

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

## CZEŚĆ I

### ZAWARTOŚĆ Cu, Mn I Zn W ZIARNIE I W SŁOMIE

*Bożena Rabikowska*

Katedra Chemii Rolniczej, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

#### Wstęp

Zróżnicowane nawożenie, zwłaszcza stosowane statycznie, nie pozostaje bez wpływu na żyzność gleb i wielkość plonów. Może ono być również jednym z czynników różnicujących zawartość mikroelementów w roślinach w czasie wegetacji [RABIKOWSKA 1999a, 1999b; RABIKOWSKA i in. 2000] oraz w ich plonach końcowych [URBANOWSKI i in. 1989; ADAMUS, STANISŁAWSKA 1991; RUSZKOWSKA i in. 1996].

Prezentowana praca stanowi kontynuację badań nad zawartością niektórych mikroelementów w roślinach uprawianych w statycznym doświadczeniu nawozowym [RABIKOWSKA 1999b; RABIKOWSKA i in. 2000].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie współdziałania długoletniego zróżnicowanego nawożenia obornikiem oraz nawożenia zwiększonymi dawkami azotu na zawartość miedzi, manganu i cynku w ziarnie i w słomie jęczmienia jarego.

#### Materiał i metodyka

Badania oparto na wieloletnim doświadczeniu polowym założonym w 1974 roku na glebie płowej typowej (gl·gś), prowadzonym wg schematu podanego w tabeli 1. Bliższą charakterystykę tego doświadczenia zamieszczono we wcześniejszych opracowaniach [RABIKOWSKA 1999a, 1999b; RABIKOWSKA i in. 2000].

Materiał roślinny (ziarno i słoma) pobrany w czasie zbioru jęczmienia odmiany Boss, uprawianego w 22 roku prowadzenia doświadczenia (2 rok VI rotacji), wysuszono i zmielono. Po mineralizacji na sucho oznaczono w nim techniką absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA) zawartość Cu, Mn i Zn przy użyciu spektrofotometru AAS 3 (C. Zeiss-Jena). Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji dla metody podbloków losowanych, a obliczone przedziały ufności ( $NIR_{0,05}$ ) zamieszczono w tabelach.

Tabela 1; Table 1

Obiekty doświadczenia polowego  
Field experiment treatments

Nawożenie; Fertilization	Obiekty; Objects
I.* Obornik Farmyard manure (FYM)	a - bez obornika; without FYM
	b - corocznie po 1/4 pełnej dawki; every year 1/4 dose
	c - co 2 lata po 1/2 pełnej dawki; every 2 years 1/2 dose
	d - pełna dawka w pierwszym roku rotacji (kukurydza); whole dose in 1-st year crop rotation (maize)
II.** Azot Nitrogen	N <sub>0</sub> - bez N; without N
	N <sub>1</sub> - k 100(70***), j 30, r 80 (g 50), p 40 (kg·ha <sup>-1</sup> )
	N <sub>2</sub> - 2 × N <sub>1</sub>
	N <sub>3</sub> - 3 × N <sub>1</sub>

\* - 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

\*\* - k = pod kukurydzą; for maize, j = jęczmień jary; spring barley, r = rzepak ozimy; winter rape, g = gorczyca biała; white mustard, p = pszenicę ozimą; winter wheat

\*\*\* - w roku 1995; in year 1995

### Wyniki badań i dyskusja

Analizy plonów z tzw. gospodarstw kontrolnych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa [ANDRUSZCZAK, SZCZEGODZIŃSKA 1988] wykazały, iż przeciętna zawartość miedzi w jęczmieniu jarym uprawianym w kraju w latach 1976-1983 wynosiła w ziarnie 4,53 mg·kg<sup>-1</sup>, natomiast w słomie 4,30 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. i była w ziarnie o 0,43 mg niższa, a w słomie o 0,05 mg wyższa od średniej z analiz wykonanych w latach 1966-1971 przez Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze [CZUBA 1986].

W warunkach prowadzenia doświadczenia przeciętna zawartość miedzi w ziarnie jęczmienia wyniosła 4,8 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (tab. 2), co w świetle oceny stosowanej przez MOROŃ i in. [1996] odpowiada klasie średnich zawartości tego składnika.

Jak wskazują dane w tabeli 2, zawartość Cu w ziarnie z poszczególnych obiektów nawozowych była powiązana z czynnikami doświadczenia. Najwięcej miedzi w ziarnie (średnio > 5 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.) zawierał jęczmień z podbloku nienawożonego w wieloleciu obornikiem, przy czym wzrost dawki azotu z pojedynczej do potrójnej przyczyniał się na tym obiekcie do zwiększenia zawartości Cu w ziarnie. W warunkach corocznego stosowania po 1/4 dawki obornika przewidzianej na rotację (b), zwiększenie dawek azotu było powiązane z obniżaniem się koncentracji Cu w ziarnie. Zwiększane dawki azotu, stosowane na tle obornika zastosowanego pod przedplon jęczmienia (c i d), nie różnicowały wyraźnie poziomu Cu w ziarnie.

Zawartość miedzi w słomie jęczmienia z doświadczenia (tab. 2) wahała się w szerokich granicach od 1,3 do 4,3 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. Z wyjątkiem obiektu d-N<sub>3</sub> była ona niższa od wartości średnich z dużych serii analiz słomy jęczmienia przeprowadzonych w kraju w latach 1966-1971 (4,25 mg Cu·kg<sup>-1</sup>) oraz w latach 1976-1980 (4,30 mg Cu·kg<sup>-1</sup>) [CZUBA 1986]. Na wszystkich obiektach nawożenia obornikiem zdecydowanie najmniej tego składnika zawierała słoma jęczmienia nienawożonego azotem, a każdorazowe zwiększenie dawki N było powiązane ze zwiększeniem się koncentracji Cu w tym materiale. Wpływ azotu na poziom Cu

w słomie jest jednak wyraźnie mniejszy na podbloku nawożonym obornikiem pod jęczmień (b) niż na pozostałych obiektach nawożenia organicznego.

Tabela 2; Table 2

Zawartość miedzi w ziarnie i słomie jęczmienia jarego (mg·kg<sup>-1</sup> s.m.)  
Content of copper in grain and straw of spring barley (mg·kg<sup>-1</sup> DM)

I.* Nawożenie obornikiem I.* Farmacyd 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	5,1	4,7	5,2	5,8	5,2
b	5,4	4,8	4,2	3,9	4,6
c	4,8	4,7	4,6	4,6	4,7
d	4,7	4,6	4,8	4,9	4,8
Średnie; Average	5,0	4,7	4,7	4,8	4,8
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	I - 0,28		II - 0,27	I/II - 0,53	II/I - 0,59
Słoma; Straw					
a	1,6	1,7	3,2	3,9	2,6
b	1,3	1,3	1,9	2,9	1,8
c	1,3	1,6	2,6	3,8	2,3
d	1,5	2,3	3,4	4,3	2,9
Średnie; Average	1,4	1,7	2,8	3,7	2,4
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	I - 0,29		II - 0,22	I/II - 0,43	II/I - 0,51
Cu w ziarnie : Cu w słomie; Cu in grain : Cu in straw					
a	3,2	2,8	1,6	1,5	
b	4,2	3,7	2,2	1,3	
c	3,7	2,9	1,8	1,2	
d	3,1	2,0	1,4	1,1	

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

Badania innych autorów przeprowadzone z jęczmień w ostatnich latach nie dają jednoznacznej odpowiedzi odnośnie oddziaływania nawożenia na koncentrację Cu w ziarnie i w słomie tej rośliny. W statycznym doświadczeniu na glebie płowej ziarno jęczmienia nawożonego w wieloleciu wyłącznie mineralnie zawierało ponad dwa razy więcej miedzi niż ziarno z obiektu nawożonego obornikiem [URBANOWSKI i in. 1989]. W badaniach CZARNOWSKIEJ i GAWROŃSKIEJ-KULESZY [1997], wykonanych również na podstawie doświadczenia wieloletniego, ale prowadzonego na żyznej czarnej ziemi, trwałe nawożenie wyłącznie mineralne lub organiczne nie różnicowało koncentracji Cu tak w ziarnie, jak i w słomie jęczmienia. Dodatni wpływ obornika na zawartość Cu w ziarnie jęczmienia uprawianego na glebie o pH = 6,5 stwierdzili natomiast BŁAZIAK i in. [1996a]. Jak wskazują trzyletnie badania KRUCZEK [1992], zróżnicowany układ warunków pogodowych w kolejnych latach uprawy jęczmienia może spowodować większą zmienność zawartości Cu w ziarnie tej rośliny niż dawki N w przedziale 0–120 kg N·ha<sup>-1</sup>. W świetle badań KUDUKA [1996] wzrost ilości miedzi w glebie w wyniku nawożenia tym składnikiem różnicuje najsilniej koncentrację miedzi w korzeniach oraz w dolnej części źdźbła, natomiast w niewielkim stopniu modyfikuje zawartość tego składnika w górnej części źdźbła i w ziarnie.

W tabeli 2 przedstawiono również stosunki zawartości Cu w ziarnie do Cu

w słomie, nazywane coraz powszechniej wskaźnikami translokacji. Dane w tabeli 2 wskazują na bardzo duży wpływ dawek N na proporcje między zawartością Cu w ziarnie i w słomie. Na wszystkich obiektach nawożenia obornikiem najszerszy stosunek Cu w ziarnie do Cu w słomie (3,1–4,2 : 1) stwierdzono na obiektach nienawożonych azotem, a każdorazowy wzrost dawki N przyczyniał się do zawężenia stosunku między zawartością Cu w ziarnie i Cu w słomie, głównie skutkiem zdecydowanie dodatniego wpływu zwiększanych dawek azotu na zawartość Cu w słomie.

W świetle badań SZUKALSKIEGO i in. [1981] jęczmień charakteryzuje się ziarnem o najmniejszej, spośród zbóż, zawartości manganu, co zdaniem autorów może wynikać z uprawy tego gatunku na glebach o wyższych wartościach pH, a tym samym mniejszej dostępności manganu. Według CZUBY [1986] przeciętna dla kraju zawartość manganu w ziarnie jęczmienia z lat 1966–1971 wynosiła 24,0 mg·kg<sup>-1</sup>, zaś w słomie 40,9 mg·kg<sup>-1</sup>. Późniejsze analizy plonów jęczmienia z gospodarstw kontrolnych [ANDRUSZCZAK, SZCZEGODZIŃSKA 1988] wykazały jeszcze większą średnią koncentrację manganu w ziarnie (26,7 mg·kg<sup>-1</sup>) oraz w słomie (49,9 mg·kg<sup>-1</sup>).

W warunkach prowadzenia omawianego doświadczenia ziarno jęczmienia zawierało od 8,5 do 19,4 mg Mn·kg<sup>-1</sup> s.m., natomiast słoma od 3,2 do 24,7 mg Mn·kg<sup>-1</sup> s.m., przy czym na większości obiektów słoma okazała się materiałem uboższym w mangan od ziarna (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Zawartość manganu w ziarnie i słomie jęczmienia jarego (mg·kg<sup>-1</sup> s.m.)  
Content of manganese in grain and straw of spring barley (mg·kg<sup>-1</sup> DM)

I.* Nawożenie obornikiem I.* Farmacyd 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	10,2	11,7	14,1	19,4	13,8
b	8,5	8,7	9,8	11,9	9,7
c	9,8	9,7	11,1	14,1	11,2
d	11,4	10,2	11,3	13,6	11,6
Średnie; Average	10,0	10,1	11,6	14,8	11,6
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	I – 1,10		II – 0,76	I/II – 1,52	II/I – 1,69
Słoma; Straw					
a	5,4	11,0	16,4	24,7	14,4
b	3,2	3,3	4,7	8,2	4,8
c	3,9	4,8	10,2	15,9	8,7
d	4,6	6,7	10,0	16,6	9,5
Średnie; Average	4,3	6,4	10,3	16,2	9,3
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	I – 0,97		II – 1,09	I/II – 2,17	II/I – 2,03
Mn w ziarnie : Mn w słomie; Mn in grain : Mn in straw					
a	1,9	1,1	0,9	0,8	
b	2,7	2,6	2,1	1,5	
c	2,5	2,0	1,1	0,9	
d	2,5	1,5	1,1	0,8	

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

O koncentracji manganu zarówno w ziarnie, jak i w słomie jęczmienia decydowało wyraźnie trwałe nawożenie obornikiem i azotem (tab. 3). Najwięcej manganu stwierdzono w plonach z podbloku nienawożonego w wieloletnim obornikiem (a), a najmniej w plonach podbloku nawożonego corocznie obornikiem (b). Układ ten może być powiązany ze stanem odczynu gleby poszczególnych obiektów doświadczenia. Jak wykazały nasze wcześniejsze badania – zakwaszenie gleby w warunkach gospodarki bezobornikowej jest znacznie większe niż na nawożeniu obornikiem [RABIKOWSKA 1999a, 1999b]. Każdorazowe zwiększenie poziomu nawożenia azotem, na wszystkich obiektach nawożenia organicznego, powodowało wzrost zawartości manganu zarówno w ziarnie, jak i w słomie jęczmienia jarego. Konsekwencją silniejszego dodatniego wpływu zwiększanych dawek azotu na zawartość manganu w słomie niż w ziarnie było – podobnie jak w przypadku miedzi – zmniejszanie się stosunku Mn w ziarnie do Mn w słomie wraz ze wzrostem dawek N, średnio z 2,3 : 1 do 0,9 : 1.

W badaniach CZARNOWSKIEJ i GAWROŃSKIEJ-KULESZY [1997] więcej manganu stwierdzono w ziarnie (12–17 mg·kg<sup>-1</sup>) niż w słomie (7–14 mg·kg<sup>-1</sup>), a koncentracja Mn w obu plonach nie była wyraźnie zależna od trwałego nawożenia wyłącznie obornikiem lub wyłącznie nawozami mineralnymi. URBANOWSKI i in. [1989] najwięcej manganu (41–64 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.) stwierdzili w ziarnie jęczmienia z obiektów nawozowych najbardziej zakwaszonych, o pH = 4,1, natomiast w warunkach pH 5,1–5,4 koncentracja Mn w ziarnie wyniosła około 20 mg·kg<sup>-1</sup>.

Również wzrostem zakwaszenia gleby tłumaczy RUSZKOWSKA i in. [1996] o od 4 do 7 mg·kg<sup>-1</sup> większą zawartość manganu w ziarnie jęczmienia nawożonego potrójną dawką NPK w stosunku do zawartości tego składnika na dawce pojedynczej. Wyjątkowo dużą zawartością manganu zarówno w ziarnie (42–69 mg·kg<sup>-1</sup>), jak i w słomie (186–412 mg·kg<sup>-1</sup>) charakteryzował się jęczmień z doświadczenia wazonowego prowadzonego na bardzo kwaśnej glebie (pH w 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup> = 4,0) [BŁAZIAK i in. 1996b]. W takich warunkach wzrastające dawki N, P, K, Mg i S przyczyniły się do zmniejszania zawartości Mn w plonach w wyniku dużego, dodatniego wpływu nawożenia na ilość wytworzonej biomasy. W doświadczeniu polowym innego zespołu [BŁAZIAK i in. 1996a], założonym na glebie o pH = 6,5, stwierdzono w ziarnie jęczmienia od 8,7 do 10,2 mg Mn·kg<sup>-1</sup>, a w słomie od 19,2 do 23,4 mg Mn·kg<sup>-1</sup> s.m., zaś stosowane nawożenie obornikiem i słomą na tle NPK nie miało udowodnionego wpływu na zawartość Mn w jęczmieńniu.

Według danych ANDRUSZCZAK i SZCZEGODZIŃSKIEJ [1988] średnia zawartość cynku w ziarnie jęczmienia wynosi 38,2 mg·kg<sup>-1</sup> i jest 1,4 razy większa niż koncentracja manganu, a 8,4 razy większa od przeciętnej zawartości miedzi w tym materiale. Proporcje między Zn i Mn w słomie jęczmienia według tych badań układają się inaczej niż w ziarnie. Przy średniej zawartości cynku równej 25,4 mg·kg<sup>-1</sup> słoma okazała się w tych badaniach przeciętnie uboższa w cynk niż w mangan.

W prezentowanym doświadczeniu zawartość cynku w ziarnie wahała się od 23,2 do 34,3 mg·kg<sup>-1</sup>, natomiast w słomie od 7,0 do 17,9 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (tab. 4). Tym samym był to poziom niższy, szczególnie w słomie, niż średni w plonach z tzw. gospodarstw kontrolnych [Andruszczak, SZCZEGODZIŃSKA 1988]. Z danych zamieszczonych w tabeli 4 wynika, iż najniższym poziomem cynku tak w ziarnie, jak i w słomie charakteryzował się jęczmień z obiektu nawożonego corocznie obornikiem (b). Średnia zawartość Zn w ziarnie z pozostałych obiektów nawożenia organicznego była od 11 do 16% większa niż w warunkach nawożenia obornikiem

corocznie. Na obiekcie kontrolnym ( $N_0$ ) oraz na najniższej dawce azotu zawartość cynku w ziarnie, a także w słomie, była zbliżona. Na kolejnych dawkach azotu –  $N_2$  i  $N_3$  – zawartość cynku w ziarnie, a jeszcze wyraźniej w słomie, była znacznie większa niż na najniższej dawce azotu. Wyniki badań ADAMUS i STANISŁAWSKIEJ [1991] oraz URBANOWSKIEGO i in. [1989], oparte również na doświadczeniach długoletnich wskazują, iż trwale zróżnicowane nawożenie w mniejszym stopniu różnicuje w ziarnie jęczmienia koncentrację cynku niż miedzi, a szczególnie manganu. Wyraźny, korzystny wpływ zwiększonego nawożenia NPK na zawartość Zn w ziarnie stwierdzono w badaniach RUSZKOWSKIEJ i in. [1996], co autorzy przypisują większemu zakwaszeniu gleby w warunkach stosowania potrójnej dawki NPK w stosunku do dawki pojedynczej.

Tabela 4; Table 4

Zawartość cynku w ziarnie i słomie jęczmienia jarego ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.)  
Content of zinc in grain and straw of spring barley ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  DM)

I.* Nawożenie obornikiem I.* Farmacyd manuring	II.** Poziomy nawożenia azotem II.** Nitrogen fertilization levels				Średnie Average
	$N_0$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	
Ziarno; Grain					
a	27,4	25,0	26,4	34,3	28,3
b	23,2	23,3	24,1	27,4	24,5
c	25,1	24,8	27,3	31,1	27,1
d	25,4	25,2	29,1	32,6	28,1
Średnie; Average	25,3	24,6	26,7	31,4	27,0
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	I – 2,17		II – 1,91	I/II – 3,82	II/I – 4,03
Słoma; Straw					
a	9,5	10,2	12,2	17,7	12,4
b	7,0	7,2	8,6	8,8	7,9
c	9,1	9,2	11,7	15,3	11,3
d	9,2	9,4	14,3	17,9	12,7
Średnie; Average	8,7	9,0	11,7	14,9	11,1
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	I – 1,43		II – 1,21	I/II – 2,41	II/I – 2,67
Zn w ziarnie : Zn w słomie; Zn in grain : Zn in straw					
a	2,9	2,4	2,2	1,9	
b	3,3	3,2	2,8	3,1	
c	2,8	2,7	2,3	2,0	
d	2,8	2,7	2,0	1,8	

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

W omawianym doświadczeniu proporcje między koncentracją Zn w ziarnie i w słomie (tab. 4) mieściły się w przedziale od 3,3 : 1 do 1,8 : 1, z wyraźną tendencją do zawężenia wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem. W efekcie znacznie silniejszego wzrostu, pod wpływem zwiększanych dawek N, koncentracji cynku w słomie niż w ziarnie – podobnie jak dla miedzi (tab. 2) i manganu (tab. 3) – na coraz większych dawkach azotu stwierdzono zacieśnianie się stosunków zawartości Zn w ziarnie do zawartości tego składnika w słomie. Na podkreślenie zasługuje jednak, iż wpływ azotu na wskaźniki translokacji w przypadku cynku był mniejszy niż dla miedzi i manganu.

## Wnioski

1. Zawartość miedzi, manganu i cynku w ziarnie i w słomie jęczmienia jarego układała się w warunkach prowadzenia doświadczenia w szeregu: Zn > Mn > Cu i była zależna od stosowanego nawożenia.
2. Długoletnie zróżnicowane nawożenie obornikiem oraz nawożenie zwiększającymi dawkami azotu silniej modyfikowało koncentrację Cu, Mn i Zn w słomie jęczmienia niż w ziarnie, przy czym w największym stopniu oddziaływało na zawartość manganu w plonach.
3. W warunkach nawożenia wyłącznie mineralnego stwierdzono w plonach jęczmienia większe zawartości badanych mikroelementów niż na nawożeniu obornikiem – zwłaszcza stosowanym corocznie.
4. Wzrost poziomu nawożenia azotem przyczyniał się do zwiększenia zawartości Mn i Zn w ziarnie oraz Cu, Mn i Zn w słomie, a równocześnie wpływał na zacieśnianie się stosunku zawartości badanych mikroelementów w ziarnie do ich zawartości w słomie.

## Literatura

- ADAMUS M., STANISŁAWSKA E. 1991. *Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość mikroelementów w roślinach*. Mat. VI Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”. AR Wrocław, 9–10 IX 1987: 71–75.
- ANDRUSZCZAK E., SZCZEGODZIŃSKA K. 1988. *Możliwości plonowania roślin uprawnych w kraju na tle wyników z gospodarstw kontrolnych*. IUNG Puławy, S(60): 89 ss.
- BŁAZIAK J., DECHNIK I., WIATER J. 1996a. *Wpływ nawożenia słomą i obornikiem na zawartość mikroelementów w pszenicy i jęczmieniu*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 269–273.
- BŁAZIAK J., ŁABUDA S., CHWIL S. 1996b. *Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na zawartość mikroelementów w zbożach jarych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 263–268.
- 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.
- CZUBA R. 1986. *Zmiany zawartości składników w roślinach uprawnych na terenie kraju w zależności od nawożenia*. Mat. symp. „Wpływ nawożenia na jakość plonów”. ART Olsztyn, 24–25 VI 1986, Cz. I: 34–42.
- KRUCZEK G. 1992. *Zawartość mikroelementów w ziarnie zbóż jarych w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem*. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”. AR Wrocław, 16–17 IX 1992: 186–189.
- KUDUK C. 1996. *Wpływ miedzi na jęczmień rosnący na glebie lekkiej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 123–128.
- MOROŃ H., GEMBARZEWSKI H., ANDRUSZCZAK E. 1992. *Zawartość miedzi w ziarnie zbóż w Polsce*. Roczn. Glebozn. 43(1/2): 71–78.
- RABIKOWSKA B. 1999a. *Oddziaływanie długoletniego nawożenia obornikiem i azotem*

na plonowanie i zawartość podstawowych makroskładników w kukurydzy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465: 218–231.

RABIKOWSKA B. 1999b. 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. II. Pobranie Cu, Mn i Zn z plonami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 473–483.

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., SYKUT S., KUSIO M. 1996. Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 43–47.

SZUKALSKI H., SZYMCZYK R., SIKORA H. 1981. Skład mineralny ziarna odmian zbóż. Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo 25(3/4): 97–110.

URBANOWSKI S., BILSKI J., KUCHARSKI J. 1989. Zawartość mikroelementów w ziarnie jęczmienia jarego w doświadczeniu statycznym. Zesz. Nauk ATR Bydgoszcz 160, Rol. 29: 5–12.

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

### Streszczenie

Celem badań była ocena wpływu wieloletniego zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem mineralnym na zawartość Cu, Mn i Zn w plonach jęczmienia jarego. Próbkę ziarna i słomy pobierano w 22 roku doświadczenia trwałego, prowadzonego na glebie płowej typowej o składzie granulometrycznym gliny lekkiej podścielonej gliną średnią. Doświadczenie obejmowało cztery obiekty nawożenia obornikiem: bez obornika, corocznie po ¼ pełnej dawki (60 t·ha<sup>-1</sup> na 4 lata), co 2 lata po ½ pełnej dawki, cała dawka w pierwszym roku rotacji oraz 4 poziomy nawożenia azotem: N<sub>0</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> i N<sub>3</sub> (N<sub>1</sub> pod jęczmień = 30 kg N·ha<sup>-1</sup>).

W warunkach prowadzenia doświadczenia zawartość miedzi, manganu i cynku w ziarnie i w słomie jęczmienia jarego układała się w szereg: Zn > Mn > Cu. Długoletnie zróżnicowane nawożenie obornikiem oraz nawożenie rosnącymi dawkami azotu silnie modyfikowało koncentrację Cu, Mn i Zn w słomie jęczmienia niż w ziarnie, przy czym w największym stopniu oddziaływało na zawartość w plonach manganu. W warunkach nawożenia wyłącznie mineralnego stwierdzono w plonach jęczmienia większe zawartości badanych mikroelementów niż na nawożeniu obornikiem – zwłaszcza stosowanym corocznie. Wzrastające nawożenie azotem powodowało zwiększenie się zawartości manganu i cynku w ziarnie oraz miedzi, manganu i cynku w słomie. Wzrost poziomu nawożenia azotem przyczyniał się do zmniejszania wskaźników translokacji badanych mikroelementów.



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

PART I

CONTENTS OF Cu, Mn AND Zn IN GRAIN AND STRAW

*Bożena Rabikowska*

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Wrocław

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

Summary

The investigations aimed at estimating the effect of long-term different fertilization with farmyard manure (FYM) and mineral nitrogen on Cu, Mn and Zn contents in spring barley. The grain and straw samples were taken in 22-nd year of experiment, carried out on typical lessive soil of granulometric composition of light loam underlaid with medium loam (FAO: haplic luvisol). The experiment included four treatments of fertilization with farmyard manure: without FYM, every year  $\frac{1}{4}$  rate ( $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  for 4 years), every 2-years  $\frac{1}{2}$  rate, full rate for the 1-st year of rotation as well as four nitrogen fertilization levels:  $N_0$ ,  $N_1$ ,  $N_2$  i  $N_3$  ( $N_1 = 30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  for spring barley).

Under experimental conditions the Cu, Mn and Zn contents in grain and straw of spring barley depressed as follow:  $\text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$ . The long-term different fertilization with FYM and increased doses of nitrogen showed stronger influence on the contents of Cu, Mn and Zn in straw of spring barley than in the grain; moreover, the highest was affected the manganese content. Under conditions of only mineral fertilization the higher contents of tested micronutrients were found in spring barley than at fertilization with FYM, especially every year. Increasing doses of mineral nitrogen affected the increase of Mn and Zn concentration in grain and Cu, Mn and Zn in the straw. Increasing of nitrogen fertilization level decreased the translocation indices of tested micronutrients.

Dr inż. Bożena **Rabikowska**

Katedra Chemii Rolniczej

Akademia Rolnicza

ul. Grunwaldzka 53

50-357 WROCŁAW

e-mail: b.rab@interia.pl