

WPLYW DŁUGOLETNIEGO NAWOŻENIA OBORNIKIEM I AZOTEM NA ZAWARTOŚĆ MIEDZI, MANGANU I CYNKU W NIEKTÓRYCH FAZACH ROZWOJOWYCH JĘCZMIENIA JAREGO

Bożena Rabikowska, Urszula Piszcz, Krystyna Beliczyńska

Katedra Chemii Rolniczej, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Stan zaopatrzenia roślin uprawnych w mikroelementy, w tym miedź, mangan i cynk, wpływa na przebieg wielu procesów biochemicznych i fizjologicznych decydujących o wzroście i rozwoju, a w konsekwencji o wielkości uzyskiwanych plonów oraz ich wartości odżywczej [RUSZKOWSKA i in. 1996].

W warunkach wieloletniego stosowania zróżnicowanych dawek nawozów lub systemów nawożenia obserwuje się z reguły zmiany szeregu właściwości gleby decydujących o jej żyzności i możliwościach pobierania składników pokarmowych przez rośliny [MERCİK 1993]. Świadczą o tym również nasze dotychczasowe badania nad współdziałaniem długoletniego, zróżnicowanego nawożenia obornikiem oraz nawożenia azotem na zawartość i nagromadzanie niektórych składników przez rośliny uprawne, m.in. przez kukurydzę [RABIKOWSKA 1999a, 1999b].

Celem prezentowanych badań była ocena oddziaływania wzrastających dawek nawozów azotowych, stosowanego na tle okresowego nawożenia obornikiem oraz wieloletniej gospodarki bezobornikowej, na zawartość miedzi, manganu i cynku w jęczmieniu jarym, w niektórych fazach rozwojowych tej rośliny.

Materiał i metodyka

Podstawą badań było trwale doświadczenie polowe, założone w 1974 roku w RZD Akademii Rolniczej w Pawłowicach na glebie płowej typowej (Haplic Luvisols), wytworzonej z gliny lekkiej podścielonej gliną średnią. Doświadczenie obejmuje dwa czynniki (16 obiektów) rozlokowane metodą podbloków w pięciu powtórzeniach na poletkach o powierzchni 50 m². Na tle obiektu kontrolnego (bez obornika) oraz trzech sposobów nawożenia obornikiem w czteroletnim zmianowaniu: corocznie po 1/4 dawki przewidzianej na rotację, co 2 lata po 1/2 dawki oraz pełna dawka (od 1979 roku 60 t·ha⁻¹ na 4 lata) w 1. roku rotacji (pod kukurydzę) stosowane są 3 dawki azotu: N₁, N₂ i N₃ oraz kontrola N₀. Poziom N₁ pod jęczmień jary wynosił 30 kg N·ha⁻¹, natomiast pozostałe dawki odpowiednio 60 (N₂) i 90 kg N·ha⁻¹ (N₃). Azot pod jęczmień stosowany jest w postaci saletry amonowej, jednorazowo – przedsięwzięcie (N₁ i N₂) lub (N₃) w dwóch częściach – 2/3 przedsięwzięcie a 1/3 w fazie strzelania w żdźbło. Szczegółową charakterystykę

warunków prowadzenia tego doświadczenia, w tym wyniki analiz zawartości form Cu, Mn i Zn rozpuszczalnych w $1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ HCl ocenione wg liczb granicznych IUNG [GEMBARZEWSKI i in. 1987] jako poziom średni, zamieszczono we wcześniejszych publikacjach [RABIKOWSKA 1999a, 1999b].

Oddziaływanie trwałego, zwiększanego nawożenia azotem na zawartość Cu, Mn i Zn w jęczmieniu jarym, w czasie jego wegetacji prześlędzono w 22. roku prowadzenia doświadczenia, na dwóch poziomach nawożenia obornikiem – kontroli (bez obornika) oraz na okresowym (co 4 lata) stosowaniu pełnej dawki pod przedplon jęczmienia jarego.

Próbki nadziemnych części jęczmienia jarego Boss pobierano co 13 dni, w 5. terminach odpowiadających następującym stadiom rozwojowym i kodom dziesiętnym [ZADOKS i in. 1974]: DC 49 – końcowy etap grubienia kłosa, widoczne pierwsze ości; DC 71 – początek dojrzałości mleczej, pierwsze ziarniaki wodniaste; DC 77 – późna dojrzałość mleczna, ziarno normalnej wielkości; DC 85 – dojrzałość woskowa (miękką); DC 91 – dojrzałość pełna, ziarniak zawiera ok. 20% wody. W dwóch stadiach rozwojowych – DC 49 i DC 77, ze skrajnych poziomów nawożenia azotem N_0 i N_3 , obok próbek całych roślin pobrano także próbki dwóch liści najmłodszych (liście górne) oraz dwóch liści najstarszych (liście dolne). Liście dolne w stadium DC 77 były już wówczas prawie suche. W trzech stadiach DC 49, DC 77 oraz DC 91 określano również ilość nagromadzonej suchej masy. W próbkach połączonych wg obiektów, po wysuszeniu, zmieleniu oraz mineralizacji na sucho oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) zawartość Cu, Mn i Zn wykorzystując w tym celu spektrometr AAS-3 (C. Zeiss Jena).

Ocenę współdziałania wzrastających dawek azotu oraz zróżnicowanego – okresowego i corocznego nawożenia obornikiem na zawartość miedzi, manganu i cynku w ziarnie i w słomie oraz pobranie tych składników z plonami przedstawiono w innych opracowaniach [RABIKOWSKA 2000a, 2000b].

Wyniki i dyskusja

Ocenę wpływu stosowanego nawożenia na zawartość Cu, Mn i Zn w jęczmieniu rozpoczęto w stadium DC 49 – tuż przed fazą kłoszenia. U form ościstych tę fazę można ustalić bardzo dokładnie, co ma istotne znaczenie w przypadku charakterystyki wyników dotyczących okresu wegetacji roślin. Jest to stadium późniejsze od 7/8 w skali Feekesa, dla którego opracowano zakresy wystarczającego zaopatrzenia roślin w mikroelementy [BERGMAN 1983], a które dla jęczmienia jarego wynoszą (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.): Cu – 5 do 10; Mn 25 do 100; Zn 15 do 60. SCHEFFER i in. [1978] wskazują na fazę kłoszenia jako najbardziej przydatną w diagnostyce roślin. Zdaniem tych autorów w okresie kłoszenia – nieco późniejszym niż DC 49 – wszystkie organa rośliny są już wykształcone, ale wszystkie jej części są jeszcze fizjologicznie aktywne.

Zawartość Cu, Mn i Zn w częściach nadziemnych jęczmienia charakteryzowała się znaczną zmiennością, wynikającą zarówno ze zróżnicowanego trwałego nawożenia, jak i fazy rozwojowej roślin (tab. 1). Należy jednak podkreślić, iż zmiany koncentracji badanych mikroelementów przez analizowaną część okresu wegetacji nie przebiegały podobnie. Również oddziaływanie nawożenia obornikiem oraz wzrastającymi dawkami azotu na zawartość poszczególnych składników ma dla każdego z nich nieco inny charakter.

Dane przedstawione w tabeli 1 wskazują, że najwięcej **miedzi** prawie na

wszystkich obiektach zawierały fizjologicznie najmłodsze rośliny z fazy DC 49. W kolejnym terminie analiz (DC 71) zawartość tego składnika była przeciętnie o 0,3–0,4 mg·kg⁻¹ s.m. niższa niż w DC 49. Zdecydowanie większe obniżenie zawartości miedzi obserwuje się w dwóch kolejnych terminach DC 77 i DC 85.

Tabela 1; Table 1

Zawartość Cu, Mn i Zn w jęczmieniu w niektórych fazach rozwoju (mg·kg⁻¹ s.m.)
Contents of Cu, Mn and Zn in spring barley at some stages of growth (mg·kg⁻¹ DM)

Składniki Nutrients	Nawożenie Fertilization		Fazy rozwoju w kodzie dziesiętnym Growth stages in decimal code (DC)				
	obornikiem; FYM	azotem; nitrogen	49	71	77	85	91
Cu	bez obornika without FYM	N ₀	4,6	5,1	3,0	2,1	3,1
		N ₁	4,7	4,3	3,5	2,5	3,4
		N ₂	5,1	4,4	4,5	3,9	4,0
		N ₃	5,1	4,4	4,3	4,8	4,8
	x̄		4,9	4,6	3,8	3,3	3,8
	obornik* FYM*	N ₀	4,8	4,3	3,5	2,8	2,8
N ₁		5,0	4,1	3,8	2,7	3,4	
N ₂		4,6	4,6	4,1	3,6	4,1	
N ₃		5,0	4,8	4,8	5,1	4,6	
x̄		4,8	4,4	4,0	3,6	3,7	
Mn	bez obornika without FYM	N ₀	14,8	12,8	9,6	9,2	9,1
		N ₁	17,4	12,6	13,5	15,4	15,2
		N ₂	19,1	16,0	16,0	17,6	18,4
		N ₃	38,0	32,9	27,3	30,1	25,5
	x̄		22,3	18,6	16,6	18,1	17,0
	obornik* FYM*	N ₀	11,0	8,9	7,4	7,8	8,0
N ₁		10,4	8,9	10,2	9,5	8,9	
N ₂		15,5	12,6	11,9	8,7	10,4	
N ₃		27,1	21,3	18,7	12,7	14,6	
x̄		16,0	12,9	12,0	9,7	10,5	
Zn	bez obornika without FYM	N ₀	19,9	19,6	18,1	18,2	20,6
		N ₁	19,5	16,4	16,5	20,6	23,7
		N ₂	22,5	17,0	17,7	22,7	28,4
		N ₃	30,5	19,1	21,3	29,7	28,5
	x̄		23,1	18,0	18,4	22,8	25,3
	obornik* FYM*	N ₀	21,7	18,6	17,4	19,4	19,8
N ₁		21,3	17,1	17,2	19,9	21,3	
N ₂		26,0	18,8	19,1	20,8	21,4	
N ₃		27,2	22,8	24,3	27,6	23,0	
x̄		24,1	19,3	19,5	21,9	21,4	

* 60 t·ha⁻¹ na 4 lata; for 4 years

Długoletnie nawożenie obornikiem nie różnicowało znacząco zawartości miedzi w częściach nadziemnych jęczmienia. Również CZARNOWSKA i in. [1997] wskazują na brak zależności pomiędzy trwałym nawożeniem, wyłącznie mineralnym lub organicznym, a zawartością miedzi w jęczmieniu uprawianym na czarnej ziemi zasobnej w mikroelementy. Można przypuszczać iż procesy którym podlega w glebach miedź, do których należy zaliczyć zwłaszcza silne wiązanie przez sub-

stancję organiczną i koloidy nieorganiczne oraz zmniejszanie dostępności ze wzrostem pH, mogą ograniczać wykorzystanie przez rośliny miedzi wprowadzonej z obornikiem.

Zdecydowanie dodatni wpływ na koncentrację miedzi w częściach nadziemnych jęczmienia miało natomiast trwale wzrastające nawożenie azotem mineralnym. W świetle wyników uzyskanych przez JURKOWSKĄ i in. [1990] może to wynikać zarówno z bezpośredniego wpływu azotu na pobieranie miedzi przez rośliny, jak również z oddziaływania pośredniego azotu – poprzez zmianę odczynu. W warunkach prowadzenia doświadczenia zakwaszenie obiektów N_3 było o ok. 0,8 jednostki pH większe niż obiektów N_0 [RABIKOWSKA 1999a].

Zawartość **manganu** w jęczmieniu jarym w okresie między fazą DC 49 i DC 91 wahała się w zależności od stadium rozwoju i nawożenia w szerokich granicach od 7,4 do 38 mg Mn·kg⁻¹ s.m. (tab. 1). W początkowych terminach analiz – DC 49 oraz DC 71 – w pobranych częściach nadziemnych stwierdzono większą zawartość Mn niż w terminach późniejszych, co wynikać może zarówno z efektu tzw. „rozcieńczenia plonem” jak i z częściowego opadania dolnych liści charakteryzujących się dużą zawartością tego składnika (tab. 2).

We wszystkich terminach analiz stan odżywienia manganem jęczmienia na obiektach nienawożonych obornikiem był wyraźnie lepszy niż na okresowym, wieloletnim nawożeniu tym nawozem. Również w czasie wegetacji kukurydzy – przedplonu jęczmienia – sucha masa roślin nawożonych wyłącznie mineralnie zawierała więcej manganu niż z obiektu nawożonego obornikiem [RABIKOWSKA 1999b]. Zdecydowanie największy wpływ na koncentrację manganu w jęczmieniu wywierało stosowanie trwałego wzrastającego nawożenia azotem (tab. 1). We wszystkich badanych stadiach rozwojowych najmniej manganu zawierał jęczmień z obiektów 22-letnich nienawożonych azotem, a każdorazowe zwiększanie nawożenia N wiązało się ze wzrostem zawartości manganu w częściach nadziemnych. Należy podkreślić wyjątkowo duże różnice między zawartością Mn na obiekcie kontrolnym (N_0) i na największym nawożeniu azotem (N_3), bowiem koncentracja Mn na największej dawce azotu była od ok. 1,6 do 3,2 razy większa niż na kontroli. W doświadczeniu polowym, prowadzonym znacznie dłużej ale na innej glebie [CZARNOWSKA i in. 1997], jedynie we wczesnych fazach rozwojowych jęczmienia stwierdzono nieco większą zawartość Mn na wyłącznym nawożeniu NPK i bez nawożenia, niż na oborniku.

Przedstawione dane (tab. 1) wskazują, iż zawartość **cynku** w nadziemnych częściach jęczmienia była w omawianym fragmencie okresu wegetacji znacznie mniej zróżnicowana niż manganu czy miedzi i wahała się od 16,4 do 30,5 mg·kg⁻¹ s.m. Zakres ten mieścił się zatem w dolnej części przedziału wystarczającego zaopatrzenia w cynk, ustalonego dla roślin fizjologicznie młodszych niż analizowane, a mianowicie dla połowy stadium strzelania w źdźbło.

Nawożenie obornikiem nie miało tak zdecydowanego wpływu na zawartość cynku, jak to stwierdzono w przypadku manganu. Również wpływ wzrastających dawek N na zwiększenie koncentracji cynku był wyraźnie mniejszy niż na zawartość miedzi, a zwłaszcza manganu. Na uwagę zasługuje również charakterystyczne zwiększanie się zawartości tego pierwiastka w dwóch ostatnich terminach, po wcześniejszym obniżeniu w stadium DC 71 i DC 77 w stosunku do stanu w DC 49. Przypuszczać należy, iż przyczyna tego stanu tkwi w odprowadzeniu przez jęczmień cynku do górnych części rośliny, zwłaszcza do kłosa, który zawierać może w fazie dojrzałości mleczej prawie dwukrotnie więcej cynku niż dokłosis [SCHEFFER i in. 1979].

W tabeli 2 przedstawiono zawartość Cu, Mn i Zn w dwóch liściach położonych najniżej na roślinie oraz dwóch liściach górnych, najbardziej aktywnych. Dane odnośnie **miedzi** dowodzą, iż w tej samej fazie i na tym samym nawożeniu liście górne zawierały znacznie więcej tego pierwiastka niż liście dolne, co wskazuje na przemieszczanie się miedzi do miejsc aktywnych fizjologicznie. W warunkach wysokiego poziomu nawożenia azotem liście górne były z reguły lepiej zaopatrzone w miedź, niż tak samo położone liście z obiektów N₀.

Zdecydowanie inaczej układała się w analizowanych liściach zawartość **manganu**. W każdym terminie analiz dolne liście okazały się znacznie zasobniejsze w ten pierwiastek niż liście górne (tab. 2). Na obu obiektach nawożenia organicznego widoczny jest bardzo duży wpływ nawożenia azotem na koncentrację Mn tak w liściach dolnych jak i w górnych. W przypadku liści górnych wpływ azotu jest wyjątkowo duży, bowiem odpowiednie różnice między zawartością Mn na obiektach N₀ i N₃ wynosiły od 200 do 300%. Również wieloletnie nawożenie obornikiem warunkowało zawartość Mn w liściach. Na takim samym nawożeniu azotowym liście z obiektów nawożonych obornikiem okazały się uboższe w ten składnik, podobnie jak cała część nadziemna analizowana w tych samych fazach (tab. 1). Zbliżony rozkład manganu między górną i dolną częścią roślin jęczmienia stwierdzili SCHEFFER i in. [1978, 1979]. W badaniach tych autorów organami o najmniejszej zawartości Mn okazały się kłosa.

Tabela 2; Table 2

Zawartość Cu, Mn i Zn w liściach jęczmienia jarego (mg·kg⁻¹ s.m.)
Content of Cu, Mn and Zn in leaves of spring barley (mg·kg⁻¹ DM)

Składnik Nutrients	Nawożenie; Fertilization		Faza rozwojowa i położenie liści na roślinie Stage of growth and leaf distribution on a plant			
	obornikiem FYM	azotem nitrogen	DC 49		DC 77	
			dolne; lower	górne; upper	dolne; lower	górne; upper
Cu	bez obornika without FYM	N ₀	2,3	4,6	3,2	3,4
		N ₃	4,7	7,6	3,2	5,0
	obornik* FYM*	N ₀	4,1	6,8	1,8	2,4
		N ₃	3,8	6,7	4,4	8,2
Mn	bez obornika without FYM	N ₀	63,7	13,5	51,9	15,8
		N ₃	148,4	38,6	71,7	47,8
	obornik* FYM*	N ₀	22,9	13,0	27,7	11,3
		N ₃	37,3	26,1	47,5	28,9
Zn	bez obornika without FYM	N ₀	10,8	24,4	12,6	14,5
		N ₃	24,2	30,5	16,8	20,2
	obornik* FYM*	N ₀	18,2	27,6	10,2	18,7
		N ₃	19,7	29,3	20,4	31,3

* 60 t·ha⁻¹ na 4 lata; for 4 years

Dane w tabeli 2 dowodzą, iż zarówno w fazie DC 49 jak i DC 77 górne liście jęczmienia zawierały więcej **cynku** niż odpowiednie liście dolne, co jest układem odwrotnym do stwierdzonego dla manganu, natomiast podobnym do rozkładu miedzi (tab. 2). Liście z tej samej części roślin pobrane z obiektów nawożonych azotem charakteryzowały się większą zawartością Zn od liści z obiektu kontrolnego (N₀). Oddziaływanie nawożenia obornikiem na zawartość cynku w liściach nie uwidacznia się tak jednoznacznie jak w przypadku manganu. Często jednak, zwłaszcza w fazie DC 77, nieco więcej Zn zawierały liście z obiektu na-

wożonego organicznie. Tak znaczna zmienność zawartości analizowanych mikroelementów w obrębie rośliny wskazuje na konieczność odpowiedniego pobierania i przygotowania prób do analiz.

W tabeli 3 podano dane odnośnie ilości miedzi, manganu i cynku nagromadzonych w trzech fazach rozwojowych w plonie części nadziemnych. Dane te wiążą oddziaływanie trwałego nawożenia na zawartość poszczególnych składników w suchej masie jęczmienia z wpływem tego nawożenia na wielkość plonu biomasy.

Tabela 3; Table 3

Nagromadzenie Cu, Mn i Zn w niektórych fazach rozwojowych jęczmienia (g·ha⁻¹)
Accumulation of Cu, Mn and Zn at some growth stages of spring barley (g·ha⁻¹)

Składniki Nutrients	Nawożenie; Fertilization		Fazy rozwoju w kodzie dziesiętnym Growth stages in decimal code (DC)		
	obornikiem; FYM	azotem; nitrogen	DC 49	DC 77	DC 91
Cu	bez obornika without FYM	N ₀	12,7	14,5	17,6
		N ₁	23,5	26,5	29,4
		N ₂	32,5	40,2	42,4
		N ₃	36,0	44,3	60,9
	x̄		26,2	31,4	37,6
	obornik* FYM*	N ₀	22,1	29,1	26,6
		N ₁	28,4	34,9	40,9
		N ₂	31,5	43,3	56,5
N ₃		39,0	53,1	63,0	
x̄		30,3	40,1	46,8	
Mn	bez obornika without FYM	N ₀	40,8	46,3	51,7
		N ₁	87,2	102	132
		N ₂	122	143	195
		N ₃	268	281	323
	x̄		130	143	175
	obornik* FYM*	N ₀	50,7	61,6	75,9
		N ₁	59,1	93,7	107
		N ₂	106	126	152
N ₃		211	207	214	
x̄		107	122	137	
Zn	bez obornika without FYM	N ₀	54,9	87,2	117
		N ₁	97,7	125	205
		N ₂	143	158	301
		N ₃	215	219	361
	x̄		128	147	246
	obornik* FYM*	N ₀	100	145	188
		N ₁	121	158	256
		N ₂	178	202	295
N ₃		212	269	315	
x̄		153	194	264	

* 60 t·ha⁻¹ na 4 lata; for 4 years

W każdym terminie badań więcej **miedzi** (średnio o 16 do 28%) nagromadzone było w jęczmieniu z obiektów nawożonych obornikiem. Należy to przypisać większej produkcji biomasy na obiektach nawożonych w wieloletiu organicznie

(dane nie publikowane), niż na obiektach bez obornika. Wyjątkowo duży wpływ nawożenia azotem na ilość nagromadzonej przez jęczmień miedzi wiąże się zarówno z dodatnim wpływem tego nawożenia na koncentrację miedzi jak i z korzystnym jego oddziaływaniem na nagromadzanie suchej masy przez jęczmień. W warunkach braku nawożenia obornikiem wpływ azotu okazał się szczególnie duży, a różnice pomiędzy pobraniem Cu na skrajnych obiektach nawożenia azotem N_0 i N_3 były w kolejnych fazach coraz większe.

Z danych w tabeli 3 wynika, że największy wpływ wieloletnie nawożenie obornikiem i azotem wywarło na nagromadzenie **manganu**. W warunkach gospodarki bezobornikowej ilość manganu nagromadzonego w częściach nadziemnych była przeciętnie o 17 do 28% większa niż na oborniku, mimo uzyskiwania mniejszej ilości masy roślin na obiektach bez obornika. Przyczyną tego stanu była znacznie większa zawartość Mn w jęczmieniu nienawożonym organicznie niż w nawożonym obornikiem (tab. 1). Nałożenie się korzystnego wpływu wzrastających dawek azotu na produkcję biomasy oraz koncentrację manganu spowodowało znaczne zróżnicowanie ilości Mn nagromadzonych w jęczmieniu na poszczególnych poziomach nawożenia azotowego. Przy braku nawożenia obornikiem różnice pomiędzy skrajnymi obiektami nawożenia azotem N_0 i N_3 były nawet sześciokrotne. W warunkach okresowego nawożenia obornikiem, na najwyższej dawce azotu nagromadzone zostało od 2,8 (DC 91) do 4,2 (DC 49) razy więcej manganu niż przy braku azotu mineralnego w nawożeniu.

Również nagromadzanie **cynku** przez jęczmień zależało od czynników doświadczenia. Jak wynika z danych w tabeli 3 we wszystkich fazach rozwojowych w miarę wzrostu dawek azotu rosły ilości cynku nagromadzone w częściach nadziemnych jęczmienia. Zdecydowanie największy wpływ azotu obserwowano w warunkach gospodarki bezobornikowej, jednak również na okresowym nawożeniu obornikiem w jęczmieniu z obiektu N_3 nagromadzone było od 1,7 (DC 91) do 2,1 (DC 49) razy więcej Zn niż na N_0 . Zwraca uwagę znaczny wpływ obornika na ilości Zn w plonie biomasy w warunkach braku nawożenia azotowego. Wraz z upływem wegetacji, w miarę wzrostu poziomu nawożenia azotem, korzystny wpływ obornika na ilości cynku nagromadzone przez jęczmień był coraz słabszy i w fazie DC 91 zanikł na największych dawkach N (N_2 i N_3).

Prezentowane dane dowodzą iż wprowadzenie do gleby obornika nie zawsze bywa powiązane ze zwiększonym nagromadzaniem niektórych składników pokarmowych np. manganu, przez rośliny. Również we wcześniejszych badaniach z kukurydzą pobranie manganu przez tę roślinę było na nawożeniu obornikiem mniejsze niż na obiekcie bez nawożenia organicznego [RABIKOWSKA 1999b].

Wnioski

1. W czasie wegetacji jęczmienia jarego, między fazą ukazywania się ości i początkiem dojrzałości pełnej, zawartość Cu, Mn i Zn w częściach nadziemnych najsilniej różnicowało trwale nawożenie azotem, przy czym oddziaływanie wzrastających dawek N na zwiększenie się zawartości badanych mikroelementów malało w szeregu: Mn > Cu > Zn.
2. Nawożenie organiczne modyfikowało głównie zawartość manganu. W warunkach gospodarki bezobornikowej jęczmień zawierał przeciętnie od 38 do 87% Mn więcej niż na oborniku.
3. Zawartość Cu, Mn i Zn w analizowanych liściach w największym stopniu

zależała od ich położenia na roślinie oraz od nawożenia azotem, a dla manganu również od nawożenia obornikiem. Liście górne w porównaniu do dolnych charakteryzowały się znacznie mniejszą zawartością manganu, natomiast większą koncentracją miedzi oraz cynku.

4. Ilości mikroelementów nagromadzone przez jęczmień we wszystkich fazach układały się w szeregu: Zn > Mn > Cu. Czynnikiem najbardziej różnicującym ilości Cu, Mn i Zn nagromadzone w badanych fazach było nawożenie azotem, zwłaszcza stosowane w warunkach gospodarki bezobornikowej.
5. W analizowanych fazach rozwoju jęczmienia okresowe, trwałe nawożenie obornikiem przyczyniło się do zwiększenia ilości nagromadzonej miedzi i cynku, natomiast do zmniejszenia nagromadzenia manganu.

Literatura

BERGMAN W. 1983. *Ernährungsstorungen bei Kulturpflanzen*. VEB. G. Fisher Verlag, Jena: 304.

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.

GEMBARZEWSKI H., KAMIŃSKA W., KORZENIOWSKA J. 1987. *Zastosowanie 1M HCl jako wspólnego ekstrahenta do oceny zasobności gleby w przyswajalne formy mikroelementów*. Prace Kom. Nauk. PTG 99: 1–9.

JURKOWSKA H., WIŚNIEWSKA-KIELIAN B., ROGÓZ A., WOJCIECHOWICZ T. 1990. *Wpływ dawki azotu na zawartość składników mineralnych w różnych gatunkach roślin*. Cz. II. Mikroelementy. Zesz. Nauk. AR Kraków 247, Rol. 29: 51–64.

MERCIK S. 1993. *Seventy years of fertilizing experiments in Skierniewice*. Proc. Intern. Symp. „Long-term static fertilizer experiments”, Warszawa-Kraków 15–18.06. 1993: 31–54.

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 różnicowanego nawożenia obornikiem i azotem mineralnym*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465: 205–217.

RABIKOWSKA B. 2000a. *Zawartość i pobranie miedzi, manganu i cynku przez jęczmień jary uprawiany w warunkach wieloletniego różnicowanego nawożenia obornikiem i azotem*. Cz. I. Zawartość Cu, Mn i Zn w ziarnie i w słomie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471: 463–471.

RABIKOWSKA B. 2000b. *Zawartość i pobranie miedzi, manganu i cynku przez jęczmień jary uprawiany w warunkach wieloletniego różnicowanego nawożenia obornikiem i azotem*. Cz. II. Pobranie Cu, Mn i Zn z plonami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 473–483.

RUSZKOWSKA M., WOJCIESKA-WYSKUPAJTIS U. 1996. *Mikroelementy – fizjologiczne i*

ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1–11.

SCHEFFER K., KOCH E., VARDAKIS F. 1978. *Über die Verteilung der Schwermetalle Eisen, Mangan und Zink in Sommergerstentpflanzen. 1. Mitteilung.* Landwirtsch. Forschung, 31(2–3): 156–161.

SCHEFFER K., STACH W., VARDAKIS F. 1979. *Über die Verteilung der Schwermetalle Eisen, Mangan, Kupfer und Zink in Sommergerstentpflanzen. 2. Mitteilung: Die Verteilung der Schwermetalle in verschiedenen Entwicklungsphasen.* Landwirtsch. Forschung, 32(3): 326–334.

ZADOKS J. C., CHANG T.T., KONZAK C. F. 1974. *A decimal code for the growth stages of cereals.* Weed Research, 14: 415–421.

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

Streszczenie

W statycznym doświadczeniu oceniano współdziałanie zwiększanych dawek azotu oraz nawożenia obornikiem na zawartość i nagromadzenie Cu, Mn i Zn w czasie wegetacji jęczmienia jarego uprawianego w 22. roku prowadzenia badań. Doświadczenie założono na glebie płowej typowej (gl·gś). Nadziemne części roślin pobierano w fazach: 49; 71; 77; 85 i 91, z czterech poziomów trwałego nawożenia azotem na dwóch obiektach nawożenia obornikiem: bez nawożenia oraz cała dawka w 1. roku rotacji. W fazach DC 49 i DC 77 pobrano również próbki górnych i dolnych liści jęczmienia. Zawartość Zn, Mn i Cu oraz ich nagromadzenie zależało od fazy rozwoju roślin oraz od wieloletniego nawożenia. Stwierdzono dodatni wpływ wzrastających dawek azotu na zawartość, a zwłaszcza nagromadzenie Cu, Mn i Zn w jęczmieniu, przy czym azot najsilniej różnicował w roślinach stan manganu. Nawożenie obornikiem w mniejszym stopniu modyfikowało zawartość i nagromadzanie badanych mikroelementów niż nawożenie azotem. W warunkach wyłącznego nawożenia mineralnego jęczmień gromadził więcej manganu niż na oborniku. Korzystne oddziaływanie okresowego nawożenia obornikiem na nagromadzenie miedzi i cynku było powiązane z poziomem nawożenia azotem i mało wraz ze wzrostem dawek N. W warunkach prowadzenia badań liście górne jęczmienia były bogatsze w miedź i cynk, a jednocześnie uboższe w mangan niż liście dolne.

EFFECT OF LONG-TERM FARMYARD MANURE AND NITROGEN FERTILIZATION ON COPPER, MANGANESE AND ZINC CONTENTS IN SPRING BARLEY AT DIFFERENT GROWTH STAGES

Bożena Rabikowska, Urszula Piszcz, Krystyna Beliczyńska

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Wrocław

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

Summary

The interaction of increasing doses of nitrogen fertilization and farmyard manuring on the contents and accumulation of Cu, Mn and Zn in spring barley during growing season was estimated in 22nd year of the static experiment. The experiment was carried out on typical lessive soils (light loam-medium loam). The aboveground plant parts were taken in the stages to: 49; 71; 77; 85 and 91, from objects of four long-term nitrogen fertilization doses and two farmyard manuring treatments: without FYM and whole rate in the 1st year of rotation. Additionally, in 49 and 77 stages the lower and upper leaves of barley were sampled. The contents of Zn, Mn and Cu as well as their uptake depended on the stages of growth and on long-term fertilization. Positive effect of increasing nitrogen doses on the contents and particularly on Cu, Mn and Zn uptake, were found; the nitrogen strongest differentiated the manganese status in plants. Farmyard manure influenced the contents and uptake of tested microelements to less extent than nitrogen fertilization. Under conditions of only mineral fertilization the manganese uptake by barley was higher than at FYM fertilization. Positive influence of periodical farmyard manuring on copper and zinc accumulation was connected with nitrogen doses and decreased along with N dose increase. Under experimental conditions the upper leaves of barley contained more copper and zinc at less manganese content than the lower leaves.

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