

WPŁYW ZANIECZYSZCZENIA GLEBY METALAMI CIĘŻKIMI NA SKŁAD CHEMICZNY KUKURYDZY

Czesława Jasiewicz, Jacek Antonkiewicz

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Wstęp

Wpływ metali ciężkich na rośliny może być wynikiem zaburzeń w pobieraniu, transporcie i asymilacji makro- i mikroelementów [BURZYŃSKI 1987; GORLACH, GAMBUŚ 1992; RUSZKOWSKA, WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS 1996]. Nadmiar metali ciężkich w glebie stanowi jedno z największych zagrożeń ze względu na ich dużą toksyczność dla człowieka i zwierząt [ŻECHAŁKO-CZAJKOWSKA 1992; GAMBUŚ, GORLACH 1997]. Kukurydza należy do roślin pobierających duże ilości składników mineralnych, w tym metali ciężkich co w konsekwencji stwarza zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt.

Celem badań było określenie wpływu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi na skład chemiczny kukurydzy.

Materiał i metodyka

Badania przeprowadzono w latach 1997-1999 w warunkach doświadczenia wazonowego w hali wegetacyjnej. Do doświadczenia użyto glebę o składzie granulometrycznym pyłu zwykłego. Pojemność sorpcyjna gleby wynosiła 81,1 cmol (+)·kg⁻¹, pH 6,0 w 1 mol KCl·dm⁻³ i zawartość C organicznego 9,5%. Zawartość metali ciężkich oznaczona w wyciągu (65% HNO₃ i 70% HClO₄) wynosiła: 1,2 mg Cd; 54,3 mg Pb; 5,0 mg Ni; 13,8 mg Cu; 226,6 mg Zn·kg⁻¹ s.m. gleby. Schemat doświadczenia obejmował 6 obiektów (każdy w 4-ech powtórzeniach): kontrola bez dodatku metali ciężkich i 5 obiektów ze wzrastającymi dawkami metali ciężkich (tab. 1). Metale ciężkie stosowano w formie wodnych roztworów soli: 3 CdSO₄·8 H₂O, CuSO₄·5 H₂O, NiSO₄·7 H₂O, Pb(NO₃)₂ i ZnSO₄·7 H₂O. Wszystkie wazony otrzymały jednakowe nawożenie podstawowe: 0,3 g N w NH₄NO₃; 0,08 g P w KH₂PO₄; 0,20 g K w KH₂PO₄ + KCl i 0,05 g Mg w MgSO₄·7 H₂O na kg s.m. gleby. Metale ciężkie i nawozy wymieszano z glebą na tydzień przed wysiewem nasion. Okres wegetacji kukurydzy w latach 1997-1999 wynosił średnio 100 dni. W czasie wegetacji rośliny podlewano wodą redestylowaną utrzymując wilgotność gleby na poziomie 60% maksymalnej pojemności wodnej. Rośliny zebrano w fazie dojrzałości mleczno-woskowej kolb. Po zbiorze rośliny suszono w termostacie w temperaturze 75°C, następnie określono wysokość plonu części

nadziemnych. Zawartość Mn, Mg, Na, K i Ca oznaczono po spopieleniu na sucho, techniką płomieniową metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) przy użyciu spektrofotometru firmy Philips model PU 9100X [OSTROWSKA i in. 1991].

Wyniki i dyskusja

Zastosowane w doświadczeniu wazonowym metale ciężkie wpłynęły istotnie na obniżenie plonu suchej masy części nadziemnych oraz korzeni kukurydzy. Plon części nadziemnych zależnie od roku prowadzenia doświadczenia i poziomu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi mieścił się w przedziale 38,4–224,1 g na wazon, a korzeni 8,9–32,0 g na wazon (tab. 1). Toksyczny wpływ metali ciężkich na plon kukurydzy został zarejestrowany od II-go poziomu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. Spadek plonu części nadziemnych w latach 1997–1999 w obiektach II–V w stosunku do obiektu kontrolnego wynosił odpowiednio: w 1997 r. od 4 do 81%, 1998 r. od 12 do 76% i w 1999 r. od 11 do 72%. Obniżenie plonowania korzeni kukurydzy zostało zarejestrowane podobnie jak i części nadziemnych również od II poziomu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi (tj. od Cd 10, Cu 40, Ni 30, Pb 60, Zn 100 mg·kg⁻¹ s.m. gleby) i w stosunku do obiektu kontrolnego wynosiło odpowiednio: w 1997 r. od 29 do 68%, 1998 r. od 21 do 72% i w 1999 r. od 27 do 75% (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

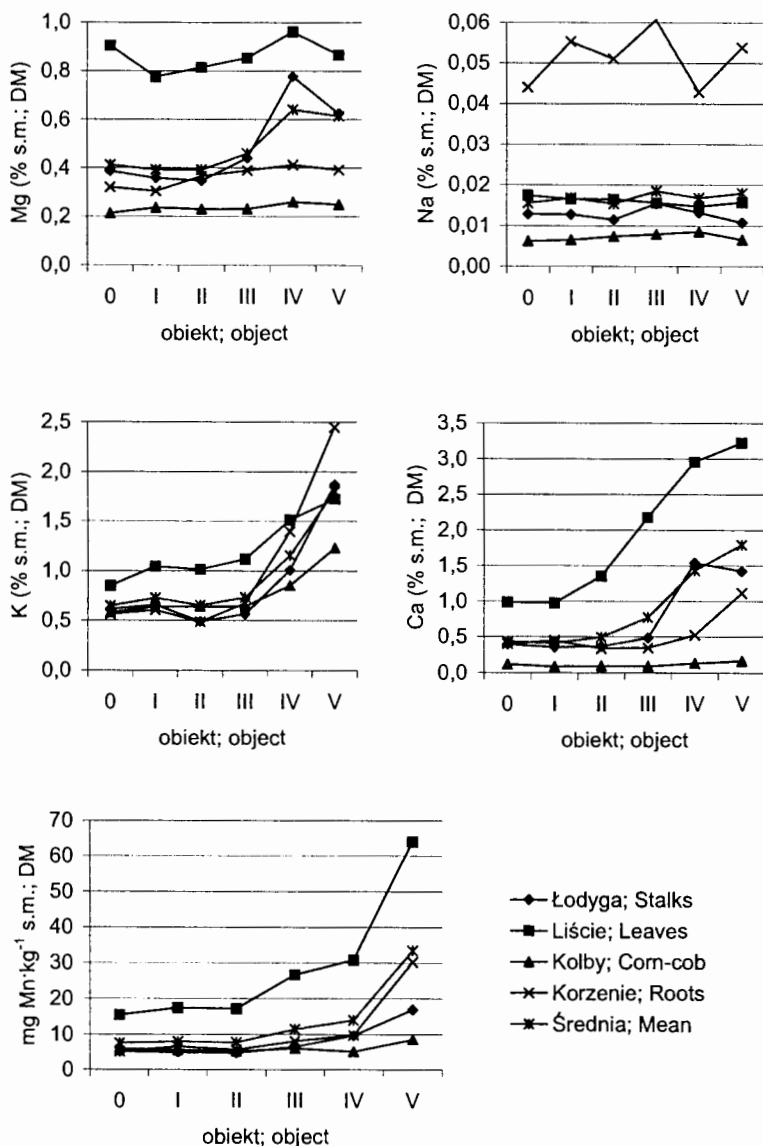
Plon (s.m.) kukurydzy (g z wazonu)
Yield (DM) of maize (g per pot)

Obiekt Object	Dawki metali (mg·kg ⁻¹ s.m. gleby) Doses of metals (mg·kg ⁻¹ DM soil)	Lata; Years					
		1997		1998		1999	
		cz. nadz. above- ground	korze- nie roots	cz. nadz. above- ground	korze- nie roots	cz. nadz. above- ground	korz- enie roots
0	Kontrola; Control	203,3	27,3	223,4	31,3	216,7	31,5
I	Cd 5, Cu 20, Ni 15, Pb 30, Zn 50	210,0	27,4	224,1	29,7	216,8	32,0
II	Cd 10, Cu 40, Ni 30, Pb 60, Zn 100	194,5	19,5	196,7	24,7	193,1	23,0
III	Cd 20, Cu 80, Ni 60, Pb 120, Zn 200	176,4	17,6	158,6	24,5	164,8	20,7
IV	Cd 40, Cu 160, Ni 120, Pb 240, Zn 400	122,2	15,9	82,7	16,6	82,3	15,7
V	Cd 80, Cu 320, Ni 240, Pb 480, Zn 800	38,4	8,7	54,3	8,9	60,2	7,8
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}		9,0	2,4	8,7	2,4	10,3	3,7

Na rys. 1 przedstawiono średnią ważoną zawartości pierwiastków za 3-letni okres badań. Jak wynika z informacji zawartych w licznych publikacjach [LITYŃSKI, JURKOWSKA 1982; GORLACH, CURYŁO 1990] zawartość magnezu w roślinach wahała się od 0,1–1% Mg w s.m. Magnez gromadził się w większych ilościach w częściach nadziemnych niż w korzeniach. W kukurydzy uprawianej w warunkach zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi zawartość magnezu wahała się od 0,21 do 0,96 % Mg (rys. 1) i największe jego ilości stwierdzono w blaszkach liściowych (0,77–0,96% Mg) przy stosunkowo niskim współczynniku zmienności ($v = 7,7\%$) a najmniejsze ilości odnotowano w kolbach (0,21–0,26% Mg) przy najniższym

współczynnika zmienności ($v = 6,7\%$).

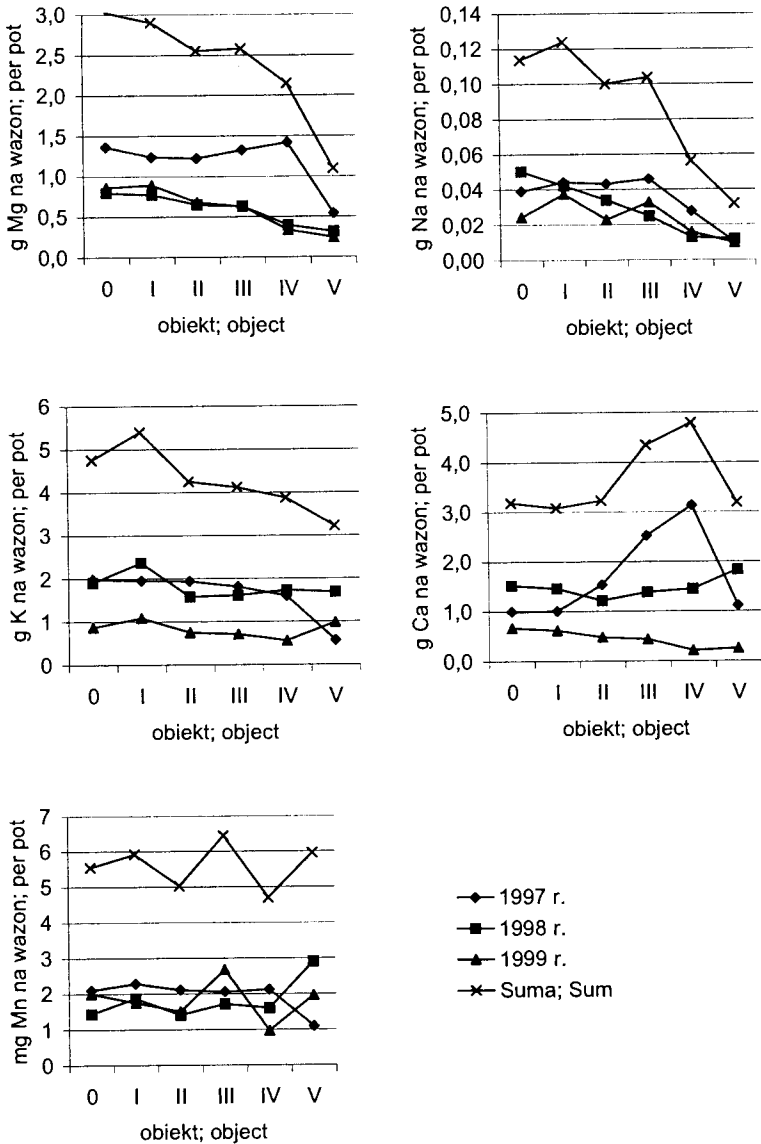
Zawartość sodu na ogół kształtuje się na bardzo niskim poziomie w odróżnieniu od innych metalicznych pierwiastków. Korzenie roślin zawierają więcej Na niż części nadziemne [LITYŃSKI, JURKOWSKA 1982; GORLACH, CURYŁO 1990]. Koncentracja sodu w częściach nadziemnych badanej kukurydzy kształtowała się na bardzo niskim poziomie (0,01–0,02% Na), natomiast w korzeniach na nieco wyższym poziomie (0,04 do 0,06% Na), (rys. 1).



Rys. 1. Zawartość pierwiastków w kukurydzy
Fig. 1. Content of elements in *Zea mays* L.

Pod wpływem zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi zawartość potasu w badanej kukurydzy systematycznie wzrastała. Zawartość potasu w kukurydzy mieściła się w zakresie 0,49–2,45% K w s.m. Największe koncentracje potasu odnotowano w liściach, a najmniejsze w kolbach (rys. 1).

Zawartość wapnia w kukurydzy wahała się od 0,09 do 3,23% Ca i podobnie jak w przypadku magnezu i potasu największe ilości odnotowano w liściach (0,98–3,23% Ca), a najmniejsze w kolbach (0,09–0,17% Ca), (rys. 1).



Rys. 2. Pobranie pierwiastków przez kukurydzę
Fig. 2. Uptake of the elements by *Zea mays* L.

Optymalne zaopatrzenie roślin w mangan wpływa korzystnie nie tylko na wysokość plonu, ale także na jego jakość. Z badań LITYŃSKI, JURKOWSKA [1982] oraz JASIEWICZ [1991] wynika, że zawartość manganu w roślinach przeważnie wynosi kilkadziesiąt $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. i części nadziemne kumulują znacznie więcej tego pierwiastka, co wiąże się z jego fizjologiczną funkcją. Koncentracja manganu w badanej kukurydzy wahała się od 4,69 do 64,07 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Największe ilości manganu zarejestrowano w liściach (15,44–64,07 mg Mn), a najmniejsze w kłobach (5,09–8,51 mg Mn), (rys. 1).

Pobranie składników pokarmowych przez rośliny jest wypadkową plonu roślin i zawartości w nim pierwiastków. W miarę wzrostu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi obserwowano spadek odprowadzenia Mg, Na i K z plonem, natomiast nie stwierdzono tej tendencji w przypadku wapnia i manganu (rys. 2). Pobranie magnezu z plonem w poszczególnych obiektach w zależności od roku prowadzenia doświadczenia wahało się od 1,09–3,02 g Mg, sodu od 0,03–0,12 g Na, potasu 3,22–5,39 g K, wapnia 3,08–4,80 g Ca i manganu 4,7–6,45 g Mn na wazon. Największym odprowadzeniem analizowanych pierwiastków charakteryzowała się kukurydza z obiektów kontrolnych, a najmniejszym z V obiektu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi (tj. przy Cd 80, Cu 320, Ni 240, Pb 480, Zn 800 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. gleby). Wzrost poziomów zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi powodował wyraźny spadek pobrania Mg, Na, i K i przy najwyższym poziomie zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi w stosunku do obiektu kontrolnego wynosił on odpowiednio: 36,1%, 27,3%, 67,8%.

Wnioski

1. Wysokość plonu kukurydzy uwarunkowana była poziomem zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. Spadek plonu części nadziemnych i korzeni w zależności od obiektu i roku doświadczenia w odniesieniu do obiektu kontrolnego wahał się: od 4% do 81%, i od 21% do 75%.
2. Zawartość badanych pierwiastków w kukurydzy zależała od analizowanej części rośliny i mieściła się w przedziale: 0,21–0,96% Mg, 0,01–0,06% Na, 0,49–2,45%, 0,09–3,23% Ca, 4,69–64,07 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.
3. Nie stwierdzono istotnego i jednoznacznego wpływu metali ciężkich na zawartość Mg, Na, K, Ca i Mn w badanych częściach wskaźnikowych kukurydzy.

Literatura

BURZYŃSKI M. 1987. *Wpływ ołowiu na procesy fizjologiczne roślin*. Wiad. Bot. 31(2): 87–96.

GAMBUŚ F., GORLACH E. 1997. *Zawartość kadmu w różnych ogniwach łańcucha pokarmowego: gleba-roślina-zwierzę na przykładzie województwa krakowskiego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 448: 103–108.

GORLACH E., CURYŁO T. 1990. *Wpływ odczynu gleby na pobieranie potasu, sodu, magnezu i wapnia przez różne gatunki roślin*. Roczn. Glebozn. 41(1/2): 117–131.

GORLACH E., GAMBUŚ F. 1992. *Mikroelementy w nawożeniu roślin, potrzeby i stosowa-*

nie. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”. AR Wrocław, 16–17 IX 1992: 13–19.

JASIEWICZ Cz. 1991. *Wpływ miedzi na pobieranie manganu, cynku i żelaza przez rośliny*. Roczn. Glebozn. 42(1/2): 79–88.

LITYŃSKI T., JURKOWSKA H. 1982. *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. Wyd. PWN, Warszawa: 636 ss.

OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Katalog. Wyd. IOŚ, Warszawa: 334 ss.

RUSZKOWSKA M., WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS U. 1996. *Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1–11.

ŻECHAŁKO-CZAJKOWSKA A. 1992. *Mikroelementy w pożywieniu człowieka*. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”, AR Wrocław 16–17.09.1992: 13–19.

Słowa kluczowe: kukurydza, liście, łodygi, korzenie, metale ciężkie, Mg, Na, K, Ca i Mn

Streszczenie

Nadmiar metali ciężkich w glebie stanowi jedno z największych zagrożeń ze względu na ich dużą toksyczność dla człowieka i zwierząt. Celem badań było określenie wpływu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi na skład chemiczny kukurydzy. Badania przeprowadzono w latach 1997–1999 w warunkach doświadczenia wazonowego. Do doświadczenia wykorzystano glebę o składzie granulometrycznym pyłu zwykłego, zawartości materii organicznej 16,6%, pH 6,5 w 1 mol KCl·dm⁻³, pojemności sorpcyjnej gleby (oznaczoną metodą Mehlich) – 68,11, całkowitej kwasowości wymiennej – 9,60 cmol(+)·kg⁻¹ gleby. Schemat doświadczenia obejmował sześć obiektów różniących się dawką wprowadzonych do gleby metali ciężkich (Cd, Pb, Ni, Cu, Zn). Okres wegetacji kukurydzy w latach 1997–1999 wynosił średnio 100 dni. Stwierdzono istotny wpływ od II do V poziomu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi na plonowanie kukurydzy. Spadek plonu w zależności od obiektu i roku doświadczenia w odniesieniu do obiektu kontrolnego wahał się od 4 do 81%. Średnie zawartości badanych pierwiastków w kukurydzy mieściły się w zakresie: 0,21–0,96% Mg, 0,01–0,06% Na, 0,49–2,45% K, 0,09–3,23% Ca, 4,69–64,07 mg Mn·kg⁻¹ s.m.

EFFECT OF SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS ON CHEMICAL COMPOSITION OF MAIZE

Czesława Jasiewicz, Jacek Antonkiewicz

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Kraków

Key words: maize, stalks, leaves, roots, heavy metals, Mg, Na, K, Ca i Mn

Summary

The excess of heavy metals in soil is one of the largest threat because of their high toxicity to men and animals. The objective of study was to examine the effect of soil contamination with heavy metals on chemical composition of maize plants. Investigations were conducted in 1997–1999 on the basis of pot plant experiment in a green-house. Soil, composed of ordinary silt, of 16.6% organic matter and pH 6.5 in 1 mol KCl·dm⁻³, cation exchange capacity (determined by Mehlich) – 68.11, total exchangeable acidity – 9.60 cmol(+)·kg⁻¹ soil, was used in the experiment. Experimental design included six treatments differed with doses of heavy metals added to the soil. The lowest levels of soil dry matter contamination with heavy metals were as follows: 80 mg Cd·kg⁻¹, 480 mg Pb·kg⁻¹, 240 mg Ni·kg⁻¹, 320 mg Cu·kg⁻¹, 800 mg Zn·kg⁻¹ of soil dry weight. Vegetation period for maize was 100 days. Under pot experiment conditions a significant influence of soil contamination with heavy metals on yielding of individual test plants was stated. At the II, III, IV and V levels of soil pollution with heavy metals a decrease in maize yield ranged within 4% and 81% as compared to the control. Mean contents of examined elements in maize plants ranged as follows: 0.21–0.96% Mg, 0.01–0.06% Na, 0.49–2.45% K, 0.09–3.23% Ca, 4.69–64.07 mg Mn·kg⁻¹ DM.

Prof. dr hab. Czesława **Jasiewicz**
Katedra Chemii Rolnej
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
al. Mickiewicza 21
31-120 KRAKÓW
e-mail: rrantonk@cyf-kr.edu.pl