleby, a także na produkcję roślinną i zwierzęcą oraz na jej jakość i zdrowotność (Higa 1994, Higa i Parr 1998).

W Europie, a w szczególności w Niemczech, korzyści ekonomiczne z użycia EM[®] w gospodarstwach nastawionych na produkcję roślinną doprowadziło do propagowania efektywnych mikroorganizmów na szeroką skalę (Hammes 2003). W polskiej literaturze można spotkać bardzo zróżnicowane poglądy na temat efektywnych mikroorganizmów. Badając wpływ EM-1 na wzrost i plonowanie ziemniaków rozmnażanych z minibułw, Piętkiewicz i wsp. (2004) stwierdzili, że zaprawianie bulw preparatem EM[®] korzystnie wpłynęło na fotosyntezę i wzrost nadziemnej części roślin. Zastosowanie EM[®] nie miało jednak wpływu na plon bulw, ale zmieniło udział bulw o różnej wielkości. Podobnie Nowakowska (2005) w swoich badaniach stwierdziła, że nasiona zaprawiane EM[®] skutecznie ograniczają obumieranie siewek buraka cukrowego w porównaniu z zaprawami nasiennymi Oxafun T 75 WS/DS i Tachgaren 70 WP. Również Langer i wsp. (2003) są zdania, że zaprawianie nasion EM[®] pozytywnie działa na zdrowotność roślin. Według Stielowa (2003) zastosowanie efektywnych mikroorganizmów w uprawie pszenicy pozwala na rezygnację z nawożenia NPK. Badania wykonane przez Majchrzak i Walerył (2005) w latach 2002–2003 na pszenicy ozimym wykazały również skuteczne ograniczenie chorób podsuszkowych po zastosowaniu EM-1.

Według zaleceń producenta dawka EM-A przy zaprawianiu ziarniaków pszenicy powinna wynosić 100 ml EM-A rozcieńczone w 1 l wody na 100 kg ziarna. Ziarniaki powinny być umieszczone 30–60 min w tym roztworze, a następnie wysiane. W praktyce, rolnicy „ulepszają” proces zaprawiania i stosują dawkę 1,5 l EM-A na 100 kg ziarna, co znacznie ułatwia zaprawianie.

Celem wykonania badań było określenie reakcji zaprawianych ziarniaków dwoma dawkami EM-A i ich wpływu na zdolność kiełkowania oraz zawartość suchej masy w liściach i korzeniach pszenicy jarej odmiany Jasna.

MATERIAŁ I METODY

Badanie przeprowadzono w Katedrze Ogólnej Uprawy Roli i Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w roku 2008. Wykonano je na szalkach Petriego.

Przed założeniem doświadczenia dokonano sterylizacji szalek razem z bibułą w temp. 70°C przez 3 godz. Ziarno do analizy było przesiane na sitach o średnicy 2,5–2,8 mm. Ziarno zaprawiono następującymi stężeniami roztworu:

- Obiekt 1: EM-A w dawce 1,5 l EM-A/100 kg ziarna (1,5 l EM-A);
 Obiekt 2: EM-A w dawce 3 l EM-A/100 kg ziarna (3 l EM-A);
 Obiekt 3: Mieszanina wody z melasą w dawce 1,5 l/100 kg ziarna (1,5 l M+H₂O);
 Obiekt 4: Mieszanina wody z melasą w dawce 3 l/100 kg ziarna (3 l M+H₂O);
 Obiekt 5: Kontrola w dawce 3 l wody/100 kg ziarna (1,5 l H₂O).

W doświadczeniu zastosowano dwa obiekty porównawcze (kontrolne): mieszanina wody z melasą i sama woda. Następnie na każdej szalce umieszczono po 20 ziarniaków, po 5 na każdą ćwiartkę. Doświadczenie było wykonane w 8 powtórzeniach. Oznaczenia dynamiki kiełkowania dokonywano od trzeciej doby po założeniu doświadczenia, aż do zakończenia kiełkowania (8 doba), po czym ważono świeżą oraz zieloną masę liści i korzeni. Po wysuszeniu ważono suchą masę korzeni i liści. Doświadczenie szalkowe przeprowadzono w temp. 20°C oraz braku dostępu światła do trzeciej doby, później cykl świetlny wynosił 12/12 h dzień/noc. Na szalkach jako podłoże była wykorzystana bibuła, szalki były codziennie podlewane w zależności od zapotrzebowania na wodę.

Uzyskane wyniki zostały poddane analizie wariacji z wcześniejszym rozszerzeniem danych procentowych na stopnie Blissa.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Na podstawie wyników stwierdzono, że dwa różne stężenia EM-A (ob. 1,5 l EM-A, 3 l EM-A) w porównaniu do obiektów kontrolnych w odmiennym stopniu wpływały na zdolność kiełkowania pszenicy jarej. Z przedstawionej na rysunku dynamiki wschodów wynika, że zastosowanie dawki 1,5 l EM-A spowodowało wyrównanie wschodów pszenicy w porównaniu do obiektów kontrolnych (ob. 3 l M+H₂O i 1,5 l H₂O). Zastosowanie podwojonej dawki EM-A spowodowało, że zdolność kiełkowania wyniosła 78% (tab. 1) i była mniejsza w porównaniu do standardowej dawki EM-A o 20 pkt. procentowych.

Tabela 1

Table 1

Dynamika wschodów pszenicy jarej
Dynamics of emergence spring wheat

| Obiekt Treatment | (%) skielkowanych ziarniaków (%) caryopsis germinated | | | | |
|--------------------------|--|------|------|------|----|
| | Dzień obserwacji – Day of observation | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,5 l EM-A | 64 | 75 | 81 | 87 | 98 |
| 3 l EM-A | 46 | 63 | 69 | 73 | 78 |
| 1,5 l M+H ₂ O | 53 | 70 | 77 | 81 | 89 |
| 3 l M+H ₂ O | 46 | 61 | 71 | 73 | 83 |
| 1,5 l H ₂ O | 51 | 69 | 78 | 81 | 88 |
| NIR | 9 | r.n. | r.n. | r.n. | 10 |

Kielkowanie ziarniaków po zastosowaniu podwójnej dawki EM-A w stosunku do pojedynczej wpłynęło hamująco w całym okresie kielkowania ziarniaków. Podobne zależności wystąpiły w przypadku zastosowania melasy z wodą. Zwiększenie stężenia tej mieszaniny w ilości z 1,5 l do 3 l spowodowało zmniejszenie procentowej ilości skielkowanych ziarniaków zarówno w początkowym, jak i końcowym okresie kielkowania. Porównując obiekt kontrolny z samą wodą do standardowej dawki EM-A, procent skielkowanych ziarniaków był niższy o 10 pkt. procentowych.

Największą procentową zawartość suchej masy liści stwierdzono w wyniku działania podwójnej dawki mieszaniny melasy z wodą (13%), najniższą procentową zawartością suchej masy liści (12%) charakteryzował się obiekt ze standardową dawką EM-A (tab.2).

Największą procentową zawartość suchej masy w korzeniach pszenicy jarej stwierdzono również w przypadku zastosowania podwójnej mieszaniny melasy z wodą (tab. 1), wynosiła ona 29,8%. Najmniejszą zawartość suchej masy (16%) odnotowano po zastosowaniu podwójnej dawki EM-A (tab. 2).

Tabela 2
Table 2

Procentowa zawartość suchej masy w liściach i korzeniach
Percentage of dry master of spring wheat roots and leaf

| Obiekt Treatment | Procentowa zawartość s.m. – Percentage of dry master | |
|--------------------------|--|----------------|
| | Liść – Leaf | Korzeń – Roots |
| 1,5 l EM-A | 12,0 | 16,9 |
| 3 l EM-A | 12,2 | 16,0 |
| 1,5 l M+H ₂ O | 12,7 | 23,4 |
| 3 l M+H ₂ O | 13,0 | 29,8 |
| 1,5 l H ₂ O | 12,7 | 18,2 |
| NIR | r.n | 5,90 |

WNIOSKI

1. Zastosowanie pojedynczej dawki EM-A wpływa korzystnie na dynamikę kielkowania pszenicy jarej.
2. Zaprawianie ziarna pszenicy jarej preparatem EM[®] nie wpłynęło na wyższą procentową zawartość suchej masy w korzeniach.

PIŚMIENNICTWO

- Hammes E., 2003. Aktualne użycie technologii EM[®] w Niemczech i przyszłe perspektywy. Materiały z Międzynarodowej Konferencji Nature Farming Kyusei, Nowa Zelandia, 15–18 stycznia 2003: 229–233.

- Higa T., 1998. Effective Microorganisms, concept and recent advances in technology. Proceedings of the Conference on Effective Microorganism a for a sustainable agriculture and environment. 4 th International Conference on Kyusei Nature Farming, Bellingham–Washington USA: 247–248.
- Higa T., 2003. Rewolucja w ochronie naszej przyrody, Warszawa 2003:7,16: 23–29.
- Higa T., Parr J.F., 1994. Nützliche und Effektive Mikroorganismen für eine dauerhafte Landwirtschaft und eine gesunde Umwelt International Nature Farming Research Center Atami, Japan.
- Langner K., Andruszowska A., Byczyńska M., 2003. Wpływ efektywnych mikroorganizmów na zahamowanie występowania fuzariozy na lnie włóknistym, 38 Sympozjum Mikrobiologiczne 2003, Efektywne Mikroorganizmy (EM®) w rolnictwie zrównoważonym i ochronie środowiska, SGGW – Rogów k.Łodzi: 64–65.
- Majchrzak B., Walerył Z., 2005. Grzyby zasiedlające korzenie i podstawę źdźbła pszenżyta ozimego przy różnych sposobach ochrony roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 507 cz. 2: 357–363.
- Nowakowska H., 2005. Antagonistyczna działalność grzybów i promieniowców przeciw czynnikom chorobotwórczym obumierania siewek czy rozsady buraka cukrowego. Plant-Breeding and Seed Science, 52: 69–78.
- Piętkiewicz S., Kołpak R., Wiertrzyńska A., Łoboda T., Ostrowska D., 2004. Wpływ mikroorganizmów na wzrost i plonowanie ziemniaków rozmnażanych z minibułw. Rocz. Glebozn., t. 55, nr 1: 285–290.
- Stielow G., 2003. Żyzna gleba nie wymaga nawożenia [stosowanie nawozów mikrobiologicznych-EM®] – J. Res. Apcl. Agricult. Eng., vol. 48, nr 1: 20–22.

THE INFLUENCE OF EFFECTIVE MICROORGANISM EM® ON GERMINABILITY OF DRESSED SPRING WHEAT SEEDS

Summary

Petri dish experiment was conducted in 2008. The effect of varying doses of EM® on germinability of seed-dressed grain of spring wheat was examined. The highest dynamics of emergence was observed after application of 1,5 l EM-A per 100 kg grain. Significant differences for percentage of dry matter of spring wheat roots were observed. Differences were also noticed between using dose EM-A (treatment 1,5 l EM®-A) and EM-A (treatment 3 l EM-A) in comparison with control treatments without EM-A (treatment 1,5 l M+H₂O, 3 l M+H₂O, 1,5 l H₂O).

KEY WORDS: effective micro-organisms EM, EM-A® active form EM-1, spring wheat, dressed grain, germination ability, green matter, dry matter

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Kazimierz Klima, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Elżbieta Sacala

**WPLYW UMIARKOWANEGO STRESU SOLNEGO NA WZROST
ORAZ ASYMLACJĘ AZOTANÓW W SIEWKACH OGÓRKA
(*CUCUMIS SATIVUS L.*)**

**THE INFLUENCE OF MODERATE SALT STRESS ON GROWTH
AND NITRATE ASSIMILATION IN CUCUMBER
(*CUCUMIS SATIVUS L.*) SEEDLINGS**

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

W pracy zbadano wpływ NaCl (25 i 50 mmol·dm⁻³) na wzrost, zawartość Na⁺ i NO₃⁻ oraz aktywność reduktazy azotanowej (NR) i azotynowej (NiR) w różnych organach ogórka. Rośliny analizowano po 5 dniach uprawy w pożywce (stadium dobrze wykształconych liścieni, brak liści) oraz po 12 dniach (faza pierwszego dobrze wykształconego liścia). NaCl o stężeniu 25 mmol·dm⁻³ NaCl nie wpływał znacząco na wzrost roślin, natomiast 50 mmol·dm⁻³ NaCl powodował znaczny wzrost świeżej masy liścieni i korzeni oraz spadek świeżej i suchej masy liści. Obie zastosowane dawki NaCl wpłynęły na znaczny wzrost zawartości Na⁺ we wszystkich badanych organach, przy czym największe ilości Na⁺ były akumulowane w korzeniach ogórka. Obecność NaCl w pożywce spowodowała wyraźny (ok. 50%) spadek aktywności reduktazy azotanowej w liścieniach i liściach ogórka. Natomiast w korzeniach ogórka, po początkowym obniżeniu aktywności NR, nastąpił zdecydowany wzrost aktywności enzymu, nadal jednak aktywność ta była znacząco niższa niż w tkankach zielonych. Inhibicja aktywności NR mogła być wywołana bardzo niską zawartością NO₃⁻ w tkankach ogórka. W liścieniach 5-dniowych siewek oraz w liściach 12-dniowych roślin zawartość azotanów obniżyła się odpowiednio do poziomu 25 i 37% wartości w roślinach kontrolnych. W warunkach stresu solnego aktywność reduktazy azotynowej (NiR) podlegała mniejszym wahaniom niż NR. Największy spadek aktywności (36%) stwierdzono w liściach ogórka rosnącego w obecności NaCl o stężeniu 50 mmol·dm⁻³. Otrzymane wyniki wskazują, że w warunkach umiarkowanego stresu solnego dochodzi do zaburzeń w asymilacji azotanów (zwłaszcza ich pobieraniu i pierwszym etapie redukcji), nie wpływa to jednak na wzrost ogórka w początkowej fazie wzrostu.

Stosowane skróty: NR – reduktaza azotanowa, NiR – reduktaza azotynowa

SŁOWA KLUCZOWE: azotany, reduktaza azotanowa, reduktaza azotynowa, stres solny, ogórek

Do cytowania – For citation: Sacala E., 2008. Wpływ umiarkowanego stresu solnego na wzrost oraz asymilację azotanów w siewkach ogórka (*Cucumis sativus L.*), Zesz. Nauk. UP, Wroc., Rol., XCII, Nr 568, 37–48.

WSTĘP

W ostatnich latach coraz większym problemem staje się zasolenie gleb, wód i powietrza. Szacuje się, że to niekorzystne zjawisko dotyczy prawie 40% powierzchni Ziemi i stanowi poważny problem dla przyszłości rolnictwa. Zasolenie gleb zdecydowanie obniża wzrost i rozwój glikofitów, w związku z czym powoduje duże szkody w rolnictwie i prowadzi do spadku produkcji rolnej. Większość roślin nie toleruje zasolenia wyższego niż 10–20% roztwór wody morskiej (ok. 50–100 mmol·dm⁻³ NaCl). Ogórek jest rośliną umiarkowanie wrażliwą na zasolenie (Mass i Hoffman 1977) jednak najlepszy jego wzrost i plonowanie ma miejsce w warunkach niskiego zasolenia (Ho i Adams 1994).

Szkodliwy wpływ nadmiaru soli na rośliny wynikać może z oddziaływania osmotycznego oraz bezpośredniego (specyficznego) wpływu jonów na biochemiczne i fizjologiczne funkcje komórek. To specyficzne oddziaływanie obejmuje zarówno zaburzenia w pobieraniu składników mineralnych, jak i zmiany aktywności enzymów (Serrano 1996). Rośliny rosnące w warunkach zasolenia wykazują znaczące zmiany w tempie wzrostu, przebiegu procesów metabolicznych oraz zawartości wody i jonów w komórkach (Grattan i Grieve 1999, Muranaka i wsp. 2002, Parida i Das 2005). Obecność NaCl w podłożu może prowadzić do nadmiernej akumulacji jonów sodowych i chlorkowych w tkankach roślin (Ghoulam i wsp. 2002, Sacała i wsp. 2002). Aby zmniejszyć negatywny wpływ nadmiaru soli rośliny syntetyzują i akumulują tzw. osmolyty cytoplazmatyczne, wśród których ważną rolę odgrywają aminokwasy oraz ich pochodne (Mansour 2000). Akumulacja w komórkach roślinnych rozpuszczalnych związków azotowych w odpowiedzi na różne niekorzystne czynniki środowiska jest dość powszechnym zjawiskiem umożliwiającym roślinom aklimatyzację do warunków stresowych (Mansour 2000). Metabolizm azotowy odgrywa więc ważną rolę nie tylko we wzroście i produktywności roślin, lecz również w procesach zwiększających tolerancję roślin na stresy środowiskowe. Podstawowym źródłem azotu dla roślin są azotany(V), które przed wbudowaniem w związki organiczne muszą ulec redukcji do jonów amonowych. W procesie tym uczestniczą dwa enzymy: reduktaza azotanowa (NR) i reduktaza azotynowa (NiR). NR – pierwszy enzym szlaku asymilacji azotanów, katalizujący redukcję NO₃⁻ do NO₂⁻ – jest uznawany za enzym limitujący przemiany azotowe w roślinach (Campbell 1999). Dane literaturowe wskazują, że zasolenie może zaburzać pobieranie i transport azotanów (Kłobus i wsp. 1988, Peuke i Jeschke 1999), jak również aktywność reduktazy azotanowej (Aslam i wsp. 1984, Ghoulam i wsp. 2002, Sacała i wsp. 2002, 2005).

Z nielicznych danych literaturowych wynika, że NiR jest enzymem mniej wrażliwym na czynniki środowiskowe niż reduktaza azotanowa (Heuer et al. 1979, Balakumar et al. 1999).

Głównym celem prezentowanej pracy było zbadanie wpływu umiarkowanego stresu solnego na wzrost oraz aktywność NR i NiR w różnych organach ogórka w dwóch różnych stadiach rozwojowych. W związku z tym, że wstępne długoterminowe doświadczenia (28 dni wzrostu w pożywce) wykazały, że NaCl o stężeniu 75 i 100 mmol·dm⁻³ powoduje drastyczne zahamowanie wzrostu i przedwczesną śmierć roślin, w prezentowanych doświadczeniach zastosowano niższe dawki tej soli (25 i 50 mmol·dm⁻³). Warto

nadmienić, że stężenie $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaCl jest typowe dla regionów rolniczych narażonych na zasolenie.

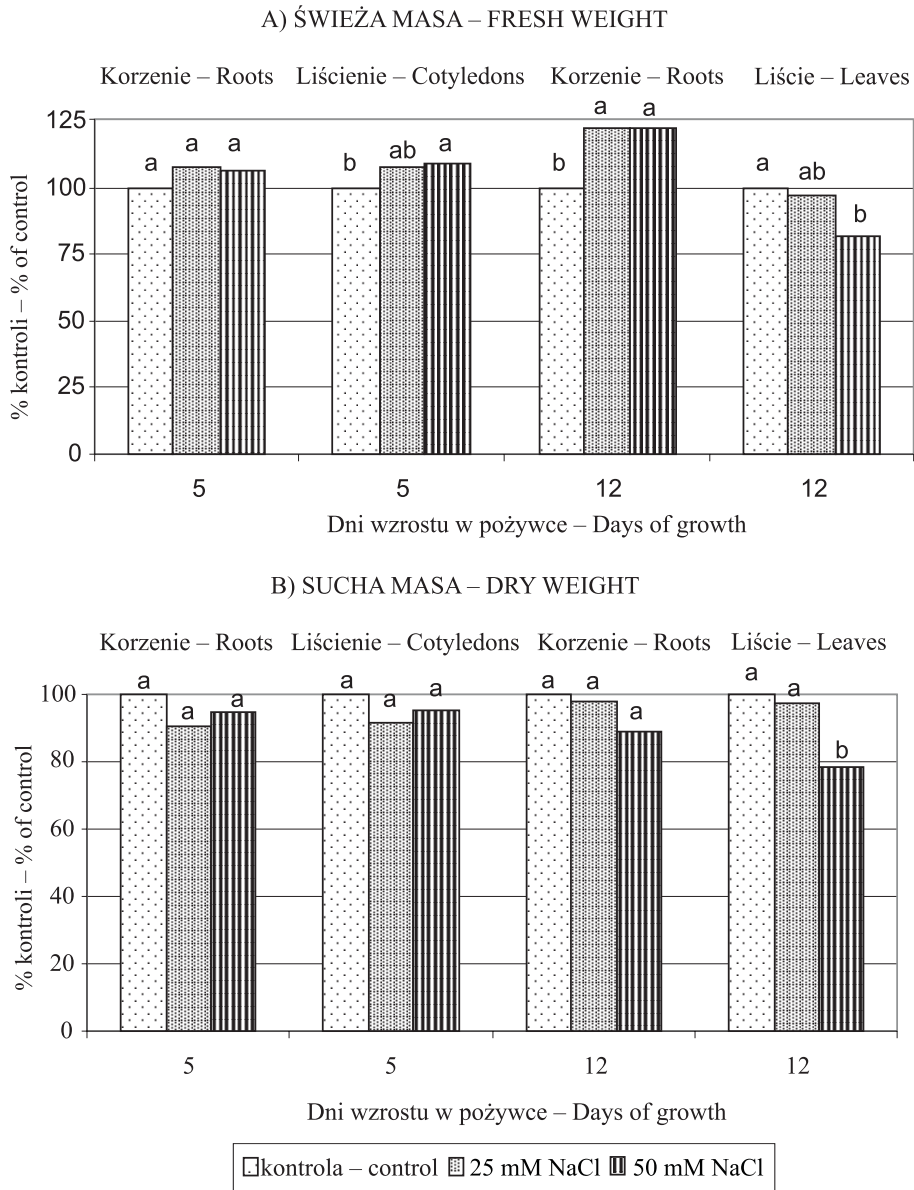
MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Siewki ogórka (*Cucumis sativus* L. odmiany Wisconsin) rosły w zlewkach napelnionych trzykrotnie rozcieńczoną pożywką Hoaglanda (kontrola) bądź w pożywce z dodatkiem 25 lub $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaCl (stres solny). Warunki uprawy były następujące: 16-godzinny fotoperiod ($200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) przy $25/22^\circ\text{C}$ temperaturze dnia i nocy. Pożywka była wymieniana trzy razy w tygodniu. Rośliny zbierano i analizowano po 5 dniach uprawy w pożywce (stadium dobrze wykształconych liścieni, brak liści) oraz po 12 dniach (faza pierwszego dobrze wykształconego liścia). W celu określenia zawartości Na^+ – próbki wysuszonego materiału roślinnego spalano w piecu mikrofalowym z dodatkiem stężonego HNO_3 , a następnie ilość jonów Na^+ oznaczano za pomocą atomowego spektrometru absorpcyjnego (Perkin-Elmer 1100B). Reduktazę azotanową ekstrahowano buforem $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ Tris-HCl, pH 7,5 zawierającym $5 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ cysteinę oraz $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ Na_2EDTA (1 g materiału roślinnego na 5 cm^3 buforu). Aktywność enzymu oznaczano, określając ilość wytworzonych jonów NO_2^- . Jony NO_2^- oznaczano, spektrofotokolorymetrycznie przy długości fali świetlnej 540 nm po wybarwieniu prób 1% sulfanilamidem w $100 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ HCl oraz 0.02% N-naftyloetylenodiaminą. Aktywność reduktazy azotynowej oznaczano metodą Hucklesby i wsp. (1972) na podstawie zmniejszania się stężenia jonów azotynowych w czasie reakcji enzymatycznej. W celu oznaczenia zawartości jonów NO_3^- 1 g świeżego materiału roślinnego ekstrahowano wodą destylowaną w temp. 100°C przez 10 min. Po wirowaniu ($10000\times\text{g}$, 10 min) azotany oznaczano kolorymetrycznie, wykorzystując odczynnik salicylowy (Cataldo i wsp. 1975).

Wszystkie analizy biochemiczne powtórzono co najmniej 3 razy, natomiast doświadczenia wzrostowe (pomiar świeżej i suchej masy) powtórzono sześciokrotnie. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej, stosując analizę wariancji i porównując otrzymane wartości średnie na podstawie najmniejszej istotnej różnicy (NIR, $p=0.05$).

WYNIKI BADAŃ

Wyniki przedstawione na rys. 1 wskazują, że zastosowane dawki NaCl (25 i $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) nie powodują zahamowania wzrostu ogórka we wczesnych stadiach rozwojowych. Co więcej, w 12-dniowych roślinach stwierdzono 20% wzrost świeżej masy korzeni roślin rosnących w obecności NaCl, jednak ich sucha masa nie różniła się istotnie statystycznie w porównaniu do roślin kontrolnych. Natomiast NaCl o stężeniu $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ powodował statystycznie istotną redukcję świeżej i suchej masy liści.



Rys. 1. Wpływ NaCl na świeżą (A) i suchą masę (B) korzeni, liścieni oraz liści 5- i 12-dniowych siewek ogórka. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)

Fig. 1 The influence of NaCl on fresh (A) and dry weight of roots, cotyledons and leaves of 5- and 12-day old cucumber seedlings. The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Warto nadmienić, że w trakcie trwania doświadczeń nie stwierdzono żadnych objawów spadku turgoru roślin, procentowa zawartość wody w różnych organach ogórka nie różniła się znacząco w roślinach kontrolnych oraz rosnących w obecności NaCl (tab. 1).

Stres solny spowodował drastyczne obniżenie zawartości azotanów we wszystkich badanych organach (tab. 1). Największy spadek zaobserwowano w liścieniach roślin, w których zawartość NO_3^- stanowiła jedynie 25% wartości kontrolnej. Również w korzeniach 5-dniowych siewek zawartość azotanów była bardzo niska (tylko 40% wartości kontrolnej), jednak w starszych roślinach (12-dniowe siewki) zaopatrzenie roślin w NO_3^- uległo poprawie i kształtowało się na poziomie 67% w porównaniu do roślin kontrolnych. W liściach ogórka zawartość NO_3^- wynosiła jedynie 37% w odniesieniu do roślin kontrolnych.

Tabela 1
Table 1

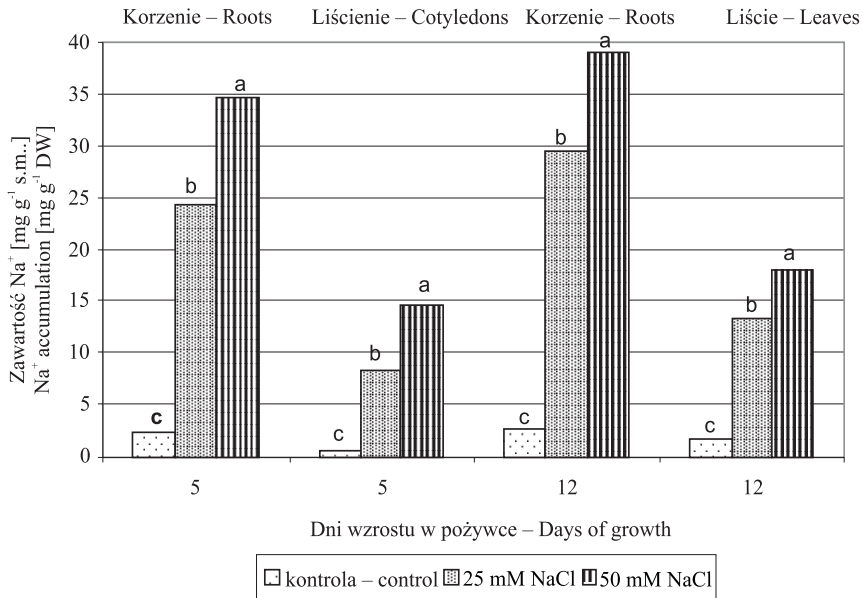
Wpływ $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaCl na zawartość azotanów oraz wody
w 5- i 12-dniowych siewkach ogórka
Effect of NaCl on nitrate and water content in 5- and 12-day old cucumber seedlings

| | Zawartość azotanów ($\mu\text{mol NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1}$ św. m.) NO_3^- content ($\mu\text{mol NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1}$ fresh weight) | | Zawartość wody (% świeżej masy) Water content (% of fresh weight) | |
|---|---|--|--|--|
| | Kontrola Control | $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaCl | Kontrola Control | $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaCl |
| 5-dniowe siewki - 5-day old seedlings | | | | |
| Korzenie – Roots | 54.2±5.3 | 21.4±1.5 | 96.9±0.3 | 97.4±0.3 |
| $\text{NIR}_{0.05} - \text{LSD}_{0.05}$ | 4.1 | | 0.6 | |
| Liścienie Cotyledons | 87.1±3.3 | 22.0±2.8 | 94.1±0.3 | 94.7±0.3 |
| $\text{NIR}_{0.05} - \text{LSD}_{0.05}$ | 3.7 | | 0.4 | |
| 12-dniowe siewki - 12-day old seedlings | | | | |
| Korzenie – Roots | 72.9±3.2 | 48.7±1.2 | 96.6±0.3 | 97.2±0.5 |
| $\text{NIR}_{0.05} - \text{LSD}_{0.05}$ | 3.9 | | 0.7 | |
| Liście – Leaves | 57.1±2.1 | 21.1±1.2 | 92.0±0.8 | 92.3±1.0 |
| $\text{NIR}_{0.05} - \text{LSD}_{0.05}$ | 2.6 | | 1.4 | |

Zawartość wody (% świeżej masy) wyliczono jako różnicę pomiędzy świeżą i suchą masą podzieloną przez świeżą masę i pomnożoną przez 100%.

Water content (% of fresh weight) was computed as the difference between fresh weight and dry weight, divided by fresh weight and multiplied by 100%.

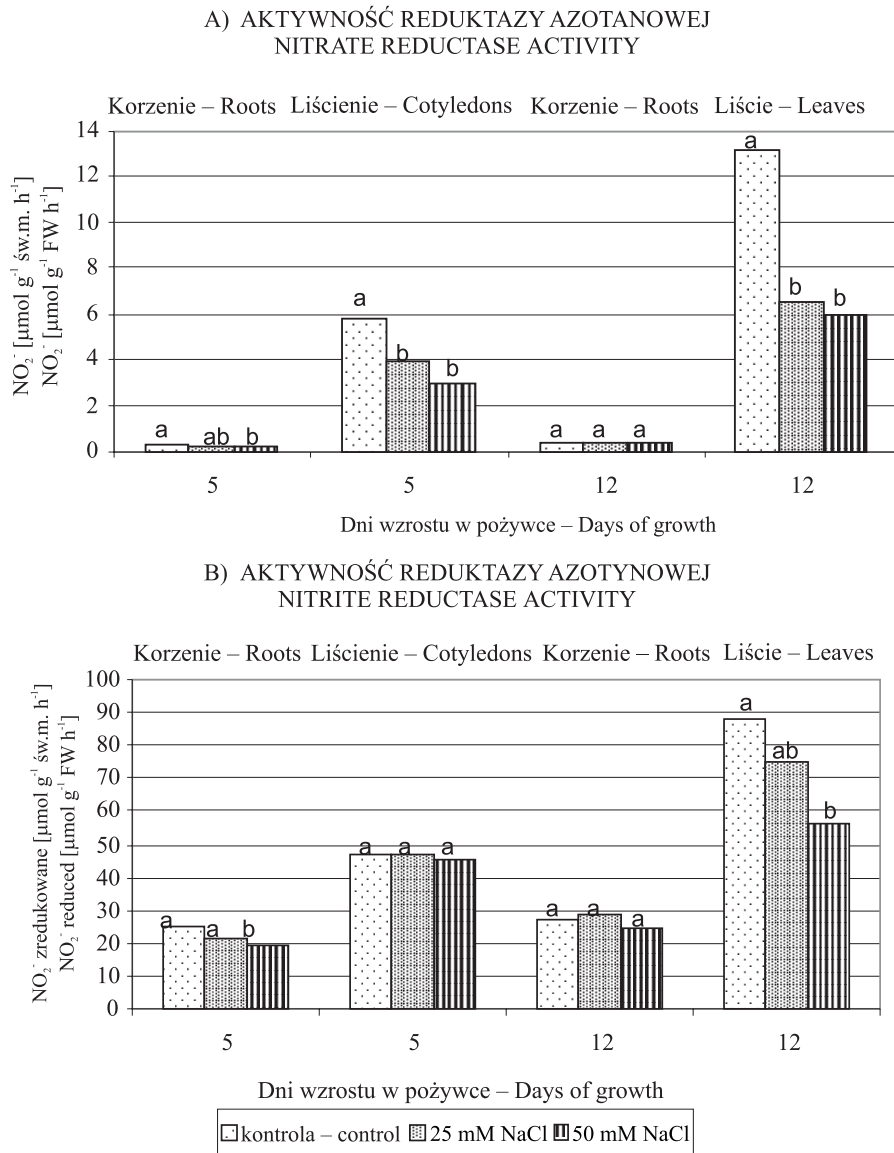
Rośliny rosące w warunkach zasolenia akumulowały duże ilości jonów Na^+ , przy czym najwięcej jonów gromadziły korzenie ogórka (rys. 2). Zarówno 5-, jak i 12-dniowe korzenie ogórka zawierały ponad dwa razy więcej Na^+ niż części nadziemne, przy czym liście akumulowały więcej tych jonów niż liścienie. Warto zaznaczyć, że korzenie 12-dniowych siewek ogórka zawierały więcej jonów Na^+ niż 5-dniowe rośliny oraz że 2-krotny wzrost stężenia NaCl w pożywce nie powodował proporcjonalnego zwiększenia koncentracji tych jonów w tkankach roślin.



Rys. 2 Zawartość sodu w różnych organach ogórka rosnącego w warunkach zasolenia. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)

Fig. 2. Sodium accumulation in different organs of cucumber grown under salt stress. The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Wyniki przedstawione na rys. 3 wskazują, że aktywność reduktazy azotanowej w korzeniach ogórka jest bardzo niska w porównaniu do liścienia i liści. NaCl zdecydowanie hamował aktywność NR w korzeniach i liścieniach 5-dniowych roślin oraz w liściach. Wielkość tej inhibicji wynosiła 33–54%, przy czym obydwa stężenia NaCl powodowały podobny spadek aktywności NR. Natomiast w korzeniach 12-dniowych roślin rosnących w warunkach zasolenia wystąpił 2-krotny wzrost aktywności NR w porównaniu do roślin młodszych, jednak poziom aktywności nadal pozostawał bardzo niski w odniesieniu do części nadziemnych. We wszystkich badanych tkankach aktywność reduktazy azotanowej (NiR) była zdecydowanie wyższa niż aktywność NR, a zmiany aktywności tego enzymu były stosunkowo niewielkie. Największy spadek aktywności NiR odnotowano w liściach roślin rosnących w obecności $50 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ NaCl . W tym przypadku aktywność NiR wynosiła $56.5 \mu\text{mol NO}_2^- \cdot \text{g}^{-1}$ św. m. $\cdot \text{min}^{-1}$, co stanowiło 64% wartości kontrolnej.



Rys. 3. Wpływ NaCl na aktywność reduktazy azotanowej (A) oraz reduktazy azotynowej (B) w różnych organach ogórka. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)

Fig. 3. The influence of NaCl on nitrate reductase (A) and nitrite reductase (B) in different organs of cucumber seedlings. The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki doświadczeń wzrostowych (rys. 1) wskazują, że ogórek we wczesnych etapach wzrostu wegetatywnego jest rośliną stosunkowo dobrze tolerującą niskie zasolenie (25 i 50 mmol·dm⁻³ NaCl). Korzenie i liście roślin rosnących w warunkach zasolenia charakteryzowały się wyższą świeżą masą w porównaniu do roślin kontrolnych, jednak ta pozytywna tendencja nie wystąpiła w przypadku suchej masy. Wiadomo, że wzrostowa odpowiedź glikofitów na zasolenie zależy od koncentracji soli, czasu działania oraz gatunku czy nawet odmiany rośliny (Neumann 1997). Wysokie zasolenie (ponad 100 mmol·dm⁻³) zazwyczaj powoduje silne zahamowanie wzrostu roślin nie będących halofitami, a nawet ich śmierć (Zörb et al. 2004). Umiarkowane zasolenie (poniżej 100 mmol·dm⁻³) może jednak nie wywierać negatywnego wpływu na niektóre rośliny, nawet te sklasyfikowane jako wrażliwe (Hernández et al. 1999, Zörb et al. 2004). Wyniki doświadczeń przeprowadzonych na buraku cukrowym (gatunku uważanym za odporny na zasolenie) oraz na grochu (roślina uznawana za wrażliwą na zasolenie) wykazały, że parametry wzrostowe niektórych odmian buraka cukrowego ulegają pogorszeniu pod wpływem 50 mmol·dm⁻³ NaCl, natomiast niektóre odmiany grochu nie wykazują objawów negatywnego działania pod wpływem NaCl o stężeniu 70 i 90 mmol·dm⁻³ NaCl (Hernández i wsp. 1999, Ghoulam i wsp. 2002).

Warto zaznaczyć, że w trakcie trwania doświadczeń nie stwierdzono żadnych objawów spadku turgoru badanych siewek ogórka. Zawartość wody we wszystkich organach ogórka była wysoka, a w przypadku liści wystąpiły symptomy sukulencji. Dobrym wskaźnikiem sukulencji jest wzrost wartości stosunku świeżej masy do suchej masy. W korzeniach i liściach 5-dniowych siewek ogórka rosnących w obecności 25 mmol·dm⁻³ NaCl stosunek ten wynosił odpowiednio 37.9 i 20.0, natomiast w roślinach kontrolnych 32.1 i 16.9. Zwiększenie zawartości wody w tkankach roślin może zmniejszać negatywne skutki nadmiaru soli w komórkach. Obserwowany wzrost sukulencji może wskazywać na skuteczną sekwestrację nadmiaru jonów w wakuoli. Badania Cuartero i wsp. (1992) przeprowadzone na różnych odmianach pomidora wykazały, że wzrost sukulencji jest bardzo pożądaną cechą zwiększającą tolerancję roślin na zasolenie. W przeciwieństwie do korzeni i liści – liście ogórka były wrażliwe na stres solny. NaCl o stężeniu 50 mmol·dm⁻³ powodował ponad 20% redukcję ich wzrostu. Wysoka zawartość wody we wszystkich badanych tkankach ogórka wskazywać może na skuteczne działanie mechanizmów osmoregulacyjnych. Wielu badaczy twierdzi, że gromadzenie Na⁺ i Cl⁻ w komórkach roślin jest bardzo skutecznym i tanim mechanizmem umożliwiającym roślinom osmotyczne dostosowanie oraz zwiększającym ich tolerancję na zasolenie (Davenport i wsp. 1994, Leidi i Saiz 1997, Alian i wsp. 2000). Wyniki wielu prac wskazują jednak, że wysoka tolerancja na zasolenie wynika raczej ze zdolności roślin do usuwania Na⁺ szczególnie z pędów (Fortmeier i Schubert 1994, Cerdà i wsp. 1995). Korzenie są pierwszymi organami narażonymi na toksyczne działanie soli i stanowią pierwszą linię obrony przeciwdziałającą nadmiernej akumulacji jonów w tkankach roślin. W okresie od 5. do 12. dnia uprawy ogórka w pożywce zawierającej NaCl wystąpił jedynie nieznaczny wzrost zawartości Na⁺ w korzeniach. Jest więc prawdopodobne, że w korzeniach ogórka funkcjonują mechanizmy pozwalające na wykluczanie jonów Na⁺ i/lub

ich redystrybucję. Warto również podkreślić, że w korzeniach ogórka zawartość jonów Na^+ była zdecydowanie wyższa niż w pędach. Może to wskazywać na efektywne działanie mechanizmów przeciwdziałających nadmiernej translokacji Na^+ do części nadziemnych rośliny. Według wielu badaczy jest to ważny rys tolerancji glikofitów na zasolenie (Greenway i Munns 1980, Zayed i Zeid 1997/98, Chartzoulakis i Klapaki 2000, Parida i Das 2005). Innym niezwykle ważnym aspektem tolerancji na zasolenie jest kompartmentacja jonów w komórce. Rośliny mogą unikać toksycznego wpływu jonów Na^+ poprzez usuwanie ich z cytoplazmy i gromadzenie w wakuoli. W badaniach własnych nie określano wewnątrzkomórkowej lokalizacji Na^+ , jednak wysoka zawartość wody w tkankach, brak jakichkolwiek objawów wędnięcia oraz zaburzeń wzrostu pośrednio mogą świadczyć o sekwestracji jonów w wakuoli. Wyniki przedstawione na rys. 3 wskazują, że NaCl znacząco obniża aktywność reduktazy azotanowej w badanych organach z wyjątkiem korzeni 12-dniowych roślin. W tym ostatnim przypadku stwierdzono znaczną poprawę funkcjonowania NR w porównaniu do roślin 5-dniowych. Dane literaturowe wskazują, że spadek aktywności NR w różnych organach roślin rosnących w warunkach zasolenia jest zjawiskiem dość częstym (Aslam i wsp. 1984, Gouia i wsp. 1994, Ramanjulu i wsp. 1994, Abd-El-Baki i wsp. 2000, Sacala i wsp. 2002, 2005). Niektórzy badacze twierdzą, że spadek aktywności NR w warunkach stresowych wynika z konieczności biochemicznego dostosowania, które pozwala na ograniczenie zużycia energii w czasie stresu oraz zapobiega akumulacji w komórkach toksycznych jonów azotynowych i amonowych (Merlo i wsp. 1994, Ramanjulu i wsp. 1994). Spadek aktywności NR w różnych organach ogórka rosnącego w warunkach zasolenia może być spowodowany niewystarczającym zaopatrzeniem roślin w azotany (tab. 1) i w konsekwencji ograniczoną syntezą białka enzymatycznego. Wiadomo, że azotany wpływają na transkrypcję genów kodujących NR oraz chronią przed degradacją zarówno NR mRNA, jak i białko enzymu (Galangau i wsp. 1988, Ferrario i wsp. 1995). Można więc przypuszczać, że spadek aktywności NR może być wynikiem szybkiej degradacji NR mRNA oraz białka enzymu w warunkach niedostatecznego zaopatrzenia rośliny w azotany. Ograniczona podaż azotanów do rosnących organów, szczególnie liści, może prowadzić do ograniczenia wzrostu roślin.

W warunkach stresu solnego aktywność reduktazy azotanowej (NiR) podlegała mniejszym wahaniom niż NR. Nieliczne prace dotyczące funkcjonowania NiR w warunkach stresowych wskazują, że jest to enzym stosunkowo stabilny (Heuer i wsp. 1979, Balakumar i wsp. 1999). Natomiast Ruiz i wsp. (1999) twierdzą, że NR i NiR – dwa enzymy będące częścią wspólnego szlaku metabolicznego – są w podobny sposób regulowane i reakcja NiR jest podobna do reakcji NR. We wszystkich badanych tkankach ogórka poziom aktywności NiR był znacznie wyższy niż NR i nie stwierdzono żadnych zaburzeń mogących prowadzić do nadmiernej akumulacji toksycznych jonów NO_2^- .

WNIOSKI

1. Umiarkowany stres solny znacznie obniża zawartość azotanów i aktywność reduktazy azotanowej w organach ogórka, natomiast nie wpływa negatywnie na zawartość wody w tkankach.

2. Znaczna inhibicja aktywności NR nie powoduje zahamowania wzrostu siewek ogórka.

3. W warunkach stresowych NiR funkcjonuje dobrze i zmiany jej aktywności są stunkowo niewielkie.

PIŚMIENNICTWO

- Abd-El Baki G.K., Siefert F., Man H-M., Weiner H., Kaldenhoff R., Kaiser W.M., 2000. Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity. *Plant Cell Environ.*, 23: 515–521.
- Alian A., Altman A., Heuer B., 2000. Genotypic difference and water salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. *Plant Science*, 152: 59–65.
- Aslam M., Huffaker R.C., Rains D.W., 1984. Early effects of salinity on nitrate assimilation in barley seedlings. *Plant Physiol.*, 76: 321–325.
- Balakumar T., Sathiamena K., Selvakumar V., Murugu Ilanchezian C., Paliwal K., 1999. UV-B radiation mediated alterations in the nitrate assimilation pathway of crop plants. 2. Kinetic characteristic of nitrite reductase. *Photosynthetica*, 37: 469–475.
- Cataldo D.A., Haroon M., Schrader L.E., Youngs V.L., 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 6: 71–80.
- Campbell W.H., 1999. Nitrate reductase structure, function and regulation: bridging the gap between biochemistry and physiology. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 50: 277–303.
- Cerdà A., Paradines J., Botella M.A., Martínez V., 1995. Effect of potassium on growth, water relations, and the inorganic and organic solute contents for two maize cultivars grown under saline conditions. *J. Plant Nutrition*, 18: 839–851.
- Chartzoulakis K., Klapaki G., 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Hort.*, 86: 247–260.
- Cuartero J., Yeo A.R., Flowers T.J., 1992. Selection of donors for salt-tolerance in tomato using physiological traits. *New Phytol.*, 121: 63–69.
- Davenport R.J., Reid R.J., Smith F.A., 1997. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. *Physiol. Plant.*, 99: 323–327.
- Ferrario S., Valadier M.-H., Morot-Gaudry J.-F., Foyer C.H., 1995. Effects of constitutive expression of nitrate reductase in transgenic *Nicotiana plumbaginifolia* L. in response to varying nitrogen supply. *Planta*, 196: 288–294.
- Fortmeier R., Schubert S., 1994. Salt tolerance of maize (*Zea mays* L.): the role of sodium exclusion. *Plant Cell Environ.*, 18: 1041–1047.
- Galangau F., Daniel-Vedel F., Moureaux T., Dorbe M.F., Leydecker M.T., Caboche M., 1988. Expression of leaf nitrate reductase genes from tomato and tobacco in relation to light-dark regimes and nitrate supply. *Plant Physiol.*, 88: 383–388.
- Ghoulam C., Foursy A., Fares K., 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulations in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environ. Exp. Bot.*, 47: 39–50.
- Gouia H., Ghorbal M.H., Touraine B., 1994. Effects of NaCl on flows of N and mineral ions and NO_3^- reduction rate within whole plants of salt-sensitive bean and salt-tolerant cotton. *Plant Physiol.*, 105: 1409–1418.
- Grattan S.R., Grieve C.M., 1999. Salinity – mineral nutrient in horticultural crops. *Scientia Hort.*, 78: 127–157.

- Greenway H., Munns H., 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31: 149–190.
- Hernández J.A., Campillo A., Jiménez A., Alarcón J.J., Sevilla F., 1999. Response of antioxidant system and leaf water relations to NaCl stress in pea plants. *New Phytol.*, 141: 241–251.
- Heuer B., Plaut A., Federman E., 1979. Nitrate and nitrite reduction in wheat leaves as affected by different types of water stress. *Physiol. Plant.*, 46: 318–323.
- Ho L.C., Adams P., 1994. Regulation of the partitioning of dry matter and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. *Ann. Bot.*, 73: 539–545.
- Hucklesby D.P., Dalling M.J., Hageman R.H., 1972. Some properties of two forms nitrate reductase from corn (*Zea mays* L.) scutellum. *Planta*, 104: 220–233.
- Kłobus G., Ward M.R., Huffaaker R.C., 1988. Characteristics of injury and recovery of net NO_3^- transport of barley seedlings from treatments of NaCl. *Plant. Physiol.*, 87: 878–882.
- Leidi E.O., Saiz J.F., 1997. Is salinity tolerance related to Na accumulation in Upland cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings? *Plant and Soil*, 190: 67–75.
- Mansour M.M.F., 2000. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biol. Plant.*, 43: 491–500.
- Mass E.V., Hoffman G.J., 1977. Crop salt tolerance – current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.*, 103: 115–134.
- Merlo L., Ferretti M., Passera C., Ghisi R., 1994. Effect of decreased irradiance on N and C metabolism in leaves and roots of maize. *Physiol. Plant.*, 91: 72–80.
- Muranaka S., Shimizu K., Kato M., 2002. Ionic and osmotic effects of salinity on single-leaf photosynthesis in two wheat cultivar with different drought tolerance. *Photosynthetica*, 40: 201–207.
- Neumann P., 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell Environ.* 20: 1193–1198.
- Parida A.K., Das A.B.: 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: review. *Ecotox. Environ. Safety*, 60: 324–349;
- Peuke A.D., Jeschke D.W., 1999. The characterization of inhibition of net nitrate uptake by salt in salt-tolerant barley (*Hordeum vulgare* L. cv. California Mariout). *J. Exp. Bot.*, 50: 1365–1372.
- Ramanjulu S., Veeranjanyulu K., Sudhakar C., 1994. Short-term shifts in nitrogen metabolism in mulberry *Morus alba* under salt shock. *Phytochem.*, 37: 991–995.
- Ruiz J.M., Rivero R.M., Garcia P.C., Baghour M., Romero L., 1999. Role of CaCl_2 in nitrate assimilation in leaves and roots of tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.). *Plant Science*, 141: 107–115.
- Sacała E., Demczuk A., Grzyś E., Sobczak A., 2002. The effects of salt stress on growth and biochemical parameters in two maize varieties. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 71: 101–107.
- Sacała E., Biegun A., Demczuk A., Grzyś E., 2005. Effects of NaCl and supplemental calcium on growth parameters and nitrate reductase activity in maize. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 74: 119–123.
- Serrano R.: 1996. Salt tolerance in plants and microorganisms: toxicity and defence responses. *Internat. Rev. Cytology*, 165: 1–52;
- Zayed M.A., Zeid IM., 1997/98. Effect of water and salt stresses on growth, chlorophyll, mineral ions and organic solutes contents, and enzymes activity in mung bean seedlings. *Biol. Plant.*, 40: 351–356.
- Zörb Ch., Schmitt S., Neeb A., Karl S., Linder M., Schubert S., 2004. The biochemical reaction of maize (*Zea mays* L.) to salt stress is characterized by mitigation of symptoms and not by specific adaptation. *Plant Sc.*, 167: 91–100.

THE INFLUENCE OF MILD SALT STRESS ON GROWTH AND NITRATE ASSIMILATION IN CUCUMBER (*CUCUMIS SATIVUS* L.) SEEDLINGS

Summary

The effect of 25 and 50 mmol·dm⁻³ NaCl on growth, Na⁺ and NO₃⁻ accumulation as well as activities of nitrate (NR) and nitrite (NiR) reductases in various organs of cucumber seedlings were studied. Plants were examined at two different stages of growth: 5-day old seedlings with cotyledons without leaves and 12-day old (stage of first expanded leaf). 25 mmol·dm⁻³ NaCl did not change significantly growth parameters of cucumber whereas 50 mmol·dm⁻³ NaCl caused marked increase in fresh weight of cotyledons and roots and significant decrease in fresh and dry mass of leaf. Both concentrations of NaCl caused significant increase in Na⁺ concentration in all examined organs, moreover the greatest amount of Na⁺ was accumulated in cucumber roots. The presence of NaCl in nutrient solution caused significant decrease in nitrate reductase activity in photosynthetic tissues – cotyledons and leaf. This decline reached approximately 50% under both concentrations of NaCl. In cucumber roots, after initial decrease in nitrate reductase activity, there was significant improvement in enzyme activity in 12-day old seedlings but its activity remained at very low level in comparison to photosynthetic tissues. The severe inhibition of NR activity might be due to very low nitrate content in plant tissues. In cotyledons of 5-day old seedlings and leaf of 12-day old seedlings the nitrate content decreased respectively to 25 and 30% of the control. Under stress conditions, nitrite reductase was more stable enzyme than NR. The greatest inhibition (36%) in NiR activity was observed in cucumber leaves under 50 mmol·dm⁻³ NaCl. The obtained results show that moderate NaCl stress affects nitrate assimilation particularly in photosynthetic tissues.

KEY WORDS: nitrate, nitrate reductase, nitrite reductase, sodium, salt stress, cucumber

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Czesława Jasiewicz, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Urszula Sienkiewicz-Cholewa

**WPLYW NAWOŻENIA MIEDZIĄ NA WIELKOŚĆ PLONU
I STAN ODŻYWIENIA RZEPAKU OZIMEGO**

**INFLUENCE OF COPPER APPLICATION
ON PLANT NUTRITION STATUS AND LEVEL
OF OILSEED RAPE YIELD**

Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
Institute of Science and Plant Cultivation – National Research Institute
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli, Wrocław
Department of Weed Science and Soil Tillage Systems, Wrocław

Osiąganie wysokich plonów roślin powoduje stopniowe wyczerpywanie z gleb głównie mikroelementów, którymi nie nawozi się rutynowo. W kraju blisko 40% użytków rolnych wykazuje niedostateczną dla roślin zasobność w miedź. Niedobór tego składnika pogłębia się powodując ograniczenie plonowania roślin. Badania prowadzone przez IUNG na plantacjach produkcyjnych rzepaku w kraju wykazały w 17% gleb z pół niską zasobność w ten składnik. W rzepaku z 25% plantacji stwierdzona niedostateczną dla roślin zawartość w ten składnik.

Celem przeprowadzonych badań była cena efektów plonotwórczych dolistnego oraz doglebowego nawożenia rzepaku ozimego różnymi dawkami miedzi i wskazanie optymalnej dawki Cu dla tego gatunku. Przeprowadzono 6 jednorocznych ścisłych doświadczeń polowych, w których zastosowano przedsięwzięcie nawożenia rzepaku miedzią w wysokości 4, 8 i 12 kg Cu·ha⁻¹ oraz oprysk dolistny w dawce 250 Cu g·ha⁻¹ w fazie zwanego pąka. Doświadczenia prowadzono na glebach lekkich o lekko kwaśnym odczynie oraz niskiej bądź średniej zawartości przyswajalnej miedzi.

Istotne zwwyżki plonów nasion rzepaku w stosunku do obiektu kontrolnego (bez Cu) uzyskano na obiektach nawożonych doglebowo dawką 12 kg Cu·ha⁻¹ oraz pod wpływem dolistnego oprysku. W roślinach z obiektów nie nawożonych miedzią stwierdzono niedostateczne dla rzepaku zawartości tego składnika. Pod wpływem wyższych doglebowych dawek oraz dolistnego oprysku koncentracja Cu wzrastała do optymalnej. Dostateczne odżywienie roślin miedzią wpłynęło na istotny wzrost plonów nasion rzepaku.

SŁOWA KLUCZOWE: rzepak, miedź, niedobór, nawożenie, zawartość w glebie, zawartość w roślinie

Do cytowania – For citation: Sienkiewicz-Cholewa U., 2008. Wpływ nawożenia miedzią na wielkość plonu i stan odżywienia rzepaku ozimego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., CXII, Nr 568, 49–58.

WSTĘP

Postęp w produkcji rolniczej zmierza m.in. w kierunku zwiększenia plonowania roślin uprawnych. Coraz większe osiągnięcia w tej dziedzinie, stymulowane wysokim nawożeniem podstawowym, prowadzą do stopniowego wyczerpywania z gleby niektórych składników pokarmowych. Powstaje deficyt głównie mikroelementów, których z nawozami wprowadza się do gleby coraz mniej. Niedobory tych składników nasilają się, powodując ograniczenie wzrostu i rozwoju roślin.

Drugim po borze składnikiem najsilniej wyczerpywanym i występującym w zbyt małych ilościach w glebach krajowych jest miedź (Czuba 2000). Badania zasobności ziemi z lat 1994–1999 (Dębowski, Kucharzewski 2000), przeprowadzone przez stacje chemiczno-rolnicze na podstawie analiz ponad 100 tys. próbek udowodniły, że niska zawartość miedzi cechuje 36% gleb w Polsce. Badania krajowych pól rzepaku udowodniły, że uprawiany jest on w większości na glebach lekkich – 44% pól, które są zwykle ubogie w miedź. W 17% badanych gleb stwierdzono niską zasobność w ten składnik. Niedostateczne dla rzepaku zawartości Cu w liściach występowały w przypadku 28% plantacji (Gembarzewski 2000, Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski 1996).

Rzepak, mimo że zaliczany jest do gatunków o małej wrażliwości na niedobory miedzi, pobiera znaczne ilości tego składnika – średnio 10 g Cu na 1 tonę plonu, tj. tak jak zboża ok. 40 g z ha (Katyal i Randhawa 1983, Szukalski 1979). Świadczy to o dużych potrzebach rzepaku w stosunku do tego mikroelementu. Ze względu na ważność funkcji fizjologicznych, jakie miedź pełni w roślinie, przy istniejących niedoborach w glebach, nawożenie rzepaku tym składnikiem wydaje się być niezbędne (Kabata-Pendias i Pendias 1999, Szukalski 1979).

Celem podjętych badań polowych była ocena efektów plonotwórczych dolistnego oraz doglebowego nawożenia rzepaku różnymi dawkami miedzi oraz wskazanie optymalnej dawki nawozowej tego mikroelementu.

METODYKA BADAŃ

W latach 2003–2006 w SD Baborówko i SD Osiny przeprowadzono jednoroczne, pojedyncze doświadczenia jednoczynnikowe ze zróżnicowanym nawożeniem rzepaku miedzią. Na tle nawożenia podstawowego NPK w doświadczeniach zastosowano doglebowe nawożenie wzrastającymi dawkami miedzi oraz dolistne nawożenie w dawce uznanej za optymalną dla roślin (za Szukalskim [1979]). Doświadczenia prowadzono metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach. Uwzględniono w nich następujące obiekty doświadczalne:

1. kontrola (bez Cu) – **K**
2. Cu doglebowo w dawce 4 kg·ha⁻¹ – **Cu 1**
3. Cu doglebowo w dawce 8 kg·ha⁻¹ – **Cu 2**
4. Cu doglebowo w dawce 12 kg·ha⁻¹ – **Cu 3**
5. Cu dolistnie w dawce 250 g·ha⁻¹ – **Cu 4**

W doświadczeniach uprawiano populacyjne odmiany rzepaku – Lisek w SD Baborówko oraz Californium w SD Osiny. Powierzchnia poletek doświadczalnych wynosiła 24 m².

Obiekty nawożono doglebowo miedzią w postaci soli technicznej – siarczanu miedzi $\text{Cu(II)SO}_4(\text{VI}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Ze względu na niewielkie dawki mikroelementu, dla równomiernego rozproszczenia na poletkach, rozsiewano odczynnik wymieszany z piaskiem bądź stosowano jego wodny roztwór. Nawożenie dolistne w postaci oprysku wykonywano w fazie pąkowania rzepaku (zwały zielony pąk) 0,2% roztworem wodnym siarczanu miedzi.

W próbkach gleb pobranych przed założeniem doświadczeń, a także po zbiorze rzepaku oznaczono pH i zawartość dostępnych form P, K, Mg oraz Cu.

Materiał roślinny do oznaczania zawartości makro- i mikroelementów stanowiły części wskaźnikowe roślin – liście rzepaku w okresie pełnego ich rozwoju, przy wysokości roślin 30–50 cm (faza Bergmanna). W próbkach liści ze wszystkich obiektów doświadczalnych oznaczono zawartości Cu. W obiektach kontrolnych dodatkowo zbadano zawartość N, P, K, Ca, B, Cu, Zn i Mn.

Analizy gleb i materiału roślinnego wykonano metodami powszechnie stosowanymi w Okręgowych Stacjach Chemiczno-Rolniczych,

Warunki glebowe

Głównym warunkiem wyboru pól doświadczalnych był niska bądź średnia zawartość miedzi przyswajalnej dla roślin oraz odpowiedni dla rzepaku odczyn gleb ($\text{pH} > 5,5$).

Doświadczenia prowadzono na glebach lekkich o odczynie lekko kwaśnym oraz niskiej bądź średniej zawartości przyswajalnej miedzi (tab. 1).

Tabela 1

Table 1

Charakterystyka gleb doświadczalnych
Characteristics of experimental soils

| Miejscowość (rok) Rodzaj gleby | pH (KCl) | P | K | Mg | Cu | Mn | Zn |
|-----------------------------------|-------------|------------|--------|--------|---------|-------|--------|
| | | (mg/100 g) | | | (mg/kg) | | |
| Baborówko (I)* pgl | 5,6 | 6,8 w | 12,4 ś | 9,0 w | 2,3 ś | 132 ś | 9,8 w |
| Osiny (I) pgr | 6,0 | 6,5 ś | 10,8 ś | 10,5 w | 1,6 n | 168 ś | 6,3 ś |
| Baborówko (II) pgl | 5,8 | 7,6 w | 10,0 ś | 10,0 w | 1,5 n | 96 ś | 10,4 w |
| Osiny (II) pgr | 6,0 | 6,4 ś | 12,4 ś | 9,3 w | 2,5 ś | 201 ś | 12,0 w |
| Baborówko (III) pgl | 6,4 | 6,5 ś | 10,4 ś | 9,8 w | 4,5 ś | 112 ś | 13,0 w |
| Osiny (III) pgr | 6,0 | 7,6 w | 8,3 ś | 11,0 w | 1,8 ś | 156 ś | 14,3 w |

*I, II, III – Rok założenia doświadczenia, kolejno 2004, 2005, 2006 – Experiment establishing year, in turn 2004, 2005, 2006. **Zawartość mikroelementów w glebie wg liczb granicznych – Micronutrient concentration in soil acc. to border numbers: n – niska, low; ś – średnia, medium; w – wysoka, high; pgl – piasek gliniasty lekki, light loamy sand; pgr – piasek gliniasty mocny, strong loamy sand.

W większości gleb stwierdzono wysokie zawartości przyswajalnych form P, K i Mg oraz wysokie zawartości cynku i manganu, w pełni pokrywające potrzeby pokarmowe rzepaku. Wycenę zawartości składników pokarmowych prowadzono w oparciu o obowiązujące liczby graniczne według Zaleceń Nawozowych IUNG (1985).

WYNIKI BADAŃ

1. Plony rzepaku

Za jeden z mierników zapotrzebowania rzepaku na miedź przyjęto wpływ nawożenia tym składnikiem na poziom plonów nasion. Plony rzepaku uzyskane w poszczególnych doświadczeniach kształtowały się na zróżnicowanym poziomie, mimo że warunki glebowe i nawożenie podstawowe we wszystkich punktach doświadczalnych były podobne. Najniższy plon $3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ zebrano w SD Baborówko II z powodu wiosennego przemaznięcia roślin. Plony w granicach $4,0\text{--}4,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ osiągnięto w SD Baborówko I, III i Osiny II, III. Najwyższy poziom plonu nasion rzepaku $7,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano w doświadczeniu Osiny I, przy sprzyjających warunkach pogodowych w ciągu całego okresu wegetacji (m.in. bardzo dobre przezimowanie).

W okresie pierwszych dwóch lat prowadzenia doświadczeń (tab. 2) między obiektami występowało nieistotne zróżnicowanie plonów, które jednak okazało się istotne statystycznie ze względu na dużą ścisłość doświadczeń. Istotny wzrost plonów odnotowano pod wpływem zastosowania dolistnego nawożenia miedzią, a w niektórych przypadkach także w wyniku nawożenia najwyższą dawką miedzi $12 \text{ kg Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$. Doglebowe nawożenie niższymi dawkami miedzi nie powodowało zwiększenia plonów nasion rzepaku. Zwyżki plonów występujące w doświadczeniach pod wpływem dolistnego dokarmiania i doglebowego nawożenia dawką Cu 3 wynosiły 2–9%.

Tabela 2
Table 2

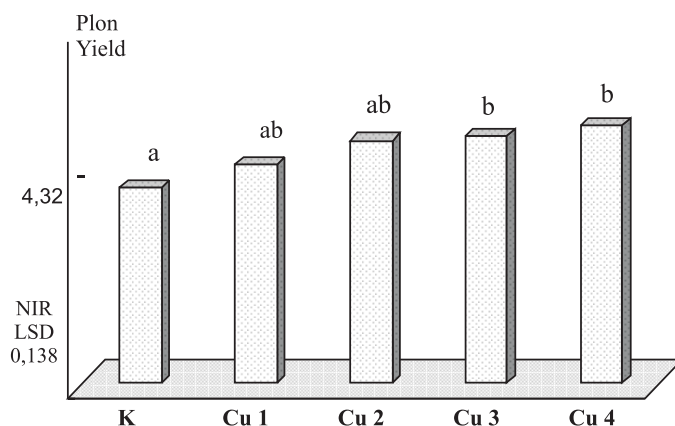
Plony nasion rzepaku z poszczególnych doświadczeń w t ha^{-1}
Rape seed yields in separate trials in t ha^{-1}

| Obiekt – dawka Cu Facility the dose Cu | I rok/year | | II rok/year | | III rok/year | | Plon średni The average yield |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|-------|--|
| | Baborówko | Osiny | Baborówko | Osiny | Baborówko | Osiny | |
| 1. K (0) | 4,09 ^a | 7,31 ^a | 2,96 ^a | 4,52 ^a | 4,00 | 5,30 | 4,70 |
| 2. Cu –1 | 4,13 ^{ab} | 7,57 ^{ab} | 2,93 ^a | 4,56 ^{ab} | 4,08 | 5,34 | 4,77 |
| 3. Cu –2 | 4,17 ^{ab} | 7,71 ^{ab} | 3,00 ^{ab} | 4,60 ^{ab} | 4,07 | 5,44 | 4,83 |
| 3. Cu –3 | 4,22 ^b | 7,72 ^b | 3,00 ^{ab} | 4,83 ^{ab} | 4,10 | 5,39 | 4,88 |
| 4. Cu –4 | 4,22 ^b | 7,93 ^b | 3,17 ^b | 4,94 ^b | 4,18 | 5,44 | 4,98 |
| NIR – LSD (α 0,05) | 0,111 | 0,392 | 0,205 | 0,425 | r.n. | r.n. | |

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie w świetle testu Tukeya – The numbers marked with the same letter are not significantly different acc. to Tukey test; r.n. – różnice nieistotne – differences not significant

Plony nasion rzepaku uzyskane w III roku w obu punktach doświadczalnych nie wykazały istotnego zróżnicowania między obiektami.

Statystyczna synteza plonów nasion z 6 doświadczeń łącznie wykazała brak istotnej interakcji między efektem plonotwórczym nawożenia miedzią a warunkami w poszczególnych punktach i latach. Reakcja rzepaku na nawożenie miedzią była w obrębie doświadczeń zbliżona, stąd różnice w plonach występujące między obiektami można przedstawić syntetycznie. Udowodniony wzrost plonów rzepaku w stosunku do obiektu kontrolnego (bez Cu) uzyskano na obiektach nawożonych doglebowo najwyższą dawką miedzi – 12 kg Cu·ha⁻¹ (Cu 3) oraz pod wpływem dolistnego nawożenia w wysokości 0,25 kg Cu·ha⁻¹ (Cu 4) (rys. 1). Zwyżki te wynosiły 5% na obiekcie Cu3 i 6% na obiekcie Cu 4 – nawożenie dolistne. Dawka 4 i 8 kg Cu·ha⁻¹ (Cu 1) była zbyt niska i nie powodowała zwiększenia plonowania rzepaku. Wyniki syntezy potwierdzają, że w warunkach gleb lekkich o niskiej ewentualnie średniej zawartości miedzi przyswajalnej dla roślin nawożenie rzepaku miedzią może przynosić istotne efekty plonotwórcze.



Rys. 1. Średnie plony nasion rzepaku z doświadczeń w t·ha⁻¹ (synteza wyników)
Fig. 1. Mean yields of rape seed from experiments (averaged over experiments)

2. Zawartości składników pokarmowych w liściach rzepaku

Jako kryterium oceny zaopatrzenia roślin w makro- i mikroelementy przyjęto wyniki analiz części wskaźnikowych – liści rzepaku. Punktem odniesienia przy ocenie były zakresy zawartości optymalnych w roślinie, opracowane przez Bergmanna i skorygowane pod kątem warunków środkowoeuropejskich (Bergmann 1986).

W liściach rzepaku pobranych z obiektów kontrolnych doświadczeń – zawartości azotu mieściły się w określonym przez Bergmanna zakresie zawartości dostatecznych 4,0–5,5% s.m. Jedynie w Osinach w II roku stwierdzono niewielkie niedożywienie rzepaku azotem (3,35% s.m.) mimo zastosowania dawki 190 kg N na ha. Zawartość w liściach P, K, Mg, Zn i Mn była w większości dostateczna dla roślin, poza niedoborami boru 25,6–26,2 mg·kg⁻¹, wobec optimum Bergmanna 30–60 mg·kg⁻¹ (tab. 3).

Tabela 3
Table 3Zawartość miedzi w liściach rzepaku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Copper content in rape foliage

| Obiekt Object | Baborówko I | Osiny I | Baborówko II | Osiny II | Baborówko III | Osiny III |
|---|----------------|------------|-----------------|-------------|------------------|--------------|
| 1. K | 5,09 | 5,00 | 4,50 | 3,78 | 4,77 | 5,19 |
| 2. Cu 1 | 5,20 | 5,76 | 4,14 | 3,66 | 5,45 | 5,37 |
| 3. Cu 2 | 4,52 | 5,40 | 4,45 | 3,57 | 5,40 | 5,90 |
| 4. Cu 3 | 4,97 | 6,57 | 4,88 | 3,63 | 6,00 | 6,37 |
| 5. Cu 4 | 9,05 | 26,8 | 5,44 | 12,8 | 5,87 | 26,1 |
| Optimum wg Bergmanna 5–12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (1986) | | | | | | |

Na obiektach kontrolnych (bez Cu) stwierdzono ogólnie niedożywienie roślin miedzią, w porównaniu z przedziałem zawartości optymalnych dla rzepaku według Bergmanna 5–12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Występujący niedobór miedzi w glebach doświadczalnych odzwierciedlił się w roślinach, czego można było się spodziewać na glebach o niskiej, a nawet średniej zasobności w Cu. Zawartości miedzi w liściach z obiektów kontrolnych w doświadczeniach znajdowały się na pograniczu zawartości niskiej i dostatecznej – 5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ bądź były dla roślin niedostateczne (Baborówko II i Osiny II – 4,5 i 3,7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Zawartość pozostałych mikroelementów – Mn i Zn była dla potrzeb rzepaku optymalna. Z analizy liści rzepaku pobranych z obiektów nawożonych doglebowo miedzią wynika, że z dawek zastosowanych do gleby rośliny skorzystały tylko w niewielkim stopniu. Świadczą o tym stwierdzone niedostateczne zawartości Cu w liściach, nieznacznie tylko odbiegające od koncentracji występującej na obiektach kontrolnych. Zwiększanie dawki doglebowej powodowało w większości doświadczeń niewielki wzrost zawartości badanego składnika w roślinach. Wynika z tego, że w warunkach gleb o pH w zakresie 5,4–6,4 adsorpcja miedzi jest duża, co powoduje ograniczenie jej dostępności dla roślin (Kabata-Pendias, Pendias 1999).

Najbardziej skuteczny pod względem odżywienia rzepaku miedzią okazał się oprysk dolistny w dawce 250 g Cu·ha⁻¹. Dawka ta spowodowała optymalne i ponadoptymalne zaopatrzenie roślin w ten składnik. Przyczyną nadmiernego nagromadzenia miedzi w roślinach w Osinach I i II mogło być również wykrystalizowanie siarczanu na liściach pobranej próby.

3. Zawartości miedzi w glebach po zbiorze rzepaku

Zawartość miedzi przyswajalnej w glebach doświadczalnych pod wpływem doglebowego nawożenia miedzią zwiększyła się tylko nieznacznie i w większości pozostawała

w zakresie zawartości średniej. W Baborówku i Osinach II po zastosowaniu wyższych dawek Cu 2 i Cu 3 stwierdzono wysoką zawartość tego składnika (tab. 4).

Rzepak w doświadczeniach uprawiano na glebach o pH 5,6–6,4, co jest warunkiem dobrego plonowania tego gatunku. Wiadome jest jednak, że wzrost odczynu środowiska glebowego ogranicza pobieranie miedzi przez rośliny. Przy pH 5,5 miedź jest praktycznie nierozpuszczalna w glebie. Na podstawie analizy liści rzepaku pobranych z doświadczeń można twierdzić, że miedź nie została przez rzepak pobrana z gleb w dostatecznej ilości.

Tabela 4
Table 4

Zawartość miedzi w glebach po zbiorze rzepaku w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
Copper content in soils after harvest in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

| Obiekt Object | Baborówko I | Osiny I | Baborówko II | Osiny II | Baborówko III | Osiny III |
|------------------|----------------|------------|-----------------|-------------|------------------|--------------|
| 1. K | 2,4 | 1,8 | 3,9 | 2,8 | 4,5 | 1,8 |
| 2. Cu 1 | 3,2 | 3,8 | 4,6 | 4,8 | 5,6 | 2,6 |
| 3. Cu 2 | 4,1 | 4,3 | 5,6 | 5,6 | 4,2 | 4,0 |
| 4. Cu 3 | 3,8 | 4,2 | 3,5 | 6,0 | 4,9 | 4,8 |
| 5. Cu 4 | 3,8 | 3,4 | 5,0 | 3,1 | 4,5 | 2,1 |

PODSUMOWANIE WYNIKÓW

Ocena poziomu plonowania rzepaku w poszczególnych doświadczeniach wykazała, że stosowanie nawożenia miedzią, przy niskiej, a nawet średniej zawartości tego składnika w glebie może przynosić pewne niewielkie, pod względem rolniczym jednakże istotne efekty plonotwórcze. Warunkiem uzyskania wyższych plonów w badaniach jest dostateczne zaopatrzenie rzepaku w podstawowe składniki pokarmowe N, P, K i Mg oraz pozostałe mikroelementy, co potwierdziły analizy części wskaźnikowych roślin z doświadczeń.

Istotne, kilkuprocentowe przyrosty plonów nasion występowały w doświadczeniach po zastosowaniu dolistnego nawożenia rzepaku, a w 2 przypadkach również pod wpływem nawożenia doglebowego dawką $12 \text{ kg Cu}\cdot\text{ha}^{-1}$. Plonotwórczy wpływ tego nawożenia potwierdza syntetyczna analiza statystyczna plonów rzepaku z doświadczeń.

Z dotychczas przeprowadzonych badań na temat wpływu miedzi na plonowanie rzepaku wiadomo niewiele. O potrzebie nawożenia rzepaku miedzią, przy wysokim nawożeniu podstawowym, na glebach lżejszych o niskiej zawartości tego składnika, już w latach 70. sygnalizowały wyniki badań wazonowych Ruskowskiej i Łyszcz (1975) prowadzone z odmianami tradycyjnymi „0”. Przy wysokim nawożeniu NPK pod wpływem nawożenia miedzią uzyskana przyrost plonu nasion wynosiła 40%. Na plonotwórczy wpływ miedzi

w uprawie odmian rzepaku „00” wskazują wyniki doświadczeń ściślych, polowych z ostatnich lat Bobrzeckiej i Salamonik (1997). Autorzy stwierdzili na glebie płowej i madzie, o niskiej zawartości miedzi przyswajalnej dla roślin, po zastosowaniu dawki 10 kg Cu·ha⁻¹ wzrost plonów rzepaku od kilku do kilkunastu %. W badaniach przeprowadzonych przez Sienkiewicz-Cholewę i Gembarzewskiego. (1997), również na glebach o średniej zasobności w Cu, synteza plonów z doświadczeń wykazała niewielki, ale istotny wzrost plonu nasion rzepaku o 6%.

W świetle uzyskanych wyników doświadczeń najbardziej skuteczne pod względem odżywienia rzepaku miedzią okazało się nawożenie dolistne w dawce 250 g Cu·ha⁻¹. Zastosowanie oprysku spowodowało wzrost zawartości miedzi w roślinach do koncentracji optymalnej. Na obiektach kontrolnych (bez Cu) oraz na obiektach nawożonych doglebowo stwierdzono ogólnie niedostateczne odżywienie rzepaku miedzią. Można sądzić, że w glebach doświadczalnych, o odczynie pH 5,6–6,4 rozpuszczalność miedzi była niska i wpływała na ograniczenie dostępności tego składnika dla roślin. Jednakże analizy gleb doświadczalnych przeprowadzone po zbiorze rzepaku wykazują, że pod wpływem zwiększania dawki zwiększała się również do optymalnej i wysokiej zawartość miedzi przyswajalna dla roślin. Prawdopodobnie miedź dostarczona w nawozie mogła zostać zgromadzona przez rośliny także w korzeniach, co ma miejsce po wprowadzeniu do gleby wysokich dawek tego składnika. Być może więc analiza liści nie jest wskaźnikiem wiernie odzwierciedlającym rzeczywisty stan zaopatrzenia roślin w ten składnik (Korzeniowska, Stanisławska-Głubiak 2003). Podobnie Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski (1997), mimo występującej wysokiej i optymalnej zawartości miedzi w glebach z doświadczeń polowych, stwierdzili w liściach z obiektów nie nawożonych Cu niskie, według kryteriów Bergmanna, zawartości tego mikroelementu.

WNIOSKI

Na podstawie wyników przedstawionych badań można sformułować następujące wnioski:

1. W przeprowadzonych doświadczeniach nawożenie rzepaku miedzią, w warunkach niskiej i średniej zasobności w ten składnik, spowodowało niewielkie zwyżki plonów nasion w granicach 2–6%. Mimo niewielkich różnic w plonach nasion między obiektami stwierdzono istotny statystycznie wzrost plonów rzepaku pod wpływem dolistnego nawożenia miedzią w dawce 250 g Cu·ha⁻¹ oraz doglebowego nawożenia miedzią w dawce 12 kg Cu·ha⁻¹.

2. Skutecznie na stan odżywienia rzepaku miedzią wpłynęło zastosowanie nawożenia dolistnego rzepaku oraz doglebowego w dawce 12 kg Cu·ha⁻¹. W świetle liczb granicznych Bergmanna koncentracja miedzi na tych obiektach wzrosła do poziomu optymalnego dla roślin.

PIŚMIENNICTWO

- Bergmann W., 1986. Bemerkungen und Tabellen zur analytischen Pflanzendiagnose der Pflanzen oder Blattanalyse. VEB Fischer Verlag, Jena.
- Bobrzecka D., Salamonik S., 1997. Zależność między technologią nawożenia miedzią a plonem i zawartością tłuszczu w nasionach podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. Rośliny oleiste. IHAR Poznań, T. XVIII, 1: 219–225.
- Czuba R., 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 471, cz. I: 161–170.
- Dębowski M., Kucharzewski A., 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 471, 1: 627–636. Poznań.
- Gembarzewski H., 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 471(1): 171–177.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Katyal J.C., Randhawa N.S., 1983. Micronutrients. FAO Fert. & Plant. Nutr. Bull., 7.
- Korzeniowska J., Stanisławska-Głubiak E., Copper concentration in the top plant tissue as an indicator of Cu toxicity. EJPAU, 2003, Vol. 6, Iss. 1, Ser. Environmental Development.
- Ruszkowska M., Łyszcz S., 1975. Wpływ dawek NPK i Cu na plony oraz pobieranie miedzi i azotu w warunkach doświadczeń wazonowych. Pam. Puł., 62: 229–250.
- Shorrocks V. M., 1990. Micronutrient assessment at country level an international study. FAO Soils Bulletin, 63: 20.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H., 1996. Stan zaopatrzenia w mikroelementy rzepaku ozimego z pól wysokoprodukcyjnych. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 434: 365–370.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H., 1997. Badania nad potrzebami nawożenia mikroelementami podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. Wyd. IUNG Puławy, S(8).
- Szukalski H., 1979. Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL, Warszawa.
- Zalecenia nawozowe, 1985. Praca zbiorowa. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG, Puławy.

INFLUENCE OF COPPER APPLICATION ON PLANT NUTRITION STATUS AND LEVEL OF OILSEED RAPE YIELD

Summary

High yields in agriculture cause gradual depletion of micronutrients in soil which are not supplied systematically. In our country about 40% agricultural soils show insufficient concentration of copper for plants. Deficiency of these nutrients deepens and contributes to yield decrease. The investigation of rape fields in Poland, conducted by IUNG revealed copper deficiency in soil from 17% of the tested fields. Additionally, plants from 25% plantations showed low level concentration of this nutrient.

The aim of this study was evaluation of soil and foliar application of copper for rape yields. It was tested various Cu rates to choose the optimal one. Six one-year field trials were conducted with 4, 8 and 12 kg Cu·ha⁻¹ as soil application and 250 Cu g·ha⁻¹ as foliar application. Experimental soils were light acid and characterized by low or medium level of available copper concentration.

Significant yield increase of rape seeds compared to control treatment was obtained at and 12 kg Cu·ha⁻¹ added to soil, and at foliar rate. Plants from control treatment (without Cu) showed low Cu concentration for rape plants. Two higher rates of Cu added to soil and the foliar application caused the increase of Cu concentration in plants from low to optimum level. Sufficient Cu nutrition status positively affected yield of rape seeds.

KEY WORDS: rape, copper, deficiency, fertilization, content in plant, content in soil

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Teofil Mazur, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wiesław Wojciechowski, Danuta Parylak, Janina Zawieja

**ODDZIAŁYWANIE NASTĘPSTWA ROŚLIN I ODŁOGOWANIA
NA ZAPAS NASION CHWASTÓW W GLEBIE**

**THE EFFECT OF CROP SEQUENCE AND FALLOWING
ON WEED SEEDBANK**

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

Celem doświadczenia była ocena zmian w zachwaszczeniu gleby pod wpływem różnych sposobów użytkowania pól. Czynnikiem badawczym było 6 sposobów gospodarowania na polu: odłóg koszony oraz pięć różnych następstw roślin: 1) ziemniak – owies – groch pastewny – żyto; 2) ziemniak – owies – żyto; 3) ziemniak – żyto; 4) owies – żyto; 5) monokultura żyta.

W banku nasion koszonego odłogu oraz w następstwach roślin ze 100% udziałem zbóż wyodrębniono 22 taksony chwastów, natomiast na polach z udziałem okopowych liczba ta była nieznacznie większa i wynosiła od 24 do 25 gatunków. W glebie 4-letniego, koszonego systematycznie odłogu określono mniejszą liczbę diaspor chwastów niż na polach uprawnych – średnio o 51,7%. Gatunkami dominującymi na poletkach odłogowanych były *Chenopodium album* i *Polygonum convolvulus*, a na uprawnych dodatkowo *Amaranthus retroflexus*, *Setaria viridis* oraz *Viola arvensis*. W glebie spod monokultur zbożowych, w porównaniu do zmianowań z udziałem ziemniaka, występowały licznie diaspory *Viola arvensis* i *Apera spica-venti*.

SŁOWA KLUCZOWE: systemy następstwa, odłóg, bank nasion chwastów

WSTĘP

Zaniechanie produkcji rolniczej na polach uprawnych niesie za sobą różnorakie zagrożenia, w tym niepożądane i niekontrolowane pojawianie się agrofagów. Rozwijająca się roślinność na polach wyłączonych z rolniczego użytkowania owocuje, dojrzewa

Do cytowania – For citation: Wojciechowski W., Parylak D., Zawieja J., 2008. Oddziaływanie następstwa roślin i odłogowania na zapas nasion chwastów w glebie. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCII, Nr 568, 59–66.

i wydaje nasiona, które wchodzą w zapas glebowego banku nasion (Stupnicka-Rodzinkiewicz i wsp. 1998). Biorąc pod uwagę, że corocznie kielkuje tylko pewna partia diaspor, to gromadzenie ich w glebie ma charakter ciągły. Simonides (1998) uważa, że na każdym użytku o ustabilizowanej fitocenozie bank nasion chwastów jest dużo mniejszy niż na polach porzuconych i ugorowanych. Problem ten nabiera znaczenia przy ponownym włączeniu danego terenu do uprawy, gdyż potencjalne zachwaszczenie gleby powoduje wzmoczoną inwazyjność chwastów w łanie rośliny uprawnej (Marks i wsp. 2002). Poprawę tego stanu może przynieść odpowiednie użytkowanie pól wyłączonych z uprawy chociażby poprzez terminowe koszenie odłogu czy pokrycie ich roślinnością (Adamczewski i wsp. 1994, Czarnecki i wsp. 1994, Dzienia 1998).

Celem doświadczenia była ocena zmian w zachwaszczeniu gleby pod wpływem różnych sposobów użytkowania pól.

OPIS DOŚWIADCZENIA

Doświadczenie polowe założone metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach przeprowadzono w latach 1999–2003 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Czynnikiem badawczym było 6 sposobów gospodarowania na polu, obejmujących odłóg koszony oraz 5 różnych następstw roślin: 1) ziemniaki⁺⁺ – owies – groch pastewny – żyto; 2) ziemniaki⁺ – owies – żyto; 3) ziemniaki⁺ – żyto oraz dwa zbożowe; 4) owies – żyto, 5) monokultura żyta. W płodozmianie 4-polowym stosowano pełną dawkę, 30 t · ha⁻¹ obornika (⁺⁺), a w pozostałych płodozmianach z udziałem okopowych połowę tej dawki (⁺).

Ocenę zawartości diaspor chwastów w glebie dokonano metodą bezpośrednią w 2003 roku, po zakończeniu rotacji płodozmianu czteroletniego. Próbkę gleby pobrano po zbiorze żyta ozimego cylindrem o powierzchni przekroju 25 cm² z dwóch warstw: 0–10 i 10–20 cm. Glebę najpierw przepłukiwano wodą na sicie o średnicy oczek 0,25 mm, a następnie części organiczne, w tym nasiona chwastów wydzielono, stosując 70% roztwór węgla potasu. Po wysuszeniu próbek określono liczbę i skład botaniczny nasion chwastów. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji przy poziomie istotności 0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

W glebie, niezależnie od sposobu gospodarowania, określono diaspyry 42 gatunków chwastów (tab. 1). Na polach odłogowanych oraz w następstwach roślin ze 100% udziałem zbóż wyodrębniono łącznie 22 taksony. Na polach z udziałem okopowych liczba ta była nieznacznie większa i wynosiła 24–25 gatunki. Wyniki te tylko częściowo są zgodne z badaniami Wojciechowskiego i Sowińskiego (2007), którzy większą liczbę gatunków zachwaszczających glebę wykazali na polu uprawnym niż na odłogu obsianym rutwicą czy na zadarnionym ugorze. Hochół i wsp. (1998) uważają natomiast, że odłogi

zasiedla więcej gatunków chwastów, zwłaszcza w miarę wydłużania okresu odłogowania. Wyniki ich dotyczą jednak zachwaszczenia ładu, które nie w pełni odzwierciedla skład gatunkowy banku nasion (Czarnecka 1997, Stupnicka-Rodzinkiewicz i wsp. 1998, Wesółowski 1984). Gatunkami najczęściej występującymi, o udziale ponad 10% w ogólnym zachwaszczeniu, na polach odłogowanych były *Chenopodium album* i *Polygonum convolvulus*, a na polach uprawnych dodatkowo *Amaranthus retroflexus*, *Setaria viridis* oraz *Viola arvensis*. Większy udział nasion *Chenopodium album* i *Polygonum convolvulus* zwłaszcza na odłogu wynika z dużej ich adaptacji do warunków środowiska, jak też długotrwałości i przeżywalności w glebie (Conn i Deck 1995, Conn i wsp. 2005). Zaobserwowano, że w glebie monokultur zbożowych, w porównaniu do płodozmianów z udziałem ziemniaka, zmniejszał się udział diaspor *Amaranthus retroflexus*, *Polygonum convolvulus* i *Setaria viridis*, a wzrastał natomiast udział *Viola arvensis* i *Apera spica-venti*. O dominacji dwóch ostatnich gatunków w uprawach zbożowych, szczególnie ich monokulturach, donoszą również Małecka i Blecharczyk (2000).

Pośród pól uprawnych najbardziej zachwaszczone były te, na których uprawiano przemienne ziemniaki i żyto (rys. 1). Liczba diaspor chwastów w warstwie ornej gleby w tym 2-półowym następstwie była ponad 2-krotnie większa niż w płodozmianie trójpółowym i monokulturze żyta oraz ponad 2,5-krotnie od określonej w płodozmianie czteropółowym i dwupółowce owsa z żytem. Wykazano korzystny wpływ odłogu pielęgowanego na zmniejszenie banku nasion. W glebie 4-letniego odłogu liczba diaspor chwastów w warstwie 0–20 cm była o 51,7% mniejsza od określonej średnio w glebie pól uprawnych. Podobną skalę ograniczenia zachwaszczenia gleby odłogowanej niż pola uprawnego wykazali Wojciechowski i Sowiński (2007). Stupnicka-Rodzinkiewicz (1998) oraz Zawieja (2006) uważają, że zapas nasion chwastów w glebie odłogowanej jest blisko o 30% większy niż na polach corocznie uprawianych. Natomiast Majda i wsp. (2006) wykazali, że bank nasion pola uprawnego był aż 3-krotnie większy od określonego na 10-letnim odłogu. Terminowe koszenie odłogów zapobiegało znacznie owocowaniu chwastów, a tym samym ograniczało liczbę nasion w glebie. We wszystkich typach systemów następstwa roślin, w wierzchniej warstwie gleby, określono więcej diaspor chwastów niż w warstwie głębszej, natomiast na polach odłogowanych stwierdzono zależność odwrotną.

W górnej warstwie gleby odłogowanej (0–10 cm), poza dwoma gatunkami *Amaranthus retroflexus* i *Setaria viridis*, było mniej nasion chwastów niż w warstwie głębszej, a diaspor *Apera spica-venti* w ogóle nie stwierdzono (rys. 2). Systematyczne koszenie 4-letniego odłogu spowodowało ograniczenie produkcji nowych nasion i mniejszą ich ilość w górnej warstwie. Ponieważ badania przeprowadzono tuż po zbiorze żyta, w warstwie wierzchniej występowały głównie diaspor świeżo osypane, stąd częstsze występowanie pewnych gatunków w zależności od typu następstwa roślin. W monokulturze żyta oraz przemiennej uprawie żyta i owsa, w warstwie górnej gleby, więcej nagromadziło się nasion *Apera spica-venti* i *Viola arvensis*, natomiast w następstwach z udziałem okopowych wzrastał dodatkowo udział diaspor *Amaranthus retroflexus*, *Setaria viridis* i *Chenopodium album*. O dużym zagrożeniu upraw okopowych wymienionymi gatunkami donoszą również Szymankiewicz i wsp. (2002) oraz Wojciechowski i wsp. (2005).

Tabela 1

Table 1

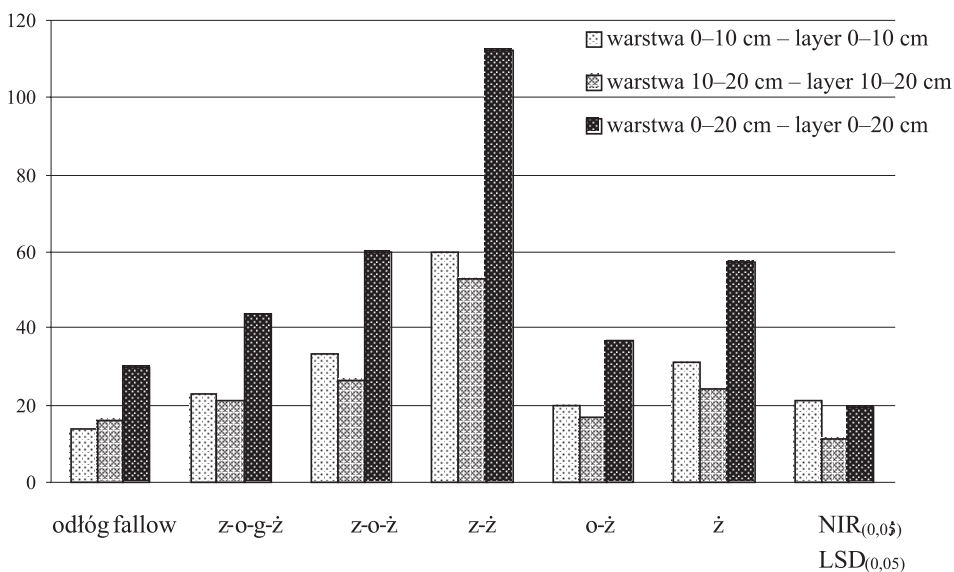
Procentowy udział gatunków chwastów w ogólnej liczbie diaspor w warstwie gleby 0–20 cm
Percentage of weeds species in total number of weed seeds in soil layer 0–20cm

| Gatunek chwastu Weed species | Sposób użytkowania pól – Field management | | | | | | |
|---|---|------------------------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-----------------|
| | odłóg fallow | systemy następstwa – crop sequence | | | | | średnio mean |
| | | okopowo-zbożowe root-cereal | | | zbożowe cereal | | |
| | | z-o-g-ż | z-o-ż | z-ż | o-ż | ż | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Jednoroczne – Annual – jednoliścienne monocotyledones: | 14,4 | 13,9 | 35,1 | 10,2 | 12,7 | 18,5 | 18,1 |
| <i>Apera spica-venti</i> | - | - | - | 1,8 | 9,2 | 13,9 | 5,0 |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> | 1,4 | 1,4 | 3,0 | 1,2 | + | 0,5 | 1,3 |
| <i>Echinochloa crus-galli</i> | 3,5 | 2,6 | 4,0 | 3,4 | 1,8 | 2,4 | 2,8 |
| <i>Setaria glauca</i> | 6,8 | 2,2 | 0,5 | + | - | 0,5 | 0,7 |
| <i>Setaria viridis</i> | 2,7 | 7,7 | 27,6 | 3,6 | 1,5 | 1,2 | 8,3 |
| – dwuliścienne dicotyledones: | 83,1 | 84,7 | 64,7 | 88,9 | 87,0 | 81,5 | 81,3 |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | 6,0 | 14,0 | 12,8 | 14,4 | 2,3 | 10,7 | 10,8 |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i> | - | 0,8 | + | - | 2,6 | - | 0,7 |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | 0,8 | - | - | - | - | + | + |
| <i>Centaurea cyanus</i> | - | - | + | - | + | - | + |
| <i>Cerastium vulgatum</i> | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Chenopodium album</i> | 43,7 | 22,4 | 23,3 | 53,5 | 8,3 | 28,9 | 27,1 |
| <i>Descurainia sophia</i> | - | + | - | + | - | - | + |
| <i>Erodium cicutarium</i> | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Erysimum cheiranthoides</i> | - | + | 0,7 | + | - | - | + |
| <i>Euphorbia peplus</i> | - | - | - | + | - | - | + |
| <i>Galinsoga parviflora</i> | 1,9 | + | 0,8 | 0,7 | - | + | + |
| <i>Geranium pusillum</i> | 1,4 | + | - | - | 1,1 | - | + |
| <i>Holosteum umbellatum</i> | - | - | - | - | 0,7 | 3,6 | 0,9 |
| <i>Hypericum perforatum</i> | - | - | + | + | - | - | + |
| <i>Lamium purpureum</i> | - | - | - | - | + | - | + |
| <i>Lycopsis arvensis</i> | + | + | - | - | - | - | + |
| <i>Matricaria matricarioides</i> | - | 1,4 | + | - | - | + | + |
| <i>Matricaria inodora</i> | - | 0,8 | + | - | - | 0,5 | + |
| <i>Myosotis arvensis</i> | + | - | - | - | + | - | + |
| <i>Papaver rhoeas</i> | - | - | - | 1,1 | 1,1 | - | + |
| <i>Polygonum aviculare</i> | + | 0,8 | - | + | - | - | + |
| <i>Polygonum convolvulus</i> | 11,2 | 14,0 | 6,3 | 3,6 | 2,3 | 1,7 | 5,6 |
| <i>Polygonum lapathifolium</i> | 1,3 | + | 0,7 | + | - | - | + |
| <i>Portulaka oleracea</i> | - | - | - | - | - | 0,5 | + |
| <i>Saponaria officinalis</i> | 0,8 | 1,4 | + | 0,5 | 1,6 | 1,4 | 1,0 |
| <i>Stellaria media</i> | - | + | + | 1,1 | 1,9 | 2,1 | 1,0 |

Tabela 1 c.d.
Table 1 cont.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------|------------|
| <i>Thlaspi arvense</i> | 1,4 | 3,7 | 6,1 | 3,3 | 9,9 | 3,1 | 5,2 |
| <i>Trifolium arvense</i> | - | + | + | - | + | 0,7 | + |
| <i>Veronica agrestis</i> | - | - | - | - | - | 1,4 | + |
| <i>Veronica hederiofolia</i> | 3,3 | + | 0,7 | 2,1 | 3,4 | 5,9 | 2,4 |
| <i>Veronica rtiphyllus</i> | - | + | + | 2,0 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| <i>Viola arvensis</i> | 9,1 | 20,5 | 12,0 | 5,8 | 49,4 | 19,5 | 21,4 |
| Wieloletnie – Perennial: | 2,5 | 1,4 | 0,2 | 0,9 | 0,3 | - | 0,6 |
| <i>Agropyron repens</i> | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Cirsium arvense</i> | - | - | - | + | - | - | + |
| <i>Salvia verticillata</i> | - | - | + | - | - | - | + |
| <i>Taraxacum officinale</i> | 2,3 | 1,4 | - | 0,6 | 0,3 | - | 0,5 |
| Liczba gatunków Number of species | 22 | 25 | 24 | 24 | 22 | 22 | - |

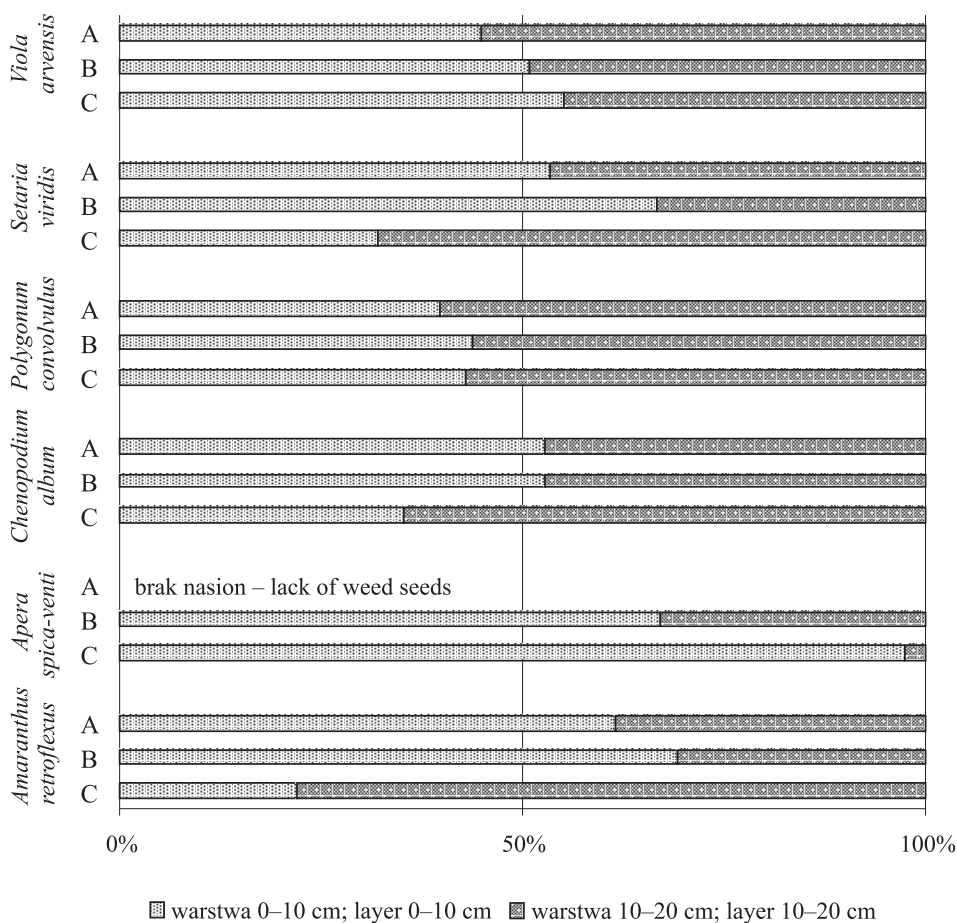
+ gatunek występował sporadycznie (udział poniżej 0,1%) – species occurred rarely (percentage below 0,1%)
 ż – żyto – rye; z – ziemniak – potato; o – owies – oats; g – groch pastewny – field pea



z – ziemniak – potato; o – owies – oats; g – groch polny – field pea; ż – żyto ozime – winter rye

Rys.1 Liczba diaspor chwastów w glebie (tys. szt. · m⁻²)

Fig.1. Number of weed seeds in soil (tys. no. · m⁻²)



A – odłóg – fallow; B – płodozmiany okopowo-zbożowe – root-cereal rotations; C – płodozmiany zbożowe – cereal rotations

Rys. 2. Rozmieszczenie w glebie (%) diaspor gatunków dominujących

Fig.2. The distribution in soil (%) of dominant weed species

WNIOSKI

1. W banku nasion koszonego odłogu oraz w następstwach roślin ze 100% udziałem zbóż wyodrębniono 22 taksony chwastów, natomiast na polach z udziałem okopowych liczba ta była nieznacznie większa i wynosiła od 24 do 25 gatunków.

2. Gatunkami najczęściej występującymi na polach odłogowanych były *Chenopodium album* i *Polygonum convolvulus*, a na polach uprawnych dodatkowo *Amaranthus retroflexus*, *Setaria viridis* oraz *Viola arvensis*.

3. Systematyczne koszenie odłogu miało korzystny wpływ na zmniejszenie banku nasion. W glebie 4-letniego odłogu liczba diaspor chwastów w warstwie ornej była o 51,7% mniejsza niż na polach uprawnych.

PIŚMIENNICTWO

- Adamczewski K., Rola J., Pochitonow Z., 1994. Postępowanie z terenami czasowo wyłączonymi z produkcji roślinnej w krajach europejskich. Mat. 23 Sesji Nauk. Instytutu Ochrony Roślin: 44–51.
- Conn J.S., Beattie K.L., Blanchard A., 2006. Seed viability and dormancy of 17 weed species after 19.7 years of burial in Alaska. *Weed Sci.*, 54: 464–470.
- Conn J.S., Deck R.E., 1995. Seed viability and dormancy of 17 weed species after 9.7 years burial in Alaska. *Weed Sci.*, 43: 583–585.
- Czarnecka B., 1997. Strategie adaptacyjne roślin a skład gatunkowy fitocenoz. *Wiad. Bot.* 41: 33–42.
- Czarnecki A., Seledyn Z., Barcikowski A., 1994. Zasady konserwacji i ochrony gruntów ornych oraz czasowo wyłączonych z produkcji. *Post. Nauk Rol.*, 2: 19–35.
- Dzienia S., 1998. Zasady gospodarowania na terenach czasowo wyłączonych z produkcji rolnej. *Bibl. Fragm. Agron.*, 5: 13–24.
- Majda J., Trąba Cz., Waloński P., 2006. Bank diaspor w glebie lessowej na polu uprawnym i wieloletnim odłogu na tle składu florystycznego fitocenoz. *Fragm. Agron.*, 4: 119–129.
- Małecka I., Blecharczyk A., 2000. Zachwaszczenie potencjalne gleby pól Rolniczych Gospodarstw Doświadczalnych Akademii Rolniczej w Poznaniu. *Annales UMCS, ser. E Agricultura*, 55: 133–141.
- Marks M., Nowicki J., Szejewski Z., 2000. Odłogi i ugory w Polsce. Cz. 1. Przyczyny odłogowania i zjawiska towarzyszące. *Fragm. Agron.* 1: 5–16.
- Simonides E., 1989. Bank nasion jako element strategii reprodukcyjnej terofitów. *Wiad. Ekol.* 35: 107–144.
- Stupnicka-Rodzykiwicz E., Hochół T., Łabza T., 1998. Wpływ jednorocznego okresu wyłączenia pola z uprawy na zapas nasion chwastów w glebie i zachwaszczenie ładu. *Bibl. Fragm. Agron.*, 5: 161–170.
- Szymankiewicz K., Jankowska D., Deryło S., Gawęda D., 2002. Kształtowanie się zachwaszczenia ziemniaka w płodozmianie i monokulturze w warunkach zróżnicowanej uprawy roli. *Pam. Puł.*, 130, (2): 719–729.
- Wesołowski M., 1984. Zawartość nasion chwastów w ważniejszych glebach makroregionu południowo-wschodniego i środkowego Polski. *Rocz. Nauk Roln., ser. A*, 106 (1): 169–183.
- Wojciechowski W., Sowiński J., 2007. Wpływ sposobu zagospodarowania pól na zapas diaspor chwastów w glebie. *Annales UMCS, ser. E Agricultura*, 62 (2): 33–39.
- Wojciechowski W., Zawieja J., Waclawowicz R., 2005. Kształtowanie się zapasu diaspor chwastów w glebie w zależności od udziału ziemniaka w płodozmianie. *Fragm. Agron.*, 2: 291–296.
- Zawieja J., 2006. Zasób nasion chwastów w glebie odłogowanej przez różny okres czasu. *Fragm. Agron.*, 2: 126–139.

THE EFFECT OF CROP SEQUENCE AND FALLOWING ON WEED SEEDBANK

Summary

The aim of the research was the assessment of changes in weed infestation of soil affected by different field management. Studied treatment comprised six farming systems: cutting fallow and three root - cereal crop sequence: 1) potato⁺ – oats – field peas – winter rye; 2) potato⁺ – oats – winter rye; 3) potato⁺ – winter rye and two cereal crop rotations; 4) oats – winter rye and 5) monoculture of winter rye.

In the seedbank of mowed fallow and crops sequences with 100% participation of cereals 22 weed species were distinguished, while number of weed species was insignificantly higher on fields with root crops and came to from 24 to 25 of species. In the soil of four years old fallow there was also smaller number of diaspores than in cultivation land – about 51%. While on fallowing fields reverse relation was observed. *Chenopodium album* and *Polygonum convolvulus* dominated on all fields and on the cultivation land additionally *Amaranthus retroflexus*, *Setaria pumilla*, *Viola arvensis*. Compared to crop sequence with potato in soil of cereal monocultures the number of seed *Viola arvensis* and *Apera spica-venti* was increased.

KEY WORDS: crop sequence, fallow, weed seedbank

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Andrzej Blecharczyk, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Barbara Patorczyk-Pytlik, Tomasz Zbroszczyk, Aldona Zimoch

**ZAWARTOŚĆ SIARKI W NIEKTÓRYCH GATUNKACH
ROŚLIN ŁĄKOWYCH***

**CONTENT OF SULPHUR IN SOME SPECIES
OF MEADOWS PLANTS**

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

Celem prowadzonych w latach 2006–2007 badań było określenie zróżnicowania w zdolności nagromadzania siarki przez 5 gatunków traw oraz 5 gatunków roślin zaliczanych do ziół łąkowych. Przeprowadzone badania wykazały, że wśród analizowanych gatunków traw największą zawartością zarówno siarki ogólnej, jak i S-SO₄ charakteryzowały się *Holcus lanatus* L. oraz *Dactylis glomerata* L., a najmniejszą *Arrhenatherum elatuis* L. Rośliny dwuliścienne wykazywały większą zawartość obu form siarki oraz większy udział siarki mineralnej w ogólnej ilości tego składnika niż trawy. W tej grupie roślin najwięcej siarki zawierał *Equisetum arvense* L., a najmniej *Rumex acetosa* L. Z wyjątkiem roślin *Arrhenatherum elatuis* L. oraz *Taraxacum officinale* zawartość siarki była istotnie dodatnio skorelowana z ilością nagromadzonego w tkankach azotu. U takich gatunków jak *Holcus lanatus* L. oraz *Equisetum arvense* L. o nagromadzeniu siarki w większym stopniu decydowała zawartość w glebie C-organicznego i S-SO₄ w poziomie 0–5 cm niż w 5–20 cm. Dla pozostałych gatunków istotną zależność określono dla zawartości C-org. S-og. i S-SO₄ w obu warstwach badanych gleb.

SŁOWA KLUCZOWE: siarka ogólna, S-SO₄, gleby, trawy, zioła

WSTĘP

Jeszcze do niedawna siarka postrzegana była głównie w aspekcie negatywnego wpływu tego pierwiastka na środowisko (Motowicka-Terelak i Terelak 1998). Znaczne, ponad

* Badania finansowane z grantu Nr 2 PO6R 103 29.

Do cytowania – For citation: Patorczyk-Pytlik B., Zbroszczyk T., Zimoch A., 2008. Zawartość siarki w niektórych gatunkach roślin łąkowych. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCII, Nr 568, 67–77.

40%, ograniczenie emisji SO_2 do atmosfery, pobieranie S przez rośliny, stosowanie nawozów mineralnych wysokoprocentowych, wymycie siarczanów doprowadziło do wystąpienia w wielu rejonach kraju ujemnego bilansu tego makroskładnika. Autorzy „Raportu o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2006 roku” podają, że na terenie tego województwa gleby wykazujące niską zasobność w S- SO_4 stanowią około 70%. Badania nad oceną zasobności gleb i określeniem potrzeb nawożenia siarką najczęściej dotyczą gruntów ornych (Lipiński i wsp. 2003, Jakubus 2004, Kulczycki i Spiak 2004). Niewiele jest natomiast prac poświęconych zawartości tego makroskładnika w glebach i roślinach użytków zielonych.

Znaczny udział w racjach żywieniowych, zwłaszcza bydła, zielonki w okresie wiosenno-letnim, a siana lub kiszonki w okresie zimowym, powoduje, że optymalna zawartość składników pokarmowych, w tym siarki, ma ogromne znaczenie. Skład chemiczny pasz pozyskiwanych z użytków zielonych uwarunkowany jest wieloma właściwościami fizykochemicznymi siedliska, stosowanym nawożeniem (Kopeć i Gondek 2004).

Znaczącą rolę odgrywa również skład botaniczny runi, bowiem gatunki wchodzące w skład runi wykazują różną zdolność nagromadzania składników (Dzida i wsp. 2004, Falkowski i wsp. 2000, Filipek-Mazur i wsp. 1999, Rychlicka 1983).

Celem pracy była ocena zawartości siarki ogólnej i siarczanowej w glebach oraz wybranych gatunkach traw i ziół pobranych z 97 łąk położonych w okolicach Wrocławia.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę gatunkowego zróżnicowania w zdolności pobierania siarki przeprowadzono w oparciu o zawartość tego składnika w 10 gatunkach roślin łąkowych. Próby do badań pobrano w terminie I pokosu z 97 łąk naturalnych, położonych na terenie powiatów: Trzebica, Oleśnica, Wrocław, Milicz, Oława i Strzelin. Materiał badawczy stanowiło: pięć gatunków traw: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius* L.), wiechlika łąkowa (*Poa pratensis* L.), wyczyniec łąkowy (*Alopecurus pratensis* L.), kłosówka wełnista (*Holcus lanatus* L.), pięć gatunków roślin zaliczanych do ziół łąkowych: mniszek lekarski (*Taraxacum officinale*), krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.), skrzyp polny (*Equisetum arvense* L.), babka lancetowata (*Plantago lanceolata*), szczaw zwyczajny (*Rumex acetosa* L.).

Trawy i zioła zbierano z całej powierzchni użytku, a na próbę średnią składało się 15–20 prób indywidualnych. Z tych samych miejsc co materiał roślinny pobrano próbki glebowe z dwóch głębokości: 0–5 cm i 5–20 cm. W glebach oznaczono podstawowe właściwości fizykochemiczne: skład granulometryczny metodą Bouyocosa-Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego, zawartość węgla organicznego metodą Tiurina, pojemność sorpcyjną (T) metodą Kappena, pH w mol KCl dm^{-3} potencjometrycznie, a także zawartość: siarki ogólnej metodą Buttersa i Cheny'ego oraz siarki siarczanowej metodą Bradzley'a i Lancastera. W trawach i ziołach oznaczono zawartość: azotu ogólnego po mineralizacji z kwasem salicylo-siarkowym metodą destylacyjną Kiejdahla, siarki ogólnej metodą Buttersa i Cheny'ego oraz siarki siarczanowej nefelometrycznie po ekstrakcji 2% kwasem octowym (Grzesiuk 1968).

WYNIKI I DYSKUSJA

Badane gleby charakteryzowały się bardzo zróżnicowanymi właściwościami (tab. 1). Analiza ich składu granulometrycznego wykazała, że 41 prób miało uziarnienie piasków, 33% reprezentowane było przez gleby gliniaste, a 25% to gleby pylaste. Blisko połowa łąk położona była na glebach bardzo lekkich (27%) lub lekkich (21%), wykazujących odczyn bardzo kwaśny lub kwaśny. Gleby średnie stanowiły 28% ogółu prób. Pozostałe to gleby ciężkie. Dominującym typem była mada rzeczna (32%), w dalszej kolejności czarna ziemia (21%) i gleba płowa (17%); następnie gleby rdzawe, brunatne właściwe oraz brunatne wylugowane. Charakterystykę badanych gleb i zawartość siarki w runi podano w pracy Kulczyckiego i Patorczyk-Pytlik (2008).

Tabela 1
Table 1

Niektóre właściwości gleb
Some properties of soils

| Warstwa – Layer | 0–5 cm | | | | 5–20 cm | | | |
|---|--------|------|-----------------|----|---------|------|-----------------|----|
| | min. | max. | średnio mean | V% | min. | max. | średnio mean | V% |
| Właściwości gleb Properties of soils | | | | | | | | |
| Frakcja Fraction < 0,02 mm | | | | | 3,1 | 50 | 22 | 60 |
| pH _{KCl} | 3,7 | 7,3 | | 18 | 3,8 | 7,5 | | 18 |
| T – CEC cmol(+)kg ⁻¹ | 4 | 51 | 25 | 49 | 7 | 51 | 21 | 68 |

V – współczynnik zmienności – coefficient of variation

Nie na wszystkich użytkach zielonych występowały wytypowane do badań gatunki roślin, stąd różna liczność analizowanych prób (tab. 3). W tabeli 2 podano zawartość węgla organicznego oraz siarki ogólnej i siarczanowej w glebach tych użytków zielonych, na których dany gatunek występował.

Zawartość siarki w glebach uwarunkowana jest wieloma ich właściwościami fizykochemicznymi, wśród których najczęściej wymieniany jest skład granulometryczny oraz zasobność w substancję (Jakubus 2006, Kalembasa i Godlewska 2004, Spiak i Kulczycki 2004, Motowicka-Terelak i Terelak 1988). Zawartość węgla organicznego w badanych glebach wahała się od 6,8 do 72,7 g·kg⁻¹ w warstwie wierzchniej i od 7,4 do 68 g·kg⁻¹ w poziomie głębszym (tab. 2). Zarówno zakres, jak i obliczona średnia (odpowiednio dla warstw 23,3 i 21,2 g·kg⁻¹) nie odbiegały od wartości podawanych przez Kucharzewskiego i wsp. (2004) dla gleb łąkowych 16 powiatów województwa dolnośląskiego. Była natomiast wyższa niż określona przez Kulczyckiego i Spiak (2004) dla gleb południowo-zachodniej Polski. Wynika to ze znacznego udziału gleb zaliczanych do mad rzecznych oraz czarnych ziem, a więc gleb wykazujących wysoką zawartość substancji organicznej. Wyższą zawartość próchnicy w czarnych ziemiach wrocławskich niż w innych typach gleb stwierdzili również Łabaz i wsp. (2004). Analizując dane przedstawione w tabeli 2 można stwierdzić, że gleby z których zebrano trawy, w warstwie wierzchniej

wykazywały zbliżoną zawartość C-organicznego. Natomiast określona średnia dla gleb pobranych z warstwy 5–20 cm, na których rósł wyczyńiec łąkowy, była nieco większa niż dla pozostałych. Bardziej zróżnicowana była zawartość węgla w glebach, z których zebrano ziola. Największą jego ilość w obu poziomach stwierdzono w glebach, na których rósł skrzyp polny, a najmniejszą – z miejsc występowania szczawiu pospolitego.

Naturalna zawartość siarki w glebach mineralnych waha się od 10 do 1800 mg·kg⁻¹ i na ogół nie przekracza 2000 mg·kg⁻¹. Gleby mineralno-organiczne zawierają ponad dwukrotnie więcej tego składnika niż utwory mineralne, z tym że zazwyczaj nie wyżej niż 4500 mg·kg⁻¹ (Motowicka-Terelak i wsp. 1993). Dla czarnych ziem wrocławskich Łabaz i wsp. (2004) podają wartości od 500 do 1220 mg·kg⁻¹. Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość siarki ogólnej w glebach (tab. 2) wahała się od 75 do 1189 mg·kg⁻¹ w warstwie 0–5 cm i od 26 do 1260 mg·kg⁻¹ w głębiej położonej. Nieco wyższą ilość tego składnika stwierdzono w obu warstwach gleb, z których zebrano wiechlinę łąkową oraz wyczyńca łąkowego niż określona w glebach pobranych spod pozostałych traw. Zróżnicowanie udziału węgla organicznego znalazło swoje odzwierciedlenie w ich zasobności w siarkę ogólną oraz siarczanową. W wielu pracach wykazano występowanie dodatniej korelacji między zawartością węgla organicznego i siarki ogólnej (Kulczycki i Spiak 2004, Kulczycki i Patorczyk-Pytlik 2008). Z ogólnej puli siarki występującej w glebie jedynie 5–10% to związki mineralne dostępne dla roślin. Podstawowym źródłem S dla roślin jest obecna w roztworze glebowym forma utleniona tego składnika, w postaci anionu siarczanowego (Kalembasa i Godlewska 2004, Lipiński i wsp. 2003, Motowicka-Terelak i Terelak 1998). Autorzy ci podają, że ilość siarki siarczanowej w glebach waha się od 3 do 500 mg·kg⁻¹ gleby. Przeprowadzone badania wykazały, że w glebach łąkowych okolic Wrocławia zawartość tej formy siarki wahała się od 4,6 do 90 mg·kg⁻¹ w warstwie wierzchniej i od 3,8 do 112,5 mg·kg⁻¹ w głębiej położonej (tab. 2). Najwięcej siarki ogólnej, jak i formy siarczanowej tego makroskładnika było w glebach, z których zebrano skrzyp polny, a najmniej w glebach, na których występowały babka lancetowata i szczaw polny.

Różnorodne warunki siedliska (tab. 1 i 2) jakie stwierdzono dla gleb badanych użytków zielonych, przyczyniły się do znacznego zróżnicowania udziału azotu i siarki w roślinach (tab. 3). Obliczone wartości współczynnika zmienności dla azotu (V) wahały się od 19 do 26%, a dla siarki od 30 do 47% (tab. 3).

Wśród analizowanych gatunków traw najwyższą zawartością azotu charakteryzowały się próby kupkówki pospolitej, w dalszej kolejności wyczyńca łąkowego. W pozostałych gatunkach obliczona średnia ilość N kształtowała się na tym samym poziomie. Zgodnie z wynikami wielu badań (Filipek-Mazur i wsp. 1999, Kopeć i Gondek 2004) potwierdzono mniejszą zawartość azotu w trawach niż w roślinach dwuliściennych. Spośród analizowanych 5 gatunków ziół największym udziałem N charakteryzowały się próby mniszka lekarskiego i krwawnika pospolitego, a najmniejszym – skrzypu polnego.

Tabela 2 Tabele 2
Zawartość C-organicznego, S-og oraz S-SO₄ w glebach, z których zebrano badane gatunki traw i ziół
Contents of organic C, S total and S-SO₄ in soils off which the examined species of grasses and
herbs were picket

| Gatunek Species | Poziom Layer cm | C-org g·kg ⁻¹ | V % | S-og mg·kg ⁻¹ | V | S-SO ₄ mg·kg ⁻¹ | V % |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------|-----------------------------|----|--|--------|
| Trawy – Grasses | | | | | | | |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 0–5 | <u>25,5</u> 6,8–72,7 | 42 | <u>403</u> 101–1189 | 57 | <u>31,1</u> 4,6–90 | 66 |
| | 5–20 | <u>22,1</u> 7,4–68,0 | 61 | <u>353</u> 26–1260 | 70 | <u>24,8</u> 3,8–112,5 | 90 |
| <i>Poa pratensis</i> L. | 0–5 | <u>26,1</u> 6,8–72,7 | 47 | <u>438</u> 75–1189 | 60 | <u>31,0</u> 4,6–90,0 | 66 |
| | 5–20 | <u>22,5</u> 7,4–68,0 | 47 | <u>380</u> 26–1260 | 70 | <u>25,2</u> 3,8–112,5 | 97 |
| <i>Arrhenatherum elatuis</i> L. | 0–5 | <u>25,0</u> 6,8–72,7 | 46 | <u>403</u> 75–1189 | 63 | <u>29,4</u> 4,6–90,0 | 72 |
| | 5–20 | <u>21,7</u> 7,4–68,0 | 46 | <u>358</u> 26–1260 | 74 | <u>26,7</u> 3,8–112,5 | 98 |
| <i>Alopecurus pratensis</i> L. | 0–5 | <u>25,2</u> 6,8–72,7 | 51 | <u>434</u> 75–1189 | 60 | <u>31,9</u> 9,1–90 | 60 |
| | 5–20 | <u>24,1</u> 7,4–68,0 | 63 | <u>388</u> 68–1205 | 64 | <u>26,4</u> 5,6–86,2 | |
| <i>Holcus lanatus</i> L. | 0–5 | <u>25,8</u> 10,6–51,7 | 36 | <u>407</u> 101–1030 | 58 | <u>27,8</u> 4,6–90,0 | 75 |
| | 5–20 | <u>22,8</u> 8,8–64,3 | 56 | <u>365</u> 60–1260 | 72 | <u>25,4</u> 3,8–112,5 | 99 |
| Ziola – Herbs | | | | | | | |
| <i>Taraxacum officinale</i> | 0–5 | <u>25,8</u> 10,6–72,7 | 42 | <u>404</u> 88–1189 | 56 | <u>30,5</u> 4,6–90 | 70 |
| | 5–20 | <u>22,7</u> 7,4–68,0 | 63 | <u>351</u> 60–1260 | 72 | <u>25,2</u> 3,8–112,5 | 95 |
| <i>Achillea millefolium</i> L. | 0–5 | <u>25,9</u> 6,8–72,7 | 44 | <u>408</u> 75–1189 | 60 | <u>30,6</u> 4,6–90,0 | 69 |
| | 5–20 | <u>22,9</u> 7,4–68,0 | 62 | <u>356</u> 26–1260 | 72 | <u>25,2</u> 3,8–112,5 | 97 |
| <i>Plantago lanceolata</i> | 0–5 | <u>23,2</u> 6,8–48,8 | 36 | <u>345</u> 75–905 | 55 | <u>27,3</u> 4,6–66,3 | 65 |
| | 5–20 | <u>19,6</u> 7,8–55,3 | 49 | <u>292</u> 60–860 | 58 | <u>21,1</u> 3,8–79,6 | 86 |
| <i>Equisetum arvense</i> L. | 0–5 | <u>26,6</u> 7,8–72,7 | 53 | <u>460</u> 101–1189 | 59 | <u>35,7</u> 5,6–90 | 66 |
| | 5–20 | <u>23,1</u> 7,4–68,0 | 68 | <u>389</u> 68–1260 | 79 | <u>28,0</u> 3,8–112,5 | 106 |
| <i>Rumex acetosa</i> L. | 0–5 | <u>22,1</u> 6,8–46,6 | 36 | <u>343</u> 101–870 | 51 | <u>28,5</u> 4,6–90,0 | 70 |
| | 5–20 | <u>18,1</u> 7,4–64,3 | 63 | <u>278</u> 26–1260 | 81 | <u>21,1</u> 3,8–112,5 | 108 |

Tabela 3
Table 3Zawartość N i S w badanych gatunkach roślin łąkowych
(średnia arytmetyczna oraz zakres zawartości)

Contents of N and S in examined meadows plants species (mean arithmetic and range of contents)

| Gatunek Species | n | N (g kg ⁻¹) | V* | S-og (mg kg ⁻¹) | V | S-SO ₄ (mg kg ⁻¹) | V | N:S | V | Udział S-SO ₄ w S-og | V |
|--------------------------------------|----|----------------------------|----|--------------------------------|----|---|----|---------------------|----|---------------------------------------|----|
| Trawy – Grasses | | | | | | | | | | | |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 64 | $\frac{22,5}{10,9-34,7}$ | 21 | $\frac{1955}{890-3894}$ | 34 | $\frac{679}{275-1590}$ | 40 | $\frac{12}{4-28}$ | 36 | $\frac{33}{18-54}$ | 29 |
| <i>Poa pratensis</i> L. | 45 | $\frac{19,8}{14,0-30,8}$ | 20 | $\frac{1881}{620-3700}$ | 34 | $\frac{781}{312-1832}$ | 43 | $\frac{12}{6-26}$ | 41 | $\frac{38}{23-65}$ | 23 |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> L. | 55 | $\frac{19,7}{6,3-34,2}$ | 25 | $\frac{1508}{790-3038}$ | 30 | $\frac{496}{275-1151}$ | 37 | $\frac{14}{4,0-25}$ | 36 | $\frac{32}{17-43}$ | 22 |
| <i>Alopecurus pratensis</i> L. | 36 | $\frac{20,3}{11,0-35,8}$ | 26 | $\frac{1829}{818-380}$ | 31 | $\frac{496}{307-752}$ | 24 | $\frac{13}{6-27}$ | 33 | $\frac{29}{15-56}$ | 31 |
| <i>Holcus lanatus</i> L. | 37 | $\frac{19,5}{12,6-27,3}$ | 19 | $\frac{1987}{1038-3900}$ | 30 | $\frac{770}{415-1282}$ | 24 | $\frac{10}{6-18}$ | 28 | $\frac{42}{27-64}$ | 22 |
| Średnia dla traw Mean for grasses | | 20,8 | 23 | 1826 | 34 | 638 | 41 | 12 | 37 | 35 | 28 |
| Ziola – Herbs | | | | | | | | | | | |
| <i>Taraxacum officinale</i> | 52 | $\frac{32,2}{16,0-56,0}$ | 28 | $\frac{2643}{1320-5100}$ | 31 | $\frac{1304}{565-2725}$ | 41 | $\frac{17}{4-40}$ | 46 | $\frac{52}{36-86}$ | 27 |
| <i>Achillea millefolium</i> L. | 57 | $\frac{31,6}{11,6-52,0}$ | 28 | $\frac{1892}{830-3950}$ | 36 | $\frac{732}{420-1920}$ | 36 | $\frac{19}{6-42}$ | 48 | $\frac{43}{19-66}$ | 27 |
| <i>Plantago lanceolata</i> | 36 | $\frac{30,4}{11,6-42,8}$ | 25 | $\frac{4238}{2050-7083}$ | 33 | $\frac{2072}{1096-3430}$ | 32 | $\frac{8}{3-14}$ | 34 | $\frac{46}{21-73}$ | 29 |
| <i>Equisetum arvense</i> L. | 26 | $\frac{28,7}{17,9-48,1}$ | 25 | $\frac{6146}{1604-11950}$ | 47 | $\frac{3167}{777-5420}$ | 43 | $\frac{6}{2-19}$ | 68 | $\frac{47}{27-65}$ | 26 |
| <i>Rumex acetosa</i> L. | 31 | $\frac{30,2}{14,7-44,9}$ | 26 | $\frac{2256}{510-3720}$ | 31 | $\frac{628}{217-1390}$ | 46 | $\frac{15}{6-73}$ | 73 | $\frac{30}{15-56}$ | 38 |
| Średnia dla ziół Mean for herbs | | 30,9 | 26 | 3103 | 62 | 1399 | 73 | 13,4 | 66 | 44,0 | 32 |

V* współczynnik zmienności – coefficient of variation

Zawartość siarki w roślinach waha się od 0,01 do 1,7% i zależna jest między innymi od zasobności gleby w ten pierwiastek, stężenia ditlenku w atmosferze oraz właściwości gatunkowych roślin. Niedoborowe zaopatrzenie roślin w ten makroskładnik prowadzi nie tylko do spadku plonu, ale również ujemnie wpływa na jego jakość. Wynika to z roli, jaką pełni ten pierwiastek, a głównie z udziału w gospodarce azotowej. Przy braku S rośliny zawierają mniej aminokwasów egzogennych, a zwłaszcza metioniny i gluteiny, przy równoczesnym wzroście nagromadzenia związków azotowych niebiałkowych, tj. amidów czy też azotanów (Falkowski i wsp. 2000). Według Rychlickiej (1983) zwiększenie ilości azotu niebiałkowego następuje już przy zawartości siarki w tkankach roślin mniejszej niż 0,15%. Spasanie roślin o wysokiej zawartości tych form azotu stanowi znaczne zagrożenie dla zdrowia zwierząt, zwłaszcza bydła, dla którego w okresie wiosenno-letnim bardzo często zielonka jest jedyną paszą.

Zawartość siarki w roślinach uwarunkowana jest w znacznym stopniu ich właściwościami gatunkowymi. Ilościowe zapotrzebowanie na ten pierwiastek zwiększa się w kolejności: trawy < rośliny motylkowate < rośliny krzyżowe i liliowate (Marska i Wróbel 2000). Badania przeprowadzone przez Rychlicką (1983) wykazały, że do gatunków roślin łąkowych wykazujących niski udział S należą: kupkówka pospolita, szczaw zwyczajny, koniczyna biała. Natomiast takie gatunki jak: kostrzewa czerwona, wiechlin łąkowa, mniszek lekarski, jaskier rozłogowy wykazują znacznie większą zdolność do nagromadzenia tego makroskładnika. Natomiast Falkowski i wsp. (2000) podają, że *Dactylis glomerata*, a także *Lolium perenne* i *multiflorum* są gatunkami zawierającymi więcej siarki niż *Festuca arundinacea*.

Według Falkowskiego i wsp. (2000) zawartość siarki w trawach waha się od 2000 do 8000 mg·kg⁻¹, a Kucharzewski i Dębowski (1996) stwierdzają, że wynosi ona średnio 2500, przy wahaniami od 1220 do 3700 mg·kg⁻¹. Pobrane z użytków zielonych okolic Wrocławia gatunki traw charakteryzowały się niską zawartością siarki (tab. 3). Obliczona średnia ilość tego makroskładnika wyniosła bowiem 1826 mg·kg⁻¹. Przeprowadzone badania nie potwierdziły wyników uzyskanych przez Rychlicką (1983) wskazujących na mniejszy udział siarki w kupkówce pospolitej niż w wiechlinie łąkowej. Średnia ilość tego składnika w *Dactylis glomerata* była bowiem na zbliżonym poziomie do określonego dla prób wyczyńca łąkowego i kłosówki wełnistej. Natomiast średnia dla analizowanych wiechlin łąkowych był wyższa niż określona dla rajgrasu wyniosłego, ale niższa niż określona dla pozostałych gatunków traw. Tak niska zawartość siarki w roślinach rajgrasu wyniosłego spowodowana została znacznym udziałem (44%) prób wykazujących ilość tego składnika mniejszą niż 0,15%. Podczas gdy dla kłosówek wełnistych próby takie stanowiły jedynie 19%. W przypadku pozostałych gatunków traw próby roślin wykazujących niedoborowe zaopatrzenie liczyły dla: kupkówek pospolitych 22%, wiechlin łąkowych 29%, a wyczyńców łąkowych 30%.

Średnią ilość siarki na poziomie zbliżonym do określonego dla traw stwierdzono dla prób krwawnika pospolitego, a przy tym 23% analizowanych prób zawierało mniej niż 0,15% S. Zgodnie z wynikami Rychlickiej (1983) szczaw pospolity wykazywał się niską zawartością tego makroskładnika. Do gatunków dwuliściennych roślin łąkowych charakteryzujących się dużą zdolnością do akumulacji siarki należy zaliczyć babkę lancetowatą, a zwłaszcza skrzyp polny. W roślinach tych stwierdzono bowiem odpowiednio

2- i 3-krotnie więcej tego składnika niż w trawach i wyraźnie więcej niż w pozostałych ziołach.

Różnice gatunkowe zaznaczyły się również w ilości nagromadzonej przez rośliny siarki siarczanowej ($S-SO_4$). W zależności od gatunku i wieku rośliny, a także od właściwości gleb, w tym ich zasobności w siarkę, mineralna forma tego składnika może stanowić nawet 70–90% ogólnej zawartości (Blake-Kalff i wsp. 1998). Grzesiuk (1968) podaje, że w warunkach niedoborowego zaopatrzenia w ten pierwiastek rośliny gromadzą niewielkie ilości formy siarczanowej, natomiast w warunkach wysokiej zasobności gleb nagromadzanie siarczanów w roślinach jest duże. Przeprowadzone badania wykazały, że w grupie traw wyraźnie większą zdolnością akumulowania mineralnej formy siarki charakteryzowały się rośliny wiechliny łąkowej i kłosówki wełnistej, a najmniejszą rajgrasu wyniosłego i wyczyńca łąkowego. Stwierdzone różnice należy wiązać z właściwościami gatunkowymi, bowiem średnia zawartość siarki ogólnej w kłosówce wełnistej i wyczyńcu łąkowym niewiele się różniła, a udział $S-SO_4$ w S-og. wyniósł odpowiednio 42% i 29%.

W grupie roślin dwuliściennych zawartość siarki siarczanowej w S-og. była wyraźnie większa niż określona dla traw. Wyjątek stanowił szczaw pospolity, w którego próbach średni udział kształtował się na poziomie 30%.

O jakości paszy decyduje nie tylko bezwzględna zawartość w niej N i S, ale również prawidłowy stosunek tych składników (Falkowski i wsp. 2000). Niedobór jednego z nich będzie powodował znacznie słabsze wykorzystanie drugiego. Siuta i Rejman-Czajkowska (1980) podają, że optymalna w żywieniu bydła wartość tego stosunku wynosi 7–8:1, natomiast Falkowski i wsp. [2000] 10–15:1, przy zawartości S na poziomie 0,2–0,25%.

Wieloletnie badania prowadzone na łące trwałej w Czarnym Potoku (Kopeć i Gondek 2004) wykazały, że w zależności od zastosowanego nawożenia NPK stosunek N:S w runi wahał się od 7,8 do 11,1. Kulczycki i Patorczyk-Pytlik (2008) dla runi pobranej z łąk okolic Wrocławia stwierdzili wartość tego stosunku na poziomie 8–11. Jednym z czynników różnicujących wartość N:S jest skład botaniczny porostu (Falkowski i wsp. 2000). Przeprowadzone badania potwierdziły tę zależność. Stwierdzono bowiem, że obliczona średnia wartość wahała się od 6:1 dla prób skrzypu polnego do 19:1 dla roślin krwawnika pospolitego. W przypadku traw stosunek ten był w znacznie mniejszym stopniu zróżnicowany niż dla ziół, określone średnie wahały się od 10:1 (kłosówka wełnista) do 14:1 (rajgras wyniosły).

Przeprowadzona analiza statystyczna (tab. 4) wykazała, że w przypadku rajgrasu wyniosłego i mniszka lekarskiego zawartość siarki ogólnej nie zależała istotnie od zawartości w ich tkankach azotu ogólnego. Dla pozostałych gatunków traw oraz roślin dwuliściennych zależność ta była istotna. We wszystkich uwzględnionych w badaniach gatunkach roślin łąkowych stwierdzono występowanie istotnej dodatniej korelacji pomiędzy zawartością w ich tkankach S-og. i $S-SO_4$.

Analizując wpływ zawartości w glebie węgla organicznego na ilość nagromadzonej przez rośliny siarki og. można stwierdzić, że był on uwarunkowany głębokością pobrania próbek oraz właściwościami gatunkowymi (tab. 5). Istotny dodatni wpływ na zawartość S w takich gatunkach jak: kłosówka wełnista, krwawnik pospolity i babka lancetowata miała ilość węgla w poziomie 0–5 cm. W przypadku pozostałych gatunków zawartość

siarki była istotnie zależna od ilości C-organicznego w obu warstwach, z tym że wartości obliczone dla poziomu głębszego były wyższe niż dla warstwy 0–5 cm.

Również rozmieszczenie S-og. i S-SO₄ w analizowanych poziomach miało istotny wpływ na zawartość tego makroskładnika w roślinach (tab. 5). W odniesieniu do siarki ogółem wyższe wartości współczynników korelacji określono dla poziomu 0–5 cm niż dla 5–20 cm. Wpływ zasobności gleb w siarkę siarczanową na zawartość siarki ogólnej w roślinach uwarunkowany był ich właściwościami gatunkowymi. U takich roślin jak: kłósówka wełnista, krwawnik pospolity, szczaw polny w większym stopniu o nagromadzeniu S decydowała ilość S-SO₄ w warstwie powierzchniowej (0–5 cm), a dla pozostałych w poziomie 5–20 cm.

Tabela 4

Table 4

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy zawartością w roślinach S-og. a S-SO₄ i N
Simple correlation coefficients between contents in plants S- total and S-SO₄ and N

| Zawartość w roślinie Contents in plants | S-og. | | Zawartość w roślinie Contents in plants | S-og. | |
|--|-------|-------------------|--|-------|-------------------|
| Gatunek – Species | N | S-SO ₄ | Gatunek – Species | N | S-SO ₄ |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 0,38* | 0,63* | <i>Taraxacum officinale</i> | n.i. | 0,76* |
| <i>Poa pratensis</i> L. | 0,43* | 0,76* | <i>Achillea millefolium</i> L. | 0,38* | 0,68* |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> L. | n.i. | 0,74* | <i>Plantago lanceolata</i> | 0,40* | 0,57* |
| <i>Alopecurus pratensis</i> L. | 0,39* | 0,56* | <i>Equisetum arvense</i> L. | 0,34* | 0,74* |
| <i>Holcus lanatus</i> L. | 0,35* | 0,75* | <i>Rumex acetosa</i> L. | 0,30* | 0,53* |

* istotne dla p<0,05 – significant at p<0,05

Tabela 5

Table 5

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy zawartością S-og. w roślinach łąkowych a niektórymi właściwościami gleb

Simple correlation coefficients between contents in meadows plants S- total and some properties of soils

| Gatunek – Species | C-org | S-og | S-SO ₄ | Gatunek – Species | C-org | S-og | S-SO ₄ |
|---------------------------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| <i>Dactylis glomerata</i> | 0,48* 0,53** | 0,71 0,55 | 0,35 0,39 | <i>Taraxacum officinale</i> | 0,38 0,38 | 0,50 0,48 | 0,44 0,41 |
| <i>Poa pratensis</i> L. | 0,39 0,57 | 0,71 0,55 | 0,41 0,48 | <i>Achillea millefolium</i> L. | n.i. 0,35 | 0,48 0,34 | 0,46 0,37 |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> L. | 0,31 0,42 | 0,56 0,44 | n.i. 0,33 | <i>Plantago lanceolata</i> | n.i. 0,50 | 0,66 0,61 | 0,34 0,58 |
| <i>Alopecurus pratensis</i> L. | 0,40 0,39 | 0,52 0,46 | 0,47 0,47 | <i>Equisetum arvense</i> L. | 0,40 0,61 | 0,59 0,52 | 0,48 0,55 |
| <i>Holcus lanatus</i> L. | n.i. 0,56 | 0,63 0,53 | 0,45 0,30 | <i>Rumex acetosa</i> L. | 0,34 0,46 | 0,60 0,54 | 0,54 0,46 |

istotne dla p<0,05 – significant at p<0,05 – n.i. korelacja nieistotna – difference not significant

* poziom – layer 0–5 cm; ** poziom – layer 5–20 cm

WNIOSKI

1. Badane zioła charakteryzowały się wyższą niż trawy średnią zawartością S-og., S-SO₄, a także większym udziałem mineralnej formy w ogólnej ilości tego składnika.

2. Badane gatunki roślin łąkowych wykazywały różną zdolność do nagromadzania siarki. Kłosówka wełnista i kupkówka pospolita wśród traw, a skrzyp polny i babka lancetowata wśród ziół zawierały wyraźnie więcej siarki niż pozostałe gatunki w danej grupie roślin. Najmniejszy średni udział siarki stwierdzono w próbach rajgrasu wyniosłego i krwawnika pospolitego.

3. O nagromadzeniu siarki przez kłosówkę wełnistą oraz skrzyp polny w większym stopniu decydowała zawartość w glebie C-organicznego i S-SO₄ w poziomie 0–5 cm niż w 5–20 cm. U pozostałych gatunków zawartość S w roślinach była istotnie skorelowana z zawartością C-org. S-og. i S-SO₄ w obu warstwach badanych gleb.

PIŚMIENNICTWO

- Blake-Kalff M.M., Harrison K.R., Hawkesford M.J., Zhao F.J., McGrath S.P., 1998. Distribution of sulfur within oilseeds rape leaves in response to sulfur deficiency during vegetative growth. *Plant Physiol.* 118: 1337–1344.
- Dzida M., Podsiadło C., Furmanek T., 2004. Zmiany w składzie botanicznym i chemicznym runi jako wskaźnik degradacji użytków zielonych. *Fol. Univ. Agric. Stetin. Agricultura*, 242(98): 37–40.
- Falkowski M., Kukuła I., Kozłowski S., 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych, [w:] AR Poznań.
- Filipek-Mazur B., Mazur K., Kasperczyk M., Gondek K., 1999. Wpływ długotrwałego nawożenia mineralnego i wapnowania na skład chemiczny gatunków wybranych z runi statycznego doświadczenia w Czarnym Potoku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465: 585–595.
- Grzesiuk W., 1968. Nefelometryczne oznaczanie siarki siarczanowej w roślinach. *Rocz. Glebozn.* XIX, 1:167–172.
- Jakubus M., 2004. Siarka w środowisku, [w:] AR Poznań.
- Kalembasa S., Godlewska A., 2004. Metody diagnozowania potrzeb nawożenia siarką w zróżnicowanym systemie nawożenia. *Monografia nr 54. Diagnostyka gleb i roślin w rolnictwie zrównoważonym*, [w:] Akademia Podlaska Siedlce: 59–81.
- Kopeć M., Gondek K., 2004. Wpływ długotrwałego zróżnicowanego nawożenia na zawartość siarki w glebie i runi łąki górskiej. *Nawozy i Nawożenie*, 1: 62–74.
- Kucharzewski A., Dębowski M., 1996. Ocena skażenia płodów rolnych Dolnego Śląska metalami ciężkimi i siarką. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 777–786.
- Kucharzewski A., Nowak L., Dębowski M., 2004. Wpływ niektórych właściwości gleby na zawartość form rozpuszczalnych i całkowitych Zn, Cu i Mn w glebach województwa dolnośląskiego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 502: 189–197.
- Kulczycki G., Spiak Z., 2004. Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w glebach Polski południowo-zachodniej. *Nawozy i nawożenie*, R.III,1 (18):75–81.
- Kulczycki G., Patorczyk-Pytlik B., 2008. Zawartość siarki w glebach i runi użytków zielonych okolic Wrocławia (w druku).

- Lipiński W., Terelak H., Motowicka-Terelak T., 2003. Propozycja liczb granicznych zawartości siarki siarczanowej w glebach mineralnych na potrzeby doradztwa nawozowego. *Rocz. Glebozn. LIV* 3: 79–84.
- Marska E., Wróbel J., 2000. Znaczenie siarki dla roślin uprawnych. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 204. Rol. 81: 69–75.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H., 1998. Siarka w glebach Polski. Stan i zagrożenia. Biblioteka Monitoringu. PIOŚ Warszawa.
- Łabaz B., Licznar S.E., Licznar M., 2004. Zawartość niektórych metali ciężkich i siarki w czarnych ziemiach wrocławskich. *Rocz. Glebozn. LV*, 1: 161–168.
- Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2006 roku. WIOŚ Wrocław. 2006.
- Rychlicka W., 1983. Zawartość siarki w niektórych gatunkach roślin łąkowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 267:179–183.
- Siuta J., Rejman-Czajkowska M., 1980. Siarka w biosferze. PWRiL, Warszawa.

CONTENT OF SULPHUR IN SOME SPECIES OF MEADOWS PLANTS

Summary

The aim of experiment proceeded between 2006 and 2007 was the appointment in ability of accumulation of sulphur by 5 species of grass and 5 species of plants ranked among meadows herbs. Undertaken experiment revealed the among grass species subjected to examination the utmost sulphur general and S-SO₄ content was characteristic for the *Holcus lanatus* L. and *Dactylis glomerata* L. and the least was characteristic for the *Arrhenatherum elatius* L. Herbs, rather than grasses, revealed more considerable contents of both sulphur's forms and greater share of mineral sulphur in general content of this component. Among this group of plants *Equisetum arvense* L. has the greatest contents of sulphur and *Rumex acetosa* L., has the least. Except the plants: *Arrhenatherum elatius* L., *Taraxacum officinale*, sulphur content was considerably positively correlated with the quantity of nitrogen accumulated in tissue. For the rest of the species, the considerable dependence was qualified for the C-org. S total and S-SO₄ content in both layers of examined soils. For the accumulation of sulphur in the highest level among species like *Holcus lanatus* L. and *Equisetum arvense* L. the most critical was level of 0–5 cm rather than 5–20 cm.

KEY WORDS: sulphur, S-SO₄, soils, grasses, herbs

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Teofil Mazur, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie