

STANISŁAWA ŁYSZCZ, MARIA RUSZKOWSKA

ZRÓŻNICOWANA REAKCJA KILKU GATUNKÓW ROŚLIN NA NADMIAR CYNKU^{*)}

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

WSTĘP

Postępujące skażenie środowiska przyrodniczego metalami ciężkimi, w tym często cynkiem, stwarza potrzebę prowadzenia badań nad pobieraniem tych składników przez rośliny w warunkach ich nadmiernych zawartości w glebach oraz nad ich wpływem na wielkość i jakość plonu. Nadmiar cynku w glebie w silnym stopniu hamuje wzrost roślin i powoduje szereg zaburzeń w rozwoju i metabolizmie. Reakcja poszczególnych gatunków, a nawet odmian, na stres cynkowy jest jednak zróżnicowana i niedokładnie poznana [1, 6, 9].

Wiadomo, że wapnowanie gleb zmniejsza pobieranie cynku przez rośliny [3, 5, 8]. Nie zostało jednak wyjaśnione, w jaki sposób wapń ogranicza toksyczne działanie cynku w roślinach, różniących się wrażliwością na jego nadmiar.

Celem doświadczeń, przeprowadzonych w latach 1986-1989, było badanie wpływu dużych dawek siarczanu cynku na wzrost czterech gatunków roślin (kukurydza, owies, groch, sonecznik) i na zawartość w nich tego składnika: a) w kolejnych okresach wegetacji, b) przy różnych dawkach CaCO_3 . W badaniach starano się wyjaśnić, na czym polega zróżnicowana reakcja obserwowanych roślin na nadmiar cynku.

METODYKA BADAŃ

Przeprowadzono dwie serie doświadczeń w hali wegetacyjnej z kukurydzą (*Zea mais* L., odm. Topaz), owsem (*Avena sativa* L., odm. Perona lub Dragon), grochem zwyczajnym (*Pisum sativum* L., odm. Hamil) i sonecznikiem (*Helianthus annuus* L., odm. Iregi lub Wnijnik). Rośliny rosły w wazonach Mitscherlicha na piasku kwarcowym (7,6 kg piasku na wazon, pH ok. 6).

W I serii doświadczeń badano wpływ dużych dawek siarczanu cynku: 33, 66, 99 i 132 mg Zn na 1 kg piasku w porównaniu z dawką optymalną 0,1 mg Zn jako kontrolną — na wzrost i zawartość cynku w częściach nadziemnych i korzeniach w kolejnych fazach wzrostu badanych roślin.

^{*)} Badania wykonane w ramach programu CPBP 05.02.5.

Przy zakładaniu doświadczenia piasek mieszano z 2 g CaCO_3 . Zastosowano pożywkę mineralną złożoną z roztworów soli: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , NH_4NO_3 , KH_2PO_4 i $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ w ilościach na wazon: 1050 mg N, 370 mg P, 1050 mg K i 125 mg Mg oraz 21 mg Fe (jako cytrynian), 0,6 mg B (w postaci H_3BO_3), 2,8 mg Mn i 0,5 mg Cu (w formie siarczanów) oraz śladowe ilości Mo i Co. Część pożywki dano przed siewem, resztę — pogłównie w czasie wegetacji. Kukurydzę, ze względu na szybki wzrost, zasilono dodatkowo (na 1-2 tygodnie przed końcowym zbiorem): 700 mg N, 240 mg P, 700 mg K i 85 mg Mg na wazon. Cynk zastosowano jednorazowo po wschodach roślin. W jednym wazonie rośło: 5 roślin kukurydzy, 10 roślin owsa, 5 roślin słonecznika lub 6 roślin grochu. Rośliny podlewano wodą zdejonizowaną do ok. 60% całkowitej pojemności wodnej piasku. Rośliny zbierano w kilku fazach wzrostu.

W II serii doświadczeń (lata 1988-1989) badano wpływ dawek CaCO_3 na zmniejszenie toksycznego działania dużych dawek siarczanu cynku na rośliny.

Zastosowano trzy dawki węgla wapnia: 0,5, 2 lub 8 g na wazon (co różnicowało pH od 6 do 7,5) i trzy dawki siarczanu cynku przy każdym poziomie CaCO_3 : 0,1 (kontrola) oraz 66 i 132 mg Zn na 1 kg piasku (dawki nadmierne). Rośliny zbierano w jednym terminie: 1) owies — na początku kłoszenia, 2) kukurydzę — w fazie 10-11 liści, 3) groch — w fazie wypełniania strąków, 4) słonecznik — we wczesnej fazie pąków. Inne szczegóły — jak w I serii doświadczeń.

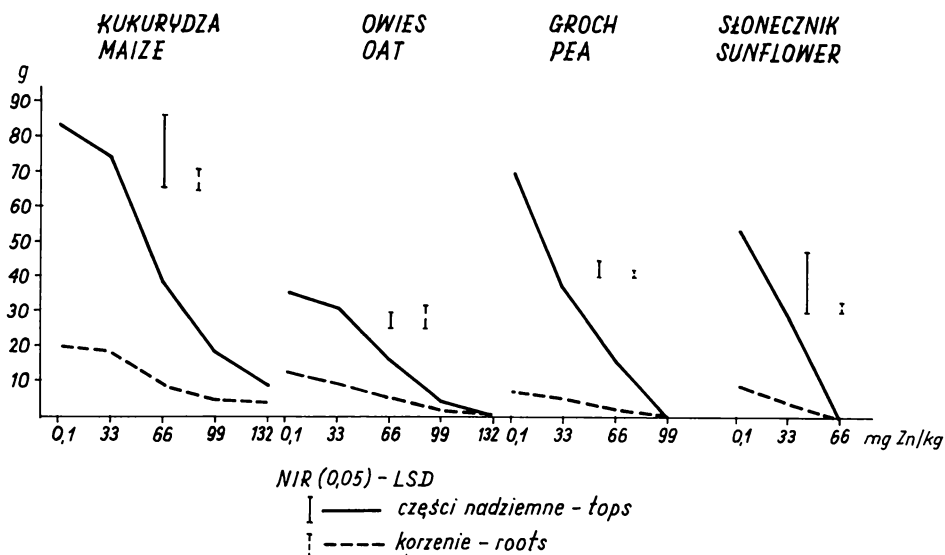
W materiale roślinnym z wszystkich doświadczeń oznaczono zawartość cynku metodą spektrometrii absorpcji atomowej, zawartość wapnia — metodą spektrometrii emisji atomowej, zawartość fosforu — metodą kolorymetryczną z błękitem fosfomolibdenowym. Obliczono półprzodziały ufności Tukey'a dla plonów suchej masy części nadziemnych i korzeni roślin.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Zastosowane dawki siarczanu cynku wywarły bardzo niekorzystny wpływ na wzrost roślin i ich wygląd zewnętrzny. Reakcja poszczególnych gatunków na stres cynkowy była jednak znacznie zróżnicowana, co na przykładzie plonu suchej masy części nadziemnych przedstawiono na rysunku 1.

Rośliną najbardziej wrażliwą na nadmiar cynku okazał się słonecznik, gdyż dawka 33 mg Zn na 1 kg piasku spowodowała duży spadek plonu suchej masy części nadziemnych i korzeni. Przy dawce 66 mg Zn na roślinach tych wystąpiły objawy silnego zatrucia w postaci zbrązowienia nerwów blaszek liściowych oraz uszkodzenie korzeni, w następstwie czego prawie wszystkie rośliny tego obiektu zginęły we wczesnej fazie wzrostu. Również w doświadczeniu z grochem dawka 33 mg Zn hamowała wyraźnie wzrost roślin, zaś przy dawce 66 mg Zn rośliny miały zbielełe przylistki i były całe jakby zwędnięte, a plon suchej masy części nadziemnych i korzeni uległ znacznej redukcji. Rośliny z tego obiektu przetrwały jednak do końca doświadczenia i dopiero dawka 99 mg Zn okazała się dla roślin grochu totalnie toksyczna.

Rośliny owsa zareagowały na dawkę 33 mg Zn tylko nieznacznym obniżeniem wzrostu i dopiero dawki 66 i 99 mg Zn na 1 kg piasku przyczyniły się do coraz wyraźniejszego spadku plonu suchej masy, połączonego z silnym zahamowaniem krze-



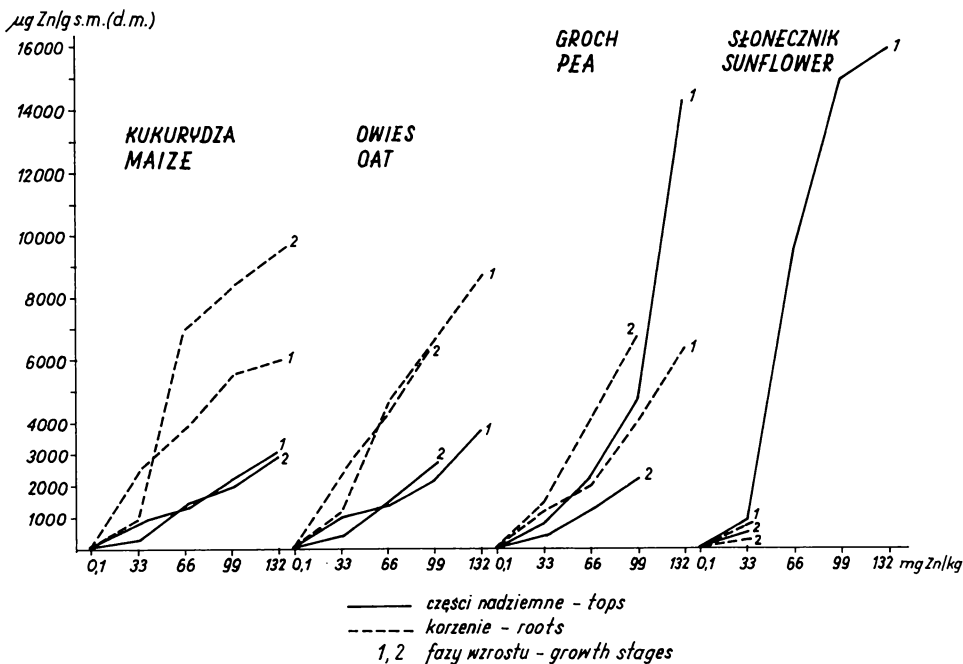
Rys. 1. Plon suchej masy części nadziemnych i korzeni (g z wazonu) w zależności od dawek $ZnSO_4$ (kukurydza — faza 9-10 liści, owies — kłoszenie, słonecznik — faza pąków, groch — wypełnianie strąków)

Fig. 1. Dry matter of tops and root (g per pot) as influenced by $ZnSO_4$ treatment (maize — stage of 9-10 leaves, oat — earing, sunflower — bud stage, pea — pod filling)

wienia, brązowieniem nerwów blaszek liściowych i wypadaniem całych roślin. Przy dawce 132 mg Zn większość roślin owsa całkowicie usychała.

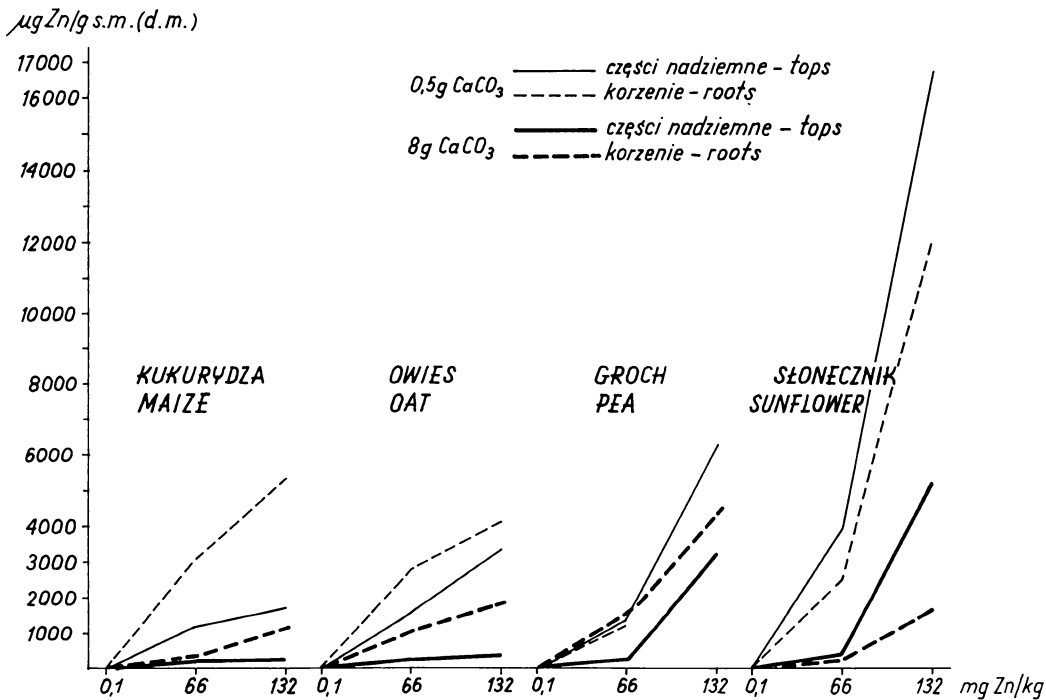
Rośliną najbardziej odporną na nadmiar cynku okazała się kukurydza. Wprawdzie w pierwszych dniach po podaniu 66-132 mg Zn na 1 kg piasku pojawiły się na jej liściach białawe smugi, które z czasem częściowo ustępowały, a liście przybierały zabarwienie fioletowe. Mimo tych objawów, wzrost roślin, a także plon suchej masy części nadziemnych był tylko w nieznacznym stopniu hamowany w wyniku działania dawki 33 mg Zn, a dawki większe powodowały mniej gwałtowny spadek plonu suchej masy niż to miało miejsce w doświadczeniach ze słonecznikiem i grochem. Nawet przy największej dawce (132 mg Zn na 1 kg piasku) część roślin kukurydzy pozostała żywa i normalnie zielona, choć o znacznie zredukowanym wzroście.

Przyczyn zróżnicowanej reakcji badanych roślin na nadmierne dawki cynku należy szukać w odmiennym sposobie pobierania i przemieszczaniu tego składnika z korzeni do części nadziemnych (rys. 2). Wprawdzie zastosowane duże dawki 33-132 mg Zn na 1 kg piasku spowodowały znaczny wzrost pobierania cynku przez wszystkie badane rośliny, dały się jednak zaobserwować istotne różnice ilościowe w odniesieniu do poszczególnych gatunków. Mianowicie kukurydza i owies — bardziej odporne na nadmiar cynku — zawierały przy toksycznych dawkach Zn znacznie mniej tego składnika w częściach nadziemnych niż słonecznik i groch: więcej cynku było natomiast w ich korzeniach. Podobne wyniki w przypadku roślin zbożowych uzyskali i inni autorzy [2, 7, 8]. W niniejszych badaniach powodem większej wrażliwości słonecznika i grochu na stres cynkowy było przemieszczanie dużych ilości cynku z korzeni do części nadziemnych już w najwcześniejszej fazie wzrostu (rys. 2).



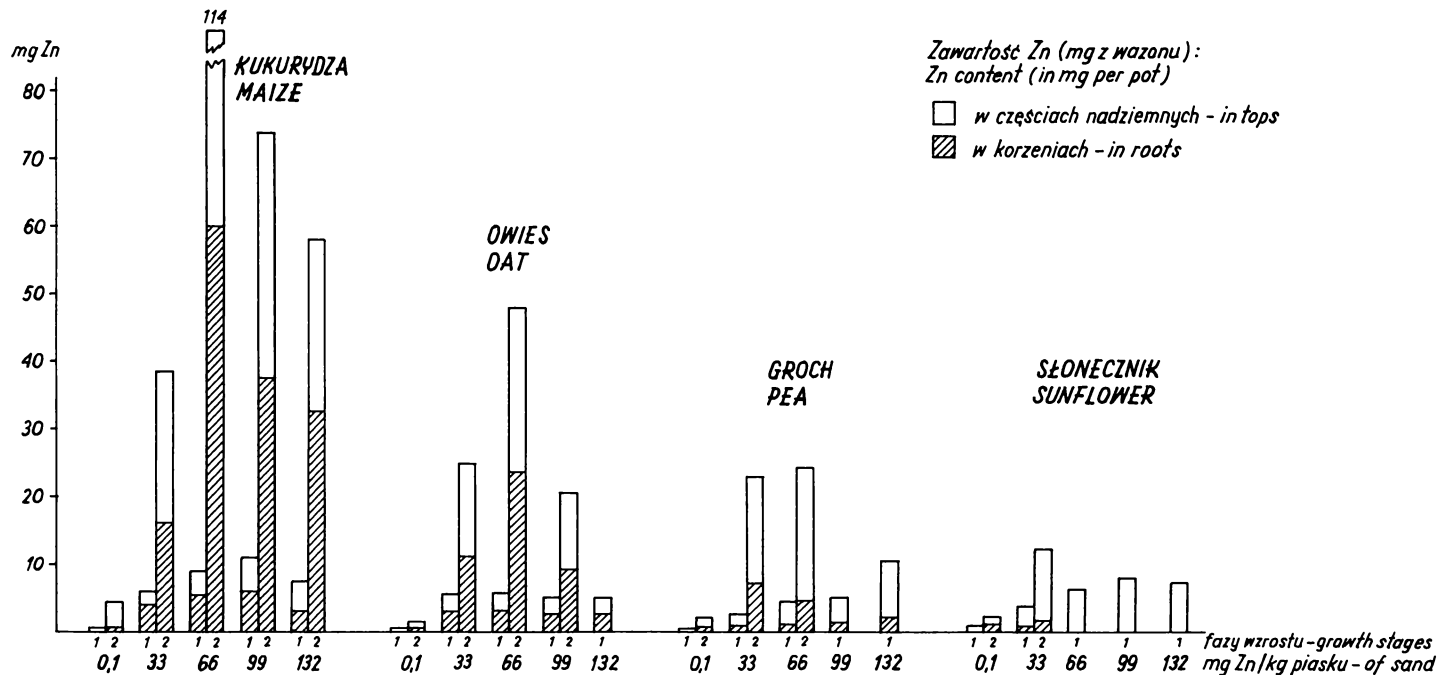
Rys. 2. Zawartość cynku w częściach nadziemnych i korzeniach ($\mu\text{g Zn}$ w 1 g s.m.) w zależności od dawek ZnSO_4 i fazy wzrostu (1 — początek wegetacji, 2 — fazy jak na rys. 1)

Fig. 2. Zn content in tops and roots ($\mu\text{g Zn}$ per g d.m.) as influenced by ZnSO_4 treatment at two different growth stages (1 — the beginning of vegetation, 2 — stages as in Fig. 1)



Rys. 3. Zawartość cynku w częściach nadziemnych i korzeniach ($\mu\text{g Zn}$ w 1 g s.m.) w zależności od dawek ZnSO_4 i CaCO_3

Fig. 3. Zn content in tops and roots ($\mu\text{g Zn}$ per g d.m.) as influenced by ZnSO_4 and CaCO_3 treatments



Rys. 4. Pobranie cynku przez rośliny (w mg Zn z wazonu) w zależności od dawek ZnSO₄ (fazy wzrostu — jak na rys. 2)

Fig. 4. Zinc uptake by plants (mg Zn per pot) as influenced by ZnSO₄ treatment (growth stages — as in Fig. 2)

W warunkach nadmiaru cynku (dawki 33-132 mg Zn na 1 kg piasku), większe dawki węglańu wapnia powodowały znaczne zmniejszenie zawartości Zn w częściach nadziemnych i korzeniach wszystkich badanych roślin i poprawiały ich wzrost. Działanie CaCO_3 w usuwaniu nadmiaru cynku było jednak bardziej efektywne w przypadku kukurydzy i owsa niż grochu i słonecznika (rys. 3).

Różnice w odporności roślin na nadmiar cynku dobrze ilustrują dane przedstawiające wielkość pobrania tego składnika przez badane gatunki (rys. 4). Najodporniejsza z nich — kukurydza, która przy dużych dawkach cynku pobrała od 38 do 113 mg Zn w przeliczeniu na wazon i 5 roślin, stosunkowo dobrze zniosła stres cynkowy, a wzrost najwrażliwszych roślin, tj. słonecznika, załamywał się, gdy pobrały one nieco więcej niż 15 mg Zn na wazon na 5 roślin. Cechą charakterystyczną kukurydzy i owsa było to, że duży procent (42-59%) pobranego cynku pozostawał w korzeniach, podczas gdy korzenie grochu i słonecznika zawierały go zwykle dużo mniej (10-31%). O większej „pojemności” systemu korzeniowego badanych roślin jednoliściennych względem cynku mogła decydować większa ich masa w stosunku do części nadziemnych, gdyż stosunek plonu suchej masy części nadziemnych do korzeni w przypadku kukurydzy, owsa, grochu i słonecznika wynosił odpowiednio około: 3,9, 3,0, 10,7 i 6,7. W korzeniach roślin jednoliściennych stwierdzono też bardziej korzystny stosunek Ca/Zn i P/Zn, co będzie przedmiotem innych prac.

WNIOSKI

1. Rośliny dwuliścienne — słonecznik i groch — szybciej i przy mniejszych dawkach Zn wykazywały objawy nadmiaru i toksyczności niż rośliny jednoliścienne — kukurydza i owoce.

2. Powodem większej wrażliwości słonecznika i grochu na stres cynkowy było przemieszczanie dużych ilości cynku z korzeni do części nadziemnych już w najwcześniejszej fazie wzrostu.

3. O większej odporności kukurydzy i owsa na nadmiar cynku decydował ich system korzeniowy, akumulujący znaczne ilości tego składnika.

LITERATURA

- [1] Boawn L.C., Rasmussen P.E. Crop response to excessive zinc fertilization of alkaline soil. *Agron. J.* 1971, 63: 874-786.
- [2] Kuduk C. Doświadczenia wazonowe z wpływem wysokich dawek cynku na rośliny. *Rocz. Glebozn.* 1987, 38, nr 2: 151-160.
- [3] Lutz J.A., Genter C.F., Hawkins G.W. Effect of soil pH on element concentration and uptake by maize. II. Cu, B, Zn, Mn, Mo, Al and Fe. *Agron. J.* 1972, 64, nr 5: 583-585.
- [4] Łyszcz S., Ruskowska M. Zróżnicowana reakcja roślin na nadmiar cynku. *Acta Soc. Bot. Pol.* 1990 (w druku).
- [5] Pavanasivam V., Axley J.H. Influence of flooding on the availability of soil zinc. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 1980, 11, nr 2: 163-174.
- [6] Polson D.E., Adams M.W. Differential response of navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to zinc. I. Differential growth and elemental composition at excessive Zn levels. *Agron. J.* 1970, 62, nr 5: 557-560.
- [7] Roszyk E., Roszyk S., Spiak Z. Toksyczna dla roślin zawartość cynku w glebach. *Rocz. Glebozn.* 1988, 39, nr 3: 57-69.

- [8] Smilde K.W., Koukoulakis P., Van Luit B. Crop response to phosphate and lime on acid sandy soils high in zinc. *Plant a. Soil* 1974, 41: 445-457.
- [9] White M.C., Decker A.M., Chaney R.L. Differential cultivar tolerance in soybean to phytotoxic levels of soil Zn. I. Range of cultivar response. *Agron. J.* 1979, 71, nr 1: 121-126.

С. ЛЬЦ, М. РУШКОВСКА

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ РЕАКЦИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ИЗБЫТОК ЦИНКА

Институт агротехники удобрения и почвоведения в Пулавах, Польша

Резюме

В 1986-1989 гг. исследовали в сосудных опытах на песке влияние избыточных доз цинка ($ZnSO_4$) на рост и содержание цинка в надземной массе и корнях растений кукурузы, овса, гороха и подсолнечника. Признаки избытка и токсичности цинка появились быстрее и при меньших дозах цинка у двудольных растений (горох, подсолнечник), чем у однодольных растений (кукуруза, овес). Главной причиной большей чувствительности подсолнечника и гороха к цинковому стрессу является перемещение значительного количества цинка из корней в надземные части этих растений уже в начале роста.

Действие повышенных доз $CaCO_3$ на устранение избытка цинка оказалось более эффективным по отношению к кукурузе и овсу чем к подсолнечнику и гороху.

На увеличение устойчивости кукурузы и овса к избытку цинка решающее значение имела их корневая система, аккумулирующая значительное количество этого элемента.

S. ŁYSZCZ, M. RUSZKOWSKA

DIFFERENT RESPONSE OF SOME PLANT SPECIES TO EXCESS OF ZINC

Institute of Soil Science and Cultivation of Plants at Puławy

Summary

The effect of excessive zinc ($ZnSO_4$) treatments on the growth and on the zinc content in tops and roots of maize, oat, pea, and sunflower plants were investigated in pot experiments, set up on quartz sand in 1986-1989. The dicotyledonous plants — sunflower and pea — more quickly and at lower Zn treatments got symptoms of zinc excess and toxicity than the monocotyledonous plants — maize and oats. The reason of the higher sensitivity of sunflower and pea plants to the zinc stress was the translocation of large amounts of zinc from the roots to the tops in early growth stages of these plants. The influence of higher $CaCO_3$ treatment to remove the zinc excess was more effective in the case of maize and oat than sunflower and pea plants.

The better resistance of maize and oat plants to the zinc stress may be related to their root systems, which were able to accumulate much more zinc than did roots of sunflower or oat plants. Some more experiments are in progress.

Dr Stanisława Łyszcz
Zakład Fizjologii i Żywienia Roślin
IUNG
24-100 Puławy, Osada Pałacowa

Praca wpłynęła do redakcji w lutym 1991 r.