

GRZEGORZ CIEŚLIŃSKI¹, STANISŁAW MERCIK²

WPLYW WAPNOWANIA GLEBY SUROWCAMI
ODPADOWYMI PRZEMYSŁU GÓRNICZO-HUTNICZEGO
NA PRZEMIESZCZANIE SIĘ CYNKU W GLEBIE ORAZ JEGO
KUMULACJĘ W ROŚLINACH I OWOCACH TRUSKAWKI
(*FRAGARIA GRANDIFLORA* DUCH.)

¹Institut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach

²Katedra Chemii Rolnej SGGW w Warszawie

WSTĘP

Gleby niektórych rejonów rolniczych w Polsce zanieczyszczone są metalami ciężkimi głównie w wyniku emisji przemysłowych, a niekiedy również przez stosowanie do nawożenia odpadów komunalnych i przemysłowych, np. wapna hutniczego. Spośród metali ciężkich znajdujących się w wapnie hutniczym cynk jest pierwiastkiem, który najłatwiej przechodzi w glebie, zwłaszcza kwaśnej, w formy rozpuszczalne w wodzie [Xian, Shokohifard 1989]. Jednakże pobieranie tego pierwiastka przez rośliny nie zawsze jest w prosty sposób skorelowane z ilością cynku w glebie. Jest ono zazwyczaj uzależnione od gatunku rośliny, odczynu gleby oraz w mniejszym stopniu od zawartości substancji organicznej [Doręgowska 1986; Pierzyński, Schwab 1993; Roszyk E., Roszyk S., Spiak 1988]. Opublikowano wiele prac poświęconych wpływowi metali ciężkich na rośliny rolnicze, ale niewiele publikacji dotyczy roślin sadowniczych, szczególnie zaś truskawek [Cieśliński, Mercik 1992; Cieśliński, Mercik, Neilsen w druku; Szteke 1990; Szteke et al. 1989]. Uprawa truskawek na glebach słabopróchnicznych i kwaśnych pozwala przypuszczać, że rośliny te mogą łatwo pobierać kationy metali z gleby. Gleby takie są niekiedy wapnowane wapnem magnezowym zawierającym domieszki metali ciężkich, w tym również cynku. Konieczne jest zatem

uzupełnienie wiadomości w zakresie przydatności tego rodzaju wapna w uprawie truskawek.

METODYKA BADAŃ

Doświadczenie prowadzono w latach 1985–1989 na Polu Doświadczalnym SGGW w Skierniewicach. Źródłem cynku w glebie były nawozy wapniowo-magnezowe wprowadzane do gleby w zróżnicowanych dawkach jednorazowo przed sadzeniem roślin. Zastosowano następujące nawozy wapniowo-magnezowe:

- kredę pojeziorną z Kopalni Węgla Brunatnego w Belchatowie (KP),
- wapno magnezowo-tlenkowe z Huty Cynku “Miasteczko Śląskie” (WTHC),
- wapno magnezowo-węglanowe z Kombinatu Górniczo-Hutniczego “Bolesławiec” w Bukowni k. Olkusza (KGH).

Ważniejsze właściwości chemiczne tych partii nawozu, które zastosowano w doświadczeniu oraz ich symbole zamieszczono w tabeli 1.

Doświadczenie prowadzono na glebie płowej właściwej, kompleksu żytniego bardzo dobrego, słabo próchnicznej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego w warstwie ornej i gliny lekkiej zalegającej poniżej 50 cm. Przed założeniem doświadczenia, jesienią 1985 roku, gleba ta była bardzo uboga w wymienne formy magnezu (2,5 mg/100 g gleby) i wapnia (60 mg/100 g gleby) oraz silnie kwaśna ($\text{pH}_{(\text{KCl})}$ 4,5).

TABELA 1. Zawartość wapnia, magnezu oraz metali ciężkich w wapnie odpadowym z przemysłu
Concentrations of lime, magnesium and heavy metals in industrial waste limes

Rodzaj wapna Lime type	Ca	Mg	Pb	Cd	Zn
	[%]		[mg/kg]		
KP	14,8	0,4	12,4	3,4	96,5
WTHC	27,9	9,2	1769,0	14,3	32 850,0
KGH	21,6	9,8	1280,0	60,0	17 600,0

Całe pole podzielono na dwa bloki różniące się zawartością substancji organicznej w glebie (T_0 i T_1). Podwyższony poziom substancji organicznej (T_1) uzyskano nawożąc ten blok torfem (pH w KCl 6,3) w ilości 100 m^3 na 1 ha. W obrębie każdego bloku wyodrębniono dwa podbloki o pojedynczej i podwójnej dawce nawozów wapniowych. Dawki wapna określono według kwasowości hydrolitycznej gleby (Hh). Doświadczenie prowadzono w 4 powtórzeniach. Nawozy wapniowe zastosowano według schematu podanego w tabeli 2. W obiektach wzbogacanych magnezem (KPMg), oprócz wapnia stosowano dodatkowo magnez w formie $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ w ilości 35 kg Mg na ha.

Na polu doświadczalnym posadzono truskawki (*Fragaria grandiflora* Duch.) odmiany Senga Sengana. Powierzchnia poletka wynosiła 22,5 m². Truskawki na poletkach sadzono w systemie rzędom. Na jednym poletku znajdowały się 102 rośliny posadzone w 6 rzędach odległych od siebie o 0,8 m. Rozstawa roślin w rzędzie wynosiła 0,25 m.

TABELA 2. Zawartość Zn w glebie [mg/kg] w zależności od dawki i rodzaju stosowanych nawozów wapniowych oraz od nawożenia torfem
Zn soil concentration [mg/kg] depending on rate and kind of industrial waste limes and on peat application

Kombi- nacje Treat- ments	1986		1987		1988		1989					
							T ₁			T ₀		
	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	Ap	Eet	Bt	Ap	Eet	Bt
Ca ₀	30,0abc	26,6 a	15,7ab	15,3 a	17,3 a	17,5 ab	15,0 a	11,6 b	25,5 d	12,5 a	9,8 b	21,8 bc
Dawka wapna – Lime rate – 1 IIIh												
KP	29,3abc	25,3 a	15,8 ab	15,8 a	18,3 a	16,0 ab	15,0 a	7,8 a	18,5 bc*	14,8 ab	5,0 a	12,0 a
KPMg	27,8 ab	25,3 a	16,8 ab	15,5 a	16,3 a	15,3 a	16,0 a	6,8 a	17,8 abc	15,3 ab	9,3 b	22,8 c
WTHC	33,5 bc	33,5 bc	33,0 d	27,3 b	22,3 b	18,8 ab	15,0 a	11,5 b	25,5 d*	16,8 ab	13,6 c	11,8 a
KGH	34,8 c	36,0 bc	22,3 b	46,3 c*	25,3 bc*	19,7 b	12,3 a	7,0 a	17,5 abc	15,5 ab	10,0 b	15,3 ab
Dawka wapna – Lime rate – 2 IIIh												
KP	26,8 a	26,5 a	14,5 a	15,8 a	16,5 a	18,0 ab	16,3 a	7,3 a	18,7 bc	17,5 ab	6,8 ab	15,5 ab
KPMg	27,3 a	27,3 a	18,3 ab	16,3 a	17,5 a	18,8 ab	14,8 a	9,0 ab	11,0 a	14,3 ab	9,8 b	18,0 abc
WTHC	44,0 d	42,0 d	26,0 c	26,0 b	26,8 c	34,5 d	49,5 c*	7,5 a	15,0 ab	25,8 c	7,5 ab	24,8 c
KGH	41,8 d	40,3 cd	60,0 f	55,0 d	59,8 d*	35,3 d	63,0 d*	6,3 a	18,0 bc	46,3 d	8,3 ab	25,0 c
Zawartość cynku w glebie przed założeniem doświadczenia Soil Zn concentration prior to experiment initiation										26,8	21,3	22,5

T₀ – bez torfu – without peat; T₁ – z torfem – with peat; Ca₀ – bez wapna – no lime; * – istotna różnica między T₀ i T₁ – significant difference between T₀ and T₁.

Nawożenie mineralne było jednakowe na całym polu i wynosiło na rok i ha: 60 kg P₂O₅, 120 kg K₂O i 90 kg N.

Próbki gleb do analiz chemicznych pobierano w następujących terminach:
– przed założeniem doświadczenia z 6 profilów glebowych zlokalizowanych na całym polu z poziomów: Ap (0–25 cm), Eet (25–40 cm), Bt (40–60 cm),
– w każdym roku po zbiorze owoców z warstwy 0–25 cm oddzielnie z każdego poletka,
– w ostatnim roku (1989) prowadzenia doświadczenia z trzech poziomów genetycznych oddzielnie z każdego poletka.

Z warstwy próchnicznej pobierano próbki z 6 punktów, a z głębszych poziomów z jednego profilu na poletku.

Liście do analizy pobierano corocznie po zbiorach owoców, a w pierwszym roku po posadzeniu truskawek w lipcu. Próbkę korzeni roślin pobierano jednokrotnie po likwidacji doświadczenia w 1989 r. Analizy liści i korzeni wykonywano oddzielnie z każdego poletka, a analizy owoców w próbce zbiorczej z 4 powtórzeń, ale oddzielnie z 3 zbiorów. Powtórzeniami do obliczeń statystycznych były zatem terminy zbioru. Słuszności takiego postępowania dowodzą prace z zakresu analizy składu chemicznego owoców [Lenartowicz 1971]. Próbkę owoców zamrażano w temp. -25°C , po czym mielono je i przechowywano dalej w niskiej temperaturze do momentu wykonania analiz.

Zawartość cynku w materiale roślinnym oznaczano metodą absorpcji atomowej po mineralizacji próbek w mieszaninie kwasów: azotowego, nadchlorowego i siarkowego. W próbkach gleby oznaczano zawartość cynku również metodą absorpcji atomowej, po uprzedniej ekstrakcji gleby 0,1 M roztworem HCl. Ilość substancji organicznej oznaczano metodą Tiurina.

Wyniki badań opracowano za pomocą analizy wariancji oddzielnie dla każdego roku. Do oceny różnic między średnimi z poszczególnych kombinacji użyto testu Duncana przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Różnice między średnimi z tych samych kombinacji nawozowych w bloku z torfem i bez torfu oceniono za pomocą testu *t* Studenta przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do oceny wpływu zasobności gleb w cynk oraz ich pH na zawartość tego składnika w materiale roślinnym użyto metody regresji wielokrotnej oraz regresji nieliniowej po wyeliminowaniu wpływu lat.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Niższa dawka nawozów wapniowych podwyższyła wartość pH gleby z 4,5 do ok. 5,5. Podwojenie dawek wapna na poletkach nie torfowanych powodowało wzrost wartości pH gleby już w początkowym okresie prowadzenia doświadczenia. Jednakże dopiero w ostatnim roku badań (1989) wapno zastosowane w podwójnej dawce najbardziej podwyższyło pH gleby. W roku 1989 również torf wyraźnie zwiększał wartość pH gleby.

Zawartość cynku w warstwie ornej w kolejnych latach i na poszczególnych obiektach zależała przede wszystkim od rodzaju i dawek stosowanych nawozów wapniowych (tab. 2). We wszystkich latach najwięcej cynku w glebie stwierdzono na poletkach nawożonych podwójnymi dawkami wapna z huty cynku (WTHC) i z huty ołowiu "Bolesławiec" (KGH). Na poletkach wapnowanych kredą pojeziorną (KP) zawartość cynku w glebie nie odbiegała od ilości tego składnika w glebie z poletek kontrolnych. Zawartość Zn w wierzchnim poziomie gleby w ostatnim roku badań była przeważnie niższa niż w roku pierwszym. Jedynie na poletkach wapnowanych podwójną dawką wapna z huty ołowiu (KGH) i z huty cynku (WTHC) było znacznie więcej cynku w roku 1989 niż w 1986. Na uwagę zasługuje również fakt, iż zawartość cynku w poziomie wymycia (Eet) była wyraźnie niższa

niż w pozostałych poziomach. W tym poziomie ilość Zn nie była zróżnicowana na poszczególnych obiektach. Jedynie w glebie wapnowanej pojedynczą dawką wapna z huty cynku stwierdzono nieco więcej Zn niż w glebie w pozostałych obiektach. Ilość cynku w poziomie wymycia B₁ była w 1989 r. wyraźnie większa niż w poziomie wymycia. Nawet przy stosowaniu podwójnej dawki wapna z huty ołowiu nie odnotowano wyraźnie większej ilości Zn w poziomie B₁ w ostatnim roku prowadzenia doświadczenia niż na początku badań. Wskazuje to na niewielkie przemieszczanie się tego składnika w głąb profilu glebowego.

Zawartość cynku w korzeniach truskawek wahała się w granicach 180–290 mg/kg s.m. i zależała od rodzaju stosowanych nawozów wapniowych, ich dawek oraz ilości substancji organicznej w glebie (tab. 3). Najmniej tego składnika zawierały korzenie roślin na glebie z torfem nie wapnowanej lub nawożonej kredą pojeziorną. Najwięcej cynku kumulowały korzenie na poletkach nawożonych podwójną dawką wapna z huty cynku i z huty ołowiu. Systematyczny wzrost zawartości cynku w korzeniach wraz ze zwiększaniem się ilości tego składnika w glebie (w formach ekstrahowanych 0,1 M HCl) został potwierdzony również przez analizę statystyczną. Spośród dziesięciu analizowanych funkcji w przebiegu nieliniowym zależność między tymi czynnikami w najlepszy sposób opisywała funkcja trzeciego stopnia $y = 227,53 - 0,99x + 0,88x^2 + 0,00089x^3$, której przebieg przedstawia rysunek 1.

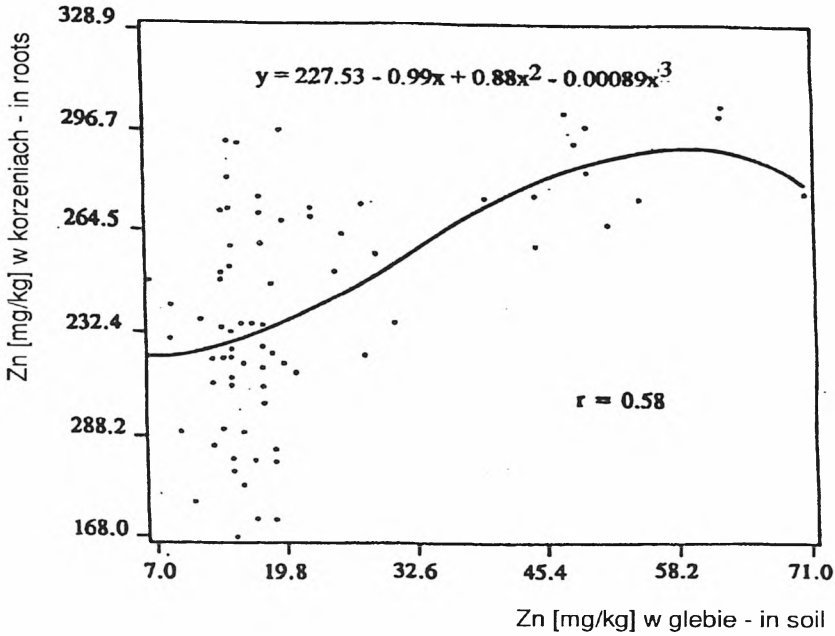
Podwyższenie zawartości substancji organicznej w glebie istotnie obniżało ilość cynku w korzeniach truskawek, ale tylko w przypadku stosowania pojedynczych dawek wapna. Zastosowanie wapna w podwójnej dawce na glebie nawożonej torfem zwiększało ilość cynku w korzeniach truskawek, w porównaniu z zawartością tego składnika w korzeniach roślin uprawianych na glebie traktowanej niższą dawką wapna.

Zawartość cynku w liściach truskawki wahała się na poszczególnych obiektach od 16,2 do 31,5 mg/kg (tab. 4). Najwięcej tego składnika oznaczano w liściach roślin pochodzących z poletek nawożonych wapnem z huty ołowiu (KGH) i huty cynku (WTHC). Istotnie mniej cynku stwierdzono w liściach truskawek z poletek wapnowanych kredą pojeziorną. Na uwagę zasługuje fakt dużej zawartości tego składnika w liściach na glebie kwaśnej z poletek kontrolnych. Podobne ilości Zn w liściach otrzymano zarówno na tych obiektach, jak i na

TABELA 3. Zawartość cynku [mg/kg s. m.] w korzeniach truskawek
Concentration [mg/kg of d. m.] of Zn in roots of strawberry

	Kombinacje ¹ – Treatments ¹	
	T ₁	T ₀
Ca ₀	179,0 a	244,0 bc*
Dawka wapna – Lime rate – 1 Hh		
KP	211,0 ab	212,0 a
KPMg	188,5 a	224,0 ab*
WTHC	237,0 bc	271,0 cd*
KGH	245,0 cd	278,0 de*
Dawka wapna – Lime rate – 2 Hh		
KP	226,7 bc	206,5 a
KPMg	232,7 bc	225,3 ab
WTHC	284,7 e	261,7 cde
KGH	289,2 e	279,0 e

¹T₀ – bez torfu – without peat; T₁ – z torfem – with peat; Ca₀ – bez wapna – no lime; * – istotna różnica między T₀ i T₁ – significant difference between T₀ and T₁



Rys. 1. Współzależność między zawartością Zn w glebie i w korzeniach truskawki
 Fig. 1. Relation between Zn in soil and in strawberry roots

objektach wapnowanych nawozami bogatymi w cynk. Analiza statystyczna uzyskanych wyników przeprowadzona metodą regresji wielokrotnej wykazała ujemną korelację między pH gleby a zawartością cynku w liściach truskawki. Wartości współczynników korelacji między pH gleby a ilością cynku w liściach truskawki (r) w poszczególnych latach przedstawiają się następująco: 1986: $-0,31$; 1987: $-0,35$; 1988: $-0,26$ i 1989: $-0,24$.

Wzbogacenie gleby w substancję organiczną ograniczało kumulację cynku w liściach truskawki, ale tylko na poletkach kontrolnych i wapnowanych niższą dawką wapna w latach 1987 i 1988.

Wapnowanie gleby nawozami wapniowo-magnezowymi zawierającymi znaczne ilości cynku nie zwiększało zawartości tego składnika w owocach truskawek (tab. 5). Analiza statystyczna otrzymanych wyników metodą regresji wielokrotnej również nie wykazała istotnej współzależności pomiędzy ilością cynku w glebie, jej odczynem a zawartością tego składnika w owocach truskawek.

TABELA 4. Zawartość cynku [mg/kg s. m.] w liściach truskawki
Zn concentrations [mg/kg of d. m.] in strawberry leaves

Kombinacje Treatments	1986		1987		1988		1989	
	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀
Ca ₀	26,3 bc	25,0 bc	19,8 bc	27,8 c*	21,4 a	28,7 a-c*	20,2 bc	21,3 bc
Dawka wapna – Lime rate – 1Hh								
KP	23,8 ab	23,7 ab	20,1 bc	20,9 ab	23,1 ab	30,9 de*	19,0 bc	20,8 bc
KPMg	22,5 a	24,0 ab	20,1 bc	21,1 ab	22,8 ab	26,1 b*	18,6 abc	19,1 abc
WTHC	26,3 bc	24,3 abc	20,4 bc	25,9 c*	29,1 d	29,4 cde	20,0 bc	20,6 bc
KGH	27,0 c	25,8 bc	21,3 c	27,2 c*	27,4 cd	31,5 e*	20,3 c	21,9 c
Dawka wapna – Lime rate – 2Hh								
KP	22,2 a	21,8 a	16,5 a	19,2 ab*	21,3 a	20,1 a	17,3 ab	16,5 a
KPMg	22,0 a	21,8 a	17,5 ab	18,5 a	22,3 ab	22,6 a	16,2 a	18,3 ab
WTHC	25,0 bc	23,8 ab	20,1 bc	19,0 ab	25,2 bc	25,6 b	19,6 bc	19,7 bc
KGH	25,8 bc*	22,0 a	19,8 bc	22,0 b	28,2 cd	27,8 bcd	21,1 c	20,1 bc

T₀ – bez torfu – without peat; T₁ – z torfem – with peat; Ca₀ – bez wapna – no lime; * – istotna różnica między T₀ i T₁ – significant difference between T₀ and T₁.

TABELA 5. Zawartość cynku [mg/kg s. m.] w owocach truskawki
Zn concentrations [mg/kg of d. m.] in strawberry fruits

Kombinacje Treatments	1987		1988		1989	
	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀
Ca ₀	1,33 ab	1,43 abc	0,97 a	0,98 b	1,82 cd	1,77 b
Dawka wapna – Lime rate – 1Hh						
KP	1,17 a	1,60 abc*	1,15 bc	1,18 cd	1,67 bcd	1,61 b
KPMg	1,37 ab	1,23 a	1,19 cd	1,10 bc	1,56 a-d	1,60 b
WTHC	1,47 ab	1,37 ab	1,42 c*	1,10 bc	1,85 cd*	0,94 a
KGH	1,63 b	1,80 c	1,05 ab	0,96 b	0,93 d	0,91 a
Dawka wapna – Lime rate – 2Hh						
KP	1,33 ab	1,50 abc	1,33 de	1,23 d	2,04 d	1,96 b
KPMg	1,17 a	1,23 a	1,32 de	1,29 d	1,14 ab	1,75 b*
WTHC	1,43 ab	1,73 bc	1,05 ab	1,05 b	1,07 ab	1,67 b*
KGH	1,23 a	1,60 abc*	1,05 ab	1,28 d*	1,65 bcd	1,64 b

T₀ – bez torfu – without peat; T₁ – z torfem – with peat; Ca₀ – bez wapna – no lime; * – istotna różnica między T₀ i T₁ – significant difference between T₀ and T₁.

DYSKUSJA

Dopuszczalna zawartość cynku w nawozach wapniowych według norm obowiązujących w Polsce wynosi 0,3% [Fotyma, Zięba 1988]. Jednakże sugeruje się, że ilość cynku w wapnie nie powinna przekraczać 0,2% [Kabata-Pendias, Piotrowska 1984]. Zawartość cynku w wapnie z huty ołowiu (KGH) i z huty cynku (WTHC) stosowanym w prowadzonym doświadczeniu znacznie przekraczała przytoczone normy (tab.1). Na uwagę zasługuje szczególnie wysoka zawartość cynku w wapnie tlenkowym z huty cynku (3,2%). Tak duża ilość cynku pozwala przypuszczać, że poszczególne nawozy przeznaczone do obrotu handlowego

różnią się znacznie zawartością cynku, co stwarza konieczność kontrolowania ich składu chemicznego.

Ilość cynku ogólnego w glebach uprawnych w Polsce jest bardzo zróżnicowana, ale najczęściej waha się w granicach 30–60 mg/kg [Czarnowska 1980; Kabata-Pendias 1981].

Dopuszczalną zawartość metali ciężkich w glebach polskich reguluje Zarządzenie Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych z 1986 roku. Przyjmuje się, że ilość cynku całkowitego w glebach lekkich nie powinna przekraczać 200 mg/kg, a w glebach ciężkich 300 mg/kg. Wartości te odpowiadają normom obowiązującym w krajach EWG, tj. 150–300 mg/kg [Giller, Mc Grath 1989].

Przyjmując powyższe dane za kryterium oceny ilości Zn w glebie, należy stwierdzić, iż badana gleba przed założeniem doświadczenia była uboga w cynk, gdyż zawierała Zn rozpuszczalny w 0,1 M HCl w ilości 17 mg/kg. Forma ta stanowi 30–50% zawartości całkowitej tego pierwiastka w glebie [Doręgowska 1986; Wear, Evans 1968]. Zawartość cynku w glebie wyraźnie zwiększyła się po zastosowaniu nawozów wapniowo-magnezowych bogatych w ten składnik. Szczególnie duży wzrost ilości cynku w glebie nastąpił po zastosowaniu tych nawozów w dawce podwójnej. Jednakże pomimo stosowania nawozów o zawartości cynku znacznie przekraczającej dopuszczalne normy, ilość tego składnika w formach ekstrahowanych 0,1 M HCl wzrosła w glebie w niewspółmiernie małym stopniu. Gdyby nie było przemieszczania się cynku do głębszych poziomów profilu glebowego, zwiększonego pobierania przez rośliny oraz przechodzenia w formy nieoznaczalne, ilość tego składnika w warstwie ornej powinna się zwiększyć w znacznie większym stopniu.

Kabata-Pendias i Piotrowska [1984] podają, że zawartość cynku w glebie jest uzależniona od jej rodzaju. Autorki określają średnią całkowitą ilość cynku w piaskach na ok. 25 mg/100 g, choć niekiedy może ona dochodzić do 50–200 mg/kg gleby. Na terenach, narażonych na toksyczne działanie emisji przemysłowych, zawartość tego składnika w glebie może wynosić nawet 10000 mg/kg [Fabiszewski, Brej, Bielecki 1983]. Spośród metali ciężkich cynk jest pierwiastkiem, który w glebach kwaśnych najłatwiej przechodzi w formy rozpuszczalne w wodzie [Xian 1989] i może łatwo przemieszczać się w głąb profilu glebowego [Baran 1980]. Na glebach mniej kwaśnych cynk może przechodzić w formy trudniej dostępne dla roślin. Z drugiej strony, mimo stosunkowo łatwego przechodzenia cynku w formy rozpuszczalne, pierwiastek ten na niektórych glebach może być również kumulowany w wierzchniej warstwie gleby [Czarnowska 1980]. Przyczyn wymywania cynku w głąb profilu glebowego dopatrywać się można m.in. w zróżnicowanej zawartości substancji organicznej oraz ilości części splawialnych w badanych glebach [Worthington, Evans 1991]. Na glebach słabopróchnicznych oraz lekkich należy liczyć się ze stosunkowo dużym przemieszczaniem się cynku w głąb profilu glebowego.

Za toksyczną ilość cynku dla roślin przyjmuje się 400 mg/kg s.m. Najczęściej spotykane zawartości wahają się w granicach 20–100 mg/kg s.m. [Baran 1980;

Kabata-Pendias, Piotrowska 1984]. Wyniki uzyskane w prowadzonym doświadczeniu wskazują, że ilość cynku w liściach truskawek była stosunkowo niska i wahała się od 16,2 do 31,5 mg/kg s.m. Najwięcej cynku w liściach stwierdzono przy stosowaniu wapna z huty ołowiu (KGH) i z huty cynku (WTHC). Sądzić zatem należy, że wraz ze wzrostem ilości cynku w glebie zwiększa się jego zawartość w roślinie. Zależność taką potwierdzają Kabata-Pendias i Więcek [1985], Roszyk E., Roszyk S., Spiak [1988] oraz inni. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że na poletkach kontrolnych bez torfu stwierdzono więcej tego pierwiastka w roślinach niż na poletkach kontrolnych wzbogacanych torfem. Potwierdza to ważną rolę próchnicy w wiązaniu metali ciężkich w niedostępne dla roślin kompleksy organiczno-metaliczne.

Stan zakwaszenia gleb jest również istotnym czynnikiem wpływającym na pobieranie cynku przez rośliny. Znajduje to potwierdzenie w wynikach licznych badań [Czarnowska 1980; Gajek, Krzysztofowicz 1980; Kabata-Pendias, Więcek 1985; Xian, Shokohifard 1989], w których podkreślano zmniejszanie się dostępności cynku wraz z podwyższaniem pH gleby.

Wyniki analiz chemicznych korzeni roślin wykazały, że zawartość cynku prawie 10-krotnie przewyższała poziom tego składnika w liściach. Fabiszewski, Brej, Bielecki [1983] otrzymali również wysoką zawartość cynku w korzeniach łubinu – ok. 200 mg/kg oraz w korzeniach ogórka, dochodzącą do 968 mg/kg. Wysoka zawartość Zn w korzeniach może świadczyć o tym, że składnik ten jest łatwo pobierany z podłoża przez rośliny, ale trudno przemieszcza się do części nadziemnych. Sugeruje to istnienie barier zapobiegających translokacji tego składnika z korzeni do liści. Prowadzone w ostatnich latach badania nad metabolizmem cynku i kadmu dowiodły, że pierwiastki te w przeważającej ilości są już w korzeniach wiązane w kompleksy organiczne z białkami – pochodnymi cysteiny i glicyny [Taylor, Albrigo, Chase 1988]. Fakt ten jest najprawdopodobniej przyczyną małej mobilności cynku w roślinach.

W Polsce dopuszczalne zawartości zanieczyszczeń mineralnych, w tym także metali ciężkich, w produktach żywnościowych reguluje Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 1985 roku. Dla grupy produktów zawierających do 20% suchej masy (obejmującej również owoce) zarządzenie to określa następujące maksymalne dopuszczalne zawartości cynku: dla dzieci 5 mg/kg s.m., dla osób dorosłych 10 mg/kg s.m. Zawartość cynku w owocach truskawek w niniejszym doświadczeniu wahała się w granicach 0,91–2,04 mg/kg s.m. (tab. 5), a więc była znacznie niższa od dopuszczalnych wartości maksymalnych. Jednakże jest ona przeważnie wyższa od przeciętnych wartości podawanych przez innych autorów [Łoś-Kuczera, Piekarska 1988]. W większości danych z literatury zawartość cynku w owocach truskawek była podobna do tych, jakie otrzymano w omawianych badaniach. Kampe [1981] podaje, że w Nadrenii-Palatynacie i Hesji (Niemcy) notowano w owocach truskawek średnio 0,84 mg Zn w 1 kg s.m. (maksymalnie 1,01). Niskie ilości tego składnika w owocach truskawek otrzymano również w Danii [Hansen, Anderson 1983]: średnio 0,99 mg/kg s. m., przy

wahaniach od 0,46 do 1,7 mg/kg s.m. W badaniach polskich Szteke [1990], analizując owoce truskawki z 30 plantacji zlokalizowanych na terenie województwa rzeszowskiego, stwierdziła w niektórych przypadkach przekroczenie dopuszczalnych maksymalnych zawartości cynku; otrzymała najwięcej 12,5 mg/kg, przy średniej 2,3 mg/kg s.m. Autorce tej nie udało się jednak ustalić żadnych zależności między ilością cynku w owocach truskawek a właściwościami gleby. Brak takich zależności wykazała również ocena statystyczna wyników niniejszego doświadczenia.

WNIOSKI

1. Zastosowanie wapna zawierającego bardzo duże ilości cynku (17000 lub 32000 mg/kg) wyraźnie zwiększyło ilość tego składnika w warstwie ornej gleby w formie rozpuszczalnej w 0,1 M HCl. Jednakże nawet przy zastosowaniu wyższej dawki takiego wapna (2Hh) zawartość Zn w glebie nie przekracza 65 mg/kg. W świetle norm EWG na takich glebach można uprawiać truskawki.

2. Wyższa zawartość Zn w glebie powodowała wyraźne zwiększenie ilości tego składnika w korzeniach truskawek, natomiast nie wpływała na zawartość cynku w liściach i w owocach.

3. Wyższe pH gleby oraz nawożenie torfem zmniejszało zawartość cynku w roślinie.

4. Zawartość cynku w owocach wahała się na poszczególnych obiektach w granicach 0,9–2,0 mg/kg s.m., a więc wyraźnie poniżej norm dopuszczalnych w Polsce.

LITERATURA

- DORĘGOWSKA M., 1986: Kompleksy próchnicy z metalami ciężkimi jako ochrona przed skażeniami gleby. *Rocz. Glebozn.* 27, 2–3; 323–332.
- BARAN S., 1980: Zmiany zawartości Pb, Zn i Cu w środowisku przyrodniczym pod wpływem zanieczyszczeń atmosfery oraz nawożenia gleby odpadami i osadami ściekowymi. *Zesz. Nauk. AR Lublin* 68.
- CIEŚLIŃSKI G., MERCIK S., 1992: Lead uptake by strawberry plants. *Acta Hort. Proc. of 2nd Inter. Strawberry Symp., Baltimore, MD. USA, 13–17 September.*
- CIEŚLIŃSKI G., MERCIK S., NEILSEN G., (in press): Effect of soil application of cadmium contaminated lime on soil Cd distribution and Cd concentration in strawberry leaves and fruit. *J. Plant Nutrit.*
- CZARNOWSKA K., 1980: Akumulacja metali ciężkich w glebach, roślinach i niektórych zwierzętach na terenie Warszawy. *Rocz. Glebozn.* 31, 1: 77–113.
- FABISZEWSKI J., BREJ T., BIELECKI K., 1983: Fitoindykacja wpływu hutnictwa miedzi na środowisko biologiczne. *Pr. Wroc. Tow. Nauk. Ser. B*, 207, 110 s.
- FOTYMA M., ZIĘBA S., 1988: Przyrodnicze i gospodarcze podstawy wapnowania gleb. PWRiL, Warszawa, 250 s.
- GAJEK F., KRZYSZTOFOWICZ K., 1980: Działanie odpadowego wapna magnezowego i mielonego wapienka na kwaśnych glebach południowo-środkowej Polski. *Pam. Pul.* 73: 115–130.
- GILLER K., MC GRATH S., 1989: Muck, metals and microbes. *New Scientist* 4: 31–32.

- HANSEN H.II., ANDERSON A., 1983: Bly, cadmium, kobber og zink i frugt og grøntsager 1977–80. Statens Levnedismiddelinst. Stougaard Jensen/Kobenhavn. 37 s.
- KABATA-PENDIAS A., 1981: Zawartość metali ciężkich w glebach uprawnych Polski. *Pam. Pul.* 74: 101–111.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKAM., 1984: Zanieczyszczenia gleb i roślin uprawnych pierwiastkami śladowymi. CBR, Warszawa, 28 s.
- KABATA-PENDIAS A., WIĘCEK K., 1985: Excessive uptake of heavy metals by plants from contaminated soils. *Rocz. Glebozn.* 36, 4: 33–42.
- KAMPE W., 1981: Schwermetallgehalte und Rückstände aus dem chemischen Pflanzenschutz und Rohprodukten sowie im Gesamtverzehr von Lebensmitteln. *Pfl. Landwirtsch., Forsch., Sonderh.* 38.
- LENARTOWICZ W., 1971: Wpływ nawożenia na skład chemiczny owoców truskawek. 1. Wpływ nawożenia na zawartość związków mineralnych w owocach truskawek. *Pr. Inst. Sad.* 15: 197–210.
- ŁOŚ-KUCZERA M., PIEKARSKA J., 1988: Skład i wartość odżywcza produktów spożywczych. Cz. II–VII, PZWL, Warszawa, 495 s.
- PIERZYŃSKI G.M., SCHWAB A.P., 1993: Heavy metals in the environment. Bioavailability of zinc, cadmium, and lead in metal-contaminated alluvial soil. *J. Environ. Qual.* 22: 247–254.
- ROSZYK E., ROSZYK S., SPIAK Z., 1988: Toksyeczna dla roślin zawartość cynku w glebach. *Rocz. Glebozn.* 39, 3: 57–69.
- SZTEKE B., 1990: Studia nad wpływem środowiska uprawy na jakość zdrowotną żywności pochodzenia roślinnego. *Rozpr. habilit. PZH*, Warszawa, 98 s.
- SZTEKE B., JEŃDZIEJCZAK R., NIEPŁOCHA J., TYCH W., 1989: Influence of the environmental factors on cadmium contents in strawberry fruits. *Fruit Sci. Rep.* 16, 1: 1–6.
- TAYLOR K.C., ALBRIGO L.G., CHASE C.D., 1988: Zinc complexation in phloem of blight-affected *Citrus*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113, 3: 407–411.
- WEAR J., EVANS C.E., 1968: Relationship of zinc uptake by corn and sorghum to soil zinc measured by three extractants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 543–546.
- WORTHINGTON S.L., EVANS jr. A., 1991: Zinc fractionation in a Cecil soil as influenced by organic acid treatments. Proc. 2nd Int. Symp. on Plant-Soil Interactions at Low pH. 24–29 June 1990, Beckley, West Virginia, USA: 113–122.
- XIAN X., 1989: Response of kidney bean to concentration and chemical form of cadmium, zinc and lead in polluted soils. *Environ. Pollut.* 57, 2: 127–137.
- XIAN X., SHOKOHIFARD G.I., 1989: Effect of pH on chemical forms and plant availability of cadmium, zinc and lead in polluted soils. *Water, Air and Soil Pollut.* 45: 265–273.

G. CIEŚLIŃSKI¹, S. MERCIK²

EFFECT OF APPLIED INDUSTRIAL WASTE LIMES ON SOIL ZN DISTRIBUTION AND ITS CONCENTRATION IN STRAWBERRY (*FRAGARIA GRANDIFLORA* DUCH.) PLANTS AND FRUIT

¹Research Institute of Pomology and Floriculture in Skierniewice²Department of Agriculture Soil Chemistry, Warsaw Agricultural University

SUMMARY

The study was initiated to investigate the Zn uptake by strawberry plants grown in soil amended with heavy metal contaminated limes. Three different kinds of industrial waste limes containing 96,5 mg Zn per kg (calcareous mud from a brown coal mine), 17600 mg Zn per kg (magnesium lime form from a lead-smelting work), and 32850 mg Zn per kg (magnesium lime form from a zinc smelting work) were used. The effects of soil applied Zn were investigated including its distribution in the soil and effect on the Zn concentrations in strawberry roots, leaves and fruit in response to soil organic matter concentration and lime rates. Zn was applied at two lime rates (1 *Hh* and 2 *Hh*) prior to planting. Soil liming increased Zn soil concentration to a maximum of 63,0 mg/kg which was within the standard recommended Zn soil concentration in Poland. Increase of soil Zn concentration increased the concentration of this element in strawberry roots. Decreased of the soil pH as well as soil organic matter concentration affected the increase of leaf Zn concentration. However, either investigated soil properties (pH and organic matter concentration) nor soil Zn concentration had effect on its concentration in strawberry fruit which ranged from 0,91 to 2,04 mg Zn per kg of strawberries fresh weight.

Praca wpłynęła do redakcji w listopadzie 1993 r.

Dr Grzegorz Cieśliński

Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach

96-100 Skierniewice, Pomologiczna 1