

ZAWARTOŚĆ ROZPUSZCZALNYCH FORM BORU I MOLIBDENU W GLEBIE PŁOWEJ WYTWORZONEJ Z LESSU W ZALEŻNOŚCI OD WAPNOWANIA I NAWOŻENIA MINERALNEGO

Janina Kaniuczak, Edmund Hajduk, Małgorzata Nowak

Katedra Chemizacji Produkcji Rolniczej w Rzeszowie,
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wstęp

Molibden jest silnie rozproszony w skorupie ziemskiej, a bor rozmieszczony jest w niej nierównomiernie. Mikropierwiastki te związane są raczej z kwaśnymi skałami magmowymi oraz utworami ilastymi, przy czym najwięcej boru gromadzi się w osadach morskich. Podczas procesu wietrzenia bor ulega łatwo rozpuszczeniu, tworząc w zależności od odczynu różne aniony, a molibden uruchamiany jest stosunkowo powoli. Bor jest najsilniej sorbowany przez minerały ilaste i łuszczyki oraz wodorotlenki Fe i Al, a także przez substancję organiczną. Podobnie w wiązaniu molibdenu bierze udział materia organiczna i minerały ilaste oraz wodorotlenki Al, Fe i Mn. Te właściwości są bezpośrednią przyczyną względnej koncentracji molibdenu w glebach w stosunku do jego występowania w skałach [KABATA-PENDIAS 1996].

Zachowanie się boru w glebie zależy przede wszystkim od sorpcji przez wodorotlenki Fe i Al, a mechanizmy te ściśle zależą od odczynu gleb. W środowiskach kwaśnych dominuje anion $B(OH)_4^-$, a w obojętnych i alkalicznych $H_2BO_3^-$ i $B_4O_7^{2-}$. Bor łatwo migruje w glebach, jakkolwiek jego występowanie w formie rozpuszczalnej na ogół nie przekracza 5% ogólnej zawartości [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. Zachowanie się molibdenu w glebie jest bardzo specyficzne, gdyż w przeciwieństwie do większości metali śladowych, jest on prawie nierozpuszczalny w zakresie odczynu kwaśnego. W miarę wzrostu pH powyżej 5, zwiększa się jego rozpuszczalność. Uwarunkowane jest to formą kompleksowych jonów molibdenu, z których najbardziej ruchliwy MoO_4^{2-} tworzy się w zakresie pH 5-7. Pobieranie molibdenu jest procesem biernym, proporcjonalnym do jego ruchliwych form w glebach [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. Bor należy do najbardziej deficytowych mikroelementów w glebach Polski.

Nadmiar molibdenu w glebach występuje rzadko, ale w specyficznych siedliskach, w warunkach zanieczyszczeń przemysłowych może stanowić zagrożenie dla zwierząt i człowieka.

Przyczyną zanieczyszczenia gleb borem może być nieprawidłowe odprowa-

dzenie różnych ścieków przemysłowych i komunalnych. Zawartość boru w glebach zalewanych takimi ściekami wzrasta nawet 100-krotnie w stosunku do zawartości wyjściowej. Popioły węgla są istotnym źródłem tego pierwiastka w glebach położonych w sąsiedztwie elektrowni węglowych składowisk popiołów oraz podczas stosowania ich do rekultywacji [HERMANN 1996; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. Na przestrzeni ostatnich lat stosunkowo mało badań prowadzi się nad zawartością boru i molibdenu glebach [DUBIEL 1978; KANIUCZAK, TURSki 1987; KUMAR i in. 1993; OBOJSKI, STRACZYŃSKI 1995]. Niewątpliwie mają tu znaczenie problemy metodyczne w oznaczaniu m.in. molibdenu w glebach [KABATA-PENDIAS 1996; KALEMBKIEWICZ, FILAR 1996].

W tej pracy przedstawiono wyniki badań nad zawartością rozpuszczalnych form boru i molibdenu w glebie płowej wytworzonej z lessu w zależności od wapnowania i nawożenia mineralnego w warunkach uprawy roślin w zmianowaniu.

Materiał i metodyka

W latach 1986–1993 na stałym polu nawozowym, zlokalizowanym w miejscowości Krasne koło Rzeszowa na Podgórzu Rzeszowskim, prowadzono dwuczynnikowe ściśle doświadczenie polowe, założone metodą podbloków losowanych w 4 powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem zmiennym było wapnowanie (a_2) przeprowadzone co cztery lata w dawce obliczonej na podstawie kwasowości hydroliptycznej (Hh) lub brak wapnowania (a_1). Drugim czynnikiem zmiennym było zróżnicowane nawożenie mineralne NPK stosowane w 13 obiektach nawozowych. Zmianowanie roślin było następujące: w latach 1986–1989 – ziemniaki, jęczmień jary, kapusta pastewna, pszenica ozima, a w latach 1990–1993 – ziemniaki, jęczmień jary, słonecznik pastewny, pszenica ozima.

Podstawowy poziom nawożenia mineralnego ($N_1P_1K_1$) pod ziemniaki wynosił: 120 kg N·ha⁻¹, 100 kg P₂O₅·ha⁻¹, 160 kg K₂O·ha⁻¹, pod jęczmień jary 80 kg N·ha⁻¹, 100 kg P₂O₅·ha⁻¹, 120 kg K₂O·ha⁻¹, pod kapustę pastewną 120 kg N·ha⁻¹, 60 kg P₂O₅·ha⁻¹, 100 kg K₂O·ha⁻¹, pod pszenicę ozimą 90 kg N·ha⁻¹, 80 kg P₂O₅·ha⁻¹, 100 kg K₂O·ha⁻¹, pod słonecznik pastewny 100 kg N·ha⁻¹, 80 kg P₂O₅·ha⁻¹, 120 kg K₂O·ha⁻¹. Ziemniaki, jęczmień jary i pszenicę ozimą nawożono magnezem w ilości 40 kg MgO·ha⁻¹, a kapustę pastewną i słonecznik pastewny dawką 120 kg MgO·ha⁻¹. Wapnowanie zastosowano w 1985 r. przed założeniem doświadczenia i w 1989 r. po pierwszym zmianowaniu roślin w ilości 4 t CaO·ha⁻¹ (według 1 Hh). W 1985 r. glebę zwapnowano nawozem wapniowym tlenkowym (60% CaO), a w 1989 r. nawozem wapniowym węglanowym – naturalnym (39,2% CaO). Nawóz wapniowy tlenkowy zawierał w swoim składzie 0,4% MgO, a węglanowy 9,5% MgO.

Nawozy fosforowo-potasowe stosowano jesienią przed uprawą gleby, co umożliwiło ich równomierne wymieszanie w warstwie ornej (0–25 cm). Nawożenie azotowe dzielono na dawkę przedsięwną i pogłówną. Uprawę gleby, siew, sadzenie oraz zabiegi pielęgnacyjne i ochrony roślin wykonywano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi określonymi dla uprawianych gatunków.

W każdym roku, po zbiorze roślin uprawnych, pobrano próbki glebowe z poziomu orno-próchnicznego Ap gleb (0–25 cm) oraz z górnej części poziomu wmycia Bt (26–50 cm) z poszczególnych obiektów nawozowych.

Rozpuszczalne formy boru, molibdenu ekstrahowano metodą Rinkinsa w

wyciągu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$, przy zachowaniu stosunku gleby do roztworu jak 1 : 10. Bor rozpuszczalny oznaczono metodą kolorymetryczną, molibden metodą elektrotermiczną (ET) absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA). Rozpuszczalne formy B i Mo oznaczano w próbkach glebowych pobieranych z pola doświadczalnego w każdym roku po zbiorze roślin.

Do statystycznej oceny wyników doświadczenia nawozowego wykorzystano analizę wariancji dla klasyfikacji potrójnej. Trzema uwzględnionymi czynnikami w tych badaniach były: wapnowanie (a), nawożenie mineralne (b) oraz lata. Obliczono wartości NIR wg Tukeya.

Wyniki i dyskusja

Bor

Zawartość rozpuszczalnego boru w poziomach Ap i Bt zależała od wapnowania (a). Zabieg ten wyraźnie obniżył ilość tego pierwiastka w poziomie Ap, a zwiększył w poziomie Bt. Niewątpliwie było to również efektem większego odprowadzenia boru na skutek wyższych plonów z gleby wapnowanej [KANIUCZAK 1992, 1996]. Obniżenie zawartości przyswajalnego boru, wraz ze wzrostem pH w wyniku wapnowania, zaobserwowali JURKOWSKA i in. [1989], KUMOR i in. [1993], MERCIK, STĘPIEŃ [1994]. Jednakże w badaniach BUSSLERA i DORINGA [1979] oraz MAZURA [1990] zauważono wzrost zawartości boru w glebach w wyniku wapnowania. Stwierdzono także, że spadek zawartości boru wraz ze wzrostem pH jest tym silniejszy, im wyższiowa zawartość boru była wyższa [SAARELA 1985]. Porównując średnie zawartości boru (z 8 lat) z poszczególnych obiektów nawozowych w poziomach Ap i Bt ze stanem przed rozpoczęciem badań (w 1986 roku $\text{Ap} = 1,00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{Bt} = 0,80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), zaobserwowano tendencję znacznego obniżania się zawartości tego pierwiastka, szczególnie w poziomie Ap gleby niektórych obiektów wapnowanych – bez NPK i ze zwiększonym nawożeniem azotem (b_1 i b_5). Jest to zgodne z ogólną tendencją spadku zasobności gleb w Polsce [OBOJSKI, STRĄCZYŃSKI 1995].

Nawożenie mineralne (b) nie wpłynęło na zawartość boru rozpuszczalnego w poziomach Ap i Bt w 8-letnim okresie badań, natomiast zaobserwowano tendencję wzrostu zawartości rozpuszczalnego boru w glebie w wyniku nawożenia wzrastającymi proporcjonalnie dawkami NPK (B_1 , B_{12} , B_4 i B_{13}). WRÓBEL i STANISŁAWSKA-GLUBIAK [1995] stwierdzili pod wpływem zwiększonych dawek NPK spadek zawartości boru w poziomie Ap gleby lekkiej. Wieloletnie nawożenie mineralne, przyczyniając się do zakłócenia równowagi jonowej w glebach, może powodować lokalne niedobory mikroelementów, w tym także boru i molibdenu. Stwierdzono bowiem pogłębienie się niedostatku boru po zastosowaniu większych dawek fosforu, a niekiedy potasu i azotu [KRAUZE i in. 1993; WRÓBEL, STANISŁAWSKA-GLUBIAK 1995]. MERCIK i in. [1992] nie stwierdzili wpływu wieloletniego nawożenia mineralnego, w warunkach uprawy roślin w zmianowaniu i monokulturze, na zawartość rozpuszczalnego boru w glebie lekkiej. Wystąpiło także współdziałanie wapnowania i nawożenia mineralnego w poziomie Ap, co wyrażało się obniżeniem zawartości rozpuszczalnego boru w niektórych obiektach gleby wapnowanej (b_3 , b_5 , b_{10}) lub wzrostem jego ilości (b_7) i tendencją wzrostu (b_8 , b_9 , b_{12}). W latach badań (c) obserwowano dużą dynamikę zawartości boru w glebie. W poziomie Ap najniższą zawartość boru ($0,40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) stwierdzono w roku 1988

Tabela 1; Table 1

Wpływ wapnowania (a) i nawożenia mineralnego (b) na zawartość rozpuszczalnego boru w glebie lessowej (mg kg^{-1})
 Influence of liming (a) and mineral fertilization (b) on the soluble boron content in loessial soil (mg kg^{-1})

Wyszczególnienie Specification	Obiekty nawozowe (b); Fertilizer treatments (b)													Średnia (a) Mean (a)	
	b_1 $N_0P_0K_0$	b_2 $N_0P_1K_1$	b_3 $N_{0,5}P_1K_1$	b_4 $N_1P_1K_1$	b_5 $N_{1,5}P_1K_1$	b_6 $N_1P_0K_1$	b_7 $N_1P_{0,5}K_1$	b_8 $N_1P_{1,5}K_1$	b_9 $N_1P_1K_0$	b_{10} $N_1P_1K_{0,5}$	b_{11} $N_1P_1K_{1,5}$	b_{12} $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$	b_{13} $N_{1,5}P_{1,5}K_{1,5}$	Średnia (a) Mean (a)	
Głębokość; Depth 0–25 cm															
Wapnowanie (a) Liming (a)															
a_1	0,406	0,737	0,796	0,790	0,934	0,596	0,250	0,475	0,655	0,690	0,590	0,531	0,741	0,630	
a_2	0,365	0,534	0,494	0,535	0,525	0,525	0,629	0,627	0,692	0,336	0,509	0,579	0,550	0,517	
Średnia (b) Mean (b)	0,386	0,636	0,645	0,662	0,643	0,561	0,439	0,551	0,674	0,513	0,549	0,555	0,646	–	
NIR; LSD	$a = 0,075^{**}$ $b = \text{r.n.; n.s.}$ $a \times b = 0,250^{**}$														
Głębokość; Depth 26–50 cm															
Wapnowanie (a) Liming (a)															
a_1	0,331	0,397	0,394	0,562	0,386	0,369	0,366	0,320	0,276	0,465	0,586	0,525	0,599	0,429	
a_2	0,581	0,781	0,467	0,459	0,650	0,411	0,784	0,624	0,884	0,664	0,845	0,719	0,650	0,654	
Średnia (b) Mean (b)	0,456	0,589	0,431	0,511	0,518	0,390	0,575	0,472	0,580	0,564	0,711	0,622	0,624	–	
NIR; LSD	$a = 0,077^{**}$ $b = \text{r.n.; n.s.}$ $a \times b = \text{r.n.; n.s.}$														

** – NIR istotny przy $p = 0,01$; LSD significant at $p = 0,01$

r.n.; n.s. – różnice nieistotne; differences not significant

a_1 – poletka niewapnowane; not limed plots

a_2 – poletka wapnowane; limed plots

Tabela 2; Table 2

Wpływ wapnowania (a) i nawożenia mineralnego (b) na zawartość rozpuszczalnego molibdenu w glebie lessowej (mg·kg⁻¹)
 Influence of liming (a) and mineral fertilization (b) on the soluble molybdenum content in loessial soil (mg·kg⁻¹)

Wyszczególnienie Specification	Obiekty nawozowe (b); Fertilizer treatments (b)														Średnia (a) Mean (a)	
	b ₁ N ₀ P ₀ K ₀	b ₂ N ₀ P ₁ K ₁	b ₃ N _{0,5} P ₁ K ₁	b ₄ N ₁ P ₁ K ₁	b ₅ N _{1,5} P ₁ K ₁	b ₆ N ₁ P ₀ K ₁	b ₇ N ₁ P _{0,5} K ₁	b ₈ N ₁ P _{1,5} K ₁	b ₉ N ₁ P ₁ K ₀	b ₁₀ N _{1,5} P ₁ K _{0,5}	b ₁₁ N ₁ P ₁ K _{1,5}	b ₁₂ N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	b ₁₃ N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}			
Głębokość; Depth 0–25 cm																
Wapnowanie (a) Liming (a)																
a ₁	0,102	0,215	0,185	0,195	0,225	0,292	0,150	0,154	0,152	0,279	0,232	0,176	0,200			
a ₂	0,317	0,231	0,267	0,234	0,290	0,237	0,241	0,402	0,169	0,272	0,229	0,215	0,257			
Średnia (b) Mean (b)	0,21	0,223	0,226	0,214	0,257	0,265	0,196	0,278	0,161	0,267	0,231	0,196	–			
NIR; LSD	a = 0,040** b = r.n.; n.s., a x b = r.n.; n.s.															
Głębokość; Depth 26–50 cm																
Wapnowanie (a) Liming (a)																
a ₁	0,169	0,296	0,259	0,259	0,306	0,264	0,232	0,242	0,230	0,315	0,200	0,105	0,235			
a ₂	0,241	0,390	0,362	0,374	0,260	0,300	0,375	0,266	0,344	0,394	0,237	0,349	0,329			
Średnia (b) Mean (b)	0,205	0,329	0,311	0,316	0,283	0,282	0,303	0,254	0,287	0,354	0,219	0,227	–			
NIR; LSD	a = 0,046** b = r.n.; n.s. a x b = r.n.; n.s.															

** – NIR istotny przy p = 0,01; LSD significant at p = 0.01

r.n.; n.s. – różnice nieistotne; differences not significant

a₁ – polećka niewapnowane; not limed plots

a₂ – polećka wapnowane; limed plots

(po uprawie kapusty pastewnej), a w roku 1991 najwyższą ($0,78 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, NIR = 0,24) po uprawie jęczmienia jarego. Podobne zależności wystąpiły również w poziomie Bt gleby płowej. Prawdopodobnie wynikać to może z większego odprowadzenia boru z biomasą kapusty pastewnej, w porównaniu do jęczmienia jarego.

Molibden

Wapnowanie (a) wpłynęło dodatnio na zawartość rozpuszczalnego molibdenu w poziomie Ap i Bt gleby lessowej (tab. 2). Zawartość rozpuszczalnego molibdenu w glebie zależy od odczynu. Stąd też w glebie zakwaszonej nawożonej NPK Mg było mniej tego pierwiastka w porównaniu z glebą wapnowaną. Z dotychczasowych badań wynika, że wapnowanie, poprzez dodatni wpływ na pH gleby, powoduje uruchomienie molibdenu i wzrost jego przyswajalności dla roślin [JURKOWSKA i in. 1989; KUMOR i in. 1993; MERCIK, STĘPIEŃ 1994]. W glebach silnie zakwaszonych udział molibdenu rozpuszczalnego jest niewielki, gdyż mogą tworzyć się nierozpuszczalne połączenia z Fe [MIRCZEW, POPANDOWA 1984]. Korzystny wpływ wapnowania na uruchamianie Mo jest wyjaśniany przeprowadzeniem jego połączeń trudno przyswajalnych w formy łatwiej dostępne dla roślin. Im niższe pH, tym molibden jest silniej wiązany przez glebę. Ze wzrostem pH obniża się trwałość wiązania molibdenu, a w środowisku zasadowym jony OH^- zastępują w kompleksie sorpcyjnym gleby jony MoO_4^{2-} [WARCHOŁOWA i in. 1991; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999].

Pomimo większego pobrania molibdenu z gleby lessowej wapnowanej [KANIUCZAK 1996] przez rośliny uprawiane w zmianowaniu w porównaniu z glebą zakwaszoną [KANIUCZAK 1992], stwierdzono w niej wzrost rozpuszczalnej formy tego pierwiastka. Świadczy to o uruchomieniu molibdenu w glebie z jego form zapasowych, poprzez wzrost pH, w wyniku zastosowania w 8-letnim okresie badań dwukrotnego wapnowania.

Nawożenie mineralne (b) nie wpłynęło na zawartość rozpuszczalnych form molibdenu w badanych poziomach gleby lessowej (tab. 2). Nawożenie fosforem może działać w sposób pośredni, przyczyniając się do zwiększenia dostępności molibdenu dla roślin w środowisku kwaśnym, gdyż wzrost zawartości fosforu w glebie obniża sorpcję Mo [RUSZKOWSKA i in. 1994].

Zawartość rozpuszczalnych form molibdenu była zróżnicowana w latach badań. Najwyższą zawartość tego pierwiastka stwierdzono w poziomie Ap w pierwszym roku badań (1986) – $0,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a najniższą w 1991 roku – $0,14 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (NIR = 0,12). Podobne zależności w latach stwierdzono także w poziomie Bt gleby lessowej. Świadczyłoby to o wyczerpywaniu z gleby rozpuszczalnych form molibdenu w miarę upływu czasu.

Wnioski

1. Wapnowanie obniżyło zawartość rozpuszczalnego boru w poziomie Ap, natomiast w stropowej części poziomu Bt ujawnił się dodatni wpływ wapnowania na zawartość rozpuszczalnego boru.
2. Wapnowanie wpłynęło na wzrost zawartości rozpuszczalnego molibdenu w poziomie orno-próchnicznym Ap i stropowej części poziomu wmycia Bt gleby płowej wytworzonej z lessu.

3. Nawożenie mineralne nie wpłynęło istotnie na zawartość rozpuszczalnych form boru i molibdenu w poziomach Ap i Bt gleby płowej wytworzonej z lessu.

Literatura

- BUSSLER W., DORING H.W. 1979. *Verteilung und Löslichkeit von Bor in Helianthus annuus in Abhängigkeit vom Bof-Angebot*. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 142(5): 719–730.
- DUBIEL W. 1978. *Zawartość przyswajalnych form B, Mn, Cu i Mo w zależności od ilości części sptwalialnych i materii organicznej oraz odczynu gleb południowo-wschodniej Polski*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Ser. Rozprawy 60: 1–45.
- HERMANN J. 1996. *Popiół lotny źródłem boru dla roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 193–197.
- JURKOWSKA H., WIŚNIEWSKA-KIELIAN B., ROGOŹ A., WOJCIECHOWICZ T. 1989. *Wpływ nawożenia azotowego na zawartość mikroelementów w roślinach w zależności od odczynu gleby*. Acta Agr. et Silv., Ser. Agr. 28: 85–95.
- KABATA-PENDIAS A. 1996. *Biogeochemia miedzi i molibdenu*, w: „Miedź i molibden w środowisku problemy ekologiczne i metodyczne”. Komitet Naukowy przy Prezydium PAN „Człowiek i Środowisko”. Zesz. Nauk. 14: 11–19.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawn. Nauk. PWN Warszawa: 398 ss.
- KALEMBKIEWICZ J., FILAR J. 1996. *Oznaczanie zawartości miedzi i molibdenu*, w: „Miedź i molibden w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne”. Komitet Naukowy przy Prezydium PAN „Człowiek i Środowisko”. Zesz. Nauk. 14: 60–66.
- KANIUCZAK J. 1992. *Bilans boru, manganu, miedzi, cynku i molibdenu w czteroletnim zmianowaniu na glebie brunatno-ziemnej wytworzonej z lessu*. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”. Wrocław, 16–17 IX 1992: 211–216.
- KANIUCZAK J. 1996. *Elementy bilansu mikroelementów w glebie wytworzonej z lessu w warunkach uprawy roślin w zmianowaniu z uwzględnieniem nawożenia mineralnego NPK Mg Ca*. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 436: 301–306.
- KANIUCZAK J., TURSKI R. 1987. *Zawartość boru, miedzi i manganu w centralnej części Obniżenia Podkarpackiego*. Ann. UMCS, Sectio E, Vol. XLII(17): 169–186.
- KRAUZE A., DOMSKA D., BOBRZECKA D., BENEDYCKA Z. 1993. *Dynamika zawartości przyswajalnego molibdenu w różnych rodzajach gleb użytkowanych rolniczo*. Roczn. Gleb. 44(3/4): 63–68.
- KUMOR R., SINGH K.P., SARKAR A.K. 1993. *Cumulative effects of cropping and fertilizer use on the status of micronutrients in soil and crop*. Fertiliser-News 38(11): 13–17.
- MAZUR J. 1990. *Wpływ wapna defekacyjnego na dynamikę mikroelementów w glebach i roślinach w warunkach doświadczenia wazonowego*. Cz. I. Dynamika boru, cynku, manganu i żelaza w glebach. Annales UMCS E 45(12): 89–97.
- MERCİK S., STĘPIEŃ W. 1994. *Effect of long-and short-term liming on soil and plants*. Polish Journal of Soil Sci. 1(27): 79–86.
- MERCİK S., STĘPIEŃ W., KUBIK I. 1992. *Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego na zawartość mikroelementów w glebie*. Mat. VII Symp. „Mikroele-

menty w rolnictwie". AR Wrocław, 16–17 IX 1992: 71–75.

MIRCZEW S., POPANDOWA S. 1984. Sadarżanie i dwiżenie na molibdena w poczwi s razliczna stepen na chidromorfnost. Poczwoznanie i Agrochimija 1: 19–26.

OBOJSKI J., STRĄCZYŃSKI S. 1995. Odczyn i zasobność gleb w makro i mikroelementy. IUNG Puławy: 40 ss.

RUSZKOWSKA M., RĘBOWSKA Z., KUSIO M., SYKUT S., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A. 1994. Bilans mikroelementów w doświadczeniu lizymetrycznym (1985–1989). Cz. II. Bilans boru i molibdenu. Pam. Puł. 105: 63–77.

SAARELA I. 1985. Plant-available boron in soils and the boron requirement of spring oilseed rapeseeds. Am., Agric., Fenn. 24(4): 183–265.

WARCHOŁOWA M., KUSIO M., KOCOŃ A. 1991. Wpływ mikroelementów na plon i skład mineralny gryki (*Fagopyrum esculentum* Moenh.). Cz. II. Miedź, molibden, bor. Pam. Puł. 98: 95–112.

WIŚNIEWSKA-KIELIAN B. 1991. Ocena zawartości rozpuszczalnego molibdenu w glebach w oparciu o niektóre ich właściwości. VI Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”. AR Wrocław, 9–10 IX 1987: 49–52.

WRÓBEL S., STANISŁAWSKA-GLUBIAK E. 1995. Wapnowanie jako czynnik łagodzący skutki wieloletniego nawożenia mineralnego gleby lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 649–656.

Słowa kluczowe: rozpuszczalne formy boru i molibdenu, gleba płowa wytworzona z lessu, poziomy Ap i Bt

Streszczenie

W latach 1986–1993 na Podgórzu Rzeszowskim przeprowadzono badania nad zawartością rozpuszczalnych form B i Mo w 1 mol·dm⁻³ HCl – metodą Rinkinsa w glebie płowej z lessu w zależności od wapnowania (a) i nawożenia mineralnego (b). Zmianowanie roślin obejmowało w latach 1986–1989: ziemniaki, jęczmień jary, kapustę pastewną, pszenicę ozimą, a w 1990–1993 roku: ziemniaki, jęczmień jary, słonecznik pastewny, pszenicę ozimą. Nawożenie mineralne obejmowało: zróżnicowane dawki NPK na tle stałego nawożenia Mg (a₁) i zróżnicowane dawki NPK na tle stałego nawożenia Mg i Ca (wapnowania). Wapnowanie zastosowano dwukrotnie: w 1985 roku – w formie 4 t CaO·ha⁻¹ i w 1989 roku (4 t CaO·ha⁻¹, tym razem w formie CaCO₃). Doświadczenie obejmowało 13 obiektów nawozowych w 4 powtórzeniach założonych metodą podbloków losowanych.

Zawartość rozpuszczalnego boru w glebie w poziomach Ap (0–25 cm) i Bt (26–50 cm) oznaczono metodą kolorymetryczną, a rozpuszczalnego Mo metodą elektrotermiczną (ET) absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA). Wapnowanie zwiększyło zawartość rozpuszczalnego Mo w poziomach Ap i Bt gleby lessowej. Wapnowanie obniżyło zawartość rozpuszczalnego B w poziomie Ap i zwiększyło w poziomie Bt.

Nawożenie mineralne nie wpłynęło istotnie na zawartość rozpuszczalnych form B i Mo w poziomach Ap i Bt gleby płowej wytworzonej z lessu.

CONTENT OF SOLUBLE FORMS OF BORON AND MOLYBDENUM
IN GREY-BROWN PODZOLIC SOILS FORMED FROM LOESS,
DEPENDING ON LIMING AND MINERAL FERTILIZATION

Janina Kaniuczak, Edmund Hajduk, Małgorzata Nowak

Department of Chemization of Agricultural Production in Rzeszów,
Agricultural University, Kraków

Key words: soluble forms of boron and molybdenum, grey-brown podzolic soil
formed from loess, Ap and Bt horizons

Summary

The investigations were carried in 1986–1993 on the Rzeszów Foothills concerning the contents of B and Mo soluble in $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ HCl (Rinkis methods), in grey-brown podzolic soils formed from loess as affected by liming (a) and mineral fertilization (b). Crop rotation was the following; in 1986–1989 – potatoes, spring barley, fodder cabbage, winter wheat; in 1990–1993 – potatoes, spring barley, fodder sunflower, winter wheat.

Mineral fertilization included NPK fertilization against a background of constant Mg fertilization (a₁) and varied NPK fertilization against a background of constant Mg and Ca (liming) fertilization. Liming was performed twice; in 1985 $4 \text{ t CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$ and in 1989 ($4 \text{ t CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$, this time as CaCO_3). The experiment included 13 fertilizer objects, in 4 replications, according to the method of random subblocks. The content of soluble B was analyzed by colorimetric methods and soluble Mo – by the ET AAS methods.

Liming increased soluble Mo content in the soils in both Ap and Bt horizons. Liming decreased soluble B content in Ap horizon and increased in Bt horizon. Mineral fertilization did not influence the soluble B and Mo contents in Ap and Bt horizons in grey-brown podzolic soils formed from loess.

Dr hab. Janina **Kaniuczak**
Katedra Chemizacji Produkcji Rolniczej
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
ul. Ćwiklińskiej 2
35–601 RZESZÓW
email: kaniuczj@ar.rzeszow.pl