

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIWERSYTETU
PRZYRODNICZEGO
WE WROCŁAWIU**

NR 581

ROLNICTWO

AGRONOMY

XCVIII

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIWERSYTETU
PRZYRODNICZEGO
WE WROCŁAWIU**

NR 581

ROLNICTWO

AGRONOMY

XCVIII



WROCŁAW 2011

Redaktor merytoryczny
prof. dr hab. Zofia Spiak

Redakcja i korekta:
Elżbieta Winiarska-Grabosz
Ewa Jaworska

Łamanie
Teresa Alicja Chmura

Projekt okładki
Grażyna Kwiatkowska

Covered by: Agro, Ulrich's Database, Copernicus Index, EBSCOhost

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2011

Print edition is an original (reference) edition

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

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 9,2. Ark. druk. 10,25

SPIS TREŚCI

1. J. Antonkiewicz – Wpływ popiołu paleniskowego oraz wzrastających dawek miedzi w glebie na zawartość i pobranie mikroelementów przez kostrzewę łąkową (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	7
2. T. Berbeka – Sytuacja dochodowa gospodarstw rolnych położonych w regionie sudeckim	17
3. J. Grocholski, Z. Spiak, W. Włodarczyk – Wpływ nawożenia potasem na zawartość i pobranie tego składnika przez pszenicę ozimą	27
4. J. Grocholski, Z. Spiak, W. Włodarczyk – Wpływ nawożenia potasem w zmianowaniu na zawartość różnych form tego składnika w glebie	37
5. M. Hawrot-Paw – Biomasa żywych organizmów w glebie skażonej olejem napędowym i poddawanej zabiegom bioremediacyjnym	49
6. K. Jankowski, J. Sosnowski, W. Czełusciński, J. Jankowska – Wpływ hydrożelu umieszczonego w podłożu glebowym na liczbę pędów muraw trawnikowych o różnicowanym udziale <i>Lolium perenne</i> L.	57
7. J. Kaszubkiewicz, P. Jezierski, D. Kawałko – Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach na terenie powiatu ząbkowickiego	65
8. M. Kozak, W. Malarz, A. Kotecki, M. Serafin-Andrzejewska – Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie i skład chemiczny nasion amarantusa uprawnego	79
9. B. Łabaz, B. Glina, A. Bogacz – Właściwości fizyczne czarnych ziem obszarów leśnych występujących na terenie parku krajobrazowego „Dolina Baryczy”	95
10. W. Malarz, M. Kozak, A. Kotecki – Wpływ nawożenia siarką na wysokość i jakość plonu nasion odmian rzepaku ozimego	107
11. W. Malarz, M. Kozak, A. Kotecki – Wpływ nawożenia siarką na rozwój i cechy morfologiczne odmian rzepaku ozimego	117
12. M. Pytłarz-Kozicka – Wpływ sposobu uprawy na plon i jego strukturę dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka	127
13. J. Spiak – Kondycja finansowa towarowych gospodarstw rolnych	141
14. R. Weber – Analiza czynnikowa współzależności plonu i komponentów plonu pszenicy ozimej w warunkach wczesnego siewu na glebie lekkiej	155
Recenzenci	163

CONTENTS

1. J. Antonkiewicz – The effect of incineration ash and growing doses of copper in the soil on the content and uptake of microelements by meadow fescue (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	7
2. T. Berbeka – Income situation of agricultural farms located in Sudety region	17
3. J. Grocholski, Z. Spiak, W. Włodarczyk – The effect of potassium fertilization on its content and uptake in winter wheat	27
4. J. Grocholski, Z. Spiak, W. Włodarczyk – The effect of potassium fertilization in plant rotation on its various forms content in soil.....	37
5. M. Hawrot-Paw – Biomass of living organisms in soil contaminated with diesel oil and subjected to bioremediation	49
6. K. Jankowski, J. Sosnowski, W. Czeluściński, J. Jankowska – Influence of supersorbent in the subsoil of the number of shoots lawn grasses with varying participation of <i>Lolium perenne</i> L.	57
7. J. Kaszubkiewicz, P. Jezierski, D. Kawałko – Total content of heavy metals in soils at the area of Żąbkowice Śląskie district	65
8. M. Kozak, W. Malarz, A. Kotecki, M. Serafin-Andrzejewska – The effect of different nitrogen fertilization on growth and yielding of <i>Amaranthus</i>	79
9. B. Łabaz, B. Glina, A. Bogacz – Physical and physico-chemical properties of phaeozems and gleysols on forest areas in landscape park "Dolina Baryczy"	95
10. W. Malarz, M. Kozak, A. Kotecki – The effect of sulphur fertilization on the quality and quantity of seed yield of the winter rape cultivars	107
11. W. Malarz, M. Kozak, A. Kotecki – The effect of sulphur fertilization one the growth and morphological features of the winter oilseed rape cultivars	117
12. M. Pytlarz-Kozicka – Effect of the way of cultivation on yielding and structure of two very early potato cultivars	127
13. J. Spiak – Financial condition of commercial farms.....	141
14. R. Weber – Analysis of winter wheat yield components in conditions of early sowing on light soil	155
Reviewers	163

Jacek Antonkiewicz

**WPLYW POPIOŁU PALENISKOWEGO
ORAZ WZRATAJĄCYCH DAWEK MIEDZI W GLEBIE
NA ZAWARTOŚĆ I POBRANIE MIKROELEMENTÓW
PRZEZ KOSTRZEWĘ ŁĄKOWĄ (*FESTUCA PRATENSIS* HUDS.)**

**THE EFFECT OF INCINERATION ASH AND GROWING DOSES
OF COPPER IN THE SOIL ON THE CONTENT
AND UPTAKE OF MICROELEMENTS BY MEADOW FESCUE
(*FESTUCA PRATENSIS* HUDS.)**

*Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture
in Krakow*

Popioły paleniskowe mogą wiązać pierwiastki występujące w nadmiernych ilościach w glebie, a tym samym ograniczają transport tych pierwiastków do części nadziemnych roślin wytypowanych do biologicznej rekultywacji. Celem przeprowadzonego doświadczenia było określenie wielkości plonu kostrzewy łąkowej i pobierania Cu, Zn, Ni, Fe, Co, Mn z gleby lekkiej nawożonej popiołem paleniskowym z dodatkiem wzrastających dawek miedzi. W doświadczeniu wazonowym zastosowano do gleby lekkiej popiół paleniskowy w ilości 23,33 g · wazon⁻¹, co odpowiadało 20 t · ha⁻¹ oraz wzrastające dawki miedzi w ilości od 30 do 400 mg · kg⁻¹ s.m. gleby.

Zastosowanie do gleby lekkiej popiołu bez dodatku miedzi wpłynęło istotnie na podwyższenie plonu suchej masy kostrzewy łąkowej. Ponadto zastosowanie miedzi w dawce 30 mg · kg⁻¹ s.m. do gleby wymieszanej z popiołem wpłynęło istotnie na wzrost plonu kostrzewy. Dawka miedzi powyżej 50 mg · kg⁻¹ s.m. spowodowała istotne obniżenie plonu kostrzewy łąkowej. Pod wpływem zaaplikowania wzrastających dawek miedzi do gleby wymieszanej z popiołem zarejestrowano obniżenie zawartości Zn, Ni, Co, Mn, a wzrost Cu, Fe w kostrzewie w porównaniu z kontrolą. Uzyskany plon kostrzewy można przeznaczyć do produkcji kompostu bądź też na cele energetyczne. Plon uprawianej rośliny na glebie zanieczyszczonej miedzią oceniano także pod względem przydatności paszowej. Wyceniając zawartość Zn, Cu, Ni w kostrzewie według liczb granicznych zapropono-

Do cytowania – For citation: Antonkiewicz J., 2011. Wpływ popiołu paleniskowego oraz wzrastających dawek miedzi w glebie na zawartość i pobranie mikroelementów przez kostrzewę łąkową (*Festuca pratensis* Huds.). Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII 581: 7–16.

wanych przez IUNG-PIB, stwierdzono, że zawartość Cu i Ni odpowiadała normom stawianym paszom dobrej jakości. Natomiast biorąc pod uwagę zawartość cynku, wykazano przekroczenia dopuszczalnej zawartości tego pierwiastka. Zawartość żelaza, manganu i kobaltu w kostrzewie łąkowej mieściła się na poziomie optymalnym pod względem paszowym. Z niniejszych badań wynika, że popioły paleniskowe zastosowane do gleby wpływają na unieruchomienie lub udostępnianie składników pokarmowych potrzebnych roślinom.

SŁOWA KLUCZOWE: kostrzewa łąkowa, popiół, zawartość i pobranie, Cu, Zn, Ni, Fe, Co, Mn

WSTĘP

Zastosowanie popiołów paleniskowych z węgla kamiennego w rekultywacji terenów poprzemysłowych, a także w rolnictwie wpłynie na zmiany właściwości fizycznych, chemicznych gruntu oraz na skład chemiczny uprawianych roślin. Zmiana składu chemicznego roślin uwarunkowana jest między innymi składem chemicznym popiołów, tj. zawartością makro- i mikroelementów w popiołach stosowanych w celach nawozowych (Antonkiewicz 2007a, Bogacz i wsp. 1995).

Popioły paleniskowe pochodzące ze spalania węgla kamiennego są specyficznym materiałem, którego pozytywne cechy fizykochemiczne należy umiejętnie wykorzystywać. Występujące w popiołach paleniskowych szkliwo glinokrzemianowe może pełnić funkcję zeolitów (Derkowski 2001). Popioły po zastosowaniu do gleby zanieczyszczonej chemicznie wiążą pierwiastki występujące w nadmiernych ilościach, w tym metale ciężkie, a tym samym ograniczają pobieranie tych pierwiastków przez części nadziemne roślin (Antonkiewicz 2007b, Curyło i Jasiewicz 1998).

Wprowadzając popioły do gleby zanieczyszczonej chemicznie, można ograniczyć ujemny wpływ nadmiernej zawartości metali na plonowanie i skład chemiczny roślin (Ciećko i wsp. 2007). Celem doświadczenia było określenie wielkości plonu kostrzewy łąkowej i pobierania Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Co z gleby lekkiej nawożonej popiołem paleniskowym z dodatkiem wzrastających dawek miedzi.

MATERIAŁ I METODY

Badania nad wpływem popiołu i zróżnicowanych dawek miedzi na plon, zawartość i pobieranie mikroskładników przez kostrzewę łąkową (*Festuca pratensis* Huds.) przeprowadzono w warunkach doświadczenia wazonowego w latach 2006–2007, na glebie bardzo lekkiej o składzie granulometrycznym piasku luźnego (tab. 1), która zawierała 95% piasku, 2% pyłu, 3% części spławianych (Systematyka... 1989).

Do badań pobrano glebę z gminy Bukowno w województwie małopolskim, w której znajdują się Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław”, przerabiające rudy cynku i ołowiu. Odczyn gleby był alkaliczny. Gleba, na której założono doświadczenia, charakteryzowała się podwyższoną zawartością Pb, słabym zanieczyszczeniem Zn i średnim zanieczyszczeniem Cd (Kabata-Pendias i wsp. 1993). Stwierdzono natomiast ponad 56-krotnie

wyższą zawartość żelaza oraz prawie 6-krotnie wyższą zawartość manganu w popiołach w porównaniu z ich zawartością w glebie. Zastosowany popiół paleniskowy był mieszaniną popiołowo-żużlową z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych ze spalania węgla kamiennego o numerze katalogowym 10 01 80 (Katalog odpadów 2001).

Tabela 1
Table 1

Wybrane właściwości gleby i popiołu zastosowanych w doświadczeniu
The some properties of soil and ash use of in experiment

Parametr Parameter	Jednostka (pH) Unit	Gleba Soil	Skala Scale IUNG*	Dopuszczalna (Rozp. 2002)	Popiół Ash
pH _(KCl)	Unit	7,06	–	–	9,85
pH _(H2O)	(pH)	7,33	–	–	10,06
Skład granulom. Soil texture		pl**	–	–	gpp***
Cr		5,48	0	150	33,85
Zn		251	II	300	93,75
Pb	(mg · kg ⁻¹)	45,1	I	100	18,65
Cu	(s.m.)	6,0	0	150	74,50
Cd		2,75	III	4	0,28
Ni	(mg · kg ⁻¹)	3,38	0	100	39,98
Fe	(d.m.)	710			39950
Mn		143			857
Co		0,70			16,3

*0 – zawartość naturalna – natural content, I – zawartość podwyższona – elevated content, II – słabe zanieczyszczenie – slight contamination, III – średnie zanieczyszczenie – medium contamination, ** piasek luźny – loose sandy soil, *** glina piaszczysta pylasta – sandy silty loam

Doświadczenie przeprowadzono w czterech powtórzeniach, w wazonach polietylenowych, o pojemności 3,5 kg, napełnionych glebą mineralną i popiołem paleniskowym. W pierwszym roku doświadczenia – do gleby wymieszanej z popiołem dodano jednorazowo miedź w dawkach od 30 do 400 mg · kg⁻¹ s.m. (tab. 2). Popiół paleniskowy dodano do gleby w ilości 23,33 g · wazon⁻¹, co odpowiadało 20 t · ha⁻¹. W schemacie doświadczenia uwzględniono również obiekt kontrolny, obejmujący wyłącznie glebę mineralną i obiekt z samym popiołem paleniskowym. We wszystkich wazonach zastosowano stałe coroczne nawożenie NPK w ilości: 0,3 g N, 0,08 g P, 0,2 K g · kg⁻¹ s.m. gleby, w formie NH₄NO₃, KH₂PO₄, KCl. Przy ustalaniu dawki NPK uwzględniono wszystkie składniki wprowadzone z nawozami. Nawozy mineralne zastosowano w pierwszym roku doświadczenia na dwa tygodnie przed wysianiem roślin w formie roztworów i dokładnie wymieszano z podłożem, a w drugim roku zabieg powtórzono na dwa tygodnie przed ruszeniem

wegetacji. Okres wegetacji kostrzewy łąkowej w latach 2006–2007 wynosił odpowiednio: 60 i 90 dni. W czasie wegetacji rośliny podlewano wodą redestylowaną, utrzymując wilgotność gleby na poziomie 60% maksymalnej pojemności wodnej. Części nadziemne kostrzewy zebrano z każdego wazonu, następnie po wysuszeniu w suszarce w temp. 75°C określono wielkość plonu suchej masy i wyrażono w g s.m. · wazon⁻¹.

Tabela 2

Table 2

Zawartość mikroelementów w kostrzewie łąkowej
Content of microelement in meadow fescue

Obiekt* Object	Nazwa Name	Dawka Cu Doses Cu	Cu	Zn	Ni	Fe	Mn	Co
			(mg · kg ⁻¹ s.m.-d.m.)					
I	Gleba Soil	–	6,90	1210,89	2,30	120,30	50,15	0,13
II		–	11,17	734,82	1,60	174,91	36,90	0,07
III		30,0	17,30	709,26	1,73	188,31	36,86	0,07
IV		50,0	26,49	745,48	1,89	181,29	36,64	0,08
V		80,0	37,31	741,75	1,69	188,60	37,53	0,08
VI		300,0	–	–	–	–	–	–
VII		350,0	–	–	–	–	–	–
VIII		400,0	–	–	–	–	–	–
IX	Popiół Ash	–	8,77	41,06	0,51	225,10	12,19	0,04
NIR _(α=0,01) – LSD _(α=0,01)			2,84	118,78	0,23	18,35	5,76	0,02
V% ^{**}			65,80	53,68	36,86	18,90	35,32	34,38

* Obiekty – Objaśnienia jak w rys. 1 – See Fig. 1 for explanation of symbols

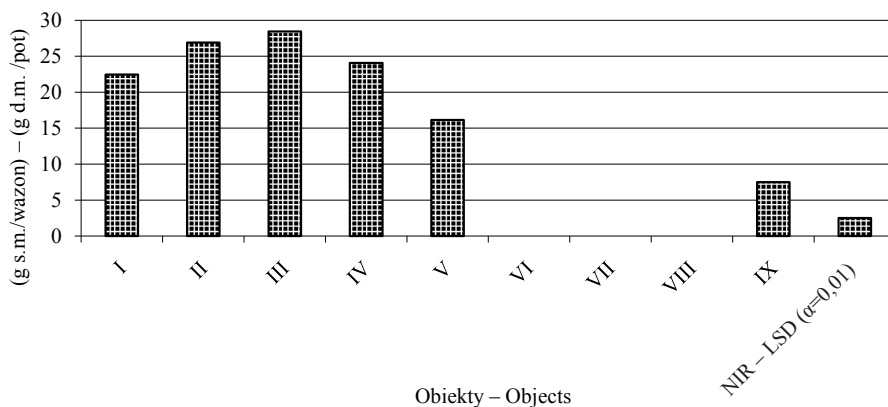
** Współczynnik zmienności – Variability coefficient

W materiale roślinnym po mineralizacji na sucho, z każdego powtórzenia, oznaczono: Cu, Zn, Ni, Fe, Mn i Co metodą ICP-AES. Zawartość badanych mikrośladników w kostrzewie łąkowej podano jako średnią ważoną zawartości za okres 2006–2007 rok. Do obliczeń statystycznych zastosowano arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel 7.0. Istotność różnic między porównywanymi średnimi plonów kostrzewy i zawartości pierwiastków określano metodą Duncana. Analizę wariancji i test Duncana wykonywano na poziomie istotności $\alpha = 0,01$. Obliczono współczynniki zmienności wskazujące zmienność zawartości badanych pierwiastków w plonie roślin.

WYNIKI

Sumaryczny plon kostrzewy łąkowej za okres 2006–2007 był zróżnicowany i wahał się w zależności od obiektu od 7,50 do 28,46 g s.m. · wazon⁻¹ (rys. 1). Stwierdzono, że zastosowanie do gleby lekkiej popiołu w ilości 23,33 g · wazon⁻¹, co odpowiadało

20 t · ha⁻¹ (obiekt II), wpłynęło istotnie na podwyższenie plonu kostrzewy łąkowej. Wzrost ten wynosił około 20% w stosunku do obiektu kontrolnego. Zastosowanie miedzi w ilości 30 mg · kg⁻¹ s.m. do gleby nawożonej popiołem (obiekt III) również oddziaływało istotnie na podwyższenie plonu kostrzewy łąkowej o ponad 26% w stosunku do kontroli. Wyższa dawka miedzi (50 mg · kg⁻¹) dodana do gleby nawożonej popiołem wpłynęła w nieznacznym stopniu na wzrost plonu badanej rośliny, który nie był udowodniony statystycznie. Zastosowanie miedzi w ilości (80 mg · kg⁻¹ s.m.) do gleby lekkiej wymieszanej z popiołem (obiekt V) istotnie obniżyło plon kostrzewy w porównaniu z kontrolą. Na obiektach, na których zastosowano najwyższe dawki miedzi (300–400 mg · kg⁻¹ s.m.), nie uzyskano plonu uprawianej rośliny. Z przeprowadzonego eksperymentu wynika, że użyte dawki miedzi w glebie lekkiej, nawożonej popiołem, oddziaływały toksycznie na nasiona kostrzewy łąkowej, nie dopuszczając ich do skielkowania i wydania plonu. Zastosowany wyłącznie popiół paleniskowy (obiekt IX) również wpłynął istotnie na obniżenie plonu kostrzewy, który wynosił ponad 66% w porównaniu z kontrolą.



I – Kontrola – Control

II – 23,33 g P + 0 mg Cu

III – 23,33 g P + 30 mg Cu

IV – 23,33 g P + 50 mg Cu

V – 23,33 g P + 80 mg Cu

VI – 23,33 g P + 300 mg Cu

VII – 23,33 g P + 350 mg Cu

VIII – 23,33 g P + 400 mg Cu

IX – Popiół – Ash

Rys. 1. Plon kostrzewy łąkowej

Fig. 1. Yield of meadow fescue

W badaniach wykazano statystycznie istotny wpływ popiołu oraz wzrastających dawek miedzi na zawartość mikrośkładników w kostrzewie łąkowej. W tabeli 2 podano średnią ważoną zawartości mikroelementów w roślinie za okres 2006–2007.

W zależności od obiektu zawartość miedzi w kostrzewie mieściła się w granicach od 6,90 do 37,31 mg · kg⁻¹ s.m. Stwierdzono, że już dodatek do gleby popiołu paleniskowego w ilości 23,33 g · wazon⁻¹ wpłynął istotnie na wzrost zawartości miedzi w badanej roślinie. Wzrost zawartości Cu w kostrzewie łąkowej można tłumaczyć, ponad 12-krotnie wyższą zawartością Cu w popiele w porównaniu z glebą. Wymieszanie popiołu paleni-

skowego z glebą i zastosowanie miedzi we wzrastających dawkach ($30\text{--}80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) spowodowało istotny wzrost zawartości miedzi w badanej roślinie. Zawartość miedzi w kostrzewie przy dawce $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ gleby była ponad 4,4-krotnie wyższa niż w obiekcie kontrolnym. Źródłem miedzi w kostrzewie był także popiół paleniskowy, ponieważ kostrzewa łąkowa uprawiana wyłącznie na popiele (obiekt IX) charakteryzowała się wyższą (ponad 27%) zawartością miedzi w porównaniu z kontrolą.

Podobnie jak w przypadku miedzi stwierdzono istotny wpływ dodatku popiołu oraz wzrastających dawek miedzi do gleby lekkiej na wzrost zawartości żelaza w kostrzewie łąkowej. Zawartość żelaza w kostrzewie, przy dawce miedzi $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, była wyższa o ponad 50% w porównaniu z kontrolą. Kostrzewa uprawiana wyłącznie na popiele zawierała ponad 87% żelaza więcej niż kostrzewa uprawiana w obiekcie kontrolnym.

W odróżnieniu od wyżej omawianych pierwiastków wprowadzenie popiołu do gleby lekkiej w ilości $23,33 \text{ g} \cdot \text{wazon}^{-1}$ wpłynęło na obniżenie zawartości Zn, Ni, Co i Mn w kostrzewie łąkowej. W największym stopniu zmniejszyła się zawartość Co oraz Zn, która kształtowała się na poziomie około 40% niższym w porównaniu z obiektem kontrolnym. Wprowadzenie do gleby popiołu i wzrastających dawek miedzi nie miało istotnego wpływu na zawartość Zn, Ni, Co i Mn w kostrzewie łąkowej. Badana roślina uprawiana wyłącznie na popiele paleniskowym charakteryzowała się najniższą zawartością tych pierwiastków w porównaniu z kostrzewą uprawianą na glebie lekkiej nienawożonej popiołem.

Zawartość krytyczna pierwiastków przyjęta do oceny roślin pod względem przydatności paszowej nie powinna przekroczyć dla Cu – $25\text{--}50 \text{ mg}$, Zn – 100 mg , Ni – 50 mg , Fe – $150\text{--}400$, Co – $0,07\text{--}0,12 \text{ mg}$, Mn – $50\text{--}70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (Gorlach 1991, Kabata-Pendias i wsp. 1993). Wyceniając kostrzewę łąkową uprawianą na glebie nawożonej popiołem z dodatkiem Cu, stwierdzono, że spełnia ona wymogi pod względem zawartości miedzi, żelaza, manganu i kobaltu stawiane paszom dobrej jakości. Zawartość niklu w kostrzewie była niedostateczna. Oceniając zawartość cynku w badanej trawie uprawianej na glebie z dodatkiem popiołu i miedzi, stwierdzono, że nie może być wykorzystana do celów paszowych. Zawartość cynku w kostrzewie uprawianej na tych obiektach przekraczała ponad 6-krotnie ustalone wartości krytyczne. Optymalny stosunek Fe do Mn w roślinach łąkowych wynosi $1,5\text{--}2,5:1$ (Falkowski i wsp. 2000). Poniżej wartości $1,5$ tego stosunku występują objawy toksyczności manganu i niedoboru żelaza, natomiast, gdy stosunek Fe do Mn kształtuje się powyżej $2,5$, w roślinie występuje niedobór manganu i nadmiar żelaza. Przeprowadzone badania potwierdzają, że uzyskany stosunek Fe do Mn w kostrzewie łąkowej uprawianej w obiekcie kontrolnym nie przekraczał wartości optymalnej (wynosił $2,40$), natomiast pod wpływem nawożenia popiołem wartość tego stosunku uległa rozszerzeniu, co świadczy o nadmiarze Fe i niedoborze Mn. Stosunek Fe do Zn w kostrzewie, przy dawce miedzi $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, wyniósł $5,03$. Lubet i wsp. (1983) podają że stosunek Fe do Zn równy 24 stanowi wartość krytyczną. Pod tym względem kostrzewa spełniała oczekiwane wymogi.

Zastosowanie do gleby popiołu paleniskowego wpłynęło na wzrost pobrania Cu i Fe, natomiast obniżyło pobranie Zn, Ni, Co i Mn przez kostrzewę łąkową (tab. 3). Wprowadzenie do gleby, oprócz popiołu, również wzrastających dawek miedzi wpłynęło na wzrost pobrania tego pierwiastka przez kostrzewę łąkową. Najwyższe pobranie miedzi

stwierdzono przy dawce $50 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, gdyż było ponad 3-krotnie wyższe w porównaniu z pobraniem tego pierwiastka przez badaną trawę uprawianą w warunkach kontrolnych. Dodatek do gleby popiołu i miedzi wpłynął także na wzrost pobrania Fe przez kostrzewę łąkową.

Tabela 3
Table 3

Pobranie mikroelementów przez kostrzewę łąkową
Uptake of microelement by meadow festuce

Obiekt* Object	Nazwa Name	Dawka Cu Doses Cu	Cu	Zn	Ni	Fe	Mn	Co
			(mg · wazon ⁻¹ – mg · pot ⁻¹)					
I	Gleba Soil	–	0,156	27,206	0,052	2,708	1,128	0,0028
II		–	0,300	19,762	0,043	4,704	0,992	0,0020
III		30,0	0,491	20,192	0,049	5,361	1,045	0,0021
IV		50,0	0,638	18,019	0,045	4,356	0,884	0,0020
V		80,0	0,600	11,810	0,027	3,034	0,603	0,0012
VI		300,0	–	–	–	–	–	–
VII		350,0	–	–	–	–	–	–
VIII		400,0	–	–	–	–	–	–
IX	Popiół Ash	–	0,066	0,311	0,004	1,693	0,092	0,0003
NIR _(α=0,01) ; LSD _(α=0,01)			0,079	2,965	0,006	0,578	0,156	0,0006
V% ^{**}			63,29	56,84	49,67	38,10	49,05	49,51

* Obiekty; objaśnienia jak w rys. 1 – See Fig. 1 for explanation of symbols

** Współczynnik zmienności – Variability coefficient

DYSKUSJA

Odpady paleniskowe zawierają znaczne ilości makro- i mikrośladników oraz sprawiają, że mogą być przydatne w nawożeniu roślin uprawianych na glebach mało zasobnych w te składniki (Bogacz i wsp. 1995, Ciećko i wsp. 2007). Istniejące jednak w literaturze (Smółka-Danielowska 2007) kontrowersyjne sygnały co do toksyczności popiołów nasuwają potrzebę badań w tym zakresie. Zastosowany popiół do gleby w dawce $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ wpłynął na wzrost plonu kostrzewy łąkowej. Badania Kotera i wsp. (1982, 1984) potwierdzają, że popioły paleniskowe zastosowane do gleby w optymalnych dawkach wpływają na wzrost plonu roślin uprawnych, ponieważ poprawiają właściwości fizyczne i chemiczne gleby. Natomiast używane przez zespół Kotera (1984) wyższe dawki popiołu obniżały plonowanie roślin uprawnych. W badaniach własnych na obniżenie plonu kostrzewy łąkowej wpłynęła dawka $80 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ gleby, która oddziaływała toksycznie na plon. Wyższe dawki miedzi w glebie ($300\text{--}400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) uniemożliwiły skiełkowanie kostrzewy łąkowej, pomimo że zastosowano popiół paleniskowy.

Z literatury wynika, że stosowanie popiołów paleniskowych do gleby zanieczyszczonej chemicznie może wpłynąć na obniżenie pobierania składników przez rośliny (Antonkiewicz i Lośak 2007, Curyło i Jasiewicz 1998). Dlatego popioły mogą być wykorzystywane przez rolnictwo i leśnictwo oraz w rekultywacji terenów zdegradowanych, na których uprawia się rośliny. Rośliny pobierają z gleby mikroelementy na ogół proporcjonalnie do wzrostu stężenia tych składników, ale proces ten jest regulowany wieloma czynnikami, wśród których decydującymi są odczyn gleby oraz specyficzne jej właściwości fizykochemiczne, a także formy występowania pierwiastków (Grzyś 2004, Spiak 1996). Większość mikroelementów najlepiej przyswajalna dla roślin jest w środowisku kwaśnym, natomiast neutralizacja środowiska glebowego przyczynia się do ich unieruchamiania, poprzez wytrącanie w postaci soli nierozpuszczalnych (Gorlach i Gambus 1991).

Pierwiastki, w tym mikroelementy występujące w popiołach w większości są związane w słabo rozpuszczalnych połączeniach takich jak glinokrzemiany, a więc charakteryzują się słabą rozpuszczalnością (Caille i wsp. 2005, Baranowska-Morek 2003, Goswami i Mahanta 2007, Meller i wsp. 1999). Można więc sądzić, że ograniczenie pobierania badanych pierwiastków było efektem zmniejszenia przyswajalności przez obniżenie rozpuszczalności w wyniku odkwaszającego działania popiołu paleniskowego (Dechnik i Wiater 2002). Badania własne potwierdziły, że ograniczenie pobierania pierwiastków śladowych przez rośliny było efektem obniżenia rozpuszczalności metali w wyniku zastosowania popiołu o wysokim odczynie, $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} = 10,06$ (tab. 1). Ponadto w badaniach własnych stwierdzono, że zastosowanie wyłącznie popiołu paleniskowego ograniczyło pobieranie Zn, Ni, Co i Mn przez kostrzewę łąkową. Ponadto warto podkreślić, że uzyskany plon kostrzewy łąkowej, uprawianej na glebie lekkiej z dodatkiem popiołu i wzrastających dawek Cu, odpowiadał wymogom stawianym paszom dobrej jakości. Wyjątkiem była ponadnormatywna zawartość Zn w badanej roślinie.

WNIOSKI

1. Stosowanie popiołu paleniskowego w doświadczeniu wazonowym w ilości odpowiadającej $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotnie zwiększało plon kostrzewy łąkowej. Równoczesny dodatek miedzi stymulował wzrost plonowania, ale tylko wówczas, gdy stosowano ją w dawkach $30\text{--}50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. gleby.

2. Wyższe dawki miedzi, a także sam popiół paleniskowy obniżały plonowanie rośliny doświadczalnej.

3. Zastosowane wzrastające dawki miedzi do gleby nawożonej popiołem wpłynęły na wzrost zawartości Cu i Fe, a obniżenie Zn, Ni, Co i Mn w kostrzewie łąkowej.

4. Zawartość mikroelementów w kostrzewie łąkowej, uprawianej na glebie z dodatkiem popiołu i wzrastającymi dawkami miedzi, z wyjątkiem cynku, nie przekraczała wartości krytycznych stawianym paszom dobrej jakości.

PIŚMIENICTWO

- Antonkiewicz J., 2007a. Wpływ mieszanin popiołowo-osadowych i popiołowo-torfowych na plon mieszanki traw z koniczyną zwyczajną i zawartość wybranych pierwiastków w mieszanke. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 6, 3: 65–76.
- Antonkiewicz J., 2007b. Zawartość metali ciężkich w kostrzewie łąkowej uprawianej na glebie z dodatkiem popiołu i kadmu. *Ochr. Środ. i Zasob. Natur.*, 31: 302–310.
- Antonkiewicz J., Lośák T., 2007. The effect of hard coal ashes on the quality of maize yield. Part 2. Microelements. *Acta Univ. Agric. Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LV, 1, 5: 9–16.
- Baranowska-Morek A., 2003. Roślinne mechanizmy tolerancji na toksyczne działanie metali ciężkich. *Kosmos, Probl. Nauk Biol.*, 52, 2–3: 283–298.
- Bogacz A., Chodak T., Szerszeń L., 1995. Badania nad przydatnością popiołów lotnych z elektrowni Opole do zagospodarowania rolniczego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 418: 671–676.
- Caille N., Zhao F., Mcgrath S., 2005. Comparison of root absorption, translocation and tolerance of arsenic in the hyperaccumulator *Pteris vittata* and nonhyperaccumulator *Pteris tremula*. *New Phytol.*, 165: 755–761.
- Ciećko Z., Żołnowski A.C., Chelstowski A., 2007. Wpływ następczy popiołów z węgla kamiennego na skład chemiczny runi łąkowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 518: 23–33.
- Curyło T., Jasiewicz Cz., 1998. Wpływ różnych nawozów organiczno-mineralnych na pobieranie metali ciężkich przez warzywa. *Rocz. AR Pozn.*, 304, *Ogrod.*, 27: 39–49.
- Dechnik I., Wiater J., 2002. Kształtowanie wartości wskaźników zakwaszenia gleb nawożonych uciążliwymi odpadami organicznymi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 482: 121–127.
- Derkowski A., 2001. Różnorodne metody syntezy zeolitów z popiołów lotnych jako próba utylizacji odpadów paleniskowych. *Prz. Geol.*, 49(4): 337.
- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S., 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. *Wyd. AR Poznań*, 132.
- Gorlach E., 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 262, *Sesja Nauk. z. 34*: 13–22.
- Gorlach E., Gambuś F., 1991. Desorpcja i fitotoksyczność metali ciężkich zależnie od właściwości gleby. *Rocz. Gleb.*, 42, 207–214.
- Goswami R.K., Mahanta C., 2007. Leaching characteristic of residual lateritic soil stabilised with fly ash and lime for geotechnical applications. *Waste Management*, 27: 466–481.
- Grzyś E., 2004. Rola i znaczenie mikroelementów w żywieniu roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 502: 89–99.
- Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T., 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. *Ramowe wytyczne dla rolnictwa*. Puławy, P. (53), IUNG, 20.
- Katalog odpadów, 2001. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów. *Dz. U. RP*, Nr 112, poz. 1206.
- Koter M., Nowak G., Czapla J., 1982. Plonowanie kukurydzy i gryki oraz ich skład chemiczny na glebie odkwaszonej popiołami z węgla kamiennego. *Zesz. Nauk. ART-Olsztyn, Ser. Rolnictwo* 32: 191–199.
- Koter M., Nowak G., Czapla J., 1984. Wpływ popiołów z węgla kamiennego na fizykochemiczne właściwości gleby. *Rocz. Gleb.* 35, 1: 97–106.
- Lubet E., Soyer J.P., Juste Ch., 1983. Appreciation de l'alimentation en zinc du maïs par la détermination du rapport Fe:Zn dans les parties aériennes du végétal. *Agronomie*, 3, 1: 45–50.

- Meller E., Niedźwiecki E., Meller J., 1999. Właściwości popiołów ze spalania węgla kamiennego w elektrowni „Dolna Odra” zgromadzonych na składowisku przykładowym. Fol. Univ. Agric. Stetin., 201, Agricultura, 78: 167–178.
- Rozporządzenie, 2002. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz. U. RP, Nr 165, poz. 1359 z dnia 4 października 2002 r.
- Smolka-Danielowska D., 2007. REE w popiołach lotnych powstałych w procesie spalania węgla kamiennego w elektrowniach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Ochrona Środ. i Zasob. Natur., 32: 190–195.
- Spiak Z., 1996. Aktualny stan badań nad zagadnieniem nadmiaru metali ciężkich w glebach i roślinach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 434: 769–776.
- Systematyka gleb Polski. PTG, 1989. Roczn. Gleb., 40, 3/4: 1–150.

**THE EFFECT OF INCINERATION ASH AND GROWING DOSES
OF COPPER IN THE SOIL ON THE CONTENT AND UPTAKE
OF MICROELEMENTS BY MEADOW FESCUE
(*FESTUCA PRATENSIS* HUDS.)**

S u m m a r y

An effect of ashes on crops and microelement uptake by meadow fescue was examined with pot experiments. The experiments were carried out by using soil composed of loose sand and ash-slag mixture originated from hard coal combustion. The experiments were conducted in four replications in polyethylene pots filled with mineral soil and furnace ash. In the experiment the ash was applied at $23.33 \text{ g} \cdot \text{pot}^{-1}$ corresponding to $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and increasing copper doses. The experiment scheme included also a control containing a mineral soil and ash only. The meadow fescue vegetation period was fixed at 60 and 75 days. The element content in plant material after dry mineralization was determined by using the ICP-AES method. It was found that the furnace ash applied only copper to considerably reduced crop of meadow fescue.

Due to increasing cadmium doses mixed with ash an decreasing content of Zn, Ni, Ni, and increasing Cu, Fe content was observed. When estimating the content of microelement in fescue with reference to the IUNG-PIB values, it was found that it meets the good quality feed standards. As regards zinc contents it was found that the allowable abundance of those elements was exceeded.

KEY WORDS: meadow fescue, ash, content and uptake, Cu, Zn, Ni, Fe, Co, Mn

Tomasz Berbeka

**SYTUACJA DOCHODOWA GOSPODARSTW ROLNYCH
POŁOŻONYCH W REGIONIE SUDECKIM¹**
**INCOME SITUATION OF AGRICULTURAL FARMS LOCATED
IN SUDETY REGION**

Institut Nauk Ekonomicznych i Społecznych, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Institute of Economics and Social Sciences, Wrocław University of Environmental and
Life Sciences

W opracowaniu zaprezentowano część wyników badań przeprowadzonych w gospodarstwach rolnych zlokalizowanych w rejonie sudeckim. Jednostki te prowadziły produkcję zwierzęcą i roślinną. Celem badań było określenie poziomu wybranych podstawowych wyników produkcyjno-ekonomicznych, wielkości wsparcia finansowego wynikającego z funkcjonowania w ramach Wspólnej Polityki Rolnej i wpływu dopłat na poziom dochodu rolniczego. Do badań wybrano gospodarstwa przodujące w subregionie, o znaczącej skali produkcji, dostosowane w zakresie kierunku produkcji do warunków przyrodniczych, mające dobre perspektywy rozwoju. Przeprowadzone badania ankietowe potwierdziły powszechność korzystania przez rolników z instrumentów w ramach Wspólnej Polityki Rolnej. Główne źródła dochodów stanowiła działalność rolnicza, następnie praca zarobkowa poza rolnictwem, resztę zaś prowadzenie własnej działalności gospodarczej. Dopłaty bezpośrednie w istotny sposób wpływały na dochodowość w gospodarstwach rolnych, stanowiąc największy udział w jednostkach o roślinnym profilu produkcji i często przekraczając 50% udział w relacji do wartości produkcji sprzedanej. Udział wsparcia pozarynkowego dla gospodarstw w ramach WPR wyniósł średnio 40% i był zróżnicowany przede wszystkim w zależności od obszaru i profilu prowadzonej produkcji. Najpowszechniejszą formą wsparcia finansowego wykorzystywaną przez dolnośląskich rolników były dopłaty bezpośrednie, dopłaty w ramach programów rolno-środowiskowych oraz do obszarów o niekorzystnych warunkach gospodarowania. Produkcja zwierzęca wpływała na mniejsze uzależnienie dochodu rolniczego od subsydiowania w ramach WPR.

SŁOWA KLUCZOWE: gospodarstwo rolne, produkcja rolnicza, dochodowość, region sudecki

¹ Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu finansowanego przez MNiSW pt.: „Instytucje w procesie przemian strukturalnych i ekonomicznych na polskiej wsi i w rolnictwie w świetle wsparcia unijnego”, nr N N112 129036

WSTĘP

Kwestie dochodowości w gospodarstwach rolnych należą do najbardziej istotnych z punktu widzenia ich egzystencji oraz możliwości rozwojowych. Struktura obszarowa polskiego rolnictwa nie sprzyja jego restrukturyzacji przede wszystkim z uwagi na jeszcze niski poziom dochodów.

Polskie gospodarstwa rolne generują relatywnie niskie dochody. W 2006 r. zajmowały dalekie pozycje w rankingu krajów UE według kwoty dochodu w przeliczeniu na osobę pełnozatrudnioną (5,9 tys. euro), a także według wielkości ekonomicznej gospodarstwa i wartości produkcji na osobę pełnozatrudnioną. Ta sytuacja jest bezpośrednim odzwierciedleniem struktury obszarowej gospodarstw oraz charakteru produkcji. Istotny wpływ na to ma również zjawisko tzw. nożyc cenowych, które najsilniej odbija się w sektorze rolniczym nie tylko w Polsce – ale również w większości krajów Unii Europejskiej. Kalkulacje kosztów produkcji rolniczej przeprowadzone w Instytucie Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej w Warszawie potwierdzają ciągły ich wzrost w wieloletnim i jednoczesnym wzroście udziału dopłat w dochodzie rodzinnego gospodarstwa rolnego.

Dane publikowane przez Eurostat świadczą o braku rentowności produkcji w wielu krajach europejskich. Koszty uzyskania 1 euro produkcji w 2006 r. były w 12 krajach wyższe aniżeli sama produkcja, natomiast w 2001 r. taki stan odnotowano tylko w 4 krajach – Danii, Finlandii, Szwecji i Wielkiej Brytanii. W roku 2010 sytuacja dochodowa rolnictwa europejskiego zdecydowanie się polepszyła z uwagi na wysokie ceny zbytu produktów rolnych. W grupie 27 członków Wspólnoty Europejskiej udział dopłat do działalności operacyjnej w tworzeniu dochodu z rodzinnego gospodarstwa rolnego w 2006 r. przekroczył 100% w 11 krajach, natomiast w Polsce wyniósł 52,4%. Jest to niekorzystne zjawisko – szczególnie w kontekście możliwej liberalizacji rynku produktów rolniczych. Oznacza to również, że w 11 krajach dochody uzyskane przez rolników w 2006 r. w całości pochodziły z dopłat, natomiast w Słowacji otrzymane dopłaty nie były w stanie pokryć strat.

O ile ryzyko produkcyjne w rolnictwie wynika głównie z biologicznego charakteru produkcji, to ryzyko cenowe pochodzi z rynku i wiąże się przede wszystkim ze zmiennością cen produktów rolniczych i środków do ich produkcji. Zależność rolników europejskich od transferów w ramach Wspólnej Polityki Rolnej oznacza dodatkowe ryzyko dla przyszłych dochodów rolniczych szczególnie w warunkach kryzysu gospodarczego i związane jest z możliwymi reformami WPR. Ewentualne zmiany, wynikające m.in. z negocjacji w ramach Światowej Organizacji Handlu (WTO), mogą skutkować obniżeniem wsparcia cen i zwiększoną ekspozycją na zmienność cen światowych. Rozważane są też zmiany w dotychczasowym systemie wsparcia dochodów rolniczych poprzez płatności bezpośrednie. Wyższa modulacja czy nawet zmniejszenie płatności wpłynęłoby nie tylko na obniżenie poziomu dochodów w rolnictwie, ale również na wzrost ryzyka dochodowego (Majewski i Wąs 2009).

Rok 2008 okazał się niekorzystny dla producentów żywności. Negatywny wpływ spadku cen produkcji roślinnej został częściowo zrekompensovany wzrostem kwoty

dopłat bezpośrednich w efekcie wyższych stawek płatności uzupełniających (Zegar i wsp. 2009).

Jedną z miar możliwości uzyskiwania dochodów jest ich siła ekonomiczna wyrażona w ESU (European Size Unit – stanowiąca równowartość 1200 euro i wynikająca z sumy iloczynów nadwyżek bezpośrednich w gospodarstwie z poszczególnych działalności). Dolny Śląsk pod względem wielkości gospodarstw wyrażonych w ESU plasuje się w kraju na 8 pozycji i jest to wartość wyższa o około 1/5 aniżeli średnia dla kraju. Najslabsze ekonomicznie gospodarstwa reprezentują województwa: podkarpackie (16 pozycja), małopolskie i śląskie, najmocniejsze zaś: wielkopolskie (1 pozycja), kujawsko-pomorskie oraz zachodniopomorskie.

METODYKA BADAŃ

Analizą objęta została grupa 29 gospodarstw rolniczych funkcjonujących w regionie sudeckim². Jednostki produkcyjne wybrane zostały w sposób celowy. Kryterium celu stanowiły gospodarstwa przodujące w subregionie, o znaczącej skali produkcji, dostosowane w zakresie kierunku produkcji do warunków przyrodniczych, mające dobre perspektywy rozwoju. W ramach celu głównego określono podstawowe wyniki produkcyjno – ekonomiczne ze szczególnym uwzględnieniem wpływu wsparcia finansowego, realizowanego w gospodarstwach kanałami pozarynkowymi w ramach WPR. Dla utworzenia bazy danych wykorzystano formularz kwestionariusza wywiadu.

WYNIKI I OMÓWIENIE

W badanej próbie 29 gospodarstw sudeckich prowadzono typową produkcję rolniczą pozabawioną jakichkolwiek systemów integrowanych, ekologicznych oraz działów specjalnych produkcji rolniczej. Region sudecki z uwagi przede wszystkim na zróżnicowanie glebowo-klimatyczne, ekstensyfikację produkcji rolniczej, znaczący udział sektora publicznego przed rokiem 1990 oraz znaczny udział obszarów peryferyjnych predestynuje ten obszar do badań szczegółowych.

Największe jednostki produkcyjne stanowiły gospodarstwa o roślinnym profilu produkcji (średnio powyżej 123 ha UR), najmniejsze zaś z produkcją mieszaną (tab. 1). Udział gruntów ornych wynosił średnio 74,6% przy czym najniższa wartość przypadła na gospodarstwa z produkcją zwierzęcą (34,7%), gdzie odnotowano najwyższy odsetek trwałych użytków zielonych. Dzierżawa jako forma władania ziemią dominowała w jednostkach z przewagą produkcji roślinnej.

² Całkowita wielkość próby dla obszarów górskich w Polsce w ramach projektu badawczego wyniosła 150.

Tabela 1

Table 1

Charakterystyka czynnika ziemi w badanych gospodarstwach
 Characteristics of land factor in farms under investigation

Lp.	Gospodarstwa (profil produkcji) Farms (production profile)	Średnia pow. UR Average size of UAA	Odsetek GO Share of AL	Odsetek TUZ Share of meadows and pastures	Odsetek ziemi dzierzawionej Share of leased land
1.	Roślinne Plant	123,4	95,7	4,3	41,4
2.	Zwierzęce Animal	68,1	34,7	65,3	28,5
3.	Mieszane Mixed	59,5	71,7	28,3	10,8
4.	Średnio Average	87,0	74,6	23,4	29,1

Źródło: Obliczenia własne – Source: own calculations

Z punktu widzenia dochodowości oraz możliwości podjęcia dodatkowych źródeł zarobkowania duże znaczenie mają nakłady pracy wyrażone w jednostkach pełnozatrudnionych na 100 ha UR. W ostatecznym rozrachunku istotne są nakłady nieopłaconej pracy własnej rolnika jako jednego z podstawowych czynników produkcji. Zasoby pracy w badanych obiektach w przeliczeniu na jednostkę AUW/100 ha UR wyniosły średnio 4,6 – przy czym najwyższy wskaźnik zanotowano w gospodarstwach o produkcji mieszanej, najniższy natomiast w produkcji roślinnej. Zasoby siły roboczej w ostatnich 5 latach pozostały na tym samym poziomie w ponad 80% przypadków. Średni wiek kierownika gospodarstwa wyniósł 47 lat, przy jednoczesnym wykształceniu co najmniej średnim w niespełna 70% jednostek (tab. 2). Mniejsza wielkość gospodarstw oraz gorsze wyposażenie techniczne często powoduje, że wydajność pracy jest niższa, a sam proces produkcji wymaga większego nakładu pracy rolnika.

Na poziom kosztów w rolnictwie w istotnym stopniu wpływają środki trwałe. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w wyniku finansowym rolniczych jednostek produkcyjnych. Średnia wartość środków trwałych produkcyjnych w badanych gospodarstwach wyniosła 8,8 tys. zł/ha UR, przy czym najwyższą zanotowano w jednostkach z dominującą produkcją zwierzęcą (10,0 tys. zł), natomiast najniższą w gospodarstwach z produkcją mieszaną. Średnia wartość rynkowa ciągników wyniosła 201,6 tys. zł/gospodarstwo (tab. 3). W strukturze wartościowej środków trwałych dominowały budynki i budowle, następnie ciągniki oraz maszyny i urządzenia. Jedynie zadowalający poziom dochodu w jednostkach produkcyjnych pozwala na odtworzenie środków trwałych.

Do najistotniejszych źródeł finansowania inwestycji (środków trwałych) przez rolników zaliczyć można kapitał własny – gdyż korzyści z jego ulokowania przewyższają dochód możliwy do uzyskania przy zaangażowaniu kapitału obcego oraz ryzyka. Kredyty bankowe są najważniejszym źródłem finansowania zewnętrznego w rolnictwie (Klepacki 1997, Daniłowska 2007).

Tabela 2

Table 2

Charakterystyka czynnika pracy w badanych gospodarstwach
 Characteristics of labour factor in farms under investigation

Lp.	Gospodarstwa (profil produkcji) Farms (production profile)	Średnia liczba osób pełnozatrudnionych (JPP rodzinna siła robocza) Average number of FWU	Maks. liczba osób pełnozatrudnionych (JPP)/Max. number of FWU	Średnia JPP/100 ha UR	Maks. JPP/100 ha UR Max. FWU/100 ha of UAA	Średni wiek kierownika Average age of farm manager	Liczba kierowników z co najmniej średnim wykształceniem Number of farm managers with no less than secondary education
1.	Roślinne Plant	2,6	4,0	3,3	8,7	49	8,0
2.	Zwierzęce Animal	2,3	5,3	5,4	20,5	44	8,0
3.	Mieszane Mixed	2,8	3,4	5,5	8,7	46	4,0
4.	Średnio Average	2,5	5,3	4,6	20,5	47	20,0

Źródło: Obliczenia własne – Source: own calculations

Tabela 3

Table 3

Wybrane charakterystyki środków trwałych w badanych gospodarstwach
 Selected characteristics of fixed assets in farms under investigations

Lp.	Gospodarstwa (profil produkcji) Farms (production profile)	Wartość budynku mieszkalnego w zł Value of house in PLN	Wartość środków trwał. produkcyjnych w zł Value of fixed assets in PLN	Wartość środków trw. prod./ha UR Value of productive fixed assets per ha of UAA	Wartość środków trw. prod. zł/FWU Value of fixed assets in PLN/AWU	Średnia wartość budynków i budowli w zł Average value of buildings in PLN	Wartość ciągników w zł Value of tractors in PLN
1.	Roślinne Plant	284 455	1 069 743	8669	418 084	437 545	364 650
2.	Zwierzęce Animal	199 593	683 928	10 040	296 401	311 109	132 000
3.	Mieszane Mixed	1 152 900	435 680	7322	156 763	314 778	54 994
4.	Średnio Average	223 359	770 349	8854	306 105	359 953	201 659

Źródło: Obliczenia własne – Source: own calculations

Badane jednostki charakteryzowały się wyższymi wskaźnikami jednostek ESU i okazały się silniejsze ekonomicznie od przeciętnego gospodarstwa indywidualnego na Dolnym Śląsku. Wynikało to przede wszystkim z obszaru i charakteru prowadzonej produkcji. Analiza zgromadzonych danych potwierdziła przewagę wartości sprzedaży produkcji roślinnej nad zwierzęcą w subregionach wyżynnym i podgórskim. Największy udział sprzedaży mleka w produkcji zwierzęcej przypadł na gospodarstwa górskie. Sytuacja ta dotyczyła również sprzedaży mięsa (tab. 4).

Tabela 4

Table 4

Wartość produkcji sprzedanej średnio w zł na 1 ha UR w gospodarstwach w subregionach
Value of sold production in PLN/1 ha of UAA in farms due to subregions

Lp.	Subregion	Sprzedaż produkcji roślinnej Plant production sales	Sprzedaż produkcji zwierzęcej Animal production sales	Sprzedaż mleka Milk sales	Sprzedaż mięsa Meat sales	Sprzedaż produkcji rolniczej razem Total agricultural production sales
1.	Wyżynny Upland	1676,8	364,3	110,2	254,1	2041,1
2.	Podgórski Submountain	1336,6	744,9	495,1	249,9	2081,5
3.	Górski Mountain	666,0	2029,9	1621,3	408,6	2695,9
4.	Średnio Average	1346,8	806,2	533,6	272,6	2153,0

Źródło: Obliczenia własne – Source: own calculations

Z danych zawartych w tabeli 5 wynika, że większość badanych gospodarstw znalazłoby się w przedziale wielkości 16–40 ESU. Świadczy to o tym, że gospodarstwa te według rozpatrywanej klasyfikacji są silne ekonomicznie, a stanowią w Polsce jednocześnie niewielki odsetek pod względem ich liczby. Pomimo różnic w wielkościach obszaru jednostek dochód rolniczy netto plasuje się średnio na zbliżonym poziomie. Najwyższy dochód rolniczy brutto uzyskały gospodarstwa roślinne. Dopłaty do produkcji przemawiały na niekorzyść profilu zwierzęcego.

W tabeli 6 zaprezentowano wybrane kategorie sprzedaży na rynek w przeliczeniu na 1 ha UR oraz udział wszystkich dopłat w ramach WPR i dopłat bezpośrednich w produkcji rolniczej sprzedanej. Z zestawienia wynika, że najwyższa produkcja sprzedana na rynek przypadła na gospodarstwa górskie (niespełna 2,7 tys. zł). Udział dopłat należnych gospodarstwom w sprzedaży produkcji rolniczej okazał się najwyższy w subregionie wyżynnym.

Tabela 5

Tabela 5

Wybrane kategorie dochodowe w zł/gospodarstwo
Selected incomes categories in PLN/farm

Lp. No.	Gospodarstwa (profil produkcji) Farms (production profile)	Dopłaty do produkcji Production payments	Dochód rolniczy brutto z dopłatami Farm gross income with payments	Dochód rolniczy netto Farm nett income
1.	Roślinne Plant	121 057,3	141 263,5	116 191,9
2.	Zwierzęce Animal	53 310,0	134 650,9	119 441,8
3.	Mieszane Mixed	48 737,3	113 131,6	106 279,3
4.	Średnio Average	77 903,5	131 964,8	115 031,9

Źródło: Obliczenia własne – Source: own calculations

Tabela 6

Table 6

Wartość produkcji średnio na 1 ha UR oraz udział dopłat w produkcji rolniczej
w badanych gospodarstwach
Average production value per 1 ha of UAA and share of payments in farms under investigation

Lp. No.	Wyszczególnienie Specification	Sprzedż prod. zwierzęcej w zł/ha UR/ Animal production sales PLN/1 ha UAA	Sprzedż prod. rolniczej razem w zł/1 ha UR–Agricultural production sales in PLN/1 ha UAA	Udział dopłat bezpośrednich (%) Share of direct payments	Udział dopłat Razem (%) Share of total payments
1	Wyżyny Upland	364,3	2041,1	39,2	63,3
2	Pogórski Submountain	744,9	2081,5	26,7	51,6
3	Górski Mountain	2029,9	2695,9	28,2	48,1
4	Średnio Average	806,2	2153,0	30,4	54,3

Źródło: Obliczenia własne – Source: own calculations

Dochody osiągane w rolnictwie są relatywnie niższe jako efekt jego deprecjacji przez mechanizmy rynkowe. W związku z powyższym, działalność rolnicza ze względów niezależnych jest mało konkurencyjna lub niekonkurencyjna i wymaga prowadzenia aktywnej polityki rolnej (Czyżewski 2008), w tym funkcjonowania dopłat.

Według Czarneckiego (2005) uzyskiwane w gospodarstwach dodatkowe źródła dochodów wpływają na strukturę funkcjonalną wsi – strukturę zatrudnienia oraz dwuzawodowość w rolnictwie i różnicowanie źródeł zatrudnienia. Główne źródło utrzymania w badanych jednostkach w 80% stanowiła działalność rolnicza, 13% praca zarobkowa poza rolnictwem, reszta zaś przypadła na prowadzenie własnej działalności gospodarczej. W subregionie górskim 100% dochodów pochodziło z działalności rolniczej.

Zdaniem Józwiaka [2009] rozwierające się nożyce cenowe wpływają na mniejsze przychody rolników, przy jednoczesnym wzroście wydatków za środki produkcji. Trzecim ważnym czynnikiem wymienianym przez autora są niekorzystne zmiany klimatu – w tym również na Dolnym Śląsku. W ich wyniku plony niektórych roślin w Polsce obniżyły się lub utrzymują się na niezmiennym od lat poziomie.

Tabela 7

Table 7

Źródła dochodów w badanych gospodarstwach
Source of incomes in farms under investigation

Lp.	Wyszczególnienie Specification	Główne źródło utrzymania rodziny (liczba gospodarstw) Main source of family income (number of farms)		
		Gospodarstwo rolne Agricultural farm	Praca zarobkowa poza gosp. Work outside of agriculture	Własna dzia- łalność gosp. Own enter- prise activity
1.	Wyżynny Upland	7	2	0
2.	Podgórski Submountain	9	2	2
3.	Górski Mountain	8	0	0
4.	Ogółem Total	24	4	2

Źródło: Obliczenia własne – Source: own calculations

W tabeli 7 nie ujęto 5 gospodarstw, gdyż z uwagi na zbliżone wartości liczbowe jednoznacznie nie rozstrzygnięto kryterium głównego źródła w dochodzie ogólnym.

Również badania prowadzone przez autora na Dolnym Śląsku w roku wejścia Polski do UE potwierdziły dywersyfikację dochodów w gospodarstwach rolnych – jednak na mniejszą skalę w regionie górskim (Berbeka 2005).

WNIOSKI

Sytuacja dochodowa w gospodarstwach rolnych oraz czynniki, które na nią wpływają należą do najistotniejszych z punktu widzenia dalszego funkcjonowania i modernizacji rolnictwa. Badania empiryczne zgromadzone na obszarze sudeckim w 29 jednostkach produkcyjnych umożliwiły sprecyzowanie następujących wniosków:

- 1) Badane gospodarstwa charakteryzowały się dużą skalą produkcji, kilkakrotnie wyższą aniżeli średnie wartości publikowane dla Dolnego Śląska.
- 2) W strukturze zasiewów dominowały zboża, odsetek gruntów ornych stanowił około $\frac{3}{4}$ powierzchni użytków rolnych. W produkcji zwierzęcej dominowało bydło mleczne.
- 3) Największe zasoby pracy zanotowano w jednostkach o mieszanym charakterze produkcji, najniższe zaś w gospodarstwach o profilu roślinnym.
- 4) Przeciętne wartości środków trwałych w relacji do uzyskiwanych dochodów pozwalały na realizację odtworzenia majątku.
- 5) Główne źródło utrzymania stanowiła działalność rolnicza, następnie praca zarobkowa poza rolnictwem, resztę zaś prowadzenie własnej działalności gospodarczej.
- 6) Dopłaty bezpośrednie w istotny sposób wpływały na dochodowość w gospodarstwach rolnych, stanowiąc największy udział w jednostkach o roślinnym profilu produkcji i często przekraczały 50% udział w relacji do wartości produkcji sprzedanej.
- 7) Udział wsparcia w ramach WPR ustalono na poziomie średnim około 40% i był zróżnicowany przede wszystkim z uwagi na obszar i profil prowadzonej produkcji.

Relatywnie mniejsze udziały dopłat w wybranych kategoriach dochodowych były wynikiem korzystniejszej relacji cen sprzedaży płodów rolnych w stosunku do cen nabywania środków do produkcji i usług rolniczych. Większy udział środków finansowych pochodzących ze wsparcia pozarynkowego może w przyszłości być również niekorzystny w odniesieniu do konkurencyjności europejskich i dolnośląskich gospodarstw rolnych.

Przeprowadzone badania ankietowe potwierdziły powszechność korzystania przez rolników z instrumentów w ramach Wspólnej Polityki Rolnej. Najpowszechniejszą formą wsparcia finansowego wykorzystywaną przez rolników na Dolnym Śląsku były dopłaty bezpośrednie, dopłaty w ramach programów rolno-środowiskowych oraz do obszarów o niekorzystnych warunkach gospodarowania. Zwiększający się udział dopłat w dochodzie świadczy o coraz niższej opłacalności produkcji. Jest to sytuacja szczególnie niekorzystna wobec zapowiedzi redukcji funduszy UE (I filar WPR) kierowanych bezpośrednio do rolników.

PIŚMIENNICTWO

- Berbeka T., 2005. Przemiany agrarne na terenie Dolnego Śląska w latach 1988–2002. Praca doktorska, Wrocław.
- Czarnecki A., 2005. Obszary wiejskie, urbanizacja wsi, rozwój wielofunkcyjny, rolnictwo wielofunkcyjne – przegląd, [w:] A. Rosner (red.) Uwarunkowania i kierunki przemian społeczno-gospodarczych na obszarach wiejskich, IRWiR PAN, Warszawa.
- Czyżewski A., 2008. Uniwersalia polityki rolnej w gospodarce rynkowej. Akademia Ekonomiczna, Poznań.
- Daniłowska A., 2007. Poziom, zróżnicowanie oraz uwarunkowania kosztów transakcyjnych kredytów i pożyczek rolniczych. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Józwiak W., 2009. Sytuacja dochodowa gospodarstw rolnych, [w:] Rzeczpospolita Wyd. 12.11.2009 „Kryzys wykańcza polskie rolnictwo”.
- Klepacki B., 1997. Produkcyjne i ekonomiczne przystosowania gospodarstw prywatnych do zmian warunków gospodarowania. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Majewski E., Waś A., 2009. Znaczenie płatności bezpośrednich jako czynnika stabilizującego dochód rolniczy na przykładzie wybranych typów gospodarstw ZN SGGW, Warszawa, 51, T. II, Warszawa 2009.
- Zegar J., Goraj L., Floriańczyk Z., 2009. Dochody rolników w roku 2008 na tle lat poprzednich, [w:] Analiza produkcyjno-ekonomiczna rolnictwa i gospodarki żywnościowej w 2008 roku (red. A. Kowalski). Warszawa: 82.

INCOME SITUATION OF AGRICULTURAL FARMS LOCATED IN SUDETY REGION

Summary

The partial results of investigations conducted in agricultural farms situated in Sudety region were presented in the study. These units led animal and vegetable production. The aim of the study was evaluation of selected production and economic basic selected results, scale of financial support resulting from functioning within Common Agricultural Policy and the impact of direct payments on the level of agricultural income. To the research was chosen leading farms farm in subregion, with significant scale of production, adapted in the range of production direction to natural conditions, having good perspectives of development. Conducted questionnaire investigations confirmed the generality of using by farmers from instruments within Common Agricultural Policy. The main source of incomes made up the agricultural activity than work outsider of agriculture, and the rest leadership of own economic activity. Direct payment in the essential way influenced profitability of agricultural farms constituted the highest share in units with plant production usually crossing 50% share in relation to sold production value. The share of support within the CAP placed on average 40% level and was differentiated first of all in dependence of area and profile of led production. The most popular financial support used by Lower-Silesians farmers were direct payments, agri-environmental programmes payments and LFA payments. rolno and to areas about the unfavourable conditions of husbanding. Animal production influenced for smaller dependence of agricultural income from subsidizing within CAP.

KEY WORDS: agricultural farm, agricultural production, profitability, Sudety region

Jarosław Grocholski¹, Zofia Spiak², Weronika Włodarczyk²

**THE EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZATION
ON ITS CONTENT AND UPTAKE IN WINTER WHEAT**

**WPLYW NAWOŻENIA POTASEM NA ZAWARTOŚĆ
I POBRANIE TEGO SKŁADNIKA PRZEZ PSZENICĘ OZIMĄ**

¹ PPHU Arenda Sp. z o.o. Charbielin 91

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

A study on an influence of varied potassium fertilization on the element content and uptake by winter wheat was carried out. The field experiment was conducted in years 2002–2006, on the medium and heavy clay. On both types of soil wheat and rape was cultivated in crop rotation. Additionally, in three different terms (pre-sowing in autumn (A), (B) top-dressing in autumn, (C) top-dressing in spring) potassium in quantity of 100 and 200 kg K · ha⁻¹ was used. The potassium content was determined annually in the grain and straw in the wheat full maturity stage. In a mineralized plant material potassium was determined quantitatively by atomic emission spectrometry. The uptake was calculated taking into account content of potassium and the yield of plants.

The higher dose of potassium had been applied, the higher yield of wheat was obtained. Moreover, the least efficient term of fertilization, influenced on the yield quantity, was the spring top-dressing fertilization, however, this factor had an affect on the potassium content in wheat grain and straw. What is more, this time of potassium usage determined the quantity of this component uptake from soil with the total yield.

KEY WORDS: potassium fertilization, dose, time of application, winter wheat, content, uptake

INTRODUCTION

Potassium is uptaken by all plant species in large quantities and it is difficult to identify those particularly sensitive to its deficiency in the soil. Evaluation of the macronutrient content is normally based on a sufficient supply of compartments in certain phases of plant development. In our conditions, the ranges were developed by (Bergmann 1986) and are used in most European countries. Although the first signs of potassium deficiency in plants are difficult to observe by visual methods, in a long term shortage of this element in the plant it can be observed chlorosis of lower leaves, covering the first peaks of leaf blades, followed by their edges. Thereafter are formed necrotic spots, and the further deepening of potassium deficiency leaves wither and die (Polara and Gundalia 2005, Seward et al. 1990).

Proper supply of plants in potassium is very important because of the yield creating role of this component, as well as the development of its quality. Formation of qualitative features of plant products by potassium depends on its involvement in specific metabolic processes in plants. In the greatest extent proper plant nutrition with potassium determines synthesis of proteins, carbohydrates and fats, which requires the concentration of K^+ ions in the cytoplasm. For the synthesis of protein concentration should form at the level of $100\text{--}150 \text{ mmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$, and less for carbohydrates synthesis. For this reason, the most important is a correct estimation of potassium fertilization needs for individual plant species and determination when and how to apply it into the soil.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted on the basis of field experiments that were carried in 2002–2006, where on the heavy clay in a four-year cycle were grown in rotation:

- winter wheat var. Pegassos
- winter rape var. Digger
- winter wheat var. Bogatka
- winter rape var. Viking,

and on average clay in three-year cycle were grown:

- winter wheat var. Finezja
- winter wheat var. Sława
- winter rape var. Cabriolet

The selection of wheat varieties for cultivation has been arrived at the basis of their soil and climate requirements. In the experimental design included two levels of potassium fertilization:

- level 1 – $120 \text{ kg K}_2\text{O} (100 \text{ kg K}) \cdot \text{ha}^{-1}$ – marked by **K- 1**
- level 2 – $240 \text{ kg K}_2\text{O} (200 \text{ kg K}) \cdot \text{ha}^{-1}$ –marked by **K- 2**

These levels compared with a control object (marked by **K- 0**), where the component of fertilizer was not applied.

Both potassium doses were used in three different terms.

A – before sowing in autumn

B – top-dressing in autumn

C – top-dressing in spring

In each growing season in full maturity (BBCH stage 90) sampled of wheat grain and straw. After drying and milling plant material was digested with concentrated sulfuric acid (VI). In the obtained solution determined the potassium content by atomic emission spectrometry in an air-acetylene flame, at a wavelength of 770 nm. On the basis of yields and potassium content the uptake of this nutrient with the total yield was calculated. The results were analyzed statistically using analysis of variance, and significance of differences assessed by Duncan's test at $\alpha = 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Data presented in Table 1 shows that grain yield of wheat grown on heavy clay has been significantly modified with the rising doses of potassium, because of increasing amounts of this macronutrient introduced into the soil. The fertilization time in this case did not decide about wheat grain yield, but it was found that it was harvested in the least quantity when the wheat was fertilized with potassium in the spring.

Table 1

Tabela 1

Winter wheat grain and straw yield ($t \cdot ha^{-1}$) (heavy clay)
Plon ziarna i słomy pszenicy ozimej ($t \cdot ha^{-1}$) (głina ciężka)

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Grain Ziarno				Straw Słoma			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn Jesień	A	9,88	10,02	10,14	10,01	8,01	8,58	8,68	8,42
	B	9,84	10,21	10,10	10,05	8,32	8,52	8,68	8,50
Spring Wiosna	C	9,78	9,92	10,00	9,90	8,00	8,43	8,55	8,33
\bar{X} doses			10,05	10,08	9,99	8,11	8,51	8,64	8,41
LSD _{0,05}						I – n. s. II n. s., I/II- n. s.			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsiwnie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

On the medium clay (Tab. 2), although with rising doses of potassium increased grain yield, the obtained differences were not statistically significant. In these growing conditions the time and system of tested component application significantly influenced on the grain yield of wheat, which, like on the heavy clay was lowest when the potassium had been applied in the spring. Regardless of soil conditions, none of the factors studied in this work modified the yield of wheat straw. However, as in the case of grain, the more straw was harvested the higher dose of potassium was used. Regardless of time of potassium introduction, straw yields were at a similar level. Data presented in Table 1 and 2 also indicate that higher yields of both grain and straw was obtained cultivating wheat on heavy clay.

Table 2
Tabela 2

Winter wheat grain and straw yield ($t \cdot ha^{-1}$) (medium clay)
Plon ziarna i słomy pszenicy ozimej ($t \cdot ha^{-1}$) (głina średnia)

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Grain Ziarno				Straw Słoma			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn Jesień	A	9,14	9,63	9,56	9,54	7,57	7,82	8,16	7,85
	B	8,50	9,00	9,14	8,88	7,49	7,57	8,29	7,78
Spring Wiosna	C	8,52	8,78	8,70	8,67	7,24	7,54	7,91	7,56
\bar{X} doses			9,14	9,13	9,00	7,43	7,64	8,12	7,73
LSD _{0,05}						I – n. s. II n. s., I/II- n. s.			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsiewnie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

These results correspond with observations made by Syers (2005) and Stepień et al. (2005), who demonstrate the beneficial effects of potassium on the yields not only cereals but also other plant species.

In Poland, the study of potassium fertilization efficiency of cereal on the example of few hundreds field experiments summarized Fotyma et al. (2001). Those authors showed that for low doses of potassium an increase of yield amount about 3 kg of grain per 1 kg K_2O , while at a dose of 100 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ applied in winter wheat, yield increase was obtained within 2 kg of grain per 1 kg K_2O . Similarly, in research Gosek and Fotyma (1991), rising potassium fertilization from 70 to 280 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ applied with permanent nitrogen and phosphorus fertilization caused significantly maize yields lift in the range

from 5 to 14% in relation to the control. Doses used by those researchers influenced positively on dry matter yields of this plant. Mercik and Stepień (2005) indicate, however, that in a long-term experiments, in the absence of potassium fertilization, reduction in yield of cereals (especially wheat) is observed.

The potassium content determined in wheat grain (Tab. 3) ranged from 3.95 to 4.56 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) and rose with the macronutrient amount added to the soil, although this increase was not statistically significant. On both soils it had been shown, however, that the formation of potassium content in the grain of this plant depended on the date and the method of fertilization. It was proved that the later K applied the higher content of the macronutrient was. Whereas, that differences in potassium content in wheat grain at different ways of fertilization in the autumn were small, but significantly increased in comparison to the spring term of fertilization.

Table 3
Tabela 3

Potassium content in a winter wheat grain ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Zawartość potasu w ziarnie pszenicy ozimej ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy Clay Gлина ciężka				Medium Clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn Jesień	A	4,09	4,36	4,33	4,26	4,00	4,15	4,30	4,15
	B	4,15	4,39	4,36	4,30	3,95	4,13	4,09	4,05
Spring Wiosna	C	4,31	4,54	4,56	4,47	4,18	4,33	4,44	4,31
\bar{X} doses			4,43	4,42	4,34	4,04	4,20	4,28	4,17
LSD _{0,05}						I – n. s., II 0.168., I/II- 0.291			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsiwianie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

In plant cells potassium is present in ionized form and as salt solutions of organic acids. Additionally, a small part is binding by adsorptional way in protoplasm and pectins of cell walls (Leigh 2001). The content of this component in plants (Bansai 1992), depends on the species, stage of development and organs, and may be different in the range from trace amounts up to several percent.

During the development of plants, the shoots and roots cones of growth and young leaves characterize the highest content of potassium. Uptake of potassium by the plants is from the first moments of their growth, until the end of development. During growth,

especially at the end of the vegetation takes place K moving from the older to the younger parts. This process was observed also in cereals, because as reported Bergmann (1986) potassium content in grain is decreasing. Confirmation of this information are own results, in which the grain of winter wheat grown on all the experimental objects (on both soils) contain more than three times less potassium than a straw. Also formation of the content of this element in the grain depend on the amount of potassium introduced into the soil, less than in the case of straw, which confirms the previous considerations that the accumulation of potassium is always higher in the vegetative parts than generative ones.

Researches of Gondek (2008) and Hassan and Mostafa (2000) indicate a similar content of this macronutrient in corn and wheat fertilized with high doses of potassium. These authors report that the concentration of potassium in the straw was at the level of $20 \text{ g K} \cdot \text{kg}^{-1}$, and in the grain ranged from 4 to $6 \text{ g K} \cdot \text{kg}^{-1}$.

The potassium content in wheat straw, neither on heavy nor on medium clay depended on any of the examined factors (Tab. 4). Although data indicate that with increasing doses of potassium, similarly as in the grain, in the straw concentration of this component increased, but the significance of differences has not been demonstrated. The use of potassium in different times on both soils did not diversify the content of this component in wheat straw, which in all objects was at a similar level. On heavy clay, wheat grain contained more potassium than on the medium clay, while for straw the situation was opposite.

Table 4

Tabela 4

Potassium content in a winter wheat straw ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Zawartość potasu w słomie pszenicy ozimej ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy clay Gлина ciężka				Medium clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn Jesień	A	11,43	13,36	13,15	12,65	14,66	16,80	16,66	16,04
	B	11,93	13,25	13,55	12,91	14,19	15,80	16,40	15,46
Spring Wiosna	C	12,34	14,24	14,69	13,75	13,41	15,45	16,99	15,28
\bar{X} doses			13,62	13,80	13,10	14,09	16,02	16,68	15,59
LSD _{0,05}						I – n. s., II n. s., I/II- n. s.			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsięwzięcie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

Studies indicate that in case of cereals, uptake of large quantities of the macronutrient with yields often do not affect on plants' growth. In experiments conducted at more than 200 arable lands of western Canada, rape seed yield rose with increasing potassium fertilization, although less than in case of cereal grains (Hadvani et al. 2007 and Heming 2008). This researches showed also that in most tests pre-sowing fertilization was more effective. Masaka and Chivandi (2006) indicate, however, that better yields were obtained when potassium fertilizer was placement and band localized during the plants vegetation. Based on these results, Canadians showed that in the case of high soils fertility in potassium, without any obstacles, this component can be used after emergence, which was confirmed in our study.

European researches of Pettigrew (2008) and Podolska (2007) showed that different species of cereals and oilseed rape which were yielding in the range 5.5 to 9.2 tons per hectare of dry matter, uptook the potassium in amounts from 113 to 230 kg K. This results were assumed on base of the average K content on the level of 25 g K · kg⁻¹ of dry weight at time of flowering stage.

Yield of winter wheat (grain and straw) accumulated an average of about 150 kg of potassium, when the plant was grown on heavy clay, and about 160 kg · ha⁻¹ on medium clay (Tab. 5). The straw of wheat uptook approximately twice more of the macronutrient in comparison to the grain. On medium clay the difference was even tripled.

Table 5
Tabela 5

Potassium uptake with the winter wheat yield (kg · ha⁻¹)
Pobranie potasu z plonem pszenicy ozimej (kg · ha⁻¹)

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy clay Gлина ciężka				Medium clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn Jesień	A	131,9	158,4	158,1	149,4	149,7	166,2	173,6	163,1
	B	140,0	157,8	161,7	153,2	142,0	151,9	169,5	154,5
Spring Wiosna	C	140,9	165,2	171,2	159,1	146,3	162,9	168,9	159,4
\bar{X} doses			160,4	163,6	153,9	146,0	160,3	170,6	159,0
LSD _{0,05}						I – 10.35 II n. s., I/II- 17.93			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsiewnie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

For both types of soils the potassium amount contributed to the soil determined the size of accumulation of this element by plants and was the higher, the more potassium fertilizer applied. The potassium uptake increase was more significant between control objects, and objects where macronutrient was used.

On the heavy clay wheat preferred the potassium when it had been applied in the spring after a sow of plants. In case of the medium clay, it can be only established that when potassium fertilizer was applied in autumn before a sow there was the trend of better use of this element compared with subsequent times. Similar results were obtained in other regions, confirming that grains need a lot of potassium to their growth and development (Bijay et al. 2003, Brennan and Jayasena 2007). Wheat and other crops are uptaking higher quantities of potassium than nitrogen. According to Brye et al. (2007) and Damon and Rengel (2007) at different levels of yielding and in different climatic and soil conditions, uptake of potassium by the above-ground parts of plants ranges from about 40 kg · ha⁻¹ up to more than 200 kg · ha⁻¹. Hu ChengXiao and Wang YunHua (2000) report that in the conditions of the Far East, wheat yields > 10 ton · ha⁻¹ uptake from the soil about 160 to 242 kg K · ha⁻¹. In contrast to other researchers Kuhlmann (1990) found that wheat grown under conditions of water shortage has collected only 50 kg K · ha⁻¹, and in the optimum soil moisture up to 200 kg K · ha⁻¹. Generally, with 1 ton of grain and straw, cereals can uptake from 10–20 kg K, depending on the conditions under which they are grown. Based on information given above, the wheat provided with optimal conditions of growth and development can uptake from soil even more than 2 kg K · ha⁻¹ per day.

SUMMARY

1. Grain yield of wheat increased under the influence of potassium fertilization and was higher in comparison with the yield obtained from the control objects, but only on the heavy clay the differences were significant. Time and system of application significantly determined the yield of winter wheat. In each case crop was the lowest when potassium was used topdressing in the spring.

2. The potassium content in winter wheat has been modified only by the time of application. In plants fertilized with the macronutrient in spring, during the vegetation, potassium was accumulated in the largest quantity .

3. The amount of potassium uptaken with the final yield depended on the dose of this element. The more potassium was introduced into the soil the greater yield obtained in the experiment. Winter wheat has uptaken more potassium when it was fertilized topdressing in spring.

REFERENCES

- Bansal K.N., 1992. Potassium balance in multiple cropping systems in a Vertisol. *Journal of Potassium Res.*, 81: 52–58.
- Bergmann W., 1986. *Bemerkungen und Tabellen zur analytischen pflanzenanalyse der pflanzen oder blattanalyse*, VEB Fischer Verlag, Jena.
- Bijay S., Yadvinder S., Imas P., Xie JianChang, 2003. Potassium nutrition of the rice-wheat cropping system. *Advances in Agronomy*, 81: 203–259.
- Brennan R., Jayasena K., 2007. Increasing applications of potassium fertilizer to barley crops grown on deficient sandy soils increased grain yields while decreasing some foliar diseases. *Australian Journal of Agricultural Research*, 7: 264–272.
- Brye K., Longer D., Cordell M., Gbur E., Pirani A., 2007. Wheat response to nitrogen under low phosphorus and potassium fertility in a wheat-soybean production system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 3–4: 281–292.
- Damon P.M., Rengel Z., 2007. Wheat genotypes differ in potassium efficiency under glasshouse and field condition. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58, 8: 816–825.
- Fotyma M., Igras J., Jadczyzyn T., 2001. Porównanie glebowych testów oznaczania przyswajalnych form potasu i magnezu w wybranych krajach europejskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 480: 385–394.
- Gondek K., 2008. Potassium content in maize and soil fertilized with organic materials. *Journal of Elementology*, 4: 36–48.
- Gosek S., Fotyma M., 1991. Działanie następcze nawozów potasowych, *Prace IUNG Puławy*, Zeszyt 73.
- Hadvani G.J., Gundalia J.D., Talavia B.P., 2007. Response critical limits of potassium for wheat grown in medium black calcareous soils of Canada. *Advances in Plant Sciences*, 20, 2: 477–481.
- Hassan M.A., Mostafa M.M., 2000. Nutrition of wheat plant irrigated with saline water as affected by potassium addition and watering regimes. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor.*, 38, 1: 617–632.
- Heming S. D., 2004. Potassium balances for arable soils in southern England 1986–1999. *Soil Use and Management*, 20: 410–417.
- Hu ChengXiao, Wang YunHua, 2000. Variation of potassium uptake, distribution and nutrition efficiency in different wheat varieties. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 19, 3: 233–239.
- Kuhlmann H., 1990. Importance of the subsoil for the K nutrition of crops. *Plant & Soil*, 127, 129–136.
- Leigh R.A., 2001. Potassium homeostasis and membrane transport. *Journal Plant Nutrition*, 164: 193–198.
- Masaka J., Chivandi E., 2006. The effect of N fertilizer placement and timing on soil profile dynamics of available phosphorus and exchangeable potassium at different growth stages of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. spectrum) on leached chernozem. *International Journal of Agricultural Research*, 1, 4: 355–363.
- Mercik S., Stepień W., 2005. The most important soil properties and yields of plants in 80 years of static fertilizing experiments in Skierniewice. *Fragm. Agron.*, 1: 189–201.
- Pettigrew W., 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum*, 133: 670–681.

- Podolska G., 2007. Pszenica o wysokiej wartości technologicznej. *Agrotechnika*, 9(540) [549]: 2–4.
- Polara J. V., Gundalia J. D., 2005. DRIS approach for nitrogen, phosphorus and potassium diagnostic norms for wheat. *Advances in Plant Sciences*, 18, 1: 239–247.
- Seward P., Barraclough P. B., Gregory P. J., 1990. Modelling potassium uptake by wheat (*Triticum aestivum*) crops. *Plant & Soil*, 124: 303–307.
- Stępień W., Mercik S., Sosulski T., 2005. Wpływ formy nawozu potasowego i sposobu nawożenia na plon i jakość roślin. *Nawozy i Nawożenie*, 3: 401–408.
- Syers J.K., 2005. Soil and plant potassium in agriculture – a review. *Nawozy i Nawożenie*, 3: 9–36.

WPLYW NAWOŻENIA POTASEM NA ZAWARTOŚĆ I POBRANIE TEGO SKŁADNIKA PRZEZ PSZENICĘ OZIMĄ

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu zróżnicowanego nawożenia potasem na kształtowanie się zawartości oraz wielkość pobrania tego składnika przez pszenicę ozimą. Badania realizowano w latach 2002–2006, opierając się na doświadczeniach polowych prowadzonych na glinie średniej i ciężkiej. Na obu glebach uprawiano pszenicę w zmieszaniu z rzepakiem: nawożono potasem w ilości 100 i 200 kg K · ha⁻¹, stosując ten składnik w trzech różnych terminach: jesienią – przedsiewnie (A), jesienią – pogłównie (B), wiosną – pogłównie (C). Zawartość potasu oznaczano corocznie w ziarnie i słomie pszenicy w fazie dojrzałości pełnej. Materiał roślinny mineralizowano na mokro, a potas ilościowo oznaczono metodą emisyjnej spektrometrii atomowej. Pobranie wyliczono, uwzględniając określoną zawartość potasu i uzyskany plon.

W badaniach wykazano, że plon pszenicy był tym wyższy, im wyższe dawki potasu stosowano, natomiast najmniej efektywnie na jej planowanie oddziaływało używanie tego składnika wiosną. Wiosenne stosowanie potasu decydowało natomiast w największym stopniu o gromadzeniu się potasu w ziarnie i słomie pszenicy oraz o ilości tego składnika wyniesionego z gleby wraz z plonem całkowitym.

SŁOWA KLUCZOWE: nawożenie potasem, dawka, termin, pszenica, zawartość, pobranie

Jarosław Grocholski¹, Zofia Spiak², Weronika Włodarczyk²

**THE EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZATION
IN PLANT ROTATION ON ITS VARIOUS FORMS CONTENT
IN SOIL**

**WPLYW NAWOŻENIA POTASEM W ZMIANOWANIU
NA ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FORM TEGO SKŁADNIKA
W GLEBIE**

¹ PPHU Arenda Sp. z o.o. Charbielin 91

² Department of Plant Protection, Wrocław University of Environmental and Life Sciences
Katedra Żywnienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

The paper presents results of research on the impact of varied potassium fertilization on the content of this nutrient different forms in the soil. The field experiment was conducted in years 2002–2006, on the medium and heavy clay. On both types of soil wheat and rape was cultivated in crop rotation. Additionally, in three different terms (pre-sowing in autumn (A), (B) top-dressing in autumn, (C) top-dressing in spring) potassium in quantity of 100 and 200 kg K · ha⁻¹ had been used. After harvesting last plants from experimental fields sampled soils from layers 0–30 and 30–60 cm and determined in them: available K by Egner-Riehm (DL) method, exchangeable K extracted from soil in 1 mol · dm⁻³ Ammonium Acetate solution, reserve pool of K with Reitemeier. On the basis of the results identified changes in the content of particular potassium forms before and after the experiment. The research proved depletion of available forms of potassium over time, irrespective of the date of application. Higher topdressing potassium doses increased the exchangeable potassium content in the top layer of soil. Over time, decreased the reserve potassium form content in the soil arable layer, regardless of its amount entered with fertilizers. There were no significant content changes of potassium studied forms in the deeper soil layer.

KEY WORDS: potassium fertilization, dose, time of application, potassium forms, content in soil

Do cytowania – For citation: Grocholski J., Spiak Z., Włodarczyk W., 2011. The effect of potassium fertilization in plant rotation on its various forms content in soil. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 37–48.

INTRODUCTION

Potassium is included to macronutrients which are essential for all organisms' life. This element fulfill varied physiological functions which means that large quantities of its are uptaken most often in an active way from a soil solution but also passively where its high concentration is. The main source of potassium in soil is a parent rock (Skarpa and Hlusek 2003, Sychalski et al. 2007), notably fewer K is being supplied with organic fertilisers (Gosling and Shepperd 2005) and mineral fertilizers (Schmidt 2001). The minor amounts of potassium are provided in ground water, sometimes a trace number of this macronutrient is supplied into soil from atmosphere with industrial emissions. Under different physical and chemical factors potassium undergoes changes in soil, during which a variety forms of it emerge. Arisen forms are in the dynamic equilibrium and have various degrees of availability. Generally because of this availability potassium forms are divided into:

- easily available forms, like soluble K which is the most important source of this macronutrient for plants. This type is changing dynamically during the growing season. The largest quantities of soluble K are in Spring, and decreasing gradually with the progress of vegetation (Fotyma et al. 2001, Fuleky 2005). Exchangeable potassium is bound by electrostatic forces of soil molecules, and relative to physical conditions of environment, this form is releasing to soil solution (Murawska and Sychaj-Fabisiak 2005). The release is particularly rapid during the growing season of plants, especially in the stages of their biggest needs for this component.
- potassium poorly accessible and inaccessible to plants which is included in interpackage spaces of basic clay minerals, where potassium ions are bound so tightly that they become unavailable to plants, and the release process is very slow (Kobierski and Dąbkowska-Naskręt 2005). Additionally, the potassium contained in the origin minerals is put in this category. This type is quantitatively the most, but it is unavailable for plants during one cycle of vegetation. The release of potassium from these forms is very slow, and on the rate of released K influence many environmental factors (Kuhlman 1990, Mercik and Stepień 1993).

The content of each and every fraction of potassium is bound by volume fluctuations in the soil both during one growing season, as well as in the long term. It depends on the pH of soil and its moisture, applied agricultural practices, including crop rotation, residue management, and management of mineral and organic fertilization. Circulation of potassium in the soil, due to the fact that K occurs almost entirely in the mineral form in a wide range of compounds, is a non complicated process but a very specific one.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted on the basis of field experiments that were carried in 2002–2006, where on the heavy clay in a four-year cycle were grown in rotation:

- winter wheat var. Pegassos

- winter rape var. Digger
- winter wheat var. Bogatka
- winter rape var. Viking,

and on medium clay in three-year cycle were grown:

- winter wheat var. Finezja
- winter wheat var. Sława
- winter rape var. Cabriolet

The selection of wheat varieties for cultivation has been arrived at the basis of their soil and climate requirements. In the experimental design included two levels of potassium fertilization:

- level 1 – 120 kg K₂O (100 kg K) · ha⁻¹ – marked by **K- 1**
- level 2 – 240 kg K₂O (200 kg K) · ha⁻¹ –marked by **K- 2**

These levels compared with a control object (marked by **K- 0**), where the component of fertilizer was not applied.

Both potassium doses were used in three different times.

- A – pre-sowing in autumn
- B – top-dressing in autumn
- C – top-dressing in spring

The experimental fields were divided into three blocks (each consisted of 12 objects), and within blocks raffled items at the appropriate level of fertilization **K-0**, **K-1** and **K-2** in four replications.

Every year before sowing the plant in the main crop 12 objects had been determined, each was 18 meters wide. On this fields fertilizers were applied, according to scheme which retained during all the years of research on both soils.

Before each of the experiments, from the areas where they were located sampled soil to determine the pH and the fertility of available for plants forms of phosphorus, potassium and magnesium . The content of exchangeable and reserve pool of potassium as well as available forms of essential micronutrients had been also examined.

After harvesting last plants from experimental fields sampled soils from layers 0–30 and 30–60 cm. Soil samples were dried, and then sieved through a mesh of 2 mm in diameter and determined: available K by Egner-Riehm (DL) method after extraction in buffered solution of Calcium Lactate, exchangeable K extracted from soil in 1 M Ammonium Acetate, reserve pool of K with Reitemeier method and hot solution of 1 mol · dm⁻³ HNO₃. The contents of all forms of potassium quantitatively determined by flame photometry maintaining the same parameters (air-acetylene flame, wavelength 770nm).

On the basis of the results identified changes in the content of particular potassium forms before and after the experiment, and the differences demonstrated in tables. The results were analyzed statistically using analysis of variance, and significance of differences was assessed by Duncan's test at $\alpha = 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

After a four and three-year cycle of research, the mean in both experiments in the arable layer showed slight differences in the content of potassium available for plants in relation to the quantity of this element determined before the beginning of researches (Tab. 1). Notably greater differences were found as a result of experimental factors and on all objects in the layer 0–30 cm, without potassium fertilization. The content of available form of this macronutrient was lower on average $22.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ on heavy clay, and $12.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ on the clay medium which evidence about the depletion of this component in this layer of soil. On the objects where $120 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ have been applied to, the level of K fertility fluctuated around the initial content which was determined before the foundation of experience, whereas demonstrated differences showed a slight positive balance (respectively $0.57 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ on heavy clay, and $2.2 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ on the medium clay). In combinations where the dose of potassium was dabbled ($240 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) it has been demonstrated that the content of tested form increased. The results differed from the state before the experiment and after its completion, the differences were from $19.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ on the heavy clay to $9.39 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ on medium clay. However, only in the heavy clay nature of these differences was statistically significant. Similar results were obtained by Fotyma et al. (1984) and Kiepuł (2001), who in duration of five years field experiments conducted at 20 points in the country, with annual use of low doses of potassium ($80 \text{ Kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) found no increase in this component soil fertility. At the middle dose ($160 \text{ Kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) increase of soil fertility in available potassium determined by Egner–Riehm method was discernible but slight. Finally under the influence of annual doses of $240 \text{ Kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ there has been rapid and significant increase in content of available potassium in soil.

The date of potassium fertilizer applying decided also about the contents of this element form determined in the soil after the experiment. On heavy clay spring fertilizing term favored of K greater accumulation. When potassium fertilizer had been used during the vegetation, higher amounts of this nutrient were accumulated in the soil. Similar results were obtained for the medium clay, but in this case early spring usage, just before moving the vegetation, had been more beneficial. For both types of soils the demonstrated differences were not statistically proven.

In the deeper layer (30–60) cm, in the experiment have been demonstrated a positive balance of this form of potassium average almost $40 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ on heavy clay and more than $20 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ on medium clay. Potassium was labeled, on this depth, an average of more than $20 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ in heavy clay and on medium clay on average amounted over $15 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$, on objects where this macronutrient were not used. In any case, regardless of the date of application of the potassium salt, this content increased with increasing dose but statistically proven differences were shown only on heavy clay, which indicates the movement of this form of potassium from the top part of the soil (Tab. 2). Similar conclusions had been reached by other authors (Lal et al. 2007), and (Bartoszewicz 2001), who in the arable layer of heavy soil found no significant differences in potassium content depending on the doses of potassium fertilizers, and showed such differences in the deeper layer of soil.

Table 1

Tabela 1

Differences in the content of available potassium in soil ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$) – layer 0–30 cm
 Różnice zawartości potasu przyswajalnego w glebie ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$) – warstwa 0–30 cm

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy clay Gлина ciężka				Medium clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn Jesień	A	-13.5	-3.53	2.08	-4.99	-13.4	0.75	9.23	-1.14
	B	-18.8	3.07	2.45	-4.43	-7.97	1.47	8.28	0.59
Spring Wiosna	C	-35.6	2.18	52.6	6.38	-15.3	4.38	10.7	-0.08
\bar{X} doses		-22.6	0.57	19.0	-1.01	-12.2	2.20	9.39	-0.21
LSD _{0.05}		I –27.47, II n. s., I/II 47.57				I – n. s., II n. s., I/II n. s.			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsięwzięcie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

Table 2

Tabela 2

Differences in the content of available potassium in soil ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$) – layer 30–60 cm
 Różnice w zawartości potasu przyswajalnego w glebie ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$) – warstwa 30–60 cm

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy clay Gлина ciężka				Medium clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn	A	11.2	29.2	48.1	29.5	5.02	14.7	23.4	14.4
	B	42.1	62.7	63.9	56.3	18.1	26.7	21.4	22.1
Spring	C	12.1	12.6	74.9	33.2	25.8	31.5	33.3	30.2
\bar{X} doses		21.8	34.8	62.3	39.6	16.3	24.3	26.0	22.2
LSD _{0.05}		I –28.10, II n. s., I/II 48.68				I – n. s., II 11.45, I/II 19.83			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsięwzięcie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

Time of potassium application also determined the size of the reported differences. In this case it had been proved that spring application of potassium was more favorable just as in the surface layer. On these objects much more of this element form was determined than when it was introduced into the soil in autumn. However, on heavy clay top-dressing autumn fertilization was more effective, whereas on the average clay more efficiently was spring fertilization. Moreover, only on medium clay the time of soil fertilizing significantly differentiated available potassium content at a depth of 30–60 cm and the delaying of application time was confirmed by statistical analysis.

Bansal (1992), and Bishop and Lark (2007) write about the effect of potassium accumulation on the date of its insoil application. They suggest that the later before the grow of crops K is used, the more of the macronutrient available form is accessible for plants.

Data presented in Table 3 indicate that on average, in the experiment on the surface layer of heavy clay, after a four-year test cycle the content of exchangeable potassium remained at a level similar to that found at the beginning of researches, while in the medium clay regardless of experimental factors the growth of this potassium form was close to 70 mg K · kg⁻¹. Analyzing the impact of experimental factors it should be noted that only after application of 240 kg K₂O · ha⁻¹ an increase in potassium content in the surface layer of heavy clay had been obtained. Whereas in both cases, where potassium was not applied, and when it was introduced into the soil in smaller quantities, after four years of research K content was less than before the foundation of experiment. Under these conditions the most effective time of potassium application was the period of spring, after the start of plants vegetation.

Table 3

Tabela 3

Differences in the content of exchangeable potassium in soil (mg K · kg⁻¹) – layer 0–30 cm

Różnice w zawartości potasu wymiennego (mg K · kg⁻¹) – warstwa 0–30 cm

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy clay Gлина ciężka				Medium clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} system and time of fertilization sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} system and time of fertilization sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn Jesień	A	7,50	-16,3	-1,70	-3,50	72,2	83,8	50,0	68,7
	B	-22,3	9,60	-2,53	-5,08	51,1	80,8	163	98,2
Spring Wiosna	C	-11,4	-11,0	52,5	10,0	96,2	6,40	0,73	34,4
\bar{X} doses		-8,72	-5,90	16,1	0,49	73,1	57,0	71,2	67,1
LSD _{0,05}		I – n. s., II n. s., I/II 48,57				I – n. s., II 58.03., I/II 100.5			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsiewnie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

In reference to the information given by Dobermann et al. (1996), Fotyma et al. (2006) and Murawska and Szychaj-Fabisiak (2005) the use of potassium fertilizers affect on its withhold in exchangeable complex, and in case of shortage of ions in soil solution, exchangeable potassium supplements their quantity. As is proven the sorption of potassium cations in soils occurs immediately after the introduction of fertilizers. Therefore, the use of potassium changes concentration of this component in the exchangeable complex, influencing simultaneously on its cationic cast. On the medium clay, although there was no impact of a amount of potassium introduced into the soil on the content of the exchangeable form, in any case after the researches there was more of this macronutrient. Similar to the content of K in heavy clay the highest amounts of exchangeable K was found in soil fertilized in the spring but before moving the vegetation.

In the deeper layer (30–60 cm) (Tab. 4), exchangeable potassium increase was observed in all experimental objects for both heavy and medium clay. But only in the first case the more K content the greater dose of this component was used. Apart from the surface layer, on both soils, the best time to use potassium was autumn, but only after the start of plants vegetation. Despite the reported differences in the result of experimental factors, the fertilizers application time on the medium clay was a statistically proven effect.

Table 4
Tabela 4

Differences in the content of exchangeable potassium in soil ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$) – layer 30–60 cm
Różnice w zawartości potasu wymiennego ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$) – warstwa 30–60 cm

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy clay Gлина ciężka				Medium clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn	A	3.13	22.2	36.7	20.7	58.4	92.6	53.7	68.2
Jesień	B	42.7	59.1	50.3	50.7	60.0	94.7	174	110
Spring	C	29.0	8.83	71.0	36.3	102	21.6	-2.68	40.2
\bar{X} doses		25.0	30.0	52.7	35.9	73.3	69.7	75.0	72.7
LSD _{0,05}		I – n. s., II n. s., I/II 50.55				I – n. s., II 60.26, I/II 104.3			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsięwzięcie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

Our study conducted on soils with high exchangeable capacity partially confirmed results presented by Polish and foreign scientists because the increase in exchangeable potassium content in the surface layer of these soils was visible after application of 240 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$. In the deeper soil layer, as the data of Barszczewski et al. (2001), Bleharczyk and Piechota (2001) indicate, each of the potassium doses increased the exchangeable potassium content.

On heavy clay in the surface layer, moderately in the experiment and at each of the experimental objects proved a negative balance of potassium reserved pool after the four-year cycle of study (Tab. 5). This was most evident at sites where no potassium was used, and where it was introduced into the soil in autumn, after germination of plants. In the deeper layer of the soil (Tab. 6) an increase of reserved potassium, determined in 1 M HNO_3 solution, had been demonstrated, but in the highest quantity there, where the component was used topdressing in autumn. None of the tested factors differentiated significantly this form of potassium in the deeper layer of heavy clay.

Table 5

Tabela 5

Differences in the content of reserve pool of potassium in soil ($mg K \cdot kg^{-1}$) – layer 0–30 cm
Różnice w zawartości potasu zapasowego ($mg K \cdot kg^{-1}$)-warstwa 0-30 cm

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy clay Gлина ciężka				Medium clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn	A	-26.7	-6.25	-51.5	-28.1	-14.0	15.4	21.2	7.52
Jesień	B	-127	-24.9	-88.5	-80.0	-0.95	63.2	47.2	36.5
Spring	C	-88.3	-4.63	-3.70	-32.2	-27.5	8.87	13.9	-1.58
\bar{X} doses		-80.5	-11.9	-47.9	-46.8	-14.2	29.2	27.5	14.1
LSD _{0,05}		I -58.83., II n. s., I/II 101.9.				I - n. s., II n. s., I/II n. s.			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsiewnie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

Soil research has shown that the role of reserve potassium pool in plant production is one of main problems with this component. Terelak and Fotyma (1986) found that the management of the potassium with negative balance cause the K intake mainly from the reserve form of the macronutrient. Rabikowska et al. (1993) and Terelak (1979) showed on clay and sandy soil not fertilized with potassium that the mechanism of this transformation is not completely understood. Under normal conditions of fertilization, uptake of

potassium reserve pool is approximately 20% of the total plants uptake, while in the soil unfertilised with potassium over many years this intake may be as high as 80%. These results were confirmed in our study, because even though there was no significant difference in the contents of this form of the element (depending on experimental factors) the increase in the study period in both soil layers (Tab. 5 and 6) was the greater, the more potassium applied to. It was found that in each case the largest reserve of reserved potassium in both layers of the soil accumulated when it was used top-dressing in late autumn. The spring period implementation of this element to the soil led to a negative balance of this form of potassium as a result of several years' cultivation.

Table 6

Tabela 6

Differences in the content of reserve pool of potassium in soil ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$) – layer 30–60 cm
Różnice w zawartości potasu zapasowego ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$) – warstwa 30–60 cm

Fertilization time Termin wysiewu	System of fertilization Sposób wysiewu	Heavy clay Gлина ciężka				Medium clay Gлина średnia			
		Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu	Potassium doses Dawki potasu			\bar{X} System and time of fertilization Sposób i termin wysiewu
		K-0	K-1	K-2		K-0	K-1	K-2	
Autumn Jesień	A	62.8	38.1	92.7	64.5	-20.2	10.3	38.4	9.48
	B	176	146	101	141	-0.95	81.0	26.0	35.4
Spring Wiosna	C	101	92.0	110	101	-33.0	5.05	8.38	-0.65
\bar{X} doses		113	92.1	101	102	-18.1	32.1	24.3	12.8
LSD _{0.05}		I – n. s., II n. s., I/II n. s.				I – n. s., II n. s., I/II n. s.			

A – pre-sowing in autumn, B – top-dressing in autumn, C – top-dressing in spring

A – jesienią przedsiewnie, B – jesienią pogłównie, C – wiosną pogłównie

The reserved potassium content in heavy clay after completion of the experience in layer 0–30 cm was significantly lower than the content indicated before researches. The average differences in absolute values ranged from 80,5 to 47,9 $\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$. The greatest reduction in reserved potassium level was noted at sites where potassium fertilizer was not applied, slightly smaller in areas where under the dose K-1 or K-2. The reserved potassium content in the deeper soil layer after the experiment was higher than before its foundation, but neither dose nor the time of application affected significantly the content of this form of potassium in the soil.

On the medium clay, the control objects without potassium fertilization responded with decrease in reserved potassium content in layers 0–30 and 30–60 cm. On the objects on which the potassium fertilizers were used, its content in both layers of the soil after the experiment was higher than at the beginning of the study. Neither the dose nor period of potassium fertilization differentiate significantly the results.

SUMMARY

1. The research proved depletion of available forms of potassium in the top soil layer at every experimental objects. This process was moderated by the component fertilization. The higher dose of the macronutrient caused an increase of fertility in the available K form in comparison to the amount determined before the start of the study.

2. Potassium fertilization diversified also the content of exchangeable forms of this nutrient in the soil, but only to a depth of 30 cm, where it was the more the higher dose of it was used. Out of the three terms of potassium application, only a top-dressing fertilization increased the content of exchangeable potassium in soil.

3. During the experiment in individual years a decline in reserved potassium content in the soil arable layer was observed, regardless of the amount of this ingredient entering with fertilizers. This content, however, depended on the time of fertilization. The best in this regard proved to be the use of potassium in the spring.

REFERENCES

- Bansal K.N., 1992. Potassium balance in multiple cropping systems in a Vertisol. *Journ. of Potassium Res.* 81: 52–58.
- Barszczewski J., Burzyńska I., Kaliańska D., 2001. Dynamika potasu w mineralnej glebie łąkowej w zależności od zróżnicowanych form oraz dawek azotu, potasu i odczynu gleby. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 1: 137–145.
- Bartoszewicz A., 2001. Zawartość i stosunki ilościowe wymiennych i rozpuszczalnych w wodzie form Ca, Mg, K i Na w uprawnych glebach płowych. *Roczn. AR Poznań, Rol.*, 61 (335): 3–11.
- Bishop T.F.A., Lark R.M., 2007. A landscape-scale experiment on the changes in available potassium over a winter wheat cropping season. *Geoderma*, 141: 384–396.
- Blecharczyk A., Piechota T., 2001. Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość form potasu w profilu glebowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 480: 19–25.
- Dobermann A., Cassman K.G., Cruz P.S.C., 1996. Fertilizer inputs, nutrient balance and soil nutrient supplying power in intensive irrigated rice ecosystems. Part I. Potassium uptake and K balance. *Nutr. Cycl. Agroec.*, 46: 1–10.
- Fotyma M., Gosek S., Adamus M., Kozłowska H., 1984. Wpływ dużych dawek nawozów potasowych na plony roślin oraz na bilans i zawartość przyswajalnego potasu w glebie. *Prace IUNG Puławy*, z. 82.
- Fotyma M., Igras J., Jadczyzyn T., 2001. Porównanie glebowych testów oznaczania przyswajalnych form potasu i magnezu w wybranych krajach europejskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 480: 385–394.
- Fotyma M., Gosek S., Lipiński W., 2006. Zawartość i udział różnych form potasu w glebach Wyżyny Lubelskiej. *Nawozy i Nawożenie*, 1: 57–70.
- Fuleky G., 2005. Exhaustion of available soil potassium. *Nawozy i Nawożenie*, 3: 133–140.
- Gosling P., Shepperd M., 2005. Long-term changes in soil fertility in organic arable farming system in England with particular reference to phosphorus and potassium. *Agric. Ecosys. & Environ.*, 10: 425–432.

- Kiepuł J., 2001. Wpływ typu prowadzonych doświadczeń na pobranie potasu i magnezu przez rośliny oraz ich zawartość w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 480: 441–448.
- Kobierski M., Dąbkowska-Naskręt H., 2005. Potas w zróżnicowanych typologicznie glebach Równiny Inowrocławskiej. *Nawozy i Nawożenie*, 3: 172–181.
- Kuhlmann H., 1990. Importance of the subsoil for the K nutrition of crops. *Plant & Soil.*, 127, 129–136.
- Lal K., Swarup A., Singh K. M., 2007. Potassium balance and release kinetics of non-exchangeable K as influenced by long term fertilizer use in rice-wheat cropping system. *Agrochimica*, 51, 2/3: 95–104.
- Mercik S., Stepien W., 1993. Działanie potasu przy różnym odczynie i zasobności gleb w magnez w doświadczeniach statycznych. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 277, Sesja Naukowa, 37: 21–24.
- Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., 2005. Wpływ różnych systemów nawożenia na mobilność potasu w glebie i jego bilans. *Nawozy i Nawożenie*, 3: 189–205.
- Rabikowska B., Wilk K., Piszcz U., Kulczycki G., 1993. Wpływ 20-letniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego na właściwości gleby gliniastej. *Zesz. Nauk. AR Krak.*, 278 Sesja Naukowa, 37, cz. II.
- Schmidt L., 2001. Effects of long-term potassium fertilization on crop yield and quality. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 480: 329–336.
- Skarpa P., Hlusek J., 2003. Potassium forms in soil. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.*, 40, 237–243.
- Spychalski W., Kosiada T., Otremba K., 2007. Zawartość form potasu w glebie antropogenicznej wytworzonej z gruntów pogórnicznych w warunkach zróżnicowanej agrotechniki. *Acta Sci. Pol. Agric.*, 4: 53–64.
- Terelak H., 1979. Wpływ nawożenia potasem na kształtowanie się statycznych i dynamicznych wskaźników zawartości tego pierwiastka w glebie piaszczystej. *Rocz. Gleb.*, 30, 3: 115–126.
- Terelak H., Fotyła M., 1986. Wpływ nawożenia potasem na zawartość form tego składnika w glebach i ich pobranie przez rośliny. *Rocz. Gleb.*, 37, 1: 203–212.

WPŁYW NAWOŻENIA POTASEM W ZMIANOWANIU NA ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FORM TEGO SKŁADNIKA W GLEBIE

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu zróżnicowanego nawożenia potasem na zawartość różnych form tego składnika w glebie. Badania realizowano w latach 2002–2006, opierając się na doświadczeniach polowych prowadzonych na glinie średniej i ciężkiej. Na obu glebach uprawiano w zmianowaniu pszenicę ozimą i rzepak ozimy, a oba gatunki roślin nawożono potasem w ilości 100 i 200 kg K · ha⁻¹. Składnik ten stosowano w trzech różnych terminach: jesienią – przedsiewnie (A), jesienią – pogłównie (B), wiosną – pogłównie (C). Próbki gleby z warstw 0–30 i 30–60 cm pobrano po zbiorze ostatniej rośliny w zmianowaniu i oznaczono w nich: potas przyswajalny dla roślin metodą Egnera- Riehma (DL), potas wymienny – ekstrahowany roztworem octanu amonu o stężeniu 1 mol · dm⁻³ i potas zapasowy – metodą Reitemeiera. Na bazie uzyskanych wyników wyliczono różnice w zawartości badanych form potasu przed rozpoczęciem doświadczenia i po jego zakończeniu. W badaniach wykazano wyczerpywanie się przyswajalnej dla roślin

formy potasu, w miarę upływu czasu, niezależnie od terminu jego stosowania. Wyższe dawki potasu, zwłaszcza stosowane pogłównie, zwiększały zawartość potasu wymiennego w tej warstwie gleby. W miarę upływu czasu obniżała się zawartość potasu zapasowego w warstwie ornej gleby, niezależnie od ilości wprowadzonego do niej składnika, przy czym w najmniejszym stopniu obserwowano to przy stosowaniu potasu wiosną. Nie wykazano istotnych zmian zawartości badanych form potasu w głębszej warstwie gleby.

SŁOWA KLUCZOWE: nawożenie potasem, dawka, termin, formy potasu, zawartość w glebie

Małgorzata Hawrot-Paw

**BIOMASA ŻYWYCH ORGANIZMÓW W GLEBIE SKAŻONEJ
OLEJEM NAPĘDOWYM I PODDAWANEJ ZABIEGOM
BIOREMEDIACYJNYM**

**BIOMASS OF LIVING ORGANISMS
IN SOIL CONTAMINATED WITH DIESEL OIL
AND SUBJECTED TO BIOREMEDIATION**

*Zakład Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie*

*Department of Microbiology and Environmental Biotechnology, West Pomeranian
University of Technology*

W prezentowanej pracy badania dotyczyły oceny zmian w zawartości biomasy mikroflory jako efektu obecności w glebie substancji ropopochodnych oraz zabiegów zastosowanych w celu eliminacji zanieczyszczenia ze środowiska.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono istotny wpływ obecności oleju napędowego i zabiegów stosowanych w bioremediacji skażonych gleb na ilość biomasy, zarówno w doświadczeniu z biopryzmą, jak i w doświadczeniu polowym. Po wprowadzeniu oleju napędowego ilość biomasy żywych organizmów wyraźnie się zwiększyła. W doświadczeniu z biopryzmą obserwowano wzrost o 145% w stosunku do obiektu kontrolnego oraz niemal 40% w doświadczeniu polowym. W obiektach, w których zastosowano biostymulację, oznaczono maksymalnie $20200 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ (doświadczenie *ex situ*) i $17550 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ w doświadczeniu *in situ*, przy odpowiednio $10500 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ i $8020 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ w obiektach kontrolnych. Najwyższa obserwowana zawartość biomasy żywych organizmów, po wprowadzeniu do gleb inokulum bakteryjnego, stanowiła 252 i 199% wartości kontrolnych, odpowiednio w glebie biopryzmy i w doświadczeniu polowym. Obserwowane zależności mogą świadczyć o tym, że mikroflora gleby nie tylko tolerowała zanieczyszczenie, ale też aktywnie korzystała z nowego źródła węgla, uczestnicząc tym samym w jego rozkładzie.

SŁOWA KLUCZOWE: biomasa, mikroorganizmy, olej napędowy, bioremediacja

Do cytowania – For citation: Hawrot-Paw M., 2011. Biomasa żywych organizmów w glebie skażonej olejem napędowym i poddawanej zabiegom bioremediacyjnym. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 49–56.

WSTĘP

Substancje ropopochodne, obok szeregu innych ksenobiotyków, przyczyniają się do poważnego skażenia środowiska. Ich obecność oddziałuje negatywnie na wszystkie elementy ekosystemu, w tym również na mikroorganizmy. Najczęściej obserwowane zmiany dotyczą składu jakościowo-ilościowego mikroflory oraz jej aktywności, a parametry te są bardzo dobrym wskaźnikiem zanieczyszczenia oraz biologicznej aktywności gleb (Margesin i wsp. 2000, Filip 2002, Schloter i wsp. 2003). Według Gil-Sotres'a i wsp. (2005) 41% naukowców zajmujących się oceną jakości gleb uważa, że najbardziej godnym zaufania jest badanie biomasy mikroorganizmów. Zmiany wartości tego parametru w środowisku zanieczyszczonym węglowodorami ropopochodnymi nie są jednoznaczne. Obserwować można zarówno stymulację (Song i Katayama 2005), redukcję (Megharaj i wsp. 2000, Hawrot i Nowak 2003), jak i brak reakcji (Franco i wsp. 2004). Celem przeprowadzonych badań była ocena zmian w ilości biomasy mikroflory jako efektu obecności w glebie substancji ropopochodnych oraz zabiegów zastosowanych w celu efektywnej eliminacji zanieczyszczenia ze środowiska, które mogłyby modyfikować wpływ skażenia na mikroorganizmy (biostymulacja, bioaugmentacja).

MATERIAŁ I METODY

Ocenę zmian w zawartości biomasy żywych organizmów w glebie zanieczyszczonej olejem napędowym prowadzono w ramach dwóch doświadczeń wykorzystujących różne metody bioremediacji – metodę *ex situ* (bioremediacja realizowana metodą przyzmywą) oraz *in situ* (bioremediacja w miejscu skażenia, prowadzona jako doświadczenie polowe).

Doświadczenie polowe założono w formie mikropoletek (1x1 m), metodą bloków kompletnie zrandomizowanych w 4 replikacjach i prowadzono na terenie Stacji Doświadczalnej w Lipniku, należącej do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Gleba pod względem składu mechanicznego wykazywała skład piasku gliniastego lekkiego pylastego o pH_{KCl} 6.53. Doświadczenie z biopryzmą prowadzono na terenie hali wegetacyjnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, na tej samej glebie co w doświadczeniu polowym. Przygotowano cztery przyzmy o masie 500 kg każda. Do gleby w obu doświadczeniach wprowadzono olej napędowy w stężeniu 5% (v/w) – w przeliczeniu na głębokość 15 cm i utworzono następujące obiekty badawcze: 0 – gleba skażona, niemodyfikowana, I – gleba skażona, nawożona, mieszana, II – gleba skażona, nawożona, mieszana i szczepiona mikroorganizmami. Przygotowano również obiekt kontrolny (K), nieskażony. Zabieg nawożenia przeprowadzono na początku doświadczenia i po 3 miesiącach. W doświadczeniu z biopryzmą zastosowano 500 kg $NH_4NO_3 \cdot ha^{-1}$ (dwukrotnie – po 250 kg $NH_4NO_3 \cdot ha^{-1}$), 120 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ (jednokrotnie), 300 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (dwukrotnie – po 150 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$), natomiast w doświadczeniu *in situ* (polowym) nawożenie azotowe – NH_4NO_3 (100 kg N $\cdot ha^{-1}$), fosforowe w formie superfosfatu granulowanego (80 kg P $\cdot ha^{-1}$) i potasowe w formie soli potasowej

(100 kg K · ha⁻¹). Mieszanie (przekopywanie) wykonywano co 14 dni. Bioaugmentację zastosowano na początku badań poprzez wprowadzenie do gleby inokulum w ilości 5% v/w w przeliczeniu na głębokość 15 cm gleby i odpowiedniej w przypadku efektywnej biodegradacji liczby mikroorganizmów rzędu 10⁷ kom · ml⁻¹. Biopreparat przygotowano na bazie 3 szczepów należących do rodzaju *Pseudomonas sp.* (BS101) oraz *Bacillus sp.* (BS126, BS135), pochodzących z kolekcji Zakładu Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska. Drobnoustroje zostały wyizolowane w 1998 r., przez autorkę niniejszej pracy, z gleb skażonych substancjami ropopochodnymi, które pochodziły z terenu byłego radzieckiego lotniska w Kluczewie. Wysoką aktywność biodegradacyjną szczepów potwierdziły przeprowadzone wcześniej badania (Hawrot i Nowak 2003). Inokulat wprowadzono do gleby w postaci zawiesiny. Do hodowli szczepów zastosowano zmodyfikowane podłoże Emersona (Hawrot i Nowak 2003) zawierające olej napędowy jako jedyne źródło węgla. W doświadczeniu prowadzonym metodą *ex situ* wilgotność gleby w pryzmach utrzymywano na poziomie 20% MPW (maksymalna pojemność wodna). Doświadczenia prowadzono przez 5 miesięcy.

Próby glebowe do badań mikrobiologicznych w obu doświadczeniach pobierano co 30 dni w formie zbiorczej próbki glebowej o masie 500 g (z głębokości 0–15 cm każdego obiektu badawczego).

Ilość biomasy żywych mikroorganizmów oznaczano metodą SIR (substrate induced respiration) według Andersona i Domscha (1978). Próbki gleb o wadze 10 g wzbogacono w dodatkowe źródło węgla w postaci mieszaniny glukozy z talkiem (w stosunku 1:5), a następnie umieszczono w kolumnach pomiarowych analizatora gazowego Ultragas U4S. Wydzielanie dwutlenku węgla mierzono po trzech godzinach inkubacji, a ilość biomasy żywych mikroorganizmów w glebie określano na podstawie równania:

$$X = 40,04 Y + 0,37$$

gdzie:

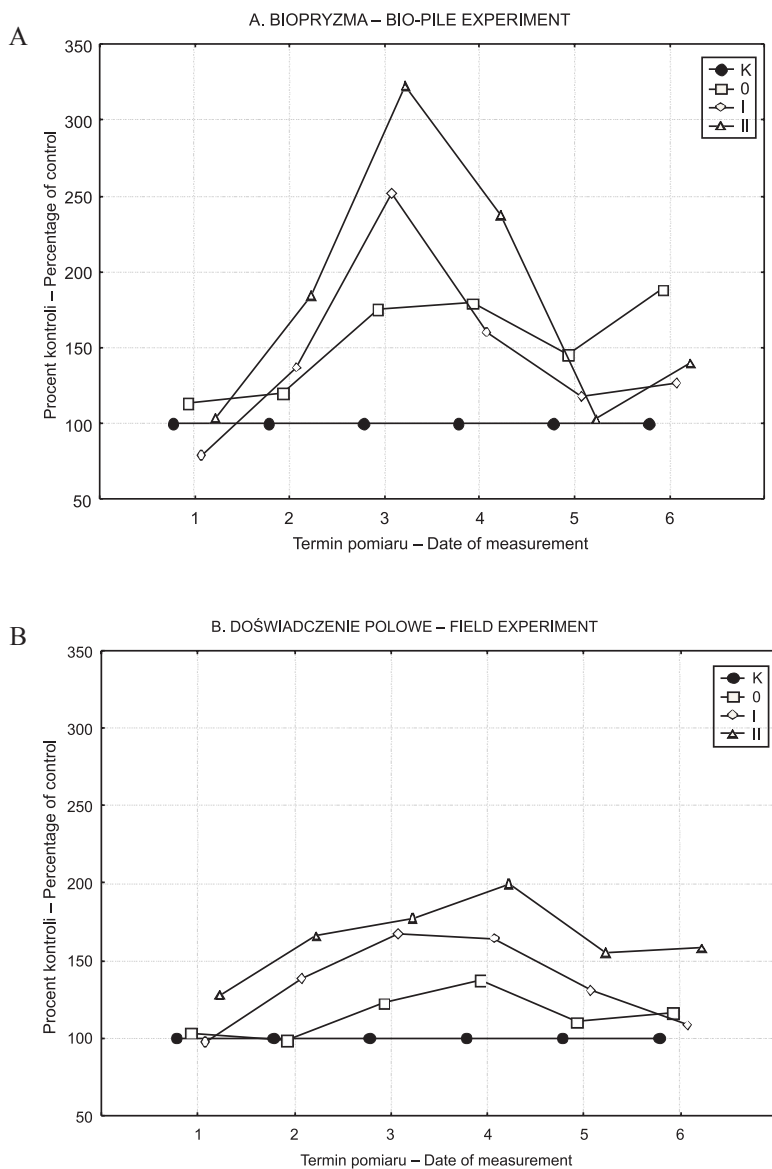
X – biomasa żywych mikroorganizmów ($\mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ s.m. gleby),

Y – maksymalne początkowe wydzielanie CO₂ ($\text{cm}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ s.m. gleby).

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej (tab. 1, 2), stosując analizę wariancji (w doświadczeniu polowym wykorzystano łączenie efektów z błędem, co pozwoliło na uwzględnienie zmienności blokowej).

WYNIKI

Na początku doświadczenia prowadzonego metodą pryzmową ilość biomasy żywych organizmów wynosiła 12 430 $\mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby. W obiekcie kontrolnym ilość ta w trakcie doświadczenia ulegała dość znacznym wahaniom. Między drugim a trzecim terminem pomiaru odnotowano wysoki spadek do 8020 $\mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby, a w kolejnych terminach wzrost i ponowną redukcję na koniec doświadczenia, do 9060 $\mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ badanej gleby.



Rys. 1. Wpływ skażenia gleby olejem napędowym w stężeniu 5% oraz zabiegów stosowanych w procesie jego biodegradacji na ilość biomasy żywych organizmów wyrażoną jako procent kontroli

Fig. 1. Effect of soil contamination with diesel fuel in 5% concentration and treatments used in biodegradation on the biomass of living microorganisms expressed as control percent

Po wprowadzeniu oleju napędowego ilość biomasy w badanej glebie wyraźnie wzrosła. W obiekcie niemodyfikowanym (obiekt 0), poza niewielkim spadkiem w trzecim terminie, biomasa stopniowo rosła, aż do $17\,930 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby w terminie piątym, co w porównaniu z kontrolą dało 145% (rys. 1A). W obiekcie I początkowo obserwowano stymulację biomasy. W trzecim terminie pomiaru wynosiła ona $20\,200 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby (252% w stosunku do obiektu kontrolnego), w kolejnych dniach jednak stopniowo malała, aż do 1145 mg na końcu doświadczenia. Również w obiekcie II po wprowadzeniu oleju napędowego do gleby biomasa wyraźnie zwiększyła się. Największą ilość odnotowano w trzecim terminie – oznaczono wówczas $25\,860 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby. Była to wartość wyższa o 222% w stosunku do kontroli, o 147 i 70% odpowiednio w stosunku do obiektu 0 i I. W kolejnych dniach obserwowano znaczący spadek ilości biomasy. W piątym terminie wartości ($12\,680 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby) były zbliżone do oznaczonych w tym czasie w obiekcie kontrolnym.

Na początku doświadczenia polowego oznaczono $9410 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby. W obiekcie kontrolnym, nieskażonym i niemodyfikowanym, w trakcie badań ilość ta generalnie utrzymywała się na zbliżonym poziomie, z niewielkim wzrostem w trzecim i piątym terminie do $10\,510$ i $11\,460 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby.

Po skażeniu gleby olejem napędowym we wszystkich pozostałych obiektach obserwowano wzrost ilości biomasy. W obiekcie 0 największy przyrost w porównaniu z kontrolą (o 37%) odnotowano w terminie czwartym (rys. 1B). W obiekcie I ilość biomasy rosła do trzeciego terminu pomiaru, do $17\,550 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby (167% wartości kontrolnych), po czym stopniowo malała. Po 150 dniach inkubacji oznaczono $10\,640 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby, co stanowiło 108% w porównaniu z kontrolą i było niższe o 8% od ilości w obiekcie 0. Ilość biomasy w obiekcie szczepionym zwiększała się do czwartego terminu pomiaru. W tym czasie stwierdzono $19\,100 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby, po czym biomasa zmalała na koniec doświadczenia do $15\,540 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ gleby (158% w porównaniu z kontrolą).

Tabela 1

Table 1

Wyniki statystycznej analizy ilości biomasy żywych organizmów w glebie (bioprzyzma)

Results of statistical analysis for the biomass of living microorganisms (bio-pile)

Czynnik nr Factor No	L. st. swob. Number of independent variables	Śr. Σ kwadr. Mean square sum	L. st. sw. błędu Number of independent variables for error	Śr. Σ kw. błędu Mean square sum for error	Wartość F F value	Wartość P<0.05 P value P<0.05
1	3	307,8235	48	0,423441	726,958	0,00
2	5	86,9427	48	0,423441	205,324	0,00
12	15	64,7422	48	0,423441	152,895	0,00

Czynniki: 1 – zabieg, 2 – termin

Factors: 1 – bioremediation treatment, 2 – measurement period

Tabela 2

Table 2

Wyniki statystycznej analizy ilości biomasy żywych organizmów w glebie
(doświadczenie polowe)

Results of statistical analysis for the biomass of living microorganisms (field experiment)

Źródło zmienności Variation source	Suma kwadratów Sum of squares	L. stopni swobody Degrees of freedom	Średnia kwadratów Mean of squares	Wartość F F value	Wartość P<0,05 P value P<0.05
Bloki – Blocks	22,4249	3	7,474956		
1	3044,401	3	1014,800	264,431	0,00
2	1762,754	5	352,5508	91,866	0,00
1*2	740,4969	15	49,36646	12,864	0,00
Błąd – Error	264,7996	69	3,83767		

Czynniki: 1 – zabieg, 2 – termin

Factors: 1 – bioremediation treatment, 2 – measurement period

DYSKUSJA

W prezentowanej pracy obecność oleju napędowego stymulowała wzrost ilości biomasy żywych organizmów, co potwierdzają również Caravaca i Roldan (2003) w swoich badaniach dotyczących wpływu zanieczyszczeń ropopochodnych na biologiczną aktywność gleby. W trakcie całego okresu inkubacji (150 dni) zarówno w doświadczeniu przyzmoymym, jak i polowym, niezależnie od stosowanych zabiegów, ilość biomasy żywych organizmów była zawsze wyższa niż w kontroli, średnio w całym doświadczeniu o 38–72% w glebie bioprzymy i 15–64% w doświadczeniu polowym. Wzrost biomasy mikroorganizmów w glebie zanieczyszczonej olejem napędowym obserwowali także Margesin i wsp. (2000), przy czym maksymalne wartości obserwowano po 25 dniach inkubacji. Doświadczenie to prowadzono w warunkach laboratoryjnych, na 8-kilogramowych próbach glebowych. Joergensen i wsp. (1995) po 33 dniach inkubacji gleby skażonej 1% dawką oleju napędowego oznaczył 333 $\mu\text{g C} \cdot \text{g}^{-1}$ gleby, a istotną stymulację dopiero po 165 dniach (467 $\mu\text{g} \cdot \text{C} \cdot \text{g}^{-1}$ gleby).

W niniejszej pracy, zarówno w doświadczeniu z bioprzymą, jak i w doświadczeniu *in situ*, biomasa zwiększała się do 90. dnia doświadczenia, co może świadczyć o tym, że mikroflora gleby nie tylko tolerowała zanieczyszczenie, ale też aktywnie korzystała z nowego źródła węgla. Według Franco i wsp. (2004) bardziej wrażliwe na zanieczyszczenia ropopochodne są gleby o neutralnym pH, wysokiej zawartości materii organicznej, bogate w substancje odżywcze. W przeprowadzonych badaniach wprowadzane podczas biodegradacji modyfikacje, w tym biostymulacja, powodowały wzrost oznaczanych ilości, natomiast w badaniach Margesin i wsp. (2000) wprowadzenie nawożenia NPK nie wywołało istotnych zmian w zawartości biomasy. Najwyższe wartości biomasy żywych organizmów dotyczyły obiektów, w których zastosowano bioaugmentację.

WNIOSKI

1. Obecność oleju napędowego w glebie zwiększała zawartość biomasy żywych mikroorganizmów, niezależnie od metody bioremediacji. W porównaniu z glebą nieskażoną średnia ilość biomasy zwiększyła się o ok. $5200 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ w doświadczeniu *ex situ* i niemal $1500 \mu\text{g C} \cdot 1 \text{ g}^{-1}$ w doświadczeniu *in situ*.

2. Zastosowane modyfikacje (biostymulacja, bioaugmentacja) spowodowały dodatkowy wzrost biomasy. Najwyższe wartości odnotowano w obiektach, w których oprócz nawożenia i mieszania zastosowano szczepienie wyselekcjonowanymi mikroorganizmami (średnio ponad 80% więcej w stosunku z kontrolą w bioprzyzmie i ponad 60% w doświadczeniu polowym).

PIŚMIENNICTWO

- Anderson J.P.E., Domsch K.H., 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil. Biol. Biochem.*, 10: 215–221.
- Caravaca F., Roldan A., 2003. Assessing changes in physical and biological properties in a soil contaminated by oil sludges under semiarid Mediterranean conditions. *Geoderma*, 117: 53–61.
- Filip Z.: 2002. International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 88: 169–174.
- Franco I., Contin M., Bragato G., De Nobili M., 2004. Microbiological resilience of soils contaminated with crude oil. *Geoderma*, 121: 17–30.
- Gil-Sotres F., Trasar-Cepeda C., Leiros M.C., Seoane S., 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biol. Biochem.*, 37: 877–887.
- Hawrot M., Nowak A., 2003. Evaluation of microorganisms activity in a process of diesel fuel biodegradation during culturing under laboratory conditions. *Pol. J. Natur. Sci.*, 15 (3): 619–628.
- Hawrot M., Nowak A., 2004. Ocena wpływu dawki skażenia olejem napędowym i stosowanych zabiegów bioremediacyjnych na ilość biomasy żywych organizmów w glebie. *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 234: 123–129.
- Joergensen R.G., Schmadeke F., Windhorst K., Meyer B., 1995. Biomass and activity of microorganisms in a fuel oil contaminated soil. *Soil Biol. Biochem.*, 27: 1137–1143.
- Margesin R., Zimmerbauer A., Schinner F., 2000. Monitoring of bioremediation by soil biological activities. *Chemosphere*, 40: 339–346.
- Megharaj M., Singleton I., McClure N.C., Naidu R., 2000. Influence of petroleum hydrocarbon contamination on microalgae and microbial activities in a long-term contaminated soil. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 38: 439–445.
- Schloter M., Dilly O., Munch J.C., 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 98: 255–262.
- Song D., Katayama A., 2005. Monitoring microbial community in subsurface soil contaminated with hydrocarbons by quinone profile. *Chemosphere*, 5: 305–314.

BIOMASS OF LIVING ORGANISMS IN SOIL CONTAMINATED WITH DIESEL OIL AND SUBJECTED TO BIOREMEDIATION

Summary

The paper deals with the evaluation of changes in microflora biomass content as an effect of the presence of petroleum substances and measures applied to eliminate the environmental pollution.

Statistical analysis revealed significant influence of the diesel oil presence and procedures applied during bio-remediation of polluted soil on the biomass amount, both in prism and field experiment. When introducing the diesel oil, population of living organisms was apparently increased. A 145% increase in prism experiment and almost 40% increase in field experiment in relation to control object was observed. In objects where bio-stimulation was applied, maximum 20200 $\mu\text{g C} \cdot \text{l g}^{-1}$ (*ex situ*) and 17550 $\mu\text{g C} \cdot \text{l g}^{-1}$ (*in situ*) were determined, at 10500 $\mu\text{g C} \cdot \text{l g}^{-1}$ and 8020 $\mu\text{g C} \cdot \text{l g}^{-1}$ in corresponded control objects. The highest recorded amount of living organisms biomass after introducing the bacterial inoculum into the soils was 252% and 199% of control values, respectively for prism and field experiments. Observed dependencies may indicate that soil microflora not only tolerated contamination, but also actively used the new carbon source contributing to its decomposition.

KEY WORDS: biomass, microorganisms, diesel oil, bioremediation

**Kazimierz Jankowski, Jacek Sosnowski, Wiesław Czełuściński,
Jolanta Jankowska**

**WPLYW HYDROŻELU UMIESZCZONEGO
W PODŁOŻU GLEBOWYM NA LICZBĘ PĘDÓW MURAW
TRAWNIKOWYCH O ZRÓŻNICOWANYM UDZIALE
LOLIUM PERENNE L.**

**INFLUENCE OF SUPERSORBENT IN THE SUBSOIL
OF THE NUMBER OF SHOOTS LAWN GRASSES
WITH VARYING PARTICIPATION OF *LOLIUM PERENNE* L.**

*Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Department of Grassland and Green Areas Creation, University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce*

W celu określenia wpływu zawartości hydrożelu w podłożu glebowym na liczbę pędów przypadających na jednostkę powierzchni muraw trawnikowych o zróżnicowanym udziale życicy trwałej – w latach 2002–2004 przeprowadzono doświadczenie poletkowe w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. W badaniach wykorzystano cztery następujące mieszanki: Wembley (80% życicy) – M1; Parkowa (60% życicy) – M2; Relax (40% życicy) – M3 i Półcień (20% życicy) – M4. W kombinacji z hydrożelem (Aqua- Gel P4) sorbent w ilości 0,05 kg/m² umieszczono na głębokości ok. 10 cm pod powierzchnią gleby. Wszystkie poletka zasilano nawozem mineralnym szybko działającym o nazwie handlowej Pokon. Ilości i termin wysiewu nawozu dostosowano do wskazówek producenta. Liczbę źdźbeł przypadającą na 1 m² powierzchni określono na koniec sezonu wegetacyjnego. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej, a dla istotnych źródeł zmienności dokonano szczegółowego porównania średnich testem Tukey’*a*, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$. Średnia liczba źdźbeł w poszczególnych latach badań, wykształcanych przez rośliny muraw trawnikowych, zależała od rodzaju podłoża i mieszanki. Jej wartość wynosiła

Do cytowania – For citation: Jankowski K., Sosnowski J., Czełuściński W., Jankowska J., 2011. Wpływ hydrożelu umieszczonego w podłożu glebowym na liczbę pędów muraw trawnikowych o zróżnicowanym udziale *Lolium perenne* L. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 57–63.

ok. 11 520 szt./m². Liczba pędów przypadających na 1 m² powierzchni murawy była istotnie wyższa na obiektach zawierających w podłożu hydrożel. Najsilniej na brak sorbentu w podłożu reagowały mieszanki z przewagą życicy trwałej w swoim składzie.

SŁOWA KLUCZOWE: żdzbla, hydrożel, murawy trawnikowe, życica trwała

WSTĘP

Spośród traw hodowlanych dużym znaczeniem gospodarskim odznacza się życica trwała, która obok wykorzystania pastewnego jest ważnym komponentem mieszanek gazonowych (Martyniak 2006). Według wielu autorów (Rutkowska i Hempel 1996, Martyniak i Żyłka, 2001) nadaje się ona do zadarniania zarówno trawników dekoracyjnych, jak i sportowych. Przeprowadzone przez Martyniak (2005) badania nad życicą trwałą i kostrzewą czerwoną dowodzą, że krzewienie ściśle zależy od obsady roślin na jednostce powierzchni, wschodów, instalacji, a w konsekwencji liczby pędów i zagęszczenia trawnika. Ponadto autorka ta zwraca uwagę na dynamikę krzewienia wpływającą bezpośrednio na aspekt ogólny murawy. Z kolei Domański (2002) twierdzi, że najważniejszym kryterium w ocenie przydatności gatunków i odmian traw gazonowych jest pokrycie podłoża żdzblami. Uważa on, iż w latach pełnego użytkowania stan pokrycia podlega zróżnicowaniu i jest uzależniony od pory roku, a więc warunków meteorologicznych. Wolski i wsp. (2006) za najbardziej krytyczny moment uznają okres początkowego rozwoju roślin tworzących murawę i podkreślają skuteczność polimeru akrylowego (hydrożelu), który przyczynia się do poprawy rozwoju systemu korzeniowego i zielonej masy, niwelując wpływ niekorzystnych warunków pogodowych. Dlatego też, celem pracy było określenie wpływu hydrożelu umieszczonego w podłożu glebowym na liczbę pędów przypadających na jednostkę powierzchni muraw trawnikowych o zróżnicowanym udziale życicy trwałej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie trawnikowe prowadzono w latach 2002–2004 na poletkach doświadczalnych Katedry Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni w układzie losowanych bloków o powierzchni 4 m² (4 x 1 m) w czterech powtórzeniach. W badaniach wykorzystano cztery dostępne w handlu mieszanki traw produkowane przez firmę Graminex z Piotrkowa Trybunalskiego o różnym przeznaczeniu i zróżnicowanym udziale procentowym *Lolium perenne* L.: Wembley (80%) – M1; Parkowa (60%) – M2; Relax (40%) – M3 i Półcień (20%) – M4. Powyższe mieszanki użytkowano przy zastosowaniu hydrożelu w podłożu glebowym lub bez jego udziału. W kombinacji z hydrożelem stosowano poliakrylamid granulowany o nazwie handlowej Aqua-Gel P4 (produkowany przez Agricultural Polimers International Ltd, Wielka Brytania). Preparat ten w ilości 0,05 kg/m² umieszczono na głębokości ok. 10 cm pod powierzchnią gleby.

W celu zapewnienia runi trawnikowej właściwych warunków wzrostu i rozwoju oraz utrzymania atrakcyjnego wyglądu na wszystkich obiektach doświadczalnych stosowano nawożenie mineralne w proporcji 6:2:4 NPK (Domański 1998), stosując nawóz o nazwie handlowej Pokon. Pokon należał do grupy nawozów szybko działających, dlatego też stosowano go w dwóch jednakowych dawkach. Ilości i termin wysiewu nawozu dostosowano do wskazówek producenta.

Dane meteorologiczne z lat 2002–2004 uzyskano ze Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Siedlcach. W celu określenia czasowej i przestrzennej zmienności elementów meteorologicznych oraz oceny ich wpływu na przebieg wegetacji roślin obliczono współczynnik hydrometryczny Sielianinowa (Bac 1993), dzieląc sumę opadów miesięcznych przez jedną dziesiątą sumy średnich dobowych temperatur dla tego miesiąca.

Tabela 1

Table 1

Współczynnik hydrometryczny Sielianinowa w poszczególnych miesiącach okresów wegetacyjnych w latach 2002–2004
Hydrometrical Sielianinow indexes in individual months of vegetation seasons of 2002–2004

Rok badań Years study	Miesiące – Month						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2002	0,42	0,47	1,48	0,91	0,52	0,83	2,69
2003	1,30	0,67	1,22	0,72	1,10	0,92	2,78
2004	1,58	2,29	0,96	0,99	1,20	0,44	1,05

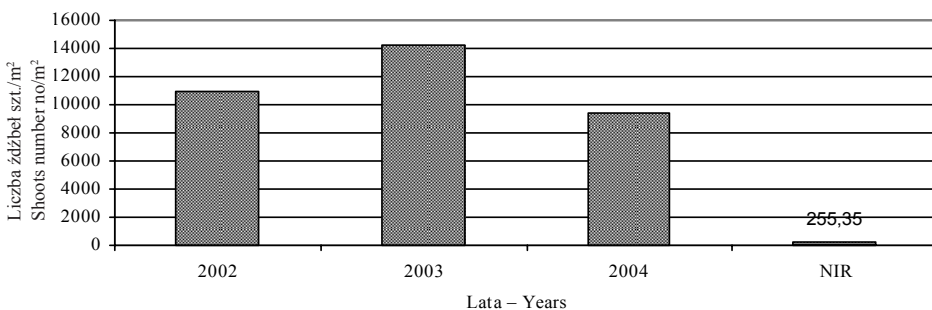
Do 0,5 silna posucha – high drought; 0,51–0,69 – posucha – drought ; 0,70–0,99 – słaba posucha – week drought; powyżej 1 – brak posuchy – over 1 – no drought

Liczbę źdźbeł przypadającą na 1 m² powierzchni określono na koniec sezonu wegetacyjnego. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej, a dla istotnych źródeł zmienności dokonano szczegółowego porównania średnich testem Tukey'a, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I OMÓWIENIE

Zdaniem Domańskiego (1992) gęstość muraw trawnikowych wyrażana liczbą pędów, przypadającą na jednostkę powierzchni, jest ważną cechą użytkową wykorzystywaną do oceny przydatności odmian i mieszanek trawnikowych. Martyniak (2006) podaje, że normatywna liczba roślin wynikająca z optymalnej gęstości i ilości wysiewu nasion traw gazonowych powinna wahać się w granicach od 3855 do 22 900 szt./m². Jednocześnie autorka w swoich badaniach wykazała, że faktyczna obsada gazonów, przy optymalnej ilości wysiewu, jest o 18% niższa od teoretycznej. Natomiast z analizy liczby źdźbeł w poszczególnych latach badań przeprowadzonych przez autorów niniejszego opracowania wynika (rys. 1), że badane murawy wykształcały średnio ok. 11 520 szt. pędów przypadających na jednostkę powierzchni. Zauważyć należy, iż wartość ta w poszczególnych latach ulegała zróżnicowaniu, gdyż niezależnie od rodzaju mieszanki i podłoża istotnie największa liczba źdźbeł wystąpiła w drugim roku trwania eksperymentu (14 227 szt./m²),

zaś najmniejsze zadarnienie uzyskano w ostatnim roku badań (9449 szt./m²). Przyczyną tego stanu mogą być warunki pogodowe, które według Domańskiego (1998) wpływają w dużym stopniu na zadarnienie muraw trawnikowych. W 2004 r., jak wskazują wartości współczynnika hydrometrycznego Sielianinowa (tab. 1), pod koniec sezonu wegetacyjnego wystąpiła silna posucha utrudniająca zarówno odrost, jak i krzewienie roślin, ale również wykorzystanie składników pokarmowych pochodzących z nawozów mineralnych.

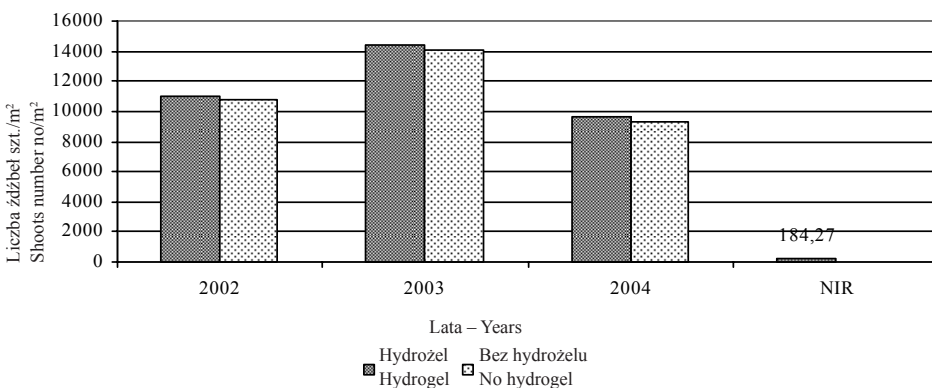


Rys. 1. Średnia liczba źdźbeł muraw trawnikowych w poszczególnych latach badań

Fig. 1. Average number of shoots of lawn grasses in different of study

Z kolei Wolski i wsp. (2006) badając zadarnienie muraw, wykazał, że wprowadzenie hydrożelu do podłoża różnicowało istotnie cechy morfologiczne roślin, powodując 20% wzrost liczby pędów, wysokości roślin i długości korzeni.

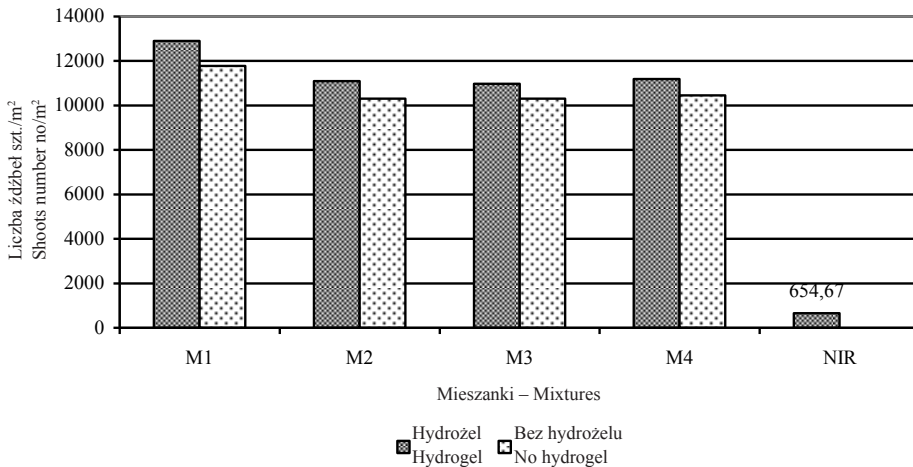
Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała również istotne zróżnicowanie średniej liczby źdźbeł traw mieszanek gazonowych w obrębie poszczególnych lat użytkowania doświadczenia i rodzaju podłoża. Dane przedstawione na rysunku 2 wskazują, że w całym okresie trwania eksperymentu liczba pędów przypadających na 1 m² powierzchni była istotnie wyższa na obiektach zawierających w podłożu sorbent średnio o ok. 233 sztuki w stosunku do liczebności źdźbeł uzyskanej z uprawy bez zastosowania hydrożelu.



Rys. 2. Liczba źdźbeł muraw trawnikowych w poszczególnych latach badań w zależności od rodzaju podłoża

Fig. 2. Average number of shoots of lawn grasses in different years of study

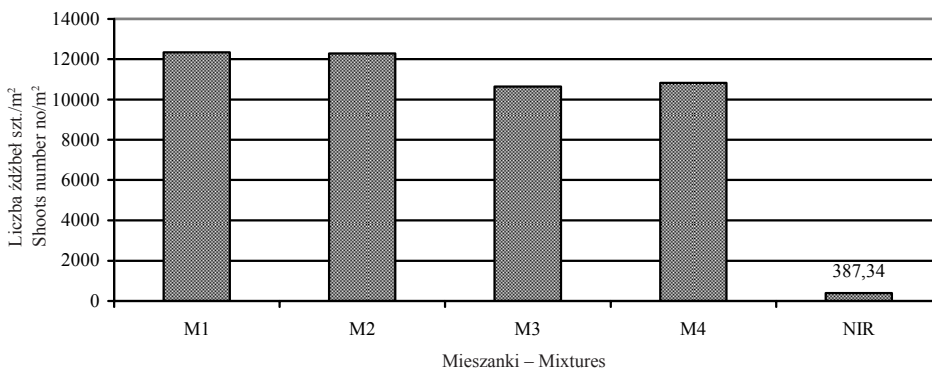
Podobne zależności wystąpiły również w obrębie badanych mieszanek. Istotnie wyższą wartością omawianej cechy, niezależnie od roku badań, odznaczały się mieszanki uprawiane na podłożu zawierającym sorbent (rys. 3). Najsilniej na brak hydrożelu w podłożu reagowała mieszanka Wembley, składająca się w 80% z życicy trwałej. Różnica w liczbie źdźbeł na poletkach bez i z sorbentem, średnio w latach badań, wynosiła ponad 1087 szt./m². Natomiast, najmniejsze różnice (średnio 699 szt./m²) wystąpiły w mieszanekach zawierających 40 i 20% życicy.



Rys. 3. Liczba źdźbeł poszczególnych mieszanek trawnikowych w zależności od rodzaju podłoża (średnia z lat 2002–2004)

Fig. 3. The number of shoots of different mixtures of lawn, depending on the type of substrate (average 2002–2004)

W wielu opracowaniach literaturowych podkreśla się rolę życicy trwałej jako gatunku wykorzystywanego w gazonach dekoracyjnych, rekreacyjnych, w zadarnianiu skarp, zboczy i gruntów bezglebowych (Rutkowska i Hempel 1996, Martyniak i Żyłka 2001, Harkot i wsp. 2006, Kiteczak i Czyż 2009). Przeprowadzone badania dowodzą wystąpienia istotnych zależności między procentowym udziałem życicy trwałej w mieszance a liczbą źdźbeł wyrażoną w szt./m² (rys. 4). Najwyższą gęstość muraw osiągnięto na obiektach obsianych mieszanką Wembley zawierającą 80% życicy trwałej (M1) i Parkowa (M2) z 60% udziałem omawianego gatunku. Istotnie niższa liczba pędów wystąpiła na poletkach z mieszanekami mającymi w swym składzie poniżej 60% życicy trwałej.



Rys. 4. Liczba źdźbeł poszczególnych muraw trawnikowych na zakończenie okresu wegetacyjnego (średnia z lat 2002–2004)

Fig. 4. The number of individual shoots of lawn turf at the end of the vegetation period (average 2002–2004)

WNIOSKI

1. Średnia liczba źdźbeł w poszczególnych latach badań, wykształczanych przez rośliny muraw trawnikowych, wynosiła ok. 11 520 szt./m². Wartość ta zależała od rodzaju podłoża, mieszanki i warunków pogodowych.

2. Liczba pędów przypadających na 1 m² powierzchni murawy była istotnie wyższa na obiektach zawierających w podłożu hydrożel (średnio o ok. 233 szt.) w stosunku do liczebności źdźbeł uzyskanej z uprawy bez sorbentu. Najsilniej na brak hydrożelu w podłożu reagowały mieszanki z przewagą życicy trwałej w swoim składzie (Wembley i Parkowa). Istotność zróżnicowania badanej cechy, w całym cyklu badawczym, dla tych muraw sięgała ok. 10%.

3. Istotna zależność wystąpiła również między procentowym udziałem życicy trwałej w mieszance a liczbą źdźbeł. Wzrost udziału procentowego życicy w murawach trawnikowych przyczyniał się do zwiększenia ich zagęszczenia.

PIŚMIENNICTWO

- Bac S., Koźmiński C., Rojek M., 1993. Agrometeorologia. PWN, Warszawa: 32–33.
- Domański P., 1992. System badań i oceny traw gazonowych w Polsce. Biuletyn IHAR, 183: 251–263.
- Domański P., 1998. Metodyka badań wartości gospodarczej odmian roślin uprawnych. Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, tymotka łąkowa, wiechlina łąkowa, życica trwała. COBORU, Słupia Wielka: 1–35.
- Domański P.: 2002. Gatunki i odmiany traw w mieszankach na trawniki i boiska sportowe. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 1(24): 83–105.
- Harkot W., Czarnecki Z., Rosołowski G., Powroźnik M., Zmiany składu gatunkowego murawy Greek pola golfowego w Szczekartowie w okresie trzyletniego użytkowania. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. LXXXVII, 545: 121–127.

- Kiteczak T., Czyż H., 2009. Przydatność osadów komunalnych i mieszanek trawnikowych do zardarnienia gruntów bezglebowych. Środowisko – Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska. Tom 11: 465–471.
- Martyniak D., 2006. Wpływ gęstości siewu nasion na zdarnienie i wygląd trawnika z *Festuca rubra* L. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. LXXXVII, 545: 167–174.
- Martyniak D., 2005. Wpływ ilości wysiewu nasion na obsadę roślin i plonowanie odmian gazonowych kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.) w uprawie na nasiona. Biuletyn IHAR 237/238: 259–268.
- Martyniak J., Żyłka D., 2001. Zależność obsady i instalacji roślin życicy trwałej od ilości wysiewu w uprawie na nasiona. Zeszyt Probl. Post. Nauk. Rol., 474: 283–297.
- Rutkowska B., Hempel A., 1996. Trawniki. PWRiL, Warszawa: 7–32.
- Wolski K., Kotecki A., Spiak Z., Chodek T., Bujak H., 2006. Ocena wstępna możliwości wykorzystania kilkunastu gatunków traw w stabilizacji skarp obwałowań składowiska „Zielony most” w Rudej. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. LXXXVII, 545: 294–299.

INFLUENCE OF SUPERSORBENT IN THE SUBSOIL OF THE NUMBER OF SHOOTS LAWN GRASSES WITH VARYING PARTICIPATION OF *LOLIUM PERENNE* L.

S u m m a r y

In the aim determine the effect of the hydrogel content in the subsoil, the number of shoots existing on the area unit, lawns with varying participation of perennial ryegrass, in the years 2002–2004 field experiment was carried out in a randomized block arrangement with four replications. The study were used the following four mixtures: Wembley (80% ryegrass) – M1; Parkowa (60% ryegrass) – M2; Relax (40% ryegrass) – M3 and Pólcień (20% ryegrass) – M4. In combination with the hydrogel (Aqua-Gel P4), the sorbent in an amount of 0,05 kg/m² was placed at a depth of approximately 10 cm below the soil surface. All plots were nitrated with a mineral fertilizer rapidly acting with the trade name Pokon. Quantity and time for application of fertilizer was adjusted to manufacturer's instructions. The number of shoots per 1 sq m, was established at the end of the growing season. The results were statistically analyzed. For significant sources of variation a detailed comparison of the average by Tukey test was made with significance level of $p \leq 0.05$. Average number of shoots in different years of research, developed by plants of lawns turf was depended on the type of substrate and mixture. Its value was approximately 11,520 units / sq. The number of shoots per 1 m² of turf, was significantly higher on the objects with the hydrogel. The strongest on the absence of sorbent in subsoil reacted mixture with a predominance of perennial ryegrass in its composition.

KEY WORDS: shoots, hydrogel, turfs, perennial ryegrass

Jarosław Kaszubkiewicz, Paweł Jezierski, Dorota Kawalko

**ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH
W GLEBACH NA TERENIE POWIATU ZĄBKOWICKIEGO
TOTAL CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS
AT THE AREA OF ZĄBKOWICE ŚLĄSKIE DISTRICT**

*Institut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Institute of Soil Science and Environmental Protection, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

W pracy przedstawiono wyniki badań nad całkowitą zawartością metali ciężkich w glebach obszarów rolniczych powiatu ząbkowickiego. Wśród analizowanych gleb dominowały utwory pyłowe oraz gliny pylaste, a w dalszej kolejności utwory gliniaste. Ponad 63% przebadanych gleb wykazywało odczyn kwaśny i bardzo kwaśny. Stwierdzono występowanie pojedynczych przekroczeń standardów zawartości Pb, Ni, Cd oraz As. Jednocześnie potwierdzono istnienie zanieczyszczenia gleb niklem w otoczeniu dawnej huty niklu w miejscowości Szklary oraz arsenem na terenie gminy Złoty Stok i w południowej części gminy Kamieniec Ząbkowicki w rejonie dawnego wydobycia i przetwórstwa rud arsenu.

SŁOWA KLUCZOWE: metale ciężkie, gleba, roślina, gleby użytkowane rolniczo, powiat ząbkowicki

WSTĘP

Ekologiczne efekty obecności metali ciężkich w glebach zależą nie tylko od ich całkowitej zawartości, ale także od czynników warunkujących ich mobilność i przechodzenie do roztworu glebowego. O rozpuszczalności metali ciężkich w glebach decydują przede wszystkim: pochodzenie i pierwotna forma geochemiczna metalu, odczyn gleby, pojemność sorpcyjna, warunki natlenienia oraz możliwość tworzenia ruchliwych połączeń kompleksowych ze związkami organicznymi (Karczewska 2002). Nadmiar pierwiastków śladowych w glebie zarówno niezbędnych dla roślin, jak i niespełniających podstawowo-

Do cytowania – For citation: Kaszubkiewicz J., Jezierski P., Kawalko D., 2011. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach na terenie powiatu ząbkowickiego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 65–78.

wych funkcji metabolicznych działa szkodliwie. Oprócz działania fitotoksycznego nadmierne ilości pierwiastków śladowych, a przede wszystkim metali, powodują niebezpieczeństwo zanieczyszczenia łańcucha żywienia, które z kolei stwarza zagrożenie dla zwierząt i człowieka. Nadmiar ich wpływa również na chemiczny skład wód gruntowych i powierzchniowych (Kabata-Pendias 2010).

Powiat ząbkowski położony jest w południowo-zachodniej Polsce, w województwie dolnośląskim, w podrejonie jeleniogórsko-wałbrzyskim i rozciąga się na terenie Przedgórze Sudeckiego. Obejmuje on terytorium 802 km², co stanowi 4,0% powierzchni województwa, na które składają się cztery gminy miejsko-wiejskie (Bardo, Ząbkowice Śląskie, Ziębice i Złoty Stok) oraz trzy gminy wiejskie (Ciepłowody, Kamieniec Ząbkowski i Stoszowice). Omawiany obszar powiatu ząbkowskiego, z wyłączeniem gminy miejsko-wiejskiej Złoty Stok, stanowi część składową I regionu funkcjonalnego – intensywnego rolnictwa. Użytki rolne w stosunku do powierzchni ogółem zajmują powierzchnię od 42,5% (gmina miejsko-wiejska Bardo) do 83,4% (gmina miejsko-wiejska Ząbkowice Śląskie), w całym powiecie 70,6% (Strategia Rozwoju Obszarów Wiejskich Województwa Dolnośląskiego 2001).

Na terenie powiatu ząbkowskiego zlokalizowane są dwa źródła zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi. Pierwsze z nich to dawna kopalnia i huta niklu w miejscowości Szklary, położonej około 3 km na północ od Ząbkowic Śląskich. Eksploatację rud niklu rozpoczęto tutaj w roku 1894. Hutę uruchomiono w roku 1901. Główny szyb górniczy, z którego potem prowadzono eksploatację, wydrążono w latach 1902–1903. Z przerwą w okresie po II wojnie światowej huta funkcjonowała do roku 1982, kiedy to przzerwano produkcję z powodu jej nierentowności i katastrofalnych warunków pracy załogi. Drugie źródło zanieczyszczenia to kopalnie rudy zawierającej złoto i arsen oraz huta arseniku w rejonie Złotego Stoku. Złóża rud złota i arsenu eksploatowano w tym rejonie już w XIII wieku. Największy rozmiar produkcja arseniku osiągnęła w pierwszych dziesięcioleciach XX wieku. Ogółem wyprodukowano w Złotym Stoku około 120 000 ton arseniku, wydobywając przy tym ponad milion ton rudy (Łuszczkiewicz 2006).

W okresie od maja do września 2010 r. przeprowadzono badania mające na celu ustalenie aktualnego poziomu zawartości metali ciężkich w glebach użytkowanych rolniczo. Szczególną uwagę zwrócono na obszary występujące w otoczeniu funkcjonujących obecnie i wyłączonych z eksploatacji zakładów przemysłowych.

OBIEKT I METODYKA BADAŃ

Badania zawartości metali ciężkich w glebach prowadzono na terenie 4 gmin powiatu ząbkowskiego: Ząbkowice Śląskie (powiat i miasto), Stoszowice, Kamieniec Ząbkowski i Złoty Stok (powiat i miasto). Przy wyborze punktów badawczych kierowano się lokalizacją potencjalnych źródeł zanieczyszczeń, dążeniem do reprezentatywnego wyboru próbek pod względem występujących na terenie powiatu jednostek systematycznych oraz gatunków gleb. Łącznie zebrano 94 próbki glebowe z poziomu akumulacyjnego gleb. Próbkę do badań pobierano z gleb użytkowanych rolniczo jako grunty orne.

Materiał do badań pobierano z głębokości 0–30 cm z kilku miejsc bezpośrednio sąsiadujących z punktem badawczym (tj. położonych w odległości nieprzekraczającej 5 m). Poboru próbek dokonywano krótką łaską gleboznawczą, co zapewniało kontrolę głębokości.

Badania laboratoryjne

Materiał glebowy wysuszono w temperaturze pokojowej, a następnie przesiano przez sita o średnicy oczek 2 mm w celu określenia udziału części szkieletowych w składzie granulometrycznym. Wydzielone części ziemiste < 2 mm poddano dalszej analizie. Badania właściwości gleb przeprowadzono z zastosowaniem następujących metod:

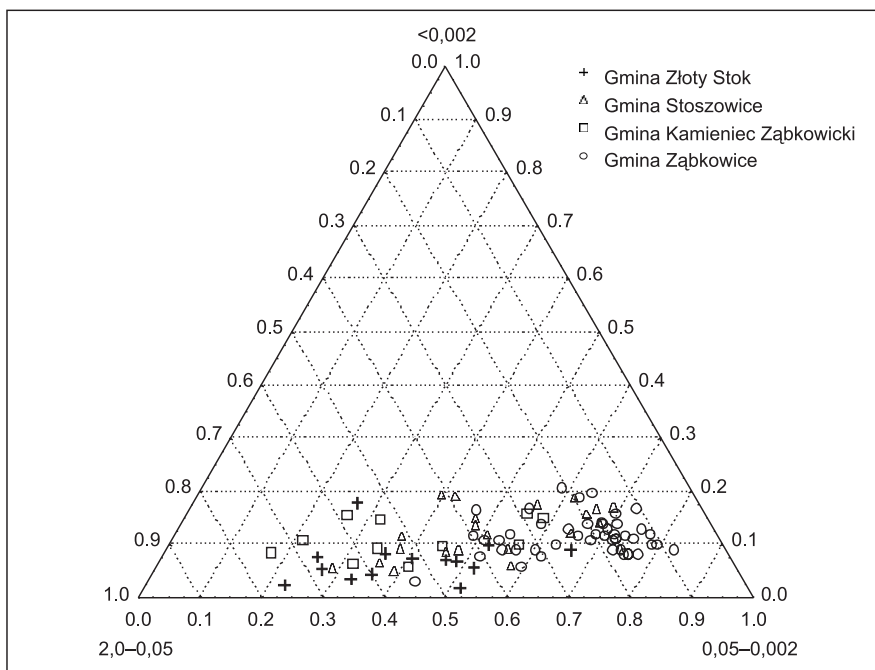
- skład granulometryczny – metodą areometryczno-sitową zgodną z normami PN-R-04032 i PN-R-04033: 1998;
- odczyn gleby: pH w 1 M KCl – metodą potencjometryczną, wg PN – ISO 10390:1997;
- zawartość form całkowitych metali ciężkich w glebie: Zn, Cu, Pb, Cd, Ni – techniką AAS po mineralizacji próbek w wodzie królewskiej (wg PN-ISO 11047: 2001 i PN – ISO 11466: 2002);
- zawartość formy całkowitej As w glebach – techniką AAS aparatem Perkin Elmer A-analyst 600 z kuetwą grafitową, odczyt przy linii spektralnej 193,693 nm, po mineralizacji w wodzie królewskiej.

Do oceny poprawności oznaczeń stosowano certyfikowane materiały referencyjne i wzorce wewnętrzne.

WYNIKI

Uziarnienie

Analiza składu granulometrycznego próbek glebowych z poszczególnych gmin wykazała, iż cięższym składem granulometrycznym charakteryzowały się gleby z gmin Ząbkowice Śląskie, miasto Ząbkowice Śląskie oraz Stoszowice, a nieco lżejszym gleby z gmin Kamieniec Ząbkowicki, Złoty Stok oraz z miasta Złoty Stok. W pierwszej grupie gmin dominowały zdecydowanie gleby pyłowe, natomiast w drugiej grupie wzrastał udział gleb gliniastych w tym glin piaszczystych (rys. 1). Podsumowując wykonane badania składu granulometrycznego, należy zauważyć, że na terenie powiatu ząbkowickiego w poziomach powierzchniowych dominują gliny pylaste oraz utwory pyłowe.



Rys. 1. Skład granulometryczny badanych gleb powiatu ząbkowickiego wg PN-R-04032
 Fig. 1. Texture of investigated soils of the ząbkowicki district according to PN-R-04032

Odczyn

Procent gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych w poszczególnych gminach kształtował się w granicach od 33,3% w mieście Złoty Stok do 90,9%, w gminie Złoty Stok. Pod względem klasyfikacji odczynu w 16 badanych punktach stwierdzono odczyn bardzo kwaśny, w 43 punktach odczyn kwaśny, w 31 punktach odczyn lekko kwaśny, w 3 punktach odczyn obojętny i w 1 punkcie zasadowy. Mediana wartości pH wynosiła 5,3 (tab. 1). Uzyskane wyniki wskazują na jeszcze wyższy (63%) niż podawany w materiałach źródłowych (40–49%) udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych przy mniejszym udziale gleb lekko kwaśnych, obojętnych i zasadowych. Układ pH w badanych glebach odzwierciedla w znacznej mierze zarówno zróżnicowanie skał macierzystych, z których wytworzyły się gleby, jak i zróżnicowanie w użytkowaniu i nawożeniu.

Zawartość metali w glebach

Zawartość cynku

Zawartość cynku we wszystkich badanych próbkach z gruntów ornych powiatu ząbkowickiego mieściła się w granicach od 30,8 do 120,9 mg · kg⁻¹. Średnia zawartość cynku w glebach wynosiła 55,41 mg · kg⁻¹. Mediana zawartości Zn wynosiła w odniesieniu do wszystkich wyników 49,25 mg · kg⁻¹, a odchylenie standardowe 17,65 mg · kg⁻¹ (tab. 1). Wartość dopuszczalna określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby (Rozporządzenie... 2002), licząca w przypadku gruntów grupy B – 300 mg · kg⁻¹, nie została zatem przekroczona w żadnym z badanych punktów. W wytycznych IUNG (Terelak i wsp. 1995) zawartość Zn była w 85 badanych próbkach na poziomie naturalnym (stopień 0), w 9 próbkach na poziomie zawartości podwyższonej (stopień I). Podwyższone zawartości cynku występowały w gminach Złoty Stok (4), Kamieniec Ząbkowicki (3) i Stoszowice (2). Spośród 94 przebadanych punktów typowe koncentracje cynku w glebach pyłowych i gliniastych, a także w większości występują w powiecie ząbkowickim, wynoszące 20–130 mg · kg⁻¹ (Kabata-Pendias 2010), nie były przekroczone w żadnej z badanych próbek. Analiza średnich zawartości cynku obliczonych w próbkach pobranych z poszczególnych gmin (tab. 1) wskazuje, że zawartość Zn pozostaje w nich na zbliżonym poziomie. W poszczególnych gminach średnia zawartość cynku kształtowała się w granicach od 47,17 mg · kg⁻¹ w gminie Ząbkowice Śląskie do 77,55 mg · kg⁻¹ w gminie Złoty Stok.

Zawartość miedzi

Zawartość miedzi we wszystkich badanych próbkach z gruntów ornych powiatu ząbkowickiego mieściła się w granicach od 8,4 do 41,1 mg · kg⁻¹. Mediana zawartości miedzi wynosiła w odniesieniu do wszystkich wyników 14,0 mg · kg⁻¹, a odchylenie standardowe 5,8 mg · kg⁻¹ (tab. 1). Wartość dopuszczalna określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby (Rozporządzenie... 2002), wynosząca dla gruntów grupy B – 150 mg · kg⁻¹, nie została zatem przekroczona w żadnym z badanych punktów. W przypadku wytycznych IUNG (Kabata-Pendias i wsp. 1995) zawartość Cu była w 88 badanych próbkach na poziomie naturalnym (stopień 0) i w 6 próbkach na poziomie zawartości podwyższonej (stopień I). Podwyższone zawartości miedzi występowały w gminach Złoty Stok (4), Stoszowice (1) i Ząbkowice Śląskie (1). Typowe wartości koncentracji miedzi w glebach pyłowych i gliniastych, a także w większości występują w powiecie ząbkowickim, wynoszą 8–54 mg · kg⁻¹ ze średnią około 20 mg · kg⁻¹ (Kabata-Pendias 2010). Spośród 94 przebadanych punktów typowe koncentracje miedzi nie były przekroczone w żadnym przypadku. Średnia zawartość Cu we wszystkich przebadanych próbkach wynosiła 15,49 mg · kg⁻¹, co oznacza naturalną zawartość tego metalu w glebach powiatu ząbkowickiego. Rozkład zawartości miedzi w glebach powiatu przedstawiono na rysunku 2.

Tabela 1
Tabela 1

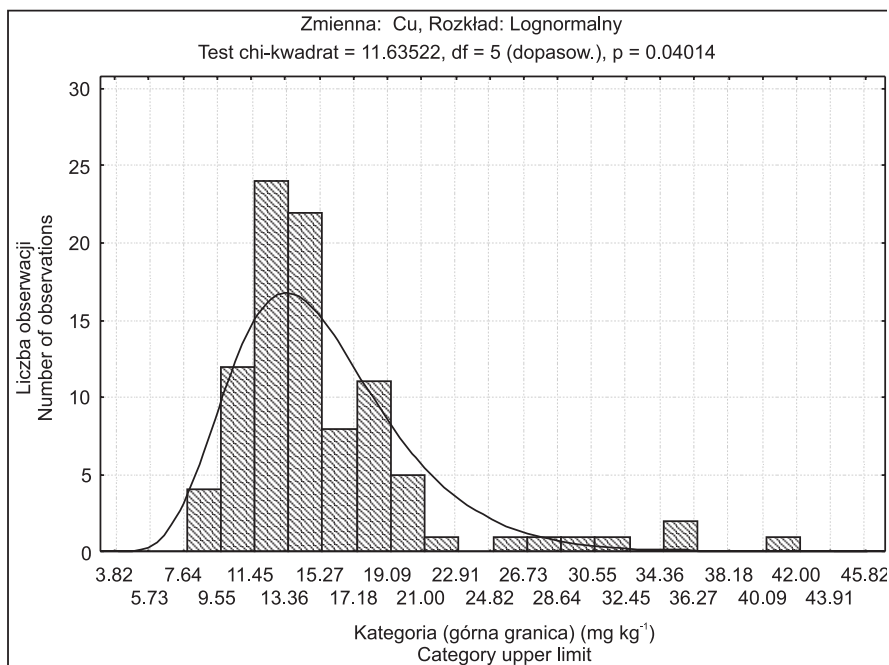
Zawartości badanych metali ciężkich oraz pH gleb w poszczególnych gminach powiatu ząbkowickiego
Concentrations of heavy metals and soils pH in selected communes of ząbkowicki district

Gmina Commune	Całkowite zawartości poszczególnych metali ciężkich (mg·kg ⁻¹) Total content of individual heavy metals										pH
	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Hg	As				
Ząbkowice Śląskie	9,50–35,10 14,64*; 13,95** 4,50***	30,80–78,50 47,17; 45,25 9,71	16,40–148,20 37,50; 36,25 21,11	20,00–208,50 39,61; 31,50 31,76	0,00–3,55 1,19; 0,93 0,87	0,03–0,15 0,05; 0,05 0,02	2,95–11,70 8,93; 7,90 1,87	4,00–7,50 5,4** 0,77***			
Miasto Ząbkowice	13,90–22,20 18,27; 18,70 4,17	42,70–68,30 54,70; 53,10 12,87	31,00–99,70 54,00; 31,25 39,58	24,20–40,70 30,03; 25,20 9,25	0,00–1,80 0,78; 0,55 0,92	0,09–0,17 0,14; 0,14 0,04	6,45–9,85 7,98; 7,65 1,72	5,40–5,60 5,4 0,12			
Stoszowice	12,00–25,20 14,99; 13,60 3,39	38,40–103,50 58,39; 55,20 14,82	14,60–64,40 30,81; 28,95 12,62	11,10–37,20 24,94; 24,40 6,97	0,00–5,55 0,95; 0,88 1,15	0,04–0,30 0,07; 0,06 0,05	5,50–15,95 8,66; 8,70 2,1	3,80–6,50 5,15 0,79			
Kamieniec Ząbkowicki	8,50–20,10 13,74; 12,90 4,42	36,30–107,40 61,12; 57,00 21,57	16,60–50,00 29,61; 26,40 10,70	11,60–32,00 24,01; 28,20 7,84	0,00–1,25 0,70; 0,60 0,40	0,02–0,12 0,06; 0,05 0,03	11,20–46,40 21,81; 16,80 11,64	4,80–6,50 5,2 0,82			
Złoty Stok	8,40–41,10 21,27; 16,40 11,45	41,10–120,90 77,55; 69,10 24,36	23,60–76,70 47,41; 45,70 14,29	10,40–40,80 25,28; 19,80 10,56	0,00–1,750 0,86; 0,85 0,57	0,04–0,30 0,07; 0,05 0,07	21,20–526,40 140,10; 77,45 145,92	3,80–6,30 4,9 0,73			
Miasto Złoty Stok	13,10–14,90 14,20; 14,60 0,96	37,70–67,50 52,97; 53,70 14,91	28,20–60,70 45,23; 46,80 16,31	17,40–21,60 18,80; 17,40 2,42	0,45–0,90 0,73; 0,85 0,25	0,07–0,11 0,09; 0,08 0,02	231,40–569,45 358,43; 274,45 184,01	5,10–6,90 5,7 0,92			
Łącznie gminy	8,40–41,10 15,49; 14,00 5,80	30,80–120,90 55,41; 49,25 17,65	14,60–148,20 36,94; 32,25 18,86	10,40–208,20 31,57; 28,05 23,53	0,00–5,55 1,01; 0,85 0,87	0,02–0,30 0,06; 0,05 0,04	2,95–569,45 36,42; 8,95 90,92	3,80–7,50 5,3 0,79			

wartości min-max – values min-max

*średnia – average; **mediana – median

***odchylenie standardowe – standard deviation



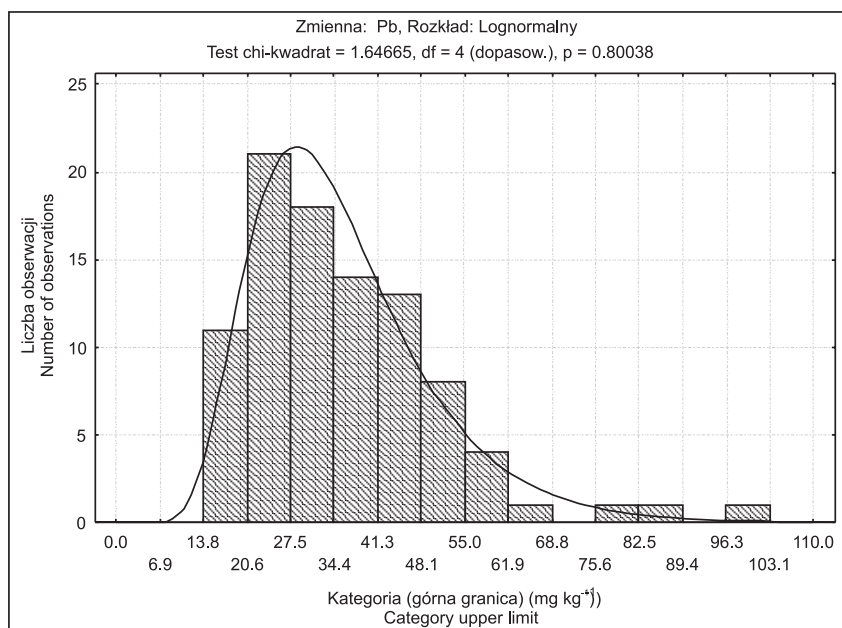
Rys. 2. Rozkład zawartości miedzi w glebach użytków rolnych powiatu ząbkowickiego
Fig. 2. Copper concentrations distribution in the agricultural lands of ząbkowicki district

Analiza średnich zawartości miedzi obliczonych w przypadku próbek pobranych z poszczególnych gmin (tab. 1) wskazała, że zawartość Cu pozostaje w nich na zbliżonym poziomie. W poszczególnych gminach średnia zawartość miedzi kształtowała się w granicach od 13,74 mg · kg⁻¹ w gminie Kamieniec Ząbkowicki do 21,27 mg · kg⁻¹ w gminy Złoty Stok.

Zawartość ołowiu

Zawartość ołowiu we wszystkich badanych próbkach z gruntów ornych powiatu ząbkowickiego mieściła się w granicach od 14,6 do 148,2 mg · kg⁻¹. Mediana zawartości ołowiu wynosiła w odniesieniu do wszystkich wyników 32,25 mg · kg⁻¹, a odchylenie standardowe 18,86 mg · kg⁻¹ (tab. 1). Wartość dopuszczalna określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby wynosząca dla gruntów grupy B – 100 mg · kg⁻¹ została przekroczona w jednym z badanych punktów. W przypadku wytycznych IUNG zawartość Pb była w 81 badanych próbkach na poziomie naturalnym (stopień 0) i w 13 próbkach na poziomie zawartości podwyższonej (stopień I). Podwyższone zawartości ołowiu występowały w gminach Ząbkowice Śląskie (3), miasto Ząbkowice Śląskie (1), Stoszowice (2), Kamieniec Ząbkowicki (1), Złoty Stok (5) i miasto Złoty Stok (1). Typowe wartości koncentracji ołowiu w glebach pyłowych i gliniastych wynoszą 14–52 mg · kg⁻¹ ze średnią około 25 mg · kg⁻¹ (Kabata-Pendias 2010).

Spśród 94 przebadanych punktów typowe koncentracje były przekroczone w 10 próbkach pochodzących z obrębów: Brodziszów (1), Braszowice (1), Olbrachcie (1) – gmina Ząbkowice, miasto Ząbkowice (1), Budzów (1) – gmina Stoszowice, Błotnica (1), Płonica (1), Mąkolno (2) – gminy Złoty Stok oraz miasto Złoty Stok (1). Średnia zawartość ołowiu we wszystkich przebadanych próbkach wynosiła $36,94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Rozkład zawartości ołowiu w glebach powiatu przedstawiono na rysunku 3. Analiza średnich zawartości ołowiu obliczonych w przypadku próbek pobranych z poszczególnych gmin (tab. 1) wskazała, że zawartość Pb pozostaje w nich na zbliżonym poziomie, z wyjątkiem miasta i gminy Złoty Stok, gdzie była wyższa niż w pozostałych rejonach. W poszczególnych gminach średnia zawartość ołowiu kształtowała się w granicach od $29,61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w gminie Kamieniec Ząbkowicki do $54,00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w mieście Ząbkowice Śląskie.



Rys. 3. Rozkład zawartości ołowiu w glebach użytków rolnych powiatu ząbkowickiego
Fig. 3. Lead concentrations distribution in the agricultural lands of ząbkowicki district

Zawartość niklu

Zawartość niklu w badanych próbkach z gruntów orných powiatu ząbkowickiego mieściła się w granicach od $10,4$ do $208,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Mediana zawartości niklu wynosiła w odniesieniu do wszystkich wyników $28,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a odchylenie standardowe $23,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1). Wartość dopuszczalna określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby wynosząca dla gruntów grupy B – $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ została przekroczona w obydwu próbkach z obrębu Szklary – gmina Ząbkowice. W przypadku wytycznych IUNG zawartość Ni była w 59 badanych próbkach na poziomie

naturalnym (stopień 0), w 31 próbkach na poziomie zawartości podwyższonej (stopień I), w 2 próbkach na poziomie odpowiadającym słabemu zanieczyszczeniu gleb (stopień II), w 1 próbce na poziomie odpowiadającym średniemu zanieczyszczeniu gleb (stopień III) oraz w 1 próbce na poziomie odpowiadającym silnemu zanieczyszczeniu gleb (stopień IV). Gleby zanieczyszczone niklem występowały tylko w gminie Ząbkowice Śląskie w obrębie Szklary, natomiast podwyższone zawartości niklu pojawiały się zarówno w wymienionej gminie, jak i w pozostałych badanych gminach. Typowe wartości koncentracji niklu w glebach pyłowych wynoszą 7–70 mg · kg⁻¹, a w glebach gliniastych 10–104 mg · kg⁻¹, ze średnią około 19 mg · kg⁻¹ (Kabata-Pendias 2010). Spośród 94 punktów typowe koncentracje były przekroczone tylko w wymienionych powyżej punktach z obrębu Szklary. Średnia zawartość niklu we wszystkich przebadanych próbkach wynosiła 31,57 mg · kg⁻¹. Analiza średnich zawartości niklu obliczonych w przypadku próbek pobranych z poszczególnych gmin (tab. 1) wskazała, że zawartość Ni pozostaje w nich na zbliżonym poziomie. W poszczególnych gminach średnia zawartość tego pierwiastka kształtowała się w granicach od 18,8 mg · kg⁻¹ w mieście Złoty Stok do 39,61 mg · kg⁻¹ w gminie Ząbkowice Śląskie. Podwyższona wartość średniej koncentracji niklu w gminie Ząbkowice wynika z faktu, że wzięto pod uwagę dwie wymienione próbki z obrębu Szklary. Po ich wykluczeniu wartość średnia dla gminy Ząbkowice wynosi 33,19 mg · kg⁻¹, a zatem tylko nieznacznie odbiega od wartości dla pozostałych gmin.

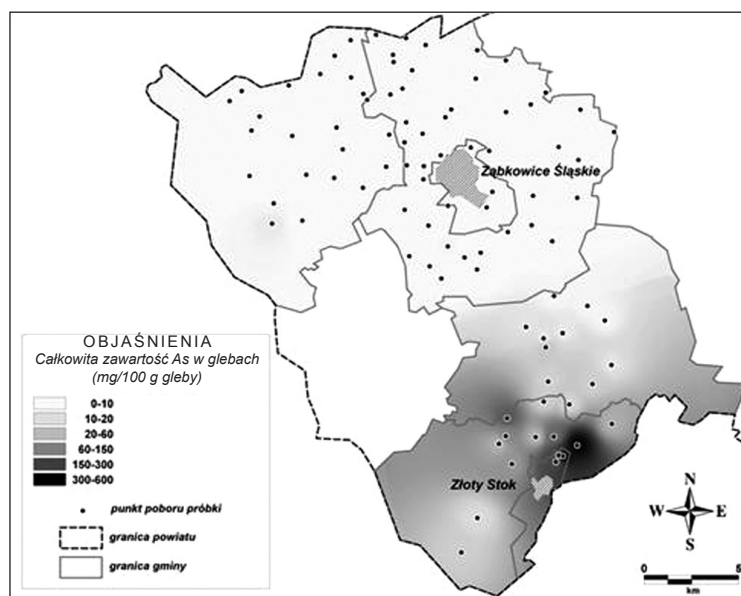
Zawartość kadmu

Zawartość kadmu we wszystkich badanych próbkach pobranych z gruntów ornych powiatu ząbkowickiego mieściła się w granicach od wartości poniżej poziomu detekcji zastosowanej metody do 5,55 mg · kg⁻¹. Mediana zawartości kadmu wynosiła w odniesieniu do wszystkich wyników 0,85 mg · kg⁻¹, a odchylenie standardowe 0,87 mg · kg⁻¹ (tab. 1). Wartość dopuszczalna określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby (Rozporządzenie... 2002) wynosząca dla gruntów grupy B – 4,0 mg · kg⁻¹ została przekroczona w jednym spośród badanych punktów w obrębie Przedborowa gminy Stoszowice. Przekroczenie miało charakter incydentalny, a wartości w punktach najbliższych pozostają na niskim poziomie, a nawet poniżej progu detekcji. W przypadku wytycznych IUNG zawartości Cd były w 34 badanych próbkach na poziomie naturalnym (stopień 0), w 47 na poziomie zawartości podwyższonej (stopień I), w 11 próbkach na poziomie odpowiadającym słabemu zanieczyszczeniu gleb (stopień II), w 1 próbce na poziomie odpowiadającym średniemu zanieczyszczeniu (stopień III) oraz w 1 próbce na poziomie odpowiadającym silnemu zanieczyszczeniu (stopień IV). Gleby zanieczyszczone kadmem (stopień II, III i IV) występowały w gminach: Ząbkowice Śląskie (9 próbek), miasto Ząbkowice Śląskie (1 próbka), Stoszowice (1 próbka) oraz Złoty Stok (2 próbki), natomiast podwyższone zawartości kadmu pojawiały się we wszystkich gminach. Typowe wartości koncentracji Cd w poziomach powierzchniowych w glebach pyłowych i gliniastych z niezanieczyszczonych rejonów Polski wynoszą 0,04–0,8 mg · kg⁻¹, ze średnią około 0,25 mg · kg⁻¹ (Kabata-Pendias 2010). Spośród 94 przebadanych punktów typowe koncentracje były przekroczone w 51 punktach. Średnia zawartość kadmu we wszystkich przebadanych próbkach wynosiła 1,01 mg · kg⁻¹. Jest to minimalnie powyżej wartości naturalnej w odniesieniu do gleb niezanieczyszczonych, ale w dalszym

ciągu zdecydowanie poniżej standardu w gruntach grupy B. Analiza średnich zawartości tego pierwiastka obliczonych w przypadku próbek pobranych z poszczególnych gmin (tab. 1) wskazała, że zawartość Cd pozostaje w nich na zbliżonym poziomie. W poszczególnych gminach średnia zawartość kadmu kształtowała się w granicach od 0,70 mg · kg⁻¹ w gminie Kamieniec Ząbkowicki do 1,19 mg · kg⁻¹ w gminie Ząbkowice Śląskie.

Zawartość arsenu

Zawartość arsenu we wszystkich badanych próbkach z gruntów ornych powiatu ząbkowickiego mieściła się w granicach od 3,0 do 569,5 mg · kg⁻¹ (rys. 4). Mediana zawartości arsenu wynosiła 9,0 mg · kg⁻¹, a odchylenie standardowe 90,9 mg · kg⁻¹. Wartość dopuszczalna określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby (Rozporządzenie... 2002) wynosząca dla gruntów grupy B – 20,0 mg · kg⁻¹ została przekroczona w 17 spośród badanych punktów należących do obrębów Kamieniec Ząbkowicki (1), Sławęcín (2) i Sosnowa (1) w gminie Kamieniec Ząbkowicki oraz do obrębów Błotnica (2) Płonica (3), Chwalisław (1) i Mąkolno (4) w gminie Złoty Stok oraz obrębu miejskiego Złoty Stok (3). Na terenie gminy Złoty Stok wszystkie przebadane próbki wykazały zanieczyszczenie arsenem. Typowe wartości koncentracji As w poziomach powierzchniowych gleb pyłowych i gliniastych z niezanieczyszczonych rejonów Polski nie przekraczają 5,0 mg · kg⁻¹ (Kabata-Pendias 2010). Spośród 94 przebadanych punktów typowe koncentracje były zatem przekroczone aż w 91 punktach. Nie należy tego faktu interpretować jednak jako występowanie zanieczyszczeń na obszarze całego powiatu. Było to rezultatem podwyższonego tła geochemicznego, natomiast zanieczyszczenie arsenem ograniczało się do rejonu miasta i gminy Złoty Stok oraz części przyległej gminy Kamieniec Ząbkowicki. Średnia zawartość arsenu we wszystkich przebadanych próbkach wynosiła 36,4 mg · kg⁻¹. Była to wartość wyższa od standardu dla gruntów grupy B, niemniej jednak na wartość średnią składały się tutaj wysokie wartości z obszaru wspomnianej gminy i miasta Złoty Stok i pozostające poniżej standardu lub zbliżone do niego wartości w próbkach z pozostałych gmin powiatu ząbkowickiego. Analiza średnich zawartości arsenu obliczonych w przypadku próbek pobranych z poszczególnych gmin (tab. 1) potwierdzają opisane powyżej tendencje. Najniższa średnia zawartość arsenu wystąpiła w mieście Ząbkowice, gdzie wynosiła 7,98 mg · kg⁻¹. W gminach Ząbkowice Śląskie i Stoszowice średnie zawartości As pozostawały na poziomie poniżej 10,0 mg · kg⁻¹, w gminie Kamieniec Ząbkowicki średnia zawartość arsenu stanowiła 21,81 mg · kg⁻¹, natomiast w gminie Złoty Stok i mieście Złoty Stok średnie zawartości tego pierwiastka wynosiły odpowiednio 140,1 oraz 358,43 mg · kg⁻¹.



Rys. 4. Całkowite zawartości arsenu w glebach użytków rolnych powiatu żabkowickiego
Fig. 4. Arsenic total contents in the soils of agricultural lands of żabkowicki district

DYSKUSJA

Na terenie powiatu żabkowickiego w trakcie przeprowadzonych badań zlokalizowano dwa rejonu zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi. Pierwszym rejonem zanieczyszczonym był obszar dawnego wydobycia niklu w miejscowości Szklary (Madziarz 2004), gdzie w dwóch pobranych próbkach wykazano zanieczyszczenie gleb niklem (średnie i silne zanieczyszczenie wg wytycznych IUNG). Ponadto podwyższone zawartości niklu stwierdzono w kilku próbkach z przyległych obrębów Sulisławice, Brodziszów i Bobolice. W zasadzie, zanieczyszczeniu Ni nie towarzyszyły zanieczyszczenia innymi metalami, ale w jednej z próbek zaobserwowano słabe zanieczyszczenie kadmem (wg IUNG). Standard w przypadku zawartości niklu dla gruntów grupy B przekroczony był tylko dla 2 wspomnianych próbek z obrębu Szary (Rozporządzenie... 2002).

Drugi rejon to obszar wydobycia rud arsenu i złota w okolicach Złotego Stoku. Stwierdzone koncentracje arsenu przekraczały wielokrotnie uznawany za naturalny poziom $5,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Kabata-Pendias 2010), a także koncentracje raportowane w odniesieniu do gleb pozostających w warunkach antropopresji przemysłowej $13,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (gleby w otoczeniu elektrociepłowni) (Ptak 2007). Koncentracje te były na poziomie porównywalnym z podawanymi w przypadku otoczenia kopalni rud cynkowo-olowiowych w rejonie Olkusza ($213\text{--}278 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Kicińska 2009). Występowanie jeszcze wyższych koncentracji As na poziomie $272\text{--}15\ 800 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ wykazały w rejonie Złotego Stoku Krysiak i Karczevska (2007) oraz Karczevska i Duszyńska (2007) ($250\text{--}2960 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Na badanym obszarze stwierdzono także dwa incydentalne przekroczenia standardów w gruntach grupy B (Rozporządzenie... 2002). Nastąpiło przekroczenie zawartości ołowiu w obrębie Olbrachcice oraz przekroczenie zawartości kadmu w obrębie Przedborowa. W pierwszym przypadku podmiotem odpowiedzialnym może być zlokalizowana w pobliżu lakiernia; w drugim przyczyna jest nieustalona. Niewielka wartość tych przekroczeń oraz brak przekroczenia standardów w punktach sąsiadujących wskazują na ich lokalny charakter.

Analiza rozkładu zawartości poszczególnych metali w glebach użytków rolnych powiatu ząbkowickiego wykazała, iż żaden z badanych pierwiastków śladowych nie cechował się rozkładem normalnym. Podobną asymetrię rozkładu wykazali dla innych rejonów (Namysłowska-Wilczyńska, Wilczyński 1997, Shi i wsp. 2007). W przypadku Cd, Pb i Ni nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy, że ich zawartości odpowiadały rozkładowi logarytmiczno-normalnemu, co obrazuje przykładowy wykres dla ołowiu (rys. 3). Podobnie logarytmiczno-normalny rozkład zawartości Pb i Ni stwierdzili Diamond i wsp. (2009) dla Pb i Ni w badaniach nad glebami Kalifornii. Z kolei rozkład zawartości Zn, Cu, As i Hg w sposób istotny odbiega od rozkładu logarytmiczno-normalnego, przykładem czego jest zamieszczony wykres dla miedzi (rys. 2).

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować kilka wniosków o bardziej ogólnym charakterze dotyczących stanu gleb na terenie powiatu ząbkowickiego:

1. Na obszarze powiatu ząbkowickiego nie wykazano przekroczenia standardów wyznaczonych przez Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w przypadku zawartości cynku i miedzi.

2. Stwierdzono występowanie pojedynczych przekroczeń standardu w zawartości ołowiu (1 punkt badawczy) oraz kadmu (również 1 punkt). Przekroczenia te miały charakter incydentalny i nie towarzyszyła im nawet podwyższona zawartość tych pierwiastków w punktach przyległych.

3. W 2 próbkach z obrębu Szklary nastąpiło przekroczenie standardu w zawartości niklu, co było związane z działaniem w przeszłości kopalni rudy i huty niklu. Jednocześnie w punktach położonych najbliżej stwierdzono podwyższone zawartości tego pierwiastka.

4. Badania wskazały na przekroczenie standardu w przypadku zawartości arsenu w 14 punktach badawczych zlokalizowanych na terenie gminy miejsko-wiejskiej Złoty Stok, a także w 4 spośród 11 punktów badawczych z terenu przyległej gminy Kamieniec Ząbkowicki. Przekroczenia te związane są z datującą się od średniowiecza eksploatacją rud arsenowych, z których pozyskiwano złoto, a następnie wytwarzano arsenik.

5. W odniesieniu do wytycznych podanych przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach gleby powiatu ząbkowickiego charakteryzują się w większości naturalną zawartością Zn, Cu oraz Pb. W przypadku niklu 37% próbek charakteryzuje się podwyższoną zawartością tego pierwiastka, a dwie, wspomniane powyżej próbki, wykazują odpowiednio średnie i duże zanieczyszczenie.

6. Gleby powiatu ząbkowickiego cechują się wysokim udziałem gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych. Odzwierciedla to charakter skał macierzystych oraz niedostatki w wapnowaniu gleb.

PIŚMIENNICTWO

- Diamond D., Baskin D., Brown D., Lund L., Najita J., Javandel I., 2009. Analysis of Background Distributions of Metals in the Soil, Lawrence Berkeley National Laboratory Environmental Restoration Program, June 2002 Revised April 2009: 31.
- Shi J., Wang H., Xu J., Wu J., Liu X., Zhu H., Yu Ch., 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing, China. *Environmental Geology*, 52: 1–10.
- Kabata-Pendias A., 2010. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch Cz., 1995. Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Karczewska A., Duszyńska D., 2007. Metale ciężkie i arsen w powierzchniowych poziomach gleb leśnych złotego jaru na obszarze dawnego górnictwa złota i arsenu w Złotym Stoku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 520: 101–106.
- Karczewska A., 2002. Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi – formy i rozpuszczalność. *Rozprawa habilitacyjna. Zesz. Nauk. AR Wroc. Rozprawy CLXXXIV, Wydział Rolniczy, Nr 432: 159.*
- Krysiak A., Karczewska A., 2007. *Science of Total Environment*. Arsenic extractability in soils in the areas of former arsenic mining and smelting, SW Poland, No 379, (2–3): 190–200.
- Kicińska A., 2009. Arsen i tal w glebach i roślinach rejonu Bukowna. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40: 199–208.
- Łuszczkiewicz A., 2006. Badania odpadów technologicznych z dawnej działalności górnictwej i hutniczej w rejonie Złotego Stoku. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 117, Studia i Materiały 32: 179–191.*
- Madziarz M., 2004. Relikty dawnych robót górniczych na Dolnym Śląsku jako źródło wiedzy o rozwoju techniki eksploatacji złóż. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Nr 106, Studia i Materiały, 30: 187–196.*
- Namysłowska-Wilczyńska B., Wilczyński A., 1997. Badania geostatystyczne zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi w wybranych rejonach Górnego Śląska. *Ochrona Środowiska (2–65): 9–18.*
- Ptak A., 2007. Czynniki kształtujące zawartość i formy arsenu w glebach aglomeracji lubelskiej. *Acta Agrophysica*, 149, *Rozprawy i Monografie*, 3: 95.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. 2002. *Dz. U. nr 165 poz. 1359.*
- Strategia Rozwoju Obszarów Wiejskich Województwa Dolnośląskiego, Urząd Marszałkowski 2001.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K., 1995. Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 418: 45–59.

TOTAL CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS AT THE AREA OF ZĄBKOWICE ŚLĄSKIE DISTRICT

Summary

The aim of this work was to analyze the total concentration and spatial distribution of heavy metals in soils located in the Ząbkowice Śląskie district in the connection with the sources of pollution. The analyzed arable land soils were developed from: silts, silty loams and a smaller part of them from loams. There are above 63% strongly acid and acid soils.

The occurrence of single exceedances of standards for the content of Pb, Cd, and Cd was found. The existence of soil contamination with nickel in the surroundings of the former nickel smelter in the town Szklary and arsenic in the municipality of Złoty Stok and southern part of Kamieniec Ząbkowicki at former mining and processing of arsenic ore area was also found.

KEY WORDS: heavy metals, soil, plant, arable lands, Ząbkowice Śląskie district

**Marcin Kozak, Władysław Malarz, Andrzej Kotecki,
Magdalena Serafin-Andrzejewska**

**WPŁYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM
NA ROZWÓJ, PLONOWANIE I SKŁAD CHEMICZNY
NASION AMARANTUSA UPRAWNEGO**

**THE EFFECT OF DIFFERENT NITROGEN FERTILIZATION
ON GROWTH AND YIELDING OF *AMARANTHUS***

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

W latach 2006–2007 na polach doświadczalnych Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie założone w układzie „split-plot”, w którym badano: I – odmiany amarantusa uprawnego (Aztek, Rawa) i II – zróżnicowane nawożenie azotem w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (60 – przed siewem; 60 – przed siewem + 30 w fazie formowania pędów; 60 – przed siewem + 30 w fazie formowania pędów + 30 w fazie formowania kwiatostanów).

Odmiana Aztek, w porównaniu z Rawą, charakteryzowała się wyższą wysokością roślin, długością kwiatostanu, masą nasion z 1 rośliny, plonem nasion oraz wydajnością tłuszczu surowego i białka ogółem.

Wzrastające nawożenie azotem przyczyniło się do zwiększenia wysokości roślin i osadzenia kwiatostanu, długości kwiatostanu, masy nasion z 1 rośliny, a także plonu nasion oraz wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem.

Skład kwasów tłuszczowych w oleju uzyskanym z nasion amarantusa zależał w największym stopniu od cech odmianowych, a w dalszej kolejności uwarunkowany był przebiegiem pogody w latach badań i poziomem nawożenia azotem. W oleju najwięcej było nienasyconych kwasów tłuszczowych, wśród których dominował kwas linolenowy i oleinowy. Stosunek kwasu linolenowego do linolenowego jest w oleju amarantusa niekorzystny.

SŁOWA KLUCZOWE: amarantus uprawny, odmiany, nawożenie N, plony, skład chemiczny nasion

Do cytowania – For citation: Kozak M., Malarz W., Kotecki A., Serafin-Andrzejewska M., 2011. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie i skład chemiczny nasion amarantusa uprawnego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 79–94.

WSTĘP

Amarantus uprawny syn. spożywczy (*Amaranthus cruentus* L.) – należy do grupy najstarszych roślin uprawnych świata, znanych w Ameryce Południowej od 5 tysięcy lat. Istnieje teoria, że jest pierwszą rośliną uprawianą przez człowieka, starszą nawet od kukurydzy (Nalborczyk 1995, Bobel i Sokół 2002).

W Polsce pierwsze próby wprowadzenia do uprawy tej rośliny zapoczątkował w latach 80. XX wieku Nalborczyk, który przywiózł z Chile nasiona amarantusa. Od tego czasu bardzo intensywnie rozwija się hodowla tego gatunku. Dotychczas wyhodowano dwie odmiany amarantusa Aztek i Rawa. Aktualnie w Polsce amarantus uprawiany jest na powierzchni około 100 ha, głównie w województwach południowo-wschodnich, a możliwości jego plonowania kształtują się w granicach od 1,5 do 3,0 t nasion z 1 ha.

Za wprowadzeniem amarantusa do szerszej uprawy w naszym kraju przemawiają jego walory dietetyczne i zdrowotne, gdyż nasiona są źródłem cennych składników pokarmowych (Nalborczyk i wsp. 1994, Malewska 1995, Nalborczyk 1995, Rekiel 1994). Nasiona zawierają 11–20% białka ogółem, ponad 60% węglowodanów, 7,5% tłuszczu surowego i 4,2% włókna surowego (Calderon i wsp. 1991, Rekiel 1994, Artyszak 1994, Kaul i wsp. 1995).

Białko nasion amarantusa ma wysoką wartość ze względu na obecność w nim wszystkich aminokwasów egzogennych (Saunders i Becker 1984, Lehmann 1989, Malewska 1995, Matuska 1996). Na szczególne podkreślenie zasługuje wysoka zawartość w białku nie tylko lizyny, ale również aminokwasów zawierających siarkę (metioniny, cysteiny i cystyny).

Rośliny amarantusa silnie reagują na nawożenie azotem (Chakhatrakan i wsp. 1994, Apaza-Gutierrez i wsp. 2002, Schulte i wsp. 2005). Przenawożenie powoduje nadmierny rozwój części wegetatywnych i wyleganie roślin przed wykształceniem nasion (Nalborczyk 1995). Schulte i wsp. (2005) uważają, że bez względu na odmianę wysoki plon nasion uzyskuje się przy zastosowaniu 80 kg N ha⁻¹. Bobrzecka i wsp. (1998) nie wykazali wpływu dolistnego nawożenia azotem na wysokość plonu nasion przy podziale dawki 165 kg N · ha⁻¹ na: 65 kg · ha⁻¹ przedsiwnie, 60 kg · ha⁻¹ pogłównie w fazie 5–6 liścia i 40 kg · ha⁻¹ pogłównie lub dolistnie w okresie tworzenia kwiatostanów.

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie oraz kształtowanie profilu kwasów tłuszczowych dwóch odmian amarantusa uprawnego.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2006–2007 na polach doświadczalnych Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie założone w układzie „split-plot”, w którym badano: I – odmiany amarantusa uprawnego (Aztek, Rawa) i II – zróżnicowane nawożenie azotem w kg · ha⁻¹ (60 – przed siewem; 60 – przed siewem + 30 w fazie formowania pędów; 60 – przed siewem + 30

w fazie formowania pędów + 30 w fazie formowania kwiatostanów). Powierzchnia poletka wynosiła 16 m².

Doświadczenie zakładano na glebie typu płowego, podtypu typowe, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej, zaliczanej do kompleksu przydatności rolniczej pszenego dobrego, klasy bonitacyjnej III b.

Przed założeniem doświadczenia rokrocznie pobierano do analiz chemicznych próbki gleby i oznaczano w nich zawartość fosforu, potasu, magnezu oraz pH gleby. Zasobność w składniki mineralne i odczyn gleby kształtowały się następująco: P – od wysokiej do bardzo wysokiej, K – od średniej do wysokiej, Mg – od średniej do wysokiej, pH gleby – lekko kwaśne.

Przedplonem dla amarantusa uprawnego był owies siewny. Po zbiorze przedplonu wykonano pełny zespół uprawek późniowych, a następnie orkę przedzimową.

Wiosenne prace polowe (06.04.2006, 26.03.2007) rozpoczęto od wyrównania pola za pomocą agregatu uprawowego składającego się z kultywatora sprężynowego i wału strunowego.

Przed założeniem doświadczenia zastosowano nawożenie mineralne (kg · ha⁻¹): 60 N (mocznik 46%), 60 P₂O₅ (superfosfat potrójny 46%) i 100 K₂O (sól potasowa 60%).

Siew nasion o pełnej wartości użytkowej, w ilości 1 kg · ha⁻¹, wykonano siewnikiem poletkowym (Tool Carrier 2700) w 2006 r. 9 maja, natomiast w 2007 r. 22 maja, ze względu na niekorzystny przebieg pogody na przełomie kwietnia i maja. Rozstawa rzędów wynosiła 40 cm, a głębokość siewu 1–1,5 cm. Chwasty zwalczano mechanicznie opiętlaczem. W wyniku przeprowadzonych zabiegów zachwaszczenie doświadczenia było średnie, co było uwarunkowane powolnym rozwojem roślin w początkowym okresie ich wegetacji.

Spośród chwastów występowały przede wszystkim: komosa biała (*Chenopodium album* L.), tobołki polne (*Thlaspi arvense* L.) i tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris* L.) Med.), a z jednoliściennych chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli* L.).

Pogłówne nawożenie azotem wykonywano zgodnie z metodyką doświadczenia.

W 2006 r. średnia temperatura powietrza w I dekadzie maja wyniosła 14°C, co sprzyjało równomiernym wschodom roślin, które miały miejsce po 14 dniach od siewu (tab. 1). Średnie miesięczne temperatury maja, czerwca i lipca były wyższe od średnich wieloletnich odpowiednio o 0,4, 1,8, i 4,9°C (tab. 2). W tym okresie rośliny amarantusa wytworzyły 6–7 liści, a następnie formowały pędy. Pierwsza rozpoczęła kwitnienie odmiana Rawa – 49 dni od siewu, a po kolejnych 3 dniach Aztek. Z powodu suszy okres kwitnienia obydwu odmian uległ skróceniu. Jedynym miesiącem o nieznacznie niższej temperaturze w porównaniu ze średnią wieloletnią był sierpień, w którym rośliny wykształcały nasiona w kwiatostanach. Sezon wegetacyjny 2006 był bardzo niekorzystny pod względem opadów. Przez większą część okresu wegetacji panowała susza, która ujemnie wpływała na obfitość kwitnienia i zawiązywanie nasion.

W maju opady były niewielkie, a suma miesięczna wyniosła zaledwie 15,9 mm, podczas gdy średnie wieloletnie wyniosły 49,9 mm. Małe opady (12,0 mm) występujące w lipcu, niższe od średnich wieloletnich o 63,4 mm, nie poprawiły sytuacji wilgotnościowej (tab. 2). Jednak amarantus, dzięki m.in. dobrze rozwiniętemu systemowi korzeniowemu, jest przystosowany do przetrzymywania suszy.

Tabela 1

Table 1

Rozwój roślin amarantusa uprawnego w roku 2006
Development of amaranth plants in 2006

Fazy rozwojowe Growths stages	Aztek		Rawa	
	Data początku fazy Starting date of the phase	Liczba dni od siewu Number of days from sowing	Data początku fazy Starting date of the phase	Liczba dni od siewu Number of days from sowing
Siew – Sowing	09.05	–	09.05	–
Wschody – Emergence	23.05	14	23.05	14
1–2 liście właściwe 1–2 leaves	29.05	20	29.05	20
3–4 liście właściwe 3–4 leaves	05.06	27	05.06	27
5–6 liści właściwych 5–6 leaves	14.06	36	13.06	35
Formowanie pędu Stem formation	19.06	41	16.06	38
Ukazywanie kwiatostanów Inflorescence showing	26.06	48	22.06	44
Początek kwitnienia Start of flowering	30.06	52	27.06	49
Pełnia kwitnienia Full flowering	07.07	59	05.07	57
Koniec kwitnienia End of flowering	17.07	69	14.07	66
Wykształcanie nasion Seeds formation	24.07	76	19.07	71
Dojrzałość pełna Full maturity	15.11	190	13.11	188
Zbiór – Harvest	07.12	212	07.12	212

Okres wykształcania i dojrzewania nasion (sierpień) przypadł na czas, gdy suma opadów była wysoka. Przyczyniło się to do opóźnienia dojrzewania i w konsekwencji skutkowało koniecznością wykonania zbioru w I dekadzie grudnia.

Zmienny przebieg pogody na przełomie III dekady kwietnia i I dekady maja 2007 r. spowodował opóźnienie siewu amarantusa (tab. 3 i 4). Dzięki opadom w II dekadzie maja na poziomie 24,5 mm i średniej temperaturze powietrza wynoszącej 14,9°C, mimo opóźnionego terminu siewu, u obydwu badanych odmian, wschody roślin miały miejsce już po 12 dniach (tab. 3). Średnie miesięczne temperatury maja, czerwca, lipca i sierpnia były wyższe od średnich wieloletnich odpowiednio o 2,1, 2,3, 0,5, 1,0°C, natomiast średnie miesięczne opady marca 48,8 mm, czerwca 69,2 mm, lipca 92,4 mm i września 46,1 mm były wyższe od średnich wieloletnich odpowiednio o 17,1, 9,7, 13,5 i 0,8 mm (tab. 4).

Tabela 2
Table 2Średnie dekadowe temperatury i sumy opadów 2006 roku
Mean decade temperature and total precipitation in 2006 year

Miesiąc – Month	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dekada – Decade									
Temperatura (°C) – Temperature									
I	7,5	14,0	13,0	22,4	17,8	16,8	12,8	5,6	7,1
II	9,7	15,5	20,7	22,9	18,4	16,5	8,8	7,9	3,9
III	12,5	13,5	21,6	24,7	15,8	15,1	11,4	6,5	2,2
Średnie miesięczne – Monthly means	9,9	14,3	18,5	23,4	17,3	16,1	11,0	6,7	4,3
Średnie wieloletnie za lata 1961–2000 Multiyear means for 1961–2000	8,3	13,6	16,8	18,3	17,6	13,6	9,0	3,8	0,1
Opady (mm) – Precipitation									
I	11,5	4,6	7,3	5,2	111,2	13,3	30,5	47,5	17,1
II	5,2	7,9	12,7	3,9	9,1	3,6	0,0	9,9	12,1
III	34,4	3,4	36,6	2,9	46,4	0,7	27,4	10,9	6,0
Sumy miesięczne – Monthly sums	51,1	15,9	56,6	12,0	166,7	17,6	57,9	68,3	35,2
Średnie wieloletnie za lata 1961–2000 Multiyear means for 1961–2000	34,8	57,4	65,8	74,8	69,4	44,3	38,0	39,0	36,1

Tabela 3
Table 3Rozwój roślin amarantusa uprawnego w roku 2007
Development of amaranth plants in 2007

Fazy rozwojowe Growths stages	Aztek		Rawa	
	Data początku fazy Starting date of the phase	Liczba dni od siewu Number of days from sowing	Data początku fazy Starting date of the phase	Liczba dni od siewu Number of days from sowing
Siew – Sowing	22.05	–	22.05	–
Wschody – Emergence	03.06	12	03.05	12
1–2 liście – 1–2 leaves	06.06	15	06.05	15
3–4 liście – 3–4 leaves	14.06	23	12.06	21
5–6 liści – 5–6 leaves	21.06	30	19.06	28
Formowanie pędu Stem formation	25.06	34	22.06	31
Ukazywanie kwiatostanów Inflorescence showing	09.07	48	06.07	45
Początek kwitnienia Beginning of flowering	15.07	54	12.07	51
Pełnia kwitnienia Full flowering	27.07	66	25.07	64
Koniec kwitnienia End of flowering	02.08	72	30.07	69
Wykształcanie nasion Seeds formation	07.08	77	04.08	74
Dojrzałość pełna Full maturity	18.11	180	16.11	178
Zbiór – Harvest	12.12	204	12.12	204

Tabela 4
Table 4Średnie dekadowe temperatury i sumy opadów 2007 roku
Mean decade temperature and total precipitation in 2007 year

Miesiąc – Month	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Dekada – Decade	Temperatura (°C) – Temperature								
I	8,4	12,2	18,5	17,4	19,2	13,4	10,7	6,4	6,0
II	11,7	14,9	21,0	21,5	19,7	12,3	7,1	0,5	0,1
III	12,6	21,4	18,0	18,8	17,8	12,9	7,2	1,6	-2,7
Średnie miesięczne – Monthly means	10,9	16,2	19,2	19,2	18,9	12,9	8,3	2,8	1,0
Średnie wieloletnie za lata 1961–2000 Multiyear means for 1961–2000	8,3	13,6	16,8	18,3	17,6	13,6	9,0	3,8	0,1
Opady (mm) – Precipitation									
I	0,8	15,3	32,6	47,6	22,6	21,9	0,9	37,1	10,9
II	1,1	24,5	3,6	25,6	24,5	7,1	12,7	10,0	7,6
III	0,8	10,5	33,0	19,2	5,7	17,1	8,1	6,8	2,5
Sumy miesięczne – Monthly sums	2,7	50,3	69,2	92,4	52,8	46,1	21,7	53,9	21,0
Średnie wieloletnie za lata 1961–2000 Multiyear means for 1961–2000	34,8	57,4	65,8	74,8	69,4	44,3	38,0	39,0	36,1

Czerwiec 2007 r., w którym amarantus tworzył liście właściwe i rozpoczął formowanie pędów, charakteryzował się sumą opadów wynoszącą 33,0 mm, co stanowi mniej niż 50% sumy opadów z wielolecia (1961–2000), przy średnich temperaturach powietrza na poziomie 18,1°C. Pierwsze liście pojawiły się po 15 dniach od siewu. Terminy początku kolejnych faz rozwojowych wskazują, że odmiana Rawa rozwijała się szybciej niż odmiana Aztek. Ukazanie się kolejnych 3–4 liści nastąpiło w przypadku odmiany Rawa już po 21 dniach od siewu, a u odmiany Aztek dwa dni później. Kolejne liście pojawiły się u odmiany Rawa także dwa dni wcześniej niż w przypadku Aztek. Formowanie pędu rozpoczęło się u Rawy 31 dni od siewu, a u odmiany Aztek trzy dni później (tab. 3). Poprawa warunków wilgotnościowych, która nastąpiła w lipcu (92,4 mm opadów), przy jednocześnie wysokich średnich temperaturach powietrza (19,2°C), korzystnie wpłynęła na przebieg kwitnienia amarantusa. Pierwsze kwiatostany ukazały się o trzy dni wcześniej u odmiany Rawa niż u odmiany Aztek. Zróżnicowana dawka azotu nie kształtowała długości okresu kwitnienia. Faza kwitnienia trwała dziewięć dni krócej u Rawy, a wykształcenie nasion nastąpiło dwa dni wcześniej, w porównaniu z odmianą Aztek. Równomierny rozkład opadów w I i II dekadzie sierpnia przy nadal wysokich temperaturach powietrza sprzyjał dobremu wykształcaniu nasion. Dalsze wykształcanie nasion na przełomie III dekady sierpnia i I dekady września przypadło na okres bardzo zmiennych warunków pogodowych. Niska temperatura powietrza (7,2°C) w III dekadzie września oraz wysokie opady przyczyniły się do opóźnienia dojrzewania roślin (tab. 3). Odmiana Aztek dojrzałość pełną osiągnęła 18.11.2007, a odmiana Rawa o dwa dni wcześniej 16.11.2007. Okres wegetacji trwał odpowiednio 180 i 178 dni, jednak ze względu na bardzo wysoką wilgotność nasion w kwiatostanach zbiór jednoetapowy można było przeprowadzić dopiero po wystąpieniu pierwszych przymrozków 12.12.2007 r.

W okresie rozwoju amarantusa stwierdzono nieznaczne występowanie mszyc (*Apis sp.*). Nie wykazano natomiast na roślinach objawów chorób grzybowych.

Ze względu na niekorzystny przebieg pogody w okresie dojrzewania nasion zbiór roślin przeprowadzono kombajnem poletkowym Seedmaster Universal Hydrostatic, po wystąpieniu pierwszych mrozów (07.12.2006, 12.12.2007). Po zbiorze nasiona doczyszczono za pomocą wialni elektrycznej.

Bezpośrednio przed zbiorem na losowo wybranych 10 roślinach z każdego poletka określono następujące cechy morfologiczne: wysokość roślin, wysokość osadzenia kwiatostanu, długość kwiatostanu i masę nasion z 1 rośliny. Po omłocie określono plon nasion i masę tysiąca nasion z każdego poletka przy wilgotności 13%.

Ocenę jakościową nasion oparto na wynikach analiz chemicznych oraz określeniu profilu kwasów tłuszczowych uzyskanego oleju. Badania składu chemicznego nasion amarantusa wykonano w laboratorium Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin UP we Wrocławiu następującymi metodami: sucha masa – metodą suszarkową, azot ogólny (białko ogółem) – metodą Kjeldahla, w próbach oznaczono azot ogólny i przeliczono na białko ogółem, stosując współczynnik 6,25, tłuszcz surowy (ekstrakt eterowy) – metodą odtłuszczonej reszty w aparacie Soxhleta, K i Ca – metodą fotometrii płomieniowej, P i Mg – metodą kolorymetryczną. Profil kwasów tłuszczowych określono w laboratorium Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa UP we Wrocławiu metodą chromatografii gazowej.

Na podstawie wyników analiz laboratoryjnych oraz uzyskanych plonów nasion obliczono wydajność białka ogółem i tłuszczu surowego.

Opracowanie statystyczne wyników wykonano metodą analizy wariancji, z zastosowaniem testu F na poziomie ufności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I OMÓWIENIE

Badane czynniki nie różnicowały liczby roślin po wschodach (tab. 5). Liczba roślin przed zbiorem zależała od odmiany i zmniejszała się pod wpływem wyższego nawożenia azotem. W obydwu latach badań czynnik pogodowy kształtował liczbę roślin po wschodach, przed zbiorem i miał wpływ na ubytki roślin podczas wegetacji.

Średnio za dwa lata badań odmiana Aztek, w porównaniu z Rawą, była wyższa, miała dłuższy kwiatostan i większą masę nasion z 1 rośliny. Wzrost nawożenia azotem z 60 do 120 kg · ha⁻¹ zwiększył istotnie wysokość roślin, wysokość osadzenia kwiatostanu, długość kwiatostanu i masę nasion z 1 rośliny. Przebieg pogody różnicował wszystkie badane cechy morfologiczne oprócz masy nasion z rośliny (tab. 6).

Tabela 5

Table 5

Liczba roślin na 1 m² oraz ubytki roślin podczas wegetacji (średnie dla czynników i lat)
Number of plants per 1 m² and plants losses during vegetation (means for factors and years)

Odmiana Cultivar	Nawożenie N (kg · ha ⁻¹) N fertilization	Liczba roślin na 1 m ² Number of plants per 1 m ²		Ubytki roślin podczas wegetacji (%) Losses of plants during vegetation
		po wschodach after emergence	przed zbiorem before of harvest	
Aztek		14,7	13,5	8,2
Rawa		14,3	12,9	9,8
NIR – LSD _{α=0,05}		r.n.	0,4	r.n
	60	14,8	13,5	8,8
	60 + 30	14,4	13,1	9,0
	60 + 30 + 30	14,4	12,9	10,4
NIR – LSD _{α=0,05}		r.n.	0,4	r.n
	2006	15,9	14,9	6,3
	2007	13,2	11,5	12,9
NIR – LSD _{α=0,05}		0,6	0,4	2,6

r.n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 6

Table 6

Cechy morfologiczne roślin przed zbiorem (średnie dla czynników i lat)
Morphological features of plants before harvest (means for factors and years)

Odmiana Cultivar	Nawożenie N (kg · ha ⁻¹) N fertilization	Wysokość roślin (cm) Height of plants	Wysokość osadzenia kwiatostanu (cm) Height to the inflorescence	Długość kwiatostanu (cm) Length of inflorescence	Masa nasion z 1 rośliny (g) Weight of seeds per plant	Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds
Aztek		194	133	61	50,5	0,752
Rawa		177	132	45	37,7	0,777
NIR – LSD _{α=0,05}		1	r.n.	3	1,7	0,010
	60	175	128	47	36,9	0,756
	60 + 30	187	132	55	45,8	0,781
	60 + 30 + 30	195	137	58	47,7	0,757
NIR – LSD _{α=0,05}		3	3	3	1,6	0,013
	2006	169	117	52	44,6	0,757
	2007	201	147	56	43,7	0,772
NIR – LSD _{α=0,05}		1	3	3	r.n.	0,010

r.n. – różnica nieistotna – no significant difference

Ważnym czynnikiem plonotwórczym kształtującym elementy struktury plonu jest zagęszczenie roślin. Zwiększenie obsady na 1 m² powoduje wzrost procentowego udziału liści i łodyg (Nalborczyk i wsp. 1994). Właściwa obsada gwarantuje wyrównanie roślin w łanie, a także prawidłowy rozwój kwiatostanów i optymalny ich udział w masie całej rośliny (powinien on wynosić ok. 50%). Niska obsada roślin wpływa korzystnie na zawartość tłuszczu. Natomiast duże zagęszczenie sprzyja nadmiernemu wzrostowi roślin, co prowadzi do ich łamania się i wylegania (Misra i wsp. 1993).

Plon nasion, zawartość tłuszczu surowego i jego wydajność oraz nagromadzenie w plonie białka ogółem zależały od obu badanych czynników (tab. 6). Odmiana Aztek w porównaniu z Rawą miała średnio o 13% wyższy plon nasion, zawierała o 0,55% więcej tłuszczu surowego i odznaczała się wyższą wydajnością z 1 ha białka ogółem i tłuszczu surowego. Wyniki uzyskane przez Skwaryło-Bednarz (2010) potwierdzają istotnie wyższą zawartość tłuszczu surowego w nasionach odmiany Aztek w porównaniu z odmianą Rawa. Wzrost nawożenia N z 60 do 120 kg ha⁻¹ zwiększył plon nasion o 33%, obniżył zawartość tłuszczu surowego w nasionach, zwiększył wydajność z 1 ha tłuszczu surowego i białka ogółem i nie miał wpływu na zawartość białka ogółem w nasionach. Amaranthus reaguje wyraźną zwyżką plonów na nawożenie azotem (Chakhatrakan i wsp.

1994). Jednak przenawożenie powoduje nadmierny rozwój części wegetatywnej i wylęganie roślin przed wykształceniem nasion (Nalborczyk 1995). Ponadto Lehmann (1991) wykazał, że zawartość tłuszczu w nasionach zależy od gatunku amarantusa.

Tabela 7

Table 7

Plon nasion, wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem (średnie dla czynników i lat)
Seed yield, crude fat and total protein (means for factors and years)

Odmiana Cultivar	Nawożenie N (kg · ha ⁻¹) N fertilization	Plon nasion (t·ha ⁻¹) Seed yield	Zawartość (g · kg ⁻¹) Content		Wydajność (t·ha ⁻¹) Yield	
			tłuszcz surowy crude fat	białko ogółem total protein	tłuszcz surowy crude fat	białko ogółem total protein
Aztek		1,94	79,9	163	133	276
Rawa		1,72	74,4	166	111	247
NIR – LSD _{α=0,05}		0,02	0,04	r.n.	2	4
	60	1,52	77,9	162	103	214
	60 + 30	1,93	77,0	165	129	276
	60 + 30 + 30	2,03	76,5	166	135	293
NIR – LSD _{α=0,05}		0,03	0,05	r.n.	2	5
	2006	1,57	80,0	165	109	225
	2007	2,09	74,3	164	135	298
NIR – LSD _{α=0,05}		0,02	0,04	r.n.	2	4

r.n. – różnica nieistotna – no significant difference

Czynnik odmianowy miał wpływ na zawartość w nasionach K i Ca, a nawożenie azotem kształtowało zawartość K (tab. 8). Powszechnie uważa się, że nasiona amarantusa zawierają więcej Ca i Fe niż zboża (Ratusz i Wirkowska 2006).

Swoiste właściwości odmianowe kształtowały w większym stopniu zawartość kwasów tłuszczowych w nasionach niż nawożenie azotem i zróżnicowany przebieg pogody (tab. 9). Odmiana Aztek w porównaniu z Rawą zawierała w tłuszczu więcej kwasu linolowego i linolenowego, a mniej kwasu oleinowego. Badania Bobrzeckiej i wsp. (2000) oraz Ratusz i Wirkowskiej (2006) wykazały, że głównym składnikiem oleju z amarantusa są nienasycone kwasy tłuszczowe, wśród których najwyższą zawartość wykazuje kwas linolowy i oleinowy. Nasycone kwasy tłuszczowe występują w niewielkiej ilości, głównie w postaci kwasu palmitynowego i stearynowego. Stosunek nienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconych w oleju amarantusa zależy od przebiegu pogody i wynosi od 2,56 do 3,07 Bobrzecka i wsp. (2000).

Badane czynniki nie miały istotnego wpływu na sumę kwasów nasyconych i nienasyconych (tab. 10). Należy zaznaczyć, że stosunek kwasu linolowego do linolenowego jest w oleju amarantusa niekorzystny. Zalecenie Polskiego Forum Profilaktyki Chorób Układu Krążenia przyjęło, że stosunek ilościowy pomiędzy kwasami grupy omega-6 do omega-3 nie powinien przekraczać 4 (Szostak 2009), a z badań nad odpornością wynika, że powinien wynosić 2:1 (Grimm i wsp. 1994). Biorąc pod uwagę potrzeby żywieniowe człowieka, rzepak podwójnie ulepszony ma idealne proporcje kwasu linolowego do alfa-linolenowego i wynoszą one około 2:1 (Ackman 1990).

Tabela 8

Table 8

Skład mineralny nasion (średnie dla czynników i lat)
Mineral composition of seeds (means for factors and years)

Odmiana Cultivar	Nawożenie N (kg · ha ⁻¹) N fertilization	Zawartość (g · kg ⁻¹) – Content			
		P	K	Ca	Mg
Aztek Rawa		3,8	3,2	0,8	3,9
		3,9	3,8	0,5	3,5
NIR – LSD _{α=0,05}		r.n.	0,3	0,2	r.n.
	60	3,5	3,2	0,6	3,9
	60 + 30	3,9	3,6	0,7	3,7
	60 + 30 + 30	4,3	3,8	0,7	3,4
NIR – LSD _{α=0,05}		r.n.	0,3	r.n.	r.n.
	2006	4,0	3,7	0,5	3,8
	2007	3,7	3,3	0,8	3,5
NIR – LSD _{α=0,05}		r.n.	3	0,02	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 9
Table 9

Skład kwasów tłuszczowych oleju amarantusa uprawnego w % (średnie dla czynników)
Fatty acids composition (%) of oil obtained from amaranth (means for factors)

Wyszczególnienie Specification	Skład kwasów tłuszczowych oleju szarlatu uprawnego (%) – Fatty acids composition of amaranth oil														
	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	C20:0	C22:0	C24:0	C16:1 (n7)	C16:1 (n9)	C18:1 (n7)	C18:1 (n9)	C18:2 (n6)	C18:3 (n3)	C20:1 (n9)
odmiana – cultivar															
Aztek	0,17	0,06	22,7	0,11	3,80	0,92	0,25	0,14	0,43	0,02	1,10	21,9	47,3	0,90	0,20
Rawra	0,20	0,05	21,9	0,10	3,95	0,90	0,29	0,34	0,44	0,06	1,28	30,9	38,7	0,67	0,22
NIR – LSD _($\alpha=0,05$)	0,02	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,06	r.n.	0,02	0,14	1,2	0,8	0,09	r.n.
nawożenie N – N fertilization															
60	0,19	0,05	22,7	0,11	3,97	0,94	0,27	0,19	0,43	0,04	1,25	26,7	42,2	0,75	0,21
60+30	0,17	0,05	21,8	0,10	3,94	0,93	0,28	0,20	0,43	0,04	1,16	26,2	43,7	0,79	0,21
60+30+30	0,19	0,05	22,3	0,10	3,85	0,86	0,25	0,33	0,44	0,04	1,17	26,3	43,1	0,81	0,21
NIR – LSD _($\alpha=0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,08	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	1,0	r.n.	r.n.
lata – years															
2006	0,19	0,05	22,2	0,10	3,92	0,87	0,27	0,15	0,42	0,04	1,22	27,1	42,5	0,76	0,21
2007	0,19	0,05	22,4	0,11	3,96	0,93	0,27	0,33	0,44	0,04	1,16	25,7	43,4	0,81	0,21
NIR – LSD _($\alpha=0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,06	r.n.	r.n.	r.n.	1,2	0,8	r.n.	r.n.

Kwasy tłuszczowe – Fatty acids: C14:0 – mirystynowy – myristic, C15:0 – pentadekanowy – pentadecanic, C16:0 – palmitynowy – palmitic, C16:1 [n9] – heptadecanowy – heptadecanic, C18:0 – stearynowy – stearic, C20:0 – arachidowy – arachic, C22:0 – behenowy – behenic, C24:0 – lignocerynowy – lignoceric
C16:1 [n7] – palmitoleidynowy – palmitoleidic, C16:1 [n9] – palmitooleinowy – palmitoleic, C18:1 [n7] – elaidynowy – elaidic, C18:1 [n9] – oleinowy – oleic, C18:2 [n6] – linolowy – linoleic, C18:3 [n3] – linolenowy – linolenic C20:1 [n9] – etkozenowy – etcozenic, C22:1 [n9] – erukowy – erucic
r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

Tabela 10

Table 10

Skład kwasów tłuszczowych oleju amarantusa uprawnego w % (średnie dla czynników)
Fatty acids composition (%) of oil obtained from amaranth (means for factors)

Wyszczególnienie Specification	Skład kwasów tłuszczowych oleju amarantusa uprawnego (%) Fatty acids composition of oil from amaranth		
	suma nasyconych kwasów tłuszczowych sum of saturated fatty acids	suma nienasyconych kwasów tłuszczowych sum of unsaturated fatty acids	stosunek kwasu linolowego do linolenowego linoleic to linolenic ratio acid
Aztek	28,1	71,9	52,6:1
Rawa	27,7	72,3	57,8:1
NIR – LSD _($\alpha=0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.
60	28,4	71,6	56,3:1
60+30	27,5	72,5	55,3:1
60+30+30	27,9	72,1	53,2:1
NIR – LSD _($\alpha=0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.
2006	27,7	72,3	55,9:1
2007	28,2	71,8	53,6:1
NIR – LSD _($\alpha=0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.

r. n. – różnica nieistotna – no significant difference

WNIOSKI

1. Odmiana Aztek w porównaniu z Rawą charakteryzowała się wyższą wysokością roślin, długością kwiatostanu, masą nasion z 1 rośliny, plonem nasion oraz wydajnością tłuszczu surowego i białka ogółem.

2. Wzrastające nawożenie azotem przyczyniło się do zwiększenia wysokości roślin i osadzenia kwiatostanu, długości kwiatostanu, masy nasion z 1 rośliny, a także plonu nasion oraz wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem.

3. Skład kwasów tłuszczowych w oleju uzyskanym z nasion amarantusa w największym stopniu zależał od cech odmianowych, a w dalszej kolejności uwarunkowany był przebiegiem pogody w latach badań i poziomem nawożenia azotem.

4. Olej zawierał najwięcej nienasyconych kwasów tłuszczowych, wśród których dominował kwas linolenowy i oleinowy. Stosunek kwasu linolowego do linolenowego jest w oleju z amarantusa niekorzystny.

PIŚMIENNICTWO

- Ackman R.G., 1990. Canola fatty acids – An ideal mixture for health, nutrition and food use, [in:] Canola and rapeseed: production, chemistry, nutrition and processing technology. Ed. F.Shahidi, Van Nostrand Reinhold, New York: 81–98.
- Artyszak A., 1994. Amaranthus w uprawie polowej. *Agrochemia*, 2: 27.
- Apaza-Gutierrez V., Romero-Saravia A., Guillén-Portal F.R., Baltensperger D.D., 2002. Response of Grain Amaranth Production to Density and Fertilization in Tarija, Bolivia. Reprinted from: Trends in new crops and new uses. J. Janick and A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA: 107–109.
- Bobel B.K., Sokół J.L., 2002. Wartość pokarmowa nasion szarłat (*Amaranthus ssp.*) i ich wykorzystanie w żywieniu ludzi i zwierząt. *Post. Nauk Rol.*, 2: 69–80.
- Bobrzecka D., Bowszys T., Procyk Z., 1998. Wpływ technologii nawożenia azotem i borem na plon i jakość nasion szarłat (*Amaranthus cruentus* L.). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XIX: 141–149.
- Bobrzecka D., Wojciechowska B., Procyk Z., Wojtas A., 2000. Zawartość oraz jakość tłuszczu z nasion szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) w zależności od nawożenia miedzią. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI: 301–308.
- Calderon E., Gonzales J.M., Bressani R., 1991. Características agronomicas, fisicas, quimicas y nutricias de quince variedades de amaranto. *Turrialba*, 41 (4): 458–464.
- Chakhatrakan S., Toyohara M., Nishiyama K., Tanabe T., 1994. Effect of nitrogen and phosphatic fertilizer application on growth and yield of *Amaranthus* spp. *Japanese J. of Tropic. Agric.*, 38 (2): 139–44.
- Grimm H., Tibell A., Norrlind B., Blecher Ch., Wilker S., Schwemmler K., 1994. Immunoregulation by parenteral lipids: impact of the n-3 to n-6 fatty acid ratio. *Journal of Parenteral & Enteral Nutrition* 18, (5): 417–421.
- Kaul H.P., Aufhammer W., Laible B., Nalborczyk E., Pirog S., Wasiak K., 1995. The suitability of amaranth genotypes for grain and fodder use in Central Europe. *Bodenkunde*, 47 (3): 173–180.
- Lehmann J., 1989. Proteins of grain amaranth. *Legacy* 2, 3–6 Amer. Amaranth Inst., Bricelyn, MN.
- Lehmann J., 1991. Lipids roteins of grain and feral amaranth. *Legacy* 4, 2–6 Amer. Amaranth Inst., Bricelyn, MN.
- Malewska M., 1995. Rośliny przyszłości – źródło cennych surowców pokarmowych. *Wiad. Zielarskie*, 37, 6: 10–11.
- Matuska J., 1996. Wartość odżywcza amarantusa i możliwości jego wykorzystania w żywieniu człowieka. *Żywność. Żywnienie. Prawo a Zdrowie*, 1: 57–64.
- Misra P.N., Tewari S.K., Singh D., 1993: Studies on the critical stages of crop weed competition in grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*). *Intergrated weed management for sustainable agriculture. Hisar.*, II: 33–35.
- Nalborczyk E., 1995. Nowe rośliny uprawne. Amaranthus: Biologia Amaranthusa oraz perspektywy jego uprawy i wykorzystania w Polsce. *Wyd. SGGW, Warszawa*: 8–28.
- Nalborczyk E., Wróblewska E., Marcinkowska B., 1994. Amaranthus – nowa roślina uprawna. 3–25, [w:] Amaranthus – perspektywy uprawy i wykorzystania. *Wyd. SGGW, Warszawa*.
- Ratusz K., Wirkowska M., 2006. Charakterystyka nasion i lipidów amarantusa. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVII: 243–250.
- Rekiel A., 1994. Szarłat (*Amaranthus*) – potencjalne źródło żywności i paszy. *Trzoda Chlewna*, 32 (10): 6–7.

- Saunders R.M., Becker R., 1984. Amaranth a potential food and feed resource. *Adv. Cereal Sci. Tech.*, 6, 357.
- Schulte G., Kaul H-P., Kruse M., Aufhammer W., 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *Europ. J. Agronomy*, 22: 95–100.
- Skwaryło-Bednarz B., 2010. Zawartość tłuszczu oraz tokoferoli w nasionach krajowych odmian szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) w warunkach zróżnicowanego nawożenia makroelementami. *Acta Agrophysica*, 15, (2): 409–415.
- Szostak W.B., 2009. Walory zdrowotne oleju rzepakowego w profilaktyce chorób układu krążenia i innych chorób, [w:] *Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda*. Wyd. PSPO Warszawa, 57–88.

THE EFFECT OF DIFFERENT NITROGEN FERTILIZATION ON GROWTH AND YIELDING OF *AMARANTHUS*

Summary

In the years 2006–2007 on the experimental fields belonging to the Department of Crop Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, a two-factorial split-plot experiment was carried out in order to study: I – cultivars of amaranth (Aztek, Rawa) and II – varied nitrogen fertilization in kg · ha⁻¹ (60 – before sowing, 60 – before sowing + 30 in the phase of formation of shoots, 60 – before sowing + 30 in the phase of formation of shoots + 30 in the phase formation of inflorescences).

Aztek cultivar, compared to Rawa, had higher plants and longer inflorescences, it also recorded higher seed weight of a plant, seed yield and yield crude fat and total protein.

Increasing nitrogen fertilization contributed to the increase of plant height and position of inflorescence, inflorescence length, seed weight of a plant and seed yield. It also increased the yield of crude fat and total protein.

The composition of fatty acids in the oil obtained from seeds of amaranth to the greatest extent depends on cultivars characteristics. Further on, it was affected by weather conditions in the years of the research and the level of nitrogen fertilization. The oil contained most of unsaturated fatty acids, among which linolenic acid and oleic acid were dominating. The ratio of linoleic acid to linolenic acid in the oil of amaranth is unfavourable.

KEY WORDS: amaranth, cultivars, N fertilization, yields, chemical composition of seeds

Beata Łabaz, Bartłomiej Glina, Adam Bogacz

**WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE CZARNYCH ZIEM
OBSZARÓW LEŚNYCH WYSTĘPUJĄCYCH NA TERENIE
PARKU KRAJOBRAZOWEGO „DOLINA BARYCZY”**

**PHYSICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES
OF PHAEZEMS AND GLEYSOLS ON FOREST AREAS
IN LANDSCAPE PARK "DOLINA BARYCZY"**

*Institut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Institute of Soil Science and Environmental Protection, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences*

Celem badań była charakterystyka właściwości fizycznych oraz zdolności retencyjnych czarnych ziem wytworzonych z piasków występujących na terenie Parku Krajobrazowego „Dolina Baryczy”, użytkowanych jako grunty leśne. Analizowane gleby reprezentowane były przez 5 profili – (26 próbek glebowych). W pobranym materiale glebowym oznaczono: skład granulometryczny, gęstość właściwą i objętościową, pF w zakresie od 0 do 2,7. W składzie granulometrycznym dominowała frakcja piasku. Gęstość fazy stałej gleby oscylowała w przedziale od 2,32 do 2,76 g · cm⁻³, gęstość gleby suchej w przedziale od 0,66 do 1,79 g · cm⁻³, porowatość całkowita od 32,8 do 72,4%. Wartość potencjalnej retencji użytecznej wyniosła od 4,3 do 54,3 %v/v, natomiast efektywna retencja użyteczna wahała się w przedziale od 2,4 do 8,4 %v/v.

SŁOWA KLUCZOWE: właściwości fizyczne, właściwości retencyjne, czarne ziemie

WSTĘP

Dolina Baryczy leży na obszarze wielkiej monokliny przedsudeckiej, zbudowanej ze skał osadowych wieku permsko-mezozoicznego. Utwory dominujące na tym terenie to głównie: gliny zwałowe, iły, piaski kwarcowe oraz utwory eoliczne (Ranoszek i Ranoszek

Praca wykonana została w ramach Projektu Badawczego nr N N310 090336.

Do cytowania – For citation: Łabaz B., Glina B., Bogacz A., 2011. Właściwości fizyczne czarnych ziem obszarów leśnych występujących na terenie Parku Krajobrazowego „Dolina Baryczy”. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 95–106.

2004). Jednym z kilku typów gleb wykształconym na tym obszarze są czarne ziemie. Genezę czarnych ziem piaszczystych należy wiązać ze środowiskiem silnie uwilgotnionym.

Gleby te wykształciły się na obszarach pokrytych niegdyś gęstą siecią cieków wodnych. Obecnie teren ten ujęty jest w odwadniający kanał „Młynówka Sułowsko-Radziącka”.

Właściwości fizyczne gleb są w znacznym stopniu modyfikowane poprzez rodzaj i intensywność jej użytkowania (Bogacz i wsp. 2010). Ważnym czynnikiem zmian omawianych właściwości są także warunki wilgotnościowe (Klimowicz 1980). Efekty opisanych zmian są wyraźnie widoczne w badanych czarnych ziemiach piaszczystych użytkowanych leśnie. Celem pracy była charakterystyka właściwości fizycznych czarnych ziem ukształtowanych z utworów piaszczystych obszaru Parku Krajobrazowego „Dolina Baryczy” użytkowanych leśnie.

MATERIAŁ I METODY

Badania terenowe przeprowadzono w 2009 r. na czarnych ziemiach zdegradowanych z obszaru Parku Krajobrazowego „Dolina Baryczy” (PTG 2009). Do badań wytypowano 5 profili zlokalizowanych na północ od miejscowości Borek (profile nr: 1, 2, 3, 5) oraz na południowy zachód od miejscowości Dunkowa (profil nr 4) (rys. 1). Obiekty zlokalizowano w siedliskach leśnych reprezentujących następujące typy:

Profil nr 1 – las silnie wilgotny, dominujący drzewostan to dąb szypułkowy, klon, jawor, czeremcha zwyczajna.

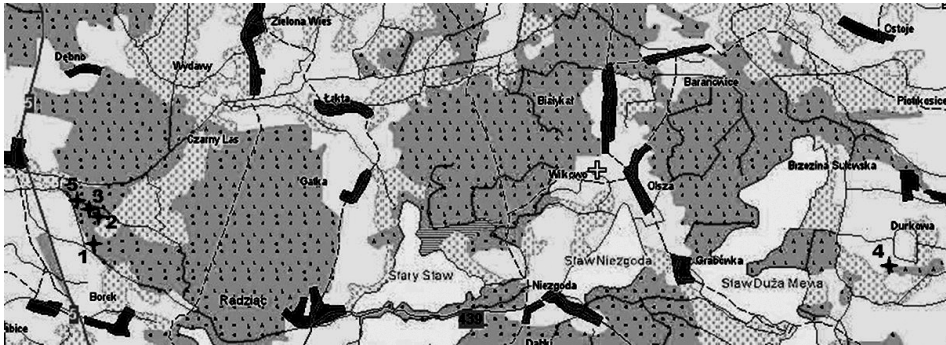
Profil nr 2 – las świeży, dominujący drzewostan to dąb szypułkowy, czeremcha zwyczajna, grab.

Profil nr 3 – las silnie wilgotny, dominujący drzewostan to dąb szypułkowy, czeremcha zwyczajna, grab.

Profil nr 4 – las umiarkowanie wilgotny, dominujący drzewostan to brzoza brodawkowata, olsza czarna, dąb szypułkowy.

Profil nr 5 – las silnie wilgotny, dominujący drzewostan to dąb szypułkowy, czeremcha zwyczajna, grab.

W pobranym materiale glebowym określono następujące właściwości fizyczne: skład granulometryczny metodą Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande’a i Prószyńskiego (Gee i Bauder 1986), gęstość fazy stałej metodą piknometryczną (Drozd i wsp. 2002), gęstość gleby suchej przy użyciu cylinderek Kopeckiego (Blake i Hortge 1986), właściwości retencyjne gleb w zakresie pF 0–2,7 wyznaczono przez zastosowanie bloku piaskowego i kaolinowo-piaskowego firmy Ejkelkamp (Topp i Zebchuck 1979), właściwości retencyjne gleb w zakresie pF_{2,7–4,2} przy zastosowaniu komór wysokociśnieniowych Richarda.



Rys. 1. Lokalizacja profili glebowych

Fig. 1. Localization of soil profiles

WYNIKI I OMÓWIENIE

Badane gleby widnieją na mapach glebowo-siedliskowych w skali 1:5000 jako czarne ziemie murszaste i czarne ziemie zdegradowane. Zgodnie z klasyfikacją zasobów glebowych Świata (WRB 2006) gleby te na podstawie stwierdzonych cech morfologicznych oraz niezbędnych analiz zaliczono do Mollic Gleysols Arenic oraz Mollic Phaeozems Arenic (tab. 2 i 4). Miąższość poziomów próchnicznych wahała się od 20 do 40 cm. Poziom wody glebowo-gruntowej w okresie prowadzenia badań terenowych kształtował się w zakresie od 70 do ponad 100 cm poniżej powierzchni terenu.

Uziarnienie określane jest jako jeden z najważniejszych parametrów fizycznych gleb. Warunkuje ono zarówno podstawowe, jak i funkcjonalne cechy fizyczne gleb, a także pośrednio definiuje cechy chemiczne i biologiczne gleb (Mocek i wsp. 2009). Różnorodność składu granulometrycznego wiąże się ściśle z procesami genetycznymi, takimi jak: rodzaj wietrzenia, transport materiału glebowego (procesy eluwiacji i iluwiacji), a także zabiegami agrotechnicznymi (Komisarek 2000). Badane gleby zawierają niewiele frakcji szkieletowej (>2 mm), której udział nie przekracza 3%. W badaniach prowadzonych przez Mocka i wsp. (2009) autorzy stwierdzili, że niewielka zawartość frakcji szkieletowej warunkowana jest powstaniem czarnych ziem w środowisku wód stojących lub zastoiskowych. W grupie części ziemistych analizowanych gleb, w większości poziomów genetycznych obserwowano dominację frakcji piaszczystej (2–0,05 mm) o zmiennym udziale mieszczącym się w granicach 33–99%. W poziomach powierzchniowych i przejściowych ilość frakcji piasku mieściła się w przedziale 54–91%, natomiast w skale macierzystej była niekiedy znacznie mniejsza (tab. 1). W poziomach C obserwowano także przewarstwienie piasków namułami – profil nr. 5. Wzrost zawartości frakcji pyłowej (0,05–0,002 mm) dotyczy głównie poziomów powierzchniowych. Zawartość frakcji ilastej (<0,002 mm) świadczy o różnorodności genetycznej poszczególnych poziomów glebowych. Największy udział tej frakcji notowano w poziomach środkowych badanych gleb. Pod względem kategorii ciężkości badane profile można klasyfikować jako bardzo lekkie i lekkie.

Tabela 1
Table 1Skład granulometryczny gleb
Texture of soils

Nr. profilu Profile No.	Poziom genetyczny Soil horizon	Miaższość poziomu (cm) Horizon thickness	>2	2-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,002	<0,002	Grupy granulometryczne wg Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (2008)	Texture Classes Polish Soil Society (2008)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mollic Gleysols Arenic												
1	A1	0-8	1	18	28	22	20	3	5	4	piasek słabogliniasty	sand
	A2	8-25	3	19	31	26	9	3	6	6	piasek gliniasty	loamy sand
	ACg	25-40	0	13	28	34	5	2	6	12	głina piaszczysta	sandy loam
	Cg	40-52	0	27	48	20	1	1	1	2	piasek luźny	sand
	II Cg	52-64	0	10	16	13	9	7	10	35	głina piaszczysto- sto-łłasta	sandy clay loam
	III C2	>64	1	29	46	22	1	0	0	2	piasek luźny	sand
Mollic Phaeozems Arenic												
2	A	0-20	1	10	29	21	14	12	12	2	piasek gliniasty	loamy sand
	A/C	20-30	0	10	18	22	10	8	11	21	głina piaszczysto- sto-łłasta	sandy clay loam
	II Cg1	30-41	0	5	7	11	10	19	18	30	głina łąłasta	clay loam
	II Cg2ca	41-56	1	6	8	13	15	15	14	30	głina łąłasta	clay loam
	III C1	56-67	2	12	15	54	14	0	5	0	piasek luźny	sand
	III C2	67-74	1	13	54	26	4	0	3	0	piasek luźny	sand
	III C3	>74	2	7	49	41	2	0	1	0	piasek luźny	sand

Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
						Mollic Gleysols Arenic							
3	A A/C II Cg III Cg1 IV Cg2	0-20 20-26 26-40 40-56 >56	2 3 0 1 2	18 10 5 8 9	21 12 8 8 40	33 21 17 17 48	11 11 15 21 0	9 10 13 17 0	7 15 16 9 1	1 21 26 20 2	piasek gliniasty głina piaszczy- sto-łzysta głina zwykła głina lekka piasek luźny	loamy sand sandy clay loam loam sandy loam sand	
						Mollic Phaeozems Arenic							
4	A1 A2 Cgg	0-28 28-42 >42	1 0 2	14 11 19	34 34 35	36 37 38	7 9 4	5 2 1	4 6 2	0 1 1	piasek luźny piasek luźny piasek luźny	sand sand sand	
						Mollic Gleysols Arenic							
5	A1 A2 II Cgg1 II Cgg2 III C	0-17 17-25 25-65 65-100 >100	3 1 2 1 0	16 13 22 19 8	39 21 45 35 8	19 25 23 30 17	12 6 2 4 10	7 7 2 2 13	6 11 1 3 20	1 17 5 7 24	piasek słabogliniasty głina piaszczysta piasek słabogliniasty piasek gliniasty głina zwykła	sand sandy loam sand loamy sand loam	

Gęstość właściwa badanych czarnych ziem zagospodarowanych leśnie wahała się w przedziale od 2,32 do 2,76 g cm⁻³ w poziomie skały macierzystej. Zauważalna była tendencja wzrostu gęstości właściwej wraz ze wzrostem głębokości profilu. Parametr ten opisywany dla czarnych ziem w różnych rejonach Polski – nie różnił się pod względem opisywanych wartości (Klimowicz 1980, Musierowicz 1961, Bogacz i wsp. 2010). Gęstość objętościowa opisywanych czarnych ziem była silnie zróżnicowana, a jej wartości oscylowały w przedziale od 0,70 g cm⁻³ w poziomach próchnicznych do 1,89 g cm⁻³ w poziomach skały macierzystej. W niektórych profilach obserwowano tendencje do wzrostu wartości tego parametru wraz z głębokością. Podobne zjawisko opisali w swoich pracach dotyczących czarnych ziem piaszczystych Klimowicz (1980) oraz Bogacz i wsp. (2008). Zmiana powyższych parametrów powodowała spadek porowatości całkowitej wraz z głębokością. Wynika to głównie z wysokiej zawartości próchnicy glebowej (Bogacz i wsp. 2008) w powierzchniowych poziomach genetycznych, a także obecności fauny glebowej (tab. 2).

Porowatość różnicowa obrazująca rozkład w glebie makro-, mezo- i makroporów jest głównym wskaźnikiem retencyjności gleb (Zawadzki 1999). Przeprowadzone badania czarnych ziem piaszczystych wykazały, iż najmniejszy udział w porowatości całkowitej wykazują mikropory (0,2 μm), a następnie mezopory (0,2–30 μm), których objętość nie przekracza 50% objętości gleby. Największą objętość wykazywały makropory (>30 μm), których wartości oscylowały pomiędzy 26 a 90%. Objętość makroporów wyraźnie wzrastała wraz z głębokością gleby, co świadczyć może o dużej odciekalności poziomów C (tab. 2) W badaniach czarnych ziem piaszczystych użytkowanych jako łąki, objętość porów kształtowała się w nieco szerszym zakresie parametrów retencyjności (Walczak i wsp. 2001). Możliwości retencyjne poziomów powierzchniowych silnie wzbogaconych w próchnicę obszarów łąkowych i leśnych analizowali w swojej pracy Bogacz i wsp. (2008). Stwierdzali oni niekiedy 2-krotnie większą retencyjność poziomów o wysokiej zawartości węgla niż poziomów uboższych w próchnicę i bardziej spiaszczonych.

Zawartość wody przy pF0 odpowiadająca kapilarnej pojemności wodnej (KPW) mieściła się w przedziale od 13,21% w poziomie C do 62,46% w poziomie A. Wartości polowej pojemności wodnej (PPW) oznaczone dla pF 2,0 były bardzo silnie zróżnicowane i kształtowały się od 3,75% w poziomie C do 49,06% w poziomie A. Zawartość wody przy wilgotności odpowiadającej górnej granicy wody dostępnej przyjętej dla traw pF 2,7 była również silnie zróżnicowana (tab. 3). Podobne wartości dla czarnych ziem ukształtowanych z materiałów piaszczystych przedstawili w swoich badaniach Bogacz i wsp. (2008). Uzyskane wyniki efektywnej i potencjalnej retencji użytecznej (ERU i PRU) dla badanych gleb przyjęto na podstawie opracowań dotyczących gleb wysoko próchnicznych i hydrogenicznym (Okruszko i Piaścik 1990). Wyniki pomiarów wilgotności gleb zwłaszcza dla ERU (2,0–2,7) dobitnie wskazują na kluczową rolę materii organicznej w kształtowaniu zdolności retencyjnych gleb. Dobrym wskaźnikiem retencyjności poziomów powierzchniowych gleb są także możliwości gromadzenia wody przy PPW wyrażane w mm opadu. Zapas wody zatrzymywanej w próchnicznej warstwie 30 cm mieścił się w szerokim przedziale od 43,7 mm do 153,8 mm (tab. 3). Zjawisko to było uwarunkowane także sposobem użytkowania gleb.

Tabela 2
Table 2Wybrane właściwości fizyczne badanych gleb
Selected physical properties of examined soils

Nr profilu Profile No.	Poziom genetyczny Soil horizon	Miąższość poziomu (cm) Horizon thickness	ρ_w	ρ_o	Pc	pory (%) – pores		
						>30	30–0,2	<0,2
						(g · cm ⁻³)		
Mollic Gleysols Arenic								
1	A1	0–8	2,47	1,17	52,6	43	40	17
	A2	8–25	2,53	1,12	55,6	51	36	13
	ACg	25–40	2,60	1,64	37,0	62	19	19
	Cg	40–52	2,65	1,47	44,6	85	13	2
	II Cg	52–64	2,71	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	III C2	>64	2,76	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Mollic Phaeozems Arenic								
2	A	0–20	2,46	0,99	59,8	26	50	24
	A/C	20–30	2,65	1,56	41,9	52	23	25
	II Cg1	30–41	2,68	1,48	44,9	52	18	30
	II Cg2ca	41–56	2,63	1,43	45,7	45	22	33
	III C1	56–67	2,62	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	III C2	67–74	2,63	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	III C3	>74	2,63	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Mollic Gleysols Arenic								
3	A	0–20	2,40	0,66	72,4	32	20	48
	A/C	20–26	2,60	1,42	45,4	46	16	38
	II Cg	26–40	2,72	1,79	34,2	54	21	25
	III Cg1	40–56	2,61	1,76	32,8	77	21	3
	IV Cg2	>56	2,63	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Mollic Phaeozems Arenic								
4	A1	0–28	2,32	1,15	47,8	67	13	20
	A2	28–42	2,54	1,34	47,1	73	11	16
	Cgg	>42	2,64	1,75	33,6	76	22	2
Mollic Gleysols Arenic								
5	A1	0–17	2,39	1,00	58,4	70	11	19
	A2	17–25	2,58	1,29	49,9	71	10	19
	II Cgg1	25–65	2,63	1,68	36,1	85	12	3
	II Cgg2	65–100	2,52	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	III C	>100	2,56	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

Objaśnienia: ρ_w – gęstość fazy stałej gleby, ρ_o – gęstość objętościowa, Pc – porowatość całkowita, n.o. – nie oznaczono

Explanation: ρ_w – specific gravity, ρ_o – bulk density, Pc – total porosity, n.o. – not identified

Tabela 3
Table 3Właściwości wodne badanych gleb
Water properties of examined soils

Nr profilu Profile No.	Poziom genetyczny Soil horizon	Miąższość poziomu (cm) Horizon thickness	Wilgotność przy (% v/v) Moisture at pF		pory (µm) – pores			ERU 2,0-2,7 pF	Zapas wody w warstwie 0-30 cm Reserve of water in 0-30 cm
			2,0	2,7	> 30	30-0,2 PRU			
						(% v/v)			
Mollic Gleysols Arenic									
1	A1	0-8	29,4	25,0	23,2	20,7	8,7	4,4	77,3
	A2	8-25	27,5	23,4	28,1	20,2	7,2	4,1	
	ACg	25-40	14,4	11,7	22,6	7,1	7,3	2,7	
Mollic Phaeozems Arenic									
2	A	0-20	44,2	38,2	15,6	29,6	14,6	6,1	108,4
	A/C	20-30	20,0	17,3	21,9	9,7	10,4	2,7	
Mollic Gleysols Arenic									
3	A	0-20	66,4	58,0	6,0	54,3	12,1	8,4	153,8
	A/C	20-26	24,5	21,4	20,9	7,1	17,4	3,1	
	II Cg	26-40	15,8	13,3	18,4	7,1	8,7	2,5	
Mollic Phaeozems Arenic									
4	A1	0-28	15,5	11,1	15,7	6,0	9,6	4,5	46,0
	A2	28-42	12,9	9,8	34,2	5,2	7,7	3,1	
Mollic Gleysols Arenic									
5	A1	0-17	17,3	13,2	41,1	6,5	10,3	4,1	43,7
	A2	17-25	14,4	11,1	35,5	4,8	9,6	3,3	
	II Cgg1	25-65	5,6	3,2	30,5	4,3	1,2	2,4	

Objaśnienia: PRU – potencjalna retencja użyteczna, ERU – efektywna retencja użyteczna
 Explanation: PRU – potential useful retention, ERU – effective useful retention

Tabela 4

Table 4

Cechy morfologiczne profili glebowych i ich właściwości chemiczne
Morphological features in soil profiles and their chemical properties

Numer profilu Profile No.	Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość (cm) Depth	Barwa gleby Munsell Soil Color	CaCO ₃ (%)	Zawartość C-org. (g kg ⁻¹) Content C-org.	Struktura Structure	Rodzaj oglejenia Hydroxy-morphic features	Stan uwilgotnienia Moisture
1	A1	0–8	10YR			subangularna	–	świeży
	A2	8–25	3/1	0,4	16,7	subangularna	–	świeży
	ACg	25–40	10YR	2,0	14,9	subangularna	marmurkowane	świeży
	Cg	40–52	3/3	2,8	2,19	rozdziel.-ziar.	plamiste	świeży
	IICg	52–64	5Y 5/1	2,4	n.o.	angularna	strefowe	wilgotny
	IIIC2	+64	5Y 7/1 5Y 6/1 2,5Y 6/2	2,4 n.o.	n.o. n.o.	rozdziel.-ziar.	–	wilgotny
2	A	0–22	7,5YR	0	29,5	subangularna	–	świeży
	A/C	22–30	2/0	0	22,7	angularna	–	świeży
	IICg1	30–41	5Y 4/1	0	15,3	angularna	marmurkowane	świeży
	IICg2ca	41–56	5GY 5/1	0	n.o.	subangularna	marmurkowane	świeży
	IIIC1	56–67	5Y 6/1	0	n.o.	rozdziel.-ziar.	–	świeży
	IIIC2	67–74	2,5Y 5/3	0	n.o.	rozdziel.-ziar.	–	świeży
	IIIC3	+74	2,5Y 6/4 2,5Y 6/2	0 0	n.o. n.o.	rozdziel.-ziar.	–	wilgotny
3	A	0–20	5Y 2,5/2	0,8	36,6	subangularna	–	świeży
	A/C	20–26	5Y 5/1	0,8	36,1	angularna	–	świeży
	IICg	26–40	5Y 7/1	1,2	7,52	angularna	marmurkowane	świeży
	IICg1	40–56	5Y 6/1	1,2	n.o.	subangularna	strefowe	świeży
IVCg2	56+	5Y 6/1	2,4	n.o.	rozdziel.-ziar.	plamiste	wilgotny	
4	A1	0–28	10YR			subangularna	–	wilgotny
	A2	28–42	3/1	0	50,1	subangularna	–	wilgotny
	Cgg	+42	10YR	0	27,7	subangularna	–	wilgotny
			3/2 5Y 6/1	0	n.o.			
5	A1	0–17	10YR			subangularna	–	świeży
	A2	17–25	3/1	0	55,4	angularna	–	świeży
	IICgg1	25–65	10YR	0	13,9	angularna	marmurkowane	wilgotny
	IICgg2	65–100	4/1	0	n.o.	subangularna	strefowe	mokry
	IIIC	+100	5Y 5/1 5GY 5/1 5G 5/1	0 0	n.o. n.o.	subangularna	–	mokry

Objaśnienia: Corg. – węgiel organiczny, n.o. – nie oznaczono

Explanation: Corg. – organic carbon, n.o.– not identify

Przeprowadzona analiza statystyczna dla poziomu ufności 0,05 wykazała istotnie ujemne korelacje pomiędzy zawartością frakcji piasku a gęstością właściwą badanych gleb oraz pomiędzy frakcją ilastą a gęstością objętościową. Istotnie dodatnie korelacje zostały wykazane pomiędzy zawartością frakcji łu a gęstością fazy stałej (tab. 4).

Tabela 4

Table 4

Współczynniki korelacji pomiędzy niektórymi właściwościami gleb (n=18)
Coefficient of correlations between selected properties of soils

Zmienna Variable	ρ_w	ρ_o	Pc	pF 2,0	pF 2,7
Frakcja piasku Sand fraction	-0,50*	-0,30	0,22	-0,12	-0,15
Frakcja pyłu Silt fraction	0,28	0,07	-0,00	0,32	0,34
Frakcja łu Clay fraction	0,66*	0,48*	-0,41	-0,08	-0,04

Objaśnienia: * – statystycznie istotne z $p < 0,05$, Pc – porowatość całkowita, ρ_w – gęstość właściwa, ρ_o – gęstość objętościowa

Explanation: * – statistically significant at $p < 0,05$, ρ_w – specific gravity, ρ_o – bulk density, Pc – total porosity

WNIOSKI

1. Wysoka zawartość materii organicznej, dużej miąższości poziomy próchniczne, często spotykany piaszczysty skład granulometryczny oraz silne oglejenie poziomów głębiej zalegających, przy wymyciu CaCO_3 , pozwoliły zaklasyfikować badane gleby do Phaeozems i Gleysols z powierzchniowymi poziomami Mollic i cechami Arenic (WRB 2006).

2. Czarne ziemie użytkowane obecnie jako grunty leśne charakteryzowały się bardzo lekkim i lekkim składem granulometrycznym, a występujące niekiedy głębiej poziomy gliniaste z wyraźnymi cechami glejowymi przyczyniały się do większego retencjonowania wód opadowych.

3. Dominujący udział frakcji piaszczystej przy wysokiej zawartości materii organicznej determinowały właściwości retencyjne czarnych ziem wytworzonych z piasków.

PIŚMIENNICTWO

- Blake G.R., Hortge K.H., 1986. Bulk den sity, [in]: *Methods of Soil Analysis, Part I.* (Ed): Klute A. Agronomy series No. 9 Am. Soc. Agronomy Soil Sci. Am. Inc. Publ., Madison, WI. 363–375.
- Bogacz A., Łabaz B., Dąbrowski P., 2008. Wybrane właściwości fizyczne i fizykochemiczne czarnych ziem w Parku Krajobrazowym „Dolina Baryczy”. *Rocz. Glebozn.*, 59: 43–51.
- Bogacz A., Łabaz B., Włodarczyk E., 2010. Wpływ sposobu użytkowania na właściwości fizyczne i fizykochemiczne czarnych ziem okolic Milicza. *Rocz. Glebozn.*, 60, 1: 13–18.
- Drozd J., Licznar M., Licznar S.E., Weber J., 2002. *Gleboznawstwo z elementami mineralogii i petrografii.* Wyd. AR Wrocław: 210.
- Gee G.W., Bauder J.W., 1986. Particle-size analysis, [in]: *Methods of Soil Analysis, Part I.* (Ed): Klute A. Agronomy series No. 9 Am. Soc. Agronomy Soil Sci. Am. Inc. Publ., Madison, WI. 383–411.
- Klimowicz Z., 1980. Czarne ziemie Równiny Tarnobrzeskiej na tle zmiennych stosunków wodnych gleb tego obszaru. *Rocz. Glebozn.*, 31, 1: 163–204.
- Komisarek J., 2000. Kształtowanie się właściwości gleb płowych i czarnych ziem oraz chemizmu wód gruntowych w katenie falistej moreny dennej Pojezierza Poznańskiego. *Rocz. AR w Poznaniu. Rozprawy Naukowe.* z. 307.
- Mocek A., Owczarzak W., Tabaczyński R., 2009. Uziarnienie oraz skład mineralogiczny czarnych ziem gniewskich. *Rocz. Glebozn.*, 60: 123–132.
- Musierowicz A., Olszewski Z., Borgowski Z., Kępka M., 1961. Czarne ziemie błońsko-sochaczewsko-łowickie. *Rocz. Nauk. Roln.*, 82, 3: 4–34.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Rocz. Glebozn.*, 60, 2: 5–16.
- Ranoszek E., Ranoszek W., 2004. *Park Krajobrazowy Dolina Baryczy, przewodnik przyrodniczy.* Wyd. Gottwald., 192.
- Topp G.C., Zebchuck W., 1979. The determination of soil water desorption curves for soil cores. *Can. J. of Soil Sci.*, 59: 19–26.
- Walczak R., Witkowska-Walczak B., Sławiński C., 2001. Retencja i przewodnictwo wodne czarnych ziem Polski. *Acta Agrophysica.*, 53: 211–223.
- Zawadzki S., 1999. *Gleboznawstwo.* Państwowe Wydawnictwo Rolne i Leśne, Warszawa: 612.
- WRB 2006 – World Reference Base For Soil Resources: Food and Agriculture Organization of the United Nations. *World Soil Resources Reports 103.* Rome: 132.

**PHYSICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF PHAEOZEMS
AND GLEYSOLS ON FOREST AREAS
IN LANDSCAPE PARK "DOLINA BARYCZY"****Summary**

This work describes the physical properties of forest soils (Mollic Gleysols Arenic and Mollic Phaeozems Arenic). Analyzed soils was represented by 5 profiles – (26 soil samples), located in the Landscape Park "Dolina Baryczy". In collected soil samples following analyzes were performed: soil texture, bulk density, specific gravity, pF at 0 to 2,7. Soil fraction is dominated by sandy

fraction. Specific gravity values ranged from 2,32 to 2,76 g · cm⁻³, bulk density values ranged from 0,66 to 1,79 g · cm⁻³, total porosity 32,8–72,4%. Effective useful retention in humic horizons varied from 2,4–8,4 %v/v, while the potential useful retention values ranged between 4,3–54,3% v/v. In examined soils the largest share in total porosity take macropores. Their value increased with increasing depth and ranged between 26 to 85%. Values of field water capacity marked for pF 2,0 varied from 5,6–66,4% v/v. Performed statistical analysis revealed a significant negative correlation between the sand fraction and specific gravity, between clay fraction and bulk density. Positive correlations were established between the content of clay fraction and bulk density.

KEY WORDS: physical properties, water retention, Phaeozems, Gleysols

Władysław Malarz, Marcin Kozak, Andrzej Kotecki

**WPLYW NAWOŻENIA SIARKĄ NA WYSOKOŚĆ I JAKOŚĆ
PLONU NASION ODMIAN RZEPAKU OZIMEGO**

**THE EFFECT OF SULPHUR FERTILIZATION
ON THE QUALITY AND QUANTITY OF SEED YIELD
OF THE WINTER RAPE CULTIVARS**

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

W latach 2006–2009 przeprowadzono ściśle dwuczynnikowe doświadczenie polowe, w którym badano wpływ zróżnicowanych dawek siarki (0, 30, 60 i 90 kg · ha⁻¹) stosowanych w postaci siarczanu potasu na wysokość i jakość plonu odmian rzepaku ozimego: Californium, ES Saphir F₁ i Titan F₁. Plon nasion, wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem zależały od wszystkich badanych czynników. Wzrastające nawożenie siarką powodowało wzrost plonu nasion, wydajności tłuszczu i białka, a jednocześnie zwiększało zawartość glukozyolanów alkenowych oraz ogólnej sumy glukozyolanów. Nawożenie siarką nie modyfikowało składu kwasów tłuszczowych, który zależał przede wszystkim od właściwości odmian oraz zmiennych warunków w latach badań. Najwyższe plony nasion, tłuszczu i białka uzyskano, wysiewając odmianę ES Saphir F₁, natomiast najniżej plonowała populacyjna odmiana Californium.

SŁOWA KLUCZOWE: odmiany rzepaku ozimego, plon nasion, wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem, glukozyolany, kwasy tłuszczowe

WSTĘP

Niedobory siarki w Polsce, które pojawiły się u schyłku XX w., spowodowane są drastyczną redukcją emisji dwutlenku siarki do atmosfery i spadkiem zużycia nawozów fosforowych oraz potasowych. Dostępność siarki zależy od temperatury w okresie wczesnej

Do cytowania – For citation: Malarz W., Kozak M., Kotecki A., 2011. Wpływ nawożenia siarką na wysokość i jakość plonu nasion odmian rzepaku ozimego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 107–116.

wiosny, a proces mineralizacji zachodzi efektywnie w temperaturze powyżej 10°C. Dlatego w warunkach niskich temperatur wczesną wiosną, kiedy wegetacja już się rozpoczęła, można obserwować niedobory tego składnika. Duże zapotrzebowanie rzepaku na siarkę wynika z wysokiej zawartości w białku aminokwasów siarkowych i dużej koncentracji glukozyzolanów.

Według Wielebskiego (2008) efekt nawożenia siarką zależał od stanu odżywienia roślin tym pierwiastkiem w okresie wczesnej wiosny. W warunkach niedostatecznego zaopatrzenia roślin w siarkę najlepsze efekty dawało zastosowanie 10–20 kg S · ha⁻¹.

Wykazano interakcje między wysokością nawożenia azotem i dawkami siarki a plonem nasion. Dlatego wielu autorów wskazuje na konieczność stosowania nawożenia siarką w celu efektywnego wykorzystania azotu i uzyskania wysokiego plonu nasion (Bilborrow i wsp. 1995, Wielebski i Muśnicki 1998, Haneklaus i wsp. 1999). Siarka, która ma wpływ na gospodarkę azotem i na wysokość plonu, działa również na jego jakość (Zhao i wsp. 1995, Krauze i Bowszys 2000, Podleśna 2003). Nawożenie siarką powoduje w nasionach rzepaku wzrost zawartości glukozyzolanów (Zhao i wsp. 1995, Jankowski i wsp. 2008).

Celem badań było określenie wpływu wzrastających dawek nawożenia siarką na wysokość i jakość plonu nasion odmian rzepaku ozimego.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2006/2007–2008/2009 w Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzono ściśle, dwuczynnikowe doświadczenie polowe założone metodą „split-plot”, w czterech powtórzeniach, w którym badano reakcję trzech odmian rzepaku ozimego: Californium, ES Saphir F₁ i Titan F₁ na wzrastające nawożenie siarką: 0, 30, 60 (30+30) i 90 (30+60) kg S · ha⁻¹. Nawozy siarkowe w postaci siarczanu potasu stosowano przedsięwzięcie w dawce 30 kg S · ha⁻¹, a pozostałą część (30 i 60 kg S) aplikowano wiosną po ruszeniu wegetacji. Warunki agrotechniczne opisano w pracy pt.: „Wpływ nawożenia siarką na rozwój i cechy morfologiczne odmian rzepaku ozimego” (Malarz i wsp. 2011).

Rzepak zbierano jednoetapowo kombajnem poletkowym w następujących terminach: 18.07.2007, 18.07.2008 i 23.07.2009. Plony nasion zostały sprowadzone do wilgotności 13%.

W nasionach oznaczono zawartość tłuszczu surowego (ekstrakt eterowy) – metodą odtłuszczonej reszty w aparacie Soxhleta oraz azotu ogólnego – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla – który następnie przeliczono na białko ogółem, stosując współczynnik 6,25. Na podstawie analiz chemicznych obliczono wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem. Zawartość glukozyzolanów alkenowych i indolowych podano w przeliczeniu na powietrznie suchą masę nasion (Michalski i wsp. 1995), a skład ważniejszych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego dotyczył jedynie prób z drugiego i trzeciego roku badań. Oznaczenia glukozyzolanów i skład kwasów tłuszczowych wykonano w Zakładzie Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu.

WYNIKI I OMÓWIENIE

W największym stopniu plon nasion różnicował, zmienny w latach, przebieg pogody, a następnie w kolejno mniejszym dawki nawozów siarkowych i odmiany. Zastosowane nawożenie siarką w przedziale od 0 do 90 kg · ha⁻¹ miało istotny stały wpływ na plon nasion i wydajność tłuszczu surowego oraz białka ogółem z 1 ha (tab. 1). W porównaniu z kontrolą nawożenie 90 kg S · ha⁻¹ zwiększało plon nasion o 13,8%, wydajność tłuszczu surowego o 12,8 oraz białka ogółem o 14,4%. Nawożenie siarką nie miało istotnego wpływu na zawartość tłuszczu surowego i białka ogółem w nasionach.

Tabela 1

Table 1

Plon nasion, wydajność tłuszczu surowego, białka ogółem i śrutu rzepakowej (t · ha⁻¹)
(średnie dla czynników i lat)

Seed yield, crude fat, total protein and rapeseed meal (t · ha⁻¹) (means for factors and years)

Nawożenie S (kg · ha ⁻¹) Fertilization S	Odmiana Cultivar	Plon nasion (t · ha ⁻¹) Seed yield	Zawartość (%) Content		Wydajność (t · ha ⁻¹) Yield	
			tłuszcz surowy crude fat	białko ogółem total protein	tłuszcz surowy crude fat	białko ogółem total protein
0		3,92	43,8	20,7	1,49	0,706
30		4,14	43,9	20,7	1,57	0,747
60		4,25	43,6	21,0	1,59	0,773
90		4,46	43,6	20,9	1,68	0,808
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,13	r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	0,05	0,023
	Californium	3,96	43,0	21,1	1,48	0,725
	ES Saphir F ₁	4,48	43,7	20,9	1,68	0,811
	Titan F ₁	4,14	44,6	20,4	1,59	0,739
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,11	0,7	0,3	0,04	0,020
2006/07		3,83	43,4	21,1	1,45	0,703
2007/08		4,39	43,7	20,6	1,63	0,786
2008/09		4,36	44,2	20,7	1,68	0,786
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,11	r.n. – s.i.d.	0,3	0,04	0,020

r.n. – s.i.d. (różnica nieistotna – statistically insignificant difference)

Wielu autorów (Wielebski 2006a, Wielebski i Muśnicki 1998, Bilsborrow i wsp. 1995), w warunkach dobrego zaopatrzenia roślin w siarkę, nie uzyskało zwyżki plonu nasion pod wpływem nawożenia tym pierwiastkiem. Wielebski (2008) wykazał, że przy optymalnym zaopatrzeniu roślin w siarkę zastosowanie dawki $80 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ powoduje istotną obniżkę plonu nasion. Zhao i wsp. (1991) oraz Jankowski i wsp. (2008) wskazują na istotny wzrost zawartości białka ogółem pod wpływem nawożenia siarką, natomiast Wielebski i Muśnicki (1998) wykazali mniejsze gromadzenie białka i tłuszczu w nasionach. Wielebski (2006b) nie stwierdził wpływu nawożenia siarką na zawartość tłuszczu surowego i białka ogółem.

W badaniach własnych pod wpływem nawożenia siarką zwiększała się istotnie zawartość glukonapiny, glukobrassicapiny, progoitryny oraz suma glukozyolanów alkenowych (tab. 2 i 3). W porównaniu z kontrolą $90 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało wzrost sumy glukozyolanów alkenowych o 20,7%. Na zawartość poszczególnych frakcji glukozyolanów duży wpływ miały czynniki odmianowy i różnicowany w latach badań przebieg pogody. Należy zaznaczyć, że w pierwszym roku badań, z winy producenta materiału siewnego, odmiana ES Saphir F₁ nie spełniała wymogów stawianych odmianom dwuzerowym, co skutkowało przekroczeniem norm w odniesieniu do zawartości glukozyolanów średnio za trzy lata.

Wielebski (2006b) wykazał istotny wzrost zawartości glukozyolanów alkenowych i indolowych pod wpływem stosowania $80 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$, przy czym przyrost zawartości glukozyolanów alkenowych był trzykrotnie wyższy niż indolowych. Ponadto Wielebski i Muśnicki (1998) wykazali stały wzrost zawartości glukozyolanów alkenowych, a zwłaszcza glukobrassicapiny pod wpływem nawożenia siarką w zakresie $0\text{--}80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach Jankowskiego i wsp. (2008) zastosowanie $80 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało w nasionach odmiany Lisek przyrost podstawowych glukozyolanów alkenowych – glukonapiny i progoitryny, a w mniejszym stopniu indolowych.

Nawożenie siarką nie miało istotnego wpływu na profil kwasów tłuszczowych (tab. 4). Podobne wyniki uzyskali Wielebski i Wójtowicz (2004). Wielu autorów (Kotecki i wsp. 2001, 2007, Jędrzejak i wsp. 2005, Spasibonek 2005) wykazało, że skład kwasów tłuszczowych jest cechą odmianową modyfikowaną układem warunków wilgotnościowo-termicznych. Wyniki badań własnych (tab. 4 i 5) wskazują, że przebieg pogody w latach badań modyfikował istotnie zawartość kwasu stearynowego (C18:0), linolowego (C18:2), linolenowego (C18:3), erukowego (C22:1) i sumę nasyconych oraz nienasyconych, w tym wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Czynniki odmianowy miał istotny wpływ na zawartość kwasów nasyconych.

Tabela 2
Table 2

Zawartość glukozynolanów w nasionach rzepaku ozimego ($\mu\text{M} \cdot \text{g}^{-1}$) (średnie dla czynników i lat)
Glucosinolate content in seeds of winter rape ($\mu\text{M} \cdot \text{g}^{-1}$) (means for factors and years)

Nawożenie S ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) Fertilization S	Odmiana Cultivar	Alkenowe – Alkenyl				Indolowe – Indol		
		glukonapina gluconapine	glukobrassicinapina glucobrassicinapine	progoitryna progoitrine	napoleiferyna napoleiferine	glukobrassicyna glucobrassicine	4-OH- glukobrassicyna glucobrassicine	
0		3,4	1,0	7,5	0,2	0,1	3,9	
30		3,4	1,1	8,0	0,2	0,2	4,3	
60		3,8	1,3	8,8	0,2	0,2	4,4	
90		4,0	1,4	9,0	0,2	0,2	3,9	
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,4	0,2	1,0	r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	
	Californium	3,1	1,0	6,4	0,2	0,3	4,8	
	ES Saphir F ₁	5,6	2,0	13,6	0,3	0,1	3,8	
	Titan F ₁	2,1	0,6	4,9	0,1	0,1	3,9	
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,3	0,2	0,9	0,04	0,04	0,5	
	2006/07	4,2	2,0	9,3	0,3	0,1	3,8	
	2007/08	3,8	1,0	7,2	0,2	0,1	4,4	
	2008/09	2,9	0,7	8,5	0,2	0,3	4,3	
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,3	0,2	0,9	0,04	0,04	r.n. – s.i.d.	

r.n. – s.i.d. (różnica nieistotna – statistically insignificant difference)

Tabela 3
Table 3
Zawartość glukozynolanów w nasionach w zależności od nawożenia siarką (średnie dla czynników i lat)
Content of glucosinolates in seeds dependent to sulphur fertilization (means for factors and years)

Nawożenie S (kg · ha ⁻¹) Fertilization S	Odmiana Cultivar	Alkenowe – Alkenyl		Indolowe – Indol		Suma – Total	
		(μM · g ⁻¹)	(%)	(μM · g ⁻¹)	(%)	(μM · g ⁻¹)	(%)
0		12,1	100	4,1	100	16,2	100
30		12,7	105,0	4,5	109,8	17,2	106,2
60		14,1	116,5	4,6	112,2	18,7	115,4
90		14,6	120,7	4,1	100	18,7	115,4
NIR – LSD (α=0,05)		1,5	–	r.n. – s.i.d.	–	1,7	–
	Californium	10,8	–	5,0	–	15,8	–
	ES Saphir F ₁	21,5	–	3,9	–	25,4	–
	Titan F ₁	7,9	–	4,1	–	12,0	–
NIR – LSD (α=0,05)		1,3	–	0,5	–	1,5	–
2006/07		15,7	–	3,9	–	19,6	–
2007/08		12,1	–	4,5	–	16,6	–
2008/09		12,2	–	4,6	–	16,8	–
NIR – LSD (α=0,05)		1,3	–	0,5	–	1,5	–

r.n. – s.i.d. (różnica nieistotna – statistically insignificant difference)

Tabela 4

Table 4

Skład kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego (%) (średnie dla czynników i lat)
Fatty acids composition (%) of oil from winter rape (means for factors and years)

Nawożenie S (kg · ha ⁻¹) Fertilization S	Odmiana Cultivar	Skład kwasów tłuszczowych (%) – Fatty acids composition						
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C22:1
0		4,5	1,6	63,7	18,9	9,8	1,3	0,3
30		4,4	1,6	64,6	18,6	9,7	1,2	0,0
60		4,4	1,6	64,5	18,6	9,7	1,2	0,0
90		4,5	1,7	63,8	18,8	9,8	1,3	0,1
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	0,7	r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	0,1
	Californium	4,3	1,6	63,6	19,2	9,9	1,2	0,1
	ES Saphir F ₁	4,8	1,5	63,2	19,5	9,8	1,2	0,0
	Titan F ₁	4,3	1,7	65,6	17,5	9,4	1,3	0,2
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,1	0,1	0,6	0,3	0,4	r.n. – s.i.d.	0,1
2007/08		4,5	1,7	64,3	18,8	9,2	1,3	0,2
2008/09		4,4	1,5	64,0	18,6	10,2	1,2	0,0
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		r.n. – s.i.d.	0,1	r.n. – s.i.d.	0,1	0,3	r.n. – s.i.d.	0,1

r.n. – s.i.d. (różnica nieistotna – statistically insignificant difference)

Kwasy tłuszczowe – Fatty acids: nasycone saturated: C16:0 – palmitynowy – palmitic, C18:0 – stearynowy – stearic,

jednonienasycone – monounsaturated: C18:1 – oleinowy – oleic, C20:1 – eikozenowy – eicosenic, C22:1 – erukowy – erucic

wielonienasycone [NNKT] – polyunsaturated fatty acids [PUFA]: C18:2 – linolowy – linoleic, C18:3 – linolenowy – linolenic

Tabela 5
Table 5

Sumy kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego zimnego (°C) (średnie dla czynników i lat)
Sums of fatty acids composition in winter rape oil in (°C) (means for factors and years)

Nawożenie S (kg · ha ⁻¹) Fertilization S	Odmiana Cultivar	Suma kwasów tłuszczowych (%) – Sums of fatty acids				Stosunek kwasów nienasyconych do nasyconych Ratio of unsaturated to saturated acids	Stosunek C18:2 do C18:3 Ratio C18:2 to C18:3
		nasyconych saturated [SFA] C16:0 + C18:0	nienasyconych – unsaturated [UFA]				
		ogółem total	wielonienasyconych [NNKW] polyunsaturated [PUFA]	jednonienasyconych monounsaturated	18-węglowych 18 C		
0		6,1	28,7	65,3	92,4	15,5	1,93
30		6,1	28,2	65,7	92,8	15,5	1,93
60		6,0	28,3	65,7	92,8	15,7	1,94
90		6,1	28,7	65,2	92,5	15,3	1,92
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	0,2	r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.
	Californium	5,9	29,1	64,9	92,8	15,8	1,94
	ES Saphir F ₁	6,2	29,3	64,4	92,5	15,1	1,99
	Titan F ₁	6,0	26,9	67,1	92,5	15,7	1,85
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,1	0,5	0,6	0,2	0,4	0,08
2007/2008		6,2	28,1	65,8	92,4	15,2	2,04
2008/2009		5,9	28,8	65,2	92,8	15,8	1,81
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		0,1	0,4	0,5	0,2	0,3	0,06

r.n. – s.i.d. (różnica nieistotna – statistically insignificant difference)

Kwasy tłuszczowe – Fatty acids: nasycone saturated: C16:0 – palmitynowy – palmitic, C18:0 – stearynowy – stearic, jednonienasycone – monounsaturated: C18:1 – oleinowy – oleic, C20:1 – eikozenowy – eicosenic, C22:1 – erukowy – erucic wielonienasycone [NNKT] – polyunsaturated fatty acids [PUFA]: C18:2 – linolowy – linoleic, C18:3 – linolenowy – linolenic

WNIOSKI

1. Plon nasion, tłuszczu surowego i białka ogółem zależał od wszystkich badanych czynników. W największym stopniu plon nasion różnicował, zmienny w latach, przebieg pogody, a następnie kolejno w mniejszym – dawki nawozów siarkowych i odmiany.

2. W porównaniu z kontrolą nawożenie $90 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ zwiększało plon nasion o 13,8%, wydajność tłuszczu surowego o 12,8% oraz białka ogółem o 14,4% i powodowało wzrost sumy glukozynolanów alkenowych o 20,7%. Na zawartość poszczególnych frakcji glukozynolanów duży wpływ miały czynnik odmianowy i zróżnicowany w latach przebieg pogody. Nawożenie siarką nie miało istotnego wpływu na zawartość tłuszczu surowego i białka ogółem w nasionach.

3. Nawożenie siarką nie modyfikowało profilu kwasów tłuszczowych, który zależał przede wszystkim od przebiegu pogody w latach badań i odmiany.

4. Najwyższe plony nasion, tłuszczu surowego i białka ogółem uzyskano z odmiany ES Saphir F₁, a następnie kolejno niższe z odmiany Titan F₁ i Californium.

PIŚMIENNICTWO

- Bilborrow P.E., Evans E.J., Milford G.F.J., Fieldsend J.K., 1995. The effects of sulphur and nitrogen on the yield and quality of oilseed rape in the UK. Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, 1: 280–283.
- Haneklaus S., Paulsen H.M., Gupta A.K., Bloem E., Schnug E., 1999. Influence of Sulfur Fertilization on Yield and Quality of Oilseed Rape and Mustard. Proc. 10th Intern. Rapeseed Congress, Canberra, CD ROM.
- Jankowski K., Budzyński W., Szymanowski A., 2008., Effect of sulfur on the quality of winter rape seeds. J. Elementol., 13 (4): 521–534.
- Jędrzejak M., Kotecki A., Kozak M., Malarz W., 2005. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na profil kwasów tłuszczowych oleju rzepaku jarego. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, XXVI (1): 139–148.
- Kotecki A., Malarz W., Kozak M., Aniołowski K., 2001. Wpływ nawożenia azotem na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku jarego. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, XXII (1): 81–89.
- 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., Rol., XC, 553: 41–65.
- Krauze A., Bowszys T., 2000. Wpływ stosowania różnych technologii nawozów siarkowych na plonowanie i jakość rzepaku ozimego i jarego. Folia Univ. Agric. Stetin. 204 Agricultura 81: 133–142.
- Malarz W., Kozak M., Kotecki A., 2011. Wpływ nawożenia siarką na rozwój i cechy morfologiczne odmian rzepaku ozimego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., (w druku).
- Michalski K.M., Czernik-Kołodziej K., Krzymański J., 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape – effect of sample preparation on analytical results. Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, 3: 911–913.
- Podleśna A., 2003. Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, XXIV (2): 641–649.

- Spasibionek S., 2006. New mutants of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) with changed fatty acid composition. *Plant Breeding*, 125: 259–267.
- Wielebski F., 2006a. Nawożenie różnych typów odmian rzepaku ozimego siarką w zróżnicowanych warunkach glebowych. I. Wpływ na plon i elementy struktury plonu nasion Rośl. Oleiste – *Oilseed Crops*, XXVII (1): 265–282.
- Wielebski F., 2006b. Nawożenie różnych typów odmian rzepaku ozimego siarką w zróżnicowanych warunkach glebowych. II. Wpływ na jakość i skład chemiczny nasion Rośl. Oleiste – *Oilseed Crops*, XXVII (1): 283–297.
- Wielebski F., 2008. Efektywność nawożenia siarką różnych typów hodowlanych odmian rzepaku w świetle wyników wieloletnich doświadczeń polowych. Rośl. Oleiste – *Oilseed Crops*, XXIX (1): 91–103.
- Wielebski F., Muśnicki Cz., 1998. Wpływ wzrastających dawek siarki i sposobu jej aplikacji na plon i zawartość glukozynolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego w warunkach doświadczeń polowych. *Rocz. AR Pozn. CCCIII, Roln.*, 51: 149–167.
- Wielebski F., Wójtowicz M., 2004. Wpływ czynników agrotechnicznych na skład chemiczny nasion odmiany mieszańcowej zrestorowanej w porównaniu z odmianą populacyjną i odmianami mieszańcowymi złożonymi. Rośl. Oleiste – *Oilseed Crops*, XXV (2): 505–519.
- Zhao F.J., Syers J.K., Evans E.J. Bilsborrow P.E., 1991. Sulphur and oilseed rape production in the United Kingdom. *Sulphur in Agriculture*, 15: 13–16.
- Zhao F.J., Evans E.J., Bilsborrow P.E., 1995. Varietal differences in sulphur uptake and utilization in relation to glucosinolate accumulation in oilseed rape. *Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge*, 1: 271–273.

THE EFFECT OF SULPHUR FERTILIZATION ON THE QUALITY AND QUANTITY OF SEED YIELD OF THE WINTER RAPE CULTIVARS

Summary

In the years 2006–2009 small plot, two-factor experiments were carried out to study the effect of differentiated rates of sulphur (0, 30, 60 and 90 kg · ha⁻¹) in a form of potassium sulphate on the quality and quantity of seed yield of winter rape cultivars: Californium, ES Saphir F₁ and Titan F₁. The seed yield, yield of crude fat and total protein depended on all the factors examined. The higher doses of sulphur entailed the increased seed yield and yield of crude fat and total protein and the content of alkenyl glucosinolate, and the total amount of glucosinolates. Sulphur fertilization did not affect the fatty acid composition, which was influenced by cultivar features and variable weather conditions during the years of the experiment. The ES Saphir F₁ cultivar generated the highest yield of seeds, crude fat and total protein. The lowest seed yield was obtained with the Californium cultivar.

KEY WORDS: winter rape cultivars, seed yield, yield of crude fat and total protein, glucosinolates, fatty acids

Władysław Malarz, Marcin Kozak, Andrzej Kotecki

**WPLYW NAWOŻENIA SIARKĄ NA ROZWÓJ
I CECHY MORFOLOGICZNE ODMIAN RZEPAKU OZIMEGO
THE EFFECT OF SULPHUR FERTILIZATION
ON THE GROWTH AND MORPHOLOGICAL FEATURES
OF THE WINTER OILSEED RAPE CULTIVARS**

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

W Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzono trzyletnie ścisłe badania polowe (2006–2009) dotyczące wpływu zróżnicowanych dawek siarki na rozwój i cechy morfologiczne odmian rzepaku ozimego. W doświadczeniu założonym metodą „split-plot” badano w pierwszej kolejności dawki siarki: (0, 30, 60 i 90 kg · ha⁻¹) stosowane w postaci siarczanu potasu. Drugim czynnikiem zmiennym były odmiany rzepaku ozimego: Californium, ES Saphir F₁ i Titan F₁. Rozwój roślin zależał od zmiennych warunków pogodowych oraz właściwości odmian a nie od zastosowanych dawek siarki. Nawożenie siarką w dawce 60 kg · ha⁻¹ spowodowało wzrost liczby łuszczyń na roślinie, liczby nasion w łuszczyńce oraz masy nasion w łuszczyńce. Odmiana ES Saphir F₁ cechowała się najwyższymi roślinami oraz masą nasion z 1 łuszczyzny, natomiast odmiana Titan F₁ – liczbą łuszczyń na roślinie.

SŁOWA KLUCZOWE: odmiany rzepaku ozimego, nawożenie siarką, rozwój roślin, cechy morfologiczne, elementy struktury plonu

WSTĘP

Drastyczne zaostrenie norm dotyczących ochrony środowiska, które miało miejsce pod koniec XX w., spowodowało, że w wielu krajach Europy nowym problemem w rolnictwie jest pogłębiający się deficyt siarki. W Polsce w 1985 r. emisja dwutlenku siarki

Do cytowania – For citation: Malarz W., Kozak M., Kotecki A., 2011. Wpływ nawożenia siarką na rozwój i cechy morfologiczne odmian rzepaku ozimego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 117–126.

wynosiła 4,3 mln ton i zmniejszyła się do 500 tys. ton w roku 2008, co w przeliczeniu na 1 ha wynosi 16 kg (Jaworski i Maciejewska 2009). Zmniejszenie emisji siarki do atmosfery o 88% w stosunku do 1985 r. oraz spadek ilości tego składnika wnoszonego w nawozach mineralnych przyczyniły się do nasilenia występowania niedoborów siarki, a w konsekwencji obniżki i pogorszenia jakości plonu (Grzebisz i Fotyma 1996, Mercik i wsp. 1999, Wielebski 2006).

Siarka bierze udział w licznych procesach metabolicznych i fizjologicznych roślin. Metabolizm azotu w roślinach jest ściśle związany z metabolizmem siarki i niedobór jednego składnika hamuje działanie drugiego (Janzen i Bettany 1984). Rzepak charakteryzuje się wysokim ($50\text{--}70 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$) zapotrzebowaniem na siarkę (Zhao i wsp. 2003).

Wielebski (2006) wykazał, że wzrost dawek siarki w niewielkim stopniu różnicował pokrój roślin przed zbiorem, a z elementów struktury plonu najmocniej modyfikował liczbę łuszczyń na roślinie, jednak tylko do dawki $20 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$. W innych badaniach Wielebski i Muśnicki (1998) wykazali, że w porównaniu z kontrolą $20 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ zwiększało wysokość roślin, a liczba rozgałęzień wzrastała do $40 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Rzepak ozimy nawożony siarką, na którym jednocześnie zwalczano patogeny za pomocą fungicydów, wykazywał na ogół mniejsze porażenie przez choroby w odniesieniu do obiektów chronionych tylko fungicydami (Podleśna i wsp. 2005).

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanych dawek siarki na rozwój i cechy morfologiczne odmian rzepaku ozimego.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2006/2007–2008/2009 w Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzono ściśle, dwuczynnikowe doświadczenie polowe, w czterech powtórzeniach, w którym badano wpływ dawek siarki na rozwój, cechy morfologiczne oraz elementy struktury plonu odmian rzepaku ozimego. Doświadczenie zostało założone metodą „split-plot”, w którym pierwszym czynnikiem zmiennym były dawki siarki: 0, 30, 60 i $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ stosowane w postaci siarczanu potasu, a drugim odmiany rzepaku ozimego: Californium, ES Saphir F₁ i Titan F₁. Nawozy siarkowe wysiewano przedsięwzięcie w dawce $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a pozostałą część wiosną po ruszeniu wegetacji.

Doświadczenie zakładano corocznie na glebie brunatnej typu płowego, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej, kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIb. Odczyn gleby w 1 M KCl był lekko kwaśny, a zasobność gleby w przyswajalne makroskładniki przedstawiała się następująco: P – wysoka do bardzo wysokiej, K – średnia do bardzo wysokiej, Mg – średnia do bardzo wysokiej, a S ogółem – niska.

Przedplonem dla rzepaku była pszenica ozima. Bezpośrednio po zbiorze przedplonu wykonano zespół uprawek późniwnych i orkę siewną. Nawozy fosforowe i potasowe stosowano przedsięwzięcie w dawce $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P₂O₅ w superfosfacie potrójnym 40% i $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K₂O w soli potasowej 60%, natomiast azot w moczniku 46% w ilości $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W pierwszym roku badań siew rzepaku wykonano 28 sierpnia, natomiast w pozostałych latach badań 27 sierpnia, wysiewając 80 nasion o pełnej zdolności kiełkowania na 1 m² w rozstawie rzędów 15 cm. Chwasty zwalczano po siewie, stosując chlomazone +

alachlor w pierwszym, napropamid + chlomazone + dimetachlor w drugim i metazachlor + chlomazone w ostatnim roku badań. Samosiewy pszenicy i chwastów jednoliściennych zwalczano jesienią, stosując w drugim roku badań chizalofop-P-etylowy, a w ostatnim roku wiosną wykorzystano chlopyralid + pikloram (Galera 334 SL). Wiosną stosowano nawożenie azotem w dwóch terminach: po ruszeniu wegetacji w dawce $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w postaci saletry amonowej (34%) oraz w czasie pąkowania w dawce $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w postaci mocznika (46%). Siarkę stosowano według schematu doświadczenia przedsięwzięcia w dawce $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a pozostałą część wiosną po ruszeniu wegetacji w postaci siarczanu potasu. Chowacze łądogowe zwalczano, wykorzystując w dwóch pierwszych latach trwania doświadczenia chloropiryfos + cypermetrynę, a w ostatnim roku lambda-cyhalotrynę. Słodyzka rzepakowego zwalczano, stosując lambda-cyhalotrynę lub cypermetrynę. W czasie opadania płatków korony zwalczano szkodniki łuszczyńowe preparatami zawierającymi acetamipryd, a także wykorzystano ochronę fungicydową za pomocą preparatów zawierających substancje aktywne z grupy triazoli + benzimidazoli lub strobiluryny.

W czasie wegetacji prowadzono obserwacje rozwoju fazowego roślin oraz występowanie chorób i szkodników. Zagęszczenie roślin określano na każdym poletku na 2 mb w trzech terminach; jesienią przed zahamowaniem wegetacji, wiosną po ruszeniu wegetacji i przed zbiorem, a następnie przeliczono je na 1 m^2 . Bezpośrednio przed zbiorem rzepaku na 10 roślinach z każdego poletka określono następujące cechy biometryczne: wysokość roślin, wysokość do I rozgałęzienia, liczbę rozgałęzień I rzędu, liczbę łuszczyń na roślinie. Na 20 losowo pobranych łuszczyinach pochodzących z części środkowej pędu głównego określono liczbę i masę nasion z 1 łuszczyzny, a po zbiorze masę 1000 powietrznie suchych nasion.

WYNIKI I OMÓWIENIE

Przebieg pogody w latach badań znacznie odbiegał od średnich wieloletnich. W 2006 r. (tab. 1) początkowy rozwój roślin odbywał się przy sprzyjających warunkach pogodowych. W pierwszym roku badań opady w III dekadzie sierpnia spowodowały opóźnienie terminu siewu, ale korzystnie wpłynęły na wschody roślin. Wyższa niż w wieloleciu temperatura jesienią, a także dostateczna wilgotność gleby przedłużyły okres jesienniego rozwoju roślin do III dekady grudnia. Również w okresie zimy średnie temperatury powietrza były wyższe niż w wieloleciu, co sprzyjało dobremu zimowaniu roślin oraz spowodowało wczesne ruszenie wegetacji. Wiosną 2007 r. stwierdzono wyższą temperaturę powietrza, która przyczyniła się do szybkiego formowania pędu i pąkowania roślin. Niedobór opadów w kwietniu (suma opadów 2,7 mm) spowodował krótsze kwitnienie roślin, a w następstwie także szybszy rozwój generatywny, czego efektem było uzyskanie przez rośliny dojrzałości technicznej już w III dekadzie czerwca.

W 2007 r. (tab. 2) jesienny rozkład temperatury i opadów sprzyjał rozwojowi roślin rzepaku ozimego. Zahamowanie wegetacji miało miejsce 13 grudnia, natomiast ruszenie wegetacji już w ostatniej dekadzie lutego. Jednak niższe temperatury w kwietniu opóźniły początek kwitnienia roślin, a następnie końca kwitnienia i wykształcania owoców. Techniczną dojrzałość rośliny rzepaku osiągnęły późno, bo dopiero 7 lipca.

Tabela I
Table I

Średnie dekadowe temperatury i sumy opadów w okresie wegetacji w latach 2006–2007
 Mean of temperature and total precipitation in vegetation period for years 2006–2007

Rok – Year		2006						2007					
Dekada – Decade		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Miesiąc – Month		Temperatura (°C) – Temperature											
I		17,8	16,8	12,8	5,6	7,1	7,1	2,7	6,4	8,4	12,2	18,5	17,4
II		18,4	16,5	8,8	7,9	3,9	7,5	3,0	6,5	11,7	14,9	21,0	21,5
III		15,8	15,1	11,4	6,5	2,2	0,7	2,4	6,7	12,6	21,4	18,0	18,8
Średnie miesięczne – Monthly means		17,3	16,1	11,0	6,7	4,3	4,9	2,7	6,5	10,9	16,2	19,2	19,2
Średnie wieloletnie za lata 1976–2005 Multiyear means for 1976–2005		17,9	13,3	9,2	3,7	0,2	-1,0	0,1	3,7	8,3	14,1	16,9	18,7
		Opady (mm) – Precipitation											
I		111,2	13,3	30,5	47,5	17,1	11,0	24,8	17,6	0,8	15,3	32,6	47,6
II		9,1	3,6	0,0	9,9	12,1	17,9	17,9	20,8	1,1	24,5	3,6	25,6
III		46,4	0,7	27,4	10,9	6,0	23,1	16,3	10,4	0,8	10,5	33,0	19,2
Sumy miesięczne – Monthly summ		166,7	17,6	57,9	68,3	35,2	52,0	59,0	48,8	2,7	50,3	69,2	92,4
Średnie wieloletnie za lata 1976–2005 Multiyear means for 1976–2005		61,7	45,3	32,3	36,6	37,4	31,9	26,7	31,7	30,5	51,3	59,5	78,9

Tabela 2
Table 2

Średnie dekadowe temperatury i sumy opadów w okresie wegetacji w latach 2007–2008
 Mean of temperature and total precipitation in vegetation period for years 2007–2008

Rok – Year Miesiąc – Month Dekada – Decade	2007												2008						
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII							
Temperatura (°C) – Temperature																			
I	19,2	13,4	10,7	6,4	6,0	-0,7	4,4	5,1	7,2	13,0	20,3	19,5							
II	19,7	12,3	7,1	0,5	0,1	4,3	0,4	4,9	8,2	14,5	16,2	19,2							
III	17,8	12,9	7,2	1,6	-2,7	4,8	7,2	3,8	11,2	15,3	20,0	20,7							
Średnie miesięczne – Monthly means	18,9	12,9	8,3	2,8	1,0	2,9	3,9	4,6	8,9	14,3	18,8	19,8							
Średnie wieloletnie za lata 1976–2005 Multiyear means for 1961–2000	17,9	13,3	9,2	3,7	0,2	-1,0	0,1	3,7	8,3	14,1	16,9	18,7							
Opady (mm) – Precipitation																			
I	22,6	21,9	0,9	37,1	10,9	12,1	3,7	18,4	33,7	6,2	3,2	23,5							
II	24,5	7,1	12,7	10,0	7,6	20,9	2,2	12,3	41,7	20,4	6,8	29,9							
III	5,7	17,1	8,1	6,8	2,5	23,7	14,5	2,3	11,7	10,7	26,5	12,2							
Sumy miesięczne – Monthly summ	52,8	46,1	21,7	53,9	21,0	56,7	20,4	33,0	87,1	37,3	36,5	65,6							
Średnie wieloletnie za lata 1976–2005 Multiyear means for 1976–2005	61,7	45,3	32,3	36,6	37,4	31,9	26,7	31,7	30,5	51,3	59,5	78,9							

W ostatnim roku badań (tab. 3) początkowy rozwój odbywał się przy sprzyjającym przebiegu pogody, czego efektem były stosunkowo szybkie wschody roślin. Obniżenie temperatury w III dekadzie listopada wpłynęło na najwcześniejsze w trzyleciu badawczym zahamowanie vegetacji. Okres spoczynku zimowego charakteryzował się niską temperaturą zwłaszcza w styczniu i lutym, czego efektem było opóźnienie rozpoczęcia vegetacji wiosennej. Późniejsze formowanie pędu oraz rozpoczęcie kwitnienia wydłużyło rozwój wiosenny i skutkowało przedłużeniem vegetacji. Jednocześnie wysokie opady w czerwcu (141,7 mm) i lipcu (134,2 mm), w czasie dojrzewania roślin, wpłynęły korzystnie na wysoką masę 1000 nasion.

Rozwój roślin rzepaku ozimego odmiany Californium został przedstawiony w tabeli 4. Dawki siarki nie różnicowały pojawiania się dat kolejnych faz rozwojowych, natomiast zmienne warunki klimatyczne oraz właściwości genetyczne wpłynęły na rozwój roślin. W porównaniu z odmianą Californium stwierdzono opóźnienie wiosennego rozwoju odmiany ES Saphir F_1 o 1 dzień, a odmiana Titan F_1 rozwijała się wolniej o 2–3 dni.

Liczba roślin po wschodach była zbliżona do zakładanej w doświadczeniu, a w czasie zimy stwierdzono niewielkie ubytki roślin. Również wiosną liczba roślin była wystarczająca dla wydania wysokiego plonu nasion.

Średnio za trzy lata badań nawożenie siarką nie miało wpływu na wysokość roślin i wysokość do I rozgałęzienia, natomiast liczba rozgałęzień zwiększała się do dawki $60 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$. Czynniki odmianowy kształtował, podobnie jak różnicowany przebieg pogody w latach, cechy morfologiczne roślin przed zbiorem (tab. 5). Według Wielebskiego i Muśnickiego (1998) oraz Wielebskiego (2006) nawożenie $20 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ ma wpływ na wysokość roślin. Liczba rozgałęzień I rzędu, w badaniach Wielebskiego i Muśnickiego (1998), była najwyższa przy $40 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$, a według Wielebskiego (2006) wzrastała do dawki $20 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Wszystkie badane czynniki miały istotny wpływ na kształtowanie elementów struktury plonu. W porównaniu z kontrolą zastosowanie $60 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało wzrost liczby łuszczyń na roślinie, liczby nasion w łuszczyńce i masy nasion w łuszczyńce odpowiednio o 12,1, 5,1 i 8,7% (tab. 6). Wszystkie elementy struktury plonu najbardziej różnicował przebieg pogody w latach badań oraz czynnik odmianowy. Wielebski (2006) wykazał, że nawożenie siarką najmocniej modyfikowało liczbę łuszczyń na roślinie.

Spośród badanych odmian ES Saphir F_1 odznaczała się najwyższym wzrostem, liczbą nasion w łuszczyńce i masą nasion w łuszczyńce, przy jednocześnie najmniejszej liczbie rozgałęzień.

Duża suma opadów podczas dojrzewania rzepaku w ostatnim roku badań przyczyniła się do istotnego wzrostu masy 1000 nasion.

Tabela 3
Table 3

Średnie dekadowe temperatury i sumy opadów w okresie wegetacji w latach 2008–2009
 Mean of temperature and total precipitation in vegetation period for years 2008–2009

Rok – Year		2008						2009					
Miesiąc – Month		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Dekada – Decade		Temperatura (°C) – Temperature											
I		20,4	18,4	11,0	10,0	3,5	-6,3	1,5	5,7	11,9	13,7	13,9	19,9
II		19,4	10,9	10,6	6,5	3,1	-2,2	-1,9	3,2	11,0	13,7	15,8	19,5
III		16,9	10,4	7,3	1,7	-0,1	1,2	1,2	4,9	13,2	15,2	17,6	19,3
Średnie miesięczne – Monthly means		18,8	13,2	9,6	6,1	2,1	-2,3	0,2	4,6	12,0	14,2	15,8	19,5
Średnie wieloletnie za lata 1976–2005 Multiyear means for 1976–2005		17,9	13,3	9,2	3,7	0,2	-1,0	0,1	3,7	8,3	14,1	16,9	18,7
		Opady (mm) – Precipitation											
I		26,0	13,0	3,6	2,6	4,6	6,0	13,2	7,6	0,1	2,5	12,1	58,2
II		48,2	0,4	11,9	15,9	8,6	18,2	13,0	16,8	0,2	25,8	26,8	55,2
III		19,8	14,5	25,6	11,1	7,3	10,4	20,6	23,9	30,6	39,3	102,8	20,8
Sumy miesięczne – Monthly summ		94,0	27,9	41,1	29,6	20,5	34,6	46,8	48,3	30,9	67,6	141,7	134,2
Średnie wieloletnie za lata 1976–2005 Multiyear means for 1976–2005		61,7	45,3	32,3	36,6	37,4	31,9	26,7	31,7	30,5	51,3	59,5	78,9

Tabela 4

Table 4

Rozwój rzepaku ozimego odmiany Californium
Growth of winter rape Californium cultivar

Fazy rozwojowe Growths stages	Data początku fazy – Date of beginning of stage		
	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Siew – Sowing	28.08.2006	27.08.2007	27.08.2008
Wschody – Emergence	06.09.2006	08.09.2007	04.09.2008
5–6 liści – 5–6 leaves	04.10.2006	06.10.2007	15.10.2008
Zahamowanie wegetacji jesienią Inhibition of vegetation in autumn	22.12.2006	13.12.2007	22.11.2008
Rozpoczęcie wegetacji wiosną Renewal of vegetation in spring	06.03.2007	28.02.2008	31.03.2009
Początek pąkowania Beginning of budding	03.04.2007	02.04.2008	08.04.2009
Początek kwitnienia Beginning of flowering	14.04.2007	23.04.2008	24.04.2009
Koniec kwitnienia End of flowering	10.05.2007	18.05.2008	21.05.2009
Dojrzałość techniczna Technical maturity	27.06.2007	07.07.2008	07.07.2009
Zbiór – Harvest	18.07.2007	17.07.2008	23.07.2009

Tabela 5

Table 5

Cechy morfologiczne roślin przed zbiorem (średnie dla czynników i lat)
Morphological features of plants before harvest (means for factors and years)

Nawożenie S (kg · ha ⁻¹) Fertilization S	Odmiana Cultivar	Wysokość roślin (cm) Height of plants	Wysokość do I rozgałęzienia (cm) Height to the 1 st branch	Liczba rozgałęzień I rzędu Number of 1 st branches
0		139	57,9	5,4
30		138	57,9	5,5
60		140	56,3	5,9
90		137	57,5	5,3
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		r.n. – s.i.d.	r.n. – s.i.d.	0,3
	Californium	130	52,7	5,9
	ES Saphir F ₁	145	59,9	5,1
	Titan F ₁	139	59,7	5,7
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		2	1,9	0,2
	2006/2007	151	61,5	6,0
	2007/2008	160	74,3	5,2
	2008/2009	104	36,4	5,3
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		3	2,5	0,3

r.n. – s.i.d. (różnica nieistotna – statistically insignificant difference)

Tabela 6
Table 6Elementy struktury plonu (średnie dla czynników i lat)
Yield components (means for factors and years)

Nawożenie S (kg · ha ⁻¹) Fertilization S	Odmiana Cultivar	Liczba łuszczyzn na roślinie Number of siliques per plant	Liczba nasion w łuszczyńce Number of seed per silique	Masa nasion w łuszczyńce (mg) Weight of seeds in a silique	Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds
0		116	21,5	115,7	5,28
30		116	21,9	119,5	5,14
60		130	22,6	125,8	5,30
90		129	22,6	123,3	5,25
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		7	0,4	4,0	0,08
	Californium	109	21,4	120,1	5,36
	ES Saphir ₁	126	22,6	124,4	5,31
	Titan F ₁	132	22,4	118,8	5,06
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		5	0,4	2,9	0,07
2006/2007		129	20,0	105,6	4,81
2007/2008		140	24,9	118,0	4,67
2008/2009		98	21,6	139,7	6,25
NIR – LSD ($\alpha=0,05$)		6	0,3	3,4	0,07

WNIOSKI

1. Rozwój roślin, cechy morfologiczne oraz elementy struktury plonu badanych odmian rzepaku ozimego zależały przede wszystkim od zmiennych warunków pogodowych w latach badań, a w mniejszym stopniu od dawki nawozów siarkowych.
2. Dawka 60 kg S · ha⁻¹ miała korzystny wpływ na liczbę łuszczyzn na roślinie, liczbę nasion w łuszczyńce i masę nasion w łuszczyńce.
3. Odmiana ES Saphir F₁ cechowała się najwyższymi roślinami i masą nasion w łuszczyńce, natomiast odmiana Titan F₁ wykształcała najwięcej łuszczyzn na roślinie.
4. Duża suma opadów podczas dojrzewania rzepaku w ostatnim roku badań przyczyniła się do istotnego wzrostu masy 1000 nasion.

PIŚMIENNICTWO

- Grzebisz W., Fotyma E., 1996. Ocena odżywienia siarką rzepaku uprawianego w północno-zachodniej Polsce. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, XVII (1): 275–280.
- Janzen H.H., Bettany J.R., 1984. Sulfur nutrition of rapeseed: I. Influence of fertilizer nitrogen and sulfur rates. Soil Sci. Soc. Am. J., 48: 100–107.

- Jaworski W., Maciejewska J., 2009. Dyrektywa IPPC–IEP wyzwania dla Polski do roku 2016, Warszawa 24 września 2009. <http://www.proinwestycje.pl/debaty/dyrektywaippc/Wojciech%20Jaworski.pdf>
- Mercik S., Kalembasa S., Wiśniewska B., Podgajna G., 1999. Zawartość siarki ogólnej oraz jej frakcji w glebach w zależności od wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 465: 411–418.
- Podleśna A., Jędrzycka M., Lewartowska E., 2005. Występowanie chorób grzybowych na rzepaku ozimym w warunkach zróżnicowanego nawożenia siarką i azotem. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, XXVI, (1): 173–184.
- Wielebski F., 2006. Nawożenie różnych typów odmian rzepaku ozimego siarką w zróżnicowanych warunkach glebowych. I. Wpływ na plon i elementy struktury plonu nasion. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops, XXVII, (2): 265–282.
- Wielebski F., Muśnicki Cz., 1998. Wpływ wzrastających dawek siarki i sposobu jej aplikacji na plon i zawartość glukozyolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego w warunkach doświadczeń polowych. Roczn. AR Pozn. CCCIII, Rol., 51: 149–167.
- Zhao F.J., McGrath S.P., Blade-Kalff M.M.A., Link A., Tucker M., 2003. Crop responses to sulphur fertilisation in Europe. Nawozy Nawoż., 3 (16): 26–51.

THE EFFECT OF SULPHUR FERTILIZATION ON THE GROWTH AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE WINTER OILSEED RAPE CULTIVARS

Summary

Department of Crop Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, carried out 3-year, small plot experiments (2006–2009) on the effect of differentiated rates of sulphur fertilizers on the growth and morphological features of winter rape cultivars. In a split-plot experiment different rates of sulphur (0, 30, 60 i 90 kg · ha⁻¹) in a form of potassium sulphate were studied. The other variable examined was a winter rape cultivar: Californium, ES Saphir F₁ and Titan F₁. The plant growth was influenced by variable weather conditions and cultivar features but not by sulphur rates. A sulphur dosage of 60 kg · ha⁻¹ increased the number of siliques per plant, number of seeds and weight of seeds per silique. The ES Saphir F₁ cultivar was characterized by the highest plants and weight of seeds in a silique whereas the Titan F₁ cultivar gave the highest number of siliques per plant.

KEY WORDS: winter rape cultivars, sulphur fertilization, growth of plant, morphological features, yield components

Maria Pytlarz-Kozicka

**WPŁYW SPOSOBU UPRAWY NA PLON I JEGO STRUKTURĘ
DWÓCH BARDZO WCZESNYCH ODMIAN ZIEMNIAKA**
**EFFECT OF THE WAY OF CULTIVATION ON YIELDING
AND STRUCTURE OF TWO VERY EARLY POTATO CULTIVARS**

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

Celem badań przeprowadzonych w RZD Pawłowice w latach 2005–2007 było określenie wpływu sposobu uprawy z wykorzystaniem agrowłókniny i terminów zbioru na plon i jego strukturę bardzo wczesnych odmian ziemniaka.

Trzyczynnikowe doświadczenie polowe założono metodą podbloków. Czynniki badanych były:

- I – sposób uprawy: a) – bez agrowłókniny, b) – z agrowłókniną polipropylenową;
- II – terminy zbioru: a) – zbiór wczesny, b) – zbiór po zaschnięciu naci
- III – odmiany bardzo wczesne: Felka i Karatop.

W badaniach stwierdzono, że wzrost, rozwój roślin oraz struktura plonu zależały przede wszystkim od sposobu uprawy. Na obiektach, na których stosowano agrowłókninę, obserwowano wcześniejsze pojawianie się poszczególnych faz rozwojowych; rośliny były wyższe oraz większy procent w plonie stanowiły bulwy handlowe, w stosunku do obiektów, na których nie stosowano agrowłókniny.

Termin zbioru istotnie kształtował wysokość plonu i jego strukturę, masę bulwy oraz współczynnik rozmnożenia. Ziemniaki zbierane po zaschnięciu naci charakteryzowały się wyższym plonem ogólnym, bulwy miały wyższą masę, wyższy był też współczynnik rozmnożenia oraz zawartość suchej masy w bulwach.

Z badanych odmian – odmiana Felka charakteryzowała się nieco dłuższym okresem wegetacji, wyższymi roślinami, wyższym plonem ogólnym bulw, masą bulw, nieco wyższym współczynnikiem rozmnożenia oraz zawartością suchej masy. Odmiana ta miała również większy procentowy udział w plonie bulw frakcji handlowej. Odmiana Karatop natomiast charakteryzowała się krótszym okresem wegetacji, niższym plonem bulw oraz wyższą zawartością białka w bulwach.

SŁOWA KLUCZOWE: sposób uprawy, termin zbioru, odmiana, ziemniak

Do cytowania – For citation: Pytlarz-Kozicka M., 2011. Wpływ sposobu uprawy na plon i jego strukturę dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. XCVIII, 581: 127–140.

WSTĘP

W warunkach Polski produkcja ziemniaka na wczesny zbiór prowadzona jest przede wszystkim na pokrycie zapotrzebowania na ziemniak konsumpcyjny od połowy czerwca do końca lipca. Zainteresowanie konsumentów „młodymi” ziemniakami rozpoczyna się już na początku maja, ponieważ bulwy ze zbiorów ubiegłorocznych o tej porze tracą walory smakowe. Zapotrzebowanie w tym czasie pokrywane jest z importu. Obecnie poszukuje się takich sposobów uprawy ziemniaka, które pozwolą na podniesienie opłacalności i zarazem ograniczenie importu wczesnych odmian ziemniaków jadalnych.

Szybkie uzyskanie opłacalnego plonu handlowego w tradycyjnej uprawie polowej nie jest jednak możliwe w każdym rejonie Polski. Zdaniem Sawickiej (2000) pierwszy zbiór bardzo wczesnych odmian ziemniaka można uzyskać już w połowie lub drugiej dekadzie maja z uprawy pod szkłem lub w nie ogrzewanym tunelu foliowym, a w trzeciej dekadzie maja lub w pierwszej dekadzie czerwca – w tradycyjnej uprawie polowej (Pszczółkowski i Sawicka 2003). O wysokości plonu, a przede wszystkim o jego wczesności decydują region przydatności do polowej uprawy ziemniaków na wczesny zbiór i dobór odmiany (Pytlarz-Kozicka 2002).

Region Dolnego Śląska cechuje się korzystnymi warunkami glebowymi i klimatycznymi do produkcji ziemniaków na wczesny zbiór. Warunki klimatyczne i glebowe regionu wskazują na możliwość uprawy odmian o dużych wymaganiach glebowych oraz średnich bądź małych wymaganiach wodnych.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu sposobu uprawy z wykorzystaniem agrowłókniny i terminów zbioru na plon i jego strukturę dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2005–2007 w RZD Pawłowice. Doświadczenie założono na glebie brunatnej wytworzonej z piasku słabo gliniastego na piasku luźnym. Gleba ta zaliczana jest do V klasy bonitacyjnej, kompleksu żytńio dobrego. Odczyn gleby oznaczony w 1n KCl-u był lekko kwaśny, zasobność w fosfor bardzo wysoka, w potas i magnez średnia.

Doświadczenie założono metodą split-plot w czterech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były:

- I – sposób uprawy: a) – bez agrowłókniny, b) – z agrowłókniną polipropylenową;
- II – terminy zbioru: a) – zbiór wczesny, b) – zbiór po zaschnięciu naci
- III – odmiany bardzo wczesne: Felka i Karatop.

Materiał sadzeniakowy odmiany Felka pochodził z Hodowli Ziemniaka Zamarte, odmiany Karatop z firmy Norika.

Ziemniaki sadzono sadzeniakami podkiełkowanymi w drugiej dekadzie kwietnia (14–17.04) w zależności od roku badań. Obiekty, agrowłókniną przykrywano po sadzeniu, a zdejmowano, gdy rośliny osiągnięty około 20 cm. Ziemniaki z wcześniejszym zbiorem opryskiwano preparatem Reglone 200SL po 60 dniach od sadzenia, natomiast obiekty ze zbiorem po naturalnym zaschnięciu naci kopano w zależności od roku 02.08–07.08.

W okresie wegetacji prowadzono obserwacje wzrostu i rozwoju roślin oraz porażenia roślin patogenami, notowano występowanie kolejnych faz rozwojowych. Od końca wschodów mierzono wysokość roślin, a w fazie formowania pędów liczono pędy na roślinie. Zbiór ziemniaków wykonywano ręcznie po wykopaniu kopaczką elewatorową. Po zbiorze określono plon ogólny bulw i jego strukturę, wydzielając frakcje bulw, współczynnik rozmnożenia oraz masę przeciętnej bulwy, a także zawartość suchej masy metodą suszarkową-wagową i białka ogólnego metodą Klejdahla.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla doświadczenia trzyczynnikowego założonego metodą split-plot. Istotność wpływu badanych czynników określono na podstawie testu F w analizie wariancji.

Warunki pogodowe w latach badań, w okresie wegetacji ziemniaków różniły się od średnich wieloletnich. Rozkład opadów był bardzo nierównomierny i niekorzystny do plonowania ziemniaków, natomiast średnie miesięczne temperatury były wyższe od średnich wieloletnich.

WYNIKI

Rozwój roślin zależał przede wszystkim od sposobu uprawy (tab. 1). Na obiektach, na których stosowano agrowłókninę, obserwowano wcześniejsze pojawianie się poszczególnych faz rozwojowych od 4 do 7 dni w stosunku do obiektów bez stosowania agrowłókniny. U odmiany Karatop nie obserwowano fazy pełni kwitnienia, odmiana ta ponadto nieco wcześniej kończyła wegetację.

Wysokość roślin w okresie wegetacji zależała od sposobu uprawy i odmiany (rys. 1 i 2) wyższe rośliny obserwowano na obiektach przykrytych agrowłókniną oraz u odmiany Felka.

Tabela 1
Table 1

Rozwój roślin (liczba dni od sadzenia – średnie dla lat badań 2005–2007)
Plants development (number of days after planting – mean values for the years of research 2005–2007)

Fazy rozwojowe Development stages	Z agrowłókniną With agritextile		Bez agrowłókniny Without agritextile	
	Felka	Karatop	Felka	Karatop
1	2	3	4	5
Sadzenie – Planting	12.04–17.04	12.04–17.04	12.04–7.04	12.04–17.04
Początek wschodów Begining of emergence	19–27	19–27	14–16	14–16
Pełnia wschodów Full emergence	23–33	23–33	18–22	18–22
Formowanie pędów Shoots forming	37–41	37–41	29–33	29–33

Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

1	2	3	4	5
Pąkowanie – Budding	52–63	52–63	45–51	44–49
Początek kwitnienia Begining of flowering	57–66	56–64	52–60	50–58
Pełnia kwitnienia – Full flowering	55–63	–	62–69	–
Koniec kwitnienia End of flowering	71	71	66–69	62–66
Zaschnięcie naci po za- stosowaniu Reglone Helm drying up after Reglone application	–	–	74–77	74–77
Naturalne zaschnięcie naci Helm natural drying up	96–104	91–97	–	–

Agrofagi ziemniaka

W okresie wegetacji w latach badań obserwowano liczniejsze występowanie chwastów na obiektach przykrytych agrowłókniną. Z chwastów jednoliściennych występował przede wszystkim perz właściwy (*Agropyron repens*) i chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli*), wśród gatunków dwuliściennych przeważała komosa biała (*Chenopodium album*) i szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus*), miejscowo występował także bodziszek drobny (*Geranium pusillum*). Porażenia zarzą ziemniaka (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) nie obserwowano na obiektach z wczesnym zbiorem, natomiast na obiektach zbieranych po naturalnym zaschnięciu naci było ono niewielkie u odmiany Felka i wyższe u odmiany Karatop. Nasilenie stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata*) na poszczególnych obiektach było niewielkie. Osobniki dorosłe, a później larwy obserwowano w drugiej dekadzie czerwca. Porażenie roślin chorobami wirusowymi zależało przede wszystkim od właściwości odmianowych. Odmiana Karatop porażona była wirusem PVY, przy czym więcej chorych roślin obserwowano na obiektach z agrowłókniną. U odmiany Felka nie obserwowano roślin porażonych wirusami, natomiast porażone były w niewielkim stopniu przez bakterie *Erwinia carotowora* (czarna nóżka).

Plon i jego struktura

Plon bulw uzyskany w doświadczeniu był niski i wynosił średnio 13,9 t·ha⁻¹. Badane odmiany i zastosowanie agrowłókniny nie wywarły istotnego wpływu na wysokość plonu ogólnego bulw we wszystkich latach badań, natomiast istotnie wyższe średnio plony uzyskano na obiektach zbieranych po naturalnym zaschnięciu naci w 2005 r. i u odmiany Felka w 2006 r. (tab. 2).

Struktura plonu zależała od badanych czynników (rys. 3–5). Termin zbioru istotnie kształtował strukturę plonu (rys. 3). Na obiektach z wczesnym zbiorem bulw największy procent stanowiły bulwy frakcji 3–4 cm (42,5%), natomiast przy zbiorze ziemniaków

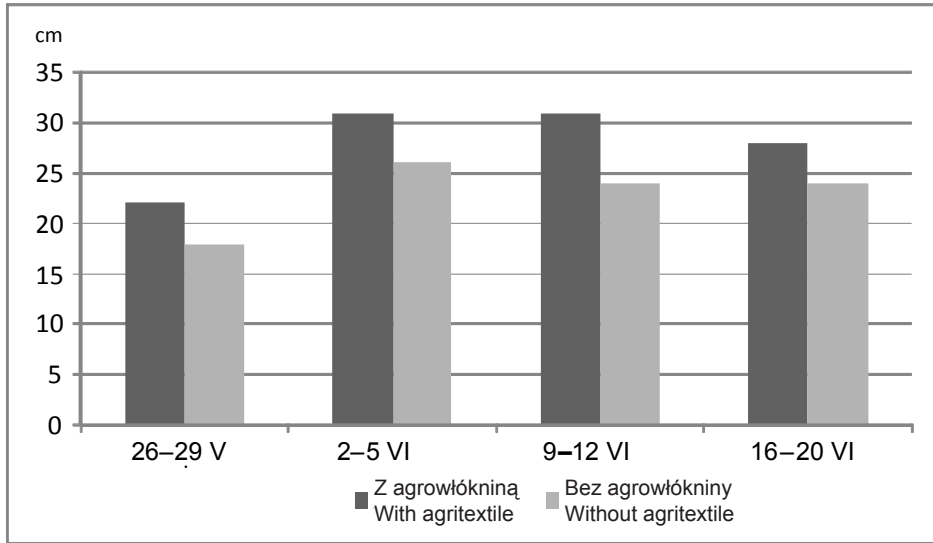
po zaschnięciu naci najwięcej bulw było o średnicy 4–5 cm (32,1%). W porównaniu ze zbiorem po dojrzeniu naci udział tej frakcji bulw był wyższy o 15,5%, co wpłynęło na większy udział bulw handlowych w plonie ogólnym. Większy udział w plonie bulw najdrobniejszych (> 3) i najmniejszy udział bulw dużych o średnicy > 6 cm uzyskano, gdy stosowano wczesny zbiór, różnica w stosunku do zbioru po zaschnięciu naci wynosiła odpowiednio 15,1 i 12,1%.

Tabela 2
Table 2

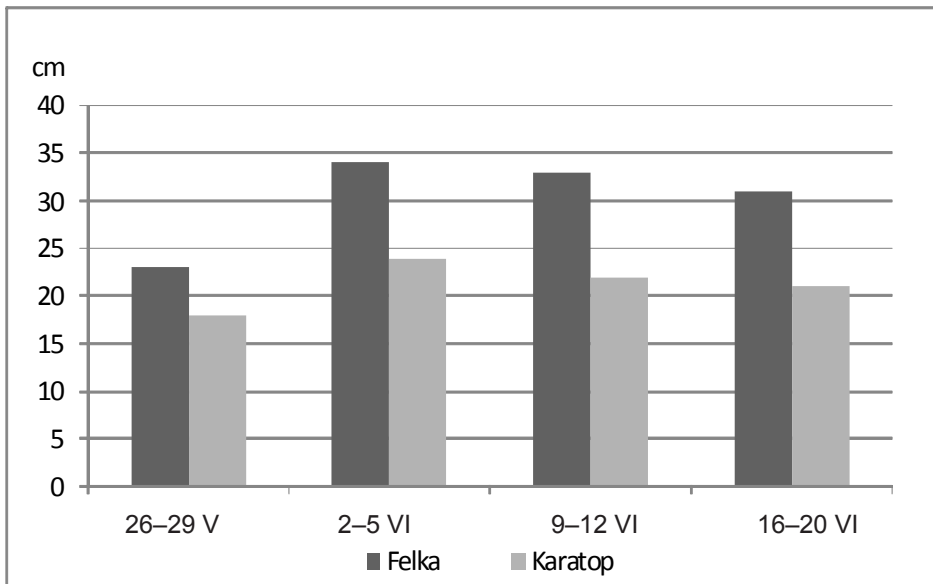
Plon bulw ogółem ($t \cdot ha^{-1}$)
Total and marketable

Sposób uprawy Way of cultivation	Termin zbioru Harvest term	Odmiany Cultivats	Plon bulw – Tubers yield size			Średnia dla 2005–2007 Mean value for 2005–2007
			2005	2006	2007	
Bez agrowłókniny Without agritextile	–	–	13,2	12,4	20,1	15,2
Z agrowłókniną With polypropylene agritextile	–	–	14,6	16,4	22,2	17,7
NIR ($\alpha = 0.05$)			r. n.	r. n.	r. n.	r. n.
–	Zbiór wczesny Early harvest	–	10,8	13,4	20,0	14,7
–	Zbiór po zaschnięciu naci Harvest after helm drying up	–	17,0	15,6	22,1	18,2
NIR ($\alpha = 0.05$)			1,6	r. n.	r. n.	1,3
–	–	Felka	14,5	18,2	22,5	18,4
–	–	Karatop	13,3	10,6	20,2	14,7
NIR ($\alpha = 0.05$)			r. n.	3,8	r. n.	2,1

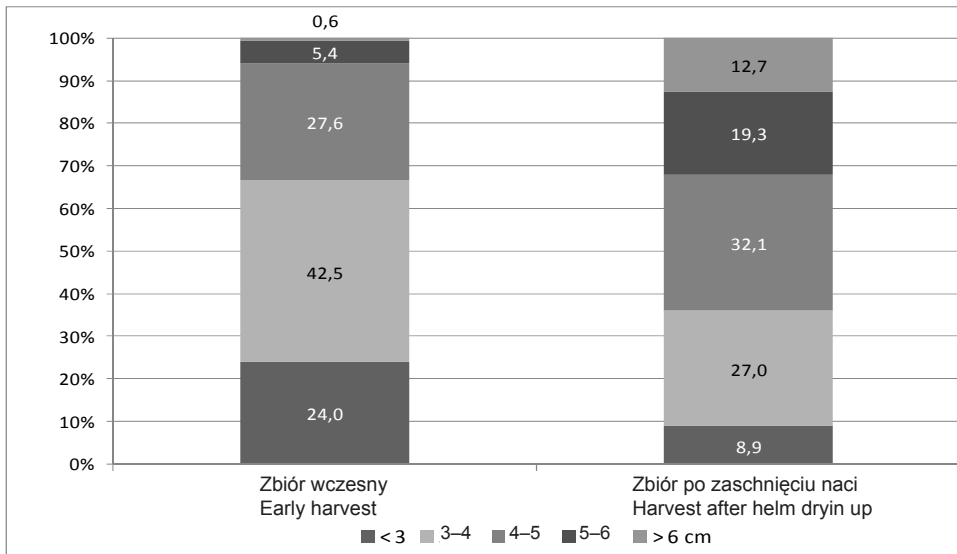
Wykorzystanie agrowłókniny istotnie modyfikowało udział bulw poszczególnych frakcji (rys. 4). Najwięcej bulw drobnych > 3 cm uzyskano przy uprawie tradycyjnej (bez agrowłókniny) – 20,8%. Technologia z zastosowaniem agrowłókniny korzystnie wpłynęła na procentowy udział w plonie bulw o średnicy 4 – 5, 5 – 6 i > 6 cm, udział w plonie wyższy był odpowiednio o 8,6, 3,1 i 1,6% w porównaniu z uprawą bez osłon. Jedynie udział bulw o średnicy 3–4 cm był wyższy o 4,7% na obiektach, gdzie osłon nie stosowano.



Rys. 1. Wysokość roślin (cm) – średnie dla sposobów uprawy i lat badań (2005–2007)
 Fig. 1. Plants height (cm) – mean values for the ways of cultivation and research years(2005–2007)

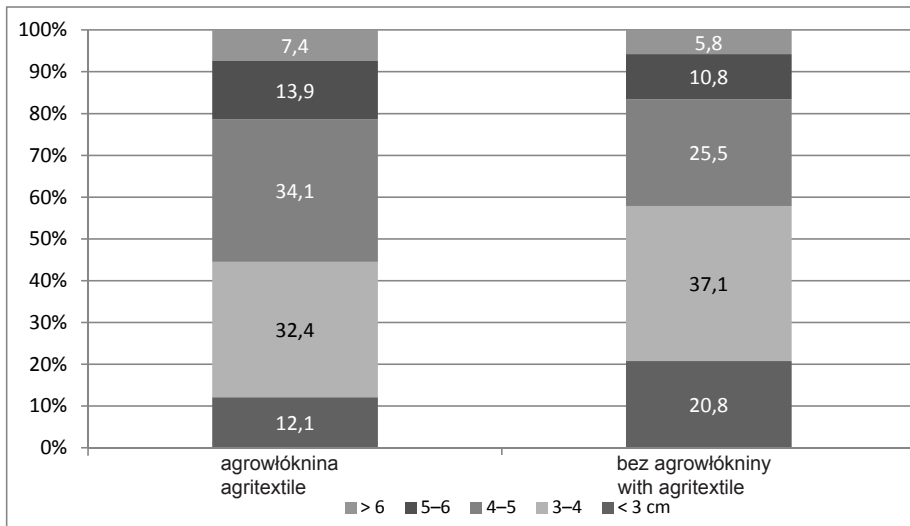


Rys. 2. Wysokość roślin (cm) – średnie dla odmian i lat badań (2005–2007)
 Fig. 2. Plants height (cm) – mean values for cultivars and research years (2005–2007)



Rys. 3. Struktura plonu – średnie dla terminu zbioru i lat badań (2005–2007)

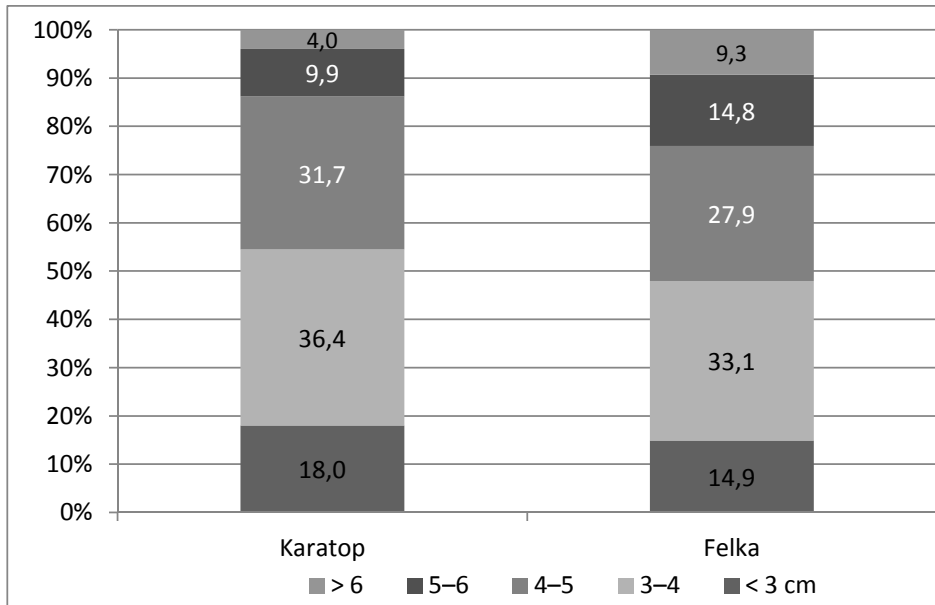
Fig. 3. Yield structure – mean values for harvest term and research years (2005–2007)



Rys. 4. Struktura plonu – średnie dla sposobu uprawy i lat badań (2005–2007)

Fig. 4. Yield structure – mean values for the ways of cultivation and research years (2005–2007)

Właściwości odmianowe także różnicowały strukturę plonu bulw. Odmiana Felka charakteryzowała się mniejszym udziałem bulw najdrobniejszych i większym udziałem bulw o średnicy 5–6 i > 6 cm, natomiast nieco wyższy udział bulw o średnicy 3–4 i 4–5 cm odnotowano na obiektach z odmianą Karatop (rys. 5).



Rys. 5. Struktura plonu – średnie dla odmian i lat badań (2005–2007)

Fig. 5. Yield structure – mean values for cultivars and research (2005–2007)

Średnia masa bulwy była niska i wahała się w zależności od badanych czynników i lat od 31,0 g do 59,0 g. (tab. 3) i zależała istotnie od terminu zbioru we wszystkich latach badań oraz odmiany w latach 2005 i 2006. Spośród lat badań największe bulwy uzyskano w 2007 roku, o masie większej o 9,1 grama od średniej za lata 2005–2007. Nieco wyższą masę bulw uzyskano na obiektach okrywanych agrowłókniną oraz u odmiany Felka.

Ogólny współczynnik rozmnożenia liczony średni dla wszystkich frakcji wahał się od 5,8 do 8,1 bulw średnio z jednej rośliny i zależał od terminu zbioru oraz odmiany (tab. 4). Wyższy był o 0,8 na obiektach zbieranych po zaschnięciu naci i u odmiany Felka.

Zawartość suchej masy w świeżej masie bulw wahała się w przedziale od 16,2 do 19,5% (tabela 5). Średnio wyższą zawartość suchej masy o 0,3% uzyskano na obiektach okrywanych agrowłókniną. Wyższą zawartością suchej masy o 0,4% charakteryzowały się również bulwy odmiany Karatop niż Felka. Zawartość białka ogólnego w świeżej masie bulw zależała przede wszystkim od warunków pogodowych w okresie wegetacji. Najwyższa była w 2005 r. najniższa natomiast w roku 2007. Nie odnotowano większego wpływu badanych czynników na gromadzenie się tego składnika w bulwach.

Tabela 3
Table 3Średnia masa bulwy (g)
Mean weight of a tuber

Sposób uprawy Way of cultivation	Termin zbioru Harvest term	Odmiany Cultivars	Masa bulwy – Tuber weight			Średnia dla 2005–2007 Mean value for 2005–2007
			2005	2006	2007	
Bez agrowłókniny Without agritextile	–	–	35,8	37,2	54,2	42,4
Z agrowłókniną With polypropylene agritextile	–	–	43,3	42,8	52,7	46,3
NIR ($\alpha = 0.05$)			5,4	r. n.	r. n.	r. n.
–	Zbiór wczesny Early harvest	–	31,0	33,5	47,9	37,5
–	Zbiór po za- schnięciu naci Harvest after helm drying up	–	48,1	45,8	59,0	51,0
NIR ($\alpha = 0.05$)			4,4	7,3	6,0	5,7
–	–	Felka	45,1	43,6	51,0	46,6
–	–	Karatop	34,0	34,1	56,5	41,5
NIR ($\alpha = 0.05$)			4,4	5,5	r. n.	r. n.

Tabela 4

Table 4

Współczynnik rozmnożenia (szt.)
Reproduction coefficient (units)

Sposób uprawy Way of cultivation	Termin zbioru Harvest term	Odmiany Cultivars	Współczynnik rozmnożenia Reproduction coefficient			Średnia dla 2005–2007 Mean value for 2005–2007
			2005	2006	2007	
Bez agrowłókniny Without agritextile	–	–	6,1	7,1	7,0	6,7
Z agrowłókniną With polypropylene agritextile	–	–	6,8	7,7	7,5	7,3
NIR ($\alpha = 0.05$)			r. n.	r. n.	r. n.	r. n.
–	Zbiór wczesny Early harvest	–	6,2	6,7	6,4	6,4
–	Zbiór po zaschnię- ciu naci Harvest after helm dryling up	–	6,6	8,0	8,1	7,6
NIR ($\alpha = 0.05$)			r. n.	0,8	1,5	0,9
–	–	Felka	7,1	8,1	7,4	7,5
–	–	Karatop	5,8	6,7	7,1	6,5
NIR ($\alpha = 0.05$)			1,1	0,8	r. n.	0,8

Tabela 5
Table 5

Procentowa zawartość suchej masy i białka ogólnego w świeżej masie bulw
Percentage content of dry matter and protein in fresh matter of tubers

Sposób uprawy Way of cultivation	Termin zbioru Harvest term	Odmiany Cultivars	Sucha masa Dry matter			2005– 2007	Białko ogólne Total protein			2005– 2007
			2005	2006	2007		2005	2006	2007	
Bez agrowłókniny Without agritextile	–	–	17,8	17,0	18,5	17,8	2,2	1,9	1,8	1,97
Z agrowłókniną With polypropylene agritextile	–	–	19,0	17,0	18,4	18,1	2,2	1,9	1,7	1,93
–	Zbiór wczesny Early harvest	–	18,6	16,2	19,1	18,0	2,1	1,8	1,7	1,87
–	Zbiór po zaschnięciu naci Harvest after helmet dryling up	–	18,2	17,9	17,8	18,0	2,2	2,0	1,8	2,00
–	–	Karatop	17,4	18,2	18,9	18,2	2,1	2,0	1,7	1,93
–	–	Felka	19,5	15,8	18,0	17,8	2,3	1,9	1,8	2,00

DYSKUSJA

Warunki pogodowe w okresie wegetacji z nieco wyższymi średnimi temperaturami powietrza niż w okresie wielolecia pozwoliły roślinom szybciej osiągać kolejne fazy rozwojowe. Nierównomiernie jednak rozłożone opady wpłynęły ujemnie na plonowanie badanych odmian. Roztropowicz i Sztukowska (1997) podają, że jednym z głównych czynników determinujących osiągnięcie dobrych wyników w uprawie odmian bardzo wczesnych jest odpowiedni poziom średnich temperatur w maju i czerwcu. Według Dzieżyca (1989) okres wyraźnej wrażliwości ziemniaka na niedobór wody przypada dla odmian wczesnych w czerwcu i na początku lipca, a niedobór jak i nadmiar opadów obniżają plony ziemniaka, przy czym niedobory opadów powodują większy spadek plonu niż ich nadmiar.

Według Lutomirskiej i wsp. (2006) wschody roślin ziemniaka na obiektach, gdzie stosuje się agrowłókninę, następują o 4–6 dni wcześniej i są bardziej wyrównane, co potwierdziło się w badaniach własnych. Rośliny na obiektach osłoniętych agrowłókniną były bardziej wyrównane i wyższe, wcześniej rozpoczynały kolejne fazy rozwojowe. W doświadczeniu porównując rozwój badanych odmian – szybsze tempo wzrostu i wcześniejszy proces tuberyzacji nastąpiły u odmiany Felka. Rośliny tej odmiany charakteryzowały się ponadto dłuższym okresem wegetacji niż u odmiany Karatop.

Uzyskane plony ogólne bulw zależały od właściwości odmianowych i terminu zbioru. Wyższe plony bulw otrzymano przy zbiorze po zaschnięciu naci i u odmiany Felka, badania nie wykazały natomiast istotnego wpływu na plon ogólny sposobu uprawy z wykorzystaniem agrowłókniny. Termin zbioru oraz stosowanie agrowłókniny przyczyniły się do wzrostu udziału bulw handlowych w plonie ogólnym. Na obiektach z wcześniejszym terminem zbioru oraz bez stosowania osłon uzyskano niższy udział bulw handlowych – zarówno o średnicy > 3 , jak i > 4 cm – niż na obiektach zbieranych po zaschnięciu naci. Wyższą masę bulwy otrzymano również na obiektach zbieranych po zaschnięciu naci, wyższą wartość tej cechy zanotowano u odmiany Felka. Przeprowadzone badania potwierdziły obserwacje innych autorów na temat stosowania okrywy z agrowłókniny w produkcji ziemniaków bardzo wczesnych. Według Wierzbickiej (1996), Prośby-Białczyk i Mydlarskiego (1998), Sawickiej (1998), Wadas (1998) oraz Pszczółkowskiego i Sawickiej (2003), Lutomirskiej i wsp. (2006), Roztropowicz i Kubickiego (1977) zastosowanie osłony w uprawie wczesnych odmian ziemniaka przyczynia się do przyspieszenia rozwoju roślin. Uzyskuje się również większy plon ogólny bulw w porównaniu z uprawą tradycyjną oraz zwiększa się wydajność plonu handlowego bulw poprzez wzrost udziału bulw dużych.

Zawartość suchej masy i białka ogólnego w świeżej masie bulw była zbliżona we wszystkich badanych obiektach. Zawartość białka zależała przede wszystkim od cech odmianowych i nieco wyższa była u odmiany Karatop, natomiast zawartość suchej masy zależała od sposobu uprawy i odmiany, co potwierdziły w swoich badaniach Jabłońska-Ceglarek i Wadas (2005). Najwyższą zawartość suchej masy w świeżej masie bulw uzyskano u odmiany Felka na obiektach osłanianych i zbieranych przed zaschnięciem naci, najniższą natomiast u odmiany Karatop na obiektach bez osłon i przy zbiorze po zaschnięciu naci.

WNIOSKI

1. Warunki pogodowe w okresie wegetacji z wyższymi średnimi temperaturami powietrza niż w okresie wielolecia przyspieszyły kolejne fazy rozwojowe. Nierównomierne rozłożone opady wpłynęły jednak ujemnie na plonowanie badanych odmian.

2. Rośliny na obiektach przykrytych agrowłókniną były bardziej wyrównane i wyższe, wcześniej rozpoczynały kolejne fazy rozwojowe i miały szybsze tempo wzrostu. Wcześniejszy proces tuberyzacji nastąpił u odmiany Felka. Rośliny tej odmiany charakteryzowały się ponadto dłuższym okresem wegetacji niż odmiany Karatop.

3. Uzyskane plony ogólne bulw zależały od właściwości odmianowych i terminu zbioru. Wyższe plony uzyskano przy zbiorze po zaschnięciu naci i u odmiany Felka, badania nie wykazały natomiast istotnego wpływu na plon ogólny sposobu uprawy z wykorzystaniem agrowłókniny. Termin zbioru oraz stosowanie agrowłókniny przyczyniły się do wzrostu udziału bulw handlowych w plonie ogólnym.

4. Na obiektach z wcześniejszym terminem zbioru oraz bez stosowania agrowłókniny uzyskano niższy udział bulw handlowych – zarówno o średnicy > 3 cm, jak i > 4 cm – niż na obiektach zbieranych po zaschnięciu naci i u odmiany Felka.

5. Zawartości suchej masy i białka ogólnego w świeżej masie bulw były zbliżone do siebie. Zawartość białka ogólnego zależała przede wszystkim od cech odmianowych i była nieco wyższa u odmiany Karatop, natomiast zawartość suchej masy zależała od sposobu uprawy i odmiany.

PIŚMIENNICTWO

- Dzięzyk J., 1989. Potrzeby wodne roślin uprawnych. PWN, Warszawa: 8.
- Jabłońska-Ceglarek R., Wadas W., 2005. Effect of nonwoven polypropylene covers on early tuber yield of potato crops. *Plant Soil Environ.*, 51: 226–231.
- Lutomińska B., Nowacki W., Trawczyński C., Czerko Z., 2006. *Metodyka integrowanej produkcji ziemniaków*, Warszawa.
- Prośba-Białczyk U., Mydlarski M., 1998. Uprawa ziemniaków na wczesny zbiór przy zastosowaniu osłony z agrowłókniny. *Fragm. Agron.*, 1(57): 74–84.
- Pszczółkowski P., Sawicka B., 2003. Produkcyjność bardzo wczesnych odmian ziemniaka uprawianych pod osłonami. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*: 61–72.
- Pytlarz-Kozicka M., 2002. Wpływ sposobów pielęgnowania na wysokość i jakość plonów ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 489: 147–156.
- Roztropowicz S., Kubicki K., 1977. *Ziemniaki wczesne*, Warszawa, PWRiL.
- Roztropowicz S., Sztukowska M., 1997. Technologia uprawy ziemniaków do bezpośredniego spożycia i na ważniejsze przetwory spożywcze, [w:] *Produkcja ziemniaków technologia – ekonomika – marketing*. Red. J. Chodkowski. Wyd. IHAR, Bonin: 100–105.
- Sawicka B., 1998. Efekty technologiczne i ekonomiczne uprawy wczesnych odmian ziemniaka pod folią polietylenową. *Rocz. AR w Poznaniu, Rolnictwo*, 52: 175–182.
- Sawicka B., 2000. *Agrotechnika i jakość cech roślin uprawnych*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie: 11–76.
- Wadas W., 1998. Wpływ przykrycia agrowłókniną na plonowanie bardzo wczesnych odmian ziemniaka. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rol.* 42: 243–246.
- Wadas W., 2000. Jakość młodych bulw w przyspieszonej uprawie polowej. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Sesja Naukowa*: 195–199.
- Wierzbička B., 1996. *Studia nad przyspieszoną uprawą wczesnych odmian ziemniaka*. *Acta Academiae Agriculturae Age Technical Olstenensis* nr 61 suppl. B: 1–45.

EFFECT OF THE WAY OF CULTIVATION ON YIELDING AND STRUCTURE OF TWO VERY EARLY POTATO CULTIVARS

Summary

The aim of research conducted in Research – Development Station Pawłowice in the years 2005–2007 was determination of the effect of the way of cultivation with the use of agritextile covers and harvest terms on the yield and structure of very early potato cultivars. b

Three – factorial experiment was established according to the split – plot method. The examined factors involved:

I – the way of cultivation: a) – without agritextile, b) – with polyethylene agritextile;

II – harvest terms: a) – early harvest, b) – harvest after helm drying up;

III – cultivars: very early: Felka and Karatop.

The results of research proved that plants growth, development and field structure depended, first of all, on the way of cultivation. On the treatments where agritextile was used, there was observed earlier occurrence of particular development stages, plants were higher and marketable tubers provided higher percentage share in tubers yield as compared to the treatments without polyethylene agritextile.

Harvest term did significantly affect field size and structure, tubers weight, as well as reproduction coefficient. The treatments where harvest took place after helm drying up characterized higher total yield, potato tubers were of a higher weight, reproduction coefficient showed higher value and dry matter content was higher in tubers.

Among the examined cultivars, Felka featured slightly longer growing period, higher plants, higher total yield of tubers and higher tuber weight, as well as slightly higher values of reproduction coefficient and dry matter content. This cultivar also characterized more considerable percentage share in marketable fraction of tuber yield. Karatop cultivar featured shorter growing period and lower tubers yield also characterized higher protein content in tubers.

KEY WORDS: way of cultivation, harvest term, cultivar, potato

Jan Spiak

**KONDYCJA FINANSOWA TOWAROWYCH
GOSPODARSTW ROLNYCH**
FINANCIAL CONDITION OF COMMERCIAL FARMS

*Institut Nauk Ekonomicznych i Społecznych, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Institute of Economic and Social Science, Wrocław University of Environmental and
Life Sciences*

W artykule przedstawiono rezultaty z analizy finansowej gospodarstw towarowych o dominujących dwóch typach rolniczych uprawy polowe (AB) oraz mieszane (I). Materiał liczbowy został opracowany z wykorzystaniem standardowych wyników gospodarstw obejmujących lata 2007–2009 publikowanych w ramach Polskiego FADN. Celem analizy porównawczej badanych grup gospodarstw było wykazanie zmian w zachodzących w tworzeniu majątku i źródłach jego finansowania, stopnia płynności finansowej oraz czynników kształtowania dochodu w najliczniej reprezentowanych typach rolniczych (AB) oraz (I). Uzyskane wyniki z analizy finansowej wykazały, że w latach 2007–2009 nastąpił wzrost wartości aktywów ogółem o 85,9% w grupie (AB) oraz 90,5% w grupie (I) badanych gospodarstw. Podstawowym źródłem finansowania majątku był kapitał własny, który w gospodarstwie o typie uprawy polowe miał około 92,3% oraz o typie mieszane 96,3% udziału w pasywach.

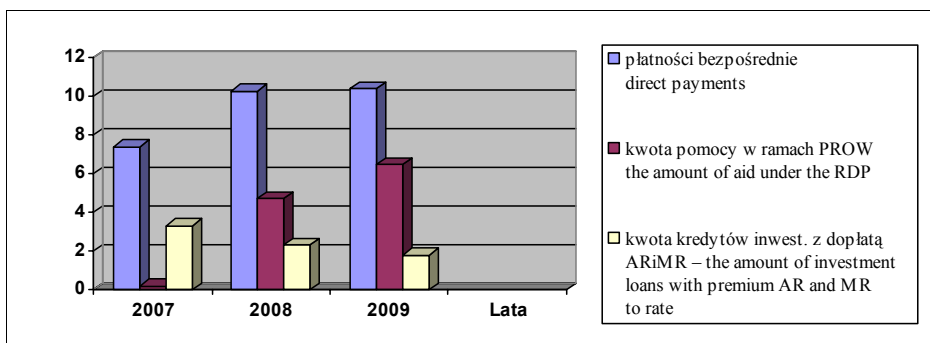
SŁOWA KLUCZOWE: analiza finansowa, gospodarstwa towarowe, typy rolnicze

WSTĘP

Zarządzanie finansami w gospodarstwach ze względu na zwiększone możliwości pozyskiwania środków finansowych z zewnątrz, które są dostępne w ramach realizacji zasad Wspólnej Polityki Rolnej, w dużym stopniu decyduje o sprawności realizacji celów ekonomicznych gospodarstw rolnych. Wysokość bezpośredniego wsparcia dochodów producentów rolnych z budżetu wspólnotowego oraz krajowego w Polsce w latach 2007–2013 ma wynieść ponad 15 mld zł (Klepacki i Stańko 2010).

Do cytowania – For citation: Spiak J., 20011. Kondycja finansowa towarowych gospodarstw rolnych. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCVIII, 581: 141–153.

Stąd pozyskiwanie środków pomocowych (dopłat, subwencji, dotacji) wspomagających finansowanie działalności operacyjnej oraz inwestycyjnej w gospodarstwach jest istotnym elementem zarządzania finansami w gospodarstwach rolnych. Zwiększa się znaczenie środków finansowych kierowanych do rolnictwa, w tym dopłat, które mają bezpośredni wpływ na kształtowanie dochodów w gospodarstwach rolnych oraz realizowanie inwestycji służących unowocześnianiu technologii i rozwijaniu produkcji rolniczej (Spiak 2004). Wielkość strumieni pieniężnych z ARiMR zasilających polskie rolnictwo zwiększyła się w latach 2007–2009 odpowiednio w płatnościach bezpośrednich o 40,5% oraz w kwotach pomocy w ramach PROW ponad 32 razy, natomiast kwota kredytów inwestycyjnych z dopłatą ARiMR zmniejszyła się o 45,5% (rys. 1).



Źródło: opracowano na podstawie – Sprawozdania z działalności AR i MR za 2009 rok
Source: compiled on the basis of – Sprawozdania z działalności AR i MR za 2009 rok

Rys. 1. Pomoc udzielona rolnictwu i obszarom wiejskim z najważniejszych źródeł krajowych i UE w latach 2007 – 2009 (mld zł)

Fig. 1. Aid granted to agriculture and rural areas from the most important national and UE sources in the years 2007–2009 (bln zł)

Jednak jak podają Józwiak i Kagan w mniej optymistycznym wariantcie kształtowania wspólnej polityki rolnej dotyczącym dopłat po 2013 r., przyszłe dopłaty nie w pełni będą rekompensować wzrost kosztów produkcji spowodowany wzrostem cen środków produkcji i opłaty pracy najmniej w gospodarstwach rolnych w kraju (Józwiak i Kagan 2008). Również Ziętara (2008) badając wewnętrzne uwarunkowania rozwoju polskiego rolnictwa, wskazuje, że ciągły wzrost kosztów pracy w działach pozarolniczych i wyższe tempo wzrostu cen środków produkcji nabywanych przez rolników od cen produktów rolnych prowadzą do spadku jednostkowej opłacalności produkcji rolniczej.

W praktyce, aby można było sprawnie zarządzać finansami w gospodarstwach rolnych, niezbędnym jest prowadzenie systematycznej analizy i oceny stanu majątkowego i finansowego gospodarstwa rolnego oraz pozyskiwanie nowych źródeł finansowania. Do uzyskania pełnej oceny należy zagadnienia te badać w okresach wieloletnich, gdyż dopiero wtedy uzyskuje się odpowiedź na pytanie, jakie są wprowadzane kierunki zmian w finansowaniu działalności gospodarstw rolnych.

METODY

Celem przeprowadzonej analizy porównawczej gospodarstw towarowych prowadzących rachunkowość było wykazanie, jakie były zmiany w źródłach finansowania oraz ich wykorzystanie w działalności bieżącej oraz inwestycyjnej w latach 2007–2009.

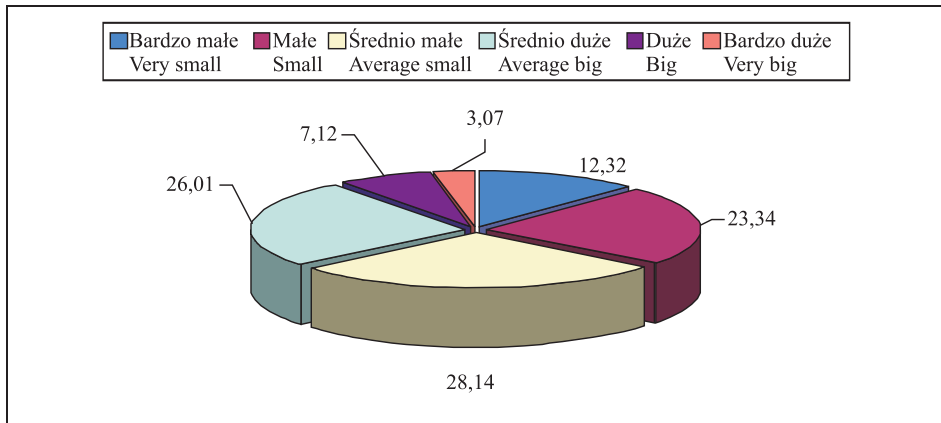
W badaniach wykorzystano metodę analizy finansowej do oceny sytuacji majątkowej i finansowej oraz przepływów pieniężnych w gospodarstwach o dwóch typach rolniczych uprawy polowe (AB) i mieszane (I), stanowiących 3/4 populacji gospodarstw będących w polu obserwacji w ramach Polskiego FADN. Materiał liczbowy opracowany został na podstawie wyników standardowych gospodarstw towarowych prowadzących rachunkowość w latach 2007–2009, publikowanych przez Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB w Warszawie. Prezentowane wyniki z gospodarstw towarowych (≥ 2 ESU) w opracowaniu są średnimi ważonymi dla grupy gospodarstw o typie AB liczącej około 3,3 tys. (tj. 26,6%) oraz o typie I około 4,0 tys. (tj. 32,3%) badanych gospodarstw w 2009 r.

W analizie uwzględniono dwie najliczniejsze grupy gospodarstw towarowych o typie rolniczym mieszane (I) reprezentujących – 394 tys. gospodarstw oraz uprawy polowe (AB) reprezentujących około 180 tys. gospodarstw. Łącznie obie grupy stanowią około 3/4 liczby reprezentatywnych gospodarstw rolnych będących w polu obserwacji Polskiego FADN.

WYNIKI

Odsetek badanych gospodarstw rolnych w 2009 r. według klas wielkości ekonomicznej wskazuje, że w obu typach rolniczych przeważały 3 klasy: średnio małe, średnio duże oraz małe, które w typie rolniczym (AB) miały łącznie 77,5% (rys. 2), natomiast w typie (I) około 81,2% (rys. 3) udziału w grupie. W typie rolniczym AB przeciętne gospodarstwo uzyskało 8,9 ESU wielkości ekonomicznej, dysponując powierzchnią 17,8 ha UR oraz wynoszących ogółem nakładami pracy 1,746 AWU. Przeciętne gospodarstwo w typie rolniczym I miało wielkość ekonomiczną równą 8,3 ESU i dysponowało pow. 16,3 ha UR oraz ogółem nakładami pracy 1,603 AWU. Porównywane wielkości wskazują na niewielkie różnice w obu typach porównywanych gospodarstw w 2009 r.

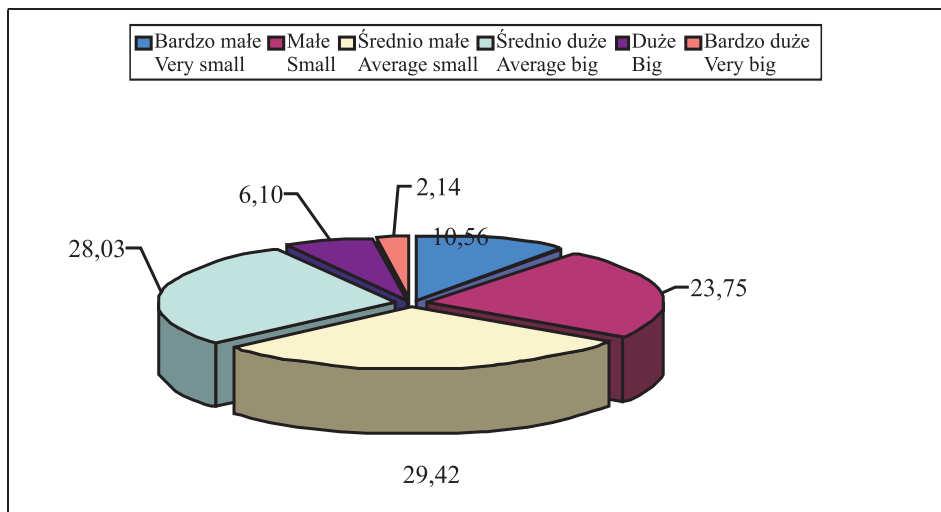
Przedstawione w tabeli 1 wyniki z analizy bilansów badanych gospodarstw towarowych o typie rolnym: uprawy polowe oraz mieszane w latach 2007–2009 pozwoliły określić wielkości zmian oraz ich struktury w poszczególnych grupach aktywów i pasywów. Umożliwiły także określenie źródeł i sposobu finansowania majątku trwałego i obrotowego w gospodarstwach towarowych w ciągu trzyletniego okresu badań.



Źródło: opracowano na podstawie – wyniki standardowe z 2009 r., Polski FADN
 Source: compiled on the basis of – wyniki standardowe z 2009 r., Polski FADN

Rys. 2. Struktura badanych gospodarstw rolnych o typie rolniczym – uprawy polowe (AB) według klas wielkości ekonomicznej w 2009 r.

Fig. 2. Structure of examined farms by farming type – crops (AB) according to economic size classes in 2009



Źródło: opracowano na podstawie – wyniki standardowe z 2009 r., Polski FADN
 Source: compiled on the basis of – wyniki standardowe z 2009 r., Polski FADN

Rys. 3. Struktura badanych gospodarstw rolnych o typie rolniczym – mieszane (I) według klas wielkości ekonomicznej w 2009 r.

Fig. 3. Structure of examined farms by farming type – mixed (I) according to economic size classes in 2009

Tabela 1
Table 1Aktywa bilansów gospodarstw towarowych według typu rolniczego w latach 2007–2009
Balance sheet assets of market farms by farming type in the years 2007–2009

Lp. No.	Wyszczególnienie Specification	Typ rolniczy ¹ Farming type	2007		2008		2008–2007		2009		2009–2008		2009–2007	
			(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)
A.	Ogółem aktywa Total assets	AB I	319 253	100,00 100,00	343 279	100,00 100,00	24 26	593 482	100,00 100,00	250 203	185,89 190,51			
I.	Aktywa trwałe Fixed assets	AB I	254 209	79,62 82,61	274 230	79,88 82,44	20 21	524 431	88,36 89,42	250 201	206,30 206,22			
1.1	Ziemia, uprawy trwałe i kwoty produkcyjne Land, permanent crops and production quotes	AB I	79 51	24,76 20,16	84 51	24,49 18,28	5 0	327 250	55,14 51,87	243 199	413,92 490,20			
1.2	Budynki Buildings	AB I	94 99	29,47 39,13	100 110	29,15 39,43	6 11	102 111	17,20 23,03	2 1	108,51 112,12			
1.3.	Maszyny i urządzenia Machinery and equipment	AB I	78 50	24,45 19,76	87 59	25,36 21,15	9 9	92 60	15,51 12,45	5 1	117,95 120,00			
1.4	Stado podstawowe Basic herd	AB I	3 9	0,94 3,56	3 10	0,88 3,58	0 1	3 10	0,51 2,07	0 0	100,00 111,11			
2.	Aktywa obrotowe Current assets	AB I	65 44	20,38 17,39	69 49	20,12 17,56	4 5	69 51	11,64 10,58	0 2	106,15 115,91			
2.1	Stado obrotowe Turnover herd	AB I	4 11	1,26 4,35	5 13	1,46 4,66	1 2	5 14	0,84 2,9	0 1	125,00 127,27			
2.2	Zapasy produktów rolnych Stock of agricultural products	AB I	27 18	8,46 7,11	28 20	8,16 7,17	1 2	27 18	4,56 3,73	-1 -2	100,00 100,00			
2.3	Pozostałe aktywa obrotowe Other current assets	AB I	34 15	10,66 5,93	36 16	10,50 5,73	2 1	37 19	6,24 3,94	1 3	108,82 126,67			

¹ Objasnienia: typ rolniczy uprawy polowe (AB), mieszane (I) Źródło: opr. na podstawie – wyniki standardowe z lat 2007–2009, FADN
Legend: farming type, crops (AB), mixed (I) Source: compiled on the basis – wyniki standardowe z lat 2007–2009, FADN

Wykonana analiza aktywów bilansów towarowych gospodarstw o typie – uprawy polowe wykazała, że w badanym okresie zwiększyła się wartość aktywów ogółem o 85,9%, z tego aktywów trwałych o 106,3% oraz aktywów obrotowych o 6,1%. W aktywach trwałych największy wzrost wartości o 313,9% nastąpił w podgrupie ziemia, uprawy trwałe i kwoty produkcyjne. Natomiast w pozostałych pozycjach środków trwałych zwiększenia były mniejsze i wynosiły dla budynków 8,5% oraz maszyn i urządzeń 17,9%. Wprowadzone zmiany w środkach trwałych wskazują, że nakłady inwestycyjne w tym okresie były ponoszone głównie na nabycie gruntów i powiększenie areалу gospodarstwa rolnego. Ogółem wartość aktywów na gospodarstwo rolne o typie (AB) wynosiła 593 tys. zł, w tym majątku trwałego 524 tys. zł, tj. 88,4% w 2009 r.

W strukturze aktywów udział aktywów obrotowych w grupie AB zmniejszył się z około 20,4 do 11,6%, natomiast nastąpił wzrost wskaźnika dynamiki do 125% w stadzie obrotowym w badanym okresie.

Analiza aktywów bilansów gospodarstw o typie rolniczym – mieszane w badanych latach wykazała, że nastąpił większy jak w typie (AB) przyrost aktywów, który wyniósł 90,5%, z tego aktywów trwałych o 106,2% oraz aktywów obrotowych o 15,9%. Przyrost wartości środków trwałych był najwyższy w podgrupie: ziemia, uprawy trwałe i kwoty produkcyjne i wynosił 390,2%, a następnie maszyny i urządzenia wzrost o 20,0%.

W obu badanych grupach gospodarstw były ponoszone duże nakłady inwestycyjne w podgrupie ziemia, uprawy trwałe i kwoty produkcyjne, które zwiększyły się 3 razy w typie uprawy polowe oraz 4 razy w typie mieszane. Ogółem wartość aktywów na gospodarstwo w grupie AB zwiększyła się o kwotę 274 tys. zł oraz o 229 tys. zł w grupie (I) w badanych latach. Największy przyrost aktywów w analizowanych typach gospodarstw wystąpił w roku 2009, na skutek zwiększenia w podgrupie ziemia, uprawy trwałe i kwoty produkcyjne.

Aktywa obrotowe mimo stopniowego zwiększania wartości zmniejszyły swój udział w ogółem aktywach o 8,5% w grupie (AB) oraz 6,8% w grupie (I), na skutek dużego wzrostu aktywów trwałych w badanych latach.

Porównanie wartości majątku w obu typach rolnych w 2009 r. wykazało, że był on wyższy o 93 tys. zł w majątku trwałym oraz o 18 tys. w majątku obrotowym na gospodarstwo o typie uprawy polowe. Wynikać to może z użytkowania gruntów dzierżawionych oraz większej rotacji zapasów w tych gospodarstwach.

Analiza kapitału gospodarstw w latach 2007–2009 przedstawiona w tabeli 2 wykazała, że gospodarstwa o typie rolniczym – uprawy polowe zwiększyły kapitał własny o 85,9% do wartości 551 tys. zł oraz zobowiązania ogółem o 16,7% do wartości 42 tys. zł. W gospodarstwach o typie rolniczym – mieszane kapitał własny powiększył się o 99,1% do wartości 481 tys. zł oraz zobowiązania ogółem o 20,0% do wielkości 18 tys. zł. Udział kapitału własnego w pasywach gospodarstw zwiększył się do 92,9% w grupie (AB) oraz 96,3% w grupie (I) w badanym okresie. Świadczy to o przyjęciu zasady samofinansowania działalności i rozwoju gospodarstw towarowych. W latach 2007–2009 utrzymywany był niski poziom zobowiązań ogółem w badanych grupach przy utrzymywaniu proporcji 2:1 zobowiązań długo- do krótkoterminowych.

Tabela 2
Table 2Pasywa bilansów – gospodarstw towarowych według typu rolniczego w latach 2007–2009
Balance sheet liabilities of market farms by farming type in the years 2007–2009

Lp. No.	Wyszczególnienie Specification	Typ rolniczy ¹ Farming type	2007		2008		2008–2007		2009		2009–2008		2009–2007	
			(tys. zł) (th. zł)	%	(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)	(tys. zł) (th. zł)	(%)
B.	Ogółem pasywa Total liabilities	AB I	319 253	100,00 100,00	343 279	100,00 100,00	24 26	593 481	100,00 100,00	292 221	185,89 190,12			
1.	Zobowiązania ogółem Total commitment	AB I	36 15	11,29 5,93	42 18	12,24 6,45	6 3	42 18	7,08 3,74	0 0	116,67 120,00			
1.1	Zobowiązania długoterminowe Long-term liabilities	AB I	22 10	6,90 3,95	26 12	7,58 4,30	4 2	28 12	4,72 2,02	2 0	127,27 120,00			
1.2	Zobowiązania krótkoterminowe Short-term liabilities	AB I	14 5	4,39 1,98	16 6	4,66 2,15	2 1	14 6	2,36 1,25	-2 0	100,00 120,00			
2.	Kapitał własny Equity capital	AB I	283 238	88,71 94,07	301 261	87,76 93,55	18 23	551 463	92,92 96,26	250 202	194,70 194,54			

¹ Objasnienia: typ rolniczy uprawy polowe (AB), mieszane (I)

Legend: farming type, field crops (AB), mixed (I)

Źródło: jak w Tabeli 1

Source: as in Table 1

Kapitał własny w obu typach gospodarstw finansował w całości środki trwałe oraz część środków obrotowych, a więc był to rodzaj bezpiecznej strategii finansowania składników majątkowych. W gospodarstwach o typie uprawy polowe zobowiązaniami sfinansowano około 64% środków obrotowych, natomiast w gospodarstwach o typie mieszane – tylko 37%. Finansowanie majątku oparte głównie na kapitale własnym w gospodarstwach grupy (I) możliwe było dzięki cyklicznym wpływom ze sprzedaży produktów zwierzęcych. Przyjęte strategie finansowania majątku gospodarstw można określić jako defensywne.

Porównanie wartości zrealizowanych inwestycji w latach 2007–2009 dla badanych grup gospodarstw zaprezentowano w tabeli 3. Z analizy danych wynika, że w gospodarstwach o typie – AB zwiększyły się inwestycje brutto o około 15,7%, jednak po uwzględnieniu amortyzacji wartość inwestycji netto była ujemna i wynosiła -110 zł na gospodarstwo. Wartości inwestycji brutto i netto w grupie (I) miały tendencję spadkową, a inwestycje netto wyraźnie zmniejszyły się z -2578 zł do -4973 zł na gospodarstwo do około 92,9%. W obu typach gospodarstw następuje stopniowa dekapitalizacja majątku trwałego, przy czym w gospodarstwach o typie mieszane ma ona charakter postępujący.

Tabela 3

Table 3

Wartość inwestycji w gospodarstwach towarowych według typu rolniczego w latach 2007–2009
The value of investments in market farms by farming type in the years 2007–2009

Lp. No.	Wyszczególnienie Specification	Typ rolniczy ¹ Farming type	Lata – Years					2009/2007
			2007	2008	2008–2007	2009	2009–2008	
			(zł) (zł)	(zł) (zł)	(zł) (zł)	(zł) (zł)	(zł) (zł)	(%)
1.	Inwestycje brutto Gross investments	AB	14567	16291	1 724	16861	570	115,75
		I	7521	7092	-429	7471	379	99,34
2.	Amortyzacja Amortization	AB	14462	16381	1 919	16971	590	117,35
		I	10099	12032	1 933	12444	412	123,22
3.	Inwestycje netto Net investments	AB	105	-90	-195	-110	-20	-104,76
		I	-2578	-4940	-2 362	-4973	-33	192,90

¹ Objasnienia: typ rolniczy uprawy polowe (AB), mieszane (I)

Legend: farming type, field crops (AB), mixed (I)

Źródło: jak w tabeli 1

Source: as in Table 1

Analizę rachunku wyliczania dochodu na gospodarstwo w badanych latach zawiera tabela 4. Wartość produkcji ogółem w obu typach gospodarstw zmniejszyła się odpowiednio dla grupy gospodarstw (AB) o 5,4% oraz grupy (I) o 5,9%. W latach 2007–2009 najwyższy poziom produkcji na gospodarstwo o typie uprawy polowe osiągnięty był w 2007 r. i wynosił 103 tys. zł, natomiast o typie mieszane w 2008 r. w wysokości 69 tys. zł. W badanych latach wartość ogółem produkcji w gospodarstwach o typie mieszane stanowiła od 64,7 do 73,5% poziomu uzyskiwanego w grupie uprawy polowe. Wypracowana wartość dodana zmniejszyła się na gospodarstwo o typie uprawy polowe dla wartości brutto o 0,9 i netto 2,9%, natomiast o typie mieszane spadek był większy i odpowiednio wynosił 5,4 oraz 10,2% w badanym okresie. Wpływ na spadki wartości dodanej w gospodarstwach miały spadki wartości produkcji, a także stopniowe zwiększenia wartości zużycia pośredniego oraz amortyzacji, których nie były w stanie zrekompensować zwiększenia dodatnich sald bieżących dopłat i podatków w gospodarstwach.

Uzyskiwane dochody z gospodarstw w obu badanych grupach wykazywały tendencję spadkową w latach 2007–2009. Dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego o typie uprawy polowe zmniejszył się o 3,4 oraz o 10,0% w typie mieszane. Dodatkowo, zmniejszające się ujemne salda dopłat i podatków związanych z inwestycjami wpłynęły na dalsze obniżenie dochodu na gospodarstwo w obu grupach. Poziom dochodu z rodzinnego gospodarstwa o typie uprawy polowe był wyższy od 32,6 do 45,7% w porównaniu z dochodem z gospodarstwa o typie mieszanym. Najwyższy dochód z gospodarstwa był w 2008 r. i wynosił 38,2 tys. zł w grupie (AB), natomiast 20,7 tys. zł w grupie (I). Poziom dochodu z gospodarstwa o typie uprawy polowe, był wyższy od 9,0 do 17,4 tys. zł w porównaniu z gospodarstwem o typie mieszane w badanym okresie.

Finansowanie działalności bieżącej w badanych gospodarstwach w latach 2007–2009 analizowano na podstawie wskaźników przepływu pieniężnego: I oraz II. Na rysunku 4 przedstawiono przepływ pieniężny – I, który obliczany jest w następujący sposób: sprzedaż produktów + inne przychody + sprzedaż zwierząt – koszty zakupu zwierząt + saldo dopłat i podatków dotyczących działalności operacyjnej + saldo dopłat i podatków dotyczących inwestycji. Analiza przepływu pieniężnego I wykazuje pogorszenie płynności w gospodarstwie o typie uprawy polowe oraz stopniowy jego stopniowy wzrost o typie mieszane w badanym okresie. Zdolność do samofinansowania swojej działalności i tworzenia oszczędności w ramach działalności operacyjnej była wyższa od 12 do 21 tys. zł w gospodarstwie o typie uprawy polowe w porównaniu z typem mieszanym.

Po rozszerzeniu wskaźnika przepływu pieniężnego – I o zakres finansowania działalności inwestycyjnej oraz zmiany stanu zobowiązań nastąpiło zmniejszenie wartości wskaźników przepływu pieniężnego – II w latach 2007–2009 w obu grupach gospodarstw (rys. 5). Poziom wskaźników przepływu II w porównaniu ze wskaźnikiem I był mniejszy od 26,7 do 39,4% w grupie uprawy polowe oraz od 24,9 do 27,0 % w grupie mieszane. Wartość wskaźników przepływu II w gospodarstwach o typie (AB) wahała się od 25 do 34 tys. zł oraz o typie (I) od 18 do 21 tys. zł. Obniżenie wskaźników przepływu II w gospodarstwach obu grup wynikało z ujemnego przepływu środków finansowych z działalności inwestycyjnej uzyskanych z kredytów długoterminowych. Przesunięcie dopłat do inwestycji aż do czasu ich rozliczenia również wpłynęło na zmniejszenie wartości wskaźników przepływu pieniężnego II w badanych latach.

Tabela 4
Table 4

Dochód na gospodarstwo towarowe według typu rolniczego w latach 2007–2009
Income per market farm by farming type in the years 2007–2009

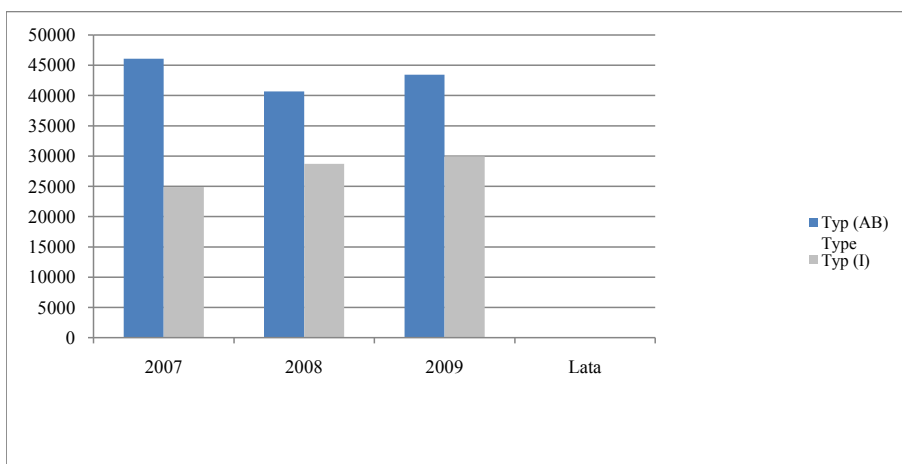
Lp. No.	Wyszczególnienie Specification	Typ rolniczy ¹ Farming type	Lata – Years						2009/2007 (%)
			2007 (zł zl)	2008 (zł zl)	2008–2007 (zł zl)	2009 (zł zl)	2009–2008 (zł zl)	2009/2007 (%)	
1.	Wartość produkcji ogółem Total production value	AB I	102 787 66 482	93 682 69 197	-9 105 2 715	88623 65108	-5 059 -4 089	94,60 94,09	
2.	Zużycie pośrednie Indirect consumption	AB I	53 835 42 158	58 318 48 794	4 483 6 636	58402 47927	84 -867	100,14 98,22	
3.	Saldo bieżących dopłat i podatków The balance of current subsidies and taxes	AB I	13 805 9 815	19 776 15 237	5 971 5 422	24396 16471	4 620 1 234	123,36 108,10	
4.	Wartość dodana brutto Gross value added	AB I	62 758 34 138	55 139 35 639	-7 619 1 501	54617 33652	-522 -1 987	99,05 94,42	
5.	Amortyzacja Amortization	AB I	14 462 10 099	16381 12 032	1 919 1 933	16971 12444	590 412	103,60 103,42	
6.	Wartość dodana netto Net value added	AB I	48 296 24 039	38758 23 607	-9 538 -432	37646 21208	-1 112 -2 399	97,13 89,84	
7.	Koszty czynników zewnętrznych Cost of external factors	AB I	9 152 2 677	10 322 4 662	1 170 1 985	10386 4257	64 -405	100,62 91,31	
8.	Saldo dopłat i podatków zw. z inwestycjami The balance of payments and taxes associated with investments	AB I	-977 -651	-748 -298	229 353	-516 -165	232 133	68,98 55,37	
9.	Dochód z gospodarstwa Income from farm	AB I	38 164 20 711	27 675 18647	-10 489 -2 064	26744 16787	-931 -1 860	96,64 90,03	

¹ Objasnienia: typ rolniczy uprawy polowe (AB), mieszane (I)

Legend: typ of farming, field crops (AB), mixed (I)

Źródło: jak w tabeli 1

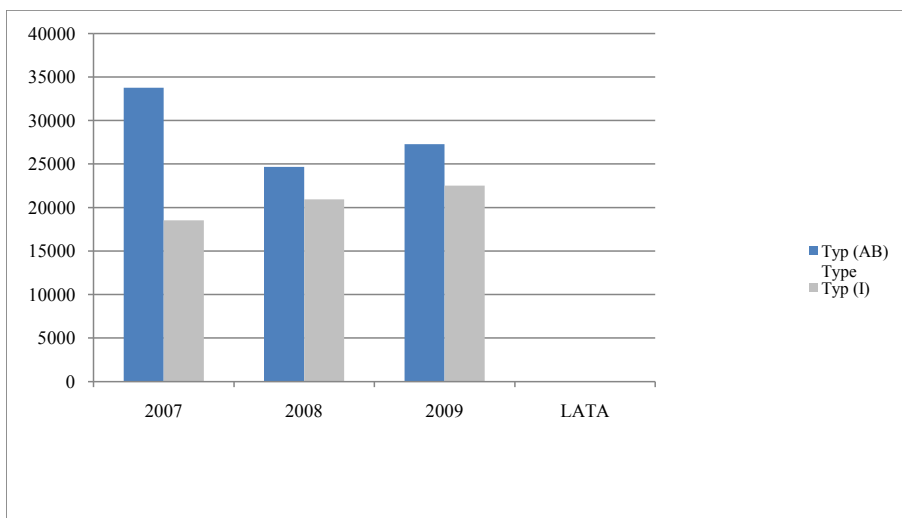
Source: as in Table 1



Źródło: opracowano na podstawie – wyniki standardowe z lat 2007–2009, Polski FADN
 Source: compiled on the basis of – wyniki standardowe z lat 2007–2009, Polski FADN

Rys. 4. Przepływ pieniężny – I w gospodarstwach towarowych o typie rolniczym: uprawy polowe (AB) i mieszane (I) w latach 2007–2009 (zł)

Fig. 4. Cash flow – I in market farms of the farming type: crops (AB) and mixed (I) in the years 2007–2009 (zł)



Źródło: opracowano na podstawie – wyniki standardowe z lat 2007–2009, Polski FADN
 Source: compiled on the basis of – wyniki standardowe z lat 2007–2009, Polski FADN

Rys. 5. Przepływ pieniężny – II w gospodarstwach towarowych o typie rolniczym uprawy polowe (AB) i mieszane (I) w latach 2007–2009 (zł)

Fig. 5. Cash flow – II in market farms of the farming type: crops (AB) and mixed (I) in the years 2007–2009 (zł)

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza finansowa gospodarstw towarowych jest reprezentatywna dla 3/4 gospodarstw będących w polu obserwacji około 753 tys. gospodarstw rolnych objętych badaniami przez IER i GŻ-PIB w ramach Polskiego FADN. W latach 2007–2009 dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego zmniejszył się w gospodarstwie o typie rolniczym uprawy polowe (AB) z 38,2 do 26,7 tys. zł (o 3,4%) oraz o typie – mieszane (I) z 20,7 do 16,8 tys. zł (o 10,0%).

Analiza posiadanego majątku trwałego i obrotowego wykazała, że w latach 2007–2009 nastąpił wzrost wartości aktywów ogółem o 85,9% w grupie (AB) oraz 90,5% w grupie (I) w badanych gospodarstwach. Podstawowym źródłem finansowania majątku był kapitał własny, który w gospodarstwie o typie uprawy polowe miał około 92,3% oraz o typie mieszane 96,3% udziału w pasywach.

Ocena zdolności gospodarstw towarowych do samofinansowania działalności operacyjnej i tworzenia rezerw, wykonana za pomocą 2 wskaźników: przepływu pieniężnego I oraz II wykazała, że gospodarstwa z grupy (AB) miały wyższe wskaźniki w porównaniu z gospodarstwem z grupy (I) w badanym okresie. Wartość wskaźnika przepływu pieniężnego – I, w gospodarstwie o typie rolniczym uprawy polowe była większa od 12,0 do 21,2 tys. zł oraz przy wskaźniku II odpowiednio większa od 3,7 do 15,2 tys. zł jak o typie mieszane.

W badanym okresie odnotowano spadek poziomu wskaźników przepływu I o 5,8% oraz wskaźnika II o 19,2% w grupie (AB). Natomiast w grupie (I) wystąpiło zwiększenie wskaźnika przepływu I o 20,4% oraz wskaźnika II o 21,6%. Wpływ na obniżenie wskaźników przepływu pieniężnego w gospodarstwach o typie (AB) miały zwiększające się zobowiązania.

Wykonana analiza finansowa w gospodarstwach o dwóch dominujących typach rolniczych wskazała główne zasady, jakimi kierują się zarządzający w podejmowaniu decyzji finansowych w gospodarstwach towarowych.

PIŚMIENNICTWO

- Józwiak W., Kagan A., 2008. Gospodarstwa towarowe a gospodarstwa wielkotowarowe. Roczn. Nauk Rol., Seria G, T. 95, z. 1.
- Klepaczki B., Stańko S., 2010. Formy wsparcia rozwoju rolnictwa i wsi w Polsce. Post. Nauk Rol., R 62, 2: 57–70.
- Spiak J., 2004. Wpływ dopłat bezpośrednich na dochodowość różnych grup obszarowych gospodarstw rolnych. Wieś i Rol., Suplement do nr 4 (125), PAN, Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa: 170–175.
- Ziętara W., 2008. Wewnętrzne uwarunkowania rozwoju polskiego rolnictwa. Roczn. Nauk Rol., Seria G, T. 94, z. 2: 93.

FINANCIAL CONDITION OF COMMERCIAL FARMS

Summary

The article shows the results of financial analysis of two most popular market farm types: plain crops (AB) and mixed (I). The research has been made according to standard farming results from the years 2007–2009 published in Polish FADN. The object of comparative analysis made for groups of farms was to show the changes appearing in formation of property, sources of its financing, level of financial liquidity as well as factors in income shaping in the most popular farming types (AB) and (I). Results obtained from the financial analysis have shown that in the years 2007–2009 an increase of assets value of 85,9% in group (AB) and 90,5% in group (I) of studied farms has been made. The basic source for property financing was equity capital, which in farms of plain crops (AB) farming type had about 92,3% and in farms of mixed (I) type about 96,3% in liabilities interest.

KEY WORDS: financial analysis, commercial farms, farming types

Ryszard Weber

**ANALIZA CZYNNIKOWA WSPÓLZALEŻNOŚCI PŁONU
I KOMPONENTÓW PŁONU PSZENICY OZIMEJ
W WARUNKACH WCZESNEGO SIEWU NA GLEBIE LEKKIEJ**

**ANALYSIS OF WINTER WHEAT YIELD COMPONENTS
IN CONDITIONS OF EARLY SOWING ON LIGHT SOIL**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach, Zakład Herbolgii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu
Institute of Soil Science and Plant Cultivation, State Research Institute Puławy, Department of Herbolgy and Soil Tillage Techniques*

Celem pracy było przedstawienie analizy czynnikowej struktury komponentów plonu pszenicy ozimej na podstawie plonów 6 zróżnicowanych odmian w warunkach wczesnego siewu. Badania przeprowadzono w latach 2005–2007 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Jelczu Laskowicach na glebie kompleksu żytniego dobrego. Wyniki badań dotyczą plonów odmian pszenicy ozimej Finezja, Rywalka, Kobiera, Satyna, Bogatka i Zawisza. Z każdego poletka o powierzchni 30 m² wydzielono po 2 obiekty o powierzchni 15 m², w obrębie których oceniano plon ziarna, liczbę kłosów na 1 m², wysokość roślin, liczbę i masę ziarna z kłosa oraz masę tysiąca ziaren. Wpływ komponentów plonu na plonowanie pszenicy ozimej w warunkach konwencjonalnej uprawy roli oceniano metodą wielozmiennej analizy czynnikowej. Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że w środowisku uprawy płużnej znaczący wpływ w kształtowaniu plonu odmian pszenicy wywarły liczba kłosów z jednostki powierzchni i liczba ziaren z kłosa. Analiza czynnikowa wykazała, że plon ziarna badanych odmian, liczba kłosów na 1 m², masa i liczba ziaren z kłosa są w znacznym stopniu ze sobą powiązane. Natomiast masa tysiąca ziaren podlega innym kryterium oceny. Komponent ten w zróżnicowanym stopniu przyczynia się do kształtowania plonu ziarna i jest typową cechą charakteryzującą odmianę.

SŁOWA KLUCZOWE: komponenty plonu, odmiany pszenicy ozimej, analiza czynnikowa

Opracowanie wykonane w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB

Do cytowania – For citation: Weber R., 2011. Analiza czynnikowa współzależności plonu i komponentów plonu pszenicy ozimej w warunkach wczesnego siewu na glebie lekkiej. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCVIII, 581: 155–162.

WSTĘP

Potencjał plonowania pszenicy ma kompleksowy charakter, na jego ostateczną wielkość wpływa znaczna liczba czynników. W większości publikacji podkreśla się, że podstawowymi komponentami plonu pszenicy są liczba kłosów z jednostki powierzchni, liczba i masa ziaren z kłosa, jak również masa tysiąca ziaren (Noworolnik 2007, Dubis i Budziński 2006, Neumann 2005, Gooding i wsp. 2002). Pszenica ozima pod względem wymienionych komponentów plonu odznacza się jednak znaczną zmiennością (Matysik i wsp. 2007). Znaczenie poszczególnych składowych w kształtowaniu plonu odmian jest również zróżnicowane w dużym stopniu. Najczęściej stwierdza się, że głównym elementem struktury plonu zbóż jest liczba kłosów na 1 m². Jednak niektóre badania wskazują na duże znaczenie masy tysiąca ziaren (Jończyk 2002). Liczba ziaren z kłosa i masa tysiąca ziaren mogą u niektórych odmian w większym stopniu wpłynąć na formowanie plonu niż liczba kłosów z jednostki powierzchni (Samborski i wsp. 2005). Powiązania korelacyjne omawianych komponentów plonu są wykazywane w wielu publikacjach (Moragues i wsp. 2006, Yan i Wallace 1995). Natomiast analiza czynnikowa jest w małym stopniu wykorzystywana w tego typu opracowaniach, chociaż część autorów określa ją jako metodę statystyczną szczególnie przydatną do analizy macierzy współczynników korelacji. Podstawowymi zadaniami analizy czynnikowej są redukcja badanych zmiennych oraz wykrywanie struktury w związkach między zmiennymi.

Celem pracy było przedstawienie analizy czynnikowej struktury komponentów plonu pszenicy ozimej na podstawie plonów sześciu zróżnicowanych odmian w warunkach wczesnego siewu.

MATERIAŁ I METODY

Analizę plonów pszenicy ozimej przeprowadzono latach 2005–2007 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Jelczu Laskowicach na glebie kompleksu żytniego dobrego. Doświadczenie polowe założono metodą losowanych bloków, na glebie płowej – piasku gliniastym mocnym zalegającym na glinie lekkiej. Obiektami badań były następujące odmiany pszenicy ozimej: Finezja, Rywalka, Kobiera, Satyna, Bogatka i Zawisza. Powierzchnia poletka wynosiła 30 m². Z każdego poletka zbierano losowo po 35 kłosów. Analizowano następujące składowe plonu: liczbę kłosów z jednostki powierzchni, wysokość roślin, masę ziarna z kłosa, liczbę ziaren z kłosa i masę tysiąca ziaren. Pszenicę wysiewano w połowie września, stosując obniżoną gęstość siewu 300 ziaren na 1 m². Dawki nawożenia mineralnego oraz chemiczną ochronę plantacji przeprowadzono zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi programu NAW-2 opracowanego przez IUNG. W celu oceny współzależności między plonem i wymienionymi komponentami plonu obliczono współczynniki korelacji prostej. Macierz współczynników korelacji badano za pomocą wielozmiennej analizy czynnikowej opisaną w opracowaniach Morrisona (1976) oraz Fergusona i Yoshio (1999).

WYNIKI

Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie plonów odmian pszenicy i ich komponentów w warunkach wczesnego siewu pszenicy (tab. 1). Analizując macierz współczynników korelacji plonu i jego komponentów, można zauważyć najwyższą współzależność liczby kłosów na jednostce powierzchni z plonem pszenicy ozimej (tab. 2). Wynik ten wskazuje, że liczba kłosów na 1 m² jest podstawowym czynnikiem kształtującym wielkość plonów pszenicy ozimej.

Tabela 1

Table 1

Elementy struktury plonu pszenicy ozimej (średnie z lat 2005–2007)
 Characters of winter wheat cultivars yield structure (means of 2005–2007)

Odmiana Cultivar	Plon (PZ) Yield (PZ)	LK	LZK	MZK	MTZ	WR
Finezja	5,27	288,6	38,2	1,41	43,4	95,9
Rywalka	4,50	237,3	33,3	1,69	43,3	90,4
Kobiera	5,22	273,3	37,3	1,58	43,0	91,4
Satyna	5,17	263,9	35,1	1,61	43,7	89,6
Zawisza	4,91	257,4	35,3	1,51	43,4	96,2
Bogatka	4,96	240,9	35,2	1,75	48,6	94,2
Średnia Mean	5,00	255,2	35,8	1,59	44,2	93,0
NIR – LSD	0,41	24,1	3,42	0,16	4,9	5,32

Oznaczenia – Explanations:

LZK – liczba ziaren w kłosie – number of grains per head

MTZ – masa tysiąca ziarn (g) – 1000 grain weight

WR – wysokość roślin (cm) – plant height

LK – liczba kłosów na 0,5 m² (szt.) – number of heads per 1 m²

PZ – plon – Yield (t · ha⁻¹)

Tabela 2

Table 2

Macierz współczynników korelacji prostej dla badanych cech pszenicy ozimej
 Matrix of simple correlation coefficients for tested traits of winter tritiale

Zmienna Variable	WR	LK	LZK	MZK	MTZ	PZ
WR	1,000	0,155	-0,368	-0,345	0,212	0,197
LK	0,155	1,000	-0,513*	-0,696*	-0,391	0,802*
LZK	-0,368	-0,513*	1,000	0,636*	-0,083	0,587*
MZK	-0,345	-0,691*	0,636*	1,000	0,569*	-0,485
MTZ	0,212	-0,391	-0,083	0,569*	1,000	-0,126
PZ	0,197	0,802*	0,587*	-0,485	-0,126	1,000

Oznaczenia – patrz tabela 1 – Explanations – Table 1; * – różnica istotna – significant difference $\alpha=0,05$

W warunkach wcześniejszego siewu istotną korelację wykazano również pomiędzy plonem odmian pszenicy ozimej a liczbą ziaren z kłosa. Pozostałe składowe plonu nie odegrały znaczącego wpływu na wielkość plonu badanych odmian. Na uwagę zasługuje ujemna korelacja pomiędzy liczbą kłosów z jednostki powierzchni i masą ziarna z kłosa. Można więc stwierdzić, że zmniejszona obsada kłosów na poszczególnych obiektach doświadczenia rekompensowana była zwiększoną masą ziarna z kłosa. Dodatkowo korelacje wykryto również pomiędzy liczbą ziaren z kłosa i masą ziarna z kłosa oraz masą tysiąca ziaren i masą ziarna z kłosa. W dalszej części opracowania autor podkreśla, że w celu zbadania struktury zależności pomiędzy plonem i jego składowymi wykonano wielozmienną analizę czynnikową. Czynniki są hipotetycznymi zmiennymi wprowadzonymi za pomocą analizy ze zbioru zmiennych (plon i jego komponenty) otrzymanych poprzez bezpośredni pomiar. Struktura macierzy korelacji analizowanych zmiennych wywiera wpływ na liczbę i postać poszczególnych czynników opisywanej metody. Wybór liczby czynników do dalszej oceny przeprowadzono za pomocą analizy składowych głównych, która jest wykonywana na pierwotnej macierzy korelacji (tab. 3). Na podstawie kryterium Kaisera oraz testu osypiska Cattella wyodrębniono dwa pierwsze czynniki, których wartości własne są większe od jedności (Kaiser 1960). Czynniki te określają w 74,9% całkowitą zmienność analizowanego zbioru. Wariancja każdego czynnika wyjaśnia pewną wielkość zmienności wartości pierwotnych, która jest reprezentowana przez wartość własną. Wartości własne odzwierciedlają więc wielkość wariancji wspólnej wyodrębnionej przez daną liczbę czynników. Następnie analizowano zasoby zmienności wspólnej określanej przez dwa zdefiniowane czynniki (tab. 4). Zasób zmienności wspólnej danej zmiennej (plonu lub jego komponentów) stanowi tę część wariancji, którą można przypisać czynnikom wspólnym. Pierwsza kolumna tej tabeli przedstawia udział wariancji danej zmiennej wyodrębnionej przez pierwszy czynnik. Natomiast druga kolumna tego zestawienia określa wkład wariancji badanej zmiennej wyodrębniony przez pierwsze dwie składowe główne. Ostatnia kolumna zawiera współczynnik korelacji wielokrotnej $R^2 X_i U$ pomiędzy zmienną pierwotną X_i a zmiennymi (czynnikami) U_1 i U_2 . R^2 (kwadrat korelacji wielokrotnej między każdą zmienną a $n-1$ pozostałych zmiennych) jest proporcją wariancji jednej zmiennej, którą wyjaśnia odpowiednio ważona suma pozostałych zmiennych. Ta część wariancji danego wskaźnika – komponentu plonu, która wynika z czynników wspólnych, nazywa się zasobem zmienności wspólnej. Na podstawie tabeli 4 można stwierdzić, że 74% zmienności całkowitej plonu jest wyjaśniane przez badane komponenty. Również pozostałe składowe plonu, oprócz wysokości roślin, są w dużym stopniu określane przez pozostałe zmienne włączone do modelu. R^2 stanowi wskaźnik jakości dopasowania modelu do badanych zmiennych. R^2 bliski 1,0 wskazuje, że prawie cała zmienność plonu lub danej składowej plonu może być objaśniona przez pozostałe zmienne włączone do modelu. Tabela 5 zawiera wartości ładunków czynnikowych nierotowanych. Ładunki czynnikowe można interpretować jako korelacje pomiędzy danymi zmiennymi a poszczególnymi czynnikami. Na podstawie tej tabeli można stwierdzić, że plon ziarna, liczba kłosów z jednostki powierzchni i masa ziarna z kłosa są w wysokim stopniu skorelowane z czynnikiem pierwszym. Natomiast masa tysiąca ziaren ma wysoki ładunek czynnikowy z drugim czynnikiem. Ostatni wiersz tabeli przedstawia wkład każdego z czynników w całkowity zasób zmienności wspólnej. Pierwszy czynnik wyjaśnia

w 51,6% całkowitą zmienność analizowanego zbioru. Natomiast drugi czynnik zmienność tę określa jedynie w 23,2%. Pozostałych czynników, ze względu na mały zasób zmienności wspólnej, nie umieszczono w przedstawianych zestawieniach.

Tabela 3

Table 3

Wartości własne – Wyodrębnienie: Składowe główne
Eigen values – Extraction: Principal components

Wartość Value	Wartość własna Eigen value	% ogółu wariancji % total variance	Skumulowana wartość własna Eigen value Cumulating	Skumulowany % Cumulating
U1	3,10	51,67	3,10	51,67
U2	1,39	23,23	4,49	74,90

Tabela 4

Table 4

Zasoby zmienności wspólnej (bez rotacji)
Communalities – (unrotated)

Zmienna Variable	1 czynnik Factor (U1)	2 czynnik Factor(U2)	R ²
Plon – Yield (PZ)	0,6642	0,6724	0,74
WR	0,1461	0,5809	0,44
LK	0,7877	0,8187	0,79
LZK	0,5822	0,7513	0,77
MZK	0,7727	0,8049	0,88
MTZ	0,1474	0,8661	0,77

Tabela 5

Table 5

Ładunki czynnikowe (bez rotacji); Wyodrębnianie – Składowe główne
Factor Loadings (unrotated); Extraction – Principal components

Zmienna Variable	1 czynnik Factor (U1)	2 czynnik Factor(U2)
Plon – Yield (PZ)	-0,8150*	-0,0904
WR	-0,3822	-0,6594
LK	-0,8875*	0,1761
LZK	-0,7630*	0,4111
MZK	0,8790*	-0,1793
MTZ	0,3839	0,8477*
Wariancja wyjaśniona Explained variance	3,10	1,39
Udział – Participation	0,5167	0,2323

W celu potwierdzenia interpretacji powyższych wyników dokonano rotacji czynników metodą Varimax (tab. 6). Poprzez rotację dąży się do maksymalizacji wariancji surowych ładunków czynnikowych zmiennych dla każdego czynnika. Rotacja pozwala uzyskać taki układ ładunków przy każdym czynniku, który obrazuje możliwie największe zróżnicowanie, pozwalając w ten sposób na łatwą interpretację wyników. Wyniki tabeli 6 potwierdziły, że czynnik pierwszy jest wysoko skorelowany z plonem ziarna, liczbą kłosów na jednostce powierzchni, liczbą ziaren i masą ziarna z kłosa. Natomiast czynnik drugi wykazuje największy ładunek czynnikowy dla masy tysiąca ziaren.

Tabela 6

Table 6

Ładunki czynnikowe (rotacja Varimax); Wyodrębnianie – Składowe główne
Factor Loadings (Varimax normalized); Extraction – Principal components

Zmienna – Variable	1 czynnik – Factor (U1)	2 czynnik – Factor(U2)
Plon –Yield (PZ)	0,8196*	-0,0246
WR	0,4708	0,5995
LK	0,8508*	-0,2987
LZK	0,8131*	-0,3003
MZK	-0,8452*	0,3007
MTZ	-0,2614	0,8931*
Wariancja wyjaśniona Explained variance	3,07	1,43
Udział – Participation	0,5111	0,2379

DYSKUSJA

Podsumowując, należy stwierdzić, że plon ziarna analizowanych odmian, liczba kłosów na 1 m², masa i liczba ziaren z kłosa są w znacznym stopniu ze sobą powiązane. Wymienione składowe odgrywają więc podstawową rolę w kształtowaniu plonu ziarna analizowanych odmian pszenicy ozimej (Weber i Biskupski 2007). Natomiast masa tysiąca ziaren podlega innemu kryterium oceny. Komponent ten jest wprawdzie składową plonu pszenicy, jednak w mniejszym stopniu uzależniony jest od zmian środowiska glebowo-klimatycznego. Masa tysiąca nasion jest podstawową cechą odmianową odznaczającą się dużym współczynnikiem odziedziczalności zarówno w szerokim, jak również wąskim sensie w porównaniu z pozostałymi składowymi plonu. Komponent ten charakteryzuje się znaczną zmiennością w aktualnym doborze odmian, wywiera więc zróżnicowany wpływ (w zależności od odmiany) na formowanie się plonu ziarna pszenicy ozimej. Uzyskane wyniki wykazują dużą zbieżność z badaniami Samborskiego i wsp. (2005), którzy stwierdzili znaczący udział w kształtowaniu plonu zbóż liczby ziaren w kłosie. Brak korelacji między liczbą kłosów z jednostki powierzchni a masą tysiąca nasion wynika z późnego kształtowania się tej składowej plonu, która nie ma już wpływu na ilościowe zmiany pozostałych składowych uformowanych we wcześniejszych fazach rozwoju. Istotną korelację pomiędzy liczbą i masą ziarna z kłosa potwierdzili również Matysik

i wsp. (2007). Zarówno w badaniach własnych, jak również innych autorów (Neumann 2005) zmniejszona liczba kłosów na jednostce powierzchni przyczyniała się do wzrostu liczby ziaren z kłosa.

WNIOSKI

1. Liczba kłosów na jednostce powierzchni jest podstawowym komponentem plonu pszenicy ozimej, o czym świadczy wysoki współczynnik korelacji między badanymi zmiennymi.

2. W warunkach przyspieszonego siewu liczba ziaren z kłosa wywiera również znaczący wpływ na wielkość plonów ziarna pszenicy ozimej.

3. Plon ziarna badanych odmian, liczba kłosów na 1 m², masa i liczba ziaren z kłosa są w znacznym stopniu ze sobą powiązane. Natomiast masa tysiąca ziaren podlega innym kryterium oceny. Komponent ten w zróżnicowanym stopniu przyczynia się do kształtowania plonu ziarna i jest typową cechą charakteryzującą odmianę.

PIŚMIENNICTWO

- Dubis B., Budzyński W., 2006. Reakcja pszenicy ozimej na termin i gęstość siewu. *Acta Sci. Agricult.*, 5 (2): 15–24.
- Ferguson G.A., Yoshio G.T., 1999. Analiza statystyczna w psychologii i pedagogice. PWN, Warszawa: 547–569.
- Gooding M.J., Pinyosinwat A., Ellis R.H., 2002. Responses of wheat grain yield and quality to seed rate. *J. Agric. Sci.*, 138, 3: 317–331.
- Jończyk K., 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji roślinnej. *Pam. Puł.*, 130 (1): 339–345.
- Kaiser H.F., 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20: 141–151.
- Matysik P., Nita Z., Matysik E., 2007. Skuteczność kryteriów selekcji pszenicy ozimej w pokoleniu F₄ na podstawie komponentów plonu. *Biul. IHAR*, 244: 99–110.
- Moragues M., Garcia del Moral L.F., Moralejo M., Royo C., 2006. Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin. *Yields components. Field Crops Res.*, 95: 194–205.
- Morrison D.F., 1976. *Multivariate statistical methods*, 2 nd ed. New York, McGraw–Hill.
- Neumann H.J., 2005. Optimierungsstrategien für den Getreide im ökologischen Landbau: System "weite Reihe" und Direktsaat in ausdauernden Weissklee ("Bi-cropping"), *Dissertation Universität Kiel*, s. 128.
- Noworolnik K., 2007. Podstawy optymalnych technologii produkcji zbóż. *Post. Nauk Rol.*, 1: 23–30.
- Samborski S., Kozak M., Mądry W., Rozbicki J., 2005. Pierwotne cechy rozwojowe w analizie składowych plonu. *Cz. 2. Zastosowanie dla plonu ziarna pszenżyta ozimego. Fragm. Agron.*, 4: 84–95.

- Weber R., Biskupski A., 2007. Wpływ gęstości oraz terminu siewu na elementy struktury plonu i plon odmian pszenicy ozimej w warunkach gleby lekkiej. *Acta Sci. Pol., Agricult.*, 6 (3): 77–85.
- Yan W., Wallace D.H., 1995. Breeding for negatively associated traits. *Plant Breed. Rev.*, 13: 141–177.

ANALYSIS OF WINTER WHEAT YIELD COMPONENTS IN CONDITIONS OF EARLY SOWING ON LIGHT SOIL

S u m m a r y

The research aimed at factor analysis of the influence of selected crop components on the yield of winter wheat cultivars in conditions of early sowing. Experiments were carried out in the years 2005–2007 at the Agricultural Experimental Station, Institute of Cultivation, Fertilization and Soil Science, Jelcz-Laskowice, on good rye complex soil. The experiment was carried out with the method of randomized blocks in four replications. The research results concern the yields of winter wheat cultivars Finezja, Rywalka, Kobiera, Satyna, Bogatka and Zawisza. Each 30 m² plot was separated into two 15 m² treatments in which there were assessed: yield of grain, number of ears per a square meter, height of plants, number and weight of grain from an ear and weight of 1000 grains.

The influence of yield components on yielding of winter wheat in conditions of the plough systems was assessed with the method of factor analysis. On the grounds of the analysis one can state that in the treatments with plough tillage the important influence on the yield of winter wheat cultivars was exerted by the number of heads per 1 m² and number of grains from an ear. Using factor analysis, a strict interrelationship between grain yield, number of ears per 1 m² and the weight and number of grain from an ear of varieties under study was stated. Whereas the thousand grains weight was the issue subjected a different criterion of evaluation. This component in diverse degree contributes the grain yield formation and is the typical feature characterizing a cultivar.

KEY WORDS: yield components, winter wheat factor analysis – cultivars

RECENZENCI – REVIEWERS

- prof. Anna Płaza
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
- prof. Barbara Kołwzan
Politechnika Wrocławska
- prof. Anna Karczewska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
- prof. Bogdan Klepacki
SGGW w Warszawie
- prof. Andrzej Mocek
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
- prof. Adam Czudec
Uniwersytet Rzeszowski
- prof. Cezary Kabała
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
- prof. Stanisław Urban
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
- prof. Walenty Poczta
Collegium Maximum
- prof. Jarosław Kaszubkiewicz
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
- prof. Anna Wójcikowska-Kapusta
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
- prof. Halina Smal
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
- prof. Andrzej Kotecki
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
- prof. Jerzy Szukała
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
- prof. Jan Łabętowicz
SGGW w Warszawie
- prof. Jan Matuła
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
- prof. Wiesław Dembek
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

prof. Jan Gliński

Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

prof. Barbara Kutkowska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

prof. Sławomir Zawisza

Uniwersytet Przyrodniczo-Technologiczny w Bydgoszczy

prof. Mieczysław Wilczek

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

prof. Leszek Kordas

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

prof. Mieczysław Czekalski

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

prof. Wiesław Musiał

Uniwersytet Przyrodniczy w Krakowie

prof. Karol Wolski

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

prof. Wojciech Budzyński

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

prof. Lesław Zimny

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu