

Agnieszka BARAN¹

REAKCJA KUKURYDZY NA TOKSYCZNĄ ZAWARTOŚĆ CYNKU W GLEBIE

MAIZE RESPONSE TO TOXIC ZINC CONTENT IN SOIL

Abstrakt: Przeprowadzono równoległe doświadczenie wazonowe nad wpływem dawki cynku na plon kukurydzy na dwóch glebach: glebie lekkiej (piasek słabo gliniasty) i ciężkiej (ił pylasty). W doświadczeniu zastosowano cztery poziomy cynku: Zn₀ - 0 mg (obiekt kontrolny), Zn₁ - 50 mg, Zn₂ - 250 mg, Zn₃ - 750 mg · kg⁻¹ s.m. gleby. Wykazano, że kukurydza jest rośliną mało wrażliwą na dużą zawartość cynku w glebach. Istotne zmniejszenie plonu części nadziemnych kukurydzy stwierdzono przy dawce cynku wynoszącej 250 mg, a korzeni dopiero przy 750 mg · kg⁻¹ s.m. Większą redukcję plonu kukurydzy stwierdzono na glebie lekkiej, o czym świadczą niższe wartości indeksu tolerancji. Na glebie ciężkiej wzrastające dawki cynku nie miały znaczącego wpływu na plonowanie kukurydzy, a obliczony indeks tolerancji był zbliżony do jedności.

Słowa kluczowe: kukurydza, cynk, plon, indeks tolerancji

Cynk ze względu na wiele funkcji fizjologicznych, które pełni w roślinach, uważany jest za niezbędny dla nich składnik pokarmowy [1]. Ponieważ jednak dość powszechnie występuje w środowisku, a także jest składnikiem wielu związków emitowanych do środowiska i substancji odpadowych stosowanych w rolnictwie, może ulegać kumulacji w glebie. Rośliny wykazują na ogół dużą tolerancję na podwyższoną zawartość cynku w glebie. Niemniej jednak zbyt duże stężenie tego metalu jest dla roślin szkodliwe z uwagi na łatwość gromadzenia w częściach wegetatywnych i generatywnych, co powoduje zmniejszenie plonów i pogorszenie się ich jakości [2-5]. Stopień tolerancji roślin na cynk zależy przede wszystkim od czynników glebowych, takich jak: odczyn, skład granulometryczny, zawartość materii organicznej, forma, w jakiej występuje, jego rozpuszczalność oraz gatunku rośliny [6-8]. Celem przedstawianych badań była ocena wpływu zwiększonych dawek cynku na plon kukurydzy.

Materiał i metodyka

Doświadczenie nad wpływem dawki cynku na plon kukurydzy przeprowadzono równoległe na dwóch glebach: lekkiej i ciężkiej. Gleba lekka o składzie granulometrycznym piasku słabo gliniastego charakteryzowała się odczynem obojętnym, natomiast gleba ciężka o składzie granulometrycznym iłu pylastego miała odczyn kwaśny. Całkowita zawartość cynku w glebie lekkiej wyniosła 62 mg, a w glebie ciężkiej 158,35 mg · kg⁻¹. Cynk rozpuszczalny w 1 mol HCl · dm⁻³ stanowił w glebie lekkiej 36%, a w glebie ciężkiej 16% jego całkowitej zawartości. W doświadczeniu zastosowano cztery poziomy stężenia cynku: Zn₀ - 0 mg (obiekt kontrolny), Zn₁ - 50 mg, Zn₂ - 250 mg, Zn₃ - 750 mg · kg⁻¹ s.m. gleby. Dla wszystkich obiektów doświadczalnych zastosowano jednakowe nawożenie mineralne: 0,225 g N, 0,14 g P oraz 0,275 g K · kg⁻¹ s.m. gleby. Sole mineralne w formie siarczanu(VI) cynku, azotanu(V) amonu, diwodorofosforanu(V) potasu oraz chlorku potasu wprowadzono przed siewem rośliny. Rośliną testową była kukurydza

¹ Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, tel. 12 662 43 41, email: Agnieszka.Baran@ur.krakow.pl

(*Zea mays*) odmiany „Bora”. Zbioru roślin dokonano w fazie 7-9 liści, po 40 dniach wegetacji, wydzielając: części nadziemne oraz korzenie. Po zbiorze materiał roślinny suszono w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza w temp. 70°C i określono ilość plonu suchej masy. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie przy wykorzystaniu jednoczynnikowej analizy wariancji i testu Tukeya. Test stosowano, gdy wykazano brak równości pomiędzy średnimi. Analizę wariancji prowadzono przy poziomie istotności $\alpha = 0,01$.

Wyniki

W doświadczeniu wykazano znaczący wpływ wzrastających dawek cynku na zmniejszenie się plonu części nadziemnych (tab. 1). Uzyskana biomasa nadziemna w zależności od poziomu zanieczyszczenia cynku była mniejsza odpowiednio o 7% (Zn_1), 10% (Zn_2) i 25% (Zn_3) na glebie lekkiej oraz o 8% (Zn_1), 10% (Zn_2) i 21% (Zn_3) na glebie ciężkiej w porównaniu do obiektu kontrolnego. Niezależnie od dawki cynku na obu glebach plony biomasy nadziemnej były porównywalne (tab. 1). Zanieczyszczenie gleb cynkiem zmniejszyło również plonowanie korzeni, przy czym w warunkach gleby lekkiej zależności te były statystycznie istotne (tab. 1). Wraz ze wzrostem dawki cynku ilość biomasy podziemnej na glebie lekkiej zmniejszała się o 15% (Zn_2) i 58% (Zn_3) w porównaniu do obiektu kontrolnego. W warunkach gleby ciężkiej, pod wpływem zanieczyszczenia gleb cynkiem, wykazano jedynie niską tendencję w plonowaniu korzeni odpowiednio o 7% (Zn_1), o 9% (Zn_2) i o 11% (Zn_3) w porównaniu do obiektu bez dodatku cynku (tab. 1). W obiekcie kontrolnym oraz z pierwszą i drugą dawką cynku uzyskano większe plony korzeni na glebie lekkiej niż ciężkiej odpowiednio od 7 do 30%. Jedynie w obiekcie z trzecią dawką cynku stwierdzono odwrotną zależność, tj. plony korzeni na glebie ciężkiej były większe o 85% niż na glebie lekkiej.

Tabela 1

Plony części nadziemnych i korzeni kukurydzy

Table 1

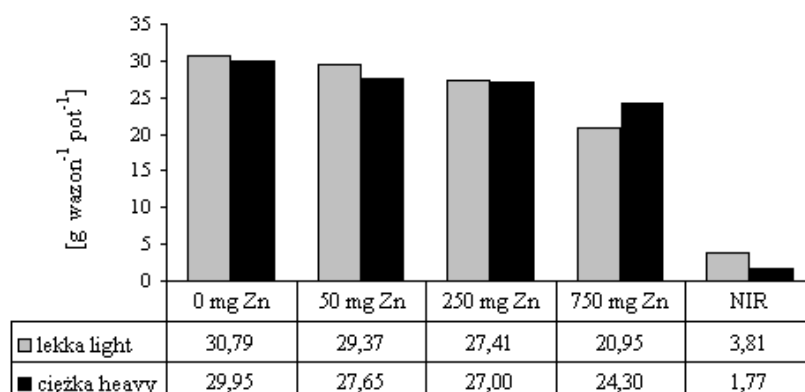
Yields of shoots and roots of maize

Obiekt/Treatment	Część nadziemna/Shoots		Korzenie/Roots	
	gleba lekka/ light soil	gleba ciężka/ heavy soil	gleba lekka/ light soil	gleba ciężka/ heavy soil
Zn_0 - 0 mg	24,47 ^{cs}	24,41 ^c	6,31 ^b	5,54
Zn_1 - 50 mg	22,72 ^{bc}	22,52 ^b	6,66 ^b	5,14
Zn_2 - 250 mg	22,02 ^b	21,97 ^b	5,39 ^b	5,02
Zn_3 - 750 mg	18,29 ^a	19,36 ^a	2,66 ^a	4,94
NIR _{0,01} , LSD _{0,01}	1,74	1,36	1,24	n.i. ^{**}

* grupy jednorodne wyznaczone testem Tukeya/homogenous groups according to Tukey test, ** n.i. - nieistotne statystycznie/statistically non-significant

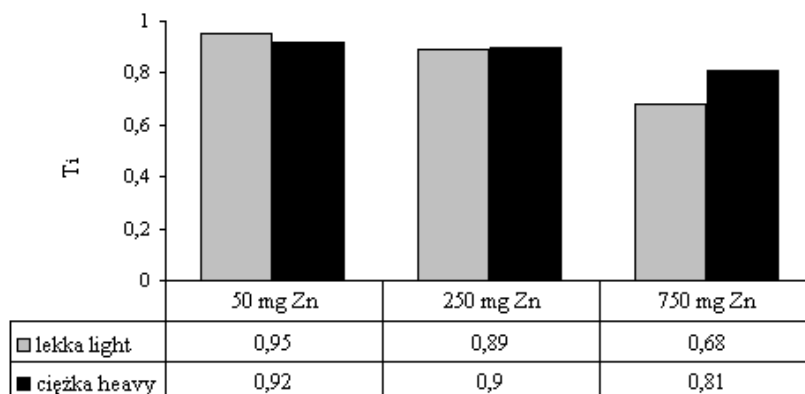
Sumaryczny plon kukurydzy (części nadziemne + korzenie) przedstawiono na rysunku 1. W badaniach wykazano, że już najmniejsza z zastosowanych dawek cynku spowodowała zmniejszenie plonowania rośliny testowej o 5% (gleba lekka) i o 7% (gleba ciężka) w stosunku do obiektu kontrolnego. Na obu glebach istotne zmniejszenie plonów uzyskano przy dawce 750 mg Zn · kg⁻¹ s.m. Plon kukurydzy na tym obiekcie był mniejszy o 32% na glebie lekkiej i o 19% na glebie ciężkiej w stosunku do plonu otrzymanego w obiekcie

kontrolnym. W doświadczeniu nie wykazano istotnych różnic w plonowaniu rośliny w obiektach z 50 i 250 mg Zn · kg⁻¹ s.m. gleby (rys. 1). Niezależnie od poziomu zanieczyszczenia gleb cynkiem większe od 2 do 6% plony kukurydzy stwierdzono na glebie lekkiej niż ciężkiej, jedynie w obiekcie z dawką cynku 750 mg Zn · kg⁻¹ s.m. zależność ta była odwrotna.



Rys. 1. Sumaryczny (części nadziemne + korzenie) plon kukurydzy

Fig. 1. Total yield of maize



Rys. 2. Indeks tolerancji kukurydzy

Fig. 2. Index of tolerance of maize

W badaniach obliczono indeks tolerancji (T_i) kukurydzy na wzrastające dawki cynku w glebach lekkiej i ciężkiej (rys. 2). Parametr jest uznawany jako najbardziej miarodajny wskaźnik toksycznej dla roślin zawartości metali ciężkich w glebach [2, 3]. Wskaźnik ten definiowano jako stosunek ilości plonu uzyskanego na glebie zanieczyszczonej cynkiem do plonu zebranego na glebie kontrolnej. Wartość indeksu tolerancji rozpatruje się w trzech

kategoriach: $T_i = 1$, $T_i < 1$, $T_i > 1$. Jeśli wartość $T_i = 1$, świadczy to o braku wpływu zwiększonej zawartości cynku w glebie na plon roślin, wartość $T_i < 1$ oznacza zahamowanie wzrostu roślin lub całkowite ich obumarcie, natomiast wartość $T_i > 1$ informuje o pozytywnym oddziaływaniu cynku na wzrost i rozwój roślin. Na obu glebach już przy najmniejszej dawce cynku indeks przybierał wartość mniejszą niż jeden. Świadczy to o ograniczonym wzroście kukurydzy pod wpływem zwiększonej zawartości cynku w glebie. Przy czym zauważono, że obniżenie plonowania, jak wskazuje indeks tolerancji, był znacznie większy na glebie lekkiej niż ciężkiej. Znaczną gradację wartości indeksu tolerancji w warunkach gleby lekkiej otrzymano dla kukurydzy przy dawce cynku $750 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, indeks ten przyjmował wartość 0,68. Na glebie ciężkiej natomiast wzrastające dawki cynku nie miały znaczącego wpływu na plonowanie kukurydzy, a obliczony indeks tolerancji oscylował w granicach jedności lub nieco poniżej tej wartości.

Rośliny wykazują na ogół dużą tolerancję na podwyższone zawartości cynku w glebie, a stopień tolerancji w stosunku do tego metalu zależy przede wszystkim od właściwości fizykochemicznych gleby. Zauważa się także różną reakcję poszczególnych gatunków i odmian roślin [4, 5]. Tolerancja roślin na duże zawartości cynku jest dość powszechna, zwłaszcza w rejonach zanieczyszczonych tym pierwiastkiem, a rośliny przy dużej jego zawartości w glebach mogą nie wykazywać symptomów toksyczności [6]. W niniejszych badaniach nie stwierdzono znaczącego wpływu dużych dawek cynku na wschody. Widoczne zahamowanie wzrostu części nadziemnych kukurydzy zarówno na glebie lekkiej, jak i ciężkiej zaobserwowano dopiero przy zastosowaniu najwyższej dawki cynku, tj. $750 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Podobne dane nad wpływem dużych dawek cynku na wschody i wzrost roślin uzyskali Roszyk i współprac. [5] oraz Kuduk [4]. Roszyk i współprac. [5] wykazali, że niezależnie od dawki cynku i rodzaju gleby wschody owsa, gorczycy i seradeli były równomierne, natomiast w miarę wydłużania się okresu wegetacji rośliny wykazywały słabszy wzrost lub wyginęły w obiektach z największą dawką cynku ($500 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$). Z kolei w badaniach Kuduka [4] wykazano, że dopiero największe dawki cynku, tj. 652 i $1304 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ wyraźnie hamują wzrost grochu, owsa, pszenicy oraz jęczmienia. W niniejszych badaniach na obu glebach istotne zmniejszenie plonu części nadziemnych stwierdzono przy dawce cynku wynoszącej 250 mg, a korzeni dopiero przy dawce $750 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Badania Gembarzewskiego i współprac. [7] wskazały kukurydzę jako roślinę bardziej odporną na zanieczyszczenie gleb cynkiem niż koniczyna i pszenica. Również w badaniach Łyszczka i Ruszkowskiej [10] wykazano, że rośliną najbardziej odporną na nadmiar cynku jest kukurydza w porównaniu do owsa, grochu i słonecznika. Autorzy dowiedli, że dawka $33 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. gleby tylko w nieznacznym stopniu zmniejszyła plon części nadziemnych kukurydzy, a dawki większe (do $132 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) powodowały mniej gwałtowny spadek plonu niż to miało miejsce w doświadczeniu ze słonecznikiem i owsem. W prezentowanych badaniach wartość indeksu tolerancji, choć pod wpływem wzrastających dawek cynku, była mniejsza od jedności, to również wskazywała, że obniżenie plonowania kukurydzy było zauważalne tylko na glebie lekkiej dopiero przy najwyższej dawce cynku. Wartość indeksu tolerancji kukurydzy na cynk w warunkach tej gleby przy największej dawce cynku wyniosła 0,68 i mogła świadczyć o małej wrażliwości kukurydzy na ten metal. Podobne wyniki otrzymała Spiak i współprac. [8], badając wpływ wysokich dawek cynku (0, 100, 250, $500 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$) na owies, grykę, gorczycę i seradelę. Autorzy wykazali, że już przy najniższej dawce cynku indeks tolerancji przybierał wartość poniżej jedności, a przy wyższych dawkach, szczególnie na glebach

bardzo lekkich i lekkich gwałtownie spadał osiągając wartość nawet 0,03. Dla gleb ciężkich autorka podobnie jak w niniejszych badaniach otrzymała indeks tolerancji bliski jedności [8]. Także w badaniach Baran i współprac. [9] dotyczących wpływu dużych dawek cynku i kadmu na plon roślin testowych (len, wyka, groch, gorczyca) wykazano, że już przy najniższym poziomie zanieczyszczenia gleby metalami (50 mg Zn, 2 mg Cd · kg⁻¹ s.m. gleby) indeks tolerancji przybierał wartość mniejszą niż jeden. Drastyczną gradację wartości tego wskaźnika wykazano dla lnu, wyki i gorczycy przy dawce cynku 250 mg i kadmu 10 mg, a dla grochu 750 mg Zn i 30 mg Cd · kg⁻¹ s.m. gleby. W badaniach Spiak i współprac. [8] owies wykazywał mniejszą redukcję plonów niż gryka, gorczyca i seradela. Również Roszyk i współprac. [5] stwierdzili większą odporność na wysokie dawki cynku owsa, następnie seradeli, a najmniejszą gorczycy, która reagowała największą redukcją plonu pod wpływem zanieczyszczenia gleb cynkiem. Większa wrażliwość roślin dwuliściennych na stres cynkowy wynika z przemieszczania dużych ilości cynku z korzeni do części nadziemnych już w najwcześniejszych fazach rozwojowych. Z kolei Chaney [12] wrażliwość roślin na toksyczne zawartości cynku w glebie uzależnia od odczynu gleb. Autor donosi, że w glebach kwaśnych rośliny jednoliścienne są generalnie mniej wrażliwe na ponadnormatywne zawartości cynku niż rośliny dwuliścienne, jednakże w glebach zasadowych występuje odwrotna zależność.

Wnioski

1. Wykazano, że kukurydza jest rośliną mało wrażliwą na ponadnormatywne zawartości cynku w glebach. Istotne zmniejszenie plonu części nadziemnych kukurydzy stwierdzono przy dawce cynku wynoszącej 250 mg, a korzeni dopiero przy 750 mg · kg⁻¹ s.m.
2. Większą redukcję plonu kukurydzy pod wpływem wzrastających dawek cynku stwierdzono na glebie lekkiej, o czym świadczą mniejsze wartości indeksu tolerancji. Na glebie ciężkiej wzrastające dawki cynku nie miały znaczącego wpływu na plonowanie kukurydzy, a obliczony indeks tolerancji był zbliżony do jedności.

Literatura

- [1] Alloway B.J.: Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association, IZA Publications, Brussels 2004.
- [2] Kiekens L. i Camerlynck R.: *Determination of upper critical level heavy metals in plants*. Prot. VDLUFA Congress, Munster 1992, 255-261.
- [3] Spiak Z.: Badania nad określeniem szkodliwej dla roślin uprawnych zawartości cynku w glebach. Rozprawa habilitacyjna. AR, Wrocław 1993.
- [4] Kuduk C.: *Doświadczenia wazonowe z wpływem wysokich dawek cynku na rośliny*. Roczn. Glebozn., 1987, **38**(2S), 151-160.
- [5] Roszyk E., Roszyk S. i Spiak Z.: *Toksyczna dla roślin zawartość cynku w glebach*. Roczn. Glebozn., 1988, **39**, 57-69.
- [6] Siedlecka A.: *Some aspects of interactions between heavy metals and plant mineral nutrients*. Acta. Soc. Bot. Polon., 1995, **64**(3), 265-272.
- [7] Gemabarzewski H., Stanisławska-Głubiak E. i Korzeniowska J.: *Wpływ zakwaszenia gleby na toksyczność cynku dla roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1998, **456**, 415-419.
- [8] Spiak Z., Romanowska M. i Radoła J.: *Toksyczna zawartość cynku w glebach dla różnych roślin uprawnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2000, **471**, 1125-1134.
- [9] Baran A., Jasiewicz C. i Klimek A.: *Reakcja roślin na toksyczną zawartość cynku i kadmu w glebie*. Proc. ECOpole 2008, **2**(2), 417-422.

- [10] Łyszcz S. i Ruskowska M.: *Zróżnicowana reakcja kilku gatunków roślin na nadmiar cynku*. Roczn. Glebozn., 1991, **42**(3/4), 215-221.
- [11] Kuduk C.: *Wpływ wzrastających dawek cynku na rozwój grochu (Pisum arvense L.)*. Zesz. Nauk. AR, Wrocław 1994, **254**, 33-38.
- [12] Chaney R.L.: Zinc phytotoxicity. [In:] Zinc in soils and plants, ed. A.D. Robson, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1993, 135-150.

MAIZE RESPONSE TO TOXIC ZINC CONTENT IN SOIL

Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture in Krakow

Abstract: Pot experiment on the effects of doses of zinc on the yield of maize was carried out in two soils: light and heavy. The experiment used four levels of zinc: Zn_0 - 0 mg (control), Zn_1 - 50 mg, Zn_2 - 250 mg, Zn_3 - 750 mg $Zn \cdot kg^{-1}$ d.m. soil. It has been shown that maize crop is sensitive to high zinc content in soils. Significant reduction in shoot of maize yield was found at a dose of 250 mg of zinc, and roots at 750 mg $\cdot kg^{-1}$ d.m. Greater reduction in yield of maize was found on light soil, as evidenced by lower index values of tolerance. On heavy soil increasing doses of zinc had no significant effect on maize yield and tolerance index calculated was close to one.

Keywords: maize, zinc, yield, tolerance index