

WPLYW NAWOŻENIA MINERALNEGO NA ZAWARTOŚĆ CYNKU W GLEBACH ZANIECZYSZCZONYCH PRZEZ HUTĘ MIEDZI

Zofia Spiak, Łukasz Wall

Katedra Chemii Rolniczej, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Emisje przemysłu metali nieżelaznych zawierają w swoim składzie m.in. również cynk. Mimo, że pierwiastek ten w porównaniu z ołowiem, kadmem czy miedzią jest znacznie mniej szkodliwy dla organizmów żywych, to z uwagi na jego stosunkowo duży udział w składzie chemicznym emitowanych przez przemysł związków i zdolności do migracji, może stanowić zagrożenie dla środowiska. Ulega on akumulacji w warstwach ornych gleb huty miedzi, w których spotyka się go w zależności od regionu od 1000 nawet do 6000 mg·kg⁻¹ gleby tego metalu. Cynk, mimo że łatwo ulega migracji, to w glebie występuje głównie w postaci związanej przez mineralny i organiczny kompleks sorpcyjny. W sorpcji cynku dużą rolę odgrywają uwodnione tlenki żelaza manganu, a także pierwotne minerały żelaza. Według wielu autorów [GERRITSE, DRIEL 1984; ANDERSSON, SIMON 1991; GORLACH, GAMBUŚ 1991] zasorbowany cynk może podlegać częściowo wymianie pod wpływem soli obojętnych, a rozpuszczalność jego połączeń maleje w miarę wzrostu odczynu gleby. Przez rośliny pobierany jest zarówno w postaci kationów, jak i jonów kompleksowych i łatwo ulega przemieszczaniu do poszczególnych organów.

Gleby narażone na znaczną emisję związków cynku mimo sukcesywnego narastania akumulacji tego pierwiastka w warstwie ornej, często są dalej użytkowane rolniczo. Podlegają więc wszystkim zabiegom agrotechnicznym, w tym również nawożeniu, które może mieć wpływ na szereg przemian chemicznych i zachowanie się tego metalu w glebie. Dlatego w przedstawionych badaniach postanowiono przebadać wpływ szeregu nawozów mineralnych na dynamikę zawartości form rozpuszczalnych cynku w glebach zanieczyszczonych tym pierwiastkiem.

Materiał i metody

Doświadczenie usytuowano na terenach objętych oddziaływaniem huty miedzi „Głogów”, gdzie wytypowano dwie gleby różnicowane pod względem szeregu właściwości (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Charakterystyka gleb przeznaczonych pod doświadczenie polowe
 Characteristics of experimental soils

Doświadczenie Experiment	Części spławialne Particles < 0,02 mm (%)	Ił koloidalny Clay (%)	C orga- niczny Organic C (%)	Cynk całkowity Total zinc (mg·kg ⁻¹)	pH _{KCl}	P	K	Mg
						mg·kg ⁻¹ gleby mg·kg ⁻¹ soil		
I Gleba lekka Light soil	11	3	0,50	105,0	5,3	26	59	12
II Gleba średnia Medium soil	23	6	1,33	166,0	6,3	113	156	49

Na glebach tych prowadzono trzyletnie doświadczenie polowe. Każde z nich składało się z dziesięciu obiektów nawozowych w pięciu powtórzeniach założonych metodą losowanych bloków. Stanowiło to, w obu przypadkach, 50 poletek o powierzchni 5 m² każde.

Na poszczególnych obiektach stosowano jednostronne nawożenie mineralne, podając tylko jeden składnik pokarmowy. Schemat obiektów nawozowych (w kg czystego składnika na poletko) przedstawiał się następująco:

- 1) bez nawożenia,
- 2) 0,45 kg N – w postaci 34% saletry amonowej,
- 3) 0,45 kg N – w postaci 20,5% siarczanu amonu,
- 4) 0,45 kg N – w postaci 46% mocznika,
- 5) 0,35 kg P₂O₅ – w postaci 18% superfosfatu pojedynczego,
- 6) 0,35 kg P₂O₅ – w postaci 30% mączki fosforowej,
- 7) 0,50 kg K₂O – w postaci 50% soli potasowej,
- 8) 2,50 kg CaO – w postaci 85% wapna palonego rolniczego,
- 9) 2,50 kg CaO – w postaci 50% wapniaka mielonego rolniczego,
- 10) 0,45 kg N – w postaci 34% saletry amonowej,
- 11) 0,35 kg P₂O₅ – w postaci 18% superfosfatu pojedynczego,
- 12) 0,50 kg K₂O – w postaci 50% soli potasowej.

Po przygotowaniu powierzchni pól pod doświadczenia, na poszczególne poletka wysiano nawozy i wszystkie obsiano rajgrasem angielskim.

Nawożenie poletek powtarzano corocznie, przy czym nawozy fosforowe, potasowe i wapniowe wysiewano w całości jednorazowo w okresie ruszania wegetacji, natomiast azotowe dzielono na 3 dawki i stosowano każdorazowo po pobraniu próbek glebowych.

Próbki glebowe do badań z poszczególnych poletek pobierano z warstwy ornej laską glebową trzykrotnie w ciągu roku, przygotowując do analiz próbki średnie ze wszystkich powtórzeń z obu doświadczeń.

Zbioru rajgrasu dokonano ręcznie dwukrotnie w ciągu roku. Roślin nie analizowano, wywołując je poza obręb obiektów badań.

Oprócz próbek powierzchniowych, po zakończeniu doświadczeń z każdego obiektu pobrano próbki z trzech głębokości. Na obu glebach były to warstwy: 0–15 cm, 15–30 cm i 30–60 cm.

Materiał glebowy zebrany w terenie po przewiezieniu do laboratorium przygotowano do analiz i w jego części ziemistej oznaczono:

- odczyn – potencjometrycznie w zawiesinie wodnej i 1 mol KCl·dm⁻³,
- zawartość cynku rozpuszczalnego w roztworze 0,1 mol HCl·dm⁻³, wg Rinksa [ANONIM 1980],
- zawartość całkowitą cynku poprzez trawienie w kwasie nadchlorowym – Prace Komisji PTG [ANONIM 1976].

Oznaczenie ilościowe omawianego metalu zarówno form rozpuszczalnych, jak i zawartości całkowitej wykonano metodą absorbcyjnej spektrometrii atomowej w płomieniu acetylenowo-powietrzynym.

Wyniki i dyskusja

Stosowane na przestrzeni trzech lat badań wysokie dawki nawozów mineralnych wywarły zróżnicowany wpływ na odczyn warstwy ornej gleb w obu doświadczeniach.

Stwierdzono systematyczny wzrost kwasowości gleb obiektów kontrolnych, na których nie stosowano nawożenia mineralnego (tab. 2).

Tabela 2; Table 2

Odczyn warstwy ornej gleb doświadczalnych
Soil reaction in arable layer

Nawożenie Fertilization	I rok I year		II rok II year		III rok III year		Średnio Mean	
	gleba lekka light soil	gleba średnia medium soil	gleba lekka light soil	gleba średnia medium soil	gleba lekka light soil	gleba średnia medium soil	gleba lekka light soil	gleba średnia medium soil
0	5,6	6,6	5,0	6,0	4,8	5,8	5,1	6,1
NH ₄ NO ₃	5,1	5,8	5,2	5,7	4,8	5,5	5,0	5,6
(NH ₄) ₂ SO ₄	4,8	5,4	4,9	5,2	4,5	5,0	4,7	5,2
CO(NH ₂) ₂	5,3	6,0	5,1	5,9	4,6	5,6	5,0	5,9
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	5,1	5,8	4,8	5,6	4,7	5,4	4,8	5,6
Ca ₃ (PO ₄) ₂	5,9	6,4	5,4	6,5	5,2	6,2	5,5	6,4
KCl	5,6	6,2	5,6	6,1	5,6	5,9	5,6	6,0
CaO	6,8	7,2	6,7	7,3	6,7	7,4	6,7	7,3
CaCO ₃	6,6	7,1	6,5	7,2	6,6	7,2	6,6	7,2
NH ₄ NO ₃ + Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + KCl	5,4	5,8	5,2	5,8	5,0	5,6	5,2	5,7
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	0,11	0,09	0,10	0,08	0,12	0,09		

Natomiast na poletkach nawożonych na glebie lekkiej zakwaszająco działały wszystkie nawozy azotowe i superfosfat pojedynczy. Alkalizująco w warunkach prowadzonych badań działała mączka fosforytowa i oba nawozy wapniowe zarówno tlenkowy, jak i węglanowy. Sól potasowa i mieszanka nawozów NPK nie wpłynęły w większym stopniu na zmianę odczynu gleby lekkiej.

Na glebie średniej działanie nawozów mineralnych było podobne. Istotny wpływ na zakwaszenie gleby wywarły wszystkie zastosowane nawozy azotowe, a także superfosfat pylisty. Mączka fosforytowa i nawozy wapniowe istotnie podwyższyły odczyn gleby, a sól potasowa i pełna dawka NPK nie zmieniały w większym stopniu odczynu tej gleby. W poszczególnych poziomach profilów obu gleb, aż do głębokości 60 cm, stwierdzono obniżenie wartości pH spowodowane przez stosowanie nawozów azotowych, superfosfatu pylistego, łącznej dawki nawozów NPK. Istotny alkalizujący wpływ wywierał zaś nawóz wapniowy w formie węglanowej. Mączka fosforytowa, wapno tlenkowe i sól potasowa nie zmieniły odczynu głębszych warstw gleby.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 3, na przestrzeni trzech lat stosowania wysokich dawek nawozów mineralnych w doświadczeniach polowych na terenach zanieczyszczonych cynkiem przez hutę miedzi, nawozy azotowe nie wpłynęły na zmianę średniej zawartości cynku rozpuszczalnego w warstwie ornej gleby lekkiej, chociaż w miarę upływu czasu obserwowano tendencje do obniżania tej formy cynku w glebie nawożonej saletrą amonową.

Inaczej zachowywał się cynk rozpuszczalny w glebie średniej pod wpływem nawożenia azotowego. W tym przypadku saletra amonowa i mocznik spowodowały wyraźny spadek koncentracji tego metalu, a siarczan amonu wyraźny jego wzrost, przy czym zmiany te były bardziej widoczne w kolejnych latach trwania doświadczenia. Stosowanie w ciągu trzech lat badań wysokich dawek superfosfatu pojedynczego i mączki fosforytowej w istotny sposób wpłynęło na obniżenie zawartości cynku rozpuszczalnego w wierzchniej warstwie obu gleb, przy czym w glebie średniej w większym stopniu niż w lekkiej. Podobnie jak w przypadku nawozów azotowych, oddziaływanie to było bardziej widoczne w miarę upływu czasu.

Nawożenie solą potasową nie zmieniło rozpuszczalności cynku na żadnej z gleb w trzyletnim okresie badań.

Twierdzi się, że stosowanie nawozów wapniowych zmniejsza pobieranie cynku przez rośliny. W badaniach własnych na obu glebach spowodowały one istotne obniżenie jego zawartości, przy czym proces ten zaobserwowano w odróżnieniu od pozostałych badanych nawozów już w pierwszym roku badań. Stosując na poletkach łącznie nawozy azotowe, fosforowe i potasowe, na glebie lekkiej nie stwierdzono żadnych zmian w rozpuszczalności badanego pierwiastka, natomiast na średniej wyraźny wzrost jego zawartości.

W przypadkach obu gleb uwagę zwraca znaczna sezonowa dynamika zawartości formy rozpuszczalnej tego metalu. Stwierdzono również systematyczny wzrost tej formy cynku w warstwach ornych obu gleb na obiektach kontrolnych, na których nawożenia nie stosowano. Oddziaływanie nawożenia mineralnego na dynamikę zawartości cynku w profilach obu gleb było podobne jak w warstwach ornych, przy czym nawet w najgłębszych z badanych warstw stwierdzono znaczny wpływ zastosowanych nawozów mineralnych na zmiany zawartości formy rozpuszczalnej tego metalu (tab. 4).

W badaniach własnych przeanalizowano również przemieszczanie się cynku

całkowitego w profilu glebowym i stwierdzono, że jego nagromadzenie na całej badanej głębokości profilów obu gleb było znaczne, jednak zawartości te malały wraz z głębokością. Mimo to, w warstwach głębszych ilość tego metalu była jednak wysoka, niespotykana w glebach naturalnych. Kumulacja cynku w glebach nawożonych na emisje przemysłowe przebiega znacznie wolniej niż pozostałych metali, ale z uwagi na znaczną mobilność łatwo rozprzestrzenia się zarówno na duże odległości, jak i przemieszcza się w głąb gleby [GERRITSE, DRIEL 1984; ANDERSSON, SIMON 1991].

Tabela 3; Table 3

Zawartość form rozpuszczalnych cynku w warstwie ornej gleb doświadczalnych (mg Zn·kg⁻¹)
Content of soluble zinc in arable layer of experimental soils (mg Zn·kg⁻¹)

Nawożenie Fertilization	I rok I year		II rok II year		III rok III year		Średnio Mean	
	gleba lekka light soil	gleba średnia medium soil	gleba lekka light soil	gleba średnia medium soil	gleba lekka light soil	gleba średnia medium soil	gleba lekka light soil	gleba średnia medium soil
0	10,0	11,8	13,0	14,1	13,4	14,7	12,1	13,5
NH ₄ NO ₃	10,8	10,0	12,9	12,6	11,9	11,4	11,8	11,3
(NH ₄) ₂ SO ₄	10,9	11,4	12,7	16,4	14,6	19,4	12,7	15,7
CO(NH ₂) ₂	11,1	10,5	12,0	12,2	12,9	11,4	12,0	11,3
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	11,7	9,2	11,9	9,4	10,1	8,6	11,2	9,0
Ca ₃ (PO ₄) ₂	9,3	8,3	9,1	8,0	7,8	7,6	8,7	7,9
KCl	10,4	12,0	13,3	12,9	14,1	14,8	12,6	13,2
CaO	9,8	8,8	10,2	8,4	9,1	7,9	9,7	8,3
CaCO ₃	7,2	7,6	6,6	7,3	5,9	7,2	6,5	7,3
NH ₄ NO ₃ + Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + KCl	10,6	14,6	11,8	18,4	14,9	17,2	12,4	16,7
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	0,83	0,87	1,04	0,99	1,11	1,11		

W badaniach własnych zawartość całkowita tego pierwiastka mieściła się w granicach spotykanych na terenie kraju, jednak uwagę zwracała wysoka zawartość jego form rozpuszczalnych, spowodowana prawdopodobnie występowaniem w pyłach emitowanych do atmosfery związków cynku łatwo rozpuszczalnych, co wiąże się również z odmiennym od innych pierwiastków zachowaniem w glebach tych terenów.

W literaturze naukowej, dotyczącej wpływu poszczególnych czynników na dynamikę zawartości cynku w glebach, spotkać można dane często ze sobą sprzeczne.

Badania własne również nie dały jednoznacznego i jasnego obrazu wpływu stosowanych nawozów mineralnych na ten proces. Stosowane nawozy azotowe na glebie lekkiej nie wywarły wpływu na zawartość cynku rozpuszczalnego, a na glebie średniej oddziaływanie to było zróżnicowane, chociaż prezentowane przez innych autorów [LAKANEN 1977; HERMS, BRUEMER 1980; GORLACH, GAMBUŚ 1991] dane wskazywały na jednoznaczny wzrost zawartości cynku w glebach w wyniku ich stosowania.

Tabela 4; Table 4

Zawartość form rozpuszczalnych cynku w profilach gleb doświadczalnych (mg Zn·kg⁻¹)
Content of soluble zinc in profile of experimental soils (mg Zn·kg⁻¹)

Nawożenie Fertilization	Gleba lekka; Light soil			Gleba średnia; Medium soil		
	głębokość; depth			głębokość; depth		
	0–15 cm	15–30 cm	30–60 cm	0–15 cm	15–30 cm	30–60 cm
0	10,6	9,2	4,5	14,8	9,6	0,4
NH ₄ NO ₃	11,6	10,4	4,7	15,3	10,2	0,6
(NH ₄) ₂ SO ₄	12,7	12,1	6,8	18,5	12,0	2,2
CO(NH ₂) ₂	10,3	10,1	5,2	14,5	10,0	1,5
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	9,2	9,6	2,9	12,2	6,1	0,3
Ca ₃ (PO ₄) ₂	8,6	8,4	2,6	9,6	5,4	0,2
KCl	10,8	9,7	4,2	15,0	10,1	0,5
CaO	8,9	8,4	3,2	8,9	5,8	0,2
CaCO ₃	7,6	7,1	1,2	8,6	3,1	0,1
NH ₄ NO ₃ + Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + KCl	12,4	12,9	5,5	16,6	15,0	0,5
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	1,19	1,04	0,46	1,11	0,82	0,04

Autorzy [TERMAN i in. 1966; PIOTROWSKA, WIĄCEK 1978] sugerują, że inhibitorami absorpcji cynku są raczej kationy niż aniony, dlatego też azotany wapniowców i potasowców działają hamująco na sorpcję tego metalu. Wiąże się to z alkalizującym działaniem tych soli, powstającym na skutek szybszego pobierania NO₃⁻ niż K⁺ i Ca⁺⁺. Natomiast aniony takie jak: Cl⁻, NO₃⁻, SO₄⁻ zwiększają przyswajalność tego składnika.

Uwstecznianie cynku w glebach po zastosowaniu nawozów fosforowych wielu autorów [m.in. TERMAN i in. 1966; SHUMAN 1986] tłumaczy reakcjami chemicznymi zachodzącymi w glebie, w efekcie których powstają trudno rozpuszczalne fosforany, krzemiany czy wodorotlenki. Ważnym czynnikiem w tym procesie jest substancja organiczna [HERMS, BRUEMER 1980; PEASLEE 1980; ELLIS i in. 1983], odgrywająca dużą rolę w wiązaniu cynku. Niektórzy autorzy [ARMOUR i in. 1990; MORTREDT 1992] donoszą, że wprowadzenie do gleby polifosforanów prowadziło do rozpuszczenia cynku, co sugeruje, że związki te tworzą połączenia kompleksowe z tym metalem. Natomiast ortofosforany przeprowadzają cynk w postać mniej przyswajalną. Być może uzyskane rezultaty w badaniach własnych na obiektach nawożonym superfosfatem pojedynczym są wynikiem tworzenia się w glebie polifosforanów i łączenia się ich z cynkiem zawartym w glebie.

Wielu autorów [LAKANEN 1997; ANDERSSON, SIMON 1991; GORLACH, GAMBUS 1991] twierdzi, że stosowanie nawozów wapniowych zmniejsza pobieranie cynku przez rośliny. W badaniach własnych spostrzeżenia te zostały potwierdzone na obu glebach, gdzie pod wpływem wapnowania obniżyła się zawartość cynku rozpuszczalnego w warstwie ornej. W przypadku węgla wapnia GERRITSE i DRIEL [1984], a także HERMS i BRUEMER [1980] znaleźli wysoki współczynnik korelacji między koncentracją cynku a procentową zawartością ładu w glebach wapiennych i twierdzą, że frakcja ładu w glebie jest głównym nosicielem cynku, w wyniku czego

cynk występuje jako zasadowy węglan cynku. Wielu autorów [SHUMAN 1986; ARMOUR i in. 1990; PEASLEE 1980] rozpuszczalność cynku w glebach wapnowanych wiąże ze zmianą ich odczynu, w miarę bowiem zmniejszania się koncentracji jonów H^+ ulega on hydrolizie na $Zn(OH)^+$, a w przypadku alkalizacji środowiska przechodzi w trudno rozpuszczalne połączenia $Zn(OH)_2$. Inni natomiast [TERMAN i in. 1966; SAROUG i in. 1989; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999] w procesach rozpuszczalności cynku dużą rolę przypisują mikroorganizmom glebowym, dzięki wytwarzaniu kwasu octowego, bursztynowego, mlekowego i cytrynowego, posiadających znaczne zdolności tworzenia łatwo rozpuszczalnych połączeń tego pierwiastka, a autorzy [TERMAN i in. 1966; PIOTROWSKA, WIĄCEK 1978; HERMS, BRUEMER 1980] dowodzą, że sorpcja cynku w glebach zachodzi na drodze wymiany i reakcji chemicznych na powierzchni minerałów. Głównym czynnikiem zatrzymania cynku jest sorpcja na częściach gliniastych, wodorotlenkach żelaza i substancji organicznej. Dzięki temu cynk w glebach o dużej zawartości wapnia i fosforu jest trudno dostępny dla roślin. Przedstawione dane dotyczące rozmieszczenia cynku w profilach potwierdzają wnioski wielu autorów [TERMAN i in. 1966; LAKANEN 1977; ELLIS i in. 1983; MORTREDT 1992] o gromadzeniu się tego składnika w poziomach próchnicznych i spadku jego zawartości w głębszych warstwach. Na ogół w warstwie wierzchniej gleb znajdowano wyższe zawartości cynku niż w podglebiu, ale w literaturze opisane są też i takie profile, w których poziomy głębiej położone były zasobniejsze w ten składnik niż warstwy wierzchnie. Wynika to m.in. stąd, że w górnych warstwach gleb cynk zostaje szybko zasorbowany i unieruchomiony, tworząc z substancją organiczną mało lub zupełnie nierozpuszczalne mikroorganiczne związki. Cynk w warunkach zakwaszenia gleb i małej zawartości w nich części koloidalnych szybko ulega przemieszczeniu do warstw głębiej położonych.

W badaniach własnych stwierdzono również duże nagromadzenie tego pierwiastka w głębszych warstwach obu gleb, co wydaje się wskazywać na zapoczątkowany proces przemieszczania się tego metalu w głąb gleby w warunkach prowadzonych badań.

Wnioski

1. Zakwaszająco na badane gleby działały nawozy azotowe i superfosfat pojedynczy, alkalizująco natomiast mączka fosforytowa i nawozy wapniowe, przy czym zmiany te stwierdzono głównie w warstwie ornej.
2. Wzrost zawartości form rozpuszczalnych cynku w trzyletnim okresie badań zanotowano jedynie na glebie średniej na obiektach, gdzie stosowano siarczan amonu i łączną dawkę nawozów NPK. Na glebie lekkiej nie stwierdzono istotnej zmiany zawartości cynku rozpuszczalnego na żadnym z obiektów.
3. Zmniejszenie rozpuszczalności tego metalu na obu glebach spowodowało stosowanie nawozów fosforowych i wapniowych. Dodatkowo na glebie średniej podobnie oddziaływała saletra amonowa i mocznik.
4. Niezależnie od rodzaju gleby i zastosowanych nawozów stwierdzono wysokie zawartości cynku w ich warstwach głębszych.

Literatura

- ANONIM 1976. *Praca zbiorowa. Oznaczenie makro- i mikroelementów w glebach i roślinach*. Prace Komisji Naukowych PTG, Warszawa: 36 ss.
- ANONIM 1980. *Praca zbiorowa. Metody badań w Stacjach Chemiczno-Rolniczych. Cz. I. Badanie gleb*. Puławy: 76 ss.
- ARMOUR J.D., RITCHIE G.S., ROBSON A.D. 1990. *Extractable zinc in particle size fractions of soils from Western Australia*. Austr. J. Soil. Sci. 28: 387–397.
- ANDERSSON A., SIMON G. 1991. *Levels of Cd and some other trace elements in soils and crops as influenced by lime and fertilizer level*. Acta Agric. Scand. 41: 3–11.
- ELLIS R., DAVIS J.F., THURLOW D.L. 1983. *Zinc availability in calcereous soils as influenced by phosphorus level and temperature*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28: 83–86.
- GERRITSE R.G., DRIEL V. 1984. *The relationship between adsorption of trace elements, organic matter and pH in temperate soils*. J. Environ. Qual. 13: 197–204.
- GORLACH E., GAMBUS F. 1991. *The effect on liming, adding peat and phosphorus fertilization on the uptake of heavy metals by plants*. Pol. J. Soil Sci. 24: 199–204.
- HERMS U., BRUEMER G. 1980. *Einflüsse der Bodenreaktion auf Löslichkeit und tolerierbare Gesamtgehalte an Nickel, Kupfer, Zink, Kadmium und Blei in Boden*. Landwirtsch. Forsch. 38(4): 169–176.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawn. Nauk. PWN, Warszawa: 398 ss.
- LAKANEN E. 1977. *The effect of liming on the absorption and exchange characteristic of trace elements in soils*. Acta Agric. Scand. 17: 131–140.
- MORTREDT J.J. 1992. *Crop response to level of water-soluble zinc in granular zinc fertilizers*. Fert. Res. 33: 249–255.
- PEASLEE D.E. 1980. *Effect of extractable zinc, phosphorus and soil pH values on zinc concentration in leaves of field-grown corn*. Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 11: 417–425.
- PIOTROWSKA M., WIĄCEK K. 1978. *Wpływ wieloletniego nawożenia fosforowego na zawartość niektórych mikroelementów w glebach i roślinach*. Roczn. Nauk Rol., Ser. A 103(1): 1–12.
- SAROU L., BOULDIN D.R., REID W.S. 1989. *Total and labile zinc concentrations in water extracts of rhizosphere and bulk soils of oats and rice*. Commun. Soil. Sci. Plant. Anal. 20: 271–289.
- SHUMAN L.M. 1986. *Effect on ionic strength and anions on zinc adsorption by two soils*. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50: 1438–1444.
- TERMAN G.L., BOLLAND S.E., BRADFORD B.N. 1966. *Response of corn to Zn as affected by nitrogen and phosphorus fertilizers*. Soil Sci. Am. Proc. 30: 119–124.

Słowa kluczowe: huta miedzi, emisja zanieczyszczeń, cynk całkowity i rozpuszczalny, skażenie gleb, nawożenie mineralne

Streszczenie

W trzyletnich doświadczeniach polowych badano wpływ ośmiu różnych nawozów mineralnych (azotowe, fosforowe, potasowe i wapniowe) na dynamikę

zawartości cynku w glebach zanieczyszczonych tym pierwiastkiem. Badania prowadzono na dwóch glebach zróżnicowanych pod względem składu mineralogicznego i szeregu innych właściwości. W ciągu trzech lat badań nawożenie powtarzano corocznie, a próbki glebowe pobierano trzykrotnie w ciągu roku z warstwy ornej gleb. Po zakończeniu doświadczeń analizowano również glebę z różnych warstw do głębokości 60 cm.

Po określeniu odczynu gleb badano w nich zawartość cynku całkowitego i rozpuszczalnego. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że coroczne stosowanie wysokich dawek nawozów mineralnych wpłynęło zarówno na odczyn gleby, jak i zmianę zawartości cynku rozpuszczalnego, przyswajalnego dla roślin. Zmniejszenie koncentracji tej formy badanego pierwiastka w glebie spowodowały nawozy fosforowe i wapniowe, natomiast siarczan amonu wpłynął na wzrost jego zawartości. Sól potasowa nie wywarła wpływu na stężenie cynku na żadnej z badanych gleb.

EFFECT OF MINERAL FERTILIZATION ON ZINC CONTENT IN SOILS CONTAMINATED BY THE COPPER SMELTER

Zofia Spiak, Łukasz Wall

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Wrocław

Key words: copper smelter, pollutant emission, total zinc, soluble zinc, soil contamination, mineral fertilization

Summary

The influence of eight different mineral fertilizers (including nitrogen, phosphorus, potassium and calcium fertilizers) on the dynamics of Zinc content in soils contaminated with this element was examined in three-year field experiment. The research was undertaken on two soils of different properties including granulometric composition. During the experiment mineral fertilizers were applied to the soil every year and samples from arable layer were taken at three different terms along each year. At the end of the three years, additional soil samples were also taken from different soil layers to depth of down to 60 cm.

After determining soil reaction, the soil was examined for the contents of total and soluble zinc. The results showed that an annual application of high doses of mineral fertilizer influenced the soil reaction and changed the concentrations of zinc in both forms. Phosphorus and calcium fertilizers decreased zinc levels in the soil, whereas ammonium sulphate resulted in an increase. Potassium salt, however, was shown as having no impact on zinc concentration in any of examined soil samples.

Prof. dr hab. **Zofia Spiak**
Katedra Chemii Rolniczej
Akademia Rolnicza
ul. Grunwaldzka 53
50-357 WROCŁAW