

MAŁGORZATA NAZARKIEWICZ

Katedra Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii,
Uniwersytet Rzeszowski ul. M. Œwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów
e-mail: nazarm@univ.rzeszow.pl

WPLYW WAPNOWANIA I NAWOŻENIA MINERALNEGO NA ZAWARTOŚĆ ROZPUSZCZALNYCH FORM MIKROELEMENTÓW W GLEBIE PŁOWEJ WYTWORZONEJ Z LESSU

Badania przeprowadzono na stałym polu nawozowym na Podgórzu Rzeszowskim na glebie płowej wytworzonej z lessu (Haplic Luvisols). W doświadczeniu uprawiano rośliny w czteroletnim zmianowaniu: słonecznik pastewny, pszenica ozima, ziemniaki, jęczmień jary. Zastosowano zróżnicowane nawożenie mineralne NPK na tle stałego nawożenia Mg i nawożenie NPK na tle stałego nawożenia Mg połączonego z wapnowaniem. Wapnowanie zastosowano w formie CaO (w dawce 2,86 t Ca·ha⁻¹). Doświadczenie obejmowało 14 obiektów nawozowych w 4 powtórzeniach, założone metodą podbloków losowanych. W obliczeniach statystycznych zastosowano analizę wariancji dla klasyfikacji podwójnej: wapnowanie i nawożenie mineralne niezależnie od wapnowania. Stwierdzono, że wapnowanie, nawożenie mineralne i ich współdziałanie nie wpłynęły w sposób statystycznie istotny na zawartość rozpuszczalnych form Fe, Mn, Cu i Zn.

Słowa kluczowe: gleba płowa, wapnowanie, nawożenie mineralne, rozpuszczalne formy, Fe, Mn, Cu, Zn

I. WSTĘP

Naturalna zawartość mikroelementów w glebie, która nie podlega antropopresji zależy od skały macierzystej, składu granulometrycznego, procesów glebotwórczych. Procesy glebotwórcze wpływają na zróżnicowanie rozmieszczenia mikrośkładników w poszczególnych poziomach genetycznych i mogą doprowadzić do ich nagromadzenia lub wylugowania [4,9,19].

Naturalne zawartości metali ciężkich, które są często cechą charakterystyczną dla danego typu gleb, na ogół nie mają ujemnego wpływu na jakość i ilość uzyskanego plonu. Jednak pod wpływem różnorodnych czynników, w tym głównie działalności człowieka dochodzi coraz częściej do nadmiernego nagromadzenia niektórych pierwiastków, często toksycznych metali ciężkich, mających wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt. Znacznie wyższą zawartością tych pierwiastków (zwłaszcza cynku, miedzi i ołowiu) charakteryzują się miejsca zurbanizowane i trasy komunikacyjne [22].

*Pracę recenzowała: prof. dr hab. Anna Wójcikowska-Kapusta, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Odczyn gleby jest najważniejszą spośród właściwości decydujących o rozpuszczalności metali ciężkich w glebie. Przy bardzo niskim pH, wskutek łatwej rozpuszczalności, mangan, cynk, miedź czy żelazo, mogą się gromadzić w glebach w ilościach toksycznych dla roślin [9]. Wielokierunkowy wpływ na glebę ma wapnowanie. Nawozy wapniowe będąc źródłem pierwiastków śladowych mogą równocześnie zwiększać czy też ograniczać ich fitoprzyzwajalność [10,11]. Niektórzy autorzy [2,20] zaobserwowali obniżenie zawartości całkowitych form żelaza, manganu i cynku pod wpływem wapnowania na glebie kwaśnej.

Wieloletnie stosowanie nawożenia fosforowego, magnezu i wapnowania zwiększyło ilość manganu oraz obniżyło występowanie cynku [1]. Zawartość przyswajalnego cynku zmniejszyła się po zastosowaniu zwiększonych dawek fosforu i potasu [6].

Celem badań było określenie wpływu wapnowania i zróżnicowanego nawożenia mineralnego NPK na tle stałego nawożenia magnezem, w warunkach uprawy roślin w czteroletnim zmianowaniu, na zawartość rozpuszczalnych form Fe, Mn, Cu i Zn w glebie płowej wytworzonej z lessu.

II. METODYKA BADAŃ

Badania nad zawartością rozpuszczalnych form mikroelementów (Fe, Mn, Cu, Zn) przeprowadzono w latach 1998-2001 na stałym polu nawozowym w miejscowości Krasne k. Rzeszowa położonej na Podgórzu Rzeszowskim. Dwuczynnikowe doświadczenie, które założono metodą podbloków losowanych w 4 powtórzeniach, obejmowało 4-letnie zmianowanie roślin: słonecznik pastewny, pszenica ozima, ziemniaki, jęczmień jary. Pierwszym czynnikiem zmiennym było wapnowanie (A) a drugim nawożenie mineralne (B) niezależnie od wapnowania, po 14 obiektów nawozowych w każdym powtórzeniu. Podstawowy poziom nawożenia mineralnego (N₁P₁K₁) zastosowany pod rośliny wynosił: N: 80 – 120 kg · ha⁻¹, P: 34,9 – 43,6 kg · ha⁻¹, K: 83 – 132,8 kg · ha⁻¹.

Gleba w typie płowej (Haplic Luvisols) była wytworzona z lessu, o składzie granulometrycznym pyłu ilastego. Właściwości gleby przed założeniem doświadczenia (1998 rok) przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1 - Table 1

Charakterystyka właściwości gleby przed założeniem doświadczenia (1998 rok)
Soils characteristics prior to the beginning of experiment (1998)

A ₁		
Wyszczególnienie / Specification	Zakres / Range	Średnia / Mean
pH w KCl – u	3,7 – 5,3	
Hh (mmol+ · kg ⁻¹)	37,7 – 60,1	49,7
C – organiczny / Organic C (g · kg ⁻¹)	7,64 – 8,40	7,99
N – ogółem / Total N (g · kg ⁻¹)	0,86 – 0,95	0,91
A ₂		
pH w KCl – u	4,7 – 7,0	
Hh (mmol+ · kg ⁻¹)	6,9 – 15,0	9,2
C – organiczny / Organic C (g · kg ⁻¹)	7,75 – 8,49	8,14
N – ogółem / Total N (g · kg ⁻¹)	0,85 – 0,95	0,89

A₁ - nawożenie / fertilization NPK Mg

A₂ - nawożenie / fertilization NPK Mg Ca

Rośliny uprawiane w zmianowaniu nawożono w każdym roku, z pierwszą wiosenną dawką azotu, siarczanem magnezu w ilości $24,12 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wapnowanie w formie 60 % CaO zastosowano pod słonecznik pastewny w ilości $2,86 \text{ t Ca} \cdot \text{ha}^{-1}$ (wg 1 Hh). Nawożenie fosforowe i potasowe zastosowano przedsięwzięcie pod wszystkie rośliny w zmianowaniu, fosforowe w postaci superfosfatu potrójnego granulowanego, potasowe w postaci soli potasowej KCl. Nawożenie fosforowo-potasowe w całości zastosowano jesienią przed uprawą gleby. Nawożenie azotowe w postaci saletry amonowej, wykonano wiosną; pod słonecznik w dwóch równych dawkach; przedsięwzięcie i pogłównie (2 tygodnie po wschodach), pod pszenicę ozimą w fazie krzewienia, pod ziemniaki w całości przed sadzeniem, pod jęczmień jary w całości przed siewem rośliny.

Próbki glebowe pobierano z poziomu próchnicznego Ap (0-25 cm) oraz ze stropowej części poziomu wmycia Bt (26-50 cm) w każdym roku badań, po zbiorze rośliny uprawnej.

Rozpuszczalne formy żelaza, manganu, miedzi i cynku oznaczono w glebie po ekstrakcji metodą Rinkisa w wyciągu $1 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ i oznaczono metodą ASA (spektrometrii absorpcji atomowej). Do statystycznego opracowania wyników badań zastosowano analizę wariancji dla klasyfikacji podwójnej (wapnowanie, nawożenie mineralne NPK) obliczając NIR-y wg Tukey'a. W przypadku stwierdzenia istotnego wpływu nawożenia mineralnego (B), w celu porównania średnich z kontrolą (1986 r.), obliczono NIR-y wg Dunnetta.

III. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Zawartość rozpuszczalnego żelaza, w poziomach Ap i Bt gleby płowej, nie zależała od wapnowania i nawożenia mineralnego (tab.2). Obiekty gleby wapnowanej charakteryzowały się jednakże niższą zawartością tego pierwiastka w poziomach Ap w porównaniu z analogicznymi w glebie niewapnowanej. Symanowicz i Kalembasa [20], analizując próby gleby z doświadczeń polowych, założonych na glebie brunatnej kwaśnej wytworzonej z piasku, stwierdzili istotne obniżenie się zawartości rozpuszczalnej formy żelaza pod wpływem wapnowania. Błaziak [2] stwierdziła stosunkowo mały wpływ wapnowania i magnezowania na zawartość żelaza ekstrahowanego $1 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$. Tylko po zastosowaniu mieszaniny CaO+MgO, nastąpiło istotne obniżenie jego zawartości. Badania prowadzone przez Jakubus i innych [8] ujawniły wpływ niższych wartości pH gleby na zwiększenie rozpuszczalności tego metalu. Najwyższą zawartością tej formy żelaza w poziomach Ap charakteryzował się obiekt, na którym nie zastosowano nawożenia potasowego, zaś najniższą ten, na którym wprowadzono do gleby nawozy NPK w podwójnej dawce. Pondel i Sadurski [15], analizując gleby z doświadczeń lizymetrycznych, stwierdzili wzrost zawartości rozpuszczalnych w DTPA form żelaza w wyniku wieloletniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego. Z badań Gawrońskiej-Kuleszy i Suwary [7] wynika, iż po zastosowaniu nawożenia mineralnego zawartość rozpuszczalnego żelaza wzrosła. Uwidocznili się to także w badaniach własnych w poziomach Bt, w obiektach przy proporcjonalnym zwiększaniu dawek NPK (niezależnie od wapnowania).

Ponadto zawartość rozpuszczalnego żelaza w większości poziomów Ap gleby niewapnowanej oraz w poziomach Bt gleby niewapnowanej i wapnowanej, wykazywała tendencję wzrostu w porównaniu z zawartością tego składnika w glebie w 1986 roku (przed rozpoczęciem badań).

Wapnowanie nie miało istotnego wpływu na zawartość rozpuszczalnej formy manganu w obydwu poziomach gleby lessowej (tab.3), chociaż zaobserwowano tendencję do jej obniżania się w obiektach nawozowych gleby wapnowanej. Badania innych autorów wykazały wpływ wapnowania na zmniejszenie zawartości tej formy manganu [2,8,11,12, 20,21]. Nie potwierdzają takich zależności badający gleby kwaśne Bednarek i Lipiński [1].

Tabela 2 – Table 2

Wpływ wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B) na zawartość żelaza rozpuszczalnego w 1 M HCl · dm⁻³ w glebie płowej wytworzonej z lessu (mg · kg⁻¹)

The influence of liming (A) and mineral fertilization (B) on iron soluble in 1 M HCl · dm⁻³ in grey-brown podzolic soils formed from loess (mg · kg⁻¹)

Lp	Obiekty nawozowe <i>Treatment of fertilizer (B)</i>	Żelazo / Iron					
		A ₁	A ₂	Średnia Mean B	A ₁	A ₂	Średnia Mean B
		0-25 cm			26-50 cm		
1	N ₀ P ₀ K ₀	1030	874	952	829	861	845
2	N ₀ P ₁ K ₁	1036	935	986	995	985	990
3	N _{0,5} P ₁ K ₁	1078	924	1001	951	856	904
4	N ₁ P ₁ K ₁	1077	984	1031	954	914	934
5	N _{1,5} P ₁ K ₁	1046	986	1016	896	918	907
6	N ₁ P ₀ K ₁	1076	977	1027	946	951	948
7	N ₁ P _{0,5} K ₁	1045	996	1021	958	953	956
8	N ₁ P _{1,5} K ₁	1044	915	979	894	921	908
9	N ₁ P ₁ K ₀	998	1072	1035	902	962	932
10	N ₁ P ₁ K _{0,5}	1050	1006	1028	884	904	894
11	N ₁ P ₁ K _{1,5}	1013	1048	1030	869	949	909
12	N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	1049	1000	1024	917	944	930
13	N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}	1055	988	1021	925	962	944
14	N ₂ P ₂ K ₂	908	985	947	968	922	945
	Średnia / Mean A	1036	978	-	921	929	-
	NIR _T	A = n.i. /n.s. B = n.i./n.s.			A = n.i. /n.s B = n.i./n.s.		
	LSD _T	AB = n.i./n.s.			AB = n.i./n.s.		
	Rok / Year 1986	936			773		

A₁ - nawożenie / fertilization NPK Mg

A₂ - nawożenie / fertilization NPK Mg Ca

n.i. różnice nieistotne / n.s. non significant differences

Nie stwierdzono wpływu nawożenia mineralnego (B) ani współdziałania wapnowania z nawożeniem mineralnym (AB) na zawartość rozpuszczalnej formy manganu zarówno w poziomach próchnicznych (Ap) jak i poziomach wmycia. W poziomach Ap (niezależnie od wapnowania) (B) zaobserwowano tendencję do wzrostu zawartości tego pierwiastka w porównaniu do obiektu N₀P₀K₀, a w poziomach Bt do obniżania jego ilości w wyniku zastosowanego nawożenia mineralnego w porównaniu do obiektu N₀P₀K₀ oraz N₀P₁K₁.

Średnia zawartość rozpuszczalnego manganu w poziomach Ap i w poziomach Bt badanych gleb, wykazywała tendencję wzrostu w stosunku do jego zawartości w 1986 roku. Rabikowska i inni [16] nie stwierdzili także zmian zawartości rozpuszczalnego manganu w glebie w czasie 20 lat trwania doświadczenia i nawożenia mineralnego. Mercik i inni [13] podczas wieloletniego doświadczenia statycznego założonego na glebie lekkiej też nie odnotowali zróżnicowania zawartości manganu pod wpływem nawożenia mineralnego i organicznego. W badaniach Kaniuczak i in. [12] nie potwierdzono także tej zależności.

Zawartość rozpuszczalnej miedzi w badanej glebie lessowej nie zależała w sposób istotny od wapnowania (tab.4). Jednak wyższą jej zawartość stwierdzono w nielicznych obiektach gleby wapnowanej w poziomach Ap a przede wszystkim w poziomie Bt. Nieco odmienne wyniki uzyskała we wcześniejszych badaniach na tej samej glebie Kaniuczak [11]. Wówczas wapnowanie spowodowało obniżenie ilości tej formy miedzi w poziomach

Ap i Bt w porównaniu z jej ilością w glebie niewapnowanej, nawożonej tylko NPKMg. Ruszkowska i inni [17], w przeprowadzonym doświadczeniu lizymetrycznym, zaobserwowali, iż wapnowanie zmniejszyło koncentrację tego składnika. Jednoznacznego wpływu wapnowania na zawartość w glebie omawianej formy nie stwierdzili Piasecki i Krzywy [14], natomiast badania Szymańskiej [21], która zaobserwowała zwiększenie ilości rozpuszczalnej miedzi w glebie wapnowanej i w wyniku nawożenia mineralnego NPK w pewnym zakresie potwierdzają badania własne. Czekala i inni [5], stwierdzili także, że wraz ze wzrostem pH zwiększyła się ilość rozpuszczalnej formy tego metalu.

Tabela 3 – Table 3

Wpływ wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B) na zawartość manganu rozpuszczalnego w 1 M HCl · dm⁻³ w glebie płowej wytworzonej z lessu (mg · kg⁻¹)

Influence of liming (A) and mineral fertilization (B) on manganese soluble in 1 M HCl · dm⁻³ in grey-brown podzolic soils formed from loess (mg · kg⁻¹)

Lp	Obiekty nawozowe <i>Treatment of fertilizer (B)</i>	Mangan / <i>Manganese</i>					
		A ₁	A ₂	Średnia Mean B	A ₁	A ₂	Średnia Mean B
		0-25 cm			26-50 cm		
1	N ₀ P ₀ K ₀	190,5	120,0	155,0	159,0	100,0	129,5
2	N ₀ P ₁ K ₁	229,0	148,0	188,5	164,0	113,0	138,5
3	N _{0,5} P ₁ K ₁	208,5	145,0	177,0	117,0	108,0	112,5
4	N ₁ P ₁ K ₁	224,0	166,0	195,0	131,0	108,0	119,5
5	N _{1,5} P ₁ K ₁	220,0	193,0	206,5	103,0	83,0	93,0
6	N ₁ P ₀ K ₁	222,5	171,0	197,0	105,0	104,0	104,5
7	N ₁ P _{0,5} K ₁	222,0	179,0	200,5	123,0	104,0	113,5
8	N ₁ P _{1,5} K ₁	187,5	178,0	183,0	129,0	80,0	104,5
9	N ₁ P ₁ K ₀	165,5	212,0	189,0	106,0	95,0	100,5
10	N ₁ P ₁ K _{0,5}	184,0	202,0	193,0	104,0	85,0	94,5
11	N ₁ P ₁ K _{1,5}	172,5	192,0	182,0	113,0	93,0	103,0
12	N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	149,0	180,0	164,5	113,0	115,0	114,0
13	N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}	156,0	174,0	165,0	100,0	115,0	107,5
14	N ₂ P ₂ K ₂	170,0	168,0	169,0	101,0	115,0	108,0
	Średnia / <i>Mean A</i>	193,0	173,0	-	119,0	101,3	-
	NIR _T	A = n.i. /n.s. B = n.i./n.s.			A = n.i. /n.s B = n.i./n.s.		
	LSD _T	AB = n.i./n.s.			AB = n.i./n.s.		
	Rok / <i>Year 1986</i>	161,0			64,0		

A₁ - nawożenie / *fertilization* NPK Mg

A₂ - nawożenie / *fertilization* NPK Mg Ca

n.i. różnice nieistotne / *n.s. non significant differences*

Nawożenie mineralne również pozostało bez istotnego wpływu na zawartość omawianego pierwiastka w badanej glebie. Kaniuczak [11], na tej samej glebie stwierdziła również brak wpływu nawożenia mineralnego na zawartość rozpuszczalnej formy miedzi w poziomie Ap, natomiast niewielki wpływ w poziomie Bt. Badania własne jak i badania prowadzone przez Kaniuczak [11] dowodzą, że współdziałanie wapnowania i nawożenia mineralnego nie wpływa zasadniczo na tę formę omawianego składnika w badanej glebie. Ciećko i Wyszowski [3] odnotowali spadek zawartości miedzi rozpuszczalnej w poziomie próchnicznym i w podglebiu podczas zwiększania dawek azotu na tle stałego nawożenia fosforem i potasem. W badaniach

Rabikowskiej i in. [16] wzrastające dawki nawozów mineralnych nie wpłynęły na zawartość miedzi w przeciągu 20 lat ich stosowania.

Wapnowanie nie miało istotnego wpływu na ilość rozpuszczalnego cynku (tab. 5). Z wcześniejszych 8-letnich badań Kaniuczak [11] wynika, iż wapnowanie zwiększyło w niewielkim stopniu zawartość tego pierwiastka w poziomie Ap gleby lessowej, a znacząco w jej poziomie Bt. Wzrost ilości przyswajalnego cynku pod wpływem wapnowania zauważa również Sadowski [18]. W badaniach Błaziak [2] czy Kaniuczak i innych [12] cynk przyswajalny reagował istotnym obniżeniem zawartości zwłaszcza po zastosowaniu CaO. Obniżenie zawartości cynku pod wpływem wapnowania zanotowali również Bednarek, Lipiński [1] oraz Symanowicz, Kalembasa [20]. Nie stwierdzono wpływu nawożenia mineralnego ani współdziałania wapnowania z nawożeniem mineralnym na zawartość rozpuszczalnych form cynku w glebie.

Z badań Kaniuczak [11] wynika, że nawożenie mineralne zwiększyło w porównaniu z kontrolą zawartość cynku rozpuszczalnego w poziomie Ap badanej gleby lessowej po zastosowaniu wyższej dawki NPK, a w poziomie Bt – zwiększonej dawki azotu. Czekala i inni [5] podkreślają, że rozpuszczalność cynku jest zmienna i kształtuje się zależnie od odczynu gleby. Zaobserwowali oni, że wraz ze wzrostem wartości pH zwiększała się ilość rozpuszczalnych mikroelementów.

Tabela 4 – Table 4

Wpływ wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B) na zawartość miedzi rozpuszczalnej w 1 M HCl · dm⁻³ w glebie płowej wytworzonej z lessu (mg · kg⁻¹)

The influence of liming (A) and mineral fertilization (B) on copper soluble in 1 M HCl · dm⁻³ in grey-brown podzolic soils formed from loess (mg · kg⁻¹)

Lp	Obiekty nawozowe/ Treatment of fertilizer (B)	Miedź / Copper					
		A ₁	A ₂	Średnia Mean B	A ₁	A ₂	Średnia Mean B
		0-25 cm			26-50 cm		
1	N ₀ P ₀ K ₀	2,60	2,50	2,55	2,80	3,80	3,30
2	N ₀ P ₁ K ₁	2,80	2,80	2,80	2,60	2,90	2,75
3	N _{0,5} P ₁ K ₁	2,70	3,00	2,85	2,90	3,30	3,10
4	N ₁ P ₁ K ₁	2,90	2,60	2,75	2,60	2,50	2,55
5	N _{1,5} P ₁ K ₁	2,60	2,90	2,75	2,20	2,90	2,55
6	N ₁ P ₀ K ₁	2,70	3,00	2,85	2,00	2,80	2,40
7	N ₁ P _{0,5} K ₁	2,90	3,30	3,10	2,50	3,20	2,85
8	N ₁ P _{1,5} K ₁	3,20	3,20	3,20	2,20	3,60	2,90
9	N ₁ P ₁ K ₀	2,60	3,00	2,80	2,40	2,50	2,45
10	N ₁ P ₁ K _{0,5}	2,80	2,50	2,65	2,40	2,10	2,25
11	N ₁ P ₁ K _{1,5}	2,70	2,70	2,70	2,70	2,80	2,75
12	N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	2,30	2,90	2,60	2,30	2,30	2,30
13	N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}	2,60	2,70	2,65	2,30	2,70	2,50
14	N ₂ P ₂ K ₂	2,90	2,60	2,75	2,50	2,80	2,65
	Średnia/Mean A	2,74	2,83	-	2,46	2,83	-
	NIR _T	A = n.i. /n.s. B = n.i./n.s.			A = n.i. /n.s B = n.i./n.s.		
	LSD _T	AB = n.i./n.s.			AB = n.i./n.s.		
	Rok/Year 1986	2,70			4,60		

A₁ - nawożenie / fertilization NPK Mg

A₂ - nawożenie / fertilization NPK Mg Ca

n.i. różnice nieistotne / n.s. non significant differences

Tabela 5 –Table 5

Wpływ wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B) na zawartość cynku rozpuszczalnego w 1 M HCl · dm⁻³ w glebie płowej wytworzonej z lessu (mg · kg⁻¹)

The influence of liming (A) and mineral fertilization (B) on zinc soluble in 1 M HCl · dm⁻³ in grey-brown podzolic soils formed from loess (mg · kg⁻¹)

Lp	Obiekty nawozowe <i>Treatment of fertilizer (B)</i>	Cynk / Zinc					
		A ₁	A ₂	Średnia Mean B	A ₁	A ₂	Średnia Mean B
		0-25 cm			26-50 cm		
1	N ₀ P ₀ K ₀	5,90	4,90	5,40	3,50	5,20	4,35
2	N ₀ P ₁ K ₁	6,80	6,20	6,50	3,60	8,30	5,95
3	N _{0,5} P ₁ K ₁	5,10	3,90	4,50	3,90	3,90	3,90
4	N ₁ P ₁ K ₁	4,90	5,60	5,25	5,10	3,40	4,25
5	N _{1,5} P ₁ K ₁	5,00	5,30	5,15	2,90	5,00	3,95
6	N ₁ P ₀ K ₁	4,60	5,00	4,80	3,30	3,40	3,35
7	N ₁ P _{0,5} K ₁	5,80	4,50	5,15	3,60	4,10	3,85
8	N ₁ P _{1,5} K ₁	5,40	4,90	5,15	3,10	4,60	3,85
9	N ₁ P ₁ K ₀	6,00	5,60	5,80	3,40	3,60	3,50
10	N ₁ P ₁ K _{0,5}	5,50	5,60	5,55	3,70	4,20	3,95
11	N ₁ P ₁ K _{1,5}	5,20	5,40	5,30	2,90	3,20	3,05
12	N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	4,90	4,60	4,75	6,50	5,40	5,95
13	N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}	5,10	6,30	5,70	4,90	3,20	4,05
14	N ₂ P ₂ K ₂	4,70	6,80	5,75	5,30	4,40	4,85
	Średnia / Mean A	5,35	5,33	-	3,98	4,42	-
	NIR _T	A = n.i. /n.s. B = n.i./n.s.			A = n.i. /n.s B = n.i./n.s.		
	LSD _T	AB = n.i./n.s.			AB = n.i./n.s.		
	Rok / Year 1986	4,20			2,20		

A₁ - nawożenie / fertilization NPK Mg

A₂ - nawożenie / fertilization NPK Mg Ca

n.i. różnice nieistotne / n.s. non significant differences

IV. WNIOSKI

1. Wapnowanie nie miało istotnego wpływu na zawartość Fe, Mn, Cu, Zn w badanych poziomach genetycznych gleby płowej wytworzonej z lessu. Zabieg ten spowodował tylko tendencję obniżenia zawartości rozpuszczalnego żelaza i manganu w poziomach próchnicznych gleby oraz niewielką tendencję wzrostu zawartości Cu i Zn w poziomie Bt.
2. Nawożenie mineralne niezależnie od wapnowania również nie miało istotnego wpływu na ilość omawianych mikrośladników. Wzrost dawki nawozu fosforowego spowodował niewielką tendencję zwiększania zawartości rozpuszczalnej miedzi na polu nie wapnowanym.
3. Współdziałanie wapnowania z nawożeniem mineralnym nie wpłynęło w sposób istotny na zawartość mikroelementów. Zaobserwowano tylko wyższą zawartość miedzi rozpuszczalnej w większości obiektów nawozowych w poziomach Bt gleby wapnowanej.
4. Stwierdzono tendencję wzrostu żelaza, manganu i cynku w większości obiektów nawozowych gleby wapnowanej i niewapnowanej w obydwu poziomach genetycznych w porównaniu z rokiem 1986.

V. LITERATURA

1. Bednarek W., Lipiński W.: Występowanie manganu i cynku w glebie poddanej działaniu nawożenia mineralnego i wapnowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 434. s. 469-473. 1996.
2. Błaziak J.: Wpływ wapnowania i magnezowania gleby w różnych warunkach jej wilgotności na zawartość manganu, cynku i żelaza w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 456. s. 183-186. 1998.
3. Cieccko Z., Wyszkowski M.: Działanie nawożenia azotem na zawartość miedzi w glebach uprawnych. *Zesz. Nauk. PAN Człowiek – Środowisko.* 14. s. 82-86. 1996.
4. Czarnowska K.: Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. *Rocz. Gleb.* XLVII. supl. s. 43-50. 1996.
5. Czekala J., Jakubus M., Gładysiak S.: Zawartość form rozpuszczalnych mikroelementów w zależności od odczynu gleby i roztworu ekstrakcyjnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 434. s. 371-376. 1996.
6. Czuba R., Sienkiewicz J.: Zmiany w zawartości niektórych składników pokarmowych roślin w glebie w zależności od głębokości orki połączonych z różnymi dawkami fosforu i potasu. *Rocz. Gleb.* XXXV. Nr 2. s. 123-136. 1984.
7. Gawrońska-Kulesza A., Suwara J.: Zawartość makro- i mikroelementów w glebie po 30 latach zróżnicowanego nawożenia. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Sesja Nauk. „Ekologiczne aspekty stosowania nawozów i zanieczyszczenie gleb składnikami o toksycznym działaniu”.* 26. 25. 1990.
8. Jakubus M., Czekala J., Bleharczyk A.: Wpływ wieloletniego nawożenia na frakcje mikroelementów w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 434. s. 443-448. 1996.
9. Kabata-Pendias A., Pendias H.: *Biogeochemia pierwiastków śladowych.* PWN Warszawa. 1999.
10. Kabata-Pendias A., Piotrowska M.: Zanieczyszczenie gleb i roślin uprawnych pierwiastkami śladowymi. *CBR.* Warszawa. s. 5-28. 1984.
11. Kaniuczak J.: Badania nad kształtowaniem się zawartości pierwiastków śladowych w glebach lessowych. *Zesz. Nauk. AR Kraków. Rozprawy.* 244. 1998.
12. Kaniuczak J., Nowak M., Hajduk E., Kaniuczak R.: Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość rozpuszczalnych form mikroelementów w glebie płowej wytworzonej z lessu. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* 493. s. 607-614. 2003.
13. Mercik S., Stępień W., Kubik J.: Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość mikroelementów w glebie. *Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”.* AR we Wrocławiu. s. 71-75. 1992.
14. Piasecki J., Krzywy E.: Wpływ wapnowania na kształtowanie się zawartości azotu mineralnego oraz przyswajalnych form fosforu, miedzi i cynku w glebie i roślinach. *Symp. „Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia”.* cz. II. IUNG Puławy. s. 43-48. 1986.
15. Pondel H., Sadurski W.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na właściwości chemiczne gleb w doświadczeniu lizymetrycznym. *Pam. Puł.*, 91. s. 251-272. 1998.
16. Rabikowska B., Piszcz U., Wilk K.: Oddziaływanie wieloletniego nawożenia mineralnego na zawartość miedzi, manganu i cynku w glebie. *Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”.* AR we Wrocławiu. s. 88-92. 1992.
17. Ruskowska M., Rębowska Z., Kapusta A., Sykut S., Kusio M.: Pobieranie mikroelementów przez rośliny i wymywanie ich z gleby, w zależności od rodzaju gleby, poziomu nawożenia i nawadniania. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* 325. s. 37-40. 1989.

18. Sadowski S.: Wpływ wapnowania różnymi formami nawozów na skład chemiczny plonów i zasobność gleby. *Mat. Symp. Nauk. „Skutki wieloletniego stosowania nawozów”*. IUNG Puławy. I. s. 139-149. 1976.
19. Skłodowski P., Sapek A.: Rozmieszczenie Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd w profilach czarnoziemów leśno-stepowych. *Rocz. Gleb. T. XXIII. 1. s. 71-83. 1997.*
20. Symanowicz B., Kalembsa S.: Wpływ wapnowania przedplonu zbożowego oraz nawożenia azotem na właściwości chemiczne gleby i skład chemiczny bulw ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk. Roln. 456. s. 453-457. 1998.*
21. Szymańska M.: Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość cynku, manganu i miedzi w bielcowych glebach leśnych. *Zesz. Prob. Post. Nauk. Roln. 434. s. 605-610. 1996.*
22. Turski R., Wójcikowska-Kapusta A.: Ocena zanieczyszczenia środowiska w Lublinie na przykładzie zawartości Pb, Cu, Zn, B, Ni, Cr i V w glebach i roślinach. *Ann. UMCS. Ser. E. XXXV/XXXVI 23. s. 261-268. 1980/1981.*

THE INFLUENCE OF LIMING AND MINERAL FERTILIZATION ON SOLUBLE FORMS OF MICRONUTRIENT CONTENT IN GREY-BROWN PODZOLIC SOILS FORMED FROM LOESS

Summary

The research was carried on a permanent fertilization field in the area of Rzeszow Foothills Region, with Haplic Luvisols formed from loess. The following plants were cultivated in a 4- year cropping system: pasture sunflower, winter wheat, potatoes and spring barley. Various mineral fertilizers NPK + Mg constans and various mineral fertilization NPK + Mg Ca constans were applied in the experiment. Liming was applied in form of CaO (at the dose of 2.86 t Ca·ha⁻¹). The experiment included 14 fertilizer objects, in 4 replications according to the method of random sub-blocks. Analysis of variance (ANOVA) was applied in statistic processing for a double classification: liming and mineral fertilization – independently of liming.

The liming, NPK fertilization and combined effect of theses treatments had no essential effect on the content of Fe, Mn, Cu, Zn in Ap and Bt horizons of loessial soils.

Key words: grey-brown podzolic soil, liming, mineral fertilization, soluble forms, Fe, Mn, Cu, Zn