

WPLYW CYNKU NA ROZMIESZCZENIE TEGO PIERWIASKA W KUKURYDZY HODOWANEJ W KULTURACH WODNYCH

Czesława Jasiewicz, Marcin Zemanek, Ewa Kozioł

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

Wstęp

Nadmiar cynku wpływa na rośliny szkodliwie. Objawami zbyt wysokich stężeń tego pierwiastka w roślinach są zmiany chlorotyczne i nekrotyczne na liściach, ograniczenie wzrostu i kiełkowania nasion [SPIAK 1993; KABATA-PENDIAS i in. 1999]. Rośliny mało wrażliwe na duże stężenie cynku chronią się przed zatruciem, akumulując ten pierwiastek w dużych ilościach w wakuolach komórek korzeniowych [RUSZKOWSKA, WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS 1996]. Ponieważ tolerancja roślin na wysokie stężenia cynku jest dość powszechna, zwłaszcza w rejonach zanieczyszczonych tym pierwiastkiem, rośliny przy dużej jego zawartości mogą nie wykazywać symptomów toksyczności [SIEDLECKA 1995].

Stężenie cynku w poszczególnych częściach roślin jest zróżnicowane, a dane dotyczące jego zawartości w różnych częściach roślin nie są zgodne. Na rozmieszczenie cynku w roślinie mogą wpływać czynniki zewnętrzne, np. niektóre gatunki roślin rosnących na glebie o dużej zawartości cynku gromadzą go przede wszystkim w korzeniach [JURKOWSKA, LITYŃSKI 1982; ŁYSZCZ, RUSZKOWSKA 1991]. GAMBUŚ [1997] z kolei stwierdził, że cynk w częściach nadziemnych roślin kumuluje się prawie tak samo jak zwiększa się jego koncentracja w korzeniach.

Celem niniejszej pracy jest określenie wpływu wzrastających stężeń cynku w pożywce na rozmieszczenie tego pierwiastka w badanych częściach kukurydzy.

Materiały i metodyka

Doświadczenie wegetacyjne prowadzono w 1999 roku w warunkach kultur wodnych z kukurydzą (*Zea mays* L.) odmiany KLG. Doświadczenie obejmowało 10 obiektów: w tym 1 obiekt kontrolny i 9 obiektów ze wzrastającym dodatkiem cynku do pożywki. Każdy obiekt obejmował 4 powtórzenia, a powtórzeniem było akwarium o pojemności 5 dm³, w którym rosły 4 rośliny. Wszystkie akwaria wypełnione zostały pożywką o składzie: (mg·dm⁻³) Ca(NO₃)₂·4 H₂O – 910; KNO₃ – 550; KH₂PO₄ – 150; MgSO₄·7 H₂O – 540; CuSO₄·5 H₂O – 0,09; H₃BO₄ – 3,17; MnSO₄·H₂O – 2,43; ZnSO₄·7 H₂O – 0,43; H₂MoO₄ – 0,08; EDTA(NaFe) – 45,5.

Do napowietrzanych roztworów wodnych wysadzono 8-dniowe siewki kukurydzy. Po 2 tygodniach wzrostu roślin w akwariach, gdy rośliny wykształciły

typowy, wodny system korzeniowy, zastosowano cynk (tab. 1). Cynk został zastosowany jako $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$. Zbioru roślin dokonano po 7 tygodniach od umieszczenia roślin w akwariach. Po zbiorze określono wysokość plonów świeżej masy części nadziemnych i korzeni. W materiale roślinnym oznaczono zawartość cynku metodą spektrometrii emisyjnej. Pomiaru dokonano przy użyciu spektrofotometru ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-AES) produkcji Jobin Yvon.

Tabela 1; Table 1

Dawki cynku zastosowane w doświadczeniu
Doses of zinc applied in the experiment

Obiekt (akwarium) Object (aquarium)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Dawka cynku Dose of zinc (mg·dm ⁻³)	0	5	10	20	40	80	120	160	240	320

Wyniki i dyskusja

Zastosowane dawki siarczanu cynku wywarły niekorzystny wpływ na wzrost roślin i ich wygląd zewnętrzny, co znalazło odzwierciedlenie w depresji plonowania. Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 2 plon świeżej masy części nadziemnych kukurydzy wahał się w granicach 139,5–604,2 g. Najwyższy plon części nadziemnych zaobserwowano w obiekcie kontrolnym (604,2 g). W miarę wzrostu dawki cynku obserwowano statystycznie istotne obniżenie plonu części nadziemnych w stosunku do kontroli. Spadek kształtował się na poziomie 14–77%. Najmniejszemu obniżeniu uległ plon na obiekcie III, gdzie zanotowano 519,8 g, a najbardziej obniżył się plon na obiekcie X – o najwyższym stężeniu cynku i wynosił 139,5 g.

Tabela 2; Table 2

Plon świeżej masy części nadziemnych i korzeni kukurydzy (g św.m. na akwarium)
The yield fresh matter of maize tops and roots (g FM per aquarium)

Obiekty; Objects									
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Części nadziemne; Tops									
604,2	479,3	519,8	396,1	385,9	290,6	247,7	220,0	211,8	139,5
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05} = 80,4									
Korzenie; Roots									
140,6	115,2	159,6	127,9	137,8	130,0	110,4	103,8	94,2	71,5
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05} = 43,6									

Plon świeżej masy korzeni wahał się w zakresie 71,5–159,6 g. Największy plon otrzymano na obiekcie III, wynosił on 159,6 g i był o 13% wyższy w porównaniu z kontrolą (140,6 g). Dodatek cynku spowodował statystycznie istotny spa-

dek plonu korzeni na obiektach IX (94,2 g) i X (71,5 g) w stosunku do kontroli. Korzenie na IX i X obiekcie wyglądały gorzej niż korzenie pozostałych ośmiu obiektów. Dawka 240 i 320 mg Zn·dm⁻³ pożywki spowodowała ograniczenie wzrostu korzeni na długość oraz zmniejszenie liczby korzeni włóśnikowych.

Uzyskane wyniki można porównać z doświadczeniem wazonowym ŁYSZCZ i RUSZKOWSKIEJ [1991]. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdziły, że nadmiar cynku wywołuje redukcję plonu i jednocześnie zaobserwowały, że reakcja poszczególnych gatunków na stres cynkowy jest zróżnicowana. Spośród wykorzystanych w doświadczeniu roślin najbardziej wrażliwy okazał się sonecznik i groch, nieco mniej owies, a najbardziej odporną na nadmiar cynku okazała się kukurydza. Dawka 33 mg Zn·kg⁻¹ gleby tylko w nieznacznym stopniu obniżała plon części nadziemnych kukurydzy, a dawki większe powodowały mniej gwałtowny spadek plonu niż to miało miejsce w doświadczeniu ze sonecznikiem i owsem. Nawet przy największej dawce (132 mg Zn·kg⁻¹ gleby) rośliny kukurydzy pozostawały żywe, choć o znacznie zredukowanym wzroście. Również KUDUK [1994] w doświadczeniu wazonowym badając wpływ wzrastających dawek cynku na rozwój grochu stwierdził, że wysokie stężenie cynku ograniczyło plon korzeni o 60%, a części nadziemnych o 54%. Z kolei MISRA [1992] stosując wysokie dawki cynku zaobserwował redukcję plonu mięty japońskiej.

Zawartość cynku w analizowanych częściach kukurydzy przedstawia tab. 3. W miarę wzrostu dawki cynku w podłożu obserwowano wzrost zawartości tego pierwiastka w poszczególnych częściach kukurydzy (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Zawartość cynku w kukurydzy (mg·kg⁻¹ s.m.)
The content of zinc in maize (mg·kg⁻¹ DM)

Obiekt Object	Korzenie Roots	Łodygi Stalks	Liście – piętra; Leaves – nodes						
			1	2	3	4	5	6	7
I	134	11	54	30	28	22	19	17	16
II	1126	199	66	101	146	80	72	56	51
III	1965	299	126	163	192	140	116	91	88
IV	2760	452	199	292	367	294	259	165	133
V	5730	676	413	700	802	616	508	331	244
VI	7760	749	515	885	1237	1022	752	468	-
VII	13000	852	557	1220	1375	1100	923	525	-
VIII	13900	1010	650	1550	1477	1170	1026	739	-
IX	17000	1275	1095	1920	2198	1866	1143	524	-
X	19400	1315	840	2022	2670	1350	969	-	-

- nie oznaczono; not determined

Najwyższe zawartości cynku stwierdzono we wszystkich analizowanych częściach kukurydzy z obiektu X (tab. 3). Zawartość cynku w korzeniach kukurydzy z tego obiektu była 145 razy wyższa od zawartości w korzeniach na obiekcie kontrolnym, a w łodydze i liściu odpowiednio 115 i 60 razy.

We wszystkich obiektach (z wyjątkiem obiektu kontrolnego) najwyższe za-

wartości cynku zaobserwowano w korzeniach, niższe w liściach (suma ze wszystkich piętér), a najniższe w łodygach. Cynk zawarty w korzeniach stanowił od 40% (obiekt kontrolny) do 68% (obiekt X) całkowitej jego ilości w roślinie. W łodygach znajdowało się od 3% cynku w obiekcie kontrolnym do 10% cynku ogólnego w obiekcie II (wraz ze wzrastającymi dawkami cynku zaobserwowano spadek ilości tego metalu). Udział cynku zawartego w liściach w stosunku do całkowitego pobrania wynosił od 56% (obiekt kontrolny) do 27% (obiekt X).

W rozmieszczeniu cynku w liściach poszczególnych piętér dopatrzone się pewnej prawidłowości, która nie dotyczyła jednak liści pochodzących z obiektu kontrolnego. Stwierdzono, że zawartość cynku w liściach najstarszych piętér (1, 2 i 3) stopniowo wzrastała i w liściach piętra 3 zawartość metalu była najwyższa we wszystkich analizowanych obiektach. W kolejnych, młodszych liściach piętér (4–7) zawartość cynku malała i w liściach piętra 7 była najniższa we wszystkich analizowanych obiektach.

Zawartość cynku w liściach piętra 2 i 3 wzrastała w miarę wzrostu koncentracji tego pierwiastka w podłożu. W liściach piętra 1, 4 i 5 zanotowano obniżenie zawartości cynku w obiekcie X z dodatkiem $320 \text{ mg Zn}\cdot\text{dm}^{-3}$, w porównaniu z obiektem IX, gdzie zastosowano $240 \text{ mg Zn}\cdot\text{dm}^{-3}$. Także w liściach piętra 6 zawartość cynku w obiekcie o wyższej koncentracji metalu w pożywce – $240 \text{ mg Zn}\cdot\text{dm}^{-3}$ – była niższa niż w obiekcie o niższej koncentracji – $160 \text{ mg Zn}\cdot\text{dm}^{-3}$ (w obiekcie z dawką $320 \text{ mg Zn}\cdot\text{dm}^{-3}$ liście piętra 6 nie wykształciły się). Liście piętra 7 rozwinęły się w obiektach I–V (dodatek cynku w ilości $> 40 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ zahamował rozwój liści w pozostałych obiektach). Stwierdzono wzrost zawartości cynku w liściach tego piętra w miarę zwiększania się koncentracji metalu w pożywce.

Łodygi zawierały mniej cynku niż korzenie i liście. Zaobserwowano wzrost zawartości cynku w łodydze wraz ze wzrastającymi dawkami metalu w podłożu. Najniższą zawartością cynku charakteryzowały się łodygi obiektu kontrolnego ($11,4 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), natomiast najwyższe zawartości metalu stwierdzono w łodygach obiektu X, gdzie zanotowano $1315,0 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Zawartość cynku w korzeniach w zależności od obiektu mieściła się w przedziale od $134,0 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (obiekt kontrolny) do $19400,0 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (obiekt X). Wzrastające stężenia cynku w pożywce powodowały wzrost zawartości cynku w korzeniach.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 3 korzenie zawierały więcej cynku niż części nadziemne we wszystkich obiektach z dodatkiem tego metalu (w obiekcie kontrolnym zanotowano sytuację odwrotną). Stosunek cynku zawartego w częściach nadziemnych do ilości w korzeniach wahał się od 1,47 w obiekcie kontrolnym do 0,47 w obiekcie X.

Otrzymane wyniki można porównać z doświadczeniem wazonowym KUDUKA [1994]. Wykazał on, że na zawartość cynku w roślinach miał wpływ poziom zanieczyszczenia gleby cynkiem. Wzrost poziomu cynku w podłożu powodował podwyższenie koncentracji tego pierwiastka w poszczególnych częściach grochu. Najwyższe zawartości stwierdził w korzeniach (od $225,0$ do $1898,5 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), a niższe w pędach (od $72,8$ do $985,5 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). MISRA [1992] w doświadczeniu z miętą japońską także zaobserwował zwiększanie się zawartości cynku w analizowanych częściach roślin w miarę wzrostu koncentracji metalu w podłożu, przy czym wyższą koncentrację metalu stwierdzono w korzeniach. ŁYSZCZ i RUSZKOWSKA [1991] badając reakcje różnych gatunków roślin na nadmiar

cynku wykazały, że kukurydza i owies – bardziej odporne na nadmiar cynku – zawierały przy toksycznych dawkach cynku znacznie mniej tego składnika w częściach nadziemnych niż słonecznik i groch; więcej cynku było natomiast w korzeniach. Ponadto stwierdziły, że w warunkach nadmiaru cynku (dawki 33–132 mg·kg⁻¹ piasku) większe dawki węgla wapnia powodowały znaczne zmniejszenie zawartości cynku w częściach nadziemnych i korzeniach wszystkich badanych roślin i poprawiły ich wzrost. Działanie węgla wapnia w usuwaniu nadmiaru cynku było jednak bardziej efektywne w przypadku kukurydzy i owsa niż grochu i słonecznika. Jednocześnie okazało się, że cechą charakterystyczną kukurydzy i owsa było to, iż wysoki procent (42–59%) pobranego cynku pozostawał w korzeniach, podczas gdy korzenie grochu i słonecznika zawierały go zwykle dużo mniej (10–13%).

Wnioski

1. Stwierdzono ujemny wpływ dodatku cynku do pożywki (5–320 mg·dm⁻³) na plon części nadziemnych kukurydzy. W odniesieniu do korzeni zaobserwowano spadek ich masy przy zastosowaniu najwyższych dawek cynku (240 i 320 mg·dm⁻³) o 33% w obiekcie IX i o 49% w obiekcie X.
2. Wzrastające dawki cynku w pożywce powodowały wzrost zawartości metalu w korzeniach i częściach nadziemnych. Najwyższe zawartości cynku zanotowano w korzeniach, niższe w liściach, a najniższe w łodygach.
3. Spośród analizowanych piętър liści, liście piętър 3 charakteryzowały się najwyższą zawartością cynku, a piętър 7 najniższą.

Literatura

- GAMBUŚ F. 1997. *Pobieranie metali ciężkich przez różne gatunki roślin uprawnych. Cz. II. Akumulacja metali ciężkich przez rośliny.* Acta Agr. Silv., Ser. Agr. XXXV: 31–44.
- JURKOWSKA H., LITYŃSKI T. 1982. *Żywność gleby i odżywianie się roślin.* PWN, Warszawa: 643 ss.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych.* Wydawn. Nauk. PWN, Warszawa: 398 ss.
- KUDUK Cz. 1994. *Wpływ wzrastających dawek cynku na rozwój grochu (Pisum arvense L.).* Zesz. Nauk. AR Wrocław 254: 33–38.
- ŁYSZCZ S., RUSZKOWSKA M. 1991. *Zróznicowana reakcja kilku gatunków roślin na nadmiar cynku.* Roczn. Gleb. XLII(3–4): 215–221.
- MISRA A. 1992. *Effect of zinc stress in Japanese mint as related to growth, photosynthesis, chlorophyll contents and secondary plant products – the monoterpenes.* Photosynthetica 26(2): 225–234.
- RUSZKOWSKA M., WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS U. 1996. *Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów.* Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 434: 1–11.

SIEDLECKA A. 1995. *Some aspects of interactions between heavy metals and plant mineral nutrients*. Acta Societ. Bot. Pol. 64(3): 265–272.

SPIAK Z. 1993. *Badania nad określeniem szkodliwej dla roślin uprawnych zawartości cynku w glebach*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozpr. hab. 121: 88 ss.

Słowa kluczowe: cynk, kukurydza

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu wzrastających stężeń cynku w pożywce na rozmieszczenie tego pierwiastka w analizowanych częściach roślin kukurydzy. Doświadczenie prowadzono 7 tygodni w warunkach kultur wodnych z kukurydzą (*Zea mays* L.) odmiany KLG. Schemat doświadczenia obejmował 10 obiektów z następującymi dawkami cynku w pożywce: 0, 5, 10, 20, 40, 80, 120, 160, 240 i 320 mg Zn·dm⁻³. Cynk w postaci ZnSO₄·7 H₂O dodano do pożywki po 3 tygodniach wzrostu kukurydzy. Po zbiorze roślin dokonano oznaczeń zawartości cynku w korzeniach, łodygach i w poszczególnych piętrach liści. Obecność cynku w pożywce spowodowała wzrost zawartości tego pierwiastka w kukurydzy. Najwięcej tego metalu kumulowało się w korzeniach (134,0–19400,0 mg Zn·kg⁻¹ s.m.), a następnie w kolejności: w liściach (16,0–2670,0 mg Zn·kg⁻¹ s.m.) i łodygach (11,4–1315,0 mg Zn·kg⁻¹ s.m.). Biorąc pod uwagę liście, stwierdzono najwyższą zawartość cynku w liściach trzeciego piętra, a najniższą w liściach piętra siódmego (najwyższego). Toksyczny wpływ cynku zaznaczył się również w plonowaniu.

THE EFFECT OF ZINC ON DISTRIBUTION OF THIS ELEMENT IN MAIZE CULTIVATED IN WATER CULTURES

Czesława Jasiewicz, Marcin Zemanek, Ewa Koziół

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Kraków

Key words: zinc, maize

Summary

The aim of investigation was to determine the influence of increased zinc concentrations in nutrient solution on distribution of this element in analysed parts of maize plants. The experiment was conducted over 7 weeks in water culture environment with maize, KLG cv. The experiment design comprised 10 objects containing the following zinc doses into nutrient solution: 0, 5, 10, 20, 40, 80, 120, 160, 240 and 320 mg Zn·dm⁻³. After 3 weeks of growing maize zinc was added as ZnSO₄·7 H₂O. After harvest the content of zinc was determined in roots, stalks and particular leaf nodes. Presence of zinc in nutrient solution increased this element content in maize. The highest zinc content was noted in roots (134.0–19400.0 mg Zn·kg⁻¹ DM), lower in leaves (16.0–2670.0 mg Zn·kg⁻¹

DM) and the lowest in stalks (11.4–1315.0 mg Zn·kg⁻¹ DM). Considering the leaves, the highest zinc content was found in leaves of third node while the lowest in leaves of the seventh node. Toxic effect of zinc on the yield was also noted.

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