

## ZMIANY ODCZYNU I ZAWARTOŚCI NIEKTÓRYCH MAKRO- I MIKROELEMENTÓW W GLEBIE W WYNIKU UPRAWY SZARŁATU (*Amaranthus cruentus* L.)

Danuta Bobrzecka <sup>1</sup>, Danuta Domska <sup>2</sup>, Teresa Bowszys <sup>1</sup>, Zenon Procyk <sup>1</sup>,  
Barbara Wojciechowska <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolniczo-Techniczna im. M. Oczapowskiego  
w Olsztynie

<sup>2</sup> Instytut Wychowania Technicznego Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Olsztynie

### Wstęp

Jednym z czynników degradacji gruntów ornych mogą być niekorzystne dla roślin uprawnych zmiany w zasobności gleb w składniki pokarmowe [MAZUR 1995; TOMASZEWSKI 1995]. Zjawisko to może występować w warunkach intensywnej gospodarki rolnej i częstej uprawy gatunków roślin o wysokich wymaganiach pokarmowych w stosunku do niektórych pierwiastków. Z tego względu znajomość zmian w zasobności gleb wywołanych uprawą nowych gatunków tzw. „roślin alternatywnych”, a szczególnie wytwarzających dużą biomasę, powinna pomóc w zapobieganiu nadmiernemu zubożeniu, czy zasoleniu arealu uprawnego. Do nowych gatunków roślin należy między innymi szarłat zalecany ze względu na walory spożywcze [NALBORCZYK i in. 1994; AUFHAMMER i in. 1995; GONTARCZYK 1996] oraz jako czynnik przeciwdziałający erozji wietrznej gleby, a także oczyszczający ją w wypadku skażenia nadmierną zawartością azotanów i jonów metali ciężkich [NALBORCZYK i in. 1994].

Celem badań było określenie wpływu uprawy i technologii nawożenia szarłatu uprawnego (*Amaranthus cruentus* L.) w warunkach zróżnicowanego nawożenia mikroelementami na odczyn oraz zmiany w zasobności gleby w wybrane składniki pokarmowe.

### Materiały i metody

Przedmiotem badań była gleba płowa słabo próchniczna pobrana z warstwy ornej przed siewem oraz po zbiorze szarłatu spożywczego (*Amaranthus cruentus* L.), genotyp MT-3, uprawianego w ZPD w Bałcynach (1995–1997). Glebę zaliczono do kwaśnych lub lekko kwaśnych, o średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i cynk, średniej lub niskiej zawartości miedzi oraz wysokiej zawartości boru (tab. 1).

Doświadczenie prowadzono metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach. Nawożenie przedsiewne wynosiło: 52,3 kg P·ha<sup>-1</sup> (superfosfat 46%) i 124,5 kg K·ha<sup>-1</sup> (sól potasowa 56%). Azot (165 kg N·ha<sup>-1</sup>) stosowano w trzech dawkach: przedsiewnie 65 kg N·ha<sup>-1</sup> (saletra amonowa 34%), pogłównic 60 kg N·ha<sup>-1</sup> i 40 kg N·ha<sup>-1</sup> pogłównic (mocznik 46%) lub dolistnie (5% roztwór mocznika). Mikroelementy jako kwas borowy (17,5% B), siarczan miedzi (25,4% Cu) i siarczan cynku (22,7% Zn) wprowadzono do gleby przedsiewnie lub w formie dokarmiania dolistnego (tab. 2) w roztworach wodnych o stężeniu wynoszącym odpowiednio 0,2, 0,5 i 1,0%. Dokarmianie dolistne roztworem mocznika oraz mikroelementami prowadzono w fazie pąkowania szarłatu.

W materiale glebowym oznaczono skład granulometryczny metodą Bouyocosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego, zawartość materii organicznej metodą miareczkową Tiurina oraz zawartość stosowanych w nawożeniu składników pokarmowych metodami powszechnie używanymi przez Stację Chemiczno-Rolniczą.

Wyniki poddano analizie statystycznej stosując analizę wariancji za pomocą testu Duncana przy p=0,05.

## Wyniki i dyskusja

Na podstawie wyników doświadczenia polowego stwierdzono, że uprawa szarłatu spoyzycznego (*Amaranthus cruentus* L., genotyp MT-3) wywołała ogólną tendencję do obniżenia odczynu gleby w granicach od 0,20 do 0,71 jednostek pH na obiekcie kontrolnym (tab. 1 i 2) i z przedsiewną technologią wprowadzenia mikroelementów (tab. 2). Istotny spadek pH wystąpił w 1995 r. pod wpływem nawożenia dawkami 10 kg Zn·ha<sup>-1</sup> i 4 kg B·ha<sup>-1</sup>. Dolistna technologia dokarmiania powodowała słabsze zakwaszenie gleby. Obniżenie odczynu mogło częściowo wynikać z dużego zapotrzebowania szarłatu na wapń [ROSZEWSKI 1994; GONTARCZYK 1996] w porównaniu z innymi roślinami uprawnymi. Wysokiemu spadkowi pH w latach 1995 i 1997 mogła sprzyjać również znaczna ilość opadów i większe pobranie składników pokarmowych, jak też wymywanie związków o charakterze zasadowym [TOMASZEWSKI 1995]. Wprawdzie według niektórych autorów [MOCEK i in. 1994] główną przyczyną nieurodzajności gleb jest ich degradacja fizyczna, ale także wykazane w doświadczeniu obniżenie odczynu jest niekorzystnym zjawiskiem określanym jako forma chemicznej degradacji gleby [MAZUR 1995; TOMASZEWSKI 1995].

Tabela 1; Table 1

Niektóre właściwości fizyko-chemiczne gleb przed siewem szarłatu  
Some physical and chemical properties of the soil before sowing amaranth

Rok Year	Skład granulometryczny Granulometric composition	Próchnica Hu- mus (%)	pH <sub>KCl</sub>	mg·100 g <sup>-1</sup>		mg·kg <sup>-1</sup>		
				P	K	B	Cu	Zn
1995	glp	1,96	5,43	5,45	13,3	0,74	2,80	8,42
1996	glp	1,74	5,93	4,95	16,2	0,57	1,50	6,58
1997	glp	1,48	6,16	5,75	12,1	0,65	2,81	6,47

glp – glina lekka pylasta; silty light loam

Tabela 2; Table 2

Odczyn gleb (pH 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup>) po zbiorach szarlatu  
Soil reaction (pH 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup>) after amaranth harvesting

Rok Year	Nawożenie przedsiewne Fertilization before sowing (kg·ha <sup>-1</sup> )						
	NPK	+B <sub>2,0</sub>	+B <sub>4,0</sub>	+Cu <sub>5,0</sub>	+Cu <sub>10,0</sub>	+Zn <sub>5,0</sub>	+Zn <sub>10,0</sub>
1995	5,02	4,94	4,76	4,93	5,08	4,89	4,72
1996	5,73	5,87	5,88	5,79	5,66	5,59	5,81
1997	5,58	5,64	5,50	5,68	5,55	5,48	5,65
Nawożenie dolistne; Fertilization – foliar application							
	N <sub>40</sub>	+B <sub>0,2</sub>	+B <sub>0,4</sub>	+Cu <sub>0,5</sub>	+Cu <sub>1,0</sub>	+Zn <sub>0,5</sub>	+Zn <sub>1,0</sub>
1995	5,01	4,94	5,01	5,02	5,08	5,07	4,99
1996	5,84	5,78	5,69	5,69	5,64	5,71	5,72
1997	5,97	6,11	6,01	5,91	5,96	5,92	5,82

NIR<sub>0,05</sub>; LSD<sub>0,05</sub>

1995 – 0,22; 1996 – 0,21; 1997 – 0,18

W przeprowadzonym doświadczeniu wzrosła zawartość przyswajalnego fosforu w glebie nawożonej wyłącznie NPK (obiekt kontrolny) po zbiorach szarlatu w stosunku do stanu zasobności przed siewem tej rośliny (tab. 1 i 3). Znajduje to uzasadnienie w zbliżonym lub mniejszym przeciętnym pobraniu tego składnika przez plon szarlatu (46,0–54,4 kg P·ha<sup>-1</sup>, tab. 4) w stosunku do zastosowanej dawki 52,3 kg P·ha<sup>-1</sup>. Największy wzrost zawartości fosforu (0,80–2,95 mg P·100 g<sup>-1</sup> gleby) wystąpił w 1996 r. o ograniczonej ilości opadów, co mogło zmniejszyć wykorzystanie tego pierwiastka przez rośliny. Doglebowa technologia nawożenia mikroelementami w mniejszym stopniu sprzyjała nagromadzeniu glebowego fosforu w porównaniu z dokarmianiem dolistnym. Spośród zastosowanych mikroskładników można jednak zauważyć stymulujące oddziaływanie boru na wykorzystanie fosforu przez szarłat (tab. 4). Nawożenie cynkiem w dawce 10 kg Zn·ha<sup>-1</sup>, istotnie ograniczało pobranie fosforu zwiększając równocześnie zawartość tego makroelementu w 1997 r. do 7,90 mg P·100 g<sup>-1</sup> gleby (tab. 3 i 4) i kwalifikując tym samym glebę do klasy o dobrej zasobności. Zastosowaną w doświadczeniu dawkę 52,3 kg P·ha<sup>-1</sup> należy uznać za wystarczającą do utrzymania średniej zasobności gleby w fosfor przyswajalny.

W analizowanej glebie wystąpił znaczny spadek zawartości przyswajalnego potasu pod wpływem uprawy szarlatu, tj. od 2,3 do 3,1 mg K·100 g<sup>-1</sup> gleby, obniżający jej zasobność nawet do klasy niskiej (tab. 3). Mogło to wynikać z dużego zapotrzebowania szarlatu na ten składnik w warunkach produkcji dużej ilości biomasy [NALBORCZYK i in. 1994; ROSZEWSKI 1994; AUFHAMMER i in. 1995]. Wskazuje na to wysokie pobranie potasu przez szarłat (275,7–316,5 kg K·ha<sup>-1</sup>), przekraczające o 151,2–192,0 kg K·ha<sup>-1</sup>, tj. ponad dwukrotnie dawkę wniesioną w nawozie (tab. 4). Nie wykazano wyraźnego wpływu stosowanych technologii nawożenia na występowanie potasu w glebie.

Tabela 3; Table 3

Zawartość fosforu i potasu w glebie po zbiorze szarlatu (mg·100 g<sup>-1</sup> gleby)  
Phosphorus and potassium contents in soil (mg·100 g<sup>-1</sup> soil) after amaranth harvest

Składnik Component	Rok Year	Nawożenie przedsiewne; Fertilization before sowing (kg·ha <sup>-1</sup> )						
		NPK	+B <sub>2,0</sub>	+B <sub>4,0</sub>	+Cu <sub>5,0</sub>	+Cu <sub>10,0</sub>	+Zn <sub>5,0</sub>	+Zn <sub>10,0</sub>
P	1995	5,98	5,75	5,58	5,75	5,80	5,98	6,80
	1996	5,93	5,78	6,08	5,75	5,93	6,10	7,46
	1997	5,41	5,58	5,25	5,73	5,55	5,61	5,53
	Średnia Mean	5,77	5,7	5,64	5,74	5,76	5,9	6,6
	Nawożenie dolistne; Fertilization – foliar application							
		N <sub>40</sub>	+B <sub>0,2</sub>	+B <sub>0,4</sub>	+Cu <sub>0,5</sub>	+Cu <sub>1,0</sub>	+Zn <sub>0,5</sub>	+Zn <sub>1,0</sub>
	1995	5,93	5,70	5,58	5,53	5,28	6,10	6,98
	1996	7,90	7,10	6,98	7,72	7,46	7,72	7,85
	1997	6,10	5,80	5,75	5,85	5,75	6,03	6,41
	Średnia Mean	6,64	6,20	6,10	6,37	6,16	6,62	7,08
Nawożenie przedsiewne; Fertilization before sowing (kg·ha <sup>-1</sup> )								
		NPK	+B <sub>2,0</sub>	+B <sub>4,0</sub>	+Cu <sub>5,0</sub>	+Cu <sub>10,0</sub>	+Zn <sub>5,0</sub>	+Zn <sub>10,0</sub>
K	1995	13,9	12,4	12,9	11,2	11,6	13,0	11,0
	1996	14,3	13,5	13,1	14,4	14,4	15,6	15,5
	1997	12,4	9,8	10,0	12,4	12,9	10,8	12,0
	Średnia Mean	13,5	11,9	12,0	12,7	13,0	13,2	12,8
	Nawożenie dolistne; Fertilization – foliar application							
		N <sub>40</sub>	+B <sub>0,2</sub>	+B <sub>0,4</sub>	+Cu <sub>0,5</sub>	+Cu <sub>1,0</sub>	+Zn <sub>0,5</sub>	+Zn <sub>1,0</sub>
	1995	13,3	11,6	10,8	11,2	10,4	12,4	12,1
	1996	15,3	14,9	14,1	15,2	15,5	17,1	17,6
	1997	12,2	11,6	11,6	12,1	12,3	11,6	11,8
	Średnia Mean	13,6	12,7	12,2	12,8	12,7	13,7	13,8

NIR<sub>0,05</sub>; LSD<sub>0,05</sub> dla for:

P: 1995 – 0,17; 1996 – 0,16; 1997 – 0,16

K: 1995 – 1,40; 1996 – 1,10; 1997 – 1,10

W latach 1995 i 1997, o większej ilości opadów, stwierdzono natomiast zwiększone pobieranie tego składnika przez rośliny nawożone borem i miedzią, a w efekcie tego obniżenie zasobności gleby w potas z klasy średniej do niskiej (tab. 3 i 4). Przeciwnie cynk, głównie w suchym roku 1996, zwiększył zasobność gleby w potas do klasy dobrej ograniczając jego pobieranie. Uzyskane wyniki wskazują na to, że częsta uprawa szarlatu w zmianowaniu, szczególnie w wypadku dobrego zaopatrzenia roślin w bor i miedź oraz dobrym płonowaniu może doprowadzić do zubożenia gleby w przyswajalny potas i do stopniowej jej degradacji. Utrzymanie dobrej zasobności gleby wymagałoby zwiększenia nawożenia potasowego.

Tabela 4; Table 4

Przeciętne pobranie składników pokarmowych przez plon szarłat w latach 1995–1997  
(P i K – kg z ha, B, Cu i Zn – g z ha)

Average uptake of nutrients by amaranth yield in 1995–1997  
(P and K – kg per ha, B, Cu and Zn – g per ha)

Składnik Component	Nawożenie przedsiewne; Fertilization before sowing (kg·ha <sup>-1</sup> )						
	NPK	+B <sub>2,0</sub>	+B <sub>4,0</sub>	+Cu <sub>5,0</sub>	+Cu <sub>10,0</sub>	+Zn <sub>5,0</sub>	+Zn <sub>10,0</sub>
P	48,1	48,9	54,4	47,5	49,8	48,0	46,0
K	257,7	296,7	289,1	284,7	312,7	285,1	277,2
B	340,4	493,3	591,9				
Cu	62,3			76,6	98,1		
Zn	390,0					511,1	622,6
Nawożenie dolistne; Fertilization – foliar application							
	N <sub>40</sub>	+B <sub>0,2</sub>	+B <sub>0,4</sub>	+Cu <sub>0,5</sub>	+Cu <sub>1,0</sub>	+Zn <sub>0,5</sub>	+Zn <sub>1,0</sub>
P	49,8	53,0	50,9	50,2	52,1	50,0	46,7
K	284,0	310,7	293,2	295,5	316,5	288,0	275,6
B	393,9	620,9	619,9				
Cu	63,1			98,0	151,4		
Zn	497,7					604,3	662,4

Tabela 5; Table 5

Zawartość niektórych mikroelementów w glebie po zbiorze szarłat (mg·kg<sup>-1</sup> gleby)  
Content of some microelements in soil after amaranth harvesting (mg·kg<sup>-1</sup> soil)

Rok Year	Nawożenie przedsiewne Fertilization before sowing			Nawożenie dolistne Fertilization – foliar application			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	NPK	+B <sub>2,0</sub>	+B <sub>4,0</sub>	N <sub>40</sub>	+B <sub>0,2</sub>	+B <sub>0,4</sub>	
1995	0,48	1,16	1,28	0,66	0,96	1,20	0,16
1996	0,71	1,03	1,06	0,70	0,97	1,00	0,18
1997	0,62	1,02	1,04	0,68	0,82	0,76	0,18
Średnia Mean	0,6	1,07	1,13	0,68	0,92	0,99	0,19
	NPK	+Cu <sub>5,0</sub>	+Cu <sub>10,0</sub>	N <sub>40</sub>	+Cu <sub>0,5</sub>	+Cu <sub>1,0</sub>	
1995	2,20	3,65	4,57	2,21	2,53	2,79	1,2
1996	1,42	2,01	3,22	1,45	1,58	1,91	1,0
1997	3,00	4,05	7,02	1,98	1,99	2,27	0,8
Średnia Mean	2,21	3,1	4,94	1,88	2,03	2,32	1,18
	NPK	+Zn <sub>5,0</sub>	+Zn <sub>10,0</sub>	N <sub>40</sub>	+Zn <sub>0,5</sub>	+Zn <sub>1,0</sub>	
1995	8,0	12,0	11,3	8,6	8,6	9,0	1,0
1996	5,5	8,5	10,3	6,5	6,5	8,1	1,1
1997	5,5	7,1	10,0	5,7	5,7	6,4	0,8
Średnia Mean	6,3	9,2	10,5	6,9	6,9	7,8	1,02

Uprawa szarłatu nie wpłynęła istotnie na zasobność gleby obiektu kontrolnego w przyswajalne formy badanych mikroelementów, z wyjątkiem wilgotnych okresów wegetacji, w których nastąpił spadek zawartości boru (1995 r.) oraz cynku (1997 r.) w porównaniu ze stanem gleby przed siewem rośliny (tab.1 i 5). Przedsiębiorne nawożenie mikroelementami istotnie zwiększyło ich zawartość w glebie w porównaniu z kontrolą oraz z dolistną technologią dokarmiania (tab. 5). Badane gleby pozostały nadal w tej samej klasie wysokiej zawartości w bor oraz średniej zasobności w cynk i miedź (lata 1995 i 1997). W glebie ubogiej w miedź (1996 r.) poprawę zasobności do klasy średniej uzyskano dopiero po nawożeniu dawką  $10 \text{ kg Cu}\cdot\text{ha}^{-1}$ , przy przeciętnie małym pobraniu tego pierwiastka (1,5–1,0% dawki) przez szarłat (tab. 4 i 5). Dolistna technologia nawożenia borem, miedzią i cynkiem stymulowała pobieranie tych pierwiastków. Uzyskane wyniki potwierdzają uwagi innych autorów [MAZUR 1995; TOMASZEWSKI 1995] wskazujących na znaczenie odpowiedniego poziomu nawożenia w celu zapobiegnięcia ubożeniu gleby w składniki pokarmowe.

### Wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały, że uprawa szarłatu (*Amaranthus cruentus* L., genotyp MT-3) obniża odczyn średnio zwięzłej gleby płowej, szczególnie w latach o zwiększonej ilości opadów.
2. Dolistne zastosowanie trzeciej dawki azotu zwiększającej pobranie fosforu, potasu, boru i cynku z plonem szarłatu w porównaniu z pogłówną technologią nawożenia, nie wpływa jednoznacznie na zasobność gleby w badane pierwiastki.
3. Nawożenie borem i miedzią, niezależnie od technologii stosowania istotnie zmniejsza zasobność gleby w przyswajalny potas, natomiast cynk stosowany w dawce  $10 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  istotnie obniża pobieranie fosforu zwiększając jego zawartość w glebie.
4. Przedsiębiorne nawożenie borem, miedzią i cynkiem istotnie poprawia zasobność gleby w te mikroelementy w porównaniu z dolistną technologią ich stosowania.
5. Z uwagi na możliwość chemicznej degradacji gleby wywołanej uprawą szarłatu, wskazane jest uwzględnienie zabiegu wapnowania oraz stosowanie nawożenia w zakresie dawek przedsiębiornych odpowiadających  $50\text{--}60 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$  i  $150\text{--}250 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$  oraz  $2,0 \text{ kg B}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $10,0 \text{ kg Cu}\cdot\text{ha}^{-1}$  i  $5,0 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  lub dawek dolistnych  $0,2 \text{ kg B}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $1,0 \text{ kg Cu}\cdot\text{ha}^{-1}$  i  $0,5 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

### Literatura

AUFHAMMER W., KAUL H.P., NALBORCZYK E., DALBIK A., GONTARCZYK M. 1995. Grain yield formation and nitrogen uptake of amaranth. Eur. J. of Agronomy 4(3): 379–386.

GONTARCZYK M. 1996. Szarłat uprawny - *Amaranthus* spp. W: Nowe rośliny uprawne. SGGW, Warszawa: 21–43.

MAZUR T. 1995. *Rozważania o degradacji gleb w wyniku nawożenia*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 25–35.

MOCEK A., OWCZAREK W., KACZMAREK Z. 1994. *Degradacja fizyczna gleb przyczyną spadku plonowania roślin uprawnych*. Roczn. AR Poznań, CCLX: 65–75.

NALBORCZYK E., WRÓBLEWSKA E., MARCINKOWSKA B. 1994. *Amaranthus - nowa roślina uprawna*. W: *Amaranthus perspektywy uprawy i wykorzystania*. Wyd. SGGW, Warszawa: 3–25.

ROSZEWSKI R. 1994. *Uprawa szarłat (Amaranthus spp.) na nasiona*. W: *Nowe rośliny uprawne*. SGGW, Warszawa: 26–34.

TOMASZEWSKI T. 1995. *Przyczyny degradacji gleb uprawnych w warunkach intensywnej gospodarki rolnej na Pomorzu Zachodnim*. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo 165(59): 111–121.

**Słowa kluczowe:** gleba, odczyn, fosfor, potas, bor, cynk, miedź, szarłat, pobranie pierwiastków

### Streszczenie

W trzyletnim (1995–1997) doświadczeniu polowym badano wpływ uprawy szarłat spożywczego (*Amaranthus cruentus* L.) na odczyn i zasobność gleby.

Stwierdzono, że uprawa szarłat obniżyła odczyn średnio żwiłłej gleby pługowej, szczególnie w latach o zwiększonej ilości opadów. Nawożenie borem i miedzią, niezależnie od technologii nawożenia, przyczyniło się do zmniejszenia zasobności gleby w przyswajalny potas, natomiast cynk stosowany w dawce 10,0 kg·ha<sup>-1</sup> Zn ograniczył pobieranie fosforu zwiększając tym samym jego zawartość w glebie. Przedsięwzięte nawożenie borem, miedzią i cynkiem poprawiło zasobność gleby w te mikroelementy w porównaniu z dolistną technologią ich stosowania.

### CHANGES IN SOIL REACTION AND SOME MACRO- AND MICROELEMENT CONTENT IN SOIL AS A RESULT OF AMARANTH (*Amaranthus cruentus* L.) CULTIVATION

Danuta Bobrzecka<sup>1</sup>, Danuta Domska<sup>2</sup>, Teresa Bowszys<sup>1</sup>, Zenon Procyk<sup>1</sup>,  
Barbara Wojciechowska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Agriculture Chemistry

University of Agriculture and Technology, Olsztyn,

<sup>2</sup> Institute of Technical Education, Teacher University, Olsztyn

**Key words:** soil acidity, phosphorus, potassium, boron, zinc, copper, amaranthus, elements uptake

### Summary

The effect of edible amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) cultivation on soil reaction and fertility was studied in a 3-year field experiment, 1995–1997.

It was found that the amaranth cultivation decreased acidity of medium

density lessive soil, particularly in more rainy years. Boron and copper application, irrespective of fertilization technique, decreased the resources of available potassium in soil, whereas zinc applied at a dose of  $10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  reduced phosphorus uptake increasing its content in the soil. Pre-sowing application of boron, copper and zinc improved these elements abundance in soil as compared to their foliar application.

Dr hab. Danuta **Bobrzecka**, prof. ART  
Katedra Chemii Rolnej  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
ul. Heweliusza 18  
10-724 OLSZTYN