

ZAWARTOŚĆ MIKROELEMENTÓW W PŁONACH ROŚLIN NA GLEBACH WAPNOWANYCH I NIEWAPNOWANYCH W WIELOLETNIM DOŚWIADCZENIU LIZYMETRYCZNYM

Maria Ruszkowska, Stanisław Sykut

Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia,
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wstęp

Zawartość mikroelementów w produktach roślinnych jest ważnym wskaźnikiem ich wartości odżywczej, na którą zwraca się obecnie baczniejszą uwagę [GORLACH 1981; RUSZKOWSKA 1981; CZUBA 1986; RĘBOWSKA, KUSIO 1986]. W wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym, prowadzonym od 1977 r., na trzech glebach w zróżnicowanych warunkach nawożenia i odczynu, autorzy badali m. in., jaka jest zawartość mikroelementów w płonach roślin, uprawianych w kolejnych czteroletnich zmianowaniach [RUSZKOWSKA i in. 1994; SYKUT i in. 1998]. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wyników, dotyczących pobierania i zawartości manganu, cynku, boru, miedzi i molibdenu w ziarnie i słomie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej, oraz w nasionach i słomie rzepaku ozimego, zebranych w latach 1992–1994: a) z gleb systematycznie wapnowanych co 4 lata i b) z gleb niewapnowanych od początku doświadczenia.

Materiał i metody

Doświadczenie prowadzono w lizymetrach o powierzchni 1 m² i głębokości 1,3 m z trzema rodzajami gleb: brunatną wytworzoną z piasku gliniastego, brunatną wytworzoną z lessu i płową wytworzoną z gliny, zwanymi w pracy w skrócie: glebą piaskową, lessową i gliniastą [PONDEL, SADURSKI 1988]. W obiektach, których wyniki zostały obecnie wybrane do opublikowania (gleby wapnowane co 4 lata i gleby niewapnowane – każdy obiekt w 3 powtórzeniach) stosowano jednakowe dawki nawozów mineralnych. Dawki te, w zależności od uprawianej rośliny, wynosiły rocznie na 1 m²: 10–20 g N w saetrze amonowej, 2,6–6,4 g P w superfosfacie, 8,3–13,3 g K w soli potasowej i 2,4–3,6 g Mg w siarczanie magnezu. Dla obiektów wapnowanych dawki CaCO₃ obliczano według 0,5 lub 0,75 kwasowości hydrolitycznej (Hh) i stosowano je na wiosnę przed siewem jęczmienia, w drugim roku każdej rotacji zmianowania. Rośliny zbierano w fazie dojrzałości technicznej. W zmielonych i spopielenych (w 450°C) średnich próbkach roślinnych oznaczano zawartości manganu, cynku i miedzi metodą absorpcyjnej spektrometrii

atomowej (ASA), zawartość boru – metodą kurkuminową. Zawartość molibdenu oznaczono metodą rodankową w próbkach spalonych w mieszaninie stężonych kwasów: siarkowego, azotowego i nadchlorowego.

Każdego roku, po sprzęcie roślin, pobierano reprezentatywne próbki gleb z poziomu 0–20 cm, w których oznaczano: pH w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³, Hh, kationy wymienne (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺), glin ruchomy, oraz przyswajalne formy P i K (met. Egner-Riehma) i Mg (met. Schachtschabela). W niektórych latach oznaczono też zawartości Mn, Zn i Cu rozpuszczalne w kwasie dwuetylenotrójaminopięciooctowym (DTPA) metodą LINDSAY-A i NORVELLA [1978] oraz zawartość B rozpuszczalnego w gorącej wodzie metodą BERGERA i TRUOGA [1944]. Inne szczegóły metodyczne podane zostały w poprzednich publikacjach [PONDEL, SADURSKI 1988; RUSZKOWSKA i in. 1994, 1996].

Wyniki i dyskusja

Gleby z lizymetrów charakteryzowały się dostatnią zawartością ogólnych form manganu i boru, a dość niską zawartością cynku i miedzi [RUSZKOWSKA i in. 1984]. W przypadku gleby piaskowej, ogólne zawartości manganu i miedzi, a także zawartość ich form rozpuszczalnych w DTPA były dwukrotnie mniejsze niż w glebie lessowej i gliniastej (tab. 1).

W omawianym okresie (lata 1992–1994) w glebach niewapnowanych, w porównaniu z wapnowanymi, zaznaczyła się wyraźnie większa zawartość rozpuszczalnego w DTPA manganu (o ok. 40–55%), cynku (o ok. 20%), w mniej regularnym stopniu także miedzi (6–33%) i niekiedy również rozpuszczalnego boru (w glebie piaskowej o 26%), (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Zawartość przyswajalnych form mikroelementów w mg·kg⁻¹ gleby na głębokości 0–20 cm (średnie z lat 1992–1994)

Content of available forms of microelements in soils (0–20 cm) per mg·kg⁻¹ (means for 1992–1994)

Obiekt Treatment	Rozpuszczalne w DTPA; DTPA soluble			Roz. w gorąc. H ₂ O Hot water soluble
	Mn	Zn	Cu	B
Gleba piaskowa; Sandy soil				
+ Ca	11,4	3,17	0,34	0,19
0	16,9	3,83	0,36	0,24
Gleba lessowa; Loess soil				
+ Ca	19,0	2,62	0,67	0,17
0	29,7	3,15	0,89	0,16
Gleba gliniasta; Loamy soil				
+ Ca	29,2	3,90	0,75	0,16
0	40,2	4,56	0,91	0,11

W tym samym czasie gleby niewapnowane uległy ogólnej destrukcji, związanej z procesem zakwaszenia, co szczególnie silnie zaznaczyło się w glebie piaskowej (tab. 2). W porównaniu do lat 1977–1985 w glebach niewapnowanych, pH

uległo dalszemu spadkowi, wzrosła kwasowość hydrolityczna i zmniejszyło się znacznie wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi, zwłaszcza wapniem [PONDEL, SADURSKI 1988]. We wszystkich niewapnowanych obiektach pojawił się glin ruchomy – w największej ilości w glebie piaskowej. Jednocześnie, zapewne na skutek systematycznego nawożenia, podniósł się wszędzie poziom przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu, który w przypadku niewapnowanej gleby lessowej i gliniastej, dorównał poziomowi przyswajalnego K i Mg w obiektach wapnowanych.

Tabela 2; Table 2

Wskaźniki zakwaszenia gleb (0–20 cm) oraz zawartość przyswajalnych form P, K, Mg (wartości średnie z lat 1992–1994)

Soil acidity indices (0–20 cm) and the content of available P, K, Mg (means for 1992–1994)

Obiekt Treatment	pH _{KCl}	Hh*	Formy wymienne Exchangeable forms				V** (%)	Formy przyswajalne Available forms		
			Al	Ca	Mg	K		mg·kg ⁻¹ gleby; soil		
			cmol(+):kg ⁻¹					P	K	Mg
Gleba piaskowa; Sandy soil										
+ Ca	6,9	22	0	57	3,5	2,8	74,2	109	99	47
0	3,9	46	8	13	2,4	2,6	28,1	81	70	28
Gleba lessowa; Loess soil										
+ Ca	6,9	17	0	67	7,2	4,3	82,8	73	144	86
0	5,0	32	1	33	6,6	4,7	58,2	46	146	84
Gleba gliniasta; Loamy soil										
+ Ca	6,8	14	0	71	9,0	5,2	86,4	73	167	94
0	5,0	29	0,1	49	9,2	5,5	68,9	41	164	110

* Hh – kwasowość hydrolityczna; hydrolytic acidity

** V – wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (%); base cation saturation (%)

Zawartość mikroelementów w płonach roślin zależała w wielu wypadkach od rodzaju gleby i stopnia jej zakwaszenia (tab. 3). Zawartości manganu, a także cynku, w roślinach wyrosłych na glebie piaskowej, były prawie zawsze większe, niż w roślinach z analogicznych obiektów gleb lessowej i gliniastej. Odmiennie przedstawiała się zawartość miedzi w płonach głównych: była w wielu wypadkach mniejsza w ziarnie jęczmienia i pszenicy i nasionach rzepaku, wyrosłych na glebie piaskowej, najuboższej w ten mikrośladnik, niż w tychże płonach z dwu pozostałych gleb. Zawartości boru i molibdenu w płonach roślin były mało zróżnicowane w zależności od rodzaju gleby, z której plony te pochodziły.

Zakwaszenie gleb znalazło swoje odbicie w zawartości niektórych mikroelementów w płonach roślin. Już w czasie I rotacji (lata 1977–1981), rośliny wyrosłe na glebach niewapnowanych miały z reguły większą zawartość manganu, (czasem także większą zawartość cynku), w porównaniu z roślinami z gleb wapnowanych [SYKUT i in. 1998]. Różnice te, odnośnie manganu, a także cynku, nasiliły się w czasie IV rotacji (lata 1991–1994), zwłaszcza na glebie piaskowej, najsilniej zakwaszonej w obiektach niewapnowanych. W żadnym przypadku nie stwierdzono jednak nadmiernych zawartości manganu w płonach roślin z gleb niewapnowanych. Maksymalne zawartości manganu w ziarnie zbóż nie przekraczały bowiem

50 mg Mn·kg⁻¹ s.m., w nasionach rzepaku dochodziły do 72 mg Mn·kg⁻¹ s.m., a w słomie zbóż i rzepaku sięgały jedynie 88–118 mg Mn·kg⁻¹ s.m., mieściły się więc w zakresie zawartości normalnych [CYRYŁO i in. 1985; RUSZKOWSKA, ŁYSZCZ 1985] 1985]. Odczyn gleb nie miał wyraźnego wpływu na zawartość boru i miedzi w roślinach z omawianego doświadczenia. Odnośnie molibdenu, dał się zauważyć w wielu wypadkach wpływ obniżonego pH gleb niewapnowanych na zmniejszenie zawartości Mo zarówno w ziarnie jak i w słomie zbóż, rzadziej w nasionach i słomie rzepaku (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Zawartość mikroelementów w plonach roślin (mg·kg⁻¹ s.m.)
Content of microelements in crop yields (mg·kg⁻¹ DM)

Objekt Treatment	Ziarno; Grain					Słoma; Straw				
	Mn	Zn	B	Cu	Mo	Mn	Zn	B	Cu	Mo
1992	Jęczmień jary; Spring barley									
	Gleba piaskowa; Sandy soil									
+ Ca	17	54	4,9	4,8	0,49	55	35	12	6,4	0,27
0	25	55	5,9	3,8	0,31	106	47	12	6,7	0,18
	Gleba lessowa; Loess soil									
+ Ca	13	44	5,4	6,7	0,52	14	19	11	9,6	0,28
0	17	41	6,9	6,4	0,45	33	22	11	7,0	0,26
	Gleba gliniasta; Loamy soil									
+ Ca	13	38	5,9	7,0	0,40	13	19	10	7,5	0,26
0	18	40	6,4	8,0	0,34	32	29	11	6,7	0,20
1993	Rzepak ozimy; Winter rape									
	Gleba piaskowa; Sandy soil									
+ Ca	44	30	17	3,6	0,32	36	18	13	5,0	0,46
0	72	37	12	4,3	0,20	118	53	19	5,7	0,37
	Gleba lessowa; Loess soil									
+ Ca	35	27	10	4,3	0,25	10	8	17	6,0	0,34
0	39	28	14	4,6	0,26	30	12	18	6,8	0,35
	Gleba gliniasta; Loamy soil									
+ Ca	29	27	14	5,7	0,27	17	12	15	6,4	0,38
0	32	32	14	5,7	0,22	26	18	16	6,8	0,31
1994	Pszenica ozima; Winter wheat									
	Gleba piaskowa; Sandy soil									
+ Ca	19	29	2	5,0	0,34	11	8	5	5,0	0,41
0	53	43	1	5,0	0,14	88	24	6	3,3	0,27
	Gleba lessowa; Loess soil									
+ Ca	19	24	1	8,3	0,54	12	7	4	1,7	0,41
0	40	27	2	5,0	0,14	39	12	4	3,3	0,14
	Gleba gliniasta; Loamy soil									
+ Ca	24	23	1	8,3	0,27	15	6	4	3,3	0,14
0	37	33	2	7,5	0,14	49	15	4	5,0	0,27

Zawartości molibdenu w ziarnie i słomie pszenicy mniejsze od $0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. można uznać jako na pograniczu niedoborowych. Natomiast zawartości cynku w ziarnie zbóż i nasionach rzepaku, mieszczące się w zakresie $23\text{--}55 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., a występujące niezależnie od stopnia zakwaszenia gleby (tab. 3), nie przekraczały wartości progowych dla produktów przeznaczonych na konsumpcję [KABATA-PENDIAS i in. 1993] i były zbliżone do wyników uznanych przez KAMIŃSKĄ i in. [1976] jako zawartości normalne.

W doświadczeniu otrzymywano na ogół wysokie plony zarówno zbóż jak i rzepaku (tab. 4). Plony te, w latach 1992–1994, w obiektach wapnowanych wynosiły w przeliczeniu na 1 ha: 7,5–8,4 t ziarna jęczmienia, 7,0–9,3 t ziana pszenicy i 4,1–5,0 t nasion rzepaku.

Tabela 4; Table 4

Plony roślin ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ s.m.)
Crop yields ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ DM)

Obiekt Treatment	Jęczmień jary (1992) Spring barley (1992)		Rzepak ozimy (1993) Winter rape (1993)		Pszenica ozima (1994) Winter wheat (1994)	
	ziarno grain	słoma straw	nasiona seeds	słoma straw	ziarno grain	słoma straw
Gleba piaszkowa; Sandy soil						
+ Ca	750	708	413	677	697	663
0	753	668	343	580	707	637
Gleba lessowa; Loess soil						
+ Ca	837	795	503	903	883	910
0	862	820	490	840	890	893
Gleba gliniasta; Loamy soil						
+ Ca	843	860	440	733	933	980
0	847	873	433	733	980	1043
NIR; LSD ($P = 0,005$) wapnowanie gleby; soils liming						
+ Ca	43,7	22,2	27,9	26,9	76,9	59,2
0	65,5	33,2	41,8	40,4	115,2	88,7

Plony uzyskiwane na glebie piaskowej były na ogół istotnie niższe niż na dwu pozostałych glebach.

W omawianym doświadczeniu szczególnie zastanawiającym faktem był brak większych spadków plonów na glebach niewapnowanych. Spadki takie, rzędu $3\text{--}17\%$, uzyskano jedynie w przypadku nasion rzepaku (i jego słomy) oraz sporadycznie – w przypadku słomy jęczmienia. Zastanawiając się nad przyczyną takiego braku ujemnej reakcji roślin na pogłębiające się zakwaszenie gleb niewapnowanych (zwłaszcza gleby piaskowej), należy przypuszczać, że mogło to być spowodowane systematycznym nawożeniem gleb fosforem, potasem i magnezem. Składniki te (zwłaszcza P i Mg) mogły skutecznie przeciwdziałać w nadmiernym pobieraniu manganu przez rośliny, a również w wytrącaniu przez fosfor ruchomego glinu, co zabezpieczało rośliny przed toksycznym działaniem tych dwóch pierwiastków. Zagadnienie to będzie przez autorów szczegółowo rozpatrzone w odrębnej publikacji.

Biorąc pod uwagę wielkość plonów roślin i zawartość w nich poszczególnych mikroelementów, obliczono pobranie tych składników (tab. 5). Zakwaszenie

gleb w największej mierze odbiło się na zwiększeniu pobrania manganu, w mniejszym stopniu – cynku, a praktycznie nie miało prawie wpływu na pobranie boru, miedzi i molibdenu. Pomijając różnice między glebami i latami, średnie roczne pobranie mikroelementów z 1 ha wynosiło około: 286 g Mn, 320 g Zn i 5 g molibdenu z gleb wapnowanych a 610 g Mn, 420 g Zn i 3,5 g molibdenu z gleb niewapnowanych, oraz w obu przypadkach – 110–115 g B i 80 g Cu.

Tabela 5; Table 5

Pobranie mikroelementów z plonami roślin w latach 1992–1994 ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)
Uptake of micronutrients with plant crops in years 1992–1994 ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)

Obiekt; Treatment	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Gleba piaskowa; Sandy soil					
+Ca	107	106	30	18,5	1,34
0	257	149	30	16,5	0,84
Gleba lessowa; Loess soil					
+Ca	71	92	36	27,4	1,79
0	140	104	40	24,8	1,18
Gleba gliniasta; Loamy soil					
+Ca	79	89	34	28,5	1,26
0	153	125	36	30,4	1,12

Wnioski

1. Plony jęczmienia, pszenicy i rzepaku, wyrosłe na glebach niewapnowanych od kilkunastu lat, odznaczały się, w porównaniu z plonami z gleb wapnowanych, wyraźnie większą zawartością manganu, większą zawartością cynku, natomiast obniżoną zawartością molibdenu i mało zróżnicowaną zawartością boru i miedzi.
2. W plonach roślin z gleb niewapnowanych nie stwierdzono nadmiernych zawartości manganu, co mogło być spowodowane systematycznym nawożeniem gleb fosforem i magnezem.
3. Wieloletnie doświadczenie lizymetryczne daje możliwość dalszego wnikliwego badania zawartości mikroelementów w roślinach i ich bilansu w zróżnicowanych warunkach glebowych, nawożenia i pogody.

Literatura

- BERGER K.C., TRUOG E. 1944. *Boron test and determination for soils and plants*. Soil. Sci. 57: 25–36.
- CYRYŁO T., KRAUZE A., KUCZYŃSKA I., SAPEK B. 1985. *Liczby graniczne zawartości Fe, Cu, Mn, Zn, Co, I, Se i Mo w roślinności łąk i pastwisk pod kątem oceny ich wartości paszowej*. Prace Komisji Nauk. PTG Warszawa: 43–60.
- CZUBA R. 1986. *Zmiany zawartości składników w roślinach uprawnych na terenie kraju w zależności od nawożenia*. Mat. Symp. pt. „Wpływ nawożenia na jakość

plonów”, 24–25 VI 1986 Olsztyn, 1: 34–42.

GORLACH E. 1981. *Kryteria oceny jakości plonów*. Mat. symp. pt. „Wpływ nawożenia na jakość plonów” 24–25 VI 1980 Puławy, Wyd. JUNG Puławy: 6–20.

KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T. 1993. *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa*. Wyd. IUNG, Puławy, ser. P, 53: 1–20.

KAMIŃSKA W., KARDASZ T., STRAHL A., SZYMBORSKA H. 1976. *Skład chemiczny roślin uprawnych i niektórych pasz pochodzenia roślinnego*. Wyd. IUNG Puławy: 1–76.

LINDSAY W.L., NORVELL W.A. 1978. *Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper*. Scil Sci. Am. J. 42: 421–428.

PONDEL H., SADURSKI W. 1988. *Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na właściwości chemiczne gleb w doświadczeniu lizymetrycznym*. Pam. Puławski 91: 251–272.

REBOWSKA Z., KUSIO M. 1986. *Wpływ nawożenia NPK i wapnowania gleby na pobieranie i zawartość mikroelementów (B, Cu, Mn, Zn, Mo) w wybranych roślinach uprawnych*. Mat. symp. pt. „Wpływ nawożenia na jakość plonów”, 24–25 VI 1986 Olsztyn, 1: 63–69.

RUSZKOWSKA M. 1981. *Wskaźniki fizjologiczne stanu zaopatrzenia roślin w składniki pokarmowe*. Mat. symp. pt. „Wpływ nawożenia na jakość plonów” 24–25 VI 1980 Puławy: 39–50.

RUSZKOWSKA M., ŁYSZCZ S. 1985. *Zawartość mikroelementów w roślinach jako wskaźnik zasobności gleb w przyswajalne formy tych składników*. Prace Komisji Nauk. PTG Warszawa: 27–36.

RUSZKOWSKA M., REBOWSKA Z., KAPUSTA A., KUSIO M., SYKUT S. 1984. *Bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym (1977–1981)*. Cz. III. Pam. Puławski 82: 51–68.

RUSZKOWSKA M., REBOWSKA Z., KUSIO M., SYKUT S., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A. 1994. *Bilans mikroelementów w doświadczeniu lizymetrycznym (1985–1989)*. Cz. I i II. Pam. Puławski 105: 41–77.

SYKUT S., RUSZKOWSKA M., WOJCIESKA U., KUSIO M. 1998. *Zawartość manganu w roślinach jako wskaźnik stopnia zakwaszenia gleby*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 233–236.

Słowa kluczowe: pszenica, jęczmień, rzepak, zawartość mikroelementów, wapnowanie gleb

Streszczenie

W wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym badano pobranie i zawartość mikroelementów w ziarnie i słomie jęczmienia i pszenicy oraz w nasionach i słomie rzepaku, wyrosłych na glebach: a) wapnowanych co 4 lata i b) niewapnowanych. Plony roślin, wyrosłych na glebach niewapnowanych miały z reguły większą zawartość manganu, zazwyczaj także większą zawartość cynku, natomiast na ogół obniżony poziom molibdenu i mało zróżnicowaną zawartość boru i miedzi. Mimo

znacznego zakwaszenia gleb niewapnowanych, nie stwierdzono nadmiernych zawartości manganu w plonach roślin, co mogło być spowodowane systematycznym nawożeniem gleb fosforem i magnezem.

THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN YIELDS OF CROPS GROWN ON LIMED OR NOT LIMED SOILS IN A LONG-TERM LYSIMETRIC EXPERIMENT

Maria Ruskowska, Stanisław Sykut

Department of Nutrition and Fertilization,
Institute of Soil Science and Plant Cultivation of Plants, Puławy

Key words: wheat, barley, rape, micronutrient content, soil liming

Summary

The uptake and the contents of micronutrients were studied in grain and straw of wheat and barley and in seeds and straw of winter rape plants grown in a long-term experiment on the soils: a) limed every fourth year or b) not limed at all. Usually the crop yields from not limed soils showed higher manganese and zinc contents at rather low content of molybdenum, and slightly differentiated boron and copper contents. In spite of considerable acidification of unlimed soils, no excessive manganese contents in plants were observed. That could be explained as caused by systematic soil fertilization with phosphorus and magnesium.

Prof. dr hab. Maria **Ruskowska**
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
ul. Czartoryskich 8
24-100 PUŁAWY