

**ZESZYTY NAUKOWE  
UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO  
WE WROCŁAWIU**

**NR 574**

**ROLNICTWO**

**AGRONOMY**

**XCV**



**ZESZYTY NAUKOWE  
UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO  
WE WROCŁAWIU**

**NR 574**

**ROLNICTWO**

**AGRONOMY**

**XCV**



**WROCŁAW 2009**

*Redaktor merytoryczny*  
prof. dr hab. Zofia Spiak

*Opracowanie redakcyjne*  
Janina Szydłowska

*Korekta*  
mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz

*Łamanie*  
Alina Gebel

*Projekt okładki*  
Grażyna Kwiatkowska

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2009

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 1897–2098  
ISSN 1897–208X

**WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU**

**Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki**  
**ul. Sopocka 23, 50–344 Wrocław, tel./fax 71 328–12–77**  
**e-mail: [wyd@up.wroc.pl](mailto:wyd@up.wroc.pl)**

---

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 7,4. Ark. druk. 7,75  
Druk i oprawa: F.P.H. „ELMA”

## SPIS TREŚCI

	<b>Str.</b>
1. Anna Demczuk, Edward Grzyś, Elżbieta Sacala – Testy wzrostowe chwastów. Część I. Ocena przydatności wybranych gatunków chwastów do testów wzrostowych .....	7
2. Grzegorz Kulczycki, Rafał Januskiewicz, Artur Jachymczak – Wpływ nawozów dolistnych ekolist na plon i skład chemiczny pszenicy jarej .....	19
3. Ewa Lenard, Karol Wolski, Aneta Buczma – Jednoroczne obserwacje fenologiczne tawułu uprawianych na terenie Wrocławia .....	29
4. Elżbieta Płaskowska, Ewa Moszczyńska, Karol Wolski – Badania zdrowotności gatunków i odmian traw gazonowych przeznaczonych do zakładania muraw piłkarskich .....	43
5. Wojciech Pusz – Ocena zdrowotności liści roślin z rodzaju <i>Amaranthus</i> .....	51
6. Elżbieta Sacala – Wpływ umiarkowanego stresu solnego na aktywność enzymów uczestniczących w asymilacji jonów amonowych w siewkach ogórka ( <i>Cucumis sativus</i> L.) .....	63
7. Elżbieta Sacala – Wpływ stresu osmotycznego na wzrost oraz aktywność reduktazy azotanowej w siewkach ogórka ( <i>Cucumis sativus</i> L.) .....	75
8. Urszula Piszcz, Zofia Spiak – Dynamika pobierania mikroelementów przez wybrane odmiany rzepaku ozimego. Część I. Zmiany zawartości oraz dynamika nagromadzenia miedzi podczas vegetacji .....	87
9. Zofia Spiak, Urszula Piszcz – Dynamika pobierania mikroelementów przez wybrane odmiany rzepaku ozimego. Część II. Zmiany zawartości oraz dynamika nagromadzenia cynku podczas vegetacji .....	97
10. Zofia Spiak, Urszula Piszcz – Dynamika pobierania mikroelementów przez wybrane odmiany rzepaku ozimego. Część III. Zmiany zawartości oraz dynamika nagromadzenia manganu w okresie vegetacji .....	109
11. Leokadia Wojtala-Łozowska, Danuta Parylak – Wpływ odmiany i zaprawiania materiału siewnego na zawartość i pobranie mikroelementów w ziarnie pszenicy ozimej .....	117

## CONTENTS

	<b>Page</b>
1. Anna Demczuk, Edward Grzyś, Elżbieta Sacala – The growth tests of weeds. Part I. Assessment of selected weed species for their use to the growth tests .....	7
2. Grzegorz Kulczycki, Rafał Januszkiewicz, Artur Jachymczak – The effect of foliar applied fertilizer ekolist on the yield and chemical composition of spring wheat .....	19
3. Ewa Lenard, Karol Wolski, Aneta Buczma – Annual phenological observations of the meadow-sweet specimens growing in the area of Wrocław .....	29
4. Elżbieta Płaskowska, Ewa Moszczyńska, Karol Wolski – Study of the healthiness of species and cultivars of turfgrass for football pitches .....	43
5. Wojciech Pusz – Valuation of the healthiness of <i>Amaranthus</i> leaves .....	51
6. Elżbieta Sacala – The influence of moderate salt stress on activity of enzymes involving in ammonium assimilation in cucumber ( <i>Cucumis sativus</i> L.) seedlings .....	63
7. Elżbieta Sacala – The influence of osmotic stress on growth and nitrate reductase activity in cucumber seedlings ( <i>Cucumis sativus</i> L.) .....	75
8. Urszula Piszcz, Zofia Spiak – The dynamics of micronutrients uptake by selected cultivars of winter rape. Part I. The changes of content and dynamics of copper uptake during vegetation .....	87
9. Zofia Spiak, Urszula Piszcz – The dynamics of micronutrients accumulation by some varieties of winter rape. Part II. The change of contents and dynamic uptake of zinc .....	97
10. Zofia Spiak, Urszula Piszcz – The dynamics of micronutrients uptake by selected cultivars of winter rape. Part III. The change of contents and dynamic of manganese uptake during vegetation .....	109
11. Leokadia Wojtala-Łozowska, Danuta Parylak – The influence of cultivar and seed treatment on content and taken of microelements in grain of winter wheat .....	117

**Anna Demczuk, Edward Grzyś, Elżbieta Sacala**

**TESTY WZROSTOWE CHWASTÓW.  
CZĘŚĆ I. OCENA PRZYDATNOŚCI WYBRANYCH  
GATUNKÓW CHWASTÓW DO TESTÓW WZROSTOWYCH**

**THE GROWTH TESTS OF WEEDS.  
PART I. ASSESSMENT OF SELECTED WEED SPECIES  
FOR THEIR USE TO THE GROWTH TESTS**

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

W pracy przeprowadzono ocenę przydatności wybranych gatunków chwastów jako roślin testowych do badań wzrostu i rozwoju w warunkach laboratoryjnych. Materiał roślinny pozyskiwano z siewek (*Viola arvensis*, *Chenopodium album*, *Matricaria chamomilla*) pobranych z pól uprawnych w okolicach Wrocławia, a także z owoców i nasion (*Artemisia vulgaris*, *Chenopodium album*, *Rumex crispus*, *Galinsoga parviflora*). Rośliny analizowano pod kątem szybkości oraz wyrównanego wzrostu i rozwoju na podstawie: liczby liści, wysokości części nadziemnych oraz ich świeżej i suchej masy. Chwasty pozyskiwane z siewek po 7 dniach uprawy w warunkach kontrolowanych w laboratorium osiągały odpowiednie rozmiary i liczbę liści, pozwalając na zakwalifikowanie ich jako rośliny testowe. Najbardziej wyrównanym wzrostem cechowała się *Chenopodium album*, następnie *Viola arvensis* i *Matricaria chamomilla*. Materiał roślinny uzyskany z siewek był bardziej wyrównany po 7 dniach uprawy niż po 14. Wśród roślin pozyskanych z owoców i nasion najmniej zróżnicowany wzrost wykazywała *Chenopodium album*, następnie *Rumex crispus*, natomiast *Artemisia vulgaris* i *Galinsoga parviflora* znacznie różniły się zawartością świeżej i suchej masy między powtórzeniami. Wzrost *Chenopodium album* pozyskanej z siewek był bardziej wyrównany niż pozyskanej z nasion.

SŁOWA KLUCZOWE: chwasty, testy wzrostowe, owoce i nasiona, siewki

---

Do cytowania – For citation: Demczuk A., Grzyś E., Sacala E., 2009. Testy wzrostowe chwastów. Część I. Ocena przydatności wybranych gatunków chwastów do testów wzrostowych. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 7–18.

## WSTĘP

Od chwili rozpoczęcia produkcji herbicydów i ich stosowania w praktyce rolniczej prowadzone są badania nad skutecznością, mechanizmem działania oraz wpływem tych związków na środowisko naturalne [Cobb 1992, Freitas i wsp. 2004], a także nad aktywnością herbicydów w obecności czynników stresowych [Sacała i wsp. 2003, 2008]. W ciągu wielu lat stosowania herbicydów zaczęły pojawiać się gatunki chwastów odpornych na ich działanie [Devine i Shukla 2000, Retrum i Forcella 2002, Stankiewicz i wsp. 2001]. Ze względu na ochronę środowiska naturalnego poszukuje się nowych substancji aktywnych mogących zastąpić te, które zostały uznane za niebezpieczne i nieskuteczne w walce z chwastami [Duke i wsp. 2002, Vurro i wsp. 2001]. Do badań już istniejących herbicydów oraz nowych substancji aktywnych, oprócz metod chemicznych, wykorzystywane są metody biologiczne. Z metod biologicznych najczęściej stosowane są testy wzrostowe roślin [Demczuk i wsp. 1990, Grzyś i Skrabka 1994, Vurro i wsp. 2001, Retrum i Forcella 2002, Huiyun i wsp. 2009]. Testy wzrostowe roślin pozwalają szybko i tanio zbadać fitotoksyczność herbicydów i innych substancji aktywnych o potencjalnych właściwościach chwastobójczych. W doborze roślin testowych należy zwrócić uwagę na zdolność do szybkiego oraz wyrównanego wzrostu i rozwoju w warunkach laboratoryjnych. Najczęściej materiał roślinny do testów wzrostowych pozyskiwany jest z nasion [Demczuk i wsp. 1990, Grzyś i Skrabka 1994, Sacała i wsp. 2003, 2008]. Nasiona chwastów są bardziej zróżnicowane pod względem zdolności kiełkowania w zależności od czynników zewnętrznych i wewnętrznych w porównaniu do innych roślin [Benech-Arnold i wsp. 2000, Bochenek i wsp. 2007, 2009]. Dlatego pozyskanie wyrównanego materiału roślinnego z nasion chwastów do badań laboratoryjnych prowadzonych w okresie całego roku może być trudne.

Celem pracy była ocena przydatności wybranych gatunków chwastów pozyskanych z siewek (*Chenopodium album*, *Matricaria chamomilla*, *Viola arvensis*) pobranych z pól uprawnych w okolicach Wrocławia) oraz z owoców i nasion (*Artemisia vulgaris*, *Chenopodium album*, *Galinsoga parviflora*, *Rumex crispus*) jako roślin testowych do badań wzrostu i rozwoju w warunkach laboratoryjnych.

## MATERIAŁ I METODY

Do analiz przydatności roślin do testów wzrostowych wybrano gatunki chwastów pospolicie występujących na polach uprawnych w okolicach Wrocławia (*Chenopodium album*, *Galinsoga parviflora*, *Matricaria chamomilla*, *Rumex crispus*, *Viola arvensis*) oraz *Artemisia vulgaris*, która jest pospolitym chwastem w miejscach nieuprawianych.

Do uprawy chwastów z siewek materiał doświadczalny pozyskiwano z pól uprawnych w okolicach Wrocławia na przełomie kwietnia i maja przed wykonaniem oprysków odchwaszczających. Pobierano po ok. 300 sztuk siewek *Chenopodium album*, *Matricaria chamomilla*, *Viola arvensis* (chwasty pospolicie występujące na polach uprawnych, których nasiona nie należą do czołówki najlepiej kiełkujących, dlatego wybrano je do uprawy z siewek). Siewki w tekturowych pudłach przewożono do laboratorium, gdzie dokonywano selekcji. Wybierano siewki najbardziej wyrównane (wizualnie) pod względem wzrostu i rozwoju. Siewki *Chenopodium album* o 2–3 liściach,



*Matricaria chamomilla* i *Viola arvensis* o 4–5 liściach sadzono (po jednej) do doniczek (o wymiarach: wysokość 7 cm, średnica 6,5 cm) wypełnionych glebą i umieszczano w fitotronie (temperatura: dzień 26°C/ noc 20°C, wilgotność względna powietrza 65–70% wilgotności maksymalnej, oświetlenie 16 godzin dziennie – światło sztuczne o natężeniu 220–240  $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Po 7 dniach uprawy w przypadku *Viola arvensis* oraz po 7 i 14 dniach uprawy w przypadku *Chenopodium album*, *Matricaria chamomilla* analizowano wzrost i rozwój roślin na podstawie: liczby liści, wysokości części nadziemnych oraz ich świeżej i suchej masy. Doświadczenia były prowadzone w pięciu powtórzeniach po 10 roślin.

Do pozyskania materiału doświadczalnego z owoców i nasion wybrano gatunki chwastów, których nasiona znalazły się na liście najlepiej kiełkujących na świecie. Materiał siewny *Chenopodium album*, *Galinsoga parviflora*, *Rumex crispus* (z listy najlepiej kiełkujących nasion) oraz *Artemisia vulgaris* zbierano na przełomie września i października z pól uprawnych (nasiona *Artemisia vulgaris* z miejsc nie uprawianych) w okolicach Wrocławia. Materiał siewny suszono w temperaturze pokojowej 18–20°C i przechowywano w kopertach z bibuły. W okresie od listopada do kwietnia, na początku każdego miesiąca wysiewano nasiona chwastów do doniczek wypełnionych glebą (gleba torfowo-próchnicza pH 6,8–7,0 – standardowe podłoże glebowe do rozsąd kwiatów i warzyw), a następnie umieszczano je w fitotronie. Przydatność materiału siewnego do pozyskiwania roślin doświadczalnych określano na podstawie energii kiełkowania (% wzeszłych nasion po 7 dniach od momentu wysiewu) i zdolności kiełkowania (% wzeszłych nasion po 28 dniach od momentu wysiewu). W kwietniu nasiona wschodziły najlepiej, co pozwoliło na pozyskanie odpowiedniej ilości materiału roślinnego do analizy siewek pod kątem przydatności do testów wzrostowych. Siewki chwastów pozyskane z owoców i nasion wysianych w warunkach laboratoryjnych sadzono (po jednej) do doniczek (o wymiarach: wysokość 7 cm, średnica 6,5 cm) wypełnionych glebą i umieszczano w fitotronie. Po 7 dniach uprawy analizowano wzrost i rozwój roślin na podstawie: liczby liści, wysokości części nadziemnych oraz ich świeżej i suchej masy. Doświadczenia były prowadzone w pięciu powtórzeniach po 10 roślin (w przypadku *Rumex crispus* trzy powtórzenia po 10 roślin ze względu na małą ilość materiału roślinnego – udział wzeszłych nasion ok. 30%).

Każdy eksperyment wykonano w trzech seriach i za każdym razem uzyskano podobne rezultaty. Otrzymane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji w programie statystycznym ANOVAN. Przedstawione w tabelach wartości średnie i najmniejsze istotne różnice (NIR,  $p = 0,05$ ) odnoszą się do jednej serii powtórzeń.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki badań przedstawione w tabeli 1 pokazują, że po 7 dniach uprawy w warunkach laboratoryjnych wzrost *Chenopodium album* pozyskanej z siewek był wyrównany. Badane parametry wzrostu (liczba liści, wysokość części nadziemnych, świeża i sucha masa) nie różniły się istotnie statystycznie między poszczególnymi powtórzeniami. Po 14 dniach uprawy w warunkach laboratoryjnych liczba liści i wysokość części nadziemnych siewek *Chenopodium album* również nie różniły się istotnie, natomiast

zawartość świeżej i suchej masy była zróżnicowana między powtórzeniami. Materiał roślinny uzyskany po 14 dniach uprawy był mniej jednolity (NIR była wyższa dla wszystkich parametrów wzrostu) w porównaniu do uzyskanego po 7 dniach. Podobne wyniki, przedstawione w tabeli 2, uzyskano w przypadku *Matricaria chamomilla* pozyskanego z siewek. Wzrost *Viola arvensis* pozyskanego z siewek po 7 dniach uprawy (tab. 3) był bardziej wyrównany w porównaniu ze wzrostem *Matricaria chamomilla* po 7 dniach (tab. 2) i mniej w stosunku do wzrostu *Chenopodium album* po tym samym okresie uprawy (tab.1). Nie analizowano wzrostu *Viola arvensis* po 14 dniach uprawy, ponieważ badania wstępne wykazały, że przechodzi on szybko ze stadium wegetatywnego w generatywne (wyniki nie prezentowane). Po uformowaniu pędu kwiatowego chwasty stają się mało wrażliwe na herbicydy. Najlepsze rezultaty uzyskuje się, stosując herbicydy na młode szybko rosnące siewki, które mają od dwóch do kilku liści [Blackshaw i Harker 1996, Shim i wsp. 2003, Tharp i wsp. 1999]. W związku z tym *Viola arvensis* po 14 dniach uprawy nie może być rozpatrywany jako roślina testowa.

Tabela 1

Table 1

Parametry wzrostowe *Chenopodium album* – pozyskanej z siewek  
Growth parameters of *Chenopodium album* – taken from seedlings

Powtórzenia Replications	Po 7 dniach uprawy After 7 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves · plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g·roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g·plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g·roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g·plant <sup>-1</sup> ]
I	4,6 a	2,9 a	0,284 a	0,026 a
II	4,0 a	2,9 a	0,264 a	0,022 a
III	4,0 a	2,8 a	0,257 a	0,022 a
IV	3,9 a	3,1 a	0,255 a	0,023 a
V	4,6 a	3,3 a	0,271 a	0,025 a
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	0,9	0,6	0,057	0,005
Powtórzenia Replications	Po 14 dniach uprawy After 14 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves · plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g·roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g·plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g·roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g·plant <sup>-1</sup> ]
I	6,5 a	4,0 a	0,347 ab	0,034 a
II	5,8 a	3,8 a	0,292 b	0,026 b
III	6,5 a	3,9 a	0,351 ab	0,037 a
IV	5,8 a	3,7 a	0,310 ab	0,025 b
V	6,7 a	4,2 a	0,363 a	0,032 a
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	1,2	0,9	0,070	0,006

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%)

Values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Tabela 2

Table 2

Parametry wzrostowe *Matricaria chamomilla* – pozyskanego z siewek  
Growth parameters of *Matricaria chamomilla* – taken from seedlings

Powtórzenia Replications	Po 7 dniach uprawy After 7 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves-plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g-plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g-plant <sup>-1</sup> ]
I	6,4 a	1,9 a	0,357 b	0,032 c
II	6,7 a	2,0 a	0,424 b	0,039 b
III	7,4 a	1,9 a	0,537 a	0,045 a
IV	6,1 a	1,8 a	0,392 b	0,037 bc
V	6,1 a	1,7 a	0,384 b	0,033 c
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	2,3	0,5	0,1	0,006
Powtórzenia Replications	Po 14 dniach uprawy After 14 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves-plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g-plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g-plant <sup>-1</sup> ]
I	6,3 bc	1,8 b	0,342 b	0,029 c
II	9,9 a	2,7 a	0,730 a	0,082 a
III	9,1 a	2,6 a	0,710 a	0,070 b
IV	8,3 ab	2,8 a	0,612 a	0,068 b
V	5,6 c	1,5 b	0,290 b	0,020 d
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	2,4	0,5	0,120	0,006

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%)

Values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Tabela 3

Table 3

Parametry wzrostowe *Viola arvensis* – pozyskanego z siewek  
Growth parameters of *Viola arvensis* – taken from seedlings

Powtórzenia Replications	Po 7 dniach uprawy After 7 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves-plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g-plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g-plant <sup>-1</sup> ]
I	8,7 a	4,0 a	0,162 a	0,015 ab
II	8,3 a	3,4 b	0,154 a	0,016 a
III	6,8 a	3,8 ab	0,139 a	0,014 b
IV	7,1 a	3,9 a	0,136 a	0,016 a
V	7,4 a	3,9 a	0,139 a	0,014 b
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	2,1	0,5	0,032	0,002

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%)

Values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Tabela 4  
Table 4Wschody nasion chwastów w miesiącach od listopada do kwietnia  
Emergence of weeds seeds from November to April

Miesiąc Month	Roślina Plant	<i>Artemisia vulgaris</i>		<i>Rumex crispus</i>		<i>Galinsoğa parviflora</i>		<i>Chenopodium album</i>	
		energia kielkowania germination energy [%]	zdolność kielkowania germination capacity [%]	energia kielkowania germination energy [%]	zdolność kielkowania germination capacity [%]	energia kielkowania germination energy [%]	zdolność kielkowania germination capacity [%]	energia kielkowania germination energy [%]	zdolność kielkowania germination capacity [%]
Listopad November		6	6	5	8	1	10	0	0
Grudzień December		1	1	2	2	1	1	0	0
Styczeń – January		0	7	0	3	0	33	0	0
Luty – February		0	4	0	9	0	30	0	0
Marzec – March		42	52	14	23	37	47	0	0
Kwiecień – April		48	56	16	30	47	53	41	68

W tabeli 4 przedstawiono wschody nasion chwastów w poszczególnych miesiącach od listopada do kwietnia. Nasiona *Chenopodium album* nie wschodziły w miesiącach od listopada do marca, natomiast w kwietniu ich zdolność kiełkowania (ZK) była najwyższa wśród badanych nasion chwastów i wynosiła 68%. Liczba wzeszłych nasion *Artemisia vulgaris* i *Rumex crispus* w miesiącach od listopada do lutego była bardzo niska (ZK 1–9%) i zdecydowanie wzrosła w marcu i kwietniu (ZK 52–56% nasiona *Artemisia vulgaris*, ZK 23–30% nasiona *Rumex crispus*). Nasiona *Galinsoga parviflora* najniższą liczbę wzeszłych siewek wykazały w grudniu (ZK 1%). Natomiast zdolność kiełkowania nasion *Galinsoga parviflora* w styczniu i lutym wynosiła już ok. 30%, w marcu 47% a w kwietniu 53%. Wyniki badań wschodów nasion analizowanych chwastów są zgodne z danymi literaturowymi, wg których nasiona wielu gatunków chwastów wschodzą intensywnie w określonym czasie sezonu wegetacyjnego, czyli wykazują tzw. periodyczność [Ballare i Casal 2000, Benech-Arnold i wsp. 2000, Forcella i wsp. 2000, Parylak 1988]. W związku z tym pozyskanie odpowiedniej ilości materiału doświadczalnego z owoców i nasion było możliwe dopiero w kwietniu – największa liczba wzeszłych siewek w warunkach laboratoryjnych (tab. 4). W tabelach 5–8 przedstawiono wyniki badań wzrostu chwastów pozyskanych z nasion wysianych w kwietniu.

Tabela 5

Table 5

Parametry wzrostowe *Chenopodium album* – pozyskanej z nasion wysianych w kwietniu  
Growth parameters of *Chenopodium album* – taken from seeds sowing in April

Powtórzenia Replications	Po 7 dniach uprawy After 7 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g·plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g·plant <sup>-1</sup> ]
I	5,2 a	4,4 a	0,380 a	0,030 ab
II	5,6 a	4,5 a	0,400 a	0,036 a
III	5,6 a	4,6 a	0,390 a	0,036 a
IV	5,2 a	4,6 a	0,360 ab	0,030 ab
V	4,6 a	4,1 a	0,315 b	0,028 b
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	1,1	0,6	0,072	0,007

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%)

Values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Wśród analizowanych gatunków chwastów pozyskanych z nasion najmniej zróżnicowany wzrost wykazała *Chenopodium album* (tab. 5), następnie *Rumex crispus* (tab. 8). Natomiast *Artemisia vulgaris* i *Galinsoga parviflora* znacznie różniły się zawartością świeżej i suchej masy między powtórzeniami (tab. 6, 7). Badania wykazały, że odpowiedni materiał roślinny do testów wzrostowych z nasion można uzyskać dopiero w kwietniu. Jednak w tym czasie jest już możliwość pozyskiwania dużych ilości materiału roślinnego w postaci siewek z pól uprawnych. Uprawa chwastów z siewek jest mniej pracochłonna i kosztowna w porównaniu do uprawy z nasion. Dodatkowo, jak

wykazały badania na przykładzie *Chenopodium album*, wzrost roślin pozyskanych z siewek jest bardziej wyrównany niż pozyskanych z nasion (tab. 1, 5). W ostatnich latach coraz więcej badań poświęconych jest warunkom spoczynku i kiełkowania nasion chwastów [Bochenek i wsp. 2007, 2009], co w przyszłości może wpłynąć na lepsze efekty pozyskiwania materiału doświadczalnego z nasion w warunkach laboratoryjnych.

Tabela 6  
Table 6

Parametry wzrostowe *Artemisia vulgaris* – pozyskanej z nasion wysianych w kwietniu  
Growth parameters of *Artemisia vulgaris* – taken from seeds sowing in April

Powtórzenia Replications	Po 7 dniach uprawy After 7 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g·plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g·plant <sup>-1</sup> ]
I	7,1 a	12,9 a	0,564 a	0,051 a
II	6,8 a	12,4 a	0,436 ab	0,037 ab
III	6,3 ab	11,7 a	0,403 b	0,036 bc
IV	5,5 b	9,5 b	0,284 c	0,026 bc
V	5,6 b	8,6 b	0,224 c	0,022 c
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	0,9	1,7	0,144	0,015

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%)  
Values marked with the same letter do not differ significantly(5%)

Tabela 7  
Table 7

Parametry wzrostowe *Galinsoga parviflora* – pozyskanej z nasion wysianych w kwietniu  
Growth parameters of *Galinsoga parviflora* – taken from seeds sowing in April

Powtórzenia Replications	Po 7 dniach uprawy After 7 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g·plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g·plant <sup>-1</sup> ]
I	6,4 a	8,6 a	0,605 a	0,059 a
II	5,8 ab	6,3 b	0,382 b	0,032 b
III	4,5 ab	4,6 bc	0,213 c	0,016 c
IV	3,9 b	4,0 c	0,157 c	0,011 c
V	4,4 ab	4,2 c	0,143 c	0,011 c
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	2,1	1,8	0,117	0,011

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%)  
Values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Tabela 8  
Table 8

Parametry wzrostowe *Rumex crispus* – pozyskanego z nasion wysianych w kwietniu  
Growth parameters of *Rumex crispus* – taken from seeds sowing in April

Powtórzenia Replications	Po 7 dniach uprawy After 7 days of cultivation			
	liczba liści-roślina <sup>1</sup> number of leaves plant <sup>1</sup>	wysokość części nadziemnych shoot high [cm]	świeża masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] fresh weight [g:plant <sup>-1</sup> ]	sucha masa [g-roślina <sup>-1</sup> ] dry weight [g:plant <sup>-1</sup> ]
I	4,2 a	7,3 a	0,220 a	0,023 a
II	3,9ab	6,1 b	0,207 a	0,015 b
III	3,6 b	4,8 c	0,156 b	0,013 b
NIR – LSD( $\alpha=0,05$ )	0,6	0,9	0,048	0,007

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%)  
Values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

## WNIOSKI

1. Chwasty pozyskiwane z siewek – po 7 dniach uprawy w warunkach kontrolowanych w laboratorium osiągają odpowiednie rozmiary i liczbę liści, co pozwala na zakwalifikowanie ich jako rośliny testowe do badań wzrostu i rozwoju. Ze względu na wyrównany wzrost najlepszą rośliną testową jest *Chenopodium album*, następnie *Viola arvensis* i *Matricaria chamomilla*.

2. Materiał roślinny pozyskany z siewek po 7 dniach uprawy w warunkach laboratoryjnych jest bardziej wyrównany i przydatny do badań niż po 14 dniach uprawy.

3. Rośliny pozyskane z siewek wykazują bardziej wyrównany wzrost i lepiej nadają się do testów niż pozyskane z nasion.

## PIŚMIENNICTWO

- Ballare C.L., Casal J.J., 2000. Light signals perceived by crop and weed plants. *Field Crops Research*, 67: 149–160.
- Benech-Arnold R.L., Sanchez R.A., Forcella F., Kruk B.C., Ghersa C.M., 2000. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, 67: 105–122.
- Blackshaw R.E., Harker K.N., 1996. Growth stage and broadleaf herbicide effects on CGA184927 efficacy. *Weed Technology*, 10: 732–737.
- Bochenek A., Gołaszewski J., Górecki R.J., 2007. The seasonal dormancy pattern and germination of *Matricaria maritima* subsp. *inodora* (L.) dostal seeds in hydrotime model terms. *Acta Soc.Bot. Pol.* 76(4): 299–307.
- Bochenek A., Gołaszewski J., Piotrowicz-Cieślak A.I., Górecki R.J., 2009. The effects of temperature on the dormancy and germination of *Cirsium arvense* (L.) Scop. seeds. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 78(2): 105–114.
- Cobb A., 1992. *Herbicides and plant physiology*. Chapman & Hall. Londyn: 1–166.

- Demczuk A., Skrabka H., Bielecki K., 1990. Wykorzystanie nowych testów buraka cukrowego i salwinii do określania fitotoksyczności niektórych herbicydów. Zesz. Nauk. AR Wroc. Rol. LII, nr 199: 63–70.
- Devine M.D., Shukla A., 2000. Altered target sites as a mechanism of herbicide resistance. Crop Protection, 19: 881–889.
- Duke S.O., Dayan F.E., Rimando A.M., Schrader K.K., Aliotta G., Oliva A., Romagni J.G., 2002. Chemicals from nature for weed management. Weed Science, 50: 139–151.
- Forcella F., Bebech-Arnold R.L., Sanchez R., Ghersa C.M., 2000. Modeling seedling emergence. Field Crops Research, 67: 123–139.
- Freitas L.G., Götz C.W., Ruff M., Singer H.P., Müller S.R., 2004. Quantification of the new triketone herbicides, sulcotrione and mesotrione, and other important herbicides and metabolites, at the ng/l level in surface waters using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography A., 1028: 277–286.
- Grzyś E., Skrabka H., 1994. Wykorzystanie testów roślinnych do określania pozostałości herbicydów w wodzie. Zesz. Nauk. AR Wroc. Rol. LIX, nr 230: 7–12.
- Huiyun P., Xiaolu L., Shixiang G., 2009. Phytotoxicity of four herbicides on *Ceratophyllum demersum*, *Vallisneria spiralis* and *Elodea nuttallii*. Journal of Environmental Sciences, 21: 307–312.
- Parylak D., 1988. Wpływ niektórych czynników agroekologicznych na wzrost i rozwój żótlicy drobnokwiatowej (*Galinsoga parviflora*). Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol. L, nr 171: 29–51.
- Retrum J., Forcella F., 2002. Giant foxtail (*Setaria faberii*) seedling assay for resistance to sethoxydim. Weed Technology, 16: 464–466.
- Sacała E., Demczuk A., Michalski T., 2003. Response of maize (*Zea mays* L.) to rimsulfuron under salt conditions. Acta Soc.Bot. Pol., 72: 93–98.
- Sacała E., Podgórska-Lesiak M., Demczuk A., 2008. Glufosinate phytotoxicity to maize under salt stress conditions. Polish J. of Environ. Stud.vol. 17, No. 6: 993–996.
- Shim S.I., Lee B.M., Ryn E.I., Kang B.H., 2003. Response of leaf acetolactate synthase from different leaf positions and seedling ages to sulfonylurea herbicide. Pesticide Biochemistry and Physiology, 75: 39–46.
- Stankiewicz M., Gadamski G., Gawroński S.W., 2001. Genetic variation and phylogenetic relationships of triazine-resistant and triazine-susceptible biotypes of *Solanum nigrum* – analysis using RAPD markers. Weed Research, 41: 289–300.
- Tharp B.E., Schabenberger O., Kells J.J., 1999. Response of annual weed species to glufosinate and glyphosate. Weed Technology, 13: 542–547.
- Vurro M., Zonno M.C., Evidente A., Adolfi A., Montemurro P., 2001. Enhancement of efficacy of *Ascochyta caulina* to control *Chenopodium album* by use of phytotoxins and reduced rates of herbicides. Biological Control, 21: 182–190.



---

**THE GROWTH TESTS OF WEEDS. PART I. ASSESSMENT OF SELECTED WEED SPECIES FOR THEIR USE TO THE GROWTH TESTS****S u m m a r y**

The aim of the study was the assessment of selected weed species for their use to the growth tests in the laboratory conditions. Three weed species (*Viola arvensis*, *Chenopodium album*, *Matricaria chamomilla*) emerged from seedlings taken from the field and four weed species (*Artemisia vulgaris*, *Chenopodium album*, *Rumex crispus*, *Galinsoga parviflora*) emerged from seeds were cultivated in controlled conditions. After 7 and 14 days of cultivation the growth parameters were examined (number of leaves, length, fresh and dry weight of shoots). Plants were evaluated in terms of balanced growth of seedlings in replications. After 7 days of cultivation weeds emerged from seedlings had good parameters of growth and development to use their to the growth tests. The most balanced growth of seedlings was observed in *Chenopodium album* then in *Viola arvensis* and *Matricaria chamomilla*. The growth of seedlings after 14 days of cultivation was less balanced. Among the seedlings emerged from the seeds of tested weeds, the less differences in growth parameters were in *Chenopodium album*, next in *Rumex crispus*. The results demonstrated that growth of *Chenopodium album* emerged from seedlings was most balanced then emerged from seeds.

KEY WORDS: weeds, the growth tests, seeds, seedlings

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Maria Jędruszczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie



**Grzegorz Kulczycki<sup>1</sup>, Rafał Januszkiewicz<sup>2</sup>, Artur Jachymczak<sup>2</sup>**

**THE EFFECT OF FOLIAR APPLIED FERTILIZER EKOLIST  
ON THE YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION  
OF SPRING WHEAT**

**WPLYW NAWOZÓW DOLISTNYCH EKOLIST NA PLON  
I SKŁAD CHEMICZNY PSZENICY JAREJ**

*<sup>1</sup>Department of Plant Nutrition, Wrocław University of Environmental and Life Sciences  
Katedra Żywnienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*<sup>2</sup>EKOPLON S.A., Grabki Duże*

Pot experiment was conducted in Wagner type pots, 5 kg of soil capacity. It was established on the soil of light loam type containing 22% of clay fraction. The plant subjected to investigation was spring wheat of Triso cultivar harvested in full maturity stage. There were introduced two levels of nitrogen fertilization 0,8 g (N-1) and 1,6 g (N-2) per pot and spring wheat, grown on both N-fertilized soils, underwent foliar application of Ekolist fertilizers (Mikro Z, Mono Cu and Mono Mn). Control object involved plants without the latter fertilizer. Examination proved that grain yield and thousand seed weight did significantly increase which resulted from foliar application of Mikro Z and Ekolist Mono Mn preparations. There was recorded that foliar application of Mono Mn and Cu considerably effected on increased content of these elements in straw. Foliar application of Ekolist fertilizers increased uptake of the examined macro- and microelements by spring wheat grain.

KEY WORDS: foliar application of fertilizers, microelements, spring wheat, pot experiment

## INTRODUCTION

In intensive plant production foliar application of fertilizers is an important element conditioning high yield of plants featuring advantageous qualitative properties. Whether the plants appropriately use nutrients provided while spraying depends on a number of factors. The most important ones involve quantitative and qualitative chemical composition of foliar fertilizer, suitable for particular plant species, containing easily absorbable

---

For citation – Do cytowania: Kulczycki G., Januszkiewicz R., Jachymczak A., 2009. The effect of foliar applied fertilizer ekolist on the yield and chemical composition of spring wheat. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 19–28.

forms of its components, as well as spraying plants in their development stages enabling maximum absorption of components from fertilizers [Alexander1986, Michałojć and Szewczuk 2003, Wójcik 2004]. To provide microelements through foliar application of fertilizer mono- and multicomponent fertilizers can be made use of. Monocomponent fertilizers are recommended as interventional use when the symptoms of particular component insufficiency can be observed, while multi-component ones find their application in prophylaxis [Szewczuk and Michałojć 2003]. In our investigation regarding pot experiment there were assessed foliar microelement fertilizers in spring wheat cultivation. Grain yield and chemical composition of grain and straw determined the criterion of quality of fertilizers applied.

## MATERIALS AND METHODS

Pot experiment was done in four replications in Wagner type pots of 5 kg soil capacity. The soil was light loam of 6,9 pH assayed in 1 M KCl·dm<sup>-3</sup>, containing 22% silt and clay fraction (<0,02 mm). Soluble macroelements forms content in soil ranged: phosphorus–very high (184 mg·kg<sup>-1</sup>), potassium–medium (145 mg·kg<sup>-1</sup>) and magnesium–medium (52 mg·kg<sup>-1</sup>). Phosphorus and potassium in soil were assayed according to Egner–Riehm method, while magnesium by Schachtschabel method. The data recorded for soluble microelements forms were as follows: manganese–low (65 mg·kg<sup>-1</sup>), copper–medium (6,2 mg·kg<sup>-1</sup>) and zinc–high (42 mg·kg<sup>-1</sup>). Microelements were assayed using Rinkins method, shaking soil in 1 M HCl·dm<sup>-3</sup>. The plants subjected to testing were spring wheat of Triso cultivar harvested in full maturity stage. Spring wheat sowing was preceded by soil fertilization with: nitrogen in the form of ammonium nitrate in two doses 0,8 g N per pot (N-1) and 1,6 g N per pot (N-2), phosphorus dosed 0,5 g P per pot, potassium in the dose 0,75g per pot in the form of K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> and magnesium amounting 0,3 g Mg per pot in the form of MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. Within the frames of two N-fertilizing levels there was introduced foliar application of Ekolist fertilizers involving two monocomponent and one multicomponent fertilizer. Ekolist Mikro Z contained the following amounts, in percentage by weight, of macroelements: N – 4%, Mg – 5%, S – 4,3% and microelements: Cu – 0,35%, Zn – 0,90%, Mn – 0,98%, B – 0,16%, Fe – 1,0% and Mo – 0,005%. In our investigation microelement monocomponent fertilizers were represented by Ekolist Mono Cu containing 6% Cu and 3% S, as well as by Ekolist Mono Mn containing 11,4% Mn and 5% S. Foliar application of fertilizer was done by hand operated sprayer using 10% water solution of fertilizer (each pot was provided with 10 cm 10% Ekolist solution in appropriate term of fertilization). Ekolist fertilizers were applied three times during spring wheat growth, within determined phenological stages: I term – tillering, II term – shooting and III term – earing. Control object established for the experiment did not undergo any foliar spraying. After the experiment had been conducted grain and straw were ground and subjected to dry mineralization. Ash obtained in that way allowed to prepare basic solution. There were assayed contents of the following elements in previously mineralized solution: P-according to colorimetry method, K, Ca, Na by flame photometry method. Magnesium, manganese and copper assayed using atom-absorption spectrophotometry method. Total nitrogen in plant

material previously subjected to wet mineralization with salicylic–sulphuric acid was assayed by Kjeldahl method. Yield and chemical analysis results underwent statistical elaboration using analysis of variance with Tukey semi-interval for  $\alpha=0,05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

Foliar fertilization with Ekolist Mikro Z and Mono Mn applied to two nitrogen fertilization levels (N-1) and (N-2) did significantly increased grain yield of spring wheat while Ekolist Mono Cu did not result in any considerable change in spring wheat yield as compared to control object (Tab. 1).

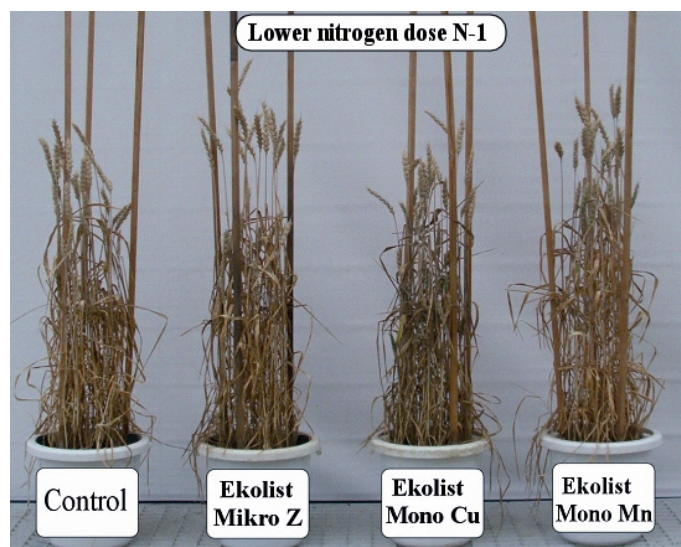
Table 1  
Tabela 1

Grain and straw yield of spring wheat and thousand seed weight (TSW)  
Plon ziarna i słomy pszenicy jarej oraz masa tysiąca ziaren (MTZ)

Objects Obiekty	Grain – Ziarno	Straw – Słoma	TSW – MTZ
	g from pot – g z wazonu		g
N-1			
Control – Kontrola	15.0	31.1	27.1
Ekolist Mikro Z	19.7	32.7	30.5
Ekolist Mono Cu	15.5	29.5	28.8
Ekolist Mono Mn	19.5	33.1	30.2
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	0.67	1.04	1.85
N-2			
Control – Kontrola	16.6	36.5	27.4
Ekolist Mikro Z	23.5	36.8	31.0
Ekolist Mono Cu	18.0	36.0	28.4
Ekolist Mono Mn	23.6	39.1	30.8
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	1.52	1.50	2.15
Mean values for nitrogen fertilization – Średnie dla nawożenia azotem			
N-1	17.4	31.6	29.1
N-2	20.5	37.1	29.4
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	0.55	0.61	n.s. <sup>1)</sup> – r.n.

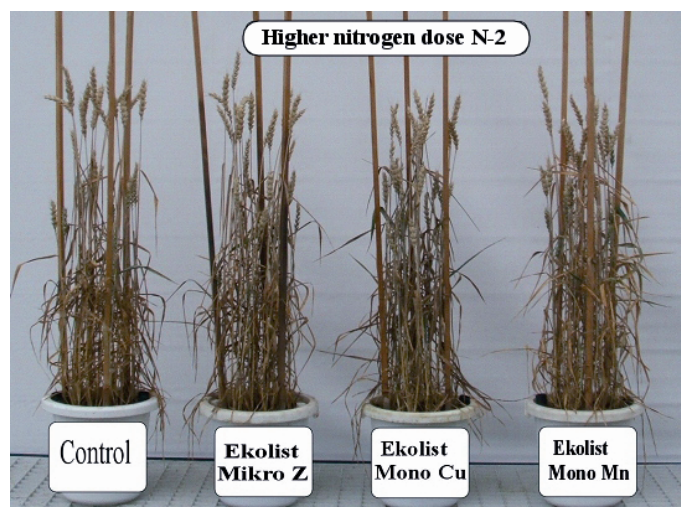
<sup>1)</sup> n.s. = not significant – r.n. = różnica nieistotna

Straw yield obtained by lower nitrogen dose became significantly higher under the influence of Ekolist Mikro Z and Mono Mn fertilization, while Ekolist Mono Cu considerably decreased straw yield of spring wheat. When administered higher nitrogen dose there was recorded significantly higher straw yield after foliar application of Ekolist Mono Mn. Introduction of foliar Ekolists to spring wheat increased thousand seed weight, yet significant differences at two levels of nitrogen fertilization were recorded for Ekolist Mikro Z and Mono Mn. Spring wheat in full maturity stage after foliar application of Ekolists was shown in Photos 1 and 2.



Phot. 1. Effect of foliar application of Ekolist fertilizers on spring wheat provided with lower nitrogen dose

Fot. 1. Wpływ nawożenia dolistnego nawozami Ekolist na pszenicę jara uprawianą na mniejszej dawce azotu



Phot. 2. Effect of foliar application of Ekolist fertilizers on spring wheat provided with higher nitrogen dose

Fot. 2. Wpływ nawożenia dolistnego nawozami Ekolist na pszenicę jara uprawianą na większej dawce azotu

Krauze and Bobrzycka [1988] proved that foliar application of copper in doses 0,2 and 0,4 kg Cu·ha<sup>-1</sup> in 10% urea on the soil featuring low content of soluble form of this component effected on increased spring wheat yield. Songin and Nguyen [1998] when conducting field experiment involving spring wheat subjected to foliar application of multicomponent fertilizer Insol in the first year of investigation recorded significant increase in grain yield, while in the second year they did not obtain considerable increase in grain yield of the examined plant. Foliar application of macro- and microelements to wheat cultivated on silty clay of alkaline reaction (pH 8,3) influenced significant increase in grain yield and thousand seed weight and the most considerable increase in grain yield was achieved when wheat was twice subjected to foliar application of fertilizer [Arif et al. 2006]. Osińska and Kołota [1988] proved that foliar application of Ekolist allowed to obtain high and good quality of vegetable yields at lower level of nitrogen fertilization (100 kg N·ha<sup>-1</sup>) and Ekolist up to 3% concentration was recognized as safe in foliar fertilization. The effect of foliar application of Ekolist to triticale in its shooting stage on protein yield obtained was more efficient at 80 kg N·ha<sup>-1</sup> than 120 kg N·ha<sup>-1</sup> [Domska et al. 1998].

Fertilizing with Ekolists failed to significantly effect on alteration of macroelements content in wheat grain as compared to their content regarding control object (Tab. 2).

Table 2  
Tabela 2

Macro- and microelements content in spring wheat grain  
Zawartość makro- i mikroelementów w ziarnie pszenicy jarej

Objects Obiekty	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu
	[%]					[mg·kg <sup>-1</sup> ]	
N-1							
Control – Kontrola	2.38	0.55	0.74	0.06	0.19	9.7	6.1
Ekolist Mikro Z	2.31	0.50	0.69	0.06	0.18	13.3	9.2
Ekolist Mono Cu	2.32	0.57	0.75	0.06	0.19	8.5	13.4
Ekolist Mono Mn	2.30	0.52	0.65	0.06	0.17	21.6	7.6
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	n.s. – r.n	n.s. – r.n	n.s. – r.n	n.s. – r.n	n.s. – r.n	1.55	0.97
N-2							
Control – Kontrola	3.00	0.55	0.81	0.08	0.21	16.2	7.3
Ekolist Mikro Z	3.08	0.55	0.78	0.07	0.21	19.5	8.2
Ekolist Mono Cu	3.00	0.58	0.80	0.07	0.21	18.5	11.0
Ekolist Mono Mn	3.12	0.58	0.81	0.07	0.20	26.5	6.0
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	n.s. – r.n	n.s. – r.n	n.s. – r.n	n.s. – r.n	n.s. – r.n	2.21	0.98
Mean values for nitrogen fertilization – Średnie dla nawożenia azotem							
N-1	2.33	0.53	0.71	0.06	0.18	13.3	9.07
N-2	3.05	0.56	0.80	0.07	0.21	20.2	8.12
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	0.049	n.s. – r.n.	0.039	n.s. – r.n.	0.009	0.90	0.457

Application of the examined Ekolist at two nitrogen doses significantly increased manganese content in wheat grain (except for the object fertilized with Ekolist Mono Cu at lower nitrogen dose). Copper content in wheat grain did significantly increase as a result of Ekolist fertilization (except for the object provided with Ekolist Mono Mn at higher nitrogen dose). Comparing mean contents of the examined microelements in wheat grain for nitrogen doses applied it was possible to state that higher nitrogen dose considerably increased manganese content and significantly decreased copper content in wheat grain. The results obtained are consistent with investigation by Boratyński and other authors [Boratyński et al. 1976] who reported significant increase in manganese content in wheat grain for higher nitrogen doses and considerable decrease in copper content.

Foliar application of Ekolist Mono Cu markedly increased nitrogen content in wheat straw at lower as well as at higher nitrogen dose (Tab. 3).

Table 3  
Tabela 3

Macro- and microelements in spring wheat straw  
Zawartość makro- i mikrośladników w słomie pszenicy jarej

Objects Obiekty	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu
	[%]					[mg·kg <sup>-1</sup> ]	
N-1							
Control – Kontrola	1.17	0.18	4.12	0.80	0.25	27	21
Ekolist Mikro Z	1.16	0.14	3.85	0.69	0.32	265	119
Ekolist Mono Cu	1.58	0.23	4.12	0.73	0.23	52	1604
Ekolist Mono Mn	1.16	0.14	3.77	0.63	0.17	1797	37
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	0.147	0.023	0.132	0.049	0.024	12.7	47.0
N-2							
Control – Kontrola	1.86	0.22	4.04	0.80	0.30	37	23
Ekolist Mikro Z	1.80	0.16	3.93	0.75	0.34	261	132
Ekolist Mono Cu	2.29	0.23	4.14	0.80	0.29	32	1611
Ekolist Mono Mn	1.61	0.14	3.88	0.77	0.24	1747	25
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	0.075	0.026	0.163	0.040	0.043	35.2	54.5
Mean values for nitrogen fertilization – Średnie dla nawożenia azotem							
N-1	1.26	0.17	3.96	0.71	0.24	535	445
N-2	1.89	0.19	4.00	0.78	0.29	519	448
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	0.11	n.s. – r.n.	n.s. – r.n.	0.02	0.016	n.s. – r.n.	n.s. – r.n.

Lower contents of macroelements in wheat straw as compared to control object were assayed after foliar application of Ekolist Mono Mn and Mikro Z to spring wheat (except for manganese whose concentration in straw increased under the influence of Ekolist Mikro Z). Sprayed Ekolist Mono Mn increased manganese content in wheat straw 66 times at lower nitrogen dose and 47 times in relation to that element content in control object straw. Similar relations were observed for Ekolist Mono Cu fertilization which increased copper content 76 times at lower nitrogen dose and 70 times at higher one in



comparison to control data. Considering mean contents of the examined microelements in wheat straw for nitrogen doses applied it was recorded that increased nitrogen dose did not effect in significant alteration in manganese and copper content in wheat straw.

Jurkowska [1984] reports that nitrogen doses causing significant increase in grain yield can, as a result of dilution, decrease copper content in plants. Nitrogen fertilization in soils containing small amounts of copper diminishes its content in plants, while on soils rich in copper, on the contrary, it increases copper content. Chaudhry and Lonergan [1970] claimed that nitrogen fertilization applied to wheat decreased copper and zinc content in the course of plant growth. Insufficiency regarding those elements resulted in decreased grain yield and increased straw yield of the examined plant. Błazik and Chwil [2003] report that application of multi-component foliar fertilizer Wuxal top N decreased Cu content in grain as well as manganese content in straw.

Foliar application of Ekolist increased macroelement uptake with spring wheat grain in relation to macro-element uptake with grain recorded for control object (Tab. 4). Comparing to the remaining fertilizers, spraying wheat with Ekolist Mono Cu effected lower uptake of macroelements with grain. For both levels of nitrogen fertilization the highest manganese uptake with grain was recorded for the object fertilized with Ekolist Mono Mn, while that regarding copper took place when Ekolist Mono Cu was applied. High nitrogen dose did not differentiate copper uptake with grain yet it significantly increased the uptake of manganese.

Table 4  
Tabela 4

Macro- and microelements uptake with spring wheat grain  
Pobranie makro- i mikrośladników z ziarnem pszenicy jarej

Objects Obiekty	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu
mg from pot – mg z wazonu							
N-1							
Control – Kontrola	356	83	110	9.0	27.6	0.15	0.09
Ekolist Mikro Z	454	98	135	11.8	34.9	0.26	0.18
Ekolist Mono Cu	359	88	116	9.3	29.0	0.13	0.21
Ekolist Mono Mn	448	101	126	11.7	32.6	0.42	0.15
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	21.5	9.2	11.3	0.41	3.12	0.027	0.019
N-2							
Control – Kontrola	498	91	135	13.3	35.0	0.27	0.12
Ekolist Mikro Z	724	129	183	16.5	48.7	0.46	0.19
Ekolist Mono Cu	541	104	143	12.6	37.9	0.33	0.20
Ekolist Mono Mn	737	138	191	16.5	46.7	0.63	0.14
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	53.7	22.5	25.5	1.12	4.89	0.054	0.019
Mean values for nitrogen fertilization – Średnie dla nawożenia azotem							
N-1	404	92	122	10.4	31.1	0.24	0.16
N-2	625	116	163	14.7	42.1	0.42	0.16
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	19.3	8.1	9.3	0.39	1.93	0.024	n.s. – r.n.

The highest nitrogen uptake with wheat straw at two nitrogen levels was recorded for wheat fertilized with Ekolist Mono Cu (Tab. 5).

Table 5  
Tabela 5

Macro- and microelements uptake with spring wheat straw  
Pobranie makro- i mikrośkładników ze słomą pszenicy jarej

Objects Obiekty	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu
mg from pot – mg z wazonu							
N-1							
Control – Kontrola	363	55.9	1279	248	76	0.83	0.66
Ekolist Mikro Z	380	46.6	1259	226	103	8.66	3.90
Ekolist Mono Cu	465	69.2	1216	215	67	1.54	47.3
Ekolist Mono Mn	382	44.6	1246	207	56	59.41	1.21
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	47.3	6.39	53.8	13.9	7.5	0.754	1.74
N-2							
Control – Kontrola	680	81.1	1471	289	109	1.35	0.83
Ekolist Mikro Z	662	57.9	1445	274	126	9.59	4.86
Ekolist Mono Cu	826	80.9	1488	287	105	1.15	57.9
Ekolist Mono Mn	630	52.8	1518	300	94	68.4	0.96
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	41.2	8.4	51.9	18.8	16.4	1.28	0.895
Mean values for nitrogen fertilization – Średnie dla nawożenia azotem							
N-1	397	54.1	1250	224	76	17.6	13.3
N-2	699	68.2	1480	288	108	20.1	16.1
LSD <sub>0,05</sub> – NIR <sub>0,05</sub>	20.9	3.52	24.9	7.9	6.0	0.50	0.65

Foliar application of Ekolist Mikro Z and Mono Mn at higher nitrogen level resulted in decreased nitrogen and phosphorus uptake through straw in comparison to control object. Both levels of nitrogen fertilization featured the highest uptake of manganese with straw for the object fertilized with Ekolist Mono Mn and the one regarding copper – for the object provided with Ekolist Mono Cu. Higher nitrogen dose significantly increased copper and manganese uptake with wheat straw.

## CONCLUSIONS

In the conditions of pot experiment conducted the highest grain yield and thousand seed weight was obtained for spring wheat provided with foliar application of Ekolist Mikro Z and Ekolist Mono Mn fertilizers. The effect of yield increase for Ekolist Mono Mn can be explained by low content of manganese soluble form in soil, as well as neutral soil reaction in which availability of this microelement to plants is lower. Foliar application of Ekolist Mono Cu increased grain yield only at higher nitrogen dose, yet that increase was not considerable as compared to grain yield from control object.

Under the influence of foliar application of Ekolist Mono Mn and Cu there was recorded significant increase in the content of those elements in straw. Fertilization with Ekolists resulted in increased uptake of the examined macroelements and microelements by spring wheat grain.

## REFERENCES

- Alexander A., 1986. Optimum timing of foliar nutrient sprays. Proc. First Int. Symp. Foliar Fer. Schering: 44–58.
- Arif M., Chohan A.M., Ali S., Gul R., Khan S., 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. *Journal of Agricultural and Biological Science* 1, 4: 30–34.
- Błazik J., Chwil S., 2003. Wpływ dolistnego dokarmiania na zawartość mikroelementów w pszenicy ozimej, przy różnych poziomach nawożenia mineralnego. *Acta Agrophysica*. 85: 39–44.
- Boratyński K., Wilk K., Ziętecka M., Staniszevska J., 1976. Zawartość miedzi, manganu i cynku w różnych fazach rozwojowych pszenicy ozimej w zależności od poziomu nawożenia mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 179: 131–139.
- Chaudhry F.M., Loneragan J.F., 1970. Effects of nitrogen, copper, and zinc fertilizers on the copper and zinc nutrition of wheat plants. *Australian Journal of Agricultural Research*, 21(6): 865–879.
- Domska D., Bobrzecka D., Wojtkowiak., Procyk Z., Sokołowski Z., 1998. Plonowanie pszenżyta i wartość odżywcza ziarna w warunkach dolistnego dokarmiania nawozami wieloskładnikowymi. *Fol. Univ. Agric. Stetin. 190 Agricultura*, 72: 55–61.
- Jurkowska H., 1984. Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość miedzi w roślinach. *Prace Komisji Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego nt. Pobieranie miedzi przez rośliny i jej związek z niektórymi właściwościami gleby*. PTG Warszawa.
- Krauze A., Bobrzycka D., 1988. Reakcja pszenicy ozimej na dolistne nawożenie azotem i miedzią. *Seminarium Naukowe nt. Dolistne dokarmianie i ochrona roślin w świetle badań i doświadczeń praktyki rolniczej*. 13–14 XII 1988. IUNG Puławy.
- Michałojć Z., Szewczuk C., 2003. Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophys.* 85: 9–17.
- Osińska M., Kołota E., 1988. Wykorzystanie Ekolistu w nawożeniu dolistnym warzyw polowych, uprawnych przy różnych dawkach azotu. *Fol. Univ. Agric. Stetin. 190 Agricultura*. 72: 247–25.
- Songin H., Nguyen V.D., 1998. Wpływ dolistnego dokarmiania azotem i Insolem-3 na strukturę łanu i plon ziarna pszenicy jarej. *Fol. Univ. Agric. Stetin. 190 Agricultura*, 72: 271–276.
- Szewczuk C., Michałojć Z., 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophys.* 85: 19–29.
- Wójcik P., 2004. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 201–218.

## WPLYW NAWOZÓW DOLISTNYCH EKOLIST NA PLON I SKŁAD CHEMICZNY PSZENICY JAREJ

### Streszczenie

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w wazonach typu Wagnera o pojemności 5 kg gleby. Podłożem użytym w eksperymencie była glina lekka zawierająca 22% części spławianych. Rośliną testowaną była pszenica jara odmiany Triso, którą zebrano w fazie dojrzałości pełnej. W schemacie doświadczenia w ramach dwóch poziomów nawożenia azotem 0,8 g (N-1) i 1,6 g (N-2) na wazon stosowano na pszenicę jarą nawożenie dolistne nawozami Ekolist (Mikro Z, Mono Cu i Mono Mn). W doświadczeniu uwzględniono obiekt kontrolny, na którym nie stosowano dolistnego nawożenia. Przeprowadzone badania wykazały, że plon ziarna oraz masa tysiąca ziaren pszenicy jarej istotnie wzrastała pod wpływem nawożenia dolistnego preparatami Ekolist Mikro Z i Ekolist Mono Mn. Pod wpływem nawożenia dolistnego Ekolistami Mono Mn i Cu stwierdzono znaczny wzrost zawartości tych pierwiastków w słomie. Nawożenie Ekolistami zwiększało pobranie badanych makroelementów i mikroelementów przez ziarno pszenicy jarej.

SŁOWA KLUCZOWE: dokarmianie dolistne, mikroelementy, pszenica jara, doświadczenie wazonowe

Reviewer – Recenzent: Wiesław Bednarek, Prof. Dr. Sci., University of Life Sciences in Lublin

Ewa Lenard<sup>1</sup>, Karol Wolski<sup>2</sup>, Aneta Buczma<sup>2</sup>

**JEDNOROCZNE OBSERWACJE FENOLOGICZNE  
TAWUŁ UPRAWIANYCH NA TERENIE WROCLAWIA**  
**ANNUAL PHENOLOGICAL OBSERVATIONS  
OF THE MEADOW-SWEET SPECIMENS GROWING  
IN THE AREA OF WROCLAW**

<sup>1</sup>*Muzeum Przyrodnicze, Uniwersytet Wrocławski*

*Museum of Natural History, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

<sup>2</sup>*Katedra Łąkarstwa i Kształtowania terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

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

Rodzaj *Spiraea* zajmuje ważne miejsce wśród zieleni miejskiej. W 2008 roku obserwacjami fenologicznymi objęto 16 gatunków i odmian tawułów rosnących w warunkach wielkomiejskich Wrocławia. Stwierdzono duży wpływ zróżnicowanych warunków siedliskowych na rozwój krzewów tego samego gatunku. Na stanowiskach słonecznych i osłoniętych kwitnienie było obfitsze, liście ładniej przebarwiały się jesienią, jednak poszczególne fazy rozwojowe trwały krócej niż na stanowiskach cienistych i przewiewnych. Znajomość aktualnej w stosunku do zmieniającego się klimatu dynamiki rozwojowej powszechnie uprawianych taksonów jest istotna dla projektantów terenów zieleni. Wcześniej niż zwykle zakwitły *S. betulifolia*, *S. nipponica* i *S. xvanhouttei*, co może się wiązać z ociepleniem klimatu.

SŁOWA KLUCZOWE: *Spiraea*, spektrum fenologiczne, fenologiczne pory roku, Wrocław, oddziaływanie czynników siedliskowych

## WSTĘP

Krajobraz dużych miast, takich jak Wrocław, tworzony jest przez człowieka. W wyniku intensywnej zabudowy, obciążeń komunikacyjnych i zbyt szczupłej powierzchni zieleni pogarsza się jakość życia mieszkańców dużych aglomeracji miejskich. Wielu ludzi nie docenia wielorakich funkcji zieleni i uznaje tylko jej walory dekoracyjne. Tym czasem człowiek nie może być pozbawiony kontaktu z przyrodą, która do pewnego stopnia łagodzi schorzenia cywilizacji.

Wrocław położony jest w południowo-zachodniej części Polski, w centrum Równiny Wrocławskiej. Średnia temperatura roczna powietrza wynosi 8–8,5°C, średnia najzimniejszego miesiąca, stycznia od –2 do 1,5°C, najcieplejszego, lipca od 17,5 do 18°C. Ostatnie przymrozki wiosenne zdarzają się na przełomie kwietnia i maja. Pierwsze przymrozki jesienne przypadają w trzeciej dekadzie października. Okres wegetacyjny trwa przeciętnie 226 dni i należy do najdłuższych w Polsce [Dubicki 2006]. Suma roczna opadów atmosferycznych we Wrocławiu wynosi 550–600 mm, przy czym opady półrocza ciepłego zawierają się w przedziale 350–400 mm, a opady półrocza chłodnego w przedziale 200–300 mm [Wojniak 1997]. Warunki klimatyczne Wrocławia różnią się znacznie od naturalnego klimatu terenów wiejskich. W porównaniu do klimatu okolic miast uległ on niekorzystnym zmianom. Jest on cieplejszy, suchszy i bardziej nasycony szkodliwymi składnikami [Baumann 1991]. Szacuje się, że zanieczyszczeń pyłowych jest do 10 razy więcej, całkowite promieniowanie słoneczne jest nawet do 20% mniejsze, a średnia roczna temperatura może być podwyższona o 0,5–3,0°C [Dubicka i Szymanowski 2001]. W samym Wrocławiu wilgotność powietrza jest niższa niż w jego otoczeniu, mimo obecności Odry, jej dopływów i kanałów. Średnia różnica wynosi ok. 9% [Czerwiński 1991].

Ważne miejsce w zieleni miejskiej zajmuje rodzaj *Spiraea*. Do rodzaju tego należy około 100 gatunków krzewów występujących na półkuli północnej [Seneta i Dolatowski 2008]. Tawuły nie mają wielkich wymagań glebowych, tolerują niezbyt zasobne gleby i półcieniste stanowiska. Z reguły dobrze znoszą suszę, są odporne na zanieczyszczenia powietrza i gleby. Jest to rodzaj, któremu warto poświęcić więcej uwagi.

Celem pracy było szczegółowe zbadanie faz rozwojowych oraz kolorystyki odmian barwnolistnych, rosnących we Wrocławiu gatunków i odmian tawuły, ze zwróceniem uwagi na zróżnicowanie dynamiki rozwojowej pod wpływem zewnętrznych czynników siedliskowych. Tego rodzaju wyniki mogą okazać się pomocne projektantom terenów zieleni w dużych aglomeracjach miejskich.

## MATERIAŁ I METODY

Obserwacjami objęto 16 gatunków i odmian tawuły, reprezentantów wszystkich 3 sekcji, na które dzieli się rodzaj (tab. 1). Przedstawiciele pierwszych dwóch sekcji – *Chamaedryon* i *Calospira* to gatunki azjatyckie i euroazjatyckie oraz ich mieszańce. Sekcję *Spiraria* reprezentują dwa gatunki północnoamerykańskie i mieszaniec jednego z nich z gatunkiem euroazjatyckim. Ich obecność w uprawie jest różna – od spotykanych tylko w kolekcjach ogrodów botanicznych, poprzez powszechnie dziś uprawiane do tych, które kiedyś były często stosowane, teraz są jakby zapomniane [Rolloff i Bärtels 1996, Bugała 2000, Miller 2003, Latocha 2006, Seneta i Dolatowski 2008].

Tabela 1

Table 1

Objęte badaniami taksony z rodzaju *Spiraea*, ich pochodzenie i podział na sekcje  
The studied taxa from the genus *Spiraea*, their origin and division into sections

Sekcja Section	Nazwa taksonu Name of the taxon	Pochodzenie Origin	Powszechność w uprawie Frequency of cultivation
Chamaedryon	<i>S.</i> 'Arguta'	mieszaniec <i>S. thunbergii</i> z gatunkami eurazjatyckimi	dawniej często
	<i>S. chamaedryfolia</i> L.	pd.-wsch. Europa oraz Syberia i pn.-wsch. Azja	dawniej często
	<i>S.</i> 'Grefsheim'	od gatunków eurazjatyckich	bardzo często
	<i>S. nipponica</i> Maxim.	Azja (Japonia)	często
	<i>S. prunifolia</i> Sieb. & Zucc	Azja (Chiny, Korea)	rzadko
	<i>Spiraea thunbergii</i> Sieb.	Azja (Chiny, Japonia)	rzadko
	<i>S. xvanhouttei</i> (Briot) Zabel	od gatunków azjatyckich	często
Calospira	<i>S. betulifolia</i> 'Tor'	gatunek azjatycki	rzadko
	<i>S. japonica</i> 'Anthony Waterer'	gatunek azjatycki	bardzo często
	<i>S. japonica</i> 'Golden Princess'	– –	bardzo często
	<i>S. japonica</i> 'Goldflame'	– –	bardzo często
	<i>S. japonica</i> 'Goldmound'	– –	bardzo często
	<i>S. japonica</i> 'Macrophylla'	– –	rzadko
Spiraria	<i>S. alba</i> Du Roi	Ameryka Pn.	rzadko
	<i>S. douglasii</i> Hook.	Ameryka Pn.	rzadko
	<i>S. x pseudosalicifolia</i> Silverside	mieszaniec <i>S. douglasii</i> z gat. eurazjatyckim	często

Wymienione gatunki obserwowano na 24 stanowiskach różniących się stopniem oddziaływania miasta, nasłonecznieniem i wilgotnością gleby (tab. 2). Gleby na wszystkich badanych stanowiskach to gleby urbanoziemne. Oceniając natężenie antropopresji w skali trzystopniowej, od największego do najmniejszego stanowiska, należy wymienić w następującej kolejności:

- I bardzo duże: ul. Powstańców Śląskich, ul. Henryka Sienkiewicza i ul. Strzegomska  
II średnie: ul. W. Kraińskiego i teren zieleni przy Herbarium Uniwersytetu Wrocławskiego  
III małe: Park im. Stanisława Tołpy, Ogród Botaniczny i Park im. Juliusza Słowackiego.

Na stanowisku w Ogrodzie Botanicznym tawuły rosły swobodnie i pojedynczo (na kwaterze w dziale systematyki roślin). Wszystkie oprócz t. Thunberga, były przycinane. W Herbarium sytuacja była podobna, ale krzewy nie były strzyżone. Krzewy tawuły japońskiej na Nowym Dworze rosły pojedynczo, na rabacie z ozdobnymi jałowcami, posadzone 2 lata temu w ramach zagospodarowania terenu zieleni przy 4-piętrowych, nowych blokach. Tawuły na tym stanowisku były umiarkowanie przycinane. Tawułę nibywierzbiolistną wysadzono jako strzyżony żywopłot wzdłuż ul. Strzegomskiej. Krzewy przy ulicach H. Sienkiewicza i W. Kraińskiego zastosowano jako rośliny okrywowe na powierzchniach od 4 do 9 m<sup>2</sup> – tawuła norweska była przycinana umiarkowanie, t. japońska

'Anthony Waterer' mocno. Jako rośliny okrywowe posadzono również tawuły obserwowane w Parku im. St. Tołpy. Tawuła Van Houtte'a nie była cięta, tawułę japońską cięto umiarkowanie, t. nipponica była cięta bardzo mocno (na wys. ok. 35 cm). Tawuła Van Houtte'a w Parku im. J. Słowackiego sąsiadowała z grupą cisów (*Taxus baccata*) – w odległości ok. 1,5 m, z lipą drobnolistną (*Tilia cordata*) w wieku ok. 70 lat i z około 100-letnim klonem pospolitym (*Acer platanoides*) – oba drzewa w odległości 2–2,5 m od krzewów tawuły. Krzewy nie były cięte.

Na stanowiskach o różniących się warunkach siedliskowych obserwowano cztery taksony: *S.* 'Grefsheim', *S. japonica* 'Anthony Waterer', *S. j.* 'Goldmound' i *S* × *vanhouttei* (tab. 2).

Tabela 2

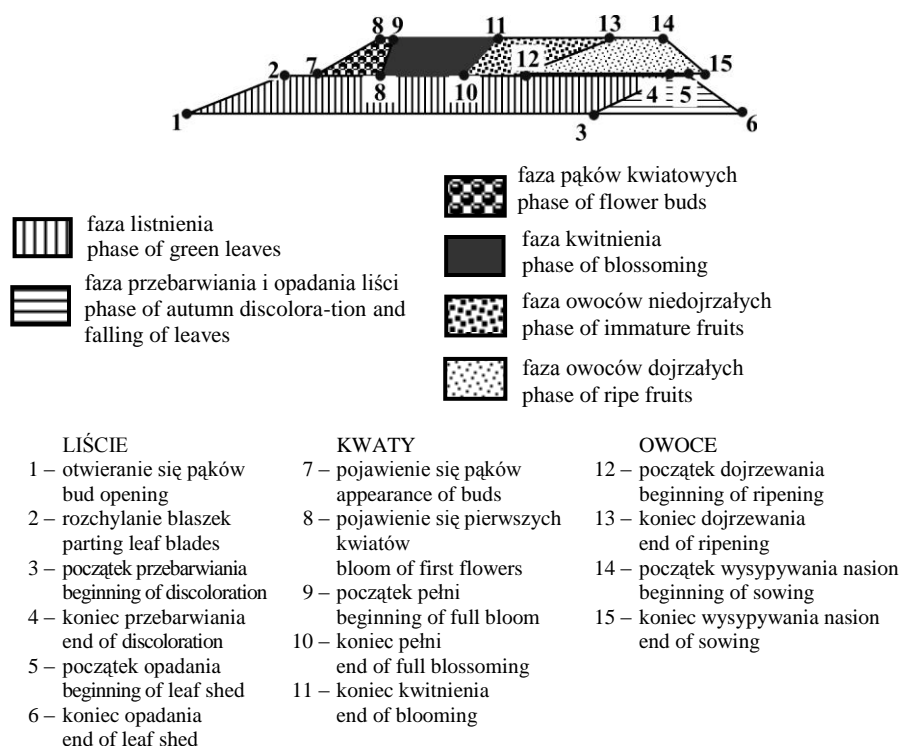
Table 2

Wykaz gatunków i stanowisk obserwowanych tawuł  
A list of species and locations of the meadow-sweet specimens under observations

Gatunek – Odmiana Species – Cultivar	Lokalizacja Location	Opis stanowiska Description of a site
<i>S. alba</i> Du Roi	Ogród Botaniczny	słoneczne, suche
<i>S.</i> 'Arguta'	Ogród Botaniczny	słoneczne, suche
<i>S. betulifolia</i> 'Tor'	Ogród Botaniczny	słoneczne, gleba świeża, osłonięte
<i>S. chamaedryfolia</i> L.	Ogród Botaniczny	słoneczne, suche
<i>S. douglasii</i> Hook.	Ogród Botaniczny	słoneczne, suche
<i>S.</i> 'Grefsheim'	Nowy Dwór	słoneczne, ul. o małym natęż. ruchu
– –	Herbarium	słoneczne, otoczone pow. trawiastą
– –	Herbarium	cieniste, otoczone pow. trawiastą
– –	ul. H.Sienkiewicza	słoneczne, ul. o dużym natęż. ruchu
<i>S. japonica</i> 'Anthony Waterer'	ul. W.Kraińskiego	słoneczne, ul. o średnim natęż. ruchu
– – – –	Park im. St. Tołpy	cieniste, przy alei spacerowej
<i>S. japonica</i> 'Golden Princess'	Ogród Botaniczny	słoneczne, gleba świeża
<i>S. japonica</i> 'Goldflame'	Ogród Botaniczny	słoneczne, suche
<i>S. japonica</i> 'Goldmound'	Ogród Botaniczny	słoneczne, osłonięte, gleba świeża
– – –	Herbarium	słoneczne, otoczone pow. trawiastą
– – –	ul. Strzegomska	słoneczne, ulica o dużym natężeniu ruchu, przewiewne
<i>S. japonica</i> 'Macrophylla'	Ogród Botaniczny	słoneczne, suche
<i>S. nipponica</i> Maxim.	Park im. St. Tołpy	słoneczne, przy alei spacerowej
<i>S. prunifolia</i> Sieb. & Zucc	Ogród Botaniczny	słoneczne, suche
<i>S. ×pseudosalicifolia</i> Silverside	ul. Strzegomska	słoneczne, ul. o dużym natęż. ruchu
<i>Spiraea thunbergii</i> Sieb.	Ogród Botaniczny	półcieniste, niedaleko stawu
<i>S. ×vanhouttei</i> (Briot) Zabel	Park im. St. Tołpy	słoneczne, przy alei spacerowej
– –	Park im. St. Tołpy	półcieniste, przy alei spacerowej
– –	Park im. J. Słowackiego	cieniste, przy alei spacerowej, w grupie innych roślin, suche



Badania fenologiczne prowadzono wg metody Łukasiewicza [1984], ale z modyfikacją wymuszoną warunkami wielkomiejskimi [Łukasiewicz 1999] – niemożliwe było wyraźne oddzielenie fazy jesiennego przebarwiania się liści od fazy ich opadania (rys. 1). Obserwacje prowadzono z częstotliwością pięcio- lub sześciodniową, w lipcu i sierpniu w odstępach dziesięciodniowych.

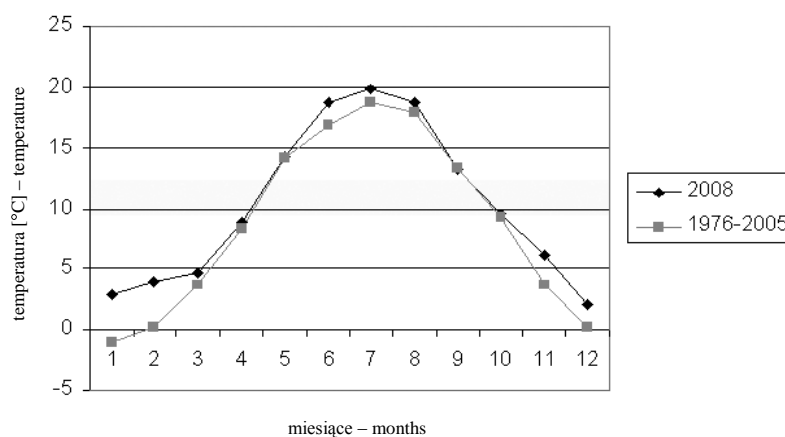


Rys. 1. Spektrum fenologiczne wg Łukasiewicza [1984], zmodyfikowane  
 Fig. 1. The phenological spectrum acc. to Łukasiewicz [1984], changed

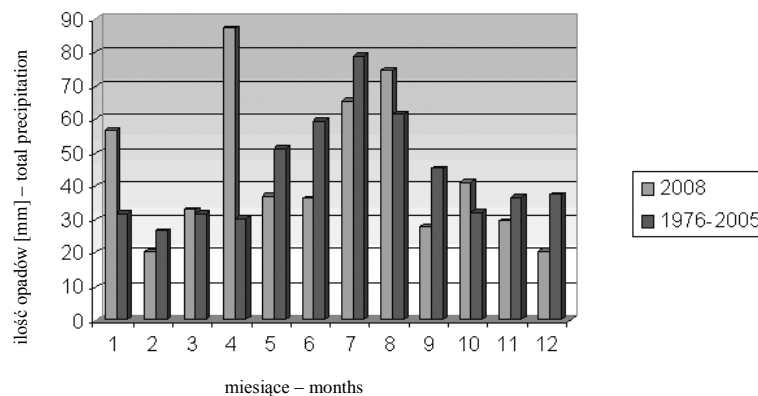
Daty wyznaczające początki fenologicznych pór roku przyjęto według metody Łukasiewicza i Górskiej-Zajązkowskiej [1983]. Kształtowanie się temperatury i ilość opadów we Wrocławiu w roku 2008 przedstawiono za pomocą wykresów. Granice faz rozwojowych i ich długość określono na tle kolejnych fenologicznych pór roku występujących we Wrocławiu w 2008 roku.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Rok 2008 we Wrocławiu był rokiem ciepłym. Średnie miesięczne temperatury odnotowano równe lub wyższe od średnich wieloletnich (rys. 2). Cieplesza była zwłaszcza zima, gdzie średnie temperatury zarejestrowano wyższe nawet o 2–3°C od średnich wieloletnich. Opady w 2008 roku we Wrocławiu, w porównaniu do sum wieloletnich, były zmienne. Miesiącami o wyższych niż średnio opadach był styczeń, marzec, kwiecień, sierpień i październik. Pozostałe miesiące charakteryzowały się opadami niższymi niż miesięczne sumy z wielolecia 1976–2005 (rys. 3).

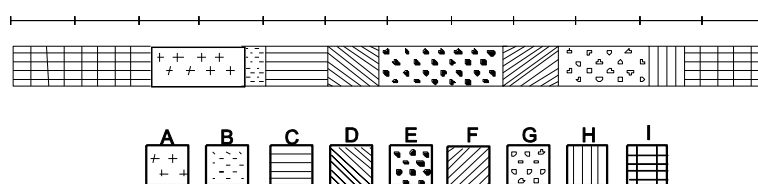


Rys. 2. Średnie miesięczne temperatury (dane meteorologiczne ze stacji Wrocław-Swojec)  
Fig. 2. Mean monthly air temperatures (meteorological data from the Wrocław-Swojec station)



Rys. 3. Miesięczne sumy opadów w roku 2008 i średnie sumy wieloletnie (dane meteorologiczne ze stacji Wrocław-Swojec)  
Fig. 3. Monthly total precipitation in 2008 and mean many years' totals (meteorological data from the Wrocław-Swojec station)

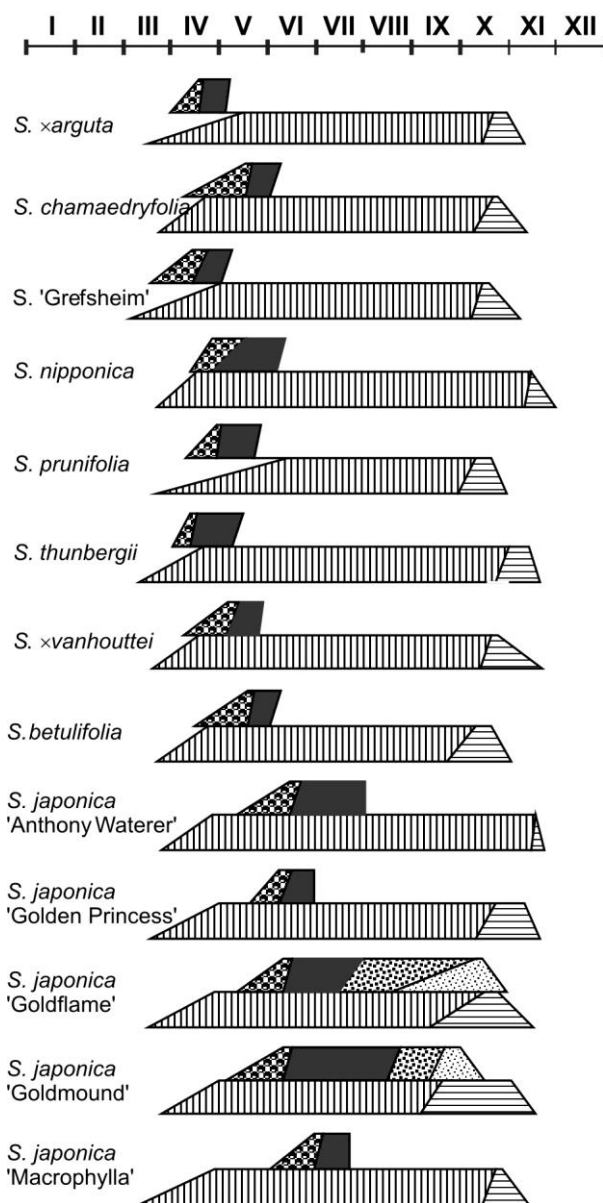
Przebieg fenologicznych pór roku 2008 przedstawia rysunek 4. Najdłuższą porą roku była zima, która trwała 106 dób, a po niej jesień – 89 dób. Przedwiośnie zaczęło się na początku marca i trwało 45 dób. Wczesna wiosna była najkrótszą porą roku i trwała tylko 11 dób. Nastąpiła po obfitych kwietniowych opadach, którym towarzyszył ciągły wzrost temperatury. Późna wiosna rozpoczęła się w końcu kwietnia i trwała przez 31 dób. Wczesne lato trwało 25 dób. Towarzyszyły mu pogarszające się warunki wilgotnościowe, wywołane niedostateczną ilością opadów, wskutek czego późne lato rozpoczęło się dość szybko. Trwało aż 60 dni dzięki korzystnym warunkom termiczno-wilgotnościowym w miesiącu sierpniu. Wczesna jesień trwała 29 dni, natomiast pełna jesień aż 44 dni. Późna jesień trwała krótko, bo tylko 18 dni.



Rys. 4. Przebieg fenologicznych pór roku we Wrocławiu w roku 2008: A – przedwiośnie (05.03), B – wczesna wiosna (19.04), C – późna wiosna (30.04), D – wczesne lato (30.05), E – późne lato (24.06), F – wczesna jesień (23.08), G – pełna jesień (20.09), H – późna jesień (03.11), I – zima (20.11)

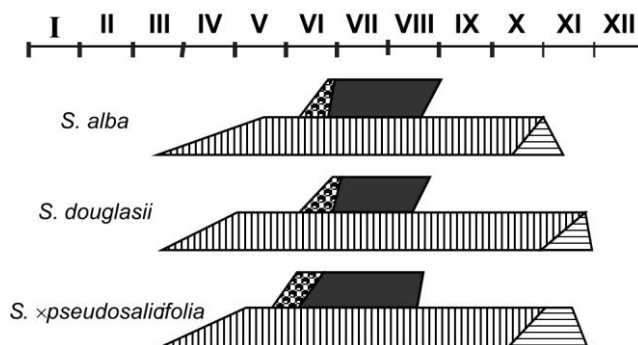
Fig. 4. Consecutive phenological seasons in Wrocław in 2008: A – antespring (from 5 March), B – early spring (19 April), C – late spring (30 April), D – early summer (30 May), E – late summer (24 June), F – early autumn (23 August), G – autumn (20 September), H – late autumn (3 November), I – winter (20 November)

Porównawcze zestawienie diagramów fenologicznych badanych gatunków i odmian tawuł przedstawia rysunek 5a i 5b. Liście najszybciej, na przedwiośniu, rozwinęły się u obserwowanych tawuł z sekcji *Chamaedryon*, w następnej kolejności u tawuł z sekcji *Calospira* i na końcu, późną wiosną, u tawuł z sekcji *Spiraria*. Wyjątkiem od tej reguły zdają się być trzy taksony z sekcji *Chamaedryon* – *Spiraea* 'Arguta', *S. prunifolia* i *S. 'Grefsheim'*. Krzewy te zostały dość mocno przycięte i dłuższa faza rozwoju liści była ich naturalną reakcją. Koniec okresu wegetacji wydaje się być mniej zależny od przynależności danego taksonu do sekcji lub właściwy obraz zostaje zatarty przez wpływ środowiska zewnętrznego. Najwcześniej wegetację zakończyły *S. prunifolia* (sekcja *Chamaedryon*) i *S. betulifolia* 'Tor' (sekcja *Calospira*). U *S. prunifolia* mogło być to związane z bardzo małą ilością opadów w tym okresie – można wnioskować, że gatunek ten jest wrażliwy na suszę. *Spiraea betulifolia* jest powszechnie uprawiana w Skandynawii [Latocha 2006]. Prawdopodobnie zbyt ciepłe stanowisko było przyczyną wczesnego zakończenia wegetacji. W okres zimowego spoczynku najpóźniej weszły *S. Douglasie* i *S. xpsudosalicifolia*, obie z sekcji *Spiraria*. Jednak *S. alba*, należąca do tej samej sekcji, zakończyła wegetację wcześniej. Może nie jest ona na równi odporna na suszę, co dwa pozostałe badane gatunki z tej sekcji. Późno skończyły wegetację również krzewy o liściach późno przebarwiających się – *S. japonica* 'Anthony Waterer' i *S. nipponica*. Zaobserwowano też pewną prawidłowość – krzewy *S. 'Grefsheim'* najpierw tracą liście z pędów tegorocznych. Odwrotnie jest u *S. japonica*. Tu liście na przyrostach tegorocznych utrzymują się na krzewie najdłużej.



Rys. 5a. Spektre fenologiczne badanych gatunków i odmian tawułów z sekcji *Chamaedryon* i *Calospira* w 2008 roku (gatunki w poszczególnych sekcjach uszeregowane alfabetycznie, od góry do dołu); \* – oznacza krzewy przycięte po pełni kwitnienia

Fig. 5a. Phenological spectra of the studied meadow-sweet species and cultivars in the sections *Chamaedryon* and *Calospira* in 2008 (species in particular sections in alphabetical order from top to bottom); \* – shrubs trimmed after the fullness of blooming



Rys. 5b. Spekttra fenologiczne badanych gatunków tawułów z sekcji *Spiraria* w 2008 r.

Fig. 5b. Phenological spectra of the studied meadow-sweet species representing the section *Spiraria* in 2008

Zmiany koloru liści u prawie wszystkich gatunków nastąpiły podczas trwania pełni jesieni – najwcześniej *S. japonica* 'Goldflame' oraz *S. j.* 'Goldmound' (z wyjątkiem krzewu przyszczyżonego, u którego to stadium rozpoczęło się późno), najpóźniej u *S. douglasii*. Jeszcze później, bo dopiero późną jesienią, zaczęły się przebarwiać liście *S. nipponica* i *S. japonica* 'Anthony Waterer'. Ich liście długo pozostawały zielone, a okres przebarwienia i opadania liści trwał krótko. Część liści *S. nipponica* opadła nieprzebarwiona. U *S. douglasii*, *S. alba*, *S. nipponica* i *S. japonica* 'Anthony Waterer' liście zaczęły opadać przed stadium końca przebarwienia się – oba stadia na diagramie fenologicznym częściowo pokryły się. Faza przebarwienia i opadania liści najdłużej trwała u *S. japonica*, z wyjątkiem wspomnianej odmiany 'Anthony Waterer'. Większość gatunków kończyło wegetację w okresie pełnej jesieni. Wegetację najwcześniej zakończyły *S. prunifolia* i *S. betulifolia* 'Tor'. Liście obu tych taksonów atrakcyjnie przebarwiły się na kolor pomarańczowoczerwony. Ładne, żółte z odcieniem czerwieni jesienne przebarwienie liści odnotowano też u *S. 'Arguta'* i *S. xvanhouttei*. Najpóźniej zakończyły wegetację gatunki: *S. nipponica*, *S. douglasii* i *S. x pseudosalicifolia*, u których ostatnie liście opadły podczas trwania późnej jesieni.

Szybkość rozwoju generatywnego, zgodnie z oczekiwaniami, była podobna dla gatunków zaliczanych do tej samej sekcji. Pąki kwiatowe ukazały się najwcześniej u tawułów z sekcji *Chamaedryon*. Było to już na przedwiośniu. Pąki kwiatowe tawułów z sekcji *Calospira* pojawiały się wczesną lub późną wiosną, natomiast tawułów z sekcji *Spiraria* najpóźniej, bo późną wiosną lub wczesnym latem. Okres kwitnienia tawułów z sekcji *Chamaedryon* przypadła na wczesną lub późną wiosnę, albo wczesne lato. W fazę kwitnienia tawuły z sekcji *Calospira* weszły na początku wczesnego lata (najpóźniej *S. j.* 'Macrophylla'), z sekcji *Spiraria* – pod koniec tej fenologicznej pory roku. Wyjątkiem było przyspieszone i krótkie kwitnienie *S. betulifolia* 'Tor' (tylko 21 dni), która również wcześniej zakończyła wegetację i jak wspomniano wyżej, przyczyną mogło być zbyt ciepłe stanowisko. W sezonie wegetacyjnym 2008 najdłużej kwitły odmiany *S. japonica* (82 dni), *S. x pseudosalicifolia* (74 dni) i *S. alba* (69 dni). Długie kwitnienie jest cechą typową dla uprawianych w celach ozdobnych odmian i mieszańców, zastanawiający jest

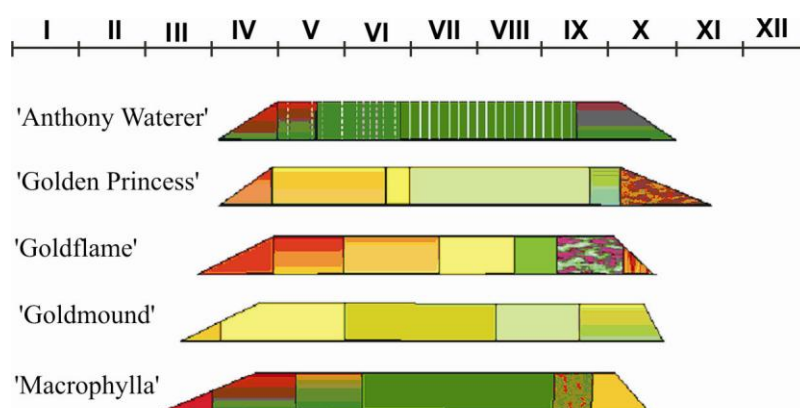
jednak długi okres kwitnienia *S. alba*. Spośród badanych gatunków i odmian tawuł tylko *S. japonica* zawiązała owoce. Brak owoców u mieszańców może nie dziwić, ale przyczyny odpowiedzialne za brak owoców u gatunków botanicznych wymagają dalszych badań.

Wpływ różnych warunków siedliskowych na rozwój tawuł badano, opierając się na 4 taksonach – *S. 'Grefsheim'*, *S. japonica* 'Anthony Waterer', *S. j. 'Goldmound'* i *S. ×vanhouttei*. Analiza dynamiki rozwojowej krzewów *S. 'Grefsheim'* rosnących na różnych stanowiskach dowodzi, że krzewy na stanowiskach słonecznych, ale i cieplejszych (osłoniętych od wiatru) rozwijają się szybciej, kwitną bujniej, ale krócej i szybciej kończą swój okres wegetacji. Na stanowiskach ocienionych zakwitają później (o 3–4 dni), kwitną mniej bujnie, ale dłużej. *Spiraea j. 'Anthony Waterer'* na stanowisku ocienionym zakwitła 10 dni później, w porównaniu z krzewem rosnącym na stanowisku słonecznym. Na stanowisku ocienionym nie nastąpiła faza jesiennego przebarwienia się liści; zielone liście opadły dopiero po pierwszych przymrozkach. Krzewy *S. j. 'Goldmound'* również szybciej rozwijały się na stanowisku słonecznym i ciepłym. Na stanowisku słonecznym, ale chłodnym (przewiewnym) rozwój był powolniejszy, w efekcie czego owocostany nie zdążyły dojrzeć i nasiona nie wyspały się. Również jesienne przebarwienie liści nastąpiło później. Krzewy *S. ×vanhouttei* wiosną rozwijały się tym samym tempem, ponieważ drzewa nie miały liści. Różnice w rozwoju zaznaczyły się, gdy drzewa były już w pełni ulistnione i stanowiska z badaną tawułą Van Houtte'a różnicowały się pod względem dostępu światła. Krzew rosnący na stanowisku cieniście zakwitł później, ale kwitł krótko – czego przyczyną mogła być silna konkurencja o wodę krzewów rosnących tuż obok.

Porównując okresy kwitnień badanych tawuł z danymi podręcznikowymi, odnotowano wcześniejsze niż podaje to literatura [Bugala 2000, Latocha 2006, Seneta i Dolatowski 2008] zakwitanie *S. nipponica*, *S. ×vanhouttei* i *S. betulifolia* 'Tor'. Na przyspieszone kwitnienie tej ostatniej dodatkowo wpływ miało słoneczne i ciepłe stanowisko.

Cechą badanych odmian *Spiraea japonica* są przebarwienia liści. Zilustrowano je za pomocą barwnych diagramów fenologicznych (rys. 6). U odmiany 'Anthony Waterer' młode liście były koloru ceglatego. Występowały na nich charakterystyczne dla tej odmiany, jasne przebarwienia koloru różowego i kremowego. Wraz z rozwojem liści ceglaste zabarwienie zanikło. Od połowy okresu późnej wiosny do pełnej jesieni liście były zielone, niektóre z jaśniejszymi, kremowymi przebarwieniami. Na stanowiskach gdzie wystąpiło jesienne przebarwienie, liście uzyskały odcień bordowy. Liście odmiany 'Golden Princess' na przedwiośniu były koloru pomarańczowego. W okresie wczesnej wiosny stały się jaśniejsze – żółtopomarańczowe. Kolor ten nie zmienił się do końca wczesnego lata. Na początku późnego lata barwa liści była żółta. Późnym latem liście miały odcień zielony. Kolor ten zmienił się dopiero podczas trwania pełnej jesieni. Wtedy liście uzyskały odcień pomarańczowy z brązowymi przebarwieniami. Liście rozwijającej się na przedwiośniu tawuły 'Goldflame' były pomarańczowe. Wczesną i późną wiosną stały się jaśniejsze i przybrały kolor pomarańczowożółty. Wczesnym latem kolor liści z pomarańczowożółtego przemienił się w żółtopomarańczowy – barwa pomarańczowa stopniowo była zastępowana żółtą. W czasie trwania późnego lata kolor liści zmieniał się dalej – liście powoli pożółkły, a następnie pozieleniały. Przed upływem połowy trwania okresu wczesnej jesieni zaobserwowano początek przebar-

wienia jesiennego liści. Pojawiły się barwy żółtozielone i purpurowe, a około połowy pełnej jesieni liście ostatecznie przybrały kolor pomarańczowobrazowy. Liście odmiany 'Goldmound' przez cały sezon wegetacyjny zachowywały kolor w odcieniach żółtego i zielonego. W czasie przedwiośnia, wczesnej wiosny i późnej wiosny były cytrynowo-żółte, wczesnym i późnym latem, oraz wczesną jesienią zielone. W okresie wczesnej i pełnej jesieni przebarwiają się liście przybrały kolor żółtozielony. Młode liście odmiany 'Macrophylla' miały kolor czerwony. Odcień czerwieni utrzymywał się na nowo rozwijających się listkach aż do wczesnego lata. Pozostałe liście były zielone. Jesienne przebarwienie rozpoczęło się, gdy liście stały się pomarańczowo nakrapiane, a następnie przebarwiły się na żółto.



Rys. 6. Przebarwienia liści odmian *Spiraea japonica* w sezonie wegetacyjnym 2008 r.

Fig. 6. Foliage coloration in cultivars of *S. japonica* in the 2008 vegetation season

## WNIOSKI

1. Zgodnie z oczekiwaniami najwcześniej rozwijają się, zakwitają i kończą wegetację tawuły z sekcji *Chamaedryon*, najpóźniej z sekcji *Spiraria*. Obraz ten jednak w dużej mierze jest zacierany przez wpływ warunków siedliskowych. Z powodu zbyt ciepłego stanowiska wcześniej i krócej kwitł oraz szybciej zakończył wegetację obserwowany krzew *S. betulifolia* 'Tor'. Najpóźniej zakończyły wegetację *S. japonica* 'Anthony Waterer' i *S. nipponica*.

2. Na stanowiskach słonecznych tawuły zakwitwały szybciej i kwitły bujniej, ale krócej. Na stanowiskach cienistych kwitnienie było późniejsze (od 3 do 10 dni), dłuższe, ale i mniej obfite. Na skrócenie kwitnienia na stanowisku cienistym wpływ miała zmniejszająca się wilgotność gleby. Stanowisko słoneczne, ale też ciepłe (osłonięte) wpływało stymulująco na dynamikę rozwojową badanych krzewów, stanowisko słoneczne, ale chłodne, opóźniało ją. U *S. j.* 'Anthony Waterer' na stanowisku cienistym liście jesienią w ogóle nie przebarwiły się.

3. Wcześniejsze niż zwykle kwitnienie odnotowano u *S. nipponica* i *S. ×vanhouttei* – można założyć, że jest to reakcja tych gatunków na ocieplający się klimat. Najatrakcyjniej jesienią przebarwiły się liście *S. ×vanhouttei*, *S. betulifolia*, *S. prunifolia* i *S. japonica*. U badanych odmian tej ostatniej (z wyjątkiem 'Anthony Waterer') faza jesiennego przebarwiania się liści trwała długo, co jest dodatkowym walorem ozdobnym tego gatunku.

## PIŚMIENNICTWO

- Baumann R., 1991. Domy w zieleni. Wyd. Arkady, Warszawa.
- Bugała W., 2000. Drzewa i krzewy dla terenów zieleni. PWRiL, Warszawa.
- Czerwiński J., 1991. Informator o stanie środowiska. Komisja Ochrony Środowiska Rady Miejskiej, Wrocław.
- Dubicka M., Szymanowski M., 2001. Modyfikowanie klimatu lokalnego przez obszary zurbanizowane, [w:] Kształtowanie przestrzeni zurbanizowanej w myśl zasad ekorozwoju. Wyd. Polskiego Klubu Ekologicznego, Okręg Dolnośląski, Wrocław.
- Dubicki A., 2006. Środowisko Wrocławia, Informator 2006. Instytut Ochrony Środowiska Oddział we Wrocławiu, Wrocław.
- Latocha P., 2006. Rośliny ozdobne w architekturze krajobrazu, cz. IV – Drzewa i krzewy liściaste. Wyd. Hortpress, Warszawa.
- Łukasiewicz A., 1984. Potrzeba ujednoczenia metody fenologicznej w polskich ogrodach botanicznych i arboretach. Wiad. Bot., 28, 2: 153–158.
- Łukasiewicz A., Górka-Zajązkowska M., 1983. Fenologiczne pory roku w Poznaniu w latach 1968–1979. Wiad. Bot., 27, 1: 67–75.
- Łukasiewicz S., 1999. Modyfikacje metody wykreślenia diagramów fenologicznych drzew rosnących w warunkach miejskich w oparciu o obserwacje *Aesculus hippocastanum* L. na terenie Poznania. Biuletyn Ogrodów Botanicznych, 8: 35–40.
- Miller D.M., 2003. *Spiraea japonica* with coloured leaves. Bulletin Number 4, RHS Herbarium, Wisley.
- Roloff A., Bärtels A., 1996. Gartenflora – Gehölze. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Seneta W., Dolatowski J., 2008. Dendrologia. PWN, Warszawa.
- Wojniak R., 1997. Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego. Uniwersytet Wrocławski, Pracownia Atlasu Dolnego Śląska, Wrocław.

## ANNUAL PHENOLOGICAL OBSERVATIONS OF THE MEADOW-SWEET SPECIMENS GROWING IN THE AREA OF WROCLAW

### S u m m a r y

The study covered 16 species and cultivars of the meadow-sweet representing all the three sections that compose the genus *Spiraea*. A comparison of the phenological spectra of particular taxa has been performed and impact on the plants development of environmental conditions which prevailed in the city of Wrocław in 2008, including the weather factor, determined. The developmental rhythm of the meadow-sweet specimens under investigations has been found to be considerably affected by the habitat factor: the development was characterized by the highest rate at sunny sites, but also ones which were sheltered (warm). At such locations, the shrubs flowered



---

more abundantly, assuming more attractive colours in autumn, but all their developmental stages were shorter. *S. japonica* 'Anthony Waterer' growing at a shaded site preserved its green foliage for the longest period in autumn. *S. betulifolia*, *S. nipponica* and *S. x vanhouttei* started to bloom earlier than usual, which can be associated with climate warming.

KEY WORDS: *Spiraea*, phenological spectrum, phenological seasons, Wrocław, influence of habitat factor

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Urszula Nawrocka-Grzeškowiak, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie



Elżbieta Płaskowska<sup>1</sup>, Ewa Moszczyńska<sup>1</sup>, Karol Wolski<sup>2</sup>

**BADANIA ZDROWOTNOŚCI GATUNKÓW I ODMIAN  
TRAW GAZONOWYCH PRZEZNACZONYCH  
DO ZAKŁADANIA MURAW PIŁKARSKICH**

**STUDY OF THE HEALTHINESS OF SPECIES  
AND CULTIVARS OF TURFGRASS  
FOR FOOTBALL PITCHES**

<sup>1</sup> *Katedra Ochrony Roślin, Zakład Fitopatologii i Mikologii, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*Department of Plant Protection, Plant Pathology and Mycology Division, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

<sup>2</sup> *Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

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

W latach 1996–1998 przeprowadzono badania zdrowotności odmian traw gazonowych: życicy trwałej, wiechliny łąkowej, kostrzewy (czerwonej, owczej, szczeciniastej, różnolistnej), tymotki bulwiastej, mietlicy (pospolitej i psiej) pod kątem ich przydatności do intensywnego użytkowania na terenach sportowych (murawa piłkarska). Największym zagrożeniem dla zdrowotności badanych traw była pleśń śniegowa, szczególnie dla życicy trwałej (Inka, Pavo i Stadion). Na fuzariozę najbardziej odporne były odmiany: Boni, Niwa i Igeka (mietlica pospolita), Alicja i Haga (wiechlina łąkowa), Sima (kostrzewa owcza), Areta i Nimba (kostrzewa czerwona) oraz Inka (życica trwała), a na rizoktoniozę traw Igeka (mietlica pospolita), Haga i Opal (wiechlina łąkowa) oraz Espro (kostrzewa owcza).

SŁOWA KLUCZOWE: trawy gazonowe, zdrowotność

---

Do cytowania – For citation: Płaskowska E., Moszczyńska E., Wolski K., 2009. Badania zdrowotności gatunków i odmian traw gazonowych przeznaczonych do zakładania muraw piłkarskich. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 43–50.

## WSTĘP

Hodowla traw gazonowych jest dziedziną, która w ostatnich latach rozwija się dynamicznie. Sprzyja temu duże zapotrzebowanie na trawy, które są wykorzystywane do zakładania trawników przydomowych, obsiewania terenów specjalnych oraz na boiska sportowe. Szczególnie duże wymagania stawia się jednak trawom przeznaczonym na boiska piłkarskie, ponieważ muszą być one bardzo wytrzymałe na ich intensywną eksploatację [Domański 1997].

Ważnym warunkiem uzyskania ładnej murawy piłkarskiej jest stosowanie odpowiednich gatunków i odmian traw [Wolski 2002]. Najbardziej przydatnymi gatunkami do zakładania trawników, odpornych na użytkowanie sportowe, są przede wszystkim: życica trwała (*Lolium perenne* L.), kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.) i wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.). Trawy te świetnie znoszą niskie i częste koszenie oraz intensywne udeptywanie i ścieranie [Burpee i Martin 1992, Prończuk 1993, Domański 1997, 1999, Prończuk i wsp. 1988, Grabowski i wsp. 2002, Sullivan i wsp. 2000].

Gatunki i odmiany traw gazonowych stosowane do zakładania trawników znacznie różnią się podatnością na choroby. Na trawnikach z dużym udziałem życicy trwałej problemem są choroby występujące w okresie jesienno-zimowym, powodowane przez *Limonomyces roseipellis* Stalpers & Loer., *Laetisaria fuciformis* (McAlpine) Burds. i *Monographella nivalis* var. *nivalis* (Schaffnit) E. Müll. U kostrzewy czerwonej częstą przyczyną zmian chorobowych są grzyby z rodzajów *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Bipolaris* i *Drechslera* oraz patogeny powodujące choroby okresu jesienno-zimowego. Natomiast wiechlina łąkowa jest podatna na rdzę (*Puccinia poae-nemoralis* G.H. Otth), helmintosporiozę (*Drechslera poae* (Baudyš) Shoemaker i mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* (DC.) Speer, szczególnie w miejscach zacienionych przez trybunę [Prończuk 1996, 1997, 2000, Płaskowska i wsp. 2006a,b].

Obecnie do rejestracji zgłaszanych jest szereg odmian, różnych gatunków traw o nieznanym stopniu podatności na choroby. Celem przeprowadzonych badań była ocena zdrowotności różnych odmian należących do kilku gatunków traw, pod względem ich przydatności do obsiewu muraw piłkarskich.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie z różnymi gatunkami i odmianami traw gazonowych założono w latach 1996–1998. Badania przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Pawłowicach należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, w obrębie doświadczenia prowadzonego przez Katedrę Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni UP we Wrocławiu. Doświadczenie zostało założone metodą losowanych bloków, w 4 powtórzeniach. Wielkość poletek wynosiła 1 m<sup>2</sup>. W kolejnych latach badań sportowe powierzchnie trawiaste koszone na wysokość 3 cm, 1–2 razy w tygodniu. Dawka nawożenia mineralnego wynosiła: 200 N kg, 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz 120 kg K<sub>2</sub>O.

Badaniami objęto 5 obiektów, w skład których wchodziło 25 odmian (w tym 4 zagraniczne: Boni, Pavo, Haga, Rubin) należących do 9 gatunków traw gazonowych:

- Obiekt A. *Agrostis capillaris* L. – Mietlica pospolita (Boni, Niwa, Igeka, Boral)  
*Agrostis canina* L. – Mietlica psia (Nina)
- Obiekt B. *Poa pratensis* L. – Wiechlina łąkowa (Alicja, Gol, Haga, Opal)  
*Phleum bertolonii* DC. – Tymotka bulwiasta (S 50)
- Obiekt C. *Festuca ovina* L. – Kostrzewa owcza (Sima, Wifra, Espro, Mimi)  
*Festuca trachyphylla* (Hack.) Krajina – Kostrzewa szczeciniasta (Bilard)
- Obiekt D. *Festuca rubra* L. – Kostrzewa czerwona (Areta, Nimba, Leo, Rubin)  
*Festuca heterophylla* Lam. – Kostrzewa różnolistna (Sawa)
- Obiekt E. *Lolium perenne* L. – Życica trwała (Inka, Stadion, Nira, Pavo, Niga)

Na poletkach doświadczalnych, od początku marca do połowy grudnia, prowadzone były raz w tygodniu obserwacje polowe zdrowotności roślin. Do oceny traw wykorzystano skalę 9-stopniową, gdzie: 9 – oznacza brak objawów chorobowych, 2 – uszkodzenie całkowite (brak zieleni). Stopień 1 zarezerwowany jest dla poletek z brakiem roślin. Przy chorobach powodujących plamy na liściach określono procent powierzchni opanowanej przez patogen, natomiast przy chorobach powodujących placowe wypadanie roślin – procent powierzchni poletka z roślinami uszkodzonymi przez chorobę [Prończuk 1993, 2000].

Szczególne uwagę poświęcono chorobom występującym w okresie jesienno-zimowym, ze względu na ich dużą szkodliwość oraz obniżanie zimotrwałości traw. Rośliny do analizy mikologicznej pobierano z uszkodzonych miejsc, w okresie największego zagrożenia chorobowego (w listopadzie lub grudniu każdego roku – w zależności od warunków atmosferycznych).

Choroby traw identyfikowano na podstawie symptomów, zgodnie z opracowaniami Baldwina [1990] oraz Smileya i wsp. [1992]. Diagnozę potwierdzono analizą mikologiczną w Zakładzie Fitopatologii i Mikologii UP we Wrocławiu. Badano po 50 roślin z poletka. Po powierzchniowym odkazaniu 3% podchlorynem sodu – fragmenty chorych roślin wykładano na szalki Petriego z pożywką standardową PDA (agar glukozowo-ziemniaczany). Wyzolowane grzyby oznaczano do gatunku według materiałów z dostępnych monografii: Booth [1971], Ellis [1971], Stalpers and Loerakker [1982], Nelson i wsp. [1983], Sneh i wsp. [1998].

## WYNIKI BADAŃ

Ocenę stopnia porażenia odmian różnych gatunków traw gazonowych przedstawiono w tabeli 1. Najbardziej podatną odmianą na pleśń śniegową powodowaną przez *Monographella nivalis* var. *nivalis* była zagraniczna odmiana mietlicy pospolitej – Boni (3,6). Bardzo podatne były również Pavo (zagraniczna odmiana życicy trwałej) oraz polskie odmiany Areta (kostrzewa czerwona), Sigma (kostrzewa owcza), Stadion (życica trwała) i Boral (mietlica pospolita). Najbardziej odporne na infekcję przez ten patogen okazały się Opal (wiechlina łąkowa) i Espro (kostrzewa owcza). Stopień porażenia dla tych odmian wynosił 8,8 i 8,3. Nieco mniej podatne były Igeka (mietlica pospolita), Nira (życica trwała) i zagraniczna odmiana wiechliny łąkowej Haga.

Rizoktonioza traw występowała w największym nasileniu na odmianach zagranicznych Pavo (4,0) i Boni (4,3) oraz polskiej odmianie kostrzewy czerwonej Mimi (4,8). Najmniej zmian chorobowych zaobserwowano na kostrzewie owczej Espro (7,6), wiechlinie łąkowej Haga i Opal (7,6 i 7,0) oraz mietlicy pospolitej Igeka (7,1).

Tabela 1

Table 1

Zdrowotność gatunków i odmian traw gazonowych (średnia z lat 1996–1998)  
Healthiness of species and cultivars of turfgrass (mean for years 1996–1998)

Gatunek trawy Species of turfgrass	Odmiana Cultivar	Pleśń śniegowa Pink snow mould	Rizoktonioza Brown patch	Fuzarioza <i>Fusarium</i> blight	Różowa plamistość trawników Pink patch	Helminthosporioza Leaf spot	Średnia – Mean
<i>Agrostis capillaris</i> L.	Boni	3,6	4,3	7,3	7,1	7,0	5,9
	Niwa	5,1	5,9	7,5	6,7	4,5	5,9
	Igeka	7,5	7,1	7,5	6,7	5,5	6,9
	Boral	4,6	5,2	5,3	7,4	8,6	6,2
<i>Agrostis canina</i> L.	Nina	6,7	6,3	5,6	6,1	5,6	6,1
<i>Poa pratensis</i> L.	Alicja	5,3	6,4	8,4	7,2	6,9	6,8
	Gol	5,0	5,7	6,3	5,2	4,5	5,3
	Haga	7,4	7,6	7,5	5,4	5,0	6,6
	Opal	8,8	7,0	3,3	5,3	7,1	6,3
<i>Phleum bertolonii</i> DC.	S 50	6,9	6,3	5,4	6,6	7,7	6,6
<i>Festuca ovina</i> L.	Sima	4,4	5,6	7,3	7,1	7,1	6,3
	Wifra	6,4	5,0	4,6	5,0	5,1	5,2
	Espro	8,3	7,6	6,4	6,0	6,1	6,9
	Mimi	5,4	4,8	5,0	7,4	7,8	6,1
<i>Festuca trachyphylla</i> (Hack.) Krajina	Bilart	6,6	6,1	5,3	5,0	5,5	5,7
<i>Festuca rubra</i> L.	Areta	4,3	5,4	7,0	7,2	7,3	6,2
	Nimba	4,8	6,3	7,8	4,2	2,2	5,1
	Leo	5,6	5,7	5,8	5,4	4,2	5,3
	Rubin	6,3	5,7	3,3	5,7	5,9	5,4
<i>Festuca heterophylla</i> Lam.	Sawa	6,5	6,0	5,1	3,5	3,9	5,0
<i>Lolium perenne</i> L.	Inka	3,9	5,2	7,0	6,2	5,5	5,6
	Stadion	4,5	4,9	4,5	3,8	4,1	4,4
	Nira	7,4	6,3	5,6	4,5	4,7	5,7
	Pavo	4,0	4,0	3,4	5,4	5,9	4,5
	Niga	6,2	5,3	4,1	6,2	6,8	5,7
NIR <sub>a=0,01</sub> dla odmian LSD <sub>a=0,01</sub> for cultivars		0,30					

Na trawach fuzarioza spowodowała uszkodzenia głównie zagranicznych odmian Rubin (kostrzewa czerwona) i Pavo (życica trwała) i polskiej odmiany Opal (wiechlina łąkowa). Średni stopień porażenia tych odmian wynosił 3,3–3,4. Największą odpornością wyróżniała się wiechlina łąkowa, odmiany Alicja (8,4). Nieco gorzej wypadły odmiany mietlicy pospolitej (Niwa, Igeka i Boni), wiechliny łąkowej (Haga), kostrzewy czerwonej (Nimba i Areta), kostrzewy owczej (Sigma) oraz życicy trwałej (Inka).

Różowa plamistość trawników powodowana przez *Limonomyces roseipellis* występowała najczęściej na odmianach Sawa (kostrzewa różnolistna) i Stadion (życica trwała), a najrzadziej na Boral i Boni (mietlica pospolita), Alicja (wiechlina łąkowa) oraz Mimi i Sigma (kostrzewa owcza).

Z kolei helmintosporioza traw najwięcej uszkodzeń spowodowała na kostrzewie czerwonej, odmiany Nimba (2,2) i kostrzewie różnolistnej, odmiany Sawa (3,9). Dość licznie zmiany chorobowe obserwowano również na Leo (kostrzewa czerwona), Stadion i Nira, (życica trwała) oraz Gol (wiechlina łąkowa). Największą odpornością na tę chorobę cechowały się: odmiana S 50 tymotki bulwiastej (7,7), Areta kostrzewy czerwonej (7,3) i Boni mietlicy pospolitej (7,0).

Z badanych gatunków traw najbardziej podatne na pleśń śniegową powodowaną przez *M. nivalis* var. *nivalis* były życica trwała (5,2), mietlica pospolita (5,2) i kostrzewa czerwona (5,3). Na rizoktoniozę powodowaną przez grzyby z rodzaju *Rhizoctonia* chorowały najczęściej życica trwała (5,1) i mietlica pospolita (5,6). Fuzarioza powodowana przez *Fusarium* spp. występowała najczęściej na życicy trwałej (4,9). Z kolei różowa plamistość notowana była w największym nasileniu na życicy trwałej (5,2), kostrzewie czerwonej (5,6) i wiechlinie łąkowej (5,8). Na helmintosporiozę chorowały najczęściej: kostrzewa różnolistna (3,9), kostrzewa czerwona (4,9), życica trwała (5,4), kostrzewa szczeciniasta (5,5), mietlica psia (5,6) i wiechlina łąkowa (5,9).

## DYSKUSJA

Badania zdrowotności traw są jednym z elementów składających się na pełną charakterystykę polskich gatunków i odmian traw gazonowych. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono duże zróżnicowanie podatności traw na choroby zarówno gatunków, jak i odmian. Przeprowadzona ocena zdrowotności traw pozwoliła więc na uzupełnienie charakterystyki badanych odmian pod względem ich podatności na różne choroby powodowane przez grzyby patogeniczne.

Dużym zagrożeniem dla zdrowotności badanych odmian była pleśń śniegowa, która jest uważana za jedną z groźniejszych chorób klimatu chłodnego. Powodowała ona placowe zamieranie traw na trawniku (60% uszkodzonej powierzchni). Smiley i wsp. [1992] potwierdzają, że stanowi ona duży problem w utrzymaniu wysokiej jakości darni na trawnikach przydomowych i terenach sportowych. Życica trwała (Inka, Pavo i Stadion), mietlica pospolita (Boni) oraz kostrzewa czerwona (Areta i Nimba) były gatunkami traw najbardziej podatnymi na tę chorobę.

Prończuk i Prończuk [2005] podają, że wysokie nawożenie azotem stosowane jesienią istotnie wpływa na nasilenie pleśni śniegowej. Przyczynia się ono do płytszego korzenia się roślin [Sullivan i wsp. 2000]. Ponadto wpływa na gromadzenie się dużej

ilości zamaryłych liści w darni oraz stymuluje wzrost roślin jesienią i opóźnia proces hartowania, a przez to zmniejsza możliwość gromadzenia w korzeniach węglowodanów potrzebnych do przetrwania zimy [Årsvoll i Larsen 1977, Turner i Hummel 1992]. Wysokie nawożenie azotem przyczynia się także do wzrostu porażenia traw przez inne czynniki chorobotwórcze, np. *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. i *Drechslera* spp. [Smiley i wsp. 1992].

W przeprowadzonym doświadczeniu – za rizoktoniozę na liściach badanych traw były odpowiedzialne grzyby z rodzaju *Rhizoctonia*, a szczególnie *R. solani*. Według Prończuk [1996] najbardziej wrażliwa na tę chorobę jest mietlica, ale *Rhizoctonia* spp. może atakować wszystkie gatunki traw. Na poletkach doświadczalnych choroba ta występowała w dość dużym nasileniu, głównie na odmianach życicy trwałej Pavo i Stadion. Burpee i Martin [1992] uważają, że grzyby z rodzaju *Rhizoctonia* rozwijają się dobrze tylko na trawach, które uprzednio uległy stresowi gorąca (bardzo upalna i wilgotna pogoda), a takie sprzyjające dla patogenu warunki atmosferyczne nie utrzymują się jednak zbyt długo.

Fuzaryjną zgorzel traw obserwowano podczas miesięcy letnich. Powodowały ją grzyby z rodzaju *Fusarium*, głównie *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. graminearum* i *F. equiseti*. Gatunki te są powszechnie znane jako sprawcy fuzariozy [Smiley i wsp. 1992, Prończuk 1996]. Rozwojowi choroby sprzyjała wysoka temperatura powietrza w okresie letnim, szczególnie gdy poprzedziły ją ulewne deszcze. Najbardziej odporne na fuzariozę były odmiany mietlicy pospolitej (Boni, Niva, Igreka) i wiechliny łąkowej (Alicja, Haga i Gol), a najbardziej podatne życicy trwałej (Stadion, Pavo, Niga). Prończuk i wsp. [1984] potwierdzają, że życica jest trawą bardzo podatną na tę chorobę.

Chorobą często występującą na wszystkich badanych gatunkach traw była różowa plamistość trawników. Największe szkody wyrządzała ona na trawnikach z życicą trwałą (Stadion, Nira), kostrzewą czerwoną (Nimba, Leo i Rubin) i wiechliną łąkową (Gol, Haga i Opal), co jest zgodne z wynikami badań innych autorów [Prończuk 1996, 2000]. Rozwojowi *Limonomyces roseipellis* sprzyja wysoka wilgotność powietrza w okresie jesiennym [Prończuk 1996], a takie warunki wystąpiły w latach badań 1996–1998. Różowa plamistość trawników występuje bardzo często w kompleksie z czerwoną nitkowatością traw [Prończuk 1996], jednak w analizowanym doświadczeniu nie stwierdzono tej prawidłowości.

Helmintosporioza traw występowała najczęściej na kostrzewie czerwonej (Nimba i Leo). Prończuk [1996] podaje, że jest ona jedną z najgroźniejszych chorób wiechliny. W przeprowadzonym doświadczeniu odmiany wiechliny były dość odporne na tę chorobę. Według Vargasa [1994] wrażliwość traw na tę chorobę wzrasta wraz z obniżaniem wysokości koszenia, tak jak to miało miejsce w analizowanym doświadczeniu. Watschke i Schmidt [1992] uważają, że wraz z obniżaniem wysokości koszenia redukowany jest system korzeniowy traw, maleje produkcja węglowodanów i ich zmagazynowana ilość w korzeniach roślin oraz wzrasta podatność takich traw na choroby. Jednym z ważniejszych czynników redukujących chorobę jest naturalna odporność odmian [Smiley i wsp. 1992, Vargas 1994]. Najbardziej odpornymi odmianami na brunatną plamistość liści okazały się Boral i Boni (mietlica pospolita), S 50 (tymotka bulwiasta), Areta (kostrzewa czerwona).



## WNIOSKI

1. Gatunki traw gazonowych, a także ich odmiany znacznie różniły się podatnością na choroby.
2. Kostrzewa szczeciniasta, tymotka bulwiasta i mietlica psia były dość odporne na większość chorób.
3. Z uwagi na placowe wypadanie roślin największym zagrożeniem dla zdrowotności traw gazonowych była pleśń śniegowa.
4. Najbardziej podatna na pleśń śniegową była życica trwała (Inka, Pavo i Stadion) oraz mietlica pospolita (Boni i Boral), a najbardziej odporna wiechlina łąkowa (Haga i Opal), kostrzewa owcza (Espro), mietlica pospolita (Igeko) i życica trwała (Nira).
5. Odmiana kostrzewy czerwonej Nimba okazała się bardzo podatna na helmintosporiozę traw, a kostrzewy różnolistnej Sawa – na różową plamistość trawników i helmintosporiozę.
6. Najbardziej odporne na fuzariozę były odmiany Boni, Niwa i Igeka (mietlica pospolita), Alicja i Haga (wiechlina łąkowa), Sima (kostrzewa owcza), Areta i Nimba (kostrzewa czerwona) oraz Inka (życica trwała), a najbardziej podatne Stadion, Pavo i Niga (życica trwała).
7. Rizoktonioza traw występowała najczęściej na Boni (mietlica pospolita), Mimi (kostrzewa owcza) i Pavo (życica trwała), a najrzadziej na Igeka (mietlica pospolita), Haga i Opal (wiechlina łąkowa) oraz Espro (kostrzewa owcza).

## PIŚMIENNICTWO

- Årsvoll K., Larsen A., 1977. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on resistance to snow mould fungi and freezing tolerance on *Phleum pratense*. *Meld. Norg. LandbrHøgsk* 56, 29: 1–30.
- Baldwin N.A., 1990. Turfgrass pests and diseases. The Sports turf Research Institute, Bingley U.K.: 1–58.
- Booth C., 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
- Burpee L.L., Martin B., 1992. Biology of *Rhizoctonia* species associated with turfgrasses. *Plant Dis.* 76: 112–117.
- Domański P., 1997. Koncepcja nowoczesnej oceny odmian traw w Polsce. *Biul. Oceny Odmian COBORU, Słupia Wielka*, 28: 29–35.
- Domański P., 1999. Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa, życica trwała. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. Seria 1995, 1996. COBORU, Słupia Wielka, 1158: 1–46.
- Ellis M.B., 1971. *Dematiaceous Hyphomycetes*, Commonwealth Mycol. Inst. Kew, Surrey.
- Grabowski K., Grzegorzczak S., Benedycki S., Kwietniewski H., 2002. Wzrost i rozwój niektórych odmian traw w siewie czystym i mieszankach przeznaczonych na trawniki sportowe w roku siewu. *Przegląd Naukowy Inż. i Kszt. Środ.*, Roczn. 11, 24: 113–122.
- Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O., 1983. *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State Univ. Press, Univ. Park and London.
- Pląskowska E., Wolski K., Moszczyńska E., Karczmarek J., 2006a. Badania zdrowotności gatunków i odmian traw gazonowych oraz ich mieszanek przeznaczonych do zakładania muraw piłkarskich. *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, 88, 545: 211–2119.

- Płaskowska E., Wolski K., Moszczyńska E., Zacharkiewicz-Witan K., 2006b. Ocena zdrowotności intensywnie użytkowanych muraw piłkarskich. Zesz. Nauk. UP Wroc., 88, 545: 221–227.
- Prończuk S., 1993. System oceny traw gazonowych. Biul. IHAR, 186: 127–132.
- Prończuk M., 1996. Główne choroby traw gazonowych w Polsce. Biul. IHAR, 199: 157–169.
- Prończuk M., 1997. Kompendium wiedzy o chorobach traw i ich zapobieganiu na trawnikach. IHAR Radzików. Wyd. III: 1–42.
- Prończuk M., 2000. Choroby traw – występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR Radzików: 1–83.
- Prończuk M., Prończuk S., 2005. Występowanie pleśni śniegowej na życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) w zależności od warunków świetlnych i intensywności pielęgnacji trawników. Acta Agrobot., 58, 2: 381–394.
- Prończuk M., Prończuk S., Góral S., 1984. Wpływ chorób fuzaryjnych na trwałość *Lolium perenne* L., Biul. IHAR, 155: 187–191.
- Prończuk M., Prończuk S., Schollenberger M., 1988. Wpływ chorób grzybowych i bakteryjnych na trwałość życicy trwałej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 366: 149–154.
- Smiley R.W., Dernoeden P.H., Clarke B.B., 1992. Compendium of turfgrass diseases. The American Phytopath. Society, Minnesota: 1–98.
- Sneh B., Burpee L., Ogoshi A., 1998. Identification of *Rhizoctonia* species. APS PRESS, The American Phytopath. Society, St. Paul, Minnesota: 1–135.
- Stalpers J.A., Loerakker W.M., 1982. *Laetisaria* and *Limonomyces* species (*Corticaceae*) causing pink patch in turf grasses. Canad. J. Bot., 60, 5: 529–537.
- Sullivan W.M., Jang Z., Hull R.J., 2000. Root morphology and its relationship with nitrate uptake in Kentucky Bluegrass. Crop. Sci., 40: 765–772.
- Turner T.R., Hummel N.W., 1992. Nutritional requirements and fertilization, [in:] Turfgrass. Waddington. R.N. et al. (eds). Agronomy Monograph., 32: 385–440.
- Vargas J.M., 1994. Management of turfgrass diseases. Lewis Publ. CRC Press, Inc.: 1–294.
- Watschke T.L., Schmidt R.E., 1992. Ecological aspects of turf communities, [in:] Turfgrass. Waddington. R.N. et al. (eds). Agronomy Monograph. 32: 129–174.
- Wolski K., 2002. Wpływ różnych sposobów renowacji na nawierzchnię trawiastą po wieloletniej eksploatacji. Przegląd Nauk. Inż. i Kształt Środowiska, 1, 24: 202–205.

## STUDY OF THE HEALTHINESS OF SPECIES AND CULTIVARS OF TURFGRASS FOR FOOTBALL PITCHES

### S u m m a r y

During years 1996–1998 the grass healthiness of cultivars turfgrass: *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Festuca* (*F. rubra*, *F. ovina*, *F. trachyphylla* and *F. heterophylla*), *Phleum bertolonii*, *Agrostis* (*A. capillaris* and *A. canina*) for intensive football turfs were conducted. The most serious diseases of compared grasses was pink snow mould, especially for *L. perenne* (Inka, Pavo and Stadion). The most *Fusarium* blight – resistant was Boni, Niwa and Igeka (*A. capillaris*), Alicja and Haga (*P. pratensis*), Sima (*F. ovina*), Areta and Nimba (*F. rubra*) oraz Inka (*L. perenne*) and brown patch – resistant Igeka (*A. capillaris*), Haga and Opal (*P. pratensis*) oraz Espro (*F. ovina*).

KEY WORDS: turfgrasses, healthiness

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Tomasz Kurowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Wojciech Pusz**

**OCENA ZDROWOTNOŚCI LIŚCI ROŚLIN  
Z RODZAJU *AMARANTHUS***

**VALUATION OF THE HEALTHINESS  
OF *AMARANTHUS* LEAVES**

*Zakład Fitopatologii i Mikologii, Katedra Ochrony Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Division of Plant Pathology and Mycology, Department of Plant Protection, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

W przeprowadzonych badaniach podjęto próbę oceny zdrowotności liści trzech gatunków z rodzaju *Amaranthus*: *A. cruentus*, *A. retroflexus* i *A. paniculatus* (forma uprawna, dzika i ozdobna). Określono stopień porażenia liści oraz wyizolowano grzyby z miejsc zmienionych chorobowo. *Amaranthus retroflexus* były najbardziej porażone przez *Wilsoniana bliti*. W przypadku formy uprawnej – *A. cruentus* stopień porażenia liści był niewielki. *A. paniculatus* w trakcie trwania obserwacji nie był infekowany przez patogeny. Z porażonych liści izolowano głównie *Alternaria alternata* i gatunki rodzaju *Fusarium*.

SŁOWA KLUCZOWE: *Amaranthus cruentus*, *A. retroflexus*, *A. paniculatus*, szarłat krwisty, szarłat szorstki, szarłat wiechowaty, choroby szarłatu

**WSTĘP**

W ostatnich latach zarówno producenci, jak i konsumenci zainteresowani są nowymi gatunkami roślin, określanymi jako „rośliny alternatywne lub nowe rośliny uprawne” (ang. new crops). Jedną z takich roślin jest pochodzący z Ameryki Południowej szarłat (*Amaranthus* L.) [Nalborczyk i wsp. 1994]. Oprócz formy uprawnej na naszych polach występują również formy dzikie z rodzaju *Amaranthus*, które są uciążliwymi chwastami w uprawach rolniczych. Najbardziej pospolitym chwastem jest szarłat szorstki (*A. retroflexus* L.) [Jüttersonke 1996, 1998, Bürki i wsp. 2001].

---

Do cytowania – For citation: Pusz W., 2009. Ocena zdrowotności liści roślin z rodzaju *Amaranthus*. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 51–62.

Dotychczas w Polsce przeprowadzono niewiele badań naukowych dotyczących szarłatu. Nieliczni autorzy zajmowali się tylko formą uprawną – szarłatem krwistym (*A. cruentus* L.), poznając jego morfologię i fizjologię, skład chemiczny nasion, sposób uprawy i zbioru oraz możliwości wykorzystania w przemyśle spożywczym [Roszewski 1994, Songin i Sławiński 1999, Szot 1999]. Jak do tej pory, nie prowadzono zbyt wielu obserwacji nad zdrowotnością szarłatu krwistego [Pusz 2008, Pusz i Płaskowska 2008]. Na mniej popularnej formie uprawnej *A. hybridus* L. badań tych było jeszcze mniej [Korbias 2006]. W literaturze polskiej i zagranicznej brak jest również jakichkolwiek doniesień na temat chorób, które występują na formach ozdobnych (*A. paniculatus* L.). Celem badań była ocena zdrowotności liści *Amaranthus cruentus*, *A. retroflexus* i *A. paniculatus*.

### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenia z szarłatem przeprowadzono w latach 2003–2005. Materiałem do badań były różne formy użytkowe szarłatu: uprawna – *A. cruentus* (szarłat krwisty), dzika – *A. retroflexus* (szarłat szorstki) oraz ozdobna – *A. paniculatus* (szarłat wiechowaty).

Doświadczenie polowe z szarłatem krwistym założono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Pawłowicach koło Wrocławia, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz w Gospodarstwie Rolnym „AgroPolen” w Łosiowie koło Brzegu. Doświadczenie rozpoczęto w drugim roku uprawy i prowadzono je do czwartego roku monokultury. Badaniami objęto szarłat szorstki, zachwaszczający plantacje uprawne *A. cruentus* w Pawłowicach i Łosiowie. Szarłat corocznie występował na całej powierzchni pola w obydwóch tych miejscowościach. Dodatkowo obserwacjami objęto szarłat rosnący w dwóch lokalizacjach (Wrocław-Swojec i Wrocław-Biskupin). Na Swojcu szarłat występował, jako chwast segetalny na plantacjach buraka cukrowego, natomiast na Biskupinie był chwastem ruderalnym. Badania formy ozdobnej przeprowadzono na terenie Pracowniczych Ogródków Działkowych „Biskupin” we Wrocławiu. Teren ogródków umownie podzielono na 4 obszary, składające się z 5 stanowisk, na których rośliny rosły grupowo, po 30 sztuk. Uprawiano tam odmianę Gruner Zwerg.

Obserwacje zdrowotności liści *A. cruentus* przeprowadzono w odstępach 7-dniowych, w okresie od czerwca (po wschodach) do listopada (do zbioru). Pole umownie do celów statystycznych podzielono na 4 równe części. Analizowano zdrowotność liści zawsze na 50 losowo wybranych roślinach, idąc po przekątnej poletek. Szacowanie uszkodzeń przeprowadzono w fazie dojrzałości zielonej nasion.

W celu oszacowania stopnia porażenia liści opracowano 6-stopniową skalę, gdzie:

- 0 – rośliny zdrowe;
- 1 – plamy zajmują do 1% blaszki liściowej;
- 2 – plamy zajmują 2–10% blaszki liściowej;
- 3 – plamy zajmują 11–25% blaszki liściowej;
- 4 – plamy zajmują 26–75% blaszki liściowej;
- 5 – zamierające liście.

Oporając się na tak uzyskanych wynikach, obliczano wskaźnik porażenia łodyg i liści, posługując się wzorem:

$$Wp = \sum (P \times W) / n$$

gdzie:

$\sum (P \times W)$  – suma iloczynów liczby roślin porażonych w określonym stopniu – „P”, przez odpowiadającą im wartość stopnia porażenia – „W”,  
n – liczba wszystkich ocenianych roślin.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie jednoczynnikową analizą wariancji. Hipotezy zerowe o równości średnich arytmetycznych weryfikowano testem F na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . W przypadku stwierdzenia istotności dla poszczególnych czynników oraz ich interakcji obliczano wartości najmniejszej istotnej różnicy (NIR) na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Obserwacje zdrowotności liści *A. retroflexus*, podobnie jak *A. cruentus* przeprowadzono w odstępach 7–10-dniowych, od czerwca do listopada. Oceniano porażenie łodyg i liści szarłatu szorstkiego na 50 losowo wybranych roślinach z poletka, na plantacjach *A. cruentus* w Pawłowicach i Łosiu. Szacowanie uszkodzeń przeprowadzono w fazie dojrzałości zielonej nasion. Ocenę zdrowotności szarłatu zachwaszczającego plantację buraka cukrowego (Wrocław-Swojec) oraz występującego jako chwast przydrożny (Wrocław-Biskupin) wykonano na 50 losowo wybranych roślinach, w 4 powtórzeniach. We wszystkich tych lokalizacjach analizowano uszkodzenie liści przez *Wilsoniana bliti* (Biv.) Thines (syn. *Albugo amaranthi*) oraz przez inne patogeny powodujące plamistości. Do oceny porażenia łodyg i liści przez te patogeny wykorzystano sześciostopniowe skale, które wcześniej były używane do analizy uszkodzeń formy uprawnej. Obserwacje zdrowotności formy ozdobnej – *A. paniculatus* były wykonywane w odstępach 7–10-dniowych, od czerwca do listopada. Na terenie Pracowniczych Ogródków Działkowych „Biskupin” we Wrocławiu na 4 obszarach oceniano po 50 losowo wybranych roślin. Z uwagi na to, że rośliny były zdrowe, nie wykonano oceny porażenia tych organów przez grzyby patogeniczne.

W fazie dojrzałości zielonej nasion pobierano liście szarłatu krwistego i szorstkiego do badań laboratoryjnych. Rośliny pochodziły z Pawłowic, Łosiu, Wrocławia-Swojca i Wrocławia-Biskupina. Każdorazowo z każdej lokalizacji analizowano po 40 liści, które umieszczano w kopertach papierowych, a następnie na czas transportu do laboratorium – w przenośnej lodówce. Izolacja grzybów polegała na oplukiwaniu liści w sterylnej wodzie, a następnie na wycinaniu z miejsca zmienionego procesem chorobowym 0,5 cm fragmentów liści. Fragmenty te (łącznie 180) wykładano na szalki Petriego, z zestaloną pożywką PDA, po uprzednim jej zakwaszeniu kwasem cytrynowym (3 ml/250 ml kolbę). Wyrastające kolonie grzybów odszczepiano na skosy z pożywką PDA.

Nie przeprowadzono izolacji grzybów z formy ozdobnej, ponieważ podczas trwania doświadczenia nie stwierdzono objawów chorobowych na liściach.

## WYNIKI BADAŃ

W okresie trzyletnich badań stwierdzono występowanie plamistości liści na formie uprawnej zarówno w Pawłowicach, jak i Łosiowie (tab. 1). Pierwsze objawy chorobowe w postaci ciemnobrunatnych plam, o średnicy 1–2 cm były widoczne dopiero na początku lipca, tuż przed pojawianiem się kwiatów, gdy rośliny osiągnęły wysokość około 1 m. W pierwszej miejscowości procent porażonych roślin wahał się od 22 do 30%, a w drugiej utrzymywał się na poziomie 10%, niezależnie od roku przeprowadzonych badań. Najwięcej zainfekowanych roślin zaobserwowano w 2005 r. w Pawłowicach. Wskaźnik porażenia liści, w obydwóch miejscowościach, różnił się istotnie, ale tylko w 2004 r. W omawianym roku silniej uszkodzany był *A. cruentus* rosnący w Pawłowicach niż w Łosiowie. Średnia za okres 3 lat potwierdziła również tę zależność. W Pawłowicach, w 2003 i 2005 r. nasilenie plamistości liści na szarłatach było zbliżone. Podobną prawidłowość stwierdzono w Łosiowie.

Tabela 1  
Table 1

Wskaźnik porażenia liści *Amaranthus cruentus* przez grzyby patogeniczne [0–5°]  
Impact of pathogenic fungi leaf infestation on *Amaranthus cruentus*

Miejscowość Localization	Lata – Years			Średnia Mean
	2003	2004	2005	
Pawłowice	0,24	0,32	0,40	0,32
Łosiów	0,10	0,10	0,20	0,13
NIR <sub>(a=0,05)</sub> Pawłowice	r.n./n.s.			–
NIR <sub>(a=0,05)</sub> Łosiów	r.n./n.s.			–
NIR <sub>(a=0,05)</sub> dla obydwu lokalizacji – for both localization	r.n. n.s.	0,04	r.n. n.s.	0,08

r.n. – różnica nieistotna – n.s. – not significant difference

Z porażonych liści szarłatu uprawianego w Pawłowicach i Łosiowie wyosobniono łącznie 9 gatunków grzybów (tab. 2). W pierwszej miejscowości, z nekrotycznych plam najliczniej były izolowane *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl i *Phoma* spp. (*P. leveillei* i *P. medicaginis*), a w drugiej *A. alternata*. Pozostałe grzyby, takie jak *Fusarium* spp., *Epicoccum nigrum* Link, *Cladosporium cladosporioides* (Fres.) de Vries i *Penicillium chrysogenum* Thom występowały nielicznie. W czasie trzyletnich badań większą liczbę kolonii uzyskano z roślin uprawianych w Pawłowicach niż w Łosiowie.

W przypadku formy dzikiej, zachwaszczającej plantacji szarłatu krwistego uprawianego w Pawłowicach i w Łosiowie, stwierdzono objawy porażenia liści przez *W. bliti* (tab. 3). W lipcu, początkowo na górnej stronie liści, można było dostrzec drobne, jasne plamki, o średnicy 0,2–0,5 mm. Na dolnej stronie liści, w miejscu plam, pojawiały się kremowe zgrubienia, które następnie pękały, uwalniając zarodniki. Skupienia zarodników łączyły się ze sobą, zajmując niekiedy większą część blaszki liściowej. Porażone liście zamierały. W Pawłowicach procent uszkodzonych roślin był bardzo wysoki (około 92%), niezależnie od roku badań. Podobna sytuacja zaistniała w Łosiowie. W 2003 r. objawy tej choroby zanotowano na około 93% roślin, a w pozostałych latach doświad-

czenia – na około 95%. W dwóch pierwszych latach badań stopień porażenia liści przez *W. bliti* był istotnie wyższy u roślin rosnących w Pawłowicach niż w Łosiowie. Natomiast w ostatnim roku nie stwierdzono tej prawidłowości, ponieważ poziom porażenia roślin był zbliżony. W Pawłowicach najwięcej zmian chorobowych stwierdzono na szarłacie w pierwszym roku badań, a najmniej w ostatnim. W Łosiowie, we wszystkich latach badań, wskaźniki porażenia były podobne.

Tabela 2  
Table 2

Grzyby wyizolowane z plam występujących na liściach *A. cruentus* [%]  
Fungi isolated from *A. cruentus* leaf's spots

Gatunek grzyba Species of fungus	Pawłowice			Łosiów		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	36	32	33	96	78	78
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries				4	6	6
<i>Epicoccum nigrum</i> Link.	8	12	6			6
<i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Smith) Sacc.		8	6		4	
<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc.					12	4
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht.	8	8	12			6
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom	8	8	4			
<i>Phoma leveillei</i> Boerema et. Bollen	20	24	34			
<i>Phoma medicaginis</i> Malbr. et. Roum.	20	8	5			

Tabela 3  
Table 3

Wskaźnik porażenia liści *Amaranthus retroflexus* przez *Wilsoniana bliti* [0–5°]  
Impact of pathogenic fungi leaf infestation on *Amaranthus retroflexus* by [0–5°]

Miejscowość Localization	Lata – Years			Średnia Mean
	2003	2004	2005	
Pawłowice	3,70	3,46	2,02	3,06
Łosiów	1,88	2,09	2,03	2,00
$NIR_{(a=0,05)}$ Pawłowice	0,17			–
$NIR_{(a=0,05)}$ Łosiów	r.n./n.s.			–
$NIR_{(a=0,05)}$ dla obydwu lokalizacji for both localizations	0,24	0,25	r.n. – n.s.	0,12
Swojec	2,08	2,10	2,38	2,19
Biskupin	2,00	1,70	1,70	1,80
$NIR_{(a=0,05)}$ Swojec	r.n./n.s.			–
$NIR_{(a=0,05)}$ Biskupin	r.n./n.s.			–
$NIR_{(a=0,05)}$ dla obydwu lokalizacji for both localizations	r.n – n.s.	r.n. – n.s.	0,51	0,16
$NIR_{(a=0,05)}$ dla czterech lokalizacji for four localizations	0,17	0,26	0,34	0,13

r.n. – różnica nieistotna – n.s. – not significant difference

Dodatkowo badaniami objęto dwa stanowiska dziko rosnącego szarłatu: Wrocław-Swojec, gdzie zachwaszczał on plantacje buraka cukrowego oraz Wrocław-Biskupin, gdzie występował jako chwast ruderalny. W obydwóch lokalizacjach stwierdzono duży odsetek roślin porażonych przez *W. bliti* (tab. 3). Na polach buraka cukrowego, we wszystkich latach badań, zaobserwowano objawy porażenia przez ten patogen na około 95% roślin szarłatu. Natomiast w przypadku drugiego stanowiska, w pierwszym roku badań, zanotowano uszkodzenia w około 94%, ale w kolejnych latach – na poziomie około 90%. W dwóch pierwszych latach rośliny nie różniły się stopniem porażenia, natomiast w ostatnim roku silniej chorował szarłat w rejonie Wrocław-Swojec. W trakcie trzyletnich badań szarłat rosnący w lokalizacji Wrocław-Swojec był uszkodzany przez *W. bliti* w tym samym stopniu. Podobną sytuację stwierdzono w rejonie Wrocław-Biskupin. Porównując cztery lokalizacje, gdzie występował szarłat szorstki, stwierdzono, że w latach 2003–2004 najsilniej uszkodzane były rośliny rosnące w Pawłowicach, a w 2005 roku – na plantacji Wrocław-Swojec. W przypadku pozostałych miejscowości zdrowotność roślin kształtowała się różnie. W pierwszym roku badań rośliny pochodzące z Łosiowa były zainfekowane na tym samym poziomie co rosnące we Wrocławiu-Biskupinie, a słabiej niż w rejonie Wrocław-Swojec. W drugim roku badań sytuacja była odwrotna. Szarłat w Łosiowie chorował tak samo jak rośliny we Wrocławiu-Swojcu, natomiast porażony był silniej przez *W. bliti* niż we Wrocławiu-Biskupinie. W ostatnim roku badań rośliny z lokalizacji Pawłowice, Łosiów i Wrocław-Biskupin, z uwagi na niskie porażenie, wykazywały podobny poziom uszkodzenia.

Na formie dzikiej zachwaszczającej plantacji w Pawłowicach i Łosiowie oraz w dwóch lokalizacjach we Wrocławiu przeprowadzono także obserwacje stopnia uszkodzenia liści przez inne grzyby powodujące plamistości (tab. 4).

Porażenie roślin przez te patogeny było znacznie mniejsze niż przez *W. bliti*. W pierwszym roku badań w Pawłowicach, Łosiowie oraz Wrocławiu-Swojcu zanotowano objawy porażenia liści tylko u około 3% roślin. W rejonie Wrocław-Biskupin liczba porażonych roślin była znacznie większa i wynosiła 42%. W kolejnych latach badań nasilenie objawów chorobowych sukcesywnie wzrastało: w Pawłowicach z 7 do 13%, a we Wrocławiu-Swojcu z 10 do 23%. W Łosiowie we wszystkich latach badań procent zainfekowanych roślin był podobny (około 2%). Natomiast w lokalizacji Wrocław-Biskupin więcej uszkodzonych roślin było w 2004 r. (41%) niż w 2005 r. (32%). W dwóch pierwszych latach badań szarłat uprawiany w Pawłowicach i Łosiowie chorował w tym samym stopniu, natomiast w ostatnim roku rośliny silniej były uszkodzone w Pawłowicach, gdzie największe porażenie liści stwierdzono w 2005 roku. W pozostałych latach badań rośliny chorowały na tym samym poziomie. W Łosiowie stopień porażenia roślin był zbliżony we wszystkich latach badań. Szarłat szorstki rosnący w rejonie Wrocław-Biskupin był silniej porażony niż w lokalizacji Wrocław-Swojec, ale tylko w dwóch pierwszych latach badań. Analizując zdrowotność roślin we Wrocławiu-Biskupinie, stwierdzono, że największe porażenie liści wystąpiło w 2003 roku i istotnie różniło się od w pozostałych latach badań, w których poziom porażenia był podobny. Nasilenie plamistości liści we Wrocławiu-Swojcu wzrastało w kolejnych latach badań. Porównując wskaźnik porażenia w czterech lokalizacjach stwierdzono, że w dwóch pierwszych latach badań najsilniej uszkodzane były szarłaty rosnące na stanowiskach ruderalnych



w rejonie Wrocław-Biskupin. W pozostałych lokalizacjach stopień porażenia był podobny. W ostatnim roku badań rośliny we wszystkich miejscowościach były uszkodzone w tym samym stopniu.

Tabela 4  
Table 4

Wskaźnik porażenia liści *Amaranthus retroflexus* przez grzyby patogeniczne [0–5°]  
Impact of pathogenic fungi leaf infestation on *Amaranthus retroflexus*

Miejscowość Localization	Lata Years			Średnia Mean
	2003	2004	2005	
Pawłowice	0,03	0,07	0,16	0,09
Łosiów	0,03	0,03	0,01	0,02
NIR <sub>(a=0,05)</sub> Pawłowice	0,06			–
NIR <sub>(a=0,05)</sub> Łosiów	r.n. – n.s.			–
NIR <sub>(a=0,05)</sub> dla obydwu lokalizacji for both localizations	r.n. n.s.	r.n. n.s.	0,10	0,03
Swojec	0,03	0,18	0,38	0,20
Biskupin	0,80	0,49	0,33	0,54
NIR <sub>(a=0,05)</sub> Swojec	0,14			–
NIR <sub>(a=0,05)</sub> Biskupin	0,21			–
NIR <sub>(a=0,05)</sub> dla obydwu lokalizacji for both localizations	0,38	0,22	r.n. n.s.	0,10
NIR <sub>(a=0,05)</sub> dla czterech lokalizacji for four localizations	0,19	0,13	0,10	0,08

r.n. – różnica nieistotna – n.s. – not significant difference

Z szarłatu zachwaszczającego plantację buraka cukrowego oraz rosnącego jako chwast ruderalny wyosobniono łącznie 6 gatunków grzybów. Były to te same gatunki, które występowały na szarłacie uprawnym (tab. 5). Wyjątek stanowiły tylko grzyby z rodzaju *Phoma*, których nie stwierdzono na formie dzikiej. Dominującym gatunkiem, niezależnie od lokalizacji, był zawsze *A. alternata*. Nieco więcej izolatów tego grzyba uzyskano z roślin pochodzących z Pawłowic oraz Wrocławia-Biskupina. Patogeniczne grzyby rodzaju *Fusarium* były wyodrębnione głównie z liści szarłatu uprawianego w Pawłowicach, natomiast nie stwierdzono zbyt dużych różnic w liczbie wyosobnionych gatunków grzybów w poszczególnych latach badań.

Podczas trzyletnich badań na liściach *A. paniculatus* nie stwierdzono objawów chorobowych.



## DYSKUSJA

W literaturze [Nalborczyk i wsp. 1994, Rosskopf i Charudattan 1995, Blodgett i wsp. 2000, Chen i Swart 2000] jest mało informacji na temat plamistości liści na amarantusie, gdyż ta grupa chorób nie powoduje zbyt dużych strat w plonie nasion, w przeciwieństwie do chorób łodyg. Z porażonych liści formy uprawnej i dzikiej izolowano głównie *Alternaria alternata* oraz grzyby z rodzajów *Phoma* i *Fusarium*. *Alternaria alternata* jest uważany za słaby patogen, który zwykle infekuje tkanki już wcześniej zasiedlone przez inne grzyby patogeniczne. Gatunek ten ma zdolność do zakażania roślin starszych lub też osłabionych. Przeprowadzone w doświadczeniu obserwacje pokrywają się z wynikami innych autorów [Blodgett i wsp. 2000]. *Fusarium* spp. są to mikroorganizmy bardzo rozpowszechnione w przyrodzie, powodujące nie tylko uszkodzenie łodyg, ale i liści. Grzyby z rodzaju *Phoma* są pospolitymi patogenami wielu roślin i mogą powodować plamistości różnych organów, np. liści oraz stanowią grupę grzybów powodujących uszkodzenia korzeni [Wagner 1983].

Na szarłacie szorstkim licznie występował *W. bliti*, który począwszy od kwitnienia powodował powstawanie białych skupień, po dolnej stronie liści. Niektórzy autorzy [Jüttersonke 1996, 1998, Bürki i wsp. 2001] uważają, że gatunek ten może w znacznym stopniu ograniczyć wzrost i wytwarzanie nasion przez szarłat szorstki. Jüttersonke [1996] stwierdziła, że pęcherzykowate zmiany chorobowe na liściach wywołane przez *W. bliti* mogą zajmować od 5 do 40% powierzchni blaszki liściowej. Na stanowiskach badawczych uzyskano podobne wyniki jak Jüttersonke. Potwierdziła się również informacja podana przez tę autorkę, że *W. bliti* występuje tylko na formach dzikich, nie porażając form uprawnych. Jest to więc wyspecjalizowany patogen, który można wykorzystać do zwalczania formy dzikiej w uprawie szarłatu. W porównaniu z wynikami badań w tej dziedzinie innych autorów [Kamala i wsp. 1996, Acharaya i Sengupta 1998, Black i wsp. 1998, Rosskopf i wsp. 2000] nie obserwowano na stanowiskach badawczych porażenia liści przez groźne patogeny *Phomopsis amaranthicola* oraz *Rhizoctonia* spp.

Obecnie w warunkach Polski nie ma potrzeby zwalczania chorób występujących na szarłacie [Roszewski 1994, Ścigalska i Klima 1997]. Prawdopodobnie jednak w miarę wzrostu arealu uprawy tej rośliny w Polsce należy się liczyć z koniecznością jej ochrony chemicznej. Podczas trzyletnich badań na plantacji szarłatu nie wykonywano żadnych zabiegów z użyciem fungicydów. Uzyskane wyniki badań potwierdzają tezę, iż uprawa szarłatu jak i innych roślin [Truskowska i wsp. 1980, Czajka 1994, Narkiewicz-Jodko i Gil 1997] na jednym stanowisku przez kilka lat może powodować większe uszkodzenie roślin przez patogeny. W pierwszym roku doświadczenia zaobserwowano niewielkie nasilenie objawów chorobowych na liściach, natomiast w drugim i trzecim (trzeci i czwarty rok monokultury) roślin z objawami występującymi na liściach było istotnie więcej. Związane to było prawdopodobnie z usytuowaniem tych pól. Pole w Pawłowicach było otoczone zadrzewieniem śródpolnym, co wpłynęło na zwiększenie wilgotności w łąnie. Takie warunki z kolei sprzyjały porażeniu łodyg i liści. Natomiast w Łosiowie pole znajdowało się na wzniesieniu, na otwartej przestrzeni, co sprzyjało

efektywniejszemu przepływowi powietrza przez łan, dzięki czemu wilgotność była mniejsza. Podobną zależność zauważono w przypadku plamistości liści występujących na formie dzikiej. Natomiast na formie ozdobnej, w ciągu trzyletniego okresu trwania doświadczenia, nie stwierdzono żadnych objawów chorobowych.

## WNIOSKI

1. Zagrożenie upraw *Amaranthus cruentus* przez patogeny powodujące plamistość liści jest niewielkie, lecz może ono w przyszłości wzrastać w przypadku uprawy szarłatu w monokulturze, a także wraz ze wzrostem areалу uprawy tej rośliny.

2. Forma ozdobna, wśród badanych form użytkowych szarłatu, charakteryzuje się największą odpornością na porażenie liści przez grzyby patogeniczne.

## PIŚMIENNICTWO

- Acharya S., Sengupta P.K., 1998. Collateral hosts of rice sheath blight fungus *Rhizoctonia solani*. *Oryza*, 35,1: 89–90.
- Black B.D., Griffin J.L., Russin J.S., Snow J.P., 1998. Weed hosts for *Rhizoctonia* foliar blight in soybeans. *Louisiana Agriculture*, 41: 17–18.
- Blodgett J.T., Swart W.J., Chen W.Q., 1999. First report of *Alternaria tenuissima* as a leaf pathogen of *Amaranthus hybridus*. *Plant Dis.*, 83, 9: 878.
- Blodgett J.T., Swart W.J., Louw S., Weeks W.J., 2000. Species composition of endophytic fungi in *Amaranthus hybridus* leaves, petioles, stems and roots. *Mycol.*, 92: 853–859.
- Bürki H.M., Lawrie J., Greaves M.P., Down V.M., Jüttersonke B., Cagan L., Vrablova M., Ghorbani R., Hassan E.A., Schroeder D., 2001. Biocontrol of *Amaranthus* spp. In Europe state of the art. *Biocontrol*, 46: 197–210.
- Chen W., Swart W.J., 2000. *Fusarium oxysporum* and *F. sambucinum* associated with root rot and of *Amaranthus hybridus* in South Africa. *Plant Dis.*, 84, 1: 101.
- Czajka W., 1994. Wpływ płodozmianu i monokultury na zdrowotność podstawy źdźbła pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rol.*, 59: 83–89.
- Jüttersonke B. 1998. Untersuchungen zur reaktionvariabilität *Amaranthus retroflexus* L. auf maßnahmen im intergrierte Pflanzenschutz. *Zeitsch. für Pflanzenkrank. Sonderh.*, 16: 99–103.
- Jüttersonke B., 1996. Untersuchungen zur Reaktion europäischer herkünfte von *Amaranthus retroflexus* L. auf umwelfaktoren und pilzebefall. *Zeitsch. für Pflanzenkrank. Sonderh. Sonderh.*, 15: 107–112.
- Kamala N., Gokulapalan C. Nair M.C., Nayar K., 1996. A new foliar blight of *Amaranthus* caused by *Rhizoctonia solani*. *Indian Phytopathol.*, 49,4: 407.
- Korbas M., 2006. Choroby *Amaranthus hybridus* L. i możliwości ich zwalczania. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 46, 1: 127–131.
- Nalborczyk E., Wróblewska E., Marcinkowska B. 1994. *Amaranthus* – nowa roślina uprawna. *Amaranthus* – perspektywy uprawy i wykorzystania. Wyd. SGGW Warszawa: 3–25.
- Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., 1997. Wpływ przedplonu na zdrowotność i jakość pszenicy ozimej. *Plant Breed. Seed Sci.*, 41, 1: 83–88.
- Pusz W., 2008: Occurrence of dark spots on stems of *Amaranthus* species. *Phytopathologia Pol.*, 48: 53–57.
- Pusz W., Płaskowska E., 2008. *Phomopsis amaranthicola* – nowy patogen szarłatu uprawnego (*Amaranthus cruentus*). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 529: 175–182.

- Roskopf E.N., Charudattan R., 1995. A potential biological control agent for pigweed. *Proceedings Southern Weed Sci. Soc.*, 48: 157.
- Roskopf E.N., Charudattan R., Shabana Y.M., Benny G.L., 2000. *Phomopsis amarathicola*, a new species from *Amaranthus* sp. *Myc.*, 92, 1: 114–122.
- Roszewski R., 1994. Uprawa szarłat (*Amaranthus* spp.) na nasiona. *Amaranthus – perspektywy uprawy i wykorzystania*. Wyd. SGGW Warszawa: 26–34.
- Songin H., Sławiński K., 1999. Wpływ sposobu zbioru na plonowanie i wigor nasion szarłat uprawnego (*Amaranthus* spp.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 468: 429–433.
- Ścigalska B., Klima K., 1997. Możliwości uprawy szarłat (*Amaranthus* spp.) na nasiona w warunkach makroregionu południowo-wschodniego. *Biul. Reg. ZDR, AR Kraków*, 208: 35–38.
- Szot B., 1999. Właściwości agrofizyczne amarantusa (*Amaranthus cruentus* L.) *Acta Agroph.* 18: (monografia) Wydawnictwo Instytut Agrofizyki Lublin, 1–73.
- Truszkowska W., Cieśla J., Dorenda M., Kania T., 1980. Badania przyczyn zgorzeli podstawy źdźbła pszenicy ozimej i żyta w warunkach monokultury z uproszczeniami. *Rocz. Nauk Rol., Ser. E*, 10: 119–134.
- Wagner A., 1983. Zbiorowiska grzybów spod upraw pszenicy ozimej na czarnoziemach i ich wpływ na niektóre patogeny powodujące choroby podsuszkowe. *Rocz. Nauk Rol., Ser. E*, 13, 1–2: 147–174.

## VALUATION OF THE HEALTHINESS OF *AMARANTHUS* LEAVES

### S u m m a r y

The leaf's healthiness of three species of *Amaranthus* was studied. It was shown, that the most important reason of leaf's spots on *Amaranthus retroflexus* was *Wilsoniana bliti*. In case of *A. cruentus* leaf's spots was not important problem and infestation was not high. *A. paniculatus* wasn't infected by pathogens. *Alternaria alternata* and *Fusarium* spp. were isolated from spots.

KEY WORDS: *Amaranthus cruentus*, *A. retroflexus*, *A. paniculatus*, amaranth disease

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Tomasz Kurowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie



Elżbieta Sacala

**WPŁYW UMIARKOWANEGO STRESU SOLNEGO  
NA AKTYWNOŚĆ ENZYMÓW UCZESTNICZĄCYCH  
W ASYMILACJI JONÓW AMONOWYCH  
W SIEWKACH OGÓRKA (*CUCUMIS SATIVUS* L.)**  
**THE INFLUENCE OF MODERATE SALT STRESS  
ON ACTIVITY OF ENZYMES INVOLVING  
IN AMMONIUM ASSIMILATION IN CUCUMBER  
(*CUCUMIS SATIVUS* L.) SEEDLINGS**

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

Zbadano wpływ NaCl (25 i 50 mmol·dm<sup>-3</sup>) na aktywność enzymów uczestniczących w pierwotnej asymilacji jonów amonowych: syntetazy glutaminowej (GS), syntazy glutaminianowej (Fd-GOGAT, NADH-GOGAT) oraz dehydrogenazy glutaminianowej (GDH) w organach ogórka. Określono również zawartość wolnej proliny. Rośliny analizowano po 5 dniach uprawy w pożywce (stadium dobrze wykształconych liścieni) oraz po 12 dniach (faza pierwszego dobrze wykształconego liścia). Stres solny powodował istotny wzrost aktywności GS w korzeniach (ok. 70% wzrost w 5-dniowych roślinach i 35% w 12-dniowych w porównaniu do roślin kontrolnych), nie wpływał natomiast na aktywność enzymu w częściach nadziemnych. Zmiany aktywności GOGAT były dość zróżnicowane (stymulacja, inhibicja, brak zmian), a reakcja zależała od stężenia soli, badanego organu, a w przypadku korzeni również od ich wieku. NaCl znacząco stymulował aktywność enzymu w liścieniach (przy wyższym stężeniu NaCl stymulacja ok. 60%), natomiast w korzeniach powodował inhibicję (z wyjątkiem NADH-GOGAT w 12-dniowych korzeniach). Obie zastosowane dawki NaCl powodowały znaczny spadek aktywności GDH we wszystkich badanych organach. Nie stwierdzono znaczącej akumulacji proliny w badanych tkankach, stężenie tego aminokwasu utrzymywało się na stosunkowo niskim poziomie (4–34 μmol·g<sup>-1</sup> suchej masy).

---

Do cytowania – For citation: Sacala E., 2009. Wpływ umiarkowanego stresu solnego na aktywność enzymów uczestniczących w asymilacji jonów amonowych w siewkach ogórka (*Cucumis sativus* L.). Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 63–74.

Otrzymane wyniki wskazują, że w warunkach umiarkowanego stresu solnego enzymy cyklu GS-GOGAT działają w miarę efektywnie, natomiast aktywność dehydrogenazy glutaminianowej zdecydowanie obniża się. Nie stwierdzono wyraźnych zależności pomiędzy aktywnością GS i GOGAT oraz zawartością proliny w badanych organach.

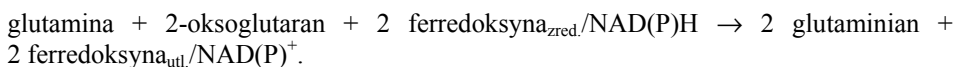
SŁOWA KLUCZOWE: GS – syntetaza glutaminowa, GOGAT – syntetaza glutaminianowa, GDH – dehydrogenaza glutaminianowa, Glu – glutaminian

## WSTĘP

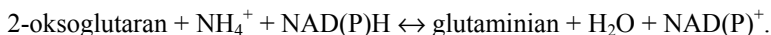
Przemiany związków azotowych pełnią ważną funkcję nie tylko we wzroście i plonowaniu roślin, lecz odgrywają również znaczącą rolę w przystosowaniu roślin do niekorzystnych warunków środowiskowych i zwiększaniu ich odporności na stresy środowiskowe. W warunkach stresu solnego wiele roślin syntetyzuje i akumuluje aminokwasy (głównie prolinę) oraz N-metylowe pochodne aminokwasów – betainy [Mansour 2000, Rai 2002, Ashraf i Harris 2004]. Związki te umożliwiają roślinom osmotyczne dostosowanie (stąd określane są jako osmotyki cytoplazmatyczne lub osmolity), z drugiej zaś strony chronią makrocząsteczki (białka, kwasy nukleinowe) oraz błony plazmatyczne przed uszkodzeniami. Prolina jest najpowszechniej występującym w roślinach osmotykiem cytoplazmatycznym. Wielu badaczy twierdzi, że aminokwas ten podnosi odporność roślin na stresy i ogranicza uszkodzenia [Hare i wsp. 1999, Huang i wsp. 2009]. Po ustąpieniu stresu prolina może być łatwo wykorzystana jako źródło węgla czy azotu i służyć do syntezy chlorofilu oraz innych związków zawierających azot. W warunkach stresowych prolina syntetyzowana jest głównie z glutaminianu [Hare i Cress 1997, Brugière i wsp. 1999], dostarczanego przez cykl GS-GOGAT, w którym współdziałają ze sobą dwa enzymy. Syntetaza glutaminowa (GS) katalizuje reakcję utworzenia glutaminy z glutaminianu i  $\text{NH}_4^+$  z wykorzystaniem ATP:



Natomiast syntetaza glutaminianowa (GOGAT) katalizuje reakcję redukcyjnego przeniesienia grupy amidowej z glutaminy na 2-oksoglutaran i wytworzenia dwóch cząsteczek glutaminianu. Jedna cząsteczka wraca do cyklu, druga zaś jest wykorzystywana do różnych syntez. W komórkach roślinnych występują dwie izoformy enzymu: Fd-GOGAT i NAD(P)H-GOGAT, wykorzystujące jako czynnik redukujący ferredoksynę lub nukleotydy pirymidynowe:



Cykl GS-GOGAT jest głównym szlakiem umożliwiającym asymilację jonów amonowych. Komplementarną funkcję do cyklu GS-GOGAT pełni dehydrogenaza glutaminianowa (GDH). Enzym ten katalizuje odwracalną reakcję aminacji 2-oksoglutaranu (reakcja anaboliczna) oraz deaminacji glutaminianu (reakcja kataboliczna):





Niektórzy badacze twierdzą, że w warunkach stresowych, gdy jest niski poziom ATP i wysokie stężenie  $\text{NH}_4^+$  w komórkach, enzym ten może odgrywać ważną rolę w przyswajaniu jonów amonowych [Srivastava i Singh 1987].

We wcześniejszym artykule [Sacała 2008] opisano zmiany aktywności enzymów uczestniczących na pierwszym etapie przyswajania azotanów (reduktaz: azotanowej i azotynowej) w organach ogórka rosnącego w warunkach umiarkowanego stresu solnego. Kolejnym etapem badań było określenie zmian aktywności enzymów uczestniczących w asymilacji jonów amonowych: GS, GOGAT i GDH oraz poziomu akumulacji proliny w siewkach ogórka.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Wszystkie doświadczenia wykonano na siewkach ogórka (*Cucumis sativus* L. odmiany Wisconsin). Rośliny rosły w zlewkach napełnionych 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  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) w temperaturze dnia i nocy 25/22°C. Pożywkę wymieniano trzy razy w tygodniu. Aktywność enzymów: GS, GOGAT, GDH oraz zawartość proliny określano w korzeniach i liściach po 5 dniach uprawy roślin w pożywce (stadium dobrze wykształconych liści) oraz w korzeniach i liściach po 12 dniach (faza pierwszego dobrze wykształconego liścia).

Syntetazę glutaminową (GS) ekstrahowano buforem 50  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  Tris-HCl o pH 7,2 zawierającym 10  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{MnCl}_2$  oraz 1,0  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  ditiotritol (2 g materiału roślinnego na 4  $\text{cm}^3$  buforu). Oznaczano transferazową aktywność GS, mierząc ilość  $\gamma$ -glutamylhydroksamianu wytworzonego z glutaminy i hydroksylaminy w czasie 1 minuty [Hipkin i Syrrer 1977]. Mieszanina inkubacyjna zawierała: 50  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  Tris-HCl o pH 7,2, 7,5  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  ADP, 140  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  glutaminę, 0,3  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  arsenian sodowy oraz wyciąg enzymatyczny i 100  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  hydroksylaminę. Po 10-minutowej inkubacji prób w temperaturze 30°C reakcję enzymatyczną przerywano, dodając odczynnik żelazowy, następnie próby wirowano i mierzono absorbancję przy długości fali świetlnej 500 nm. Ilość powstałego  $\gamma$ -glutamylhydroksamianu odczytywano z krzywej wzorcowej.

Syntetazę glutaminianową (GOGAT) ekstrahowano buforem 100  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{KH}_2\text{PO}_4$ -KOH o pH 7,5 zawierającym 100  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  KCl oraz 2,0  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  ditiotritol i 2,0  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{Na}_2\text{EDTA}$  (5 g materiału roślinnego na 5  $\text{cm}^3$  buforu). Aktywność Fd-GOGAT i NADH-GOGAT określano na podstawie ilości glutaminianu powstałego z glutaminy i 2-oksoglutaranu w obecności ferredoksyny lub NADH. Wytworzony w reakcji enzymatycznej glutaminian oddzielano metodą chromatografii anionowymiennej i oznaczano, wykorzystując reakcję barwną z ninhydriną [Matoh i wsp. 1980, Matoh i Takahashi 1982].

Dehydrogenazę glutaminianową (GDH) ekstrahowano buforem 33  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  Tris-HCl o pH 7,2 zawierającym 0,1  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{Na}_2\text{EDTA}$  oraz 1,0  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  ditiotritol (2 g materiału roślinnego na 4  $\text{cm}^3$  buforu). Aktywność enzymu określano spektrofotometrycznie.

metrycznie, mierząc tempo utleniania NADH w reakcji aminacji 2-oksoglutaranu. Mierzono spadek absorbancji NADH przy 340 nm w czasie 2 min i obliczano szybkość utleniania NADH [Duke i wsp. 1975].

Dla wszystkich enzymów obliczono aktywność specyficzną, w przeliczeniu na 1 mg białka. Zawartość białka w badanych próbach oznaczano metodą Bradford [1976], wykorzystując BSA (albumina osocza krwi wołu) jako standard.

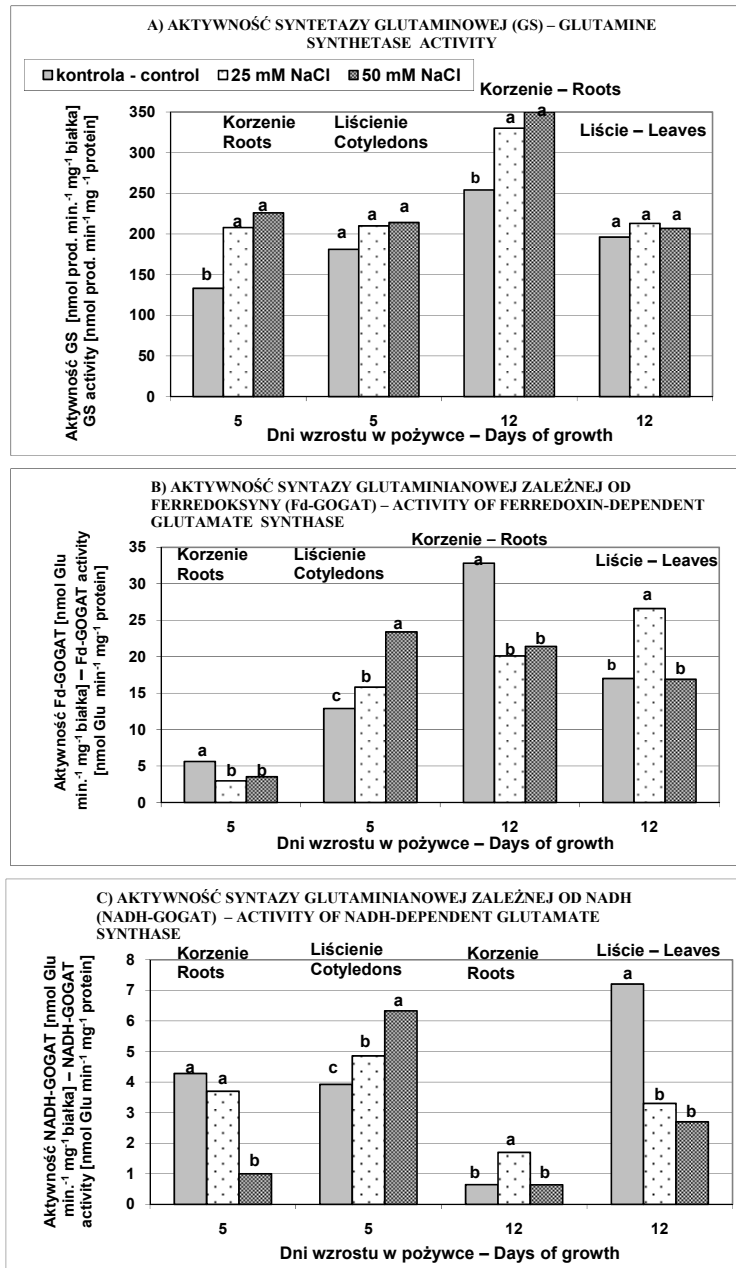
Prolinę ekstrahowano 3% roztworem kwasu sulfosalicylowego (1 g tkanki na 10 cm<sup>3</sup> kwasu). Po wybarwieniu prób odczynnikiem ninhydrynowym i oddzieleniu części chromoforowej za pomocą toluenu – absorbancję otrzymanych roztworów mierzono przy długości fali świetlnej 506 nm [Bates i wsp. 1973].

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

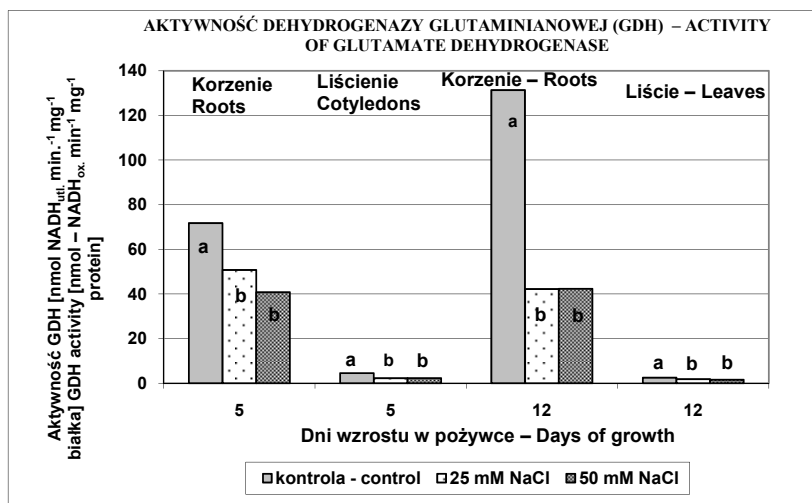
## WYNIKI BADAŃ

Stres solny spowodował wzrost aktywności GS w korzeniach ogórka, natomiast w częściach nadziemnych (liścienie, liście) nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic (rys. 1A). Obie zastosowane dawki NaCl powodowały podobne zmiany. Przeciwna reakcja wystąpiła w przypadku syntazy glutaminianowej zależnej od ferredoksyny (rys. 1B). Obecność NaCl w pożywce powodowała istotny statystycznie spadek aktywności tego enzymu w korzeniach ogórka (ok. 40% w porównaniu do roślin kontrolnych), zaś w liścieniach wzrost aktywności, szczególnie duży w obecności wyższego stężenia NaCl (rys. 1B). Warto również zaznaczyć, że korzenie 5-dniowych siewek ogórka charakteryzowały się bardzo niską aktywnością Fd-GOGAT, natomiast w korzeniach starszych roślin aktywność ta była kilkakrotnie (ok. 6-krotnie) wyższa. Przeciwna tendencja wystąpiła w przypadku NADH-GOGAT. Korzenie roślin starszych charakteryzowały się zdecydowanie niższą aktywnością NADH-GOGAT niż korzenie 5-dniowych siewek (rys. 1C), przy czym 25 mmol·dm<sup>-3</sup> NaCl powodował prawie 3-krotny wzrost aktywności tej formy enzymu w porównaniu do roślin kontrolnych. W liściach ogórka rosnącego w obecności NaCl stwierdzono znaczny spadek aktywności NADH-GOGAT, natomiast 25 mmol·dm<sup>-3</sup> NaCl przyczyniał się do stymulacji izoformy zależnej od ferredoksyny (rys. 1B,C). W liścieniach ogórka rosnącego w obecności NaCl odnotowano istotny wzrost aktywności obydwu form enzymu. NaCl o stężeniu 25 i 50 mmol·dm<sup>-3</sup> powodował odpowiednio 25 i 60% wzrost aktywności NADH-GOGAT w odniesieniu do roślin kontrolnych. Warto również nadmienić, że w liścieniach i liściach ogórka, aktywność Fd-GOGAT była zdecydowanie wyższa niż aktywność NADH-GOGAT.

Rysunek 2 pokazuje, że obie zastosowane dawki NaCl powodowały znaczny spadek aktywności NADH-GDH we wszystkich badanych organach, szczególnie w korzeniach starszych siewek. Warto zaznaczyć, że aktywność NADH-GDH w korzeniach ogórka była zdecydowanie wyższa niż w częściach nadziemnych.

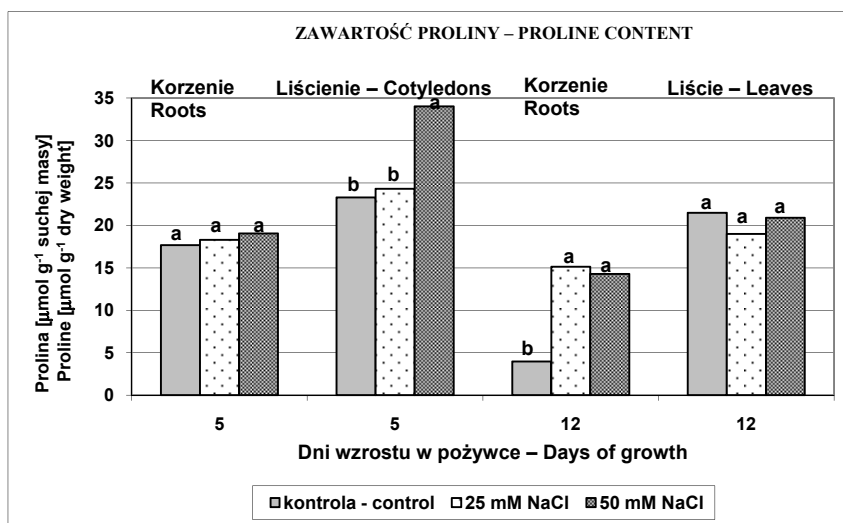


Rys. 1. Wpływ NaCl na aktywność enzymów cyklu GS-GOGAT w różnych organach ogórka. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)  
 Fig. 1. The influence of NaCl on enzymes involving in GS-GOGAT cycle in different organs of cucumber. The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)



Rys. 2. Wpływ NaCl na aktywność dehydrogenazy glutaminianowej w różnych organach ogórka. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)

Fig. 2. The influence of NaCl on glutamate dehydrogenase activity in different organs of cucumber. The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)



Rys. 3. Wpływ NaCl na zawartość wolnej proliny w różnych organach ogórka. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)

Fig. 3. The influence of NaCl on free proline content in different organs of cucumber. The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Stężenie wolnej proliny utrzymywało się na stosunkowo niskim poziomie mieszczącym się w zakresie 4–34  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$  suchej masy (rys. 3). W korzeniach roślin kontrolnych koncentracja proliny zdecydowanie obniżyła się w roślinach starszych w porównaniu do roślin 5-dniowych. W korzeniach roślin rosnących w warunkach stresowych zawartość proliny utrzymywała się na względnie stałym poziomie i w 12 dniu uprawy organy te zawierały w przybliżeniu 15  $\mu\text{mol}$  proliny na g suchej masy (ok. 3 razy więcej niż rośliny kontrolne). Liścienie ogórka rosnącego w obecności NaCl o stężeniu 50  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  wykazywały wyższą zawartość tego aminokwasu (34  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$  suchej masy) w porównaniu do roślin kontrolnych oraz rosnących przy niższym stężeniu NaCl (ok. 23  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$  suchej masy). W liściach ogórka stężenie proliny utrzymywało się na podobnym poziomie (ok. 20  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$  suchej masy) we wszystkich badanych wariantach.

## DYSKUSJA

W tkankach roślin wyższych, właściwa asymilacja azotu (wbudowywanie  $\text{NH}_4^+$  do związków organicznych) poprzedzona jest redukcją jonów azotanowych do jonów amonowych. Jony amonowe są toksyczne dla komórek, dlatego muszą być szybko asymilowane i wykorzystywane do syntezy związków azotowych. Proces redukcji azotanów jest dwustopniowy i uczestniczą w nim reduktazy: azotanowa i azotynowa. Stres solny powoduje znaczną inhibicję aktywności reduktazy azotanowej (zwłaszcza w częściach nadziemnych), natomiast nie wpływa istotnie na aktywność reduktazy azotynowej [Sacała 2008]. Przeprowadzone analizy miały na celu zbadanie funkcjonowania kolejnych kluczowych enzymów metabolizmu azotowego: syntetazy glutaminowej (GS), syntazy glutaminianowej (GOGAT) i dehydrogenazy glutaminianowej (GDH) oraz określenie poziomu wolnej proliny (jednego z ważniejszych azotowych metabolitów „stresowych”). Zobserwowano, że obie zastosowane dawki NaCl powodowały podobne zmiany aktywności badanych enzymów. Syntetaza glutaminowa, pierwszy enzym szlaku asymilacji jonów amonowych, sprawnie funkcjonował w warunkach stresowych. W korzeniach ogórka rosnącego w pożywce zawierającej NaCl jego aktywność była znacznie wyższa niż w roślinach kontrolnych. Natomiast zmiany aktywności GOGAT – enzymu współdziałającego z GS – były przeciwne (spadek aktywności enzymu w korzeniach, z wyjątkiem formy NADH-GOGAT i niższego stężenia NaCl). Wysoka aktywność GS oraz spadek aktywności GOGAT świadczyć mogą o gromadzeniu się glutaminy w korzeniach ogórka i gorszym zaopatrzeniu w kwas glutaminowy. Nagromadzona glutamina może stanowić zapas łatwo dostępnego azotu oraz równoważyć różnice potencjału osmotycznego spowodowane obecnością soli. Berteli i wsp. [1995] twierdzą, że w warunkach stresu solnego główną funkcją enzymów cyklu GS-GOGAT jest wytwarzanie glutaminianu na potrzeby biosyntezy proliny, przy czym kluczowym enzymem kontrolującym ten szlak i łączącym metabolizm azotowy z przemianami węgla jest Fd-GOGAT. Przemawia za tym fakt, że aktywność Fd-GOGAT stanowi zaledwie ok. 1/10 aktywności GS, dlatego jej zmiany mają decydujący wpływ na funkcjonowanie całego szlaku i ilość wytworzonego glutaminianu. W liścieniach ogórka rosnącego w obecności NaCl stwierdzono wzrost aktywności obydwu form GOGAT oraz większą ilość akumulowanej wolnej proliny w porównaniu do roślin

kontrolnych. Również Surabhi i wsp. [2008] odnotowali wzrost aktywności GS i GOGAT w roślinach *Morus alba* L. rosnących w warunkach stresu solnego, przy czym wzrosty te były większe u odmiany bardziej odpornej na zasolenie. Badacze ci twierdzą, że wzrost aktywności GS, GOGAT oraz aminotransferaz ogranicza akumulację toksycznych jonów amonowych oraz przyczynia się do zwiększenia puli wolnych aminokwasów, które mogą pełnić funkcje osmoregulacyjne. Rai [2002] zwraca również uwagę, że akumulowane aminokwasy pełnią w komórkach funkcje regulacyjne i sygnałowe. Iyer i Caplan [1998] stwierdzili, że glutamina oraz inne metabolity powiązane z metabolizmem proliny mogą zwiększać ekspresję licznych genów związanych z reakcją roślin na stres osmotyczny.

Stres solny spowodował znaczny spadek aktywności GDH we wszystkich badanych organach ogórka. Można przypuszczać, że obserwowana inhibicja nie jest efektem szczególnej wrażliwości tego enzymu na zasolenie, gdyż inni badacze stwierdzali wzrost aktywności GDH w warunkach zasolenia [Ramanjulu i wsp. 1994, Surabhi i wsp. 2008]. Inhibicja ta jest raczej spowodowana zbyt niskim stężeniem substratu ( $\text{NH}_4^+$ ). Wysoka aktywność GS w badanych organach ogórka wskazuje, że jony amonowe nie gromadzą się w nadmiernych ilościach. Można więc przypuszczać, że obniżona aktywność NADH-GDH spowodowana była zmniejszoną syntezą enzymu. Odnotowana przez Surabhi i wsp. [2008] stymulacja GDH w warunkach stresu solnego skorelowana była ze wzrostem stężenia jonów amonowych w komórkach. W związku z tym, autorzy ci sugerują, że wzrost aktywności GDH w warunkach stresowych – może pośrednio świadczyć o akumulacji jonów amonowych w komórkach. Wynika to z faktu, że GDH charakteryzuje się niskim powinowactwem do jonów amonowych i aktywność anaboliczna (synteza glutaminianu) zachodzi w warunkach wysokiej koncentracji tych jonów. Warto nadmienić, że wysoką aktywnością NADH-GDH charakteryzują się korzenie ogórka, w których być może spełnia istotną funkcję w pierwotnej asymilacji  $\text{NH}_4^+$ .

W odpowiedzi na stresy osmotyczne wiele roślin akumuluje aminokwasy, a zwłaszcza prolinę. Aminokwas ten może uczestniczyć w osmoregulacji komórek oraz pełnić funkcje ochronne. Stężenie wolnej proliny oznaczone w różnych organach ogórka było bardzo niskie i w związku z tym udział tego aminokwasu w osmoregulacji jest znikomy. Akumulacja wolnej proliny wiąże się zazwyczaj z niską zawartością wody w tkankach [Riazi i wsp. 1985, Chiang i Dandekar 1995, Girousse i wsp. 1996], natomiast w badanych organach ogórka zawartość wody była wysoka, wyższa niż w roślinach kontrolnych [Sacała 2008]. Prawdopodobnie, zastosowane stężenia NaCl były zbyt niskie, aby indukować syntezę proliny w liściach oraz spowodować większą akumulację w korzeniach i liścieniach. Aziz i wsp. [1999], badając krążki z liści pomidora poddane działaniu wzrastających dawek NaCl (50–300  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), stwierdzili, że NaCl o stężeniu wyższym niż 100  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  powoduje akumulację dużych ilości proliny.

Podsumowując, można stwierdzić, że w warunkach łagodnego stresu solnego enzymy cyklu GS-GOGAT działają w miarę efektywnie, natomiast aktywność dehydrogenazy glutaminianowej zdecydowanie obniża się. Nie stwierdzono jasnych zależności pomiędzy aktywnością GS i GOGAT oraz zawartością proliny w tkankach.

## WNIOSKI

1. Umiarkowany stres solny stymuluje aktywność syntetazy glutaminowej w korzeniach ogórka, nie wpływa natomiast na aktywność GS w częściach nadziemnych.

2. Fd-GOGAT wykazuje znacznie wyższą aktywność niż NADH-GOGAT, przy czym stres solny powoduje wzrost aktywności obu form enzymu w liścieniach, natomiast w korzeniach inhibicję (z wyjątkiem NADH-GOGAT w 12-dniowych korzeniach). W liściach ogórka aktywność NADH-GOGAT zdecydowanie obniża się w warunkach stresu solnego, w przeciwieństwie do formy Fd-GOGAT, której aktywność roślinie w obecności niższego stężenia NaCl.

3. Stres solny zdecydowanie obniża aktywność dehydrogenazy glutaminianowej (NADH-GDH) we wszystkich badanych organach, przy czym korzenie ogórka wykazują dużo wyższą aktywność niż liścienie i liście.

4. Ogórek rosnący w warunkach stresu solnego nie gromadzi znaczących ilości wolnej proliny.

## PIŚMIENNICTWO

- Ashraf M., Harris P.J.C., 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance on plants. *Plant Science*, 166: 3–16.
- Aziz A., Martin-Tanguy J., Larher F., 1999. Salt stress-induced proline accumulation and changes in tyramine and polyamine levels are linked to ionic adjustment in tomato leaf discs. *Plant Science*, 145: 83–91.
- Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*, 39: 205–207.
- Berteli F., Corrales E., Guerrero C., Ariza M.J., Pliego F., Valpuesta V., 1995. Salt stress increases ferredoxin-dependent glutamate synthase activity and protein level on the leaves of tomato. *Physiol. Plant.*, 93: 259–264.
- Bradford M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.*, 72: 248–254.
- Brugière N., Dubois F., Limami A.M., Lelandais M., Roux Y., Sangwan R.S., Harel B., 1999. Glutamine synthetase in the phloem plays a major role controlling proline production. *Plant Cell*, 11: 1995–2012.
- Chiang H-H., Dandekar A.M., 1995. Regulation of proline accumulation in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh during development and in response to desiccation. *Plant Cell Environ.*, 18: 1280–1290.
- Duke S.H., Koukkari W.L., Soulen T.K., 1975. Glutamate dehydrogenase activity in roots: distribution in a seedling and storage root, and the effects of red and far-red illuminations. *Physiol. Plant.*, 34: 8–13.
- Girousse Ch., Bournoville R., Bonnemain J.-L., 1996. Water deficit-induced changes in concentrations in proline and some other amino acid on the phloem sap of alfalfa. *Plant. Physiol.*, 111: 109–113.
- Hare P.D., Cress W.A., 1997. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation on plants. *Plant Growth Regulation*, 23: 79–103.
- Hare P.D., Cress W.A., van Staden J., 1999. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. *J. Exp. Bot.*, 50: 413–434.
- Hipkin C.R., Syrett P.J., 1977. Some effects of nitrogen-starvation on nitrogen and carbohydrate metabolism in *Ankistrodesmus braunii*. *Planta*, 133: 209–214.

- Huang Y., Bie Z., Liu Z., Zhen A., Wang W., 2009. Protective role of proline against salt stress is partially related to the improvement of water status and peroxidase enzyme activity in cucumber. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55: 698–704.
- Iyer S., Caplan A., 1998. Products of proline catabolism can induce osmotically regulated genes in rice. *Plant. Physiol.*, 116: 203–211.
- Mansour M.M.F., 2000. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biol. Plant.*, 43: 491–500.
- Matoh T., Ida S., Takahashi E., 1980. A rapid and sensitive assay for ferredoxin-glutamate synthase. *Bull. Res. Inst. Food Sci. Kyoto Univ.*, 43: 1–6.
- Matoh T., Takahashi E., 1982. Changes in the activities of ferredoxin and NADH-glutamate synthase during development of peas. *Planta*, 154: 289–294.
- Rai V.K., 2002. Role of amino acids in plant responses to stresses. *Biol. Plant.*, 45: 481–487.
- Ramanjulu S., Veeranjanyulu K., Sudhakar C., 1994. Short-term shifts on nitrogen metabolism in mulberry *Morus alba* under salt shock. *Phytochem.*, 37: 991–995.
- Riazi A., Matsuda K., Arslan A., 1985. Water-stress induced changes in concentrations of proline and other solutes in growing regions of young barley leaves. *J. Exp. Bot.*, 36: 1716–1725.
- Sacała E., 2008. Wpływ umiarkowanego stresu solnego na wzrost oraz asymilację azotanów w siewkach ogórka (*Cucumis sativus* L.). *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, XCII, 568: 37–48.
- Srivastava H.S., Singh R.P., 1987. Role and regulation of L-glutamate dehydrogenase activity in higher plants. *Phytochemistry*, 26: 597–610.
- Surabhi G.-K., Reddy A.M., Kumari G.J., Sudhakar Ch., 2008. Modulations in key enzymes of nitrogen metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) with differential sensitivity to salt stress. *Environ. Exp. Bot.*, 64: 171–178.

#### THE INFLUENCE OF MODERATE SALT STRESS ON ACTIVITY OF ENZYMES INVOLVING IN AMMONIUM ASSIMILATION IN CUCUMBER (*CUCUMIS SATIVUS* L.) SEEDLINGS

##### S u m m a r y

The effects of 25 and 50 mmol·dm<sup>-3</sup> NaCl on activities of enzymes involving in primary ammonium assimilation: glutamine synthetase (GS), glutamate synthase (Fd-GOGAT and NADH-GOGAT), glutamate dehydrogenase were studied in different organs of cucumber seedlings. The content of free proline there was determined too. Plants were examined at two different stages of growth: 5-day old seedlings with cotyledons and 12-day old (stage of first expanded leaf). Salt stress caused significant increase in GS activity in cucumber roots (approx. 70% and 35% increase in 5- and 12-old day seedlings respectively) and did not change its activity in shoots. The changes in GOGAT activity were variable (stimulation, inhibition, non-change) and dependent on plant organ, NaCl concentration, and on the case of roots, on plant age. NaCl significantly stimulated GOGAT activity in cotyledons (under 50 mmol·dm<sup>-3</sup> NaCl there was 60% increase), whereas in cucumber roots there was observed inhibition (with the exception of NADH-GOGAT in 12-old day seedlings). Both concentrations of NaCl caused marked fall in GDH activity in all examined organs. Salt stress did not provoke meaningful proline accumulation and its content was relatively low (4–34 μmol·g<sup>-1</sup> dry weight).



Obtained results indicated that under moderate salinity enzymes of GS-GOGAT cycle operate efficiently, whereas GDH activity significantly lowers. There are not clear relationships between GS, GOGAT activities and proline concentration in cucumber tissues.

KEY WORDS: glutamine synthetase, glutamate synthase, glutamate dehydrogenase, proline

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Jadwiga Wierzbowska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie



Elżbieta Sacala

**WPLYW STRESU OSMOTYCZNEGO NA WZROST  
ORAZ AKTYWNOŚĆ REDUKTAZY AZOTANOWEJ  
W SIEWKACH OGÓRKA (*CUCUMIS SATIVUS* L.)**

**THE INFLUENCE OF OSMOTIC STRESS ON GROWTH  
AND NITRATE REDUCTASE ACTIVITY  
IN CUCUMBER SEEDLINGS (*CUCUMIS SATIVUS* L.)**

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

Zbadano wpływ umiarkowanego stresu osmotycznego (50 mmol·dm<sup>-3</sup> NaCl, 25 mmol·dm<sup>-3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 5% PEG) na wzrost, aktywność reduktazy azotanowej oraz zawartość azotanów w korzeniach i liściach ogórka. Doświadczenia przeprowadzono na 7-dniowych siewkach uprawianych metodą kultur hydroponicznych w następujących warunkach: 16-godzinny fotoperiod (200 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>), 25/22°C temperatura dnia i nocy. Wyniki doświadczeń wzrostowych wykazały, że w początkowej fazie wzrostu ogórek stosunkowo dobrze toleruje stres osmotyczny. NaCl nie hamował wzrostu roślin, natomiast Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oraz PEG powodowały ok. 20% zmniejszenie świeżej i suchej masy korzeni, a PEG również niewielkie zahamowanie wzrostu liści. Stres solny (NaCl i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) przyczyniał się do wyraźnego obniżenia koncentracji azotanów w korzeniach i liściach ogórka. Spadek ten był szczególnie drastyczny w obecności NaCl i wynosił aż 70% w porównaniu do roślin kontrolnych. Aktywność reduktazy azotanowej (NR) w korzeniach ogórka utrzymywała się na podobnym poziomie we wszystkich badanych wariantach, natomiast w liściach roślin rosnących w warunkach stresu osmotycznego aktywność ta zdecydowanie obniżała się (największa ok. 60% inhibicja enzymu wystąpiła pod wpływem NaCl).

Podsumowując, można stwierdzić, że największe zahamowanie wzrostu roślin wystąpiło pod wpływem 5% PEG-u, przy czym w tych warunkach zmiany aktywności NR były stosunkowo niewielkie.

Stosowane skróty: NR – reduktaza azotanowa, PEG – glikol polietylenowy o masie molekularnej 3350.

**SŁOWA KLUCZOWE:** azotany, reduktaza azotanowa, stres solny, stres osmotyczny, ogórek

---

Do cytowania – For citation: Sacala E., 2009. Wpływ stresu osmotycznego na wzrost oraz aktywność reduktazy azotanowej w siewkach ogórka (*Cucumis sativus* L.). Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 75–86.

## WSTĘP

Rośliny rosnące w warunkach naturalnych są stale narażone na działanie różnego rodzaju niekorzystnych czynników środowiskowych. Jednym z poważniejszych problemów, z jakimi borykają się rośliny, jest stres osmotyczny. Ten rodzaj stresu może być spowodowany suszą lub nadmiernym zasoleniem gleby. Szacuje się, że ok. 20% światowych użytków rolnych (w tym prawie połowa obszarów nawadnianych) jest nadmiernie zasolonych [Zhu 2001]. To niekorzystne zjawisko powoduje poważne straty w produkcji rolniczej. Zarówno susza, jak i zasolenie powodują obniżenie potencjału wody w podłożu, co w konsekwencji może prowadzić do deficytu wody w roślinie i zahamowania wzrostu. W przypadku zasolenia gleby – rośliny dodatkowo narażone są na toksyczne oddziaływanie nadmiaru jonów w komórce oraz zaburzenia w pobieraniu i transporcie składników pokarmowych [Grattan i Grieve 1999]. Efektem tego mogą być poważne zaburzenia metaboliczne, jak np. zahamowanie fotosyntezy czy zaburzenia w funkcjonowaniu metabolizmu azotowego. Efektywne działanie enzymów metabolizmu azotowego zapewnia roślinom prawidłowy wzrost i rozwój, z drugiej zaś strony przyczynia się do zwiększenia odporności roślin na stresy środowiskowe. Dużą część tzw. metabolitów stresowych (związków syntetyzowanych i akumulowanych w sytuacjach stresowych, zwiększających tolerancję roślin na stresy) jest związkami zawierającymi azot [Mansour 2000, Rai 2002, Ashraf i Foolad 2007]. Kluczowym enzymem, odpowiedzialnym za pierwszy etap przyswajania azotanów, jest reduktaza azotanowa (NR). Enzym ten podlega wielokierunkowej regulacji zarówno na poziomie genetycznym, jak i posttranslacyjnym. Jego aktywność jest powiązana z przebiegiem fotosyntezy i przemianami związków węglowych [Kaiser i wsp. 2000, Kaiser i Huber 2001].

Głównym celem badań było porównanie aktywności reduktazy azotanowej w siewkach ogórka rosnącego w warunkach stresu osmotycznego spowodowanego quasi-izoosmotycznymi roztworami NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i PEGu (glikolu polietylenowego) oraz zbadanie wpływu trzech różnych soli (*in vitro*) NaCl, KCl i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na aktywność NR (sole dodawano do mieszaniny reakcyjnej).

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Wszystkie doświadczenia wykonano na siewkach ogórka (*Cucumis sativus* L., odmiana Wisconsin). Rośliny rosły w zlewkach napełnionych trzykrotnie rozcieńczoną pożywką Hoaglanda (kontrola) bądź w pożywce z dodatkiem 50 mmol·dm<sup>-3</sup> NaCl, 25 mmol·dm<sup>-3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lub 5% PEG 3350. Warunki uprawy były następujące: 16-godzinny fotoperiod (~200 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) oraz temperatura dnia i nocy 25/22°C. Pożywka była wymieniana trzy razy w tygodniu. Parametry wzrostowe roślin (świeża i sucha masa korzeni i liści) oraz aktywność reduktazy azotanowej określano po 7 dniach uprawy roślin w pożywce. Reduktazę azotanową ekstrahowano buforem 50 mmol·dm<sup>-3</sup> Tris-HCl o pH 7,5 zawierającym 5 mmol·dm<sup>-3</sup> cysteinę oraz 2,5 mmol·dm<sup>-3</sup> Na<sub>2</sub>EDTA (1 g materiału roślinnego na 5 cm<sup>3</sup> buforu). Aktywność enzymu oznaczano, określając ilość wytworzonych jonów NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Jony NO<sub>2</sub><sup>-</sup> wybarwiano 1% sulfanilamidem rozpuszczonym w 100 mmol·dm<sup>-3</sup> HCl oraz 0.02% N-naftyloetylenodiaminą i oznaczano spektrofotome-

trycznie przy długości fali świetlnej 540 nm. Aktywność enzymu przeliczano na 1 mg białka. Zawartość białka w badanych próbach oznaczano metodą Bradforda [1976], wykorzystując BSA (albumina osocza krwi wołu) jako standard. Azotany ekstrahowano wodą destylowaną w temperaturze 100°C (1 g tkanki na 10 cm<sup>3</sup> wody). Po odwirowaniu prób (10000 × g, 10 min) azotany oznaczano kolorymetrycznie, wykorzystując odczynnik salicylowy [Cataldo i wsp. 1975]. Doświadczenia powtórzono trzy razy.

Badania *in vitro* wpływu NaCl, KCl i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na aktywność NR przeprowadzono na enzymie wyekstrahowanym z korzeni i liści ogórka rosnącego w warunkach kontrolnych. Badane sole rozpuszczano w buforze inkubacyjnym w takich ilościach, aby ich końcowe stężenie w mieszaninie inkubacyjnej wynosiło odpowiednio: 25, 50, 100 i 200 mmol·dm<sup>-3</sup>. Po 30 min inkubacji prób w temperaturze 27°C oznaczano ilość wytworzonych jonów NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Zmiany aktywności enzymu wyrażono w odniesieniu do prób kontrolnych, tzn. niezawierających soli w mieszaninie reakcyjnej. Doświadczenie wykonano 2 razy w trzech powtórzeniach.

Procentową zawartość wody w świeżej masie wyliczono jako różnicę pomiędzy świeżą i suchą masą podzieloną przez świeżą masę i pomnożoną przez 100%.

Wszystkie 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 badań wskazują, że ogórek w początkowym stadium rozwojowym jest rośliną stosunkowo dobrze tolerującą umiarkowany stres solny (rys. 1A,B). NaCl o stężeniu 50 mmol·dm<sup>-3</sup> nie powodował istotnych statystycznie zmian świeżej i suchej masy korzeni oraz liści ogórka. Odmienna reakcja wystąpiła w obecności 5% PEG-u (wzrost korzeni i liści był zahamowany, przy czym w większym stopniu ograniczony był przyrost świeżej niż suchej masy). Obecność 25 mmol·dm<sup>-3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nie powodowała zahamowania wzrostu liści, natomiast o ok. ¼ zmniejszyła akumulację świeżej i suchej masy w korzeniach ogórka. Zawartość wody w badanych organach była stosunkowo wysoka, nie stwierdzono objawów spadku turgoru i jedynie w przypadku liści ogórka rosnącego w obecności PEG-u odnotowano niewielkie, ale istotne statystycznie zmniejszenie zawartości wody (rys. 1C). Natomiast rośliny rosnące w obecności NaCl akumulowały w badanych organach więcej wody niż rośliny kontrolne.

Pod wpływem stresu osmotycznego aktywność reduktazy azotanowej w liściach ogórka zdecydowanie obniżała się, przy czym największa (ok. 60%) inhibicja enzymu wystąpiła w obecności NaCl (rys. 2A). PEG i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> również powodowały spadek aktywności NR w liściach, jednak nie był on aż tak duży i wynosił odpowiednio 14 i 36% w porównaniu do roślin kontrolnych. W korzeniach ogórka traktowanego Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i PEG aktywność NR utrzymywała się na podobnym poziomie jak w roślinach kontrolnych. Jedynie NaCl powodował 20% spadek aktywności tego enzymu. Obecność w pożywce zarówno NaCl, jak i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, w znacznym stopniu wpływała na zaopatrzenie roślin w azotany (rys. 2B). Najbardziej drastyczne zmniejszenie ilości NO<sub>3</sub><sup>-</sup> w badanych organach wystąpiło pod wpływem NaCl. Zawartość azotanów w badanych orga-

nach ogórka była o ok. 70% mniejsza w porównaniu do roślin kontrolnych. Również obecność  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  przyczyniała się do spadku stężenia azotanów w tkankach, jednak nie był on aż tak duży jak w przypadku  $\text{NaCl}$ . Obecność PEG-u w pożywce nie wpływała istotnie na zawartość azotanów.

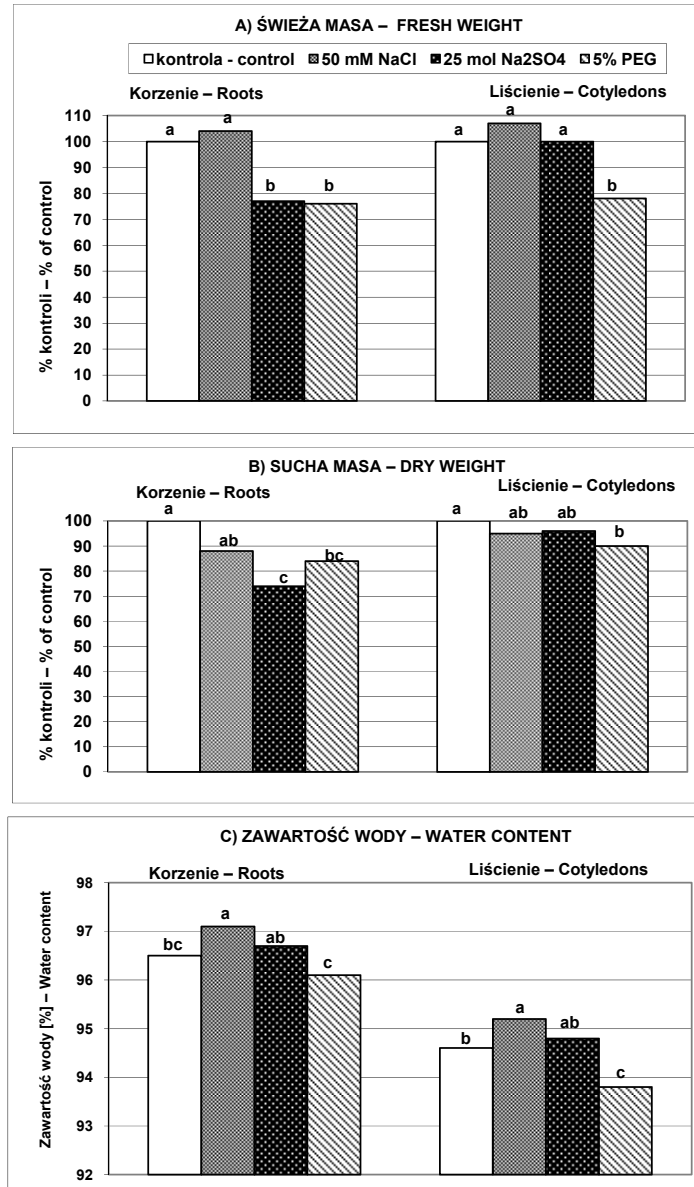
Na rysunku 3 przedstawiono zmiany aktywności reduktazy azotanowej pod wpływem trzech różnych soli ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  i  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) dodawanych bezpośrednio do mieszaniny reakcyjnej (badania *in vitro*) zawierającej enzym wyekstrahowany z korzeni lub liścieni ogórka rosnącego w pożywce Hoaglanda. Obie formy enzymu – korzeniowa i liścieniowa – podobnie reagowały na badane stężenia soli. Porównując wpływ  $200 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{NaCl}$  oraz  $100 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (ta sama ilość Na), można stwierdzić, że aktywność NR była zdecydowanie bardziej hamowana przez  $\text{NaCl}$  (ok. 65% inhibicja) niż  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (35% spadek aktywności). Również  $200 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{KCl}$  zdecydowanie słabiej niż  $\text{NaCl}$  hamował aktywność NR. Podsumowując, można stwierdzić, że spośród trzech badanych soli, to  $\text{NaCl}$  w największym stopniu wpływał na aktywność enzymu. 50% inhibicja aktywności NR występowała przy stężeniu  $\text{NaCl}$  wynoszącym  $150 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  (niepublikowany wynik).

## DYSKUSJA

Oddziaływanie soli na rośliny można rozpatrywać w różnych aspektach. Po pierwsze, stres osmotyczny wywołany wzrostem potencjału jonowego w roztworze zewnętrznym – przyczynia się do deficytu wody w roślinie. Po drugie, zaburzenia równowagi jonowej powodują utrudnienia w pobieraniu składników pokarmowych i gromadzenie toksycznych jonów w komórkach. Należy brać pod uwagę również interakcję wspomnianych oddziaływań. W przypadku stresu osmotycznego, wywołanego obecnością PEG-u w pożywce, podstawowy problem stanowi obniżenie potencjału wody roztworu zewnętrznego i wynikające z tego konsekwencje w postaci deficytu wody w roślinie. Spowodowane stresem osmotycznym obniżenie potencjału wody komórek roślinnych i utrata turgoru prowadzą do zahamowania wzrostu roślin. W przeprowadzonych doświadczeniach stosowano stosunkowo niskie stężenia soli ( $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{NaCl}$  i  $25 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) oraz PEG-u (roztwór 5%). Można je określić jako łagodny/umiarkowany stres osmotyczny. Otrzymane wyniki doświadczeń wzrostowych wykazały, że ogórek stosunkowo dobrze toleruje umiarkowany stres osmotyczny, przy czym jest rośliną bardziej wrażliwą na  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  i PEG niż na  $\text{NaCl}$  (rys. 1A, 1B). W trakcie 7-dniowej uprawy – rośliny nie wykazywały objawów wędnięcia, a zawartość wody w badanych tkankach była wysoka (rys. 1C). Również w przypadku innych roślin: *Vigna radiata* [Zayed i Zeid 1997/1998], *Phaseolus vulgaris* [Fernandez-Ballester i wsp. 1997] czy też kalusa *Triticum durum* [Lutts i wsp. 2004] stwierdzono, że wpływ PEG-u na rośliny jest bardziej niekorzystny niż izoosmotycznego roztworu  $\text{NaCl}$ . Warto jednak nadmienić, że  $\text{NaCl}$  o stężeniu  $100 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  (dwukrotnie wyższym od stosowanego w prezentowanych badaniach) zdecydowanie hamował wzrost innej odmiany ogórka (Władko F-1) i powodował większe ograniczenie przyrostu suchej masy korzeni i pędów niż 10% PEG [Sacała i wsp. 2008]. Niektórzy badacze twierdzą, że wiele roślin jest bardziej wrażliwych na  $\text{Cl}^-$  niż na  $\text{Na}^+$  i dlatego rośliny bardziej nega-

tywnie reagują na NaCl niż na Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [Chavan i Karadge 1980, Bhivare i wsp. 1988, Sacala i wsp. 2002]. Jednak w przypadku badanej odmiany ogórka (Wisconsin) – rośliny lepiej tolerowały 50 mmol·dm<sup>-3</sup> NaCl niż 25 mmol·dm<sup>-3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

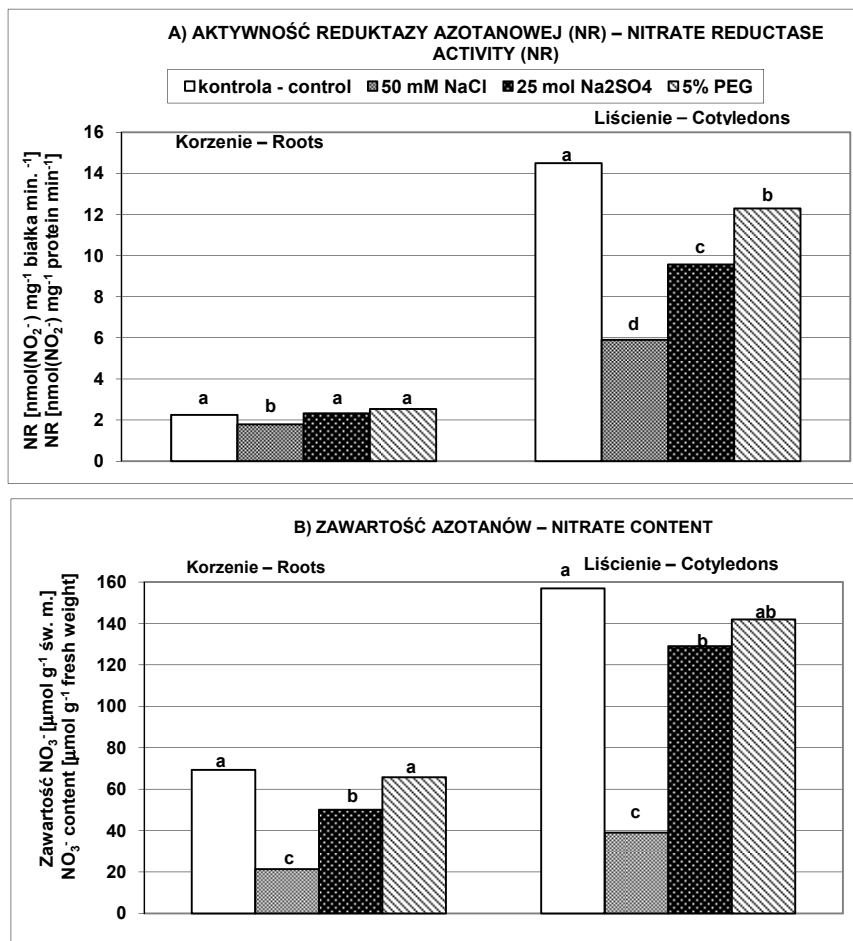
Morfologicznym zmianom w roślinach rosnących w warunkach stresu osmotycznego – towarzyszą zmiany metaboliczne, które dotyczą głównie procesu fotosyntezy i metabolizmu azotowego oraz pobierania i transportu składników mineralnych. Przeprowadzone doświadczenia pokazały, że obie badane sole (NaCl i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) powodują spadek zawartości azotanów zarówno w korzeniach, jak i liściach ogórka. Inhibicja pobierania azotanów w warunkach stresu solnego, a w konsekwencji spadek stężenia tych jonów w tkankach roślin, jest zjawiskiem występującym dość powszechnie [Cramer i wsp. 1995, Silveira i wsp. 2001, Sacala i wsp. 2008]. W wyniku działania stresu solnego zdecydowanie rzadziej dochodzi do wzrostu zawartości NO<sub>3</sub><sup>-</sup> w tkankach roślin [Pessarakli i Tucker 1985, Sagi i wsp. 1997]. Abd-El Baki i wsp. [2000] wykazali odmienną reakcję poszczególnych organów rośliny. W warunkach stresowych zmniejszała się zawartość azotanów w pędach kukurydzy, natomiast rosła w korzeniach, a zmiany te pogłębiały się wraz ze wzrostem zasolenia (50–150 mmol·dm<sup>-3</sup>). Wyniki badań własnych wykazały, że pod wpływem NaCl dochodzi do drastycznego (aż 70%) spadku stężenia azotanów w korzeniach i liściach ogórka. Fakt, że spadek ten jest zdecydowanie większy w obecności NaCl niż Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, wskazuje, że wysoka koncentracja anionów chlorkowych może tłumić pobieranie NO<sub>3</sub><sup>-</sup> w wyniku konkurencji pomiędzy tymi jonami. Dane literaturowe wskazują, że w przypadku stresu osmotycznego spowodowanego obecnością PEG-u w pożywce – zmiany zawartości azotanów zazwyczaj nie podlegają tak dużym fluktuacjom i w niektórych przypadkach obserwuje się zwiększoną akumulację tych jonów w tkankach roślin [Larsson i wsp. 1989, Abd-El Baki i wsp. 2000]. Gromadzenie NO<sub>3</sub><sup>-</sup> w tkankach może być jednym z mechanizmów umożliwiających roślinom tzw. osmotyczne dostosowanie. Wyniki badań własnych również potwierdzają ten pogląd. Obecność 5% PEG-u w porównaniu do roślin kontrolnych nie powodowała istotnych statystycznie zmian w koncentracji azotanów oraz w najmniejszym stopniu (spośród trzech badanych czynników) wpływała na aktywność reduktazy azotanowej (rys. 2A,B). Największa inhibicja aktywności NR wystąpiła w liściach ogórka pod wpływem NaCl. Znaczna część prac, dotyczących wpływu stresu solnego na aktywność reduktazy azotanowej, odnotowuje spadek aktywności tego enzymu [Khan i Srivastava 1998, Debouba i wsp. 2006, Sacala i wsp. 2005, 2008, Surabhi i wsp. 2008]. Wyniki prezentowanych badań wskazują, że hamowanie aktywności NR w warunkach stresu solnego raczej nie jest spowodowane bezpośrednim oddziaływaniem soli na białko enzymatyczne, lecz jest efektem niewystarczającego zaopatrzenia roślin w azotany. Co prawda, w przypadku izoformy korzeniowej NR wielkość inhibicji powodowana przez NaCl była zbliżona w eksperymentach prowadzonych zarówno *in vivo*, jak *in vitro* (rys. 2A, 3A), to jednak w przypadku izoformy liścieniowej w badaniach *in vitro* jej aktywność obniżała się do 40% wartości kontrolnej przy stężeniu NaCl wynoszącym 200 mmol·dm<sup>-3</sup> (rys. 3B). Warto również podkreślić, że spośród trzech badanych soli (NaCl, KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) chlorek sodowy w największym stopniu wpływał na aktywność reduktazy azotanowej (rys. 3A,B). Otrzymane wyniki częściowo potwierdzają pogląd, że Na<sup>+</sup> w stężeniach powyżej 100 mmol·dm<sup>-3</sup> zaczyna inhibować aktywność większości enzymów, natomiast K<sup>+</sup> w stężeniach 100–200 mmol·dm<sup>-3</sup> [Munns 200].



Rys. 1. Wpływ  $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  NaCl,  $25 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i 5% PEGu na akumulację świeżej (A) i suchej (B) masy oraz zawartość wody (C) w korzeniach i liścieniach 7-dniowych siewek ogórka. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)

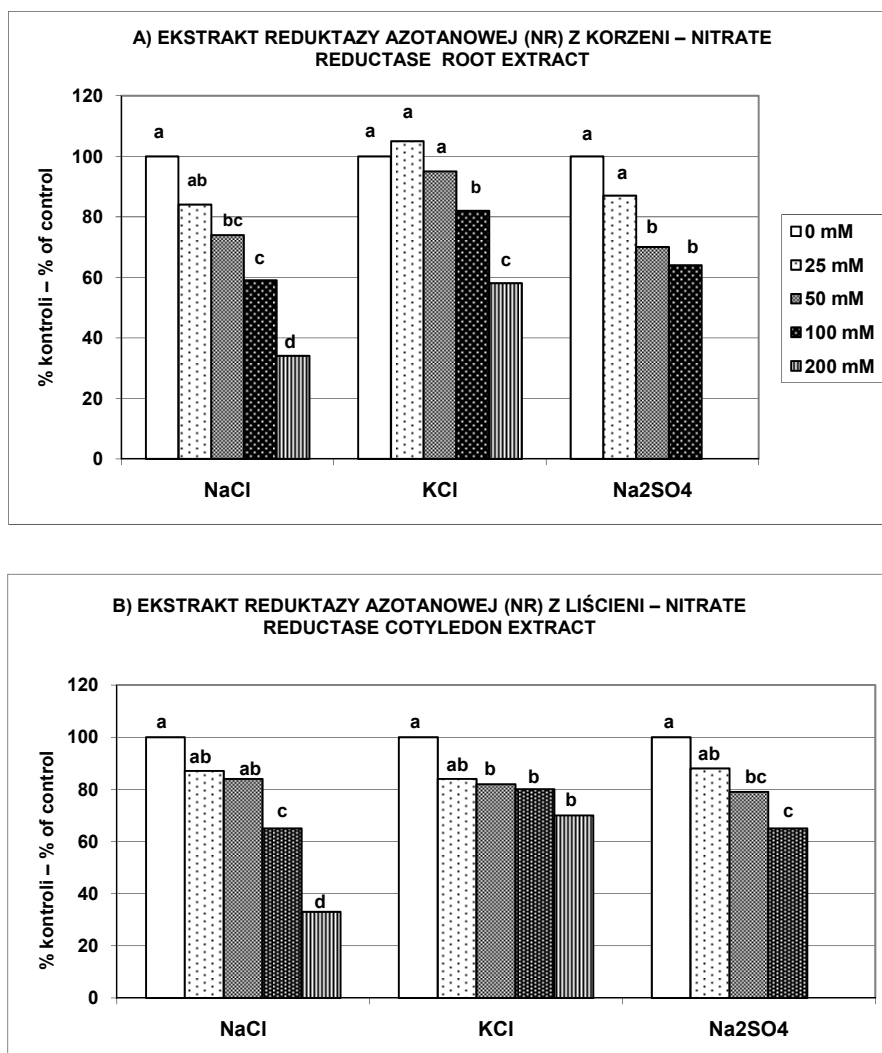
Fig. 1. The influence of  $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  NaCl,  $25 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and 5% PEG on fresh (A) and dry (B) weight, and water content (C) in roots and cotyledons of 7-day old cucumber seedlings. The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)





Rys. 2. Wpływ NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oraz 5% PEGu na aktywność reduktazy azotanowej (A) oraz zawartość azotanów (B) w korzeniach i liścieniach 7-dniowych siewek ogórka. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)

Fig. 2. The influence of NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and 5% PEG on nitrate reductase activity (A) and nitrate content (B) in roots and cotyledons of 7-day old cucumber. The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)



Rys. 3. Wpływ NaCl, KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na aktywność reduktazy azotanowej w badaniach *in vitro*.  
Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie (5%)

Fig. 3. The influence of NaCl, KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on nitrate reductase activity in *in vitro* experiments.  
The values marked with the same letter do not differ significantly (5%)

Podsumowując, należy stwierdzić, że pomimo drastycznego spadku aktywności reduktazy azotanowej w liścieniach ogórka rosnącego w obecności  $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  NaCl wzrost tej rośliny nie ulegał znaczącym zmianom. Największe zahamowanie wzrostu oraz obniżenie zawartości wody w tkankach ogórka wystąpiło pod wpływem 5% PEG-u, przy czym zmiany aktywności NR były stosunkowo niewielkie.

## WNIOSKI

1. W początkowej fazie rozwoju, umiarkowany stres osmotyczny powoduje niewielkie zmiany wzrostu ogórka. NaCl o stężeniu  $50 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  nie hamuje wzrostu roślin, natomiast  $25 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{Na}_2\text{SO}_4$  oraz 5% PEG powodują ok. 20% zmniejszenie akumulacji świeżej i suchej masy korzeni, a 5% PEG również niewielkie zahamowanie wzrostu liścieni.
2. PEG obniża zawartość wody w liścieniach ogórka.
3. Stres solny powoduje obniżenie stężenia azotanów w korzeniach i liścieniach ogórka oraz spadek aktywności reduktazy azotanowej w liścieniach.
4. PEG nie wpływa znacząco na koncentrację azotanów w badanych tkankach i tylko nieznacznie obniża aktywność reduktazy azotanowej w liścieniach ogórka.

## PIŚMIENNICTWO

- Abd-El Baki G.K., Siefritz F., Man H-M., Weiner H., Kaldenhoff R., Kaiser W.M., 2000. Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity. *Plant Cell Environ.*, 23: 51–521.
- Ashraf M., Foolad M.R., 2007. Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.*, 59: 206–216.
- Bhivare V.N., Nimbalkar J.D., Chavan P.D., 1988. Photosynthetic carbon metabolism in french bean leaves under saline conditions. *Environ. Exp. Bot.*, 28: 117–121.
- Bradford M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.*, 72: 248–254.
- 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.
- Chavan P.D., Karadge B.A., 1980. Response of sodium chloride and sodium sulfate salinization on photosynthetic carbon assimilation in peanut. *Plant Soil*, 56: 201–207.
- Cramer M.D., Schierholt A., Wang Y.Z., Lips S.H., 1995. The influence of salinity on the utilization of root anaplerotic carbon and nitrogen metabolism in tomato seedlings. *J. Exp. Bot.*, 46: 1569–1577.
- Debouba M., Gouia H., Valadier M-H., Ghorbel M.H., Suzuki A., 2006. Salinity-induced tissue-specific diurnal changes in nitrogen assimilatory enzymes in tomato seedlings grown under high or low nitrate medium. *Plant Physiol. Biochem.*, 44: 409–419.
- Fernandez-Ballester G., Cerdá A., Martínez V., 1997. Role of calcium in short-term responses of bean plants to osmotic or saline shocks. *J. Plant Physiol.*, 151: 741–747.
- Grattan S.R., Grieve C.M., 1999. Salinity – mineral nutrient in horticultural crops. *Scientia Hort.*, 78: 127–157.
- Kaiser W.M., Huber S.C., 2001. Post-translational regulation of nitrate reductase: mechanism, physiological relevance and environmental triggers. *J. Exp. Bot.*, 52: 1981–1989.

- Kaiser W.M., Kandlbinder A., Stoimenova M., Glaab J., 2000. Discrepancy between nitrate reduction rates in intact leaves and nitrate reductase activity in leaf extracts: What limits nitrate reduction in situ? *Planta*, 210: 801–807.
- Khan M.G., Srivastava H.S., 1998. Changes in growth and nitrogen assimilation in maize plants induced by NaCl and growth regulators. *Biol. Plant.*, 41: 93–99.
- Larsson M., Larsson C-M., Whitford P.N., Clarkson D.T., 1989. Influence of osmotic stress on nitrate reductase activity in wheat (*Triticum aestivum* L.) and the role of abscisic acid. *J. Exp. Bot.*, 40: 1265–1271.
- Lutts S., Almansouri M., Kinet J-M., 2004. Salinity and water stress have contrasting effects on the relationship between growth and cell viability during and after stress exposure in durum wheat callus. *Plant Science*, 167: 9–18.
- Mansour M.M.F., 2000. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biol. Plant.*, 43: 491–500.
- Munns R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.*, 25: 239–250.
- Pessaraki M., Tucker T.C., 1985. Uptake of nitrogen-15 by cotton under salt stress. *Soil Science Soc. Am. J.*, 49: 149–152.
- Rai V.K., 2002. Role of amino acids in plant responses to stresses. *Biol. Plant.*, 45: 481–487.
- 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.
- 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., Demczuk A., Grzyś E., Spiak Z., 2008. Effect of salt and water stresses on growth, nitrogen and phosphorus metabolism in *Cucumis sativus* L. seedlings. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 77: 23–28.
- Sagi M., Dovrat A., Kipins T., Lips H., 1997. Ionic balance, biomass production and organic nitrogen as affected by salinity and nitrogen source in annual ryegrass. *J. Plant Nut.*, 20: 1291–1316.
- Silveira J.A.G., Melo A.R.B., Viégas R.A., Oliveira I.T.A., 2001. Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. *Environ. Exp. Bot.* 46: 171–179.
- Surabhi G.-K., Reddy A.M., Kumari G.J., Sudhakar Ch., 2008. Modulations in key enzymes of nitrogen metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) with differential sensitivity to salt stress. *Environ. Exp. Bot.*, 64: 171–178.
- Zayed M.A., Zeid I.M., 1997/1998. 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.
- Zhu J.K., 2001. Plant salt tolerance. *Trends Plant Sci.*, 6: 69–71.

### THE INFLUENCE OF OSMOTIC STRESS ON GROWTH AND NITRATE REDUCTASE ACTIVITY IN CUCUMBER SEEDLINGS (*CUCUMIS SATIVUS* L.)

#### S u m m a r y

The effects of moderate osmotic stress (50 mmol·dm<sup>-3</sup> NaCl, 25 mmol·dm<sup>-3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and 5% PEG) on growth, nitrate reductase (NR) activity and nitrate concentration in roots and cotyledons of cucumber were studied. The experiments were conducted on 7-day old seedlings grown in hydroponic culture under following conditions: 16 h photoperiod (200 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) at tempera-

ture 25/22°C day/night. Results of growth experiments showed that cucumber in early stage of growth is relatively tolerant to imposed osmotic stress. NaCl did not affect growth parameters, whereas Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and PEG caused approximately 20% decrease in fresh and dry weight of roots, and PEG caused slight decline in growth of cotyledons. Salt stress (NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) caused marked reduction of nitrate concentration in roots and cotyledons. This reduction was particularly dramatic under NaCl stress and it reached 70% compared to control. In roots of cucumber nitrate reductase activity did not change markedly, whereas in cotyledons, enzyme activity significantly lowered under stress conditions (the greatest inhibition amounted approximately 60% under NaCl treatment).

In conclusion, the greatest reduction of cucumber growth was observed under PEG treatment but this case changes in NR activity were relatively small.

KEY WORDS: nitrate, nitrate reductase, salt stress, osmotic stress, cucumber

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Jadwiga Wierzbowska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie



Urszula Piszcz, Zofia Spiak

**DYNAMIKA POBIERANIA MIKROELEMENTÓW  
PRZEZ WYBRANE ODMIANY RZEPAKU OZIMEGO.  
CZĘŚĆ I. ZMIANY ZAWARTOŚCI ORAZ DYNAMIKA  
NAGROMADZANIA MIEDZI PODCZAS WEGETACJI**

**THE DYNAMICS OF MICRONUTRIENTS UPTAKE  
BY SELECTED CULTIVARS OF WINTER RAPE.  
PART I. THE CHANGES OF CONTENT AND DYNAMICS  
OF COPPER UPTAKE DURING VEGETATION**

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

W pracy przedstawiono dynamikę nagromadzenia suchej masy oraz pobierania miedzi przez rzepak ozimy. Podstawą badań było trzyletnie doświadczenie polowe prowadzone na glebie płowej typowej, w którym uprawiano trzy odmiany rzepaku, jedną populacyjną oraz dwie mieszańcowe, w zróżnicowanym zagęszczeniu; 40, 80 i 120 szt. roślin na m<sup>2</sup>. Masę części nadziemnych, zawartość oraz pobranie miedzi przez rzepak określano w pięciu fazach rozwojowych: formowania rozety, formowania łodygi, pąkowania, formowania nasion oraz dojrzałości pełnej. W okresie rozwoju wegetatywnego nie stwierdzano istotnych różnic w dynamice nagromadzenia biomasy pomiędzy odmianą populacyjną a odmianami heterozyjnymi rzepaku. Odmiany heterozyjne plonowały istotnie lepiej. Zmniejszenie obsady roślin rzepaku ozimego skutkowało mniejszym nagromadzeniem biomasy w fazie pąkowania i dojrzałości pełnej. Zawartość miedzi w tkankach roślin w okresie wegetacji nie była zależna od zagęszczenia łanu. W fazie formowania rozety odmiany heterozyjne rzepaku zawierały więcej miedzi niż odmiana populacyjna. W fazie dojrzałości pełnej istotnie więcej miedzi pobierały z plonem końcowym odmiany heterozyjne, wytwarzające większą biomasę.

SŁOWA KLUCZOWE: rzepak ozimy, zawartość miedź, dynamika pobierania

---

Do cytowania – For citation: Piszcz U., Spiak Z., 2009. Dynamika pobierania mikroelementów przez wybrane odmiany rzepaku ozimego. Część I. Zmiany zawartości oraz dynamika nagromadzenia miedzi podczas wegetacji. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 87–96.

## WSTĘP

Uzyskiwanie stosunkowo niskich plonów rzepaku, pomimo stosowania prawidłowej agrotechniki i wysokich dawek NPK, może być powodowane niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi, ale również niedostatecznym zaopatrzeniem roślin w mikroelementy [Adamus i Stanisławska 1991, Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski 1996, Gembarzewski 2000].

Podaż miedzi w nawozach mineralnych makroskładnikowych jest niewielka [Ruszkowska i wsp. 1984], a zużycie nawozów naturalnych, będących cennym źródłem tego składnika jest coraz niższe [Czuba 2000]. W warunkach gospodarki bezobornikowej nawożenie roślin wysokimi dawkami azotu może prowadzić do ujemnego bilansu mikroelementów i powodować szybkie wyczerpywanie się z gleb ich form dostępnych [Rabikowska i Piszcz 2004]. Dlatego obecnie często dochodzi do występowania tzw. ukrytych niedoborów mikroelementów, charakteryzujących się obniżoną ich zawartością w tkankach roślin [Ruszkowska, Wojcieszka-Wyskupajtyś 1996].

Wprowadzanie do uprawy nowych wysoko plonujących odmian roślin o bardzo dużych potrzebach pokarmowych stwarza konieczność nie tylko wyznaczenia ilości niezbędnych składników, ale również dokładnego określenia optymalnych terminów dokarmiania nimi roślin. W tym celu podjęto badania nad określeniem dynamiki pobierania składników pokarmowych, w tym miedzi, przez trzy odmiany rzepaku ozimego, uprawianego w zróżnicowanym zagęszczeniu łanu roślin.

## MATERIAŁ I METODY

Trzyletnie doświadczenie polowe prowadzono na polach Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin w RZD Pawłowice. Doświadczenie zakładano corocznie metodą losowanych podbloków, na glebie płowej typowej o składzie granulometrycznym gliny lekkiej, zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego. Odczyn gleby był obojętny, a zawartość rozpuszczalnych form fosforu, potasu i magnezu pozwalała zaklasyfikować glebę do klasy średniej zasobności w te składniki. Przedplonem rzepaku ozimego była każdorazowo pszenica ozima. W doświadczeniu nie stosowano nawożenia mikroelementami, natomiast w nawozach mineralnych przedsięwzięto zastosowanie; 26 kg P i 100 kg K oraz 20 kg N na hektar. Przed ruszeniem wegetacji wnoszono 90 kg N, a kolejne 70 kg N·ha<sup>-1</sup> w fazie formowania pąków kwiatowych. Warunki uprawy oraz rozkład opadów i temperatur w czasie prowadzenia badań – przedstawiono w pracy Koteckiego i wsp. [2007].

W badaniach własnych określano dynamikę nagromadzenia biomasy poprzez pobieranie próbek roślinnych w pięciu terminach w czasie wegetacji rzepaku. Nadziemne części roślin wycinano jesienią; w fazie formowania rozety 6–8 liści (F26–F28; I termin), wiosną podczas formowania łodygi (F41–F42; II termin), a następnie w czasie pąkowania (F54–F57; III termin) i formowania nasion (F70–F71; IV termin) oraz przy zbiorze (F90–F91; V termin) [Muśnicki 1989]. Zbiór rzepaku przeprowadzano kombajnem poletkowym, w fazie dojrzałości pełnej (F90–F91) jednoetapowo, aby zmniejszyć straty roślin podczas zbioru [Wałkowski i Ladek 1999].



Pierwszym czynnikiem doświadczenia rozlosowanym jako bloki były odmiany rzepaku ozimego: jedna populacyjna Lisek oraz dwie heterozyjne Baldur i Titan. Drugim czynnikiem była liczba wysianych nasion o pełnej wartości użytkowej wynosząca 40, 80 i 120 sztuk na 1 m<sup>2</sup>. Zagęszczenie roślin oraz liczbę roślin zimujących przedstawiono w pracy Koteckiego i wsp. [2007]. W badaniach nad dynamiką pobierania składników – rośliny uprawiane były w 15-centymetrowej rozstawie rzędów.

W badaniach określano zieloną i suchą masę roślin, zawartość miedzi po mineralizacji na sucho i podjęciu popiołu 1 mol·dm<sup>-3</sup> roztworem kwasu azotowego, metodą AAS na Varian Spectra AA 220FS. Zawartość i pobranie miedzi w fazie dojrzałości pełnej przedstawiono w postaci tzw. średniej ważonej, wyliczonej na podstawie suchej masy plonów – głównego i ubocznego oraz oznaczonej w nich zawartości miedzi. Wyniki analiz poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem analizy wariancji dla wieloletnich doświadczeń dwuczynnikowych w układzie zależnym.

## WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Przeciętnie w warunkach prowadzonych badań sucha masa rzepaku jesienią, w fazie formowania rozety wynosiła 1,08 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 1). W początkowym okresie wzrostu zwiększanie obsady roślin, jak również uprawa odmian mieszańcowych nie wywierały istotnego wpływu na ilość wytwarzanej biomasy przez rzepak. Nie stwierdzono również istotnych różnic pomiędzy ilością wytworzonej biomasy jesienią przez poszczególne odmiany rzepaku. Jednak corocznie, w tym okresie, można było zauważyć tendencję do szybszego gromadzenia suchej masy przez odmianę mieszańcową Titan.

W okresie formowania łodygi sucha masa rzepaku była zbliżona do ilości biomasy wytworzonej jesienią. Była ona jednak ściśle zależna od roku badań, wahając się od 0.5 do 1.5 t s.m.·ha<sup>-1</sup>. Pomimo że różnice pomiędzy badanymi odmianami nie okazały się istotne, można było zauważyć tendencję do łatwiejszej regeneracji po okresie zimowym i szybszego przyrostu biomasy przez odmiany mieszańcowe rzepaku. W fazie pąkowania rzepak nagromadzał, przeciętnie w trzyleciu, ok. 2,9 t s.m.·ha<sup>-1</sup>. Zwiększenie obsady roślin z 40 do 120 szt.·m<sup>-2</sup> powodowało istotny wzrost suchej masy roślin, szczególnie u odmian mieszańcowych.

Najbardziej intensywny przyrost suchej masy rzepaku w czasie jego wegetacji miał miejsce pomiędzy fazą pąkowania a okresem formowania nasion. Ilość nagromadzonej suchej masy przez rzepak w fazie [F70–71] była prawie trzykrotnie większa w porównaniu do fazy [F54–57] i wynosiła w doświadczeniu średnio 10,9 t·ha<sup>-1</sup>. Podobnie jak we wcześniej badanej fazie rozwoju tendencję do większego gromadzenia suchej masy obserwowano u odmiany Titan. W żadnym z lat badań – w fazie formowania nasion nie stwierdzano już istotnych różnic w masie roślin rosnących w zróżnicowanej obsadzie, co może potwierdzać tezę o dużych zdolnościach regeneracyjnych rzepaku [Wielebski i Wójtowicz 2001].

Tabela 1  
Table 1Nagromadzanie biomasy przez rzepak ozimy [t s.m.·ha<sup>-1</sup>]  
Dry mass accumulation by winter rape [t d.m.·ha<sup>-1</sup>]

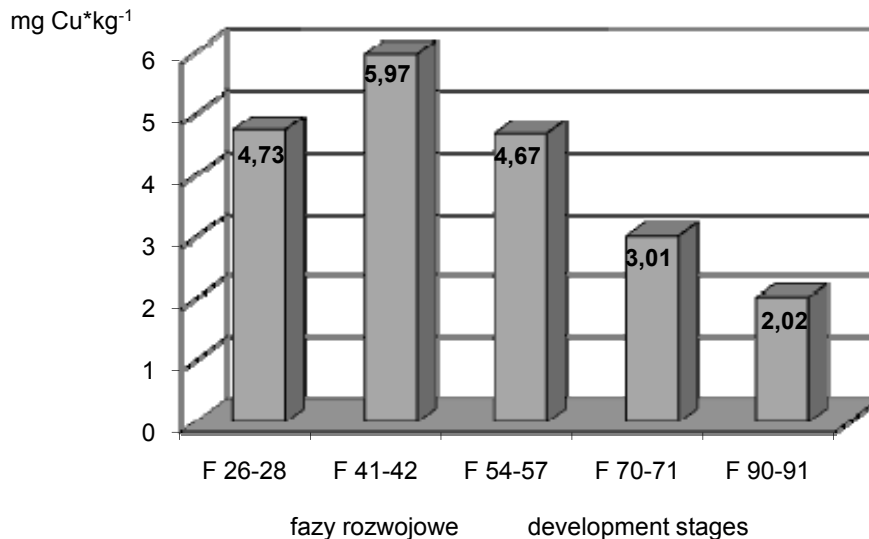
Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt.·m <sup>2</sup> ] Condensation of plants in field [plants m <sup>2</sup> ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
I termin – formowanie rozety – I term – rosette forming (F26–F28)**				
Baldur F1	1,03	0,97	1,07	1,02
Titan F1	1,13	1,18	1,14	1,15
Lisek	0,99	1,08	1,12	1,06
Średnio dla obsady Mean for condensation	1,05	1,08	1,11	1,08
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; * I.cz. – r.n. – part I – n.s.; II.cz. – r.n. – part II – n.s.				
II termin – formowanie łodygi – II term – stalk forming (F41–F42)				
Baldur F1	1,08	1,13	1,15	1,12
Titan F1	1,11	1,12	1,10	1,11
Lisek	0,92	1,05	1,05	1,01
Średnio dla obsady Mean for condensation	1,04	1,10	1,10	1,08
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I.cz. – r.n. – part I – n.s.; II.cz. – r.n. – part II – n.s.				
III termin – pąkowanie – III term – bud forming (F54–F57)				
Baldur F1	2,74	2,96	2,91	2,87
Titan F1	2,78	2,90	3,15	2,94
Lisek	2,93	2,83	2,96	2,90
Średnio dla obsady Mean for condensation	2,81	2,90	3,00	2,90
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I.cz. – r.n. – part I – n.s.; II.cz. – 0,13 – part II – 0,13				
IV – termin – formowanie nasion – IV term – seeds forming (F70–F71)				
Baldur F1	10,33	11,43	10,26	10,67
Titan F1	11,90	11,34	11,24	11,49
Lisek	11,09	10,26	10,30	10,55
Średnio dla obsady Mean for condensation	11,11	11,01	10,60	10,91
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I.cz. – r.n. – part I – n.s.; II.cz. – r.n. – part II – n.s.				
V termin – dojrzałość pełna – V term – full maturity (F90–F91)				
Baldur F1	9,56	9,74	10,44	9,92
Titan F1	9,52	10,60	10,44	10,18
Lisek	8,79	9,50	9,56	9,29
Średnio dla obsady Mean for condensation	9,29	9,95	10,14	9,79
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I.cz. – 0,26 – part I – 0,26; II.cz. – 0,19 – part II – 0,19				

\* I.cz. – odmiana – cultivar; II.cz. – obsada – condensation

\*\*kod fazy – stage code

W fazie dojrzałości pełnej, w przeciwieństwie do okresu rozwoju wegetatywnego rzepaku, oba czynniki doświadczenia modyfikowały istotnie ilości nagromadzonej biomasy. Mogło to być spowodowane stosunkowo wysokim udziałem nasion w biomacie rzepaku podczas zbioru, który wahał się od 37,8 do 40,2%. Korzystniejszym stosunkiem plonu głównego do ubocznego charakteryzowały się badane odmiany mieszańcowe, a w przeciwieństwie do odmiany populacyjnej, zwiększenie obsady roślin u tych odmian nie skutkowało spadkiem udziału nasion w plonie [Spiak i wsp. 2007]. Najniższe plony biomasy uzyskano, uprawiając rośliny w najmniejszym zagęszczeniu. Spośród odmian najlepiej plonowała odmiana Titan, a najslabiej odmiana populacyjna Lisek (tab. 1).

Średnio, w okresie wegetacji rzepaku, najwyższe zawartości miedzi, wynoszące około  $6 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$ , stwierdzano w okresie wiosennego formowania łodygi, natomiast prawie trzykrotnie mniejsze – w fazie dojrzałości pełnej (rys. 1, tab. 2).



Rys. 1. Średnie zawartości miedzi w rzepaku w okresie wegetacji  
Fig. 1. Mean of copper content in winter rape during vegetation period

Zawartość miedzi w roślinach rzepaku z doświadczenia okazała się bardzo stabilna. W żadnym z analizowanych terminów pobierania próbek, nawet w fazie dojrzałości pełnej, zmiana zagęszczenia roślin w łanie nie modyfikowała istotnie zawartości Cu w rzepaku ozimym.

Tabela 2  
Table 2Zawartość miedzi w częściach nadziemnych rzepaku ozimego [mg·kg<sup>-1</sup>]  
Copper content in aboveground parts of winter rape

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt.·m <sup>2</sup> ] Condensation of plants in field [plants m <sup>2</sup> ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
I termin – formowanie rozety – I term – rosette forming (F26–F28)**				
Baldur F1	4,78	4,69	4,66	4,71
Titan F1	4,93	4,90	4,81	4,88
Lisek	4,65	4,50	4,67	4,61
Średnio dla obsady Mean for condensation	4,79	4,70	4,71	4,73
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; *I.cz. – 0,20 – part I – 0,20; II.cz. – r.n. – part II – n.s.				
II termin – formowanie łodygi – II term – stalk forming (F41–F42)				
Baldur F1	6,00	5,99	5,98	5,99
Titan F1	6,01	6,17	5,88	6,02
Lisek	5,85	5,93	5,96	5,91
Średnio dla obsady Mean for condensation	5,95	6,03	5,94	5,97
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I.cz. – r.n. – part I – n.s. II.cz. – r.n. – part II – n.s.				
III termin – pąkowanie – III term – bud forming (F54–F57)				
Baldur F1	4,90	4,71	4,78	4,80
Titan F1	4,83	4,77	4,41	4,67
Lisek	4,68	4,40	4,52	4,53
Średnio dla obsady Mean for condensation	4,81	4,63	4,57	4,67
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I.cz. – r.n. – part I – n.s.; II.cz. – r.n. – part II – n.s.				
IV termin – formowanie nasion – IV term – seeds forming (F70–F71)				
Baldur F1	2,82	2,95	2,98	2,92
Titan F1	3,08	2,96	2,96	3,00
Lisek	3,00	3,23	3,07	3,10
Średnio dla obsady Mean for condensation	2,97	3,05	3,00	3,01
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I.cz. – r.n. – part I – n.s.; II.cz. – r.n. – part II – n.s.				
V termin – dojrzałość pełna – V term – full maturity (F90–F91)				
Baldur F1	2,06	2,04	2,08	2,06
Titan F1	2,06	1,95	2,10	2,04
Lisek	1,93	1,98	2,01	1,97
Średnio dla obsady Mean for condensation	2,02	1,99	2,06	2,02
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I.cz. – r.n. – part I – n.s.; II.cz. – r.n. – part II – n.s.				

\* I.cz. – odmiana – cultivar; II.cz. – obsada – condensation

\*\*kod fazy – stage code

Tabela 3  
Table 3Pobieranie miedzi w okresie wegetacji rzepaku ozimego [g·ha<sup>-1</sup>]  
Copper accumulation in winter rape during growing season

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt.·m <sup>2</sup> ] Condensation of plants in field [plants m <sup>2</sup> ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
I termin – formowanie rozety – I term – rosette forming (F26-F28)				
Baldur F1	4,99	4,54	5,00	4,84
Titan F1	5,62	5,77	5,51	5,63
Lisek	4,65	4,90	5,20	4,92
Średnio dla obsady Mean for condensation	5,09	5,07	5,24	5,13
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; * I. cz. – r.n. – part I – n.s.; II. cz. – r.n. – part – n.s.				
II termin – formowanie łodygi – II term – stalk forming (F41-F42)				
Baldur F1	6,46	6,46	6,71	6,54
Titan F1	6,54	6,68	6,37	6,53
Lisek	5,42	6,18	6,21	5,93
Średnio dla obsady Mean for condensation	6,14	6,44	6,43	6,33
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. – r.n. – part I – n.s.; II. cz. – r.n. – part II – n.s.				
III termin – pakowanie – III term – bud forming (F54-F57)				
Baldur F1	14,0	14,5	14,4	14,3
Titan F1	13,8	14,5	14,6	14,3
Lisek	14,2	13,1	13,9	13,8
Średnio dla obsady Mean for condensation	14,0	14,1	14,3	14,1
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. – r.n. – part I – n.s.; II. cz. – r.n. – part II – n.s.				
IV termin – formowanie nasion – IV term – bud forming (F70-F71)				
Baldur F1	29,8	34,5	31,2	31,8
Titan F1	37,1	33,8	33,5	34,8
Lisek	33,7	33,7	31,8	33,0
Średnio dla obsady Mean for condensation	33,5	34,0	32,1	33,2
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. – r.n. – part I – n.s.; II. cz. – r.n. – part II – n.s.				
V termin – dojrzałość pełna – V term – full maturity (F90-F91)				
Baldur F1	19,7	20,1	21,9	20,6
Titan F1	19,8	20,7	22,2	20,9
Lisek	17,1	19,0	19,4	18,5
Średnio dla obsady Mean for condensation	18,8	19,9	21,1	20,0
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. – 1,14 – part I – 1,14; II. cz. – 0,90 – part II – 0,90				

\* I. cz. – odmiana – cultivar; II. cz. – obsada – condensation

\*\*kod fazy – stage code

Nie obserwowano także wyraźnych różnic w poziomie zawartości miedzi pomiędzy badanymi odmianami. Jedynie w początkowym okresie wzrostu, jesienią podczas formowania rozety, w roślinach rzepaku odmiany Tytan, która charakteryzowała się również najlepszą zimotrwałością [Kotecki i wsp. 2007], stwierdzano istotnie wyższe zawartości miedzi niż u pozostałych odmian. Tendencja ta utrzymała się jednak tylko do fazy formowania łodygi, a w kolejnych badanych fazach – podczas pąkowania rzepaku czy podczas dojrzałości pełnej, wyższymi zawartościami miedzi charakteryzowała się druga z badanych odmian mieszańcowych Baldur, wytwarzająca mniej biomasy (tab. 1).

W pozostałych terminach, analizowanych w doświadczeniu, zawartość miedzi w nadziemnych częściach roślin nie była zależna od cech odmianowych, pomimo że we wszystkich fazach, z wyjątkiem okresu formowania nasion, odmiany mieszańcowe Tytan i Baldur zawierały więcej miedzi w tkankach niż odmiana populacyjna Lisek (tab. 2).

Ilość nagromadzonej miedzi w czasie rozwoju wegetatywnego rzepaku nie była istotnie zależna od żadnego czynnika doświadczenia (tab. 3). Zwiększenie obsady roślin, pomimo obniżenia liczby liści i wysokości roślin [Kotecki i wsp. 2007], nie modyfikowało zawartości miedzi w częściach nadziemnych rzepaku.

Przeciętnie w warunkach prowadzonych badań, we wczesnych fazach rozwojowych – formowania rozety i łodygi, pobranie miedzi przez rzepak wynosiło od 4,5 do 6,7 g·ha<sup>-1</sup>. W kolejnych badanych w doświadczeniu fazach rozwojowych roślin, ilości te ulegały podwojeniu i w fazie pąkowania rzepak nagromadzał przeciętnie ponad 14 g Cu·ha<sup>-1</sup>, natomiast w fazie formowania nasion ponad 33 g Cu·ha<sup>-1</sup>. W warunkach wysokich zawartości Cu w glebach, w badaniach prowadzonych na terenach zanieczyszczonych emisjami pyłów hut miedzi stwierdzono w fazie pąkowania ponad pięciokrotnie wyższe zawartości miedzi w częściach nadziemnych rzepaku [Grzebisz i wsp. 2000]. Może to świadczyć o dużych możliwościach modyfikacji zawartości Cu w czasie wegetacji rzepaku stanem zasobności gleby w ten składnik.

Ilości nagromadzonej miedzi w plonie głównym i ubocznym rzepaku, podczas dojrzałości pełnej były stosunkowo niskie i wynosiły przeciętnie w trzyleciu 20 g Cu·ha<sup>-1</sup>. W przeciwieństwie do wcześniejszych faz, ilość pobranej miedzi z plonami okazała się istotnie zależna od obu czynników doświadczenia.

Wzrost zagęszczenia roślin powyżej 120 szt·m<sup>2</sup> powodował zwiększenie ilości miedzi wynoszonej z plonami o ok. 12%, w porównaniu do pobrania Cu, na obiektach z najniższą obsadą roślin. Również istotnym czynnikiem różnicującym wynoszenie miedzi z plonami były odmiany rzepaku. Więcej miedzi pobierały z plonem końcowym odmiany mieszańcowe Baldur i Titan w porównaniu do odmiany populacyjnej Lisek. Różnice w pobraniu Cu były spowodowane głównie uzyskiwaniem wyższych plonów, przy stabilnej zawartości tego składnika w tkankach roślin.

## WNIOSKI

1. Ilości nagromadzonej biomasy przez odmiany heterozyjne oraz odmianę populacyjną rzepaku były zbliżone w okresie wegetacji. W fazie dojrzałości pełnej stwierdzono istotnie większe nagromadzenie biomasy przez odmiany heterozyjne.

2. Zmniejszenie obsady roślin rzepaku ozimego, poniżej 80 szt·m<sup>-2</sup>, skutkowało mniejszym nagromadzeniem biomasy jedynie w fazach pąkowania i dojrzałości pełnej.

3. W warunkach przeprowadzonych badań zawartość miedzi w tkankach roślin w okresie wegetacji nie była zależna od zagęszczenia ładu. Odmiany heterozyjne zawierały więcej miedzi niż odmiana populacyjna tylko w fazie formowania rozety.

4. Nagromadzenie miedzi podczas okresu wegetacji nie było modyfikowane zmianą zagęszczenia roślin ani typem odmiany rzepaku. W fazie dojrzałości pełnej istotnie więcej miedzi pobierały z plonem odmiany heterozyjne, wytwarzające większą biomasę.

## PIŚMIENNICTWO

- Adamus M., Stanisławska E., 1991. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość mikroelementów w roślinach. Mat. Konf. Mikroelementy w Rolnictwie. AR Wrocław: 71–75.
- Czuba R., 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 161–170.
- Gembarzewski H., 2000. Stan i tendencje zmian mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Post. Nauk Rol., 434: 171–179.
- Grzebisz W., Musolf R., Szczepaniak W., Biber M., 2000. Rzepak jako roślina fitoremediacyjna!? Ekstrakcja metali ciężkich przez rzepak ozimy, [w:] Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy, W. Grzebisz (ed.) AR Poznań, 297–303.
- Kotecki A., Malarz W., Kozak M., Pogorzelec A., 2007. Wpływ rozmieszczenia roślin w łanie na rozwój i plonowanie mieszańcowych i populacyjnych odmian rzepaku. Cz. I. Morfologia roślin i plony nasion. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., 90, 553: 7–39.
- Muśnicki C., 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmiennych warunkach siedliskowo-agrotechnicznych. AR Poznań, Rozprawy Naukowe, z. 191.
- Rabikowska B., Piszcz U., 2004: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wykorzystanie miedzi, manganu i cynku w czteroletnim zmianowaniu. Cz. I. Miedź. Zesz. Post. Nauk Rol., 502: 267–276.
- Ruszkowska M., Rębowska Z., Kapusta A., Kusio M., Sykut S., 1984. Bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym (1977–1981). III. Bilans mikroelementów (B, Mn, Cu, Zn, Mo). Pam. Puł. Prace IUNG, 82: 51–68.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U., 1996. Mikroelementy fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1–11.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H., 1996. Stan zaopatrzenia w mikroelementy rzepaku ozimego z pól wysoko produkcyjnych. Zesz. Post. Nauk Rol., 434: 365–370.
- Spiak Z., Piszcz U., Zbroszczyk T., 2007. Rozmieszczenie składników pokarmowych w nasionach i słomie wybranych odmian rzepaku ozimego. Cz. I: Makroskładniki. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., 90, 553: 93–106.
- Wałkowski T., Ladek A., 1999. Wpływ dwóch sposobów zbioru rzepaku ozimego na plony nasion i ich jakość na podstawie analizy danych produkcyjnych. Rośliny Oleiste, 20: 471–485.
- Wielebski F., Wójtowicz M., 2001. Wpływ gęstości siewu na plon nasion oraz cechy morfologiczne i elementy struktury plonu odmian populacyjnych i mieszańcowych rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste, 22: 349–362.

**THE DYNAMICS OF MICRONUTRIENTS UPTAKE  
BY SELECTED CULTIVARS OF WINTER RAPE.  
PART I. THE CHANGES OF CONTENT AND DYNAMICS  
OF COPPER UPTAKE DURING VEGETATION**

**S u m m a r y**

The work involves the problems of dynamics of dry mass and copper accumulation by winter rape. The 3-years field experiment was carried out on typical lessive soil. Experiment factors were three different cultivars of winter rape (one population and two hybrid cultivars) and different plant condensation in field (40, 80, 120 plants/m<sup>2</sup>). Dry mass of plants aboveground parts, content and accumulation of copper by rape in five develop stages (rosette, stalk, bud, seeds forming and full ripeness) were examined. During vegetation period no significant differences were found between biomass accumulation by population and hybrid cultivars. However, the yield of hybrid cultivars obtained in full ripeness stage was significantly higher than of population cultivars. Decreased condensation of ripe plants in field caused significant reduction in biomass in bud and full ripeness stages only. Copper content did not depend on plants condensation in field. Hybrid cultivars in comparison to population cultivars contained more Cu in rosette stage. Higher uptake of copper was found in higher biomass of hybrid cultivars in full ripeness stage.

KEY WORDS: winter rape, copper content, dynamic of uptake

Recenzent – Reviewer: doc. dr hab. Stanisław Wróbel, IUNG –ZHiTUR we Wrocławiu



**Zofia Spiak, Urszula Piszcz**

**DYNAMIKA POBIERANIA MIKROELEMENTÓW  
PRZEZ WYBRANE ODMIANY RZEPAKU OZIMEGO.  
CZĘŚĆ II. ZMIANY ZAWARTOŚCI ORAZ DYNAMIKA  
NAGROMADZENIA CYNKU PODCZAS WEGETACJI**

**THE DYNAMICS OF MICRONUTRIENTS ACCUMULATION  
BY SOME VARIETIES OF WINTER RAPE.  
PART II. THE CHANGE OF CONTENTS  
AND DYNAMIC UPTAKE OF ZINC**

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

Celem trzyletnich badań w doświadczeniach polowych było określenie dynamiki nagromadzenia cynku przez dwie odmiany heterozyjne oraz jedną populacyjną rzepaku ozimego, które uprawiano w zróżnicowanym zagęszczeniu ładu (40, 80, 120 roślin·m<sup>-2</sup>). Zawartość oraz pobranie cynku przez biomasę określano w pięciu fazach rozwojowych rzepaku: formowania rozety, formowania łodygi, pąkowania, formowania nasion oraz dojrzałości pełnej. Zawartość cynku w roślinach podczas wegetacji rzepaku ozimego nie była istotnie zależna ani od zagęszczenia uprawianych roślin, ani od typu odmian. Wysokie zawartości Zn stwierdzano w początkowym okresie wzrostu, w fazie formowania rozety, jednak najwięcej cynku zawierał rzepak w fazie pąkowania. Zawartość ta była prawie dwukrotnie wyższa niż w fazie formowania łodygi. W kolejnych fazach rozwojowych zawartość cynku w rzepaku zmniejszała się. Najintensywniejsze gromadzenie tego pierwiastka obserwowano w czasie pąkowania, było to związane z intensywnym przyrostem biomasy i równoczesnym wzrostem zawartości Zn w tkankach roślin.

SŁOWA KLUCZOWE: rzepak ozimy, cynk, zawartość, dynamika pobierania

---

Do cytowania – For citation: Spiak Z., Piszcz U., 2009. Dynamika pobierania mikroelementów przez wybrane odmiany rzepaku ozimego. Część II. Zmiany zawartości oraz dynamika nagromadzenia cynku podczas wegetacji. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 97–108.

## WSTĘP

Rzepak ozimy jest rośliną o dużych wymaganiach pokarmowych szczególnie w stosunku do potasu i siarki. Do optymalnego wzrostu i rozwoju potrzebuje także szeregu mikrośladników, a największe zapotrzebowanie wykazuje w stosunku do boru, którego może pobrać nawet do 500 g·z 1 ha [Sienkiewicz-Cholewa 2000, Bowszys 1996, Shorrocks 1997]. Rzepak jest mało wrażliwy na niedobór miedzi, pobiera natomiast znaczne ilości cynku, którego brak hamuje syntezę tryptofanu i obniża poziom auksyn, co wpływa hamująco na wzrost oraz powoduje opadanie starszych liści i kwiatów [Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajty 1996].

W warunkach intensywnej uprawy, nastawionej na uzyskanie wysokich i dobrej jakości plonów, prawidłowe nawożenie rzepaku powinno uwzględniać również dobrą dostępność cynku w całym jego okresie wegetacji, który powinien być stosowany dogłębowo łącznie z nawozami fosforowo-potasowymi [Welch i Graham 2005]. Aby określić potrzeby pokarmowe rzepaku w stosunku do cynku i ustalić dawki nawozów, należy przede wszystkim określić krytyczne fazy rozwoju z punktu widzenia końcowego plonu. W okresie wegetacji należy szczególną uwagę zwrócić na jesienny okres wzrostu i rozwoju, wiosenne ruszenie wegetacji i około dwumiesięczny okres od kwitnienia rzepaku charakteryzujący się dynamicznym przyrostem biomasy [Barłóg i Grzebiś 2000].

Zapotrzebowanie na cynk zależy w dużym stopniu od odmiany i poziomu plonowania, ale również od dynamiki wzrostu rzepaku w sezonie wegetacyjnym, dostępności wody i innych składników pokarmowych [Kotecki i wsp. 2007]. Ustalenie prawidłowej dawki cynku dla rzepaku wymaga więc uwzględnienia faz krytycznych zapotrzebowania. Celem przeprowadzonych badań było prześledzenie dynamiki zmian zawartości i pobierania cynku w roślinach trzech odmian rzepaku w okresie wegetacyjnym na przestrzeni trzech lat badań – dwie heterozyjne i jedną populacyjną, w warunkach zróżnicowanej obsady roślin na 1 m<sup>2</sup>.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe oraz przygotowanie roślin do analiz przeprowadzono według metodyki przedstawionej w I części pracy dotyczącej dynamiki pobierania miedzi przez trzy odmiany rzepaku uprawiane w tych samych warunkach.

W celu oznaczenia cynku – próbki roślinne mineralizowano na sucho w piecu muflowym w temperaturze narastającej do 450°C. Uzyskany popiół rozpuszczano następnie w roztworze kwasu azotowego o stężeniu 1 mol·dm<sup>-3</sup>. Zawartość cynku oznaczano metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej na spektrofotometrze Varian Spectra AA 220FS.

Z iloczynu suchej masy i zawartości cynku w roślinach zebranych w poszczególnych fazach rozwojowych obliczono pobranie tego pierwiastka. Wyniki analiz poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem analizy wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych w układzie zależnym. Po stwierdzeniu istotności różnic oceniono je za pomocą przedziału ufności NIR.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Zawartość cynku w roślinach rzepaku była zależna w największym stopniu od fazy rozwojowej, w mniejszym natomiast od badanej odmiany oraz od obsady roślin na 1 m<sup>2</sup>.

W tabeli 1 przedstawiono średnią za okres 3 lat zawartość cynku w rzepaku przed okresem zimy. Wahała się ona od 45,0 do 51,1 Zn mg·kg<sup>-1</sup> suchej masy. W tym okresie wzrostu i rozwoju rzepaku nie wykazano istotnych różnic w zawartości tego składnika w zależności od uprawianej odmiany, chociaż odmiana Titan F1 zawierała go nieznacznie więcej. Zwiększone zagęszczenie roślin rzepaku w łanie również nie decydowało o ilości cynku w roślinach, stwierdzono natomiast istotne zróżnicowanie w zawartości badanego składnika w rzepaku w zależności od roku, w którym był on uprawiany.

Tabela 1

Table 1

Zawartość cynku w rzepaku ozimym w czasie wegetacji [mg·kg<sup>-1</sup>] – I termin  
Zinc content in winter rape during growing season [mg·kg<sup>-1</sup>] – I term

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt·m <sup>2</sup> ] Condensation of plants in field [plants · m <sup>2</sup> ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	45,1	45,0	48,3	46,1
Titan F1	47,7	51,1	47,7	48,9
Lisek	50,0	46,1	45,0	46,9
Średnio dla obsady Mean for condensation	47,5	47,4	47,0	47,3
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. – odmiana – r.n. – part I cultivar n.s.; II. cz. – obsada – r.n. – part II condensation n.s.				

W okresie wczesnej wiosny (tab. 2) – rośliny rzepaku uprawiane w najmniejszym zagęszczeniu zawierały najwięcej cynku, a najmniej przy największej obsadzie na jednostce powierzchni. Spośród trzech uprawianych odmian najwięcej cynku zawierała odmiana heterozyjna Baldur F1, a najmniej odmiana populacyjna Lisek. Jednak żaden z badanych czynników, w tym okresie wzrostu, nie różnicował zawartości cynku w sposób istotny. Wyraźne różnice w tym zakresie stwierdzono natomiast między poszczególnymi latami badań.

Tabela 2

Table 2

Zawartość cynku w rzepaku ozimym w czasie wegetacji [mg·kg<sup>-1</sup>] – II termin  
Zinc content in winter rape during growing season [mg·kg<sup>-1</sup>] – II term

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt·m <sup>2</sup> ] Condensation of plants in field [plants · m <sup>2</sup> ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	34,4	40,4	36,6	37,1
Titan F1	42,3	31,2	32,8	35,4
Lisek	31,7	34,2	34,8	33,6
Średnio dla obsady Mean for condensation	36,1	35,3	34,7	35,4
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – r.n. – part I cultivar – n.s.; II. cz. obsada – r.n. – part II condensation – n.s.				

Średnio z okresu trzech lat, w fazie pąkowania rzepaku, zawartość cynku wzrosła o prawie 50% w porównaniu z fazą formowania łodygi, kształtując się w zakresie od 47,2 do 56,2 mg Zn·kg<sup>-1</sup>.

Chociaż nie stwierdzono istotnych różnic między badanymi odmianami rzepaku, to nieco więcej cynku zawierały odmiany mieszańcowe, podobnie jak we wcześniejszych fazach rozwojowych, a zwłaszcza odmiana Baldur F1. Podobne wyniki uzyskał Rengel [2001], który wskazał, że nowe ulepszone odmiany rzepaku, w okresie intensywnego rozwoju zawierały znacznie więcej mikrośladników, w tym cynku, niż odmiany tradycyjne. Najwięcej cynku odnotowano w przypadku roślin uprawianych w najmniejszym zagęszczeniu, a wykazane różnice zostały udowodnione statystycznie (tab. 3).

Tabela 3

Table 3

Zawartość cynku w rzepaku ozimym w czasie wegetacji [mg·kg<sup>-1</sup>] – III termin  
Zinc content in winter rape during growing season [mg·kg<sup>-1</sup>] – III term

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt·m <sup>-2</sup> ] Condensation of plants in field [plants·m <sup>-2</sup> ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	56,2	48,3	55,0	53,2
Titan F1	55,9	49,1	52,3	52,4
Lisek	55,8	48,5	47,2	50,5
Średnio dla obsady Mean for condensation	55,9	48,6	51,5	52,0
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – r.n. – part I cultivar – n.s.; II cz. obsada – 5,41 – part II condensation – 5,41				

Jak wskazują dane zamieszczone w tabeli 4, w okresie formowania nasion rzepak zawierał znacznie mniej cynku w tkankach roślin niż w fazie wcześniejszej. Było to prawdopodobnie spowodowane intensywnym przyrostem masy roślin i tak zwanym efektem rozcieńczenia. Cakmak [2008] w swoich badaniach dotyczących, co prawda, roślin zbożowych stwierdził, że najwięcej cynku zawierała pszenica w okresie dojrzałości młeczej i zależała głównie od jej cech genetycznych.

Średnia zawartość cynku w okresie trzech lat badań, w tej fazie rozwojowej rzepaku wynosiła 30,9 mg·kg<sup>-1</sup>. Pomimo braku istotnych różnic w zawartości cynku pomiędzy obiektami o różnych zagęszczeniach roślin – w doświadczeniu zaobserwowano lepsze zaopatrzenie roślin w cynk, przy zagęszczeniu łąnu równym 80 sztuk roślin na 1 m<sup>2</sup>. Spośród badanych odmian najbardziej wydajna w tym zagęszczeniu okazała się odmiana mieszańcowa Titan F1, która nagromadziła w tej fazie również największą ilość biomasy.

Aby ocenić zawartości cynku w całych roślinach rzepaku ozimego w okresie dojrzałości pełnej, określono średnie ważone z okresu trzech lat badań i przedstawiono je w tabeli 5.

Tabela 4  
Table 4Zawartość cynku w rzepaku ozimym w czasie wegetacji [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] – IV termin  
Zinc content in winter rape during growing season [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] – IV term

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt. $\cdot\text{m}^2$ ] Condensation of plants in field [plants $\cdot\text{m}^2$ ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	30,4	29,4	28,8	29,5
Titan F1	30,6	34,1	32,8	32,5
Lisek	31,8	30,0	28,8	30,8
Średnio dla obsady Mean for condensation	30,9	31,2	30,8	30,9
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – r.n. – part I – cultivar – n.s.; II. cz. obsada – r.n. – part II condensation – n.s.				

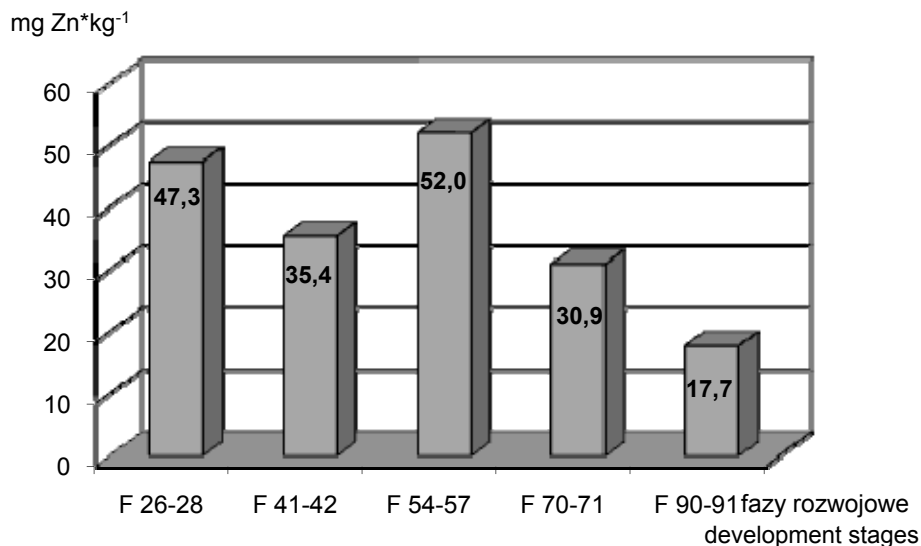
Dane przedstawione w tabeli 5 wskazują, że na przestrzeni trzech lat badań nie stwierdzono różnicowania w zawartości cynku pomiędzy odmianami w okresie dojrzałości pełnej. Wykazano natomiast, że im większe było zagęszczenie roślin w łanie, tym więcej tego składnika zgromadziły rośliny.

Tabela 5  
Table 5Zawartość cynku w roślinach rzepaku ozimego w dojrzałości pełnej [ $\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$ ]  
Zinc content in plants of winter rape in full ripeness

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt. $\cdot\text{m}^2$ ] Condensation of plants in field [plants $\cdot\text{m}^2$ ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	17,2	18,0	18,1	17,8
Titan F1	17,8	17,5	18,4	17,9
Lisek	17,1	16,7	18,2	17,3
Średnio dla obsady Mean for condensation	17,3	17,4	18,3	17,7
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – r.n. – part I cultivar – n.s.; II. cz. obsada – 0,51 – part II condensation – 0,51				

W celu uzyskania odpowiedzi na pytanie, jak prawidłowo stosować cynk w uprawie rzepaku, aby uwzględnić potrzeby pokarmowe badanej rośliny w stosunku do tego mikroelementu, obliczono również średnią zawartość cynku w latach prowadzenia badań 2004–2006. Wyniki przedstawiono na rysunku 1.

Dynamika zmian zawartości cynku w roślinach, w trzyletnim okresie badań wskazuje, że dużo cynku zawierały rośliny w okresie jesiennego wzrostu i fazie pąkowania. Wczesnowiosenny okres formowania łodyg, a więc okres niewielkiego wzrostu świadczy o mniejszym wykorzystaniu cynku przez rzepak, a od okresu tworzenia nasion do dojrzałości pełnej zawartość tego pierwiastka ulegała systematycznemu obniżeniu, co wskazuje na obniżone jego potrzeby w stosunku do cynku w tym okresie wzrostu. Podobnie niską zawartość cynku w liściach rzepaku ozimego wczesną wiosną oraz w okresie formowania nasion oznaczyli Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski [1997].



Rys. 1. Średnia zawartość cynku w rzepaku w okresie wegetacji  
 Fig. 1. Mean content of zinc in winter rape during growing season

### Nagromadzenie cynku

W tabeli 6 przedstawiono średnie, w okresie trzech lat badań, pobranie cynku przez rośliny rzepaku przed okresem spoczynku zimowego.

W tym czasie rzepak ozimy pobrał przeciętnie 52,5 g Zn·ha<sup>-1</sup> przy wahaniami od 43,8 g do 57,0 g Zn·ha<sup>-1</sup>. Najwięcej cynku nagromadziła odmiana mieszańcowa Titan F<sub>1</sub>, chociaż różnice między odmianami były statystycznie nieistotne. Nie wykazano też znaczących różnic w pobieraniu cynku w tym okresie wzrostu rzepaku w zależności od ilości roślin na 1 m<sup>2</sup>. Ilości cynku wyniesionego z plonem suchej masy roślin były zbliżone, chociaż obserwowano, że więcej tego składnika pobrał rzepak uprawiany w zagęszczeniu 80 sztuk roślin na 1 m<sup>2</sup>.

Wiosną, w fazie formowania łodyg rzepaku ozimego, rośliny pobrały znacznie mniej cynku niż w okresie jesiennym. Średnio w doświadczeniu, w wartościach bezwzględnych było to prawie 15 g Zn·ha<sup>-1</sup> mniej (tab. 7). W tej fazie wzrostu największe ilości cynku gromadziły odmiany heterozyjne Baldur F1 i Titan F1 i były one wyższe od gromadzonych przez odmianę populacyjną Lisek o prawie 17%. Zagęszczenie roślin w łanie nie decydowało o wielkości pobrania cynku w tym okresie wzrostu roślin, które było zbliżone na wszystkich obiektach doświadczalnych.

Nagromadzenie cynku w fazie pąkowania rzepaku przedstawia tabela 8. Kształtowało się ono w zakresie od 142,4 do 172,0 g Zn·ha<sup>-1</sup>. W tej fazie rozwojowej żaden z czynników doświadczalnych nie odgrywał istotnej roli w pobieraniu cynku. Jednak obserwowano, że najwięcej tego mikroelementu pobrały odmiany heterozyjne, przy czym Titan F1 aż o 12 g Zn·ha<sup>-1</sup> więcej niż odmiana populacyjna Lisek, a Baldur F1

tylko o 5 g Zn·ha<sup>-1</sup> więcej. W fazie pąkowania najmniej korzystna z punktu widzenia pobierania cynku przez rzepak była uprawa tej rośliny w zagęszczeniu 80 sztuk na metrze kwadratowym [Spiak i wsp. 2007].

Tabela 6  
Table 6

Pobieranie cynku w okresie wegetacji rzepaku ozimego [g·ha<sup>-1</sup>] – I termin  
Zinc accumulation in winter rape during growing season [g·ha<sup>-1</sup>] – I term

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt·m <sup>2</sup> ] Condensation of plants in field [plants·m <sup>2</sup> ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	48,2	43,8	52,2	48,1
Titan F1	57,0	64,2	54,7	58,6
Lisek	50,7	51,8	49,9	50,8
Średnio dla obsady Mean for condensation	52,0	53,2	52,3	52,5
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – r.n. – part I cultivar – n.s. II. cz. obsada – r.n. – part II condensation – n.s.				

Tabela 7  
Table 7

Pobieranie cynku w okresie wegetacji rzepaku ozimego [g·ha<sup>-1</sup>] – II termin  
Zinc accumulation in winter rape during growing season [g·ha<sup>-1</sup>] – II term

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt·m <sup>2</sup> ] Condensation of plants in field [plants·m <sup>2</sup> ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	37,5	42,6	40,8	40,3
Titan F1	46,7	34,6	35,7	39,0
Lisek	29,5	35,3	35,3	33,3
Średnio dla obsady Mean for condensation	37,9	37,5	37,3	37,6
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – r.n. – part I cultivar – n.s.; II. cz. obsada – r.n. – part II condensation – n.s.				

W takich warunkach rzepak pobierał prawie 13% mniej cynku z 1 hektara niż przy obsadzie 40 i 120 sztuk roślin na 1 m<sup>2</sup>, gdzie rośliny pobierały podobne ilości tego składnika.

W miarę wzrostu i rozwoju rzepak ozimy nagromadzał coraz więcej cynku i w okresie formowania nasion były to ilości ponad dwukrotnie większe niż w fazie pąkowania i prawie 10-krotnie większe niż wczesną wiosną, kiedy formowała się łodyga (tab. 9).

Analizując wpływ badanych czynników na pobieranie cynku przez rośliny rzepaku, stwierdzono, że istotne znaczenie miała odmiana rośliny. Najwięcej tego pierwiastka, podobnie jak we wcześniejszych fazach rozwojowych, pobrała heterozyjna odmiana Titan F1. Były to ilości aż o 60 g z hektara większe niż te, które zgromadziła druga z badanych odmian mieszańcowych Baldur F1 i o 48 g Zn·ha<sup>-1</sup> większe niż ilości Zn gromadzone przez odmianę populacyjną Lisek. Wykazane różnice zostały udowodnione statystycznie.

Tabela 8

Table 8

Pobieranie cynku w okresie wegetacji rzepaku ozimego [ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] – III termin  
Zinc accumulation in winter rape during growing season [ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] – III term

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt. $\cdot\text{m}^2$ ] Condensation of plants in field [plants $\cdot\text{m}^2$ ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	152,7	142,4	170,0	155,0
Titan F1	165,6	149,1	172,0	162,2
Lisek	166,3	136,9	148,2	150,5
Średnio dla obsady Mean for condensation	161,5	142,8	163,4	155,9
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – r.n. – part I cultivation – n.s.; II. cz. obsada – r.n. – part II condensation – n.s.				

Tabela 9

Table 9

Pobieranie cynku w okresie wegetacji rzepaku ozimego [ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] – IV termin  
Zinc accumulation in winter rape during growing season [ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] – IV term

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt. $\cdot\text{m}^2$ ] Condensation of plants in field [plants $\cdot\text{m}^2$ ]			Średnio dla odmiany Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	320,9	339,7	302,0	320,9
Titan F1	360,6	393,0	385,3	379,6
Lisek	360,5	314,1	321,0	331,9
Średnio dla obsady Mean for condensation	347,4	348,9	336,1	344,1
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – 47,93 – part I cultivar – 47,93; II. cz. obsada – r.n. – part II condensation – n.s.				

Mimo że w tej fazie rozwojowej rzepaku również nie wykazano istotnej zależności pobierania cynku od zagęszczenia łanu, to obsada roślin w ilości 120 sztuk na metrze kwadratowym okazała się najmniej korzystna. W tych warunkach rzepak pobrał o około 10 g cynku z hektara mniej.

Dane zawarte w tabeli 10 wskazują że wraz z plonem głównym i ubocznym rzepak pobrał średnio (za okres trzech lat)  $170,8 \text{ g Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  z 1 hektara i było to około dwukrotnie mniej niż w okresie formowania nasion, na co wskazuje również Graham [2008]. O ilości sumarycznego pobrania tego pierwiastka decydowały w sposób istotny oba czynniki doświadczalne. Największą rolę w tym zakresie odegrała obsada roślin na powierzchni  $1 \text{ m}^2$ , gdyż wykazano wyraźny wzrost pobrania badanego składnika wraz ze zwiększaniem zagęszczenia roślin w łanie. Podobnie jak we wcześniejszych fazach rozwojowych najmniej cynku pobrała odmiana populacyjna Lisek. Spośród odmian heterozyjnych więcej cynku zgromadziła odmiana Titan F1.



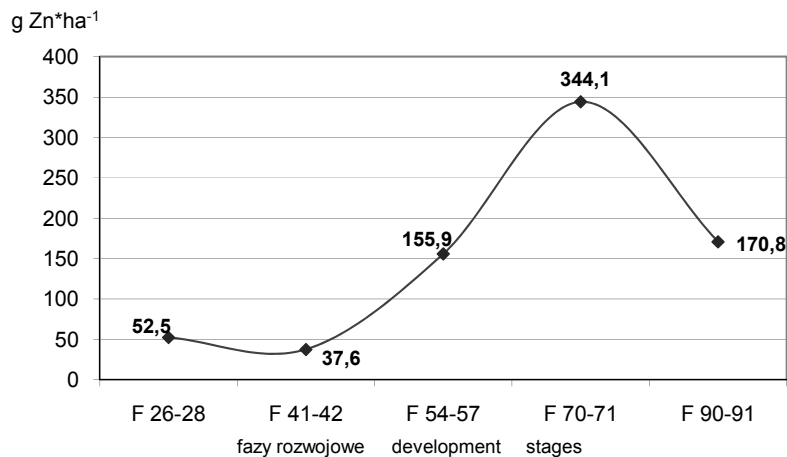
Dynamika pobierania cynku w latach 2004–2006 wskazuje, że najmniej tego składnika pobrały rośliny rzepaku w okresie wczesnej wiosny – w fazie formowania lodygi. W miarę postępu wegetacji rzepak zwiększał zapotrzebowanie na cynk, którego nagromadzenie rosło aż do rozpoczęcia fazy generatywnej. Jak wskazują dane przedstawione na rysunku 2, w okresie formowania nasion rzepak pobrał prawie 350 g Zn z 1 hektara, a więc prawie 10-krotnie więcej niż w okresie wiosennym. W okresie dojrzewania nasion wyraźnie zmniejszyło się tempo nagromadzania cynku w rzepaku. W plonie końcowym odnajdywano dwukrotnie mniejsze ilości tego pierwiastka niż w fazie wcześniejszej, co mogło być spowodowane stratami głównie części wegetatywnych.

Tabela 10

Table 10

Suma pobrania cynku przez całe rośliny rzepaku ozimego [ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ]  
Zinc accumulation by plants of winter rape in full ripeness

Odmiana Cultivar	Docelowa obsada roślin [szt. $\cdot\text{m}^2$ ] Condensation of plants in field [plants $\cdot\text{m}^2$ ]			Średnio dla odmian Mean for cultivars
	40	80	120	
Baldur F1	159,9	172,0	186,7	172,9
Titan F1	167,6	184,0	190,8	180,8
Lisek	147,1	156,2	173,2	158,8
Średnio dla obsady Mean for condensation	158,2	170,7	183,5	170,8
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> ; I. cz. odmiana – 11,62 – part I cultivar – 11,62; II. cz. obsada – 6,40 – part II condensation – 6,40				



Rys. 2. Średnie pobranie cynku przez rzepak ozimy w okresie wegetacji  
Fig. 2. Mean of zinc accumulation in winter rape during growing season

## WNIOSKI

1. Zawartość cynku w roślinach rzepaku ozimego oraz ilość tego pierwiastka wynoszonego wraz z plonem była istotnie zróżnicowana na przestrzeni trzech lat prowadzenia badań.

2. Zawartość cynku w rzepaku ozimym podczas jego wegetacji nie była istotnie zależna ani od zagęszczenia uprawianych roślin, ani od typu odmiany. Stwierdzono jednak nieco większe zawartości tego pierwiastka, gdy roślin wysiewano mniej, zwłaszcza odmian mieszańcowych.

3. W ciągu całego okresu wegetacji cynk najlepiej wykorzystywała odmiana heterozyjna Titan F1, a najslabiej odmiana populacyjna Lisek. W każdym przypadku wykorzystanie było tym większe, im większe było zagęszczenie roślin na 1 m<sup>2</sup>.

4. Najwięcej cynku zawierał rzepak w okresie jesieni oraz w fazie pakowania, natomiast gromadzenie tego pierwiastka wzrastało aż do czasu formowania nasion, a w miarę dojrzewania zmniejszało się.

## PIŚMIENNICTWO

- Barłóg P., Grzebisz W., 2000. Dynamika pobierania składników pokarmowych przez rzepak ozimy w zależności od rodzaju nawozu i podziału drugiej dawki azotu. *Rośliny oleiste*, 21, 1: 85–96.
- Bowszys T., 1996. Reakcja rzepaku ozimego na dolistne nawożenie borem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 434, 1: 71–76.
- Cakmak I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification. *Plant Soil*, 302: 1–17.
- Graham R.D., 2008. Micronutrient deficiencies in crop and their global significance, [in:] Alloway B.G. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*, Springer, Dordrecht: 41–61.
- Kotecki A., Malarz W., Kozak M., Pogorzelec A., 2007. Wpływ rozmieszczenia roślin w łanie na rozwój i plonowanie mieszańcowych i populacyjnych odmian rzepaku. *Cz. I. Morfologia roślin i plony nasion*. *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, 553, seria Rol. XC: 7–39.
- Rengel Z., 2001. Genotypic differences in micronutrient use efficiency in crops, *Commun. in Soil Science and Plant Analysis*, 32: 1163–1186.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U., 1996. Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 434, 1: 1–11.
- Shorrocks V.M., 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil*, 193: 121–148.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H., 1997. Badania nad potrzebami nawożenia mikroelementami podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego, IUNG Puławy: 26.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H., 2000. Wpływ nawożenia rzepaku ozimego borem i molibdenem na plony, [w:] *Zbilansowane nawożenie rzepakiem – aktualne problemy*, W. Grzebisz (ed.) AR Poznań.
- Spiak Z., Piszcz U., Zbrozczyk T., 2007. Rozmieszczenie składników pokarmowych w nasionach i słomie wybranych odmian rzepaku ozimego. *Cz. II. Mikroskładniki*. *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, 553, s. Rol. XC: 107–116.
- Welch R.M., Graham R.D., 2005. Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18: 299–307.

**THE DYNAMICS OF MICRONUTRIENTS ACCUMULATION  
BY SOME VARIETIES OF WINTER RAPE.  
PART II. THE CHANGE OF CONTENTS AND DYNAMIC  
UPTAKE OF ZINC**

**S u m m a r y**

The aim of the undertaken research was to assess dynamics of dry mass and zinc accumulation by winter rape. Experiment factors were three different cultivars of winter rape (one population and two hybrid cultivars) and different plant condensation in field (40, 80, 120 plants/m<sup>2</sup>). Content and accumulation of copper by aboveground parts of rape in five development stages (rosette, stalk, bud, seeds forming and full ripeness) were examined. No significant differences were found during vegetation period in Zn content of population and hybrid cultivars and it also did not depend on plants condensation in field. Higher content of zinc was determined in earliest development stage – in rosette forming stage, but highest content was found in bud forming stage and was twice higher than in stalk forming stage. In the next development stages Zn content in ripe decreased. The most intensive zinc accumulation was observed in bud forming stage. It was the result of increased biomass growth as well as of higher content of this element in plant tissue.

KEY WORDS: winter rape, zinc, content, dynamic of accumulation

Recenzent – Reviewer: doc. dr hab. Stanisław Wróbel, IUNG –ZHiTUR we Wrocławiu



**Zofia Spiak, Urszula Piszcz**

**DYNAMIKA POBIERANIA MIKROELEMENTÓW  
PRZEZ WYBRANE ODMIANY RZEPAKU OZIMEGO.  
CZĘŚĆ III. ZMIANY ZAWARTOŚCI ORAZ DYNAMIKA  
NAGROMADZENIA MANGANU W OKRESIE WEGETACJI**

**THE DYNAMICS OF MICRONUTRIENTS UPTAKE  
BY SELECTED CULTIVARS OF WINTER RAPE.  
PART III. THE CHANGE OF CONTENTS AND DYNAMIC  
OF MANGANESE UPTAKE DURING VEGETATION**

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

W ramach trzyletnich badań polowych prowadzonych w latach 2004–2006 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice oceniano wpływ ilości wysiewu 40, 80 i 120 sztuk/m<sup>2</sup> na zawartość i dynamikę pobierania manganu przez dwie odmiany heterozyjne i jedną populacyjną rzepaku. Rośliny analizowano w pięciu charakterystycznych dla tego gatunku fazach rozwojowych (formowanie rozety, formowanie łodygi, pąkowanie, formowanie nasion, dojrzałość pełna). Zawartość manganu oraz pobranie tego pierwiastka podczas całego okresu wegetacji rzepaku ozimego nie były istotnie zależne od typu odmiany. Jedynie w jesiennym okresie formowania rozety stwierdzono istotnie większe zawartości i wyższe pobranie Mn w warunkach uprawy w największym zagęszczeniu roślin. Największe zawartości manganu stwierdzano w początkowym okresie rozwoju – formowania rozety i łodygi. Najbardziej intensywne pobieranie miało miejsce w okresie pąkowania i było związane głównie z przyrostem biomasy.

SŁOWA KLUCZOWE: rzepak ozimy, mangan, zawartość, dynamika pobierania

---

Do cytowania – For citation: Spiak Z., Piszcz U., 2009. Dynamika pobierania mikroelementów przez wybrane odmiany rzepaku ozimego. Część III. Zmiany zawartości oraz dynamika nagromadzenia manganu w okresie wegetacji. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 109–116.

## WSTĘP

Rzepak należy do grupy roślin uprawnych intensywnie pobierających składniki pokarmowe i jest jedną z najbardziej wymagających roślin uprawnych. Jego potencjał plonowania wyliczony jest nawet na 9 ton z hektara [Kuchtova i Vasek 2000], a obecnie uprawiane odmiany dają plony rzędu 4–5 ton z hektara [Bartkowiak-Broda 1998]. W warunkach produkcyjnych średnie plony tych samych odmian kształtują się na poziomie 2,5–3 ton z hektara, co oznacza że rolnicy zbierają niecałe 50% biologicznie potencjalnego plonu. Wysoki i stabilny plon rzepaku o dobrych cechach technologicznych zależy od wielu czynników, wśród których jest też dobór odpowiedniej odmiany, sposób siewu i odpowiednie nawożenie [Shorrocks 1990, Czuba 2000]. Rzepak, w porównaniu z innymi roślinami uprawnymi, ma duże zapotrzebowanie na wszystkie składniki pokarmowe, w tym również mikroelementy. Bardzo ważne jest dostarczenie ich w takich ilościach i w takich terminach, aby zapewnić im pokrycie tych potrzeb w ciągu całego okresu wegetacji [Badura 1999].

W przedstawionej pracy podjęto próbę oceny dynamiki zawartości oraz pobierania manganu w okresie wegetacji u dwóch odmian heterozyjnych oraz jednej populacyjnej rzepaku ozimego uprawianych przy zróżnicowanym zagęszczeniu roślin w łanie.

## MATERIAŁ I METODY

Schemat doświadczenia polowego, prowadzonego w latach 2003–2006, warunki prowadzenia badań oraz sposób przygotowania roślin do analiz przedstawiono w I części pracy dotyczącej wpływu zagęszczenia łanu na zawartość i pobieranie miedzi w okresie wegetacji trzech różnych odmian rzepaku.

Próbki roślin rzepaku do analiz pobierano w pięciu charakterystycznych stadiach rozwojowych tej rośliny: w okresie formowania rozety, formowania łodygi, pąkowania, formowania nasion oraz dojrzałości pełnej. Po określeniu suchej masy i rozdrobnieniu w młynku elektrycznym rośliny mineralizowano na sucho w piecu muflowym, w temperaturze 450°C. Uzyskany popiół rozpuszczono w roztworze kwasu azotowego o stężeniu 1 mol·dm<sup>-3</sup>. Zawartość manganu oznaczono metodą spektrofotometrii atomowo-absorpcyjnej na spektrofotometrze firmy Varian Spectra AA 220FS.

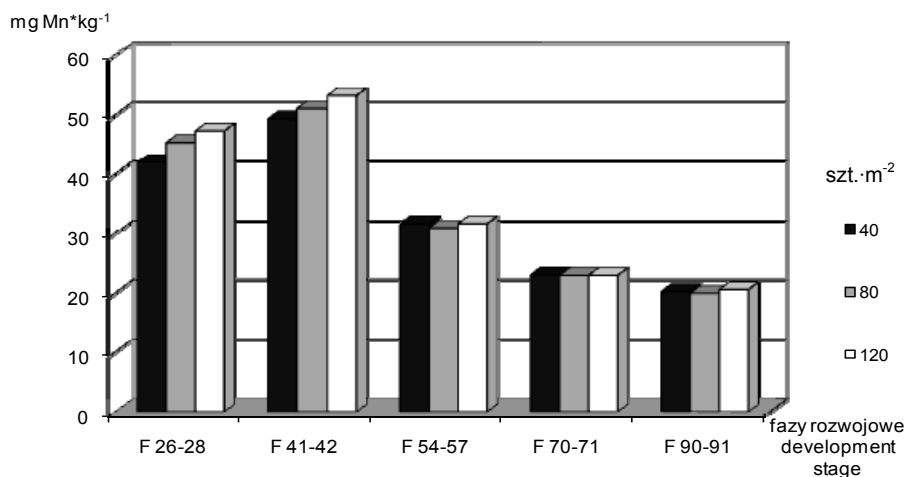
Wielkość pobrania manganu przez rośliny rzepaku ozimego w poszczególnych fazach rozwojowych wyliczono z iloczynu suchej masy i oznaczonej zawartości tego mikroelementu. Wyniki analiz poddano ocenie statystycznej za pomocą analizy wariancji. Istotność różnic oceniano za pomocą przedziału ufności NIR.

## WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Ocenę wykorzystania zasobów glebowych manganu przez trzy różne odmiany rzepaku ozimego uprawianego w warunkach zróżnicowanej ilości wysiewu oceniano na podstawie średnich wyników uzyskanych w okresie trzyletniego prowadzenia badań.

### Zawartość manganu

W odróżnieniu od cynku najwięcej manganu zawierały rośliny rzepaku jesienią, przed zimowym okresem spoczynku oraz wczesną wiosną po wiosennym ruszeniu wegetacji – w okresie formowania łodygi (rys. 1), co potwierdzają wyniki uzyskane przez Grahama i wsp. [1985], którzy najwięcej manganu w roślinach pszenicy oznaczyli jesienią i wczesną wiosną.

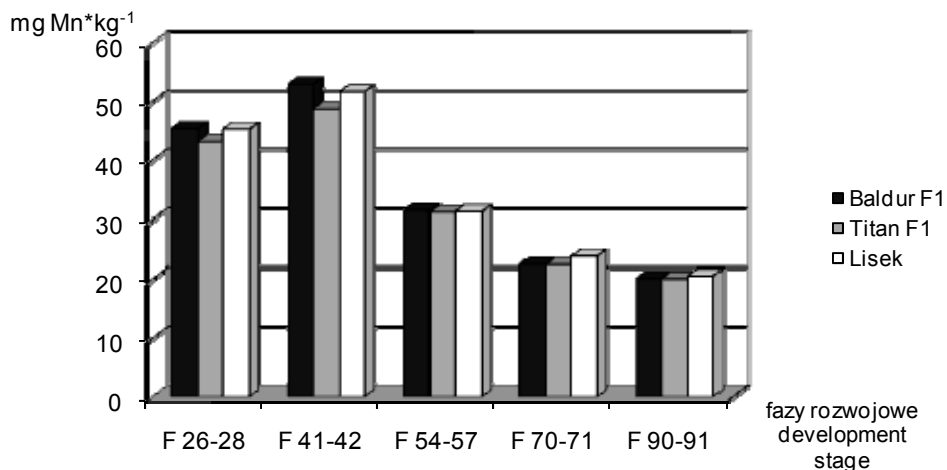


Rys. 1. Średnia zawartość manganu w zależności od zagęszczenia roślin  
 Fig. 1. Mean of manganese content in winter rape depending on plant condensation

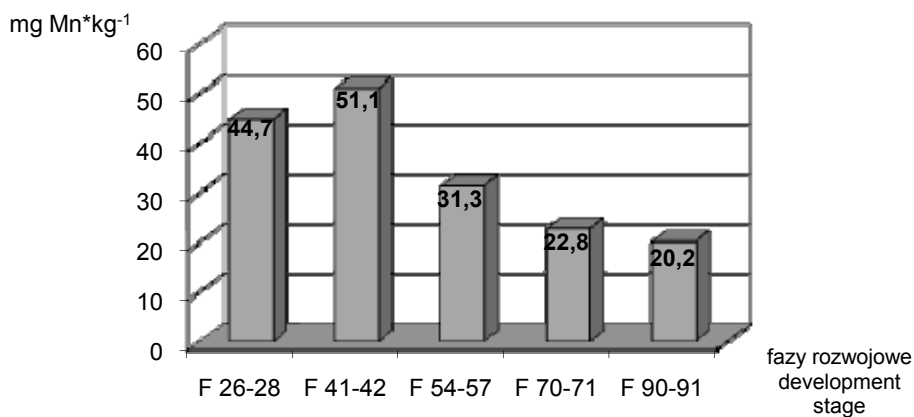
Jak wskazują dane przedstawione na rysunku 1, w tych fazach rozwojowych zawartość manganu w roślinach rzepaku oscylowała w granicach od 40,1 mg do 55,7 mg Mn·kg<sup>-1</sup> suchej masy i w każdej fazie rozwojowej wzrastała wraz ze zwiększaniem obsady roślin, przyjmując wartości najwyższe przy największym zagęszczeniu roślin w łanie, chociaż istotne różnice w tym zakresie wykazano jedynie jesienią. Począwszy od fazy pąkowania (F41–42) ilości tego pierwiastka w rzepaku obniżały się i w okresie dojrzałości pełnej rośliny zawierały około dwukrotnie mniej Mn niż na początku wegetacji wiosennej. Od początku kwitnienia roślin rzepaku aż do dojrzałości pełnej nie obserwowano wpływu ilości wysiewu nasion rzepaku na kształtowanie się zawartości manganu w tkankach tej rośliny. Niezależnie od obsady roślin na jednostce powierzchni, zawartość manganu utrzymywała się na zbliżonym poziomie [Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski 1996].

Wpływ drugiego z badanych czynników doświadczalnych (różne odmiany rzepaku ozimego) na kształtowanie się zawartości manganu w okresie wegetacji tych roślin w pracy przedstawiono również jako wartości średnie z trzech lat badań (rys. 2). Jedynie jesienią i wczesną wiosną obserwowano różnice w zawartości manganu pomiędzy odmianami mieszańcowymi i populacyjnymi. Mimo że nie wykazano istotności tych różnic, to w okresie formowania łodygi zarówno jesienią, jak i wiosną – najwięcej manganu zawierała odmiana heterozyjna Baldur F1. Graham [1988] stwierdził, że ulepszone

odmiany rzepaku były mniej wrażliwe na niedobór manganu w glebie i pobierały go więcej od tradycyjnych. Na podobnym poziomie kształtowała się zawartość tego mikro-składnika w roślinach rzepaku odmiany populacyjnej Lisek. Najmniej badanego składnika zawierała odmiana mieszańcowa Titan F1. W późniejszych fazach rozwojowych nie stwierdzono różnic w zawartości manganu między odmianami. Zawartość Mn aż do fazy dojrzałości pełnej w tkankach każdej z badanych odmian była podobna.



Rys. 2. Średnia zawartość manganu w zależności od odmiany rzepaku ozimego  
Fig. 2. Mean of manganese contents in winter rape depending on cultivar



Rys. 3. Średnia zawartość manganu w rzepaku w zależności od fazy rozwojowej  
Fig. 3. Mean of manganese contents in winter rape depending on of development stage



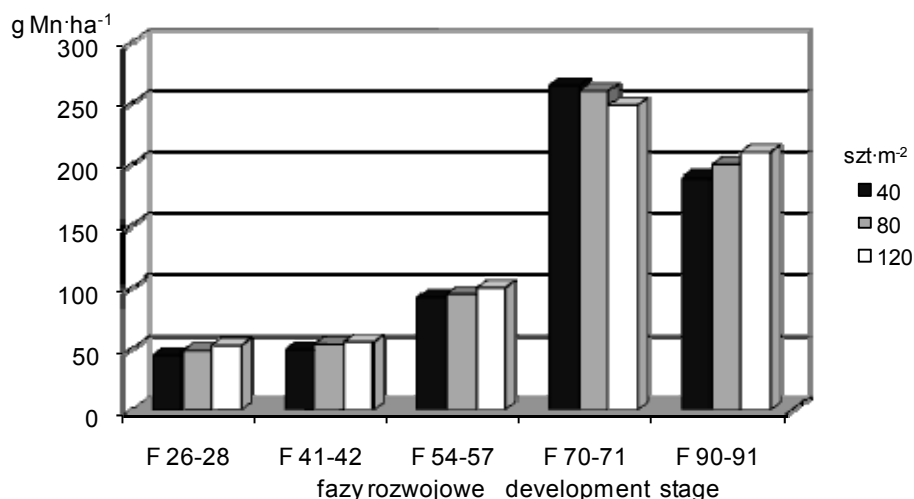
Dynamikę zmian zawartości manganu w okresie wegetacji, średnio z trzech lat badań, przedstawiono na rysunku 3. Wartości liczbowe uwzględnione w piątym terminie pobierania próbek (okres zbiorów) – wyliczono jako średnie ważone po uwzględnieniu zawartości manganu w plonie głównym i ubocznym oraz masy tych plonów, które omówiono w I części pracy.

Jak wskazują przedstawione na rysunku 3 dane, w ciągu całego okresu wegetacji największe zawartości manganu w tkankach roślin obserwowano w okresie ich początkowego wzrostu [Spiak i wsp. 2007], w pierwszym i drugim terminie pobierania próbek. Średnio w doświadczeniu w czasie formowania łodyg zawartość tego pierwiastka wynosiła odpowiednio 44,7 oraz 51,1 mg·kg<sup>-1</sup>. W ciągu dalszego okresu wzrostu i rozwoju średnia zawartość Mn obniżała się do około 30 mg·kg<sup>-1</sup> w fazie pąkowania roślin oraz do niewiele ponad 20 mg·kg<sup>-1</sup> w fazie formowania łuszczyń. Najmniej tego mikroelementu zawierały rośliny w okresie dojrzałości pełnej [Spiak i wsp. 2007].

### Pobranie manganu

Podobnie jak inne rośliny uprawne rzepak ozimy nagromadzał znacznie mniej manganu niż cynku, ale o wiele więcej niż miedzi [Sienkiewicz-Cholewa 2002].

Dane zamieszczone na rysunku 4 wskazują, że jesienią w fazie tworzenia rozety oraz wiosną, aż do początku kwitnienia rzepaku, pobieranie manganu zwiększało się w miarę zagęszczenia roślin w łąnie. W okresie formowania nasion rzepak najlepiej pobierał mangan wówczas, gdy roślin na metrze kwadratowym było najmniej, a całe rośliny rzepaku ozimego w fazie dojrzałości pełnej zgromadziły najwięcej tego mikroelementu, przy największej ilości wysiewnych nasion (rys. 4).

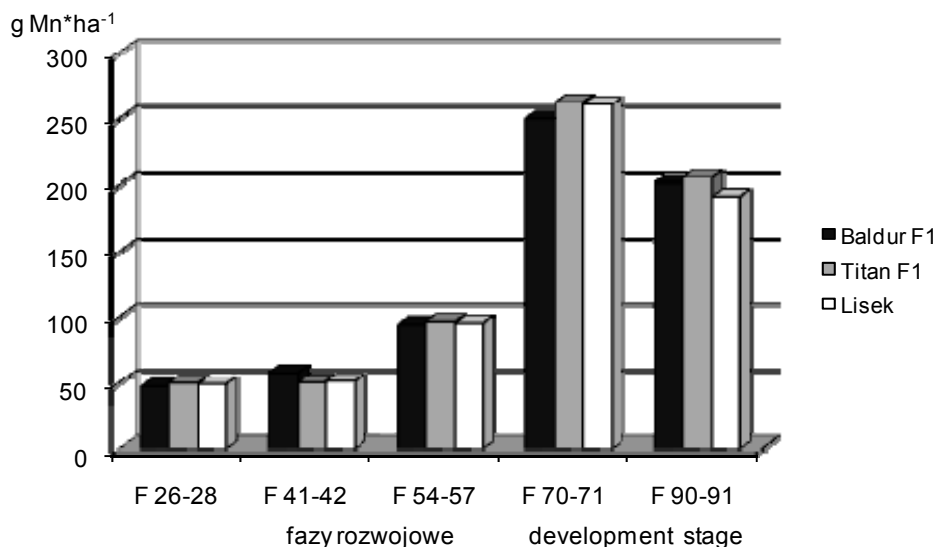


Rys. 4. Średnie pobranie manganu przez rzepak w zależności od zagęszczenia roślin  
Fig. 4. Mean accumulation of manganese in rape depending on of plant condensation

Jesienią w okresie formowania rozety najmniej manganu pobrała odmiana mieszańcowa Baldur F1, a znacznie więcej druga z badanych odmian mieszańcowych Titan F1 oraz populacyjna Lisek (rys. 5).

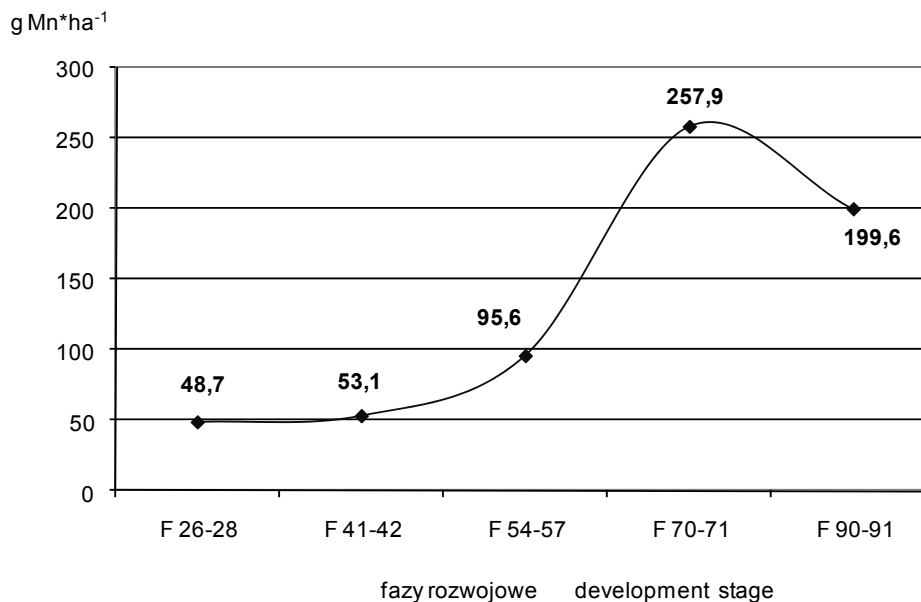
Począwszy od wiosennego ruszenia rośliny aż do czasu formowania się łuszczyń nie wykazano istotnych różnic w wielkości pobrania manganu w zależności od uprawianej odmiany, jednak w większości z badanych terminów najwięcej tego pierwiastka gromadziła odmiana mieszańcowa Titan F1.

Analizując ilości nagromadzonego manganu przez plon główny i uboczny rzepaku uzyskany w doświadczeniach, potwierdzono największą zdolność odmiany mieszańcowej do pobierania manganu z gleby. Najmniej efektywnie wykorzystywała ten pierwiastek odmiana populacyjna Lisek, która wraz z plonem końcowym pobrała prawie 15 g mniej manganu z powierzchni 1 hektara [Kotecki i wsp. 2007].



Rys. 5. Średnie pobranie manganu w zależności od odmiany rzepaku ozimego  
Fig.5. Mean accumulation of manganese in winter rape depending on cultivar

Średnie pobranie manganu przez rzepak z okresu trzech lat badań w doświadczeniu przedstawiono na rysunku 6. Z prezentowanych danych wynika, że we wczesnych fazach rozwojowych, zwłaszcza jesienią i wczesną wiosną, ilość pobranego przez rośliny rzepaku ozimego manganu była niewielka i nie przekraczała 50 g Mn z powierzchni 1 ha. W późniejszym okresie rozwoju, aż do czasu kwitnienia, pobranie tego pierwiastka podwoiło się, natomiast największe nagromadzenie tego mikroelementu zanotowano w ostatniej fazie wzrostu rośliny (od fazy pąkowania do formowania nasion). W tym okresie pobranie manganu przez rzepak ozimy wzrosło ponad 2,5-krotnie i wynosiło w wartościach bezwzględnych prawie 260 g Mn z powierzchni 1 hektara. Ilości manganu w zbieranym plonie głównym i ubocznym były niższe o około 60 g Mn ha<sup>-1</sup> i kształtowały się na poziomie ok. 200 g tego składnika z 1 ha.



Rys. 6. Średnie pobranie manganu w rzepaku w zależności od fazy rozwojowej  
 Fig. 6. Mean accumulation of manganese in winter rape depending on development stage

## WNIOSKI

1. Zawartość manganu w rzepaku podczas okresu wegetacji zmieniała się podobnie do zawartości miedzi. Największe ilości tego mikroelementu stwierdzono w rzepaku ozimym analizowanym w okresie wczesnej wiosny w fazie formowania łodyg, a w miarę postępu wegetacji ilość tego pierwiastka ulegała obniżeniu.

2. Zawartości manganu w rzepaku ozimym, podczas okresu wegetacji, nie były istotnie zależne ani od zagęszczania uprawianych roślin, ani od typu odmiany.

3. Największe ilości manganu z powierzchni uprawnej wynosiły rośliny rzepaku ozimego w późniejszych fazach rozwojowych wzrostu wegetacyjnego. Najlepiej wykonywała ten mikroelement odmiana mieszańcowa Titan F1.

## PIŚMIENNICTWO

- Badura A., 1999. Pobieranie Mg, Ca, P, K, Fe i Zn przez niektóre rośliny uprawiane w warunkach zróżnicowanej zawartości wymiennej frakcji manganu w glebie. *Rośliny Oleiste*, 21, 1: 85–96.
- Bartkowiak-Broda I., 1998. Odmiany mieszańcowe rzepaku – osiągnięcia i perspektywy. *Rośliny Oleiste*, XIX, 2: 359–370.
- Czuba R., 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 161–170.

- Graham R.D., 1988. Genotypic differences in tolerance to manganese deficiency, [in:] *Manganese in Soils and Plants*, Kluwer Academic Publishers Dordrecht: 261–276.
- Graham R.D., Davies W.J., Ascher J.S., 1985. The critical concentration of manganese in field-grown wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 36: 145–155.
- Kotecki A., Malarz W., Kozak M., Pogorzelec A., 2007. Wpływ rozmieszczenia roślin w łanie na rozwój i plonowanie mieszańcowych i populacyjnych odmian rzepaku. Cz. II. Skład chemiczny i wartość energetyczna. *Zesz. Nauk UP Wroc.*, 553, Seria Rol., XC: 41–65.
- Kuchtova P., Vasek J., 2000. Wzrost i rozwój rzepaku ozimego, [w:] *Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy*, W. Grzebisz (ed.) AR Poznań: 73–80.
- Shorrocks V.M., 1990. Micronutrients assessment at country level on international study. *FAO Soil Bull*, 63: 20.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H., 1996. Stan zaopatrzenia w mikroelementy rzepaku ozimego z pól produkcyjnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471, 1: 161–170.
- Sienkiewicz-Cholewa U., 2002. Znaczenie mikroelementów w nawożeniu rzepaku. *Post. Nauk. Rol.*, 5: 19–28.
- Spiak Z., Piszcz U., Zbroszczyk T., 2007. Rozmieszczenie składników pokarmowych w nasionach i słomie wybranych odmian rzepaku ozimego. Cz. II. Mikroskładniki. *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, 553, s. Rol. XC: 107–116.

**THE DYNAMICS OF MICRONUTRIENTS UPTAKE  
BY SELECTED CULTIVARS OF WINTER RAPE.  
PART III. THE CHANGE OF CONTENTS AND DYNAMIC  
OF MANGANESE UPTAKE DURING VEGETATION**

**S u m m a r y**

The influence of different condensation of plants in field: 40, 80, 120 plants/m<sup>2</sup> on manganese content and uptake dynamics by two hybrid and one population rape cultivars was examined in 3-years field experiment carried out in 2003–2006 in Agricultural Experimental Station of Pawłowice. Content and accumulation of manganese by aboveground parts of rape in five develop stages (rosette, stalk, bud, seeds forming and full ripeness) were examined. Content and uptake of manganese by rape did not depend on type of the cultivar during the whole vegetation period. However during autumn in rosette forming stage significant higher content of manganese was found in plants grown in the highest condensations of plants in field. The most intensive manganese accumulation was determined in bud forming stage, what was the result of increased biomass growth.

KEY WORDS: winter rape, manganese, content, dynamic of uptake

Recenzent – Reviewer: doc. dr hab. Stanisław Wróbel, IUNG –ZHiTUR we Wrocławiu

**Leokadia Wojtala-Łozowska, Danuta Parylak**

**WPLYW ODMIANY I ZAPRAWIANIA MATERIAŁU  
SIEWNEGO NA ZAWARTOŚĆ I POBRANIE  
MIKROELEMENTÓW W ZIARNIE PSZENICY OZIMEJ  
THE INFLUENCE OF CULTIVAR AND SEED TREATMENT  
ON CONTENT AND TAKEN OF MICROELEMENTS  
IN GRAIN OF WINTER WHEAT**

*Katedra Kształtowania Agroekosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Department of Agroecosystems Management, Wrocław University of Environmental  
and Life Sciences*

W dwuczynnikowym doświadczeniu wazonowym badano wpływ odmiany pszenicy ozimej i zaprawy nasiennej na zawartość i pobranie mikroelementów: cynku, manganu, żelaza, miedzi i niklu. Pszenicę odmiany Sukces, Kobiera i Satyna uprawiano w krótkotrwałej monokulturze. Ziarno zaprawiano preparatem Raxil 060 FS (tebukonazol) lub Galmano 201 FS (fluchinkonazol + prochloraz). Zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej po sobie zależała od odmiany oraz od zaprawy nasiennej. Pełna ochrona roślin przed chorobami podstawy źdźbła, poprzez zastosowanie preparatu Galmano 201 FS, w porównaniu do ochrony standardowej zaprawą Raxil 060 FS, sprzyjała zwiększonej koncentracji cynku, manganu i żelaza w ziarnie, natomiast spowodowała wyraźne zmniejszenie zawartości miedzi i niklu. Najmniejszą zawartością cynku, manganu, żelaza i miedzi, a także pobraniem, odznaczało się ziarno paszowej odmiany Satyna. Pobranie mikroelementów było na ogół większe przez odmianę Sukces niż przez odmianę Kobiera.

SŁOWA KLUCZOWE: pszenica ozima, odmiana, zaprawa nasienna, mikroelementy, ziarno pobranie

---

Do cytowania – For citation: Wojtala-Łozowska L., Parylak D., 2009. Wpływ odmiany i zaprawiania materiału siewnego na zawartość i pobranie mikroelementów w ziarnie pszenicy ozimej. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574, 117–124.

## WSTĘP

Skład chemiczny roślin jest uwarunkowany genetycznie, podlega też wahaniom zależnym od czynników zewnętrznych, w jakich znajduje się dana uprawa. Każdy gatunek zboża charakteryzuje się innymi cechami pod względem zawartości składników mineralnych, wartości odżywczych i właściwości technologicznych ziarna, co determinuje jego przeznaczenie w dalszym użytkowaniu. Również zróżnicowanie odmianowe w obrębie jednego gatunku wykazuje zmienność wspomnianych cech ziarna. Na zawartość makro- i mikroelementów w ziarnie pszenicy oddziałuje np. zasobność gleby [Bednarek i wsp. 2008], zastosowane nawożenie mineralne [Mikos i Styk 1989, Borkowska 2004], zmiana pH gleby [Błaziak 2007], poziom plonowania [Stanisławska-Głubiak i wsp. 1996]. Również stosowanie odpowiednio dobranych środków ochrony roślin, np. zaprawy nasiennej ma wpływ na stopień odżywienia roślin (pobieranie składników mineralnych z gleby) i ich produktywność [Smagacz 2007]. Dzięki zaprawie nasiennej, która kompleksowo chroni system korzeniowy przed patogenami, roślina może efektywniej pobierać związki mineralne niż roślina, której korzenie niechronione dostatecznie zostały porażone przez czynniki chorobotwórcze i nie mogą spełniać swojej roli.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zastosowanej zaprawy nasiennej na zawartość wybranych mikroelementów w ziarnie trzech odmian pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze. Hipoteza robocza zakłada, że ziarno pszenicy wyrosłej z materiału siewnego zaprawionego preparatem Galmano 201 FS, kompleksowo chroniącym roślinę przed patogenami, będzie zawierało więcej mikroelementów, niż ziarno pszenicy, której ziarno siewne zaprawiono preparatem standardowym Raxil 060 FS, niechroniącym roślin przed zgorzelą podstawy źdźbła.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie realizowano w latach 2007–2009 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie wazonowe założono metodą losowanych bloków w 5 powtórzeniach. W doświadczeniu uprawiano trzy odmiany pszenicy ozimej (czynnik I rzędu) należące do różnych grup jakościowych: Sukces (grupa A-jakościowa), Kobiera (grupa B-chlebowa) i Satyna (grupa C-paszowa). Każda z odmian uprawiana była w monokulturze (gleba pochodziła spod polowej, monokulturowej uprawy pszenicy ozimej), a materiał siewny zaprawiono (czynnik II rzędu) w dawce zalecanej preparatem Raxil 060 FS lub Galmano 201 FS. Raxil 060 FS (tebukonazol) jest preparatem standardowym o działaniu układowym wykazującym działanie ochronne przed większością chorób podsuszkowych z wyjątkiem zgorzeli podstawy źdźbła. Z kolei preparat Galmano 201 FS (fluchinkonazol + prochloraz) wykazuje dodatkowo działanie wgłębne i ogranicza porażenie roślin także przez *Gaeumannomyces graminis* wywołujący zgorzel podstawy źdźbła.

Gleba użyta w doświadczeniu to mada rzeczna właściwa o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego podścielona piaskiem słabo gliniastym, kompleksu 5 żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Każdy wazon zawierał 10 kg gleby. Gleba w 1kg zawierała średnio 693 mg N; 78 mg P; 145 mg K oraz 1,1 % Corg, a pH gleby oznaczone w 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup> wynosiło średnio 5,1. Na 1 kg gleby zastosowano nawoże-

nie mineralne w ilości 0,1 g N, 0,05 g P oraz 0,07 g K. Wilgotność gleby utrzymywano na stałym poziomie 60% kapilarnej pojemności wodnej. Analizę zawartości mikroelementów (Zn, Mn, Cu, Fe, Ni) w ziarnie przeprowadzono metodą spektrofotometrii płomieniowej na aparacie ASA na próbkach średnich obiektowych. Pobranie wyliczono średnio z wazonu, uwzględniając masę ziarna wszystkich 13 roślin w wazonie.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Stefanović i wsp. [2008] w rozległych badaniach obejmujących część Europy i większość typowych odmian pszenicy, charakterystycznych dla danych regionów, wykazali duże zróżnicowanie odmianowe w zawartości mikroelementów w pszenicy, zależne też od warunków środowiskowych. Z kolei zdaniem Parylak i wsp. [2000] zawartość mikroelementów w ziarnie i słomie pszenicy nie zależy od ich zawartości w glebie.

W badaniach własnych zawartość cynku w ziarnie pszenicy uprawianej po sobie zależała w większym stopniu od odmiany niż od sposobu zaprawiania ziarna (tab. 1). Wyraźnie mniej Zn stwierdzono w ziarnie odmiany Kobiera – było go średnio o 40% mniej niż u odmiany Sukces i o 14% mniej niż u odmiany Satyna. Zaprawianie materiału siewnego preparatem Galmano 201 FS i dzięki temu utrzymanie przez dłuższy czas zdrowego systemu korzeniowego spowodowało wzrost Zn w ziarnie średnio o 3,9%. Zwiększenie zawartości Zn dotyczyło przede wszystkim odmian słabiej pobierających ten składnik (Kobiera i Satyna).

Kompleksowe zaprawianie materiału siewnego wywarło większy wpływ na zawartość manganu w ziarnie pszenicy. W porównaniu z pszenicą, którą przed siewem zaprawiano standardowo, po zastosowaniu preparatu Galmano 201 FS nastąpił wzrost koncentracji Mn o 6,8%. Wzrost zawartości Mn w ziarnie miał miejsce w przypadku każdej z odmian, a szczególnie Kobiery. Różnice w zawartości tego pierwiastka między odmianami wahały się w granicach 8,1–10,4%, z kolei Mikos i Styk [1989] wykazali większe różnice odmianowe pod względem zawartości Mn w ziarnie.

Także zawartość Fe w ziarnie pszenicy uprawianej w krótkotrwałej monokulturze zależała, choć w nieznacznej skali, od stopnia zabezpieczenia korzeni i podstawy źdźbła przed chorobami. Dodatkowa ochrona przed *Gaeumannomyces graminis* spowodowała niewielki 1,1% wzrost udziału Mn w ziarnie. Dotyczył on w największym stopniu (o 8,3%) odmiany paszowej. Najwięcej Fe zawierało ziarno standardowo zaprawianej odmiany Kobiera. Zawartość tego mikroelementu nie zależała jednoznacznie od genotypu. Niezależnie od sposobu przygotowania materiału siewnego najwięcej Mn oznaczono w ziarnie odmiany Kobiera, a w odmianach Sukces i Satyna odpowiednio o 4,5 i 8,0% mniej. Różnice odmianowe w zawartości Fe wykazała w swoich badaniach również Borkowska [2004].

Zastosowanie do zaprawiania materiału siewnego preparatu Galmano 201 FS o rozszerzonym działaniu, w stosunku do zaprawy nasiennej Raxil 060 FS, spowodowało wyraźne ograniczenie zawartości miedzi i niklu w ziarnie pszenicy ozimej – odpowiednio 24,7 oraz 16,2%. Biorąc pod uwagę różnice odmianowe, najwięcej Cu stwierdzono w ziarnie odmiany jakościowej Sukces, a najmniej (o 17,6%) u odmiany paszowej

Satyna. Zdecydowanie największą koncentracją Cu w ziarnie odznaczała się odmiana Sukces, którą przed siewem traktowano zaprawą Raxil 060 FS, natomiast najmniej (aż o 60% mniej) – odmiana Satyna zaprawiana preparatem o rozszerzonym o zgorzel podstawy źdźbła spektrum działania. W badaniach Mikos i Styk [1989] zawartość Cu w ziarnie też była istotnie różnicowana przez odmiany pszenicy.

Tabela 1

Table 1

Zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy ozimej w  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. (średnio 2007–2009)  
Microelements content in  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of dry matter in grain of winter wheat (mean 2007–2009)

Mikroelement Microelement	Odmiana Variety	Zaprawa nasienna Seed treatment		
		Raxil 060 FS	Galmano 201 FS	średnio mean
Zn	Sukces	29,98	27,04	28,51
	Kobiera	18,43	21,45	19,94
	Satyna	21,58	24,52	23,05
	średnio – mean	23,33	24,34	–
Mn	Sukces	27,64	27,80	27,72
	Kobiera	26,42	30,22	28,32
	Satyna	24,96	26,34	25,65
	średnio – mean	26,34	28,12	–
Fe	Sukces	26,87	27,13	27,00
	Kobiera	29,00	27,54	28,27
	Satyna	24,97	27,05	26,01
	średnio – mean	26,95	27,24	–
Cu	Sukces	3,52	2,73	3,13
	Kobiera	3,01	2,41	2,71
	Satyna	3,06	2,1	2,58
	średnio – mean	3,20	2,41	–
Ni	Sukces	0,69	0,50	0,60
	Kobiera	0,66	0,58	0,62
	Satyna	0,69	0,63	0,66
	średnio – mean	0,68	0,57	–

Z kolei zależność zawartości Ni od odmiany przebiegała w innym kierunku – więcej tego składnika odnotowano u odmiany paszowej, a najmniej – u jakościowej. Różnica w zawartości wyniosła między tymi odmianami średnio 10%.

Pobranie mikroelementów przez rośliny w ziarnie było zależne od genotypu roślin i stopnia zabezpieczenia odżywiania roślin pszenicy poprzez zaprawianie materiału siewnego (tab. 2). Pobranie Zn i Mn, a w mniejszym stopniu także Cu, wzrastało po zastosowaniu do zaprawiania materiału siewnego preparatu Galmano 201 FS. W porównaniu do pszenicy wyrosłej z ziarna zaprawionego zaprawą standardową Raxil 060 FS wykazano większe pobranie Zn o 5,3%, Mn o 7,5% i Cu o 0,9%. Tendziagolska i Parylak



[2004] po zastosowaniu do zaprawiania materiału siewnego dodatkowej zaprawy nasiennej Latitude 125 FS stwierdziły także większe wyniesienie mikrośladników z plonem ziarna pszenżyta ozimego.

Tabela 2  
Table 2

Pobranie mikroelementów przez pszenicę ( $\text{mg}\cdot\text{wazon}^{-1}$ )  
Microelements uptake by wheat ( $\text{mg}\cdot\text{pot}^{-1}$ )

Mikroelement Microelement	Odmiana Variety	Zaprawa nasienna Seed treatment		
		Raxil 060 FS	Galmano 201 FS	średnio mean
Zn	Sukces	1,30	1,20	1,25
	Kobiera	0,79	0,89	0,84
	Satyna	0,74	0,87	0,81
	średnio – mean	0,94	0,99	–
Mn	Sukces	1,20	1,23	1,22
	Kobiera	1,13	1,26	1,19
	Satyna	0,86	0,94	0,90
	średnio – mean	1,06	1,14	–
Fe	Sukces	0,15	0,12	0,14
	Kobiera	0,13	0,10	0,11
	Satyna	0,11	0,07	0,09
	średnio – mean	0,13	0,10	–
Cu	Sukces	1,17	1,21	1,19
	Kobiera	1,24	1,14	1,19
	Satyna	0,86	0,96	0,91
	średnio – mean	1,09	1,10	–
Ni	Sukces	0,03	0,02	0,03
	Kobiera	0,03	0,02	0,03
	Satyna	0,02	0,02	0,02
	średnio – mean	0,03	0,02	–

Z kolei pobranie pozostałych mikroelementów: Fe i Ni wykazało odwrotną zależność od stopnia ochrony systemu korzeniowego. Po użyciu zaprawy chroniącej dodatkowo przez zgorzelą podstawy źdźbła pobranie Fe zmalało średnio o 23,1%, a pobranie Ni – o 33,3%.

Pobranie badanych mikroelementów było w znacznym stopniu modyfikowane przez genotyp rośliny. Zdecydowanie najwięcej Zn pobrała pszenica jakościowa Sukces – średnio o 54% więcej niż pozostałe dwie odmiany. Najmniej Zn wyniesione zostało z masą ziarna odmiany paszowej Satyna, szczególnie mało, gdy była zaprawiana przed siewem tylko standardowym preparatem.

Także pobranie Mn z ziarnem było najmniejsze u odmiany Satyna. W porównaniu z pozostałymi dwiema odmianami było ono mniejsze średnio o 35,5%. Ilość wyniesionego z ziarnem Mn była największa u pszenicy odmiany Kobiera zaprawionej preparatem o szerokim spektrum działania, a zdecydowanie najmniejsza – u standardowo chronionej przed chorobami odmiany Satyna.

Pobranie Fe przez badane odmiany było zbliżone do pobrania Mn zarówno pod względem ilości, jak i kierunku zmian. Wyraźnie mniej tego pierwiastka zgromadziło ziarno pszenicy odmiany Satyna, średnio o 38,9% mniej w porównaniu do odmiany Sukces i Kobiera. Szczególnie małe pobranie Fe stwierdzono w przypadku odmiany Satyna, której materiał siewny zaprawiono preparatem Raxil 060 FS.

Pobranie Cu z ziarnem było wyraźnie modyfikowane przez genotyp pszenicy. Wynos Cu z ziarnem był zdecydowanie największy u pszenicy jakościowej Sukces i Kobiera, a najmniejszy – u odmiany paszowej Satyna. Różnica wyniosła aż 28 mg/wazon.

## WNIOSKI

1. W warunkach doświadczenia wazonowego zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze zależała od odmiany oraz sposobu zaprawiania materiału siewnego.

2. Pełna ochrona roślin przed kompleksem chorób podstawy źdźbła, poprzez zastosowanie zaprawy nasiennej Galmano 201 FS, w porównaniu do ochrony standardowej zaprawą Raxil 060 FS, sprzyjała zwiększonej koncentracji cynku, manganu i żelaza w ziarnie, natomiast spowodowała wyraźne zmniejszenie zawartości miedzi i niklu.

3. Najmniejszą zawartością cynku, manganu, żelaza i miedzi, a także pobraniem odznaczało się ziarno paszowej odmiany Satyna. Pobranie mikroelementów było na ogół większe przez odmianę jakościową Sukces niż przez odmianę chlebową Kobiera.

## PIŚMIENNICTWO

- Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S., 2008. Zawartość metali ciężkich jako kryterium oceny jakości ziarna pszenicy ozimej. *Acta Agroph.*, 12(2): 315–326.
- Błaziak J., 2007. Ocena zmian zawartości mikroelementów w zbożach pod wpływem wapnowania i magnezowania gleby. *Annales UMCS*, s. E, 62 (1): 77–84.
- Borkowska H., 2004. Wpływ nawożenia azotem na zawartość wybranych mikroelementów w ziarnie pszenicy jarej. *Annales UMCS*, s. E, 59 (2): 747–753.
- Mikos M., Styk B., 1989. Zawartość mineralnych składników pokarmowych w ziarnie trzech odmian pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 325: 109–117.
- Parylak D., Waclawowicz R., Majchrowski P., 2000. Wpływ następczy nawozów organicznych na zawartość mikroelementów w glebie i w pszenicy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 471: 427–432.
- Smagacz J., 2007. Skuteczność wybranych zapraw nasiennych w ochronie pszenicy ozimej przed zgorzelą podstawy źdźbła (*Gaeumannomyces graminis*) w warunkach wieloletniej monokultury zbożowej. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 47(2): 323–329.
- Stanisławska-Głubiak E., Strączyński S., Sienkiewicz-Cholewa U., 1996. Wpływ zróżnicowanego poziomu plonów na zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 77–81.
- Stefanovic V.Ž., Filipović N.K., Jovanović B.M., 2008. Undesirable metals content in wheat of different wheat varieties. *Acta Period. Technol.*, 39: 69–76.
- Tendziagolska E., Parylak D., 2004. Zawartość i pobranie mikroelementów w ziarnie pszenicy ozimego uprawianego po sobie z zastosowaniem uproszczeń w uprawie roli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 502: 377–385.

---

**THE INFLUENCE OF CULTIVAR AND SEED TREATMENT ON CONTENT AND TAKEN OF MICROELEMENTS IN GRAIN OF WINTER WHEAT****S u m m a r y**

In 2-factorial pot experiment the effect of cultivar of winter wheat and seed dressing on content and uptake of micronutrients: zinc, manganese, iron, copper and nickel was studied. Cultivars of wheat: Sukces, Kobiera and Satyna were grown in short-term monoculture. Grain was dressed with Raxil 060 FS (tebukonazol) or with Galmano 201 FS (fluchinkonazol + prochloraz). The content of micronutrients in grain of winter wheat depended on cultivar and seed dressing substance. Compared with standard method of plant protection with Raxil 060FS, complete protection of plants against stem-base diseases by using Galmano 201 FS promoted higher concentration of zinc, manganese and iron in grain, but caused substantial decrease in copper and nickel content. Grain of forage cultivar Satyna had the lowest amount of zinc, manganese, iron and copper, and also the uptake of the micronutrients by the cultivar was the lowest. Uptake of micronutrients by Sukces cultivar was generally higher than by Kobiera.

KEY WORDS: winter wheat, varieties, seed treatment, microelements, grain, taken microelements

Recenzent – Reviewer: doc. dr hab. Stanisław Wróbel, IUNG –ZHiTUR we Wrocławiu