

Katedra Chemii Rolnej Wydziału Rolniczego Akademii Rolniczej w Lublinie

WIESŁAW BEDNAREK

*Wpływ nawożenia mineralnego na występowanie
w glebie ołowiu i chromu*

The Influence of Mineral Fertilization on the Occurrence of Lead and Chromium in Soil

Występowanie metali ciężkich w glebie zależy od szeregu czynników przyrodniczych i antropogenicznych (1-3, 5-16). Wśród tych ostatnich należy wymienić nawożenie, w tym mineralne (1, 6-8, 10-16). Nawozy sztuczne nie zawierają na ogół dużych ilości pierwiastków śladowych. Jednak pewne dawki metali dostają się z nimi do gleby i rośliny. W nawozach fosforowych i wieloskładnikowych stwierdzono zróżnicowane ilości ołowiu, od 4 do 118,3 mg Pb/kg, średnio 25,6 mg Pb/kg i w superfosfacie potrójnym 90-190 mg Cr/kg (1, 6-8, 16). W saletrze amonowej zauważono ślady ołowiu i 4,2 mg Cr/kg, w nawozach potasowych 58 mg Pb/kg (sól potasowa) i 2-5,3 mg Cr/kg (1, 16). Źródłem zanieczyszczeń nawozów są surowce używane do ich produkcji (np. fosforyty i w mniejszym stopniu apatyty, kwas siarkowy) oraz sam proces technologiczny (1, 6, 7).

Celem przedstawionego opracowania była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia mineralnego (N, P, K) na występowanie w warstwie ornej gleby całkowitych ilości ołowiu i chromu.

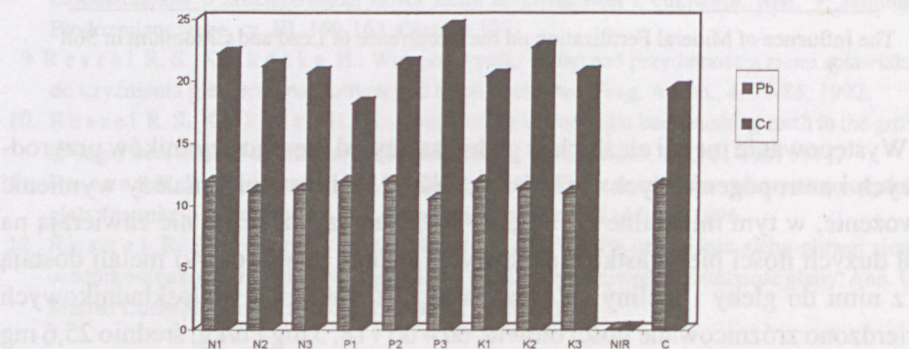
METODYKA BADAŃ

Podstawą przedstawionego opracowania było doświadczenie polowe założone i prowadzone od r. 1971 na glebie brunatnej wytworzonej z lessu. Gleba ta zawierała 77 mg P, 187 mg K, 44 mg Mg, 12,3 mg Pb i 20,3 mg Cr/kg, pH_{KCl} - 4,9, 1,18% próchnicy, 30% cząstek spławialnych, 58% pyłowych

i 12% frakcji piasku. W latach 1987-1995 roślinami testowymi były kupkówka pospolita i tymotka łąkowa. Schemat doświadczenia obejmował 27 obiektów w czterech replikacjach. Powierzchnia jednego poletka wynosiła 50m². Zastosowano następujące dawki nawozów mineralnych: N₁ – 120, P₁ – 35, K₁ – 83 kg/ha (stosowano je również w ilościach dwu- i trzykrotnie wyższych). Nawozy wysiewano w postaci saletry amonowej, superfosfatu potrójnego granulowanego i soli potasowej 47,3% K. W każdym roku zbierano trzy pokosy trawy. Po zakończeniu eksperymentu (1995) pobrano średnie próby glebowe z obiektu (0-20 cm), w których oznaczono pH_{KCl} oraz ołów i chrom metodą ASA po mineralizacji w mieszaninie stężonych kwasów HCl i HNO₃ (3:1).

WYNIKI I DISKUSJA

Zastosowanie wzrastających dawek azotu przyczyniło się do istotnego, lecz nieregularnego, zmniejszenia ilości ołowiu w glebie (tab. 1, ryc. 1). Podobna tendencja wystąpiła po rozsianiu fosforu oraz szczególnie wyraźnie – po zastosowaniu wzrastających dawek potasu.



Ryc. 1. Wpływ NPK na zawartość ołowiu i chromu w glebie (mg/kg); C – kontrola, NIR – LSD
The influence NPK on the contents of lead and chromium in soil (mg/kg); C – control, NIR – LSD

Wprowadzenie dużych dawek nawozów mineralnych oraz ich stosowanie od r. 1971 spowodowało wzrost zakwaszenia gleby. Najwyraźniej tę tendencję można zauważyć po wysianiu saletry amonowej – pH_{KCl} kształtowało się wówczas następująco: N₁ – 4,7, N₂ – 4,5, N₃ – 4,2. W mniejszym stopniu zakwaszał glebę superfosfat potrójny granulowany (pH_{KCl} obniżyło się z 4,7 do 4,3) i sól potasowa (pH_{KCl} obniżyło się z 4,6 do 4,4).

Wzrost zakwaszenia gleby pod wpływem zastosowanych czynników doświadczeń niewątpliwie sprzyjał zwiększaniu ilości ołowiu rozpuszczalnego, jego wymywaniu i pobieraniu przez uprawiane trawy (2, 8, 10, 11, 14). Z kolei wapnowanie i intensywne nawożenie fosforem mogły ograniczać pobieranie ołowiu przez rośliny (10, 12).

W porównaniu z glebą nie nawożoną od 24 lat (r. 1971) nawożenie mineralne praktycznie nie spowodowało zmian w występowaniu ołowiu w warstwie ornej (11,7 mg Pb/kg). Było nawet niższe, niż wynosi średnia zawartość tego metalu w glebach użytków rolnych Polski (13,8 mg Pb/kg) – (15). Gleby takie zaliczane są do gleb nie zanieczyszczonych, o naturalnej zawartości ołowiu, tzn. nie przekraczającej 50 mg Pb/kg (9, 10, 15).

Tab. 1. Zawartość ołowiu i chromu w glebie (mg/kg^{-1})
The content of lead and chromium in soil (mg/kg^{-1})

Nawożenie	P ₁			P ₂			P ₃			NIR (p=0,05)
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	
Ołów										
N ₁	12,3	13,40	11,20	12,30	13,40	11,20	11,20	11,20	11,20	N, P, K -0,08
N ₂	12,3	11,20	11,20	12,30	11,20	11,20	10,00	10,00	11,20	NP, NK, PK – 0,20
N ₃	13,40	11,20	11,20	13,40	11,20	11,20	10,00	10,00	10,00	NPK -0,39
Chrom										
N ₁	16,70	19,45	19,50	19,45	23,70	22,85	23,75	28,10	26,20	N, P, K -0,11
N ₂	16,85	17,65	19,40	19,40	22,95	21,95	26,45	28,05	18,45	NP, NK PK – 0,26
N ₃	15,95	17,40	21,10	18,70	22,95	20,75	26,45	24,35	17,80	NPK -0,51

Nie wystąpiły istotne zależności pomiędzy wielkością kwasowości hydrolitycznej, sumą kationów zasadowych, pojemnością sorpcyjną oraz zawartością magnezu i potasu rozpuszczalnego a ilością ołowiu w glebie (tab. 2). Taką korelację (ujemną) stwierdzono pomiędzy zawartością ruchomych form fosforu a Pb (r_{xy} = od -0,508 do -0,554, b_{yx} = od -0,100 do -1,722). Należy również oczekiwać, że wzrost zawartości frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych, glinowych i wapniowych, przyczyni się do istotnego zmniejszenia ilości ołowiu (r_{xy} = od -0,424 do -0,560, b_{yx} = od -0,459 do -1,399).

Zastosowanie intensywnego nawożenia mineralnego spowodowało, że zawartość chromu w glebie kształtowała się w sposób zróżnicowany (tab. 1). Wzrastające dawki azotu przyczyniły się do istotnego, lecz nieproporcjonalnego obniżenia koncentracji tego pierwiastka. Niewątpliwie jedną z przyczyn było pobranie Cr z plonem roślin, który wzrastał istotnie pod wpływem zwiększających się dawek

Tab. 2. Zależności zawartości ołowiu i chromu w glebie od niektórych jej właściwości (n=27)
 The dependence of the contents of lead and chromium in soil on some of its properties (n = 27)

Właściwości gleby	Pb		Cr	
	r_{xy}	byx	r_{xy}	byx
pH_{KCl}	0,411	1,552	*	*
Hh	*	*	*	*
S	*	*	*	*
T	*	*	*	*
Mg przyswajalny	*	*	*	*
K przyswajalny	*	*	*	*
P wg Egnera-Riehma	-0,554	-0,100	0,630	0,069
P wg Olsena	-0,548	-0,256	0,651	1,090
P $CaCl_2$	-0,508	-1,722	0,648	7,853
P H_2O	-0,533	-1,718	0,644	0,056
P łatwo rozpuszczalny	-0,503	-1,214	0,646	5,574
P-Al	-0,560	-1,399	0,685	0,611
P-Fe	0,555	0,455	-0,406	-0,012
P-Ca	-0,424	-0,459	0,403	1,561

*Zależność nieistotna ($p=0,05$).

azotu oraz wymywanie (1, 4, 10). Zastosowanie coraz większych dawek soli potasowej nie spowodowało udowodnionych różnic w kształtowaniu się ilości chromu w glebie, zwłaszcza pomiędzy dawką pojedynczą i potrójną (ryc. 1). Z kolei stwierdzono wystąpienie istotnego wzrostu zawartości tego pierwiastka pod wpływem zwiększających się dawek fosforu. Stosowanie nawozów (szczególnie na podwójnej i potrójnej dawce superfosfatu) spowodowało pewien przyrost zawartości chromu (o 2,2 mg Cr/kg) w porównaniu z glebą nie nawożoną od r. 1971, w której stwierdzono średnią zawartość 19,4 mg Cr/kg.

Istotny przyrost koncentracji Cr był niewątpliwie spowodowany zastosowaniem dużych dawek superfosfatu potrójnego granulowanego i soli potasowej. Nawozy te, a szczególnie superfosfat, zawierają stosunkowo duże ilości chromu (1, 7). Ogólna zawartość tego pierwiastka w glebie jest często traktowana jako informacja o ewentualnym stanie czy stopniu zagrożenia, które mogą wystąpić w warunkach sprzyjających jego uaktywnianiu (1, 10). Dlatego o rzeczywistym niebezpieczeństwie oddziaływania Cr na rośliny decydują jego formy rozpuszczalne. Ich obecność zależy przede wszystkim od odczynu, potencjału redox, zawartości próchnicy oraz tlenków manganu i żelaza (1, 10). Przy pH powyżej 4 zmniejsza się rozpuszczalność Cr^{3+} , a przy pH 5,5 rozpoczyna się jego wytrącanie. Skutkiem tych procesów jest zmniejszanie aktywności chromu w glebie i zmniejszanie ryzyka jego wymywania do wód gruntowych (1).

W naszym doświadczeniu pH_{KCl} utrzymywało się na poziomie 4,7-4,2 w zależności od zastosowanego czynnika (NPK) i jego poziomu. Wapnowanie oraz nawożenie fosforem zmniejsza ilość połączeń organicznych Cr^{3+} , a zwiększa koncentrację nieorganicznych wodorotlenków i fosforanów chromu (1).

Nie stwierdzono wystąpienia istotnych korelacji pomiędzy odczynem, właściwościami sorpcyjnymi, ilością magnezu i potasu rozpuszczalnego a zawartością w glebie całkowitych ilości chromu (tab. 2). Takie zależności (dodatnie) wystąpiły pomiędzy ruchomymi formami fosforu ($r_{xy} = 0,630$ do $0,0,651$, $b_{yx} =$ od $0,069$ do $7,853$) oraz mineralnymi frakcjami tego pierwiastka a Cr. Szczególnie istotne i dodatnie związki zaobserwowano pomiędzy ilością frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych ($r_{xy} = 0,646$, $b_{yx} = 5,574$) i glinowych ($r_{xy} = 0,685$, $b_{yx} = 0,611$) a występowaniem tego pierwiastka.

WNIOSKI

1. Zróżnicowane nawożenie mineralne powodowało istotne zmiany w występowaniu całkowitych ilości ołowiu i chromu w glebie. Nawożenie azotem sprzyjało na ogół udowodnionej statystycznie obniżce ilości tych pierwiastków, fosforem - przyczyniało się do obniżenia ilości ołowiu i zwiększenia chromu, potasem - nie oddziaływało na występowanie chromu, przyczyniając się do istotnego obniżenia zawartości ołowiu.

2. Niektóre właściwości fizykochemiczne i chemiczne (pH , Hh , S , T , Mg i K rozp.) nie wykazywały istotnych korelacji z zawartością w glebie całkowitych ilości ołowiu i chromu. Takie zależności wystąpiły pomiędzy ruchomymi formami i mineralnymi frakcjami fosforu a zawartością Pb (ujemne) i Cr (dodatnie).

3. Wieloletnie stosowanie nawozów mineralnych nie spowodowało zanieczyszczenia warstwy ornej gleby ołowiem i chromem.

PIŚMIENNICTWO

1. C z e k a ł a J.: Chrom w glebie i roślinie - występowanie, sorpcja i pobieranie w zależności od jego formy i dawki, właściwości środowiska i nawożenia. Roczn. AR w Poznaniu, rozprawy naukowe, z. 274, 1-90, 1997.
2. C z e k a ł a J., G ł a d y s i a k S., J a k u b u s M.: Wpływ zakwaszenia na zawartość rozpuszczalnego ołowiu, kadmu, chromu i żelaza w poziomie próchnicznym gleby płowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 434, 867-872, 1996.
3. C z u b a R.: Agrochemiczne kryteria nawożenia fosforem na terenach skażonych metalami ciężkimi. Prace nauk. AE we Wrocławiu, nr 727, 113-120, 1996.

4. Dechnik I., Bednarek W., Filipek T.: Wpływ nawożenia azotem i potasem na niektóre właściwości gleby brunatnej wytworzonej z lessu. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, nr 277, (sesja nauk., z. 37), cz. I, 133-141, 1993.
5. Dudka S.: Ocena całkowitych zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski. R(293), s. 1-48, Puławy 1992.
6. Gorlach E., Gambuś F.: Nawozy fosforowe i wieloskładnikowe jako źródło zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 448a, 139-146, 1997.
7. Górecki H., Pawełczyk A., Hoffman J., Górecka H.: Surowce do produkcji nawozów fosforowych jako źródło mikroelementów i metali ciężkich. Mat. VII Symp. Mikroelementy w rolnictwie, 228-231, Wrocław 1992.
8. Jurkowska H., Rogóż A., Wojciechowicz T.: Fitotoksyczność Cu, Zn, Pb i Cd w zależności od rodzaju nawozu azotowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 434, 955-959, 1996.
9. Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T.: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. P(53), 1-20, Puławy 1993.
10. Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PAN, Warszawa 1993.
11. Kaniuczak J.: Elementy bilansu ołowiu w glebie lessowej w zależności od nawożenia mineralnego. Mat. Symp. Ołów w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne, 82, Warszawa 1997.
12. Karoń B., Patorczyk-Pytlik B.: Wpływ nawożenia fosforem oraz wapnowania na dostępność ołowiu dla roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 434, 991-996, 1996.
13. Małysowa E., Patorczyk-Pytlik B.: Zawartość metali ciężkich w nawozach fosforowych produkowanych i stosowanych w Polsce. Prace nauk. AE we Wrocławiu, nr 338, 75-78, 1986.
14. Spiak Z.: Wpływ nawożenia mineralnego na dynamikę zawartości ołowiu w glebach zanieczyszczonych przez hutę miedzi. Mat. Symp. Ołów w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne, 82, Warszawa, 1997.
15. Terelak H., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K.: Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 418, cz. I, 45-60, 1995.
16. Turski R., Wójcikowska-Kapusta A.: Bilans ołowiu w glebach różnie nawożonych i nawadnianych w doświadczeniu lizymetrycznym. Pam. Puł., z. 89, 173-183, 1987.

SUMMARY

The fertilization with nitrogen contributed to the essential decrease of the content of lead and chromium, with phosphorus – to decrease of the amount of lead and increase of chromium, with potassium did not affect the occurrence of chromium, lowering the content of lead in soil. Essential dependencies between mobile forms and mineral fractions of phosphorus, and the content of Pb (negative) and Cr (positive) were observed. A long application of mineral fertilizers did not cause the pollution of arable layer of soil (0-20 cm) with lead and chromium.