

# ZAWARTOŚĆ I POBRANIE MIEDZI, MANGANU I CYNKU PRZEZ JĘCZMIEŃ JARY UPRAWIANY W WARUNKACH WIELOLETNIEGO ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA OBORNIKIEM I AZOTEM

## CZĘŚĆ II

### POBRANIE Cu, Mn I Zn Z PŁONAMI

*Bożena Rabikowska*

Katedra Chemii Rolniczej, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

#### Wstęp

Ilości mikroelementów odprowadzane wraz z plonami roślin są bezpośrednio powiązane z wielkością uzyskiwanych plonów oraz zawartością w nich tych składników. Tym samym czynniki rozstrzygające o poziomie plonów oraz czynniki decydujące o koncentracji mikroelementów w roślinach mają wpływ także na ich ilości odprowadzane wraz z plonami, a w konsekwencji na bilans mikroelementów na danym polu.

Znajomość wielkości pobrania mikroelementów stanowi podstawę nawożenia zachowawczego, zapewniającego zwrot do gleby tych ilości poszczególnych składników, które odprowadzone zostały z pola wraz z plonami [GORLACH, GAMBUŚ 1992]. Zdaniem GORLACHA [1991] ilości mikroelementów pobrane przez rośliny w czasie wegetacji są najodpowiedniejszą miarą aktualnych możliwości gleby zaopatrzenia roślin w te składniki.

Niniejsza praca jest kontynuacją badań nad zawartością niektórych mikroelementów w roślinach uprawnych i ich pobraniem z plonami w warunkach statycznego doświadczenia nawozowego [RABIKOWSKA, PIŚCZ 1996a, 1996b; RABIKOWSKA 1999, 2000; RABIKOWSKA i in. 2000]. Celem podjętych badań było określenie wpływu wieloletniego, zróżnicowanego nawożenia obornikiem oraz wzrastającymi dawkami azotu na nagromadzenie miedzi, manganu i cynku w plonie głównym i ubocznym jęczmienia jarego.

#### Materiał i metodyka

Podstawą oceny współdziałania zróżnicowanych systemów nawożenia obornikiem w zmianowaniu oraz wzrastających dawek azotu na pobranie miedzi manganu i cynku wraz z ziarnem i słomą jęczmienia jarego było ściśle doświadczenie

polowe prowadzone na typowej glebie płowej, scharakteryzowane w pierwszej części pracy [RABIKOWSKA 2000] oraz w innych opracowaniach [RABIKOWSKA 1999; RABIKOWSKA i in. 2000]. Ilości miedzi, manganu i cynku nagromadzone w czasie zbioru plonów w ziarnie i słomie jęczmienia jarego uprawianego w 22 roku prowadzenia doświadczenia obliczono na podstawie oznaczonej zawartości tych składników [RABIKOWSKA 2000] oraz wielkości plonów ziarna i słomy (dane dotychczas niepublikowane). Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń dwuczynninkowych w układzie spilt-plot, a przedziały ufności wg testu Duncana ( $NIR_{0,05}$ ) zamieszczono w tabelach.

## Wyniki badań i dyskusja

W badaniach ANDRUSZCZAK i in. [1988], prowadzonych na terenie całej Polski, przeciętne pobranie miedzi przez jęczmień jary przy plonie 3,7 t ziarna z ha wynosiło 28 g Cu z ha, co stanowiło jedynie 13% ilości miedzi odprowadzonej w ciągu 4 lat w zmianowaniu: burak cukrowy – jęczmień jary – koniczyna czerwona – pszenica ozima. Taka sama ilość miedzi – 28 g Cu z ha – pobrana została w tych badaniach przez pszenicę ozimą o plonie 3,9 t·ha<sup>-1</sup>. CZARNOWSKA i GAWROŃSKA-KULESZA [1997] stwierdziły, iż nawet z dużymi plonami jęczmienia (5,3 t ziarna z ha) pobranie miedzi z hektara nie przekroczyło 35 g Cu.

Tabela 1; Table 1

Pobranie miedzi wraz z ziarnem i słomą jęczmienia jarego (g·ha<sup>-1</sup>)  
Copper uptake by grain and straw of spring barley (g·ha<sup>-1</sup>)

I.* Nawożenie obornikiem I.* Farmacyard manuring	II.** Poziomy nawożenia azotem II.** Nitrogen fertilization levels				Średnie Average
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	
Ziarno; Grain					
a	13,4	19,2	22,6	26,1	20,3
b	22,1	21,3	18,2	17,1	19,7
c	20,5	22,4	22,2	21,5	21,6
d	19,4	21,1	22,5	21,8	21,2
Srednie; Average	18,8	21,0	21,4	21,6	20,7
$NIR_{0,05}$ ; $LSD_{0,05}$	I – 0,68 II – 0,78 I/II – 1,57 II/II – 1,52				
Słoma; Straw					
a	4,0	7,0	19,4	29,5	14,9
b	5,2	8,0	14,6	22,7	12,6
c	5,4	8,8	18,5	31,7	16,1
d	7,0	13,5	27,6	35,6	20,9
Srednie; Average	5,4	9,3	20,0	29,9	16,2
$NIR_{0,05}$ ; $LSD_{0,05}$	I – 1,01 II – 0,95 I/II – 1,89 II/II – 1,92				

- \* – a – bez obornika; without FYM, b – corocznie po 1/4 dawki pełnej; every year 1/4 dose, c – co 2 lata po 1/2 dawki pełnej; every 2 years 1/2 dose, d – pełna dawka w pierwszym roku rotacji (pod kukurydzą); whole dose in 1-st year of crop rotation (for maize), (w rotacji 1975–1978 40 t·ha<sup>-1</sup> na 4 lata, od 1979 60 t·ha<sup>-1</sup> na 4 lata; 1975–1978 – 40 t·ha<sup>-1</sup> per 4 years, since 1979 – 60 t·ha<sup>-1</sup> per 4 years)
- \*\* – N<sub>0</sub> – bez N; without N, N<sub>1</sub> – (kg·ha<sup>-1</sup>)\*\*, k 100(70\*\*\*), j 30; r 80 (g 50), p 40, N<sub>2</sub> = 2 × N<sub>1</sub>, N<sub>3</sub> = 3 × N<sub>1</sub>
- \*\*\* – k = pod kukurydzą; for maize, j = jęczmień jary; spring barley, r = rzepak ozimy; winter rape, g = gorczyca biała; white mustard, p = pszenica ozima; winter wheat
- \*\*\* – w roku 1995; in year 1995

Jak wskazują dane w tabeli 1, w omawianym doświadczeniu wraz z ziarnem jęczmienia odprowadzone zostało od 13,4 g (a-N<sub>0</sub>) do 26,1 g Cu z ha (a-N<sub>3</sub>), natomiast wraz ze słomą od 4,0 g (a-N<sub>0</sub>) do 35,6 g Cu z ha (d-N<sub>3</sub>).

W warunkach prowadzenia doświadczenia ilości miedzi nagromadzone w ziarnie i słomie jęczmienia w czasie zbioru tej rośliny były istotnie zależne od długoletniego zróżnicowanego nawożenia obornikiem w zmianowaniu jak i od wzrastających dawek azotu, przy udowodnionej interakcji obu czynników doświadczenia (tab. 1). W świetle uzyskanych wyników każdorazowy wzrost poziomu nawożenia azotowego, stosowanego w warunkach gospodarki bezobornikowej, przyczyniał się do zwiększenia ilości miedzi odprowadzanej wraz z ziarnem (tab. 1). Nagromadzenie miedzi w plonie ziarna na obiektach corocznie nawożonych obornikiem zmniejszało się natomiast wraz ze wzrostem dawek azotu – co wiązało się z malejącą koncentracją Cu w ziarnie na coraz większym nawożeniu azotem [RABIKOWSKA 2000].

Warunki prowadzenia doświadczenia szczególnie silnie modyfikowały ilości miedzi odprowadzane wraz ze słomą jęczmienia. Jak wynika z danych w tabeli 1 każdorazowy wzrost dawki azotu przyczyniał się do zwiększenia pobrania Cu wraz z tą częścią zbiorów, przy czym największy wpływ azotu obserwowano przy stosowaniu nawożenia wyłącznie mineralnego (a), bowiem w tych warunkach różnice w ilości miedzi odprowadzonej wraz ze słomą z obiektów N<sub>0</sub> i N<sub>3</sub> są ponad 7-krotne. Stosowanie obornika, zwłaszcza corocznie (b), wyraźnie osłabiało wpływ rosnących dawek N na pobranie Cu wraz ze słomą, tym niemniej różnice między N<sub>0</sub> i N<sub>3</sub> są jeszcze bardzo duże – ponad 4-krotne.

Tabela 2; Table 2

Całkowite pobranie miedzi przez jęczmień jary (g·ha<sup>-1</sup>) oraz współczynniki zbioru Cu  
Total copper uptake by spring barley, (g·ha<sup>-1</sup>) and harvest index for Cu

I.* Nawożenie obornikiem I.* Farmacyard manuring	II.** Poziomy nawożenia azotem II.** Nitrogen fertilization levels				Średnie Average
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	
Pobranie Cu (ziarno + słoma); Cu uptake (grain + straw)					
a	17,4	26,2	42,0	55,5	35,3
b	27,3	29,3	32,8	39,8	32,3
c	25,8	31,2	40,8	53,2	37,8
d	26,4	34,6	50,1	57,4	42,1
Średnie; Average	24,2	30,3	41,4	51,5	36,9
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> I – 1,14 II – 1,41 I/II – 2,82 II/I – 2,69					
Współczynnik zbioru Cu; Harvest index for Cu					
a	0,77	0,73	0,54	0,47	
b	0,81	0,73	0,55	0,43	
c	0,79	0,72	0,54	0,40	
d	0,73	0,61	0,45	0,38	

\*, \*\* – objaśnienia w tab. 1; explanations see Tab. 1

W tabeli 2 przedstawiono wpływ trwałego nawożenia obornikiem i azotem na łączną ilość miedzi odprowadzoną z plonami jęczmienia oraz współczynniki zbioru Cu, charakteryzujące udział pobrania z plonem ziarna w całkowitym pobraniu tego składnika z plonami. Z danych w tabeli 2 wynika, iż w prowadzonym doświadczeniu pobranie miedzi przez jęczmień wahało się od 17,4 g do 57,4 g Cu z ha i tylko w warunkach najwyższego poziomu N przekraczało 50 g Cu z ha, a więc ilość podaną przez GORLACHA [1991] jako dolną granicę szerokiego zakresu ilości miedzi pobieranych przez rośliny uprawne. Szczególnie duży wpływ na ilości miedzi pobrane przez jęczmień miało nawożenie azotowe, zwłaszcza stosowane na obiekcie bez obornika (a), a także – chociaż w mniejszym stopniu – na okresowym nawożeniu tym nawozem (c i d).

Dane w tabeli 2 dowodzą, iż w warunkach braku nawożenia azotem ( $N_0$ ) od 73% do 81% miedzi odprowadzone zostało wraz z ziarnem. Wzrost poziomu nawożenia azotowego pociągał za sobą zmniejszenie ilości miedzi nagromadzonej w ziarnie, kosztem większego udziału w całkowitym pobraniu Cu nagromadzonej w słomie. Na największym poziomie długoletniego nawożenia azotem współczynniki zbioru Cu wynoszą od 0,38 do 0,47, co dowodzi, iż w tych warunkach wraz ze słomą odprowadzona została ponad połowa całkowitej ilości Cu zawartej w plonach.

W świetle badań ANDRUSZCZAK i in. [1988] udział manganu odprowadzonego wraz z plonem jęczmienia jarego ( $265 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w łącznej ilości Mn pobieranego w ciągu 4 lat w zmianowaniu: burak cukrowy – jęczmień jary – koniczyna czerwona – pszenica ozima był najmniejszy i nie przekraczał 11%. W bilansie rozchodów tego składnika za rotację największy udział procentowy – ponad pięć razy większy niż udział jęczmienia jarego – miało pobranie Mn przez burak cukrowy. Również badania Ruszkowskiej i innych [RUSZKOWSKA (red.) 1979] wskazują, iż jęczmień jary, zwłaszcza uprawiany na glebie wapnowanej, pobiera znacznie mniej manganu niż inne gatunki zmianowania: rzepak ozimy – poplon – jęczmień jary – koniczyna czerwona – pszenica ozima.

Jak wskazują dane w tabeli 3, ilości manganu nagromadzone w okresie zbioru plonów w ziarnie oraz w słomie jęczmienia były istotnie uwarunkowane trwałym nawożeniem wzrastającymi dawkami azotu oraz zróżnicowanym nawożeniem obornikiem. Dane te dowodzą, iż wzrost poziomu nawożenia azotowego pociągał za sobą zwiększanie się ilości manganu odprowadzanego zarówno z ziarnem, jak i ze słomą. Należy jednak zauważyć, iż oddziaływanie azotu na obiektach nienawożonych w wieloletnim obornikiem jest znacznie silniejsze niż na tle obornika. Tak np. pobranie Mn wraz z ziarnem z obiektów o największym nawożeniu azotowym ( $N_3$ ) było w warunkach wieloletniej gospodarki bezobornikowej ponad 3 razy większe niż na kontroli ( $N_0$ ). Odpowiednie różnice na obiektach nawożonych obornikiem wahają się od ok. 1,3 do 1,6 razy.

Jeszcze większy wpływ wywarło nawożenie azotowe na ilości manganu odprowadzane wraz ze słomą (tab. 3). Średnio dla doświadczenia największe nawożenie azotowe ( $N_3$ ) przyczyniło się do ponad 8 razy większego pobrania manganu wraz ze słomą niż na obiekcie  $N_0$ , jednakże na kontroli (bez obornika – a) odpowiednie różnice są prawie 14-krotne, natomiast na podbłokach nawożonych obornikiem nie przekraczają 8,3 razy. Na uwagę zasługuje również istotnie mniejsze pobranie Mn tak z ziarnem, jak i ze słomą w warunkach corocznego stosowania obornika niż przy nawożeniu okresowym, co wiąże się z mniejszą koncentracją Mn w plonach z tego podbloku nawożenia obornikiem [RABIKOWSKA 2000].

Tabela 3; Table 3

Pobranie manganu wraz z ziarnem i słomą jęczmienia jarego (g·ha<sup>-1</sup>)  
Manganese uptake by grain and straw of spring barley (g·ha<sup>-1</sup>)

I.* Nawożenie obornikiem I.* Farmacyard manuring	II.** Poziomy nawożenia azotem II.** Nitrogen fertilization levels				Średnie Average
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	
Ziarno; Grain					
a	26,8	47,8	61,4	87,2	55,8
b	34,8	38,7	42,6	52,2	42,1
c	41,7	46,2	53,6	65,8	51,8
d	47,1	46,8	52,9	60,6	51,8
Średnie; Average	37,6	44,9	52,6	66,4	50,4
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> I – 1,75 II – 1,86 I/II – 3,72 II/I – 3,66					
Słoma; Straw					
a	13,4	45,0	99,4	187	86,2
b	12,8	20,2	36,1	64	33,3
c	16,1	26,5	72,8	133	62,1
d	21,5	39,4	81,2	138	69,9
Średnie; Average	16,0	32,8	72,4	130	62,8
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> I – 4,79 II – 3,81 I/II – 7,63 II/I – 8,15					

\*, \*\* – objaśnienia w tab. 1; explanations see Tab. 1

W warunkach prowadzenia doświadczenia całkowite pobranie manganu przez jęczmień wahało się od 40 g do 274 g Mn z ha i było średnio 3-razy większe niż przeciętne pobranie miedzi (tab. 2, 4). Również w badaniach ANDRUSZCZAK i in. [1988] pobranie manganu przez jęczmień jary nie przekraczało 300 g Mn z ha. Tak więc wyniki uzyskane dla jęczmienia w omawianym wieloletnim doświadczeniu, podobnie jak dane CZARNOWSKIEJ i GAWROŃSKIEJ-KULESZY [1997] oraz RUSZKOWSKIEJ i innych [RUSZKOWSKA (red.) 1979], otrzymane dla gleb wapnowanych, mieszczą się poniżej dolnego przedziału zmienności pobrania Mn podanego przez GORLACHA [1991]. W świetle danych opublikowanych przez tego autora za wieloma autorami, rośliny uprawne odprowadzają wraz z plonami od 300 g do 1200 g Mn z ha.

Wyniki przedstawione w tabeli 4 dowodzą, iż w warunkach zwiększającego się nawożenia azotowego znacznie rosną ilości manganu odprowadzane wraz z plonami jęczmienia jarego, zwłaszcza przy braku nawożenia obornikiem. Jak wskazują obliczone współczynniki zbioru wraz ze wzrostem dawek azotu coraz mniejszy udział w całkowitym pobraniu Mn przypada na mangan nagromadzony w plonie ziarna. Na obiektach nienawożonych azotem (N<sub>0</sub>) wraz z ziarnem odprowadzone zostało od 67% do 75% manganu, podczas gdy na największym nawożeniu azotowym (N<sub>3</sub>) w plonie ziarna stwierdzono jedynie od 31% do 41% całkowitego pobrania Mn (tab. 4). Pozwala to na wnioskowanie, iż w warunkach umożliwiających większe pobranie manganu przez jęczmień jary, składnik ten jest wykorzystywany mniej efektywnie, bowiem spożytkowany zostaje w większym

stopniu na tworzenie plonu ubocznego niż głównego. Podobne oddziaływanie wzrastającego nawożenia azotowego na współczynniki zbioru manganu stwierdzono dla pszenicy ozimej [RABIKOWSKA, PISZCZ 1996a].

Tabela 4; Table 4

Całkowite pobranie manganu przez jęczmień jary ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) oraz współczynniki zbioru Mn  
Total manganese uptake by spring barley ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and harvest index for Mn

I.* Nawożenie obornikiem I.* Farmacyard manuring	II.** Poziomy nawożenia azotem II.** Nitrogen fertilization levels				Średnie Average
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	
Pobranie Mn (ziarno + słoma); Mn uptake (grain + straw)					
a	40,2	92,8	161	274	142
b	47,6	58,9	79	116	75
c	57,8	72,7	126	199	114
d	68,6	86,2	134	198	122
Średnie; Average	53,6	77,7	125	197	113
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> I – 4,83 II – 4,69 I/II – 9,38 II/I – 9,45					
Współczynnik zbioru Mn; Harvest index for Mn					
a	0,67	0,52	0,38	0,32	
b	0,73	0,66	0,54	0,45	
c	0,72	0,64	0,43	0,33	
d	0,69	0,54	0,39	0,31	

\*, \*\* – objaśnienia w tab. 1; explanations see Tab. 1

Tabela 5; Table 5

Pobranie cynku wraz z ziarnem i słomą jęczmienia jarego ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ )  
Zinc uptake by grain and straw of spring barley ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

I.* Nawożenie obornikiem I.* Farmacyard manuring	II.** Poziomy nawożenia azotem II.** Nitrogen fertilization levels – II **				Średnie Average
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	
Ziarno; Grain					
a	72	102	115	154	111
b	95	104	105	120	106
c	107	118	132	145	126
d	105	116	136	145	126
Średnie; Average	95	110	122	141	117
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> I – 3,9 II – 4,5 I/II – 8,9 II/I – 8,6					
Słoma; Straw					
a	23,5	41,7	74	134	68,2
b	28,1	44,2	66	69	51,8
c	37,6	50,9	84	128	75,0
d	42,9	55,3	116	148	90,7
Średnie; Average	33,0	48,0	85	120	71,4
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> I – 4,3 II – 4,2 I/II – 8,4 II/I – 8,4					

\*, \*\* – objaśnienia w tab. 1; explanations see Tab. 1



– odprowadzone zostało z plonami jęczmienia w badaniach CZARNOWSKIEJ i GAWROŃSKIEJ-KULESZY [1997], prowadzonych na próchnicznej czarnej ziemi. Wyjątkowo duże ilości cynku w plonach jęczmienia zaobserwowali natomiast Ruszkowska i inni [RUSZKOWSKA (red.) 1979]. W zależności od poziomu nawożenia NPK oraz wapnowania stwierdzono bowiem w plonach jęczmienia, w przeliczeniu na 1 ha, od 407 g do 1017 g Zn, przy czym więcej w plonach serii niewapnowanej oraz nawożonej większą dawką NPK.

Jak wskazują dane w tabeli 6, całkowite pobranie cynku przez jęczmień jary wahało się od 95,5 g (a-N<sub>0</sub>) do 293 g (d-N<sub>3</sub>). Na wielkość pobrania Zn przez jęczmień istotny wpływ miało zarówno nawożenie azotowe, jak i obornikiem, przy czym działanie obu czynników było ze sobą istotnie powiązane – o czym świadczy ich udowodnione współdziałanie. Wpływ azotu na ilość cynku odprowadzonego wraz z plonem był zdecydowanie największy w warunkach braku nawożenia organicznego, natomiast najmniejszy na corocznym nawożeniu obornikiem (b). W prezentowanych badaniach jedynie na jednym obiekcie (d-N<sub>3</sub>) pobranie cynku z ziarnem było nieznacznie mniejsze niż ze słomą. Na pozostałych obiektach nawożenia współczynniki zbioru Zn były większe niż 0,50, co wskazuje, iż udział cynku odprowadzonego wraz z ziarnem w całkowitym pobraniu Zn wynosi powyżej 50%. Podobnie jak w przypadku miedzi i manganu współczynniki zbioru Zn największe wartości osiągały przy braku nawożenia azotowego (N<sub>0</sub>). Wraz ze wzrostem dawek azotu udział cynku nagromadzonego w plonie głównym wykazywał wyraźny spadek z 0,71–0,77 do 0,49–0,63. W warunkach prowadzenia badań wzrastające dawki N silniej wpływały na udział cynku nagromadzonego w ziarnie w całkowitym pobraniu tego składnika przez jęczmień niż przez pszenicę ozimą [RABIKOWSKA, PI SZCZ 1996b].

## Wnioski

1. Pobranie badanych mikroskładników przez jęczmień jary wahało się w doświadczeniu w granicach (w g·ha<sup>-1</sup>): Cu – 17,4 do 57,4; Mn – 40,2 do 274; Zn – 95,5 do 293 i było istotnie zależne od zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem oraz uwarunkowane współdziałaniem obu rodzajów nawożenia.
2. W warunkach corocznego stosowania obornika z plonami jęczmienia odprowadzono istotnie mniej Cu, Mn i Zn niż na okresowym nawożeniu obornikiem oraz przy stosowaniu wyłącznie nawożenia mineralnego.
3. Wraz ze wzrostem dawek azotu rosła ilość badanych mikroskładników nagromadzonych w plonach, a oddziaływanie N na ich pobranie przez jęczmień układało się w szeregu: Mn > Cu ≥ Zn.
4. Rosnące dawki azotu w największym stopniu modyfikowały pobranie Mn, Cu i Zn na nawożeniu wyłącznie mineralnym, natomiast w najmniejszym stopniu przy corocznym stosowaniu obornika. W miarę wzrostu dawek azotu zmniejszał się w całkowitym pobraniu Cu, Mn i Zn udział tych mikroskładników nagromadzonych w ziarnie.



## Literatura

- ANDRUSZCZAK E., PIETRAŚ B., SZCZEGODZIŃSKA K. 1988. *Skład chemiczny obornika stosowanego w tak zwanych gospodarstwach kontrolnych i jego udział w bilansie składników pokarmowych*. Roczn. Glebozn. 31(1): 87–97.
- CZARNOWSKA K., GAWROŃSKA-KULESZA A. 1997. *Badania nad zawartością Fe, Mn, Zn i Cu w różnych fazach rozwojowych jęczmienia jarego i rzepaku ozimego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 436: 177–183.
- GORLACH E. 1991. *Potencjalne i aktualne możliwości zaopatrzenia roślin w mikroelementy*. Mat. VI Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”. AR Wrocław, 9–10 IX 1987: 15–24.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 1992. *Mikroelementy w nawożeniu roślin: potrzeby i stosowanie*. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”. AR Wrocław, 16–17 IX 1992: 13–19.
- RABIKOWSKA B. 1999. *Nagromadzanie miedzi, manganu i cynku przez kukurydzę w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem mineralnym*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465: 205–217.
- RABIKOWSKA B. 2000. *Zawartość i pobranie miedzi, manganu i cynku przez jęczmień jary uprawiany w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem*. Cz. I. Zawartość Cu, Mn i Zn w ziarnie i w słomie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 463–471.
- RABIKOWSKA B., PISZCZ U. 1996a. *Współdziałanie długoletniego nawożenia azotem i obornikiem na zawartość manganu w pszenicy ozimej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 97–104.
- RABIKOWSKA B., PISZCZ U. 1996b. *Zawartość cynku i jego nagromadzanie przez pszenicę ozimą w warunkach trwałego, zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 275–283.
- RABIKOWSKA B., PISZCZ U., BELICZYŃSKA K. 2000. *Wpływ długoletniego nawożenia obornikiem i azotem na zawartość miedzi, manganu i cynku w niektórych fazach rozwojowych jęczmienia jarego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 495–504.
- RUSZKOWSKA M. (red.). 1979. *Dynamika i bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym. Wyniki badań za okres I. rotacji (1971–1975)*. Roczn. Nauk Rol., Ser. D 173: 104 ss.

**Słowa kluczowe:** doświadczenie wieloletnie, obornik, nawożenie azotem, jęczmień jary, ziarno i słoma, pobranie Cu, Mn i Zn

## Streszczenie

Podstawą badań było trwałe doświadczenie polowe, prowadzone na glebie pólowej typowej (gl-gś) od 1974 roku. Doświadczenie obejmowało cztery obiekty nawożenia obornikiem oraz cztery poziomy nawożenia azotem ( $N_0$ ;  $N_1$ ;  $N_2$ ;  $N_3$ ),

różne dla każdego gatunku uprawianej rośliny ( $N_1$  dla jęczmienia = 30 kg·ha<sup>-1</sup>). Celem badań była ocena wpływu wieloletniego (22 lata) zróżnicowanego nawożenia na pobranie miedzi, manganu i cynku z ziarnem i słomą jęczmienia jarego. W warunkach prowadzenia badań całkowite pobranie tych mikrośladników wahało się w granicach (w g·ha<sup>-1</sup>): Cu – 17,4 do 57,4; Mn – 40,2 do 274; Zn – 95,5 do 293. Przy corocznym stosowaniu obornika z plonami jęczmienia odprowadzono istotnie mniej Cu, Mn i Zn niż na okresowym nawożeniu obornikiem oraz przy stosowaniu wyłącznie nawożenia mineralnego. Zwiększające się dawki azotu przyczyniały się do wzrostu pobrania badanych mikrośladników, a oddziaływanie N na ich pobranie przez jęczmień układało się w szeregu: Mn > Cu ≥ Zn. Rosnące dawki N najsilniej modyfikowały pobranie badanych mikrośladników na nawożeniu wyłącznie mineralnym. W miarę wzrostu dawek N zmniejszały się współczynniki zbioru Cu, Mn i Zn, a wpływ N na udział pobrania z ziarnem w całkowitym pobraniu malał w szeregu: Mn > Cu > Zn.

COPPER, MANGANESE AND ZINC CONTENTS  
AND THEIR ACCUMULATION IN SPRING BARLEY CULTIVATED  
UNDER CONDITIONS OF LONG-TERM DIFFERENTIATED  
FARMYARD MANURE AND NITROGEN FERTILIZATION

PART II

UPTAKE OF Cu, Mn AND Zn BY THE CROPS

*Bożena Rabikowska*

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Wrocław

Key words: long-term experiment, farmyard manure, nitrogen fertilization, spring barley, grain and straw, uptake of Cu, Mn and Zn

Summary

The investigation was based on a field experiment carried out on typical lessive soil (light loam-medium loam). Field experiment included four treatments of fertilization with farmyard manure (no fertilization, every year by ¼ rate provided for the 4-years crop rotation, every 2 years by ½ rate and the whole rate for the 1-st plant in crop rotation) as well as four nitrogen fertilization levels ( $N_0$ ,  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ ) different for particular crops ( $N_1$  for spring barley = 30 kg·ha<sup>-1</sup>). The aim of investigations was to estimate the effects of 22-years' different fertilization on the copper, manganese and zinc uptake by spring barley. Under experimental conditions the total micronutrient uptake varied (in g·ha<sup>-1</sup>): Cu from 17.4 to 57.4; Mn from 40.2 to 274; Zn from 95.5 to 293. FYM annual application decreased the uptake of Cu, Mn and Zn by barley crop in comparison with periodical FYM application as well as mineral fertilization only. Increased fertilization with nitrogen increased the micronutrient uptake. The influence of nitrogen application on the micronutrient uptake by barley depressed as follows: Mn > Cu ≥ Zn. Increased doses of nitrogen modified the Cu, Mn and Zn uptake the strongest under conditions of only mineral fertilization. As the doses of nitrogen increased

the value of harvest index for micronutrients decreased. Nitrogen influence on the share of micronutrients' uptake by grain in total uptake decreased as follows: Mn > Cu > Zn.

Dr inż. Bożena **Rabikowska**  
Katedra Chemii Rolniczej  
Akademia Rolnicza  
ul. Grunwaldzka 53  
50-357 WROCLAW  
e-mail: b.rab@interia.pl