

CZESŁAWA JASIEWICZ

WPŁYW MIEDZI NA POBIERANIE MANGANU, CYNKU I ŻELAZA
PRZEZ ROŚLINY

CZĘŚĆ II. BADANIA W KULTURACH WODNYCH

Katedra Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Krakowie

WSTĘP

W powszechnie przyjętej ocenie poziomu zaopatrzenia roślin w składniki pokarmowe zwraca się uwagę na gatunek, odmianę, analizowaną część rośliny i fazę wegetacyjną. Jako najważniejszy element tej oceny przyjmuje się zawartość składników pokarmowych w podłożu, pomijając niejednokrotnie udział procesów antagonizmu, synergizmu jonowego lub innych procesów chemicznych kształtujących proces przyswajania składników pokarmowych przez rośliny. Określając granice toksyczności lub niedoboru Zn, Mn, Cu w warunkach kultur wodnych, za kryterium oceny przyjmuje się najczęściej wysokość plonu i zawartość badanego składnika [2, 3, 8, 9], pomijając współdziałanie innych pierwiastków. Występowanie takiego współdziałania sygnalizują niektóre prace [1, 4—6].

W warunkach doświadczeń wazonowych z pomidorami i lnem stwierdzono, że efekt toksycznego działania manganu może być eliminowany przez odpowiednią koncentrację żelaza w podłożu [1]. Wzrost poziomu nawożenia pszenicy cynkiem powodował nie tylko zwiększanie się zawartości tego mikropierwiastka w roślinach, ale i obniżał koncentrację w nich Fe, Mn i Cu [5]. Wpływ wzrastających dawek miedzi był przedmiotem badań prowadzonych z owsem [4]. Stwierdzono, że wysokie dawki Cu zwiększały zawartość żelaza w korzeniach owsa oraz manganu i cynku w częściach nadziemnych i korzeniach tego zboża.

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu wzrastającej koncentracji miedzi w pożywce na zawartość i pobranie Mn, Zn i Fe przez różne gatunki roślin.

WARUNKI PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ I METODYKA

Roślinami testowymi były: pszenica jara odmiany Jara, kukurydza — KB 270, rzepak — odm. Górczański, słonecznik — odm. Armanowski 3496 i konopie — odm. Białobrzeskie.

Po podkiełkowaniu nasion w krystalizatorach wysadzono je na tace plastikowe napełnione piaskiem rzeczny. Wilgotność podłoża w czasie przygotowywania sadzonek do kultur wodnych była utrzymywana na poziomie 50% maksymalnej pojemności wodnej. Po osiągnięciu odpowiedniej wielkości (kukurydza i pszenica — 3 listki, słonecznik i konopie — początek pojawienia się pierwszego właściwego liścia i rzepak w momencie wykształcenia się pierwszego liścia) rośliny przeniesiono na pożywkę do słoików o pojemności 1 dm³.

Skład pożywki I, na którą zostały przeniesione rośliny, podano w tabeli 1. Na pożywkę tej rośliny przebywały 14 dni. Po upływie tego okre-

Tabela 1

Skład pożywek (mg/dm³)
Composition of nutrient solution (mg/dm³)

Sól Salt	Pożywka — Nutrient solution		
	I	II	III
	pH=6,0	pH=5,8	pH=5,9
Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	240,00	590,00	690,00
KH ₂ PO ₄	7,00	19,00	29,00
KNO ₃	10,00	25,00	35,00
KCl	4,00	30,00	40,00
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	100,00	245,00	345,00
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	2,00	5,90	7,50
H ₃ BO ₃	0,12	0,24	0,34
MnSO ₄ · H ₂ O	0,25	0,50	0,60
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	0,10	0,20	0,30
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0,10	0,20	0,30

su pożywkę wymieniono na drugą (II), o składzie podobnym, lecz o wyższej koncentracji składników pokarmowych. Po 10 dniach dokonano kolejnej wymiany na pożywkę III o zróżnicowanej zawartości miedzi. Na tle pełnej pożywki zastosowano następujące ilości miedzi: 0,0; 0,05; 0,10; 0,20; 0,50; 1,0; 2,0; 5,0 i 10,0 mg/dm³; miedź podawano w formie CuSO₄. Rośliny rosły w kulturach wodnych jeszcze przez kolejne 10 dni, po czym doświadczenie zostało zlikwidowane. Szczegóły prowadzenia doświadczeń zawarte są w mojej pracy [3].

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Najwyższym plonem charakteryzowała się kukurydza, a najniższym rzepak i pszenica. Plon korzeni badanych gatunków roślin stanowił około 30% masy części nadziemnych. Najwyższy przyrost plonu pod wpływem nawożenia miedzią obserwowano u kukurydzy, mianowicie przyrost

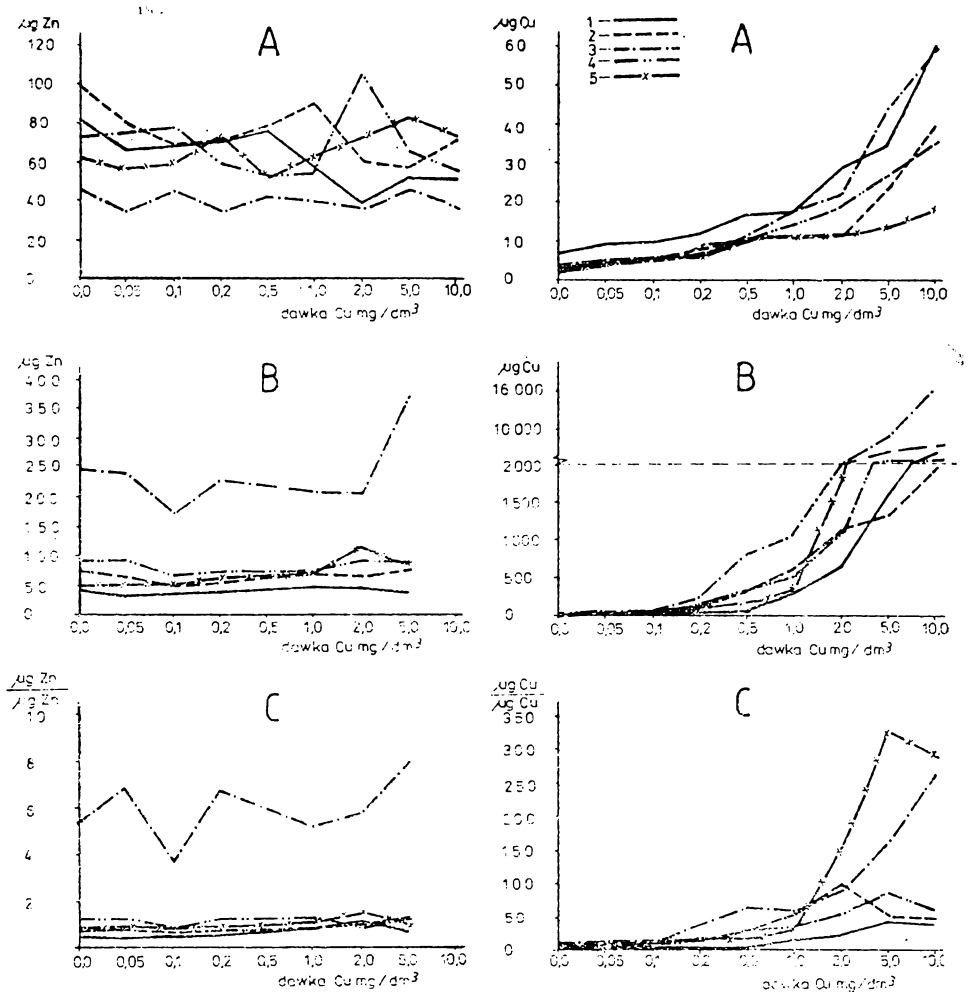
części nadziemnych wynosił 78⁰/₀, a korzeni 26⁰/₀ w stosunku do obiektu kontrolnego. Przyrost plonu pszenicy i konopi był mniejszy i wynosił odpowiednio 29,9⁰/₀ i 17,9⁰/₀ części nadziemnych oraz 27,3⁰/₀ i 40,0⁰/₀ korzeni. Ujemny wpływ miedzi na plonowanie badanych roślin stwierdzono przy koncentracji miedzi w pożywce: dla słonecznika i kukurydzy — 1 mg/dm³, a dla pszenicy i konopii — 0,5 mg/dm³. Wpływ ten wzmagał się w miarę wzrostu koncentracji Cu w pożywce.

Najwyższą zawartość cynku (rys. 1) stwierdzono w częściach nadziemnych pszenicy, a najniższą w częściach nadziemnych konopi. Korzenie kukurydzy charakteryzowały się najniższą zawartością cynku (41 mg/kg) spośród badanych gatunków roślin, a najwyższą korzenie konopi (282 mg/kg).

Najniższe i podobne zawartości manganu stwierdzono w częściach nadziemnych kukurydzy i rzepaku, a najwyższe u słonecznika (78,7 mg/kg). Korzenie pszenicy, konopi i kukurydzy kumulowały więcej manganu niż korzenie słonecznika i rzepaku (rys. 2). Najwięcej żelaza stwierdzono w częściach nadziemnych konopi, a najmniej w częściach nadziemnych pszenicy.

Za miernik zależności zachodzących między zawartością Mn, Zn i Fe w częściach nadziemnych i korzeniach roślin a koncentracją miedzi w pożywce przyjęto współczynniki korelacji wielokrotnej. Najistotniejsze spośród wyprowadzonych równań regresji wielokrotnej zamieszczono w tabelach 2 i 3. Równania określające zawartość cynku w częściach nadziemnych badanych roślin zostały wyprowadzone dla kukurydzy, rzepaku i słonecznika. Zawartość cynku w częściach nadziemnych kukurydzy była proporcjonalna do zawartości miedzi w roślinach i odwrotnie proporcjonalna do koncentracji Cu w pożywce. O zawartości Zn w częściach nadziemnych słonecznika decydowała zawartość manganu i miedzi, a w rzepaku — żelaza i manganu. Istotne zależności występowały między zawartością cynku w korzeniach rzepaku i konopi a zawartością Cu w roztworze. Ilość manganu w częściach nadziemnych kukurydzy, rzepaku, słonecznika i konopi można było z dużym prawdopodobieństwem określić na podstawie zawartości w nich żelaza, cynku i miedzi. Zawartość manganu w częściach nadziemnych rzepaku i słonecznika była proporcjonalna do zawartości cynku i żelaza. O zawartości Mn w kukurydzy decydowała zawartość Cu i Fe w częściach nadziemnych, a w konopiach — koncentracja miedzi w pożywce i zawartość żelaza w badanych częściach roślin.

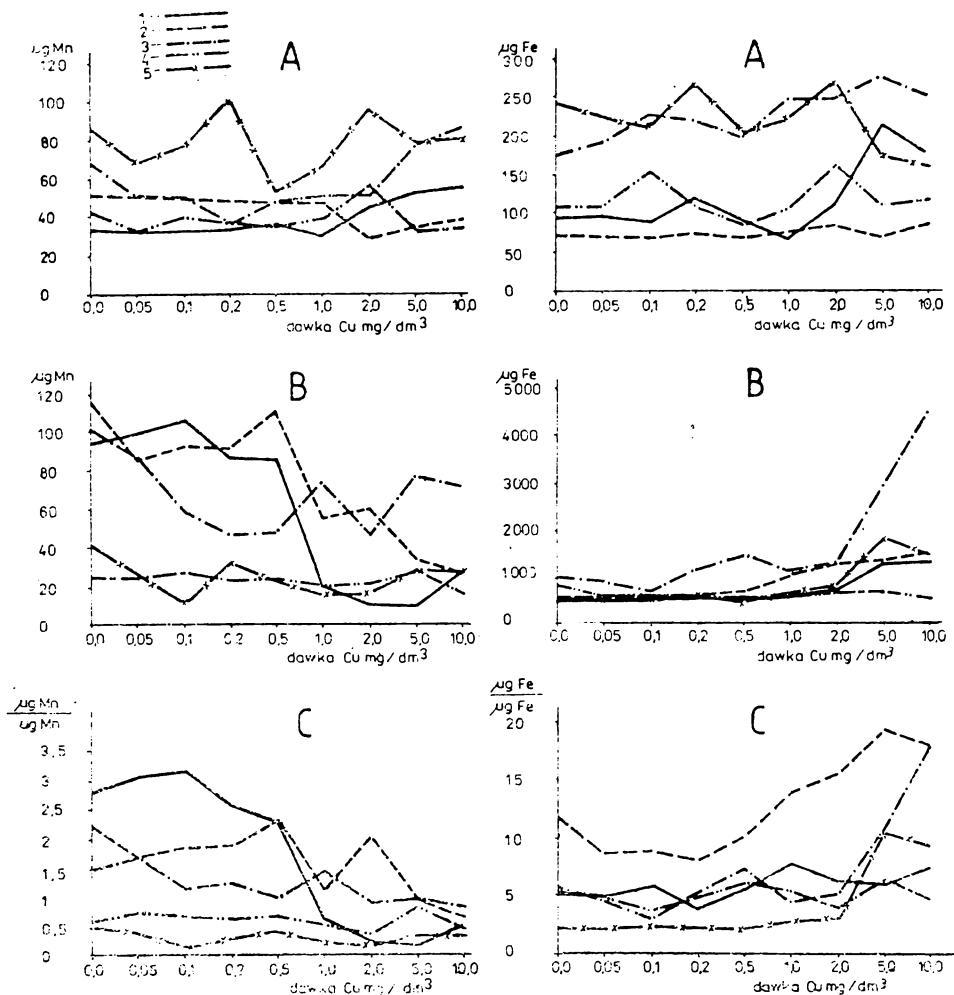
Istotne zależności między zawartością manganu w korzeniach badanych gatunków roślin a zawartością pozostałych mikroelementów stwierdzono tylko dla kukurydzy i pszenicy. Z dużym prawdopodobieństwem można określić zawartość Mn w korzeniach pszenicy na podstawie zawartości Cu w korzeniach i koncentracji miedzi w roztworze.



Rys. 1. Wpływ różnych koncentracji miedzi w pożywce na zawartość Cu i Zn w badanych roślinach: A — części nadziemne, B — korzenie, C — stosunek zawartości Cu i Zn w korzeniach do tegoż stosunku w częściach nadziemnych;

1 — kukurydza, 2 — pszenica, 3 — rzepak, 4 — słonecznik, 5 — konopie

Fig. 1. Effect of various concentrations of copper in nutrient solution on the content of Cu and Zn of investigated plants: A — plant tops, B — roots, C — relation of concentration Cu and Zn in roots to top plants; 1 — maize, 2 — wheat, 3 — rape, 4 — sunflower, 5 — hemp



Rys. 2. Wpływ różnych koncentracji miedzi w pożywce na zawartość Mn i Fe w badanych roślinach: A — części nadziemne, B — korzenie, C — stosunek zawartości Mn i Fe w korzeniach do teŝe zawartości w częściach nadziemnych;

1 — kukurydza, 2 — pszenica, 3 — rzepak, 4 — słonecznik, 5 — konopie

Fig. 2. Effect of various concentrations of copper in nutrient solution on the content of Mn and Fe of investigated plants: A — plant tops, B — roots, C — relation of concentration Mn and Fe in roots to top plants; 1 — maize, 2 — wheat, 3 — rape, 4 — sunflower, 5 — hemp

Tabela 2

Czynniki określające zawartość Zn, Mn i Fe w częściach nadziemnych badanych roślin (równania regresji wielokrotnej)
 Factors determining the content of Zn, Mn and Fe in the tops of investigated plants (multiple regression equations)

Pierwiastek Element	Roślina — Plant	Zmienne niezależne Independent variables				Współczynniki równania regresji Coefficients of regression equation					α	R
		x_1	x_2	x_3	x_4	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4		
Zn	kukurydza — maize	Cu	Cu _n	—	—	93,86	-2,35	9,38	—	—	0,02	0,842
	pszenica — wheat	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	rzepak — rape	Fe	Mn	—	—	-9,39	0,33	0,99	—	—	0,008	0,882
	słonecznik — sunflower	Mn	Cu	—	—	20,08	0,46	1,06	—	—	0,01	0,856
	konopie — hemp	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	kukurydza — maize	Cu	Fe	—	—	21,69	0,32	0,09	—	—	0,0001	0,970
	pszenica — wheat	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	rzepak — rape	Zn	Fe	—	—	12,10	0,31	0,05	—	—	0,03	0,816
	słonecznik — sunflower	Zn	Fe	—	—	-48,64	1,13	0,24	—	—	0,009	0,876
	konopie — hemp	Cu _n	Zn	—	—	-2,99	4,24	1,30	—	—	0,002	0,922
Fe	kukurydza — maize	Mn	Cu	—	—	-116,39	6,69	-1,34	—	—	0,004	0,908
	pszenica — wheat	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	rzepak — rape	Zn	Cu _n	—	—	25,07	1,29	-1,53	—	—	0,02	0,850
	słonecznik — sunflower	Cu _n	Mn	—	—	128,50	-8,76	1,40	—	—	0,003	0,916
	konopie — hemp	Cu	Cu _n	—	—	179,44	4,43	-18,57	—	—	0,008	0,885

R — współczynnik korelacji — coefficient of correlation.

α — poziom istotności — significance level.

Cu_n — koncentracja w roztworze — concentration in solution.

Cu, Mn, Zn, Fe — zawartość w badanych częściach roślin — content in the investigated parts of plants.

Tabela 3

Czynniki określające zawartość Zn, Mn i Fe w korzeniach badanych roślin (równania regresji wielokrotnej)
 Factors determining the content of Zn, Mn and Fe in the roots of investigated plants (multiple regression equations)

Pierwiastek Element	Roślina — Plant	Zmienne niezależne Independent variables				Współczynniki równania regresji Coefficients of regression equation					a	R
		x_1	x_2	x_3	x_4	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4		
Zn	kukurydza -- maize	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	pszenica -- wheat	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	rzepak -- rape	Cu _n	Fe	—	—	4,45	-3,20	0,14	—	—	0,04	0,799
	słonecznik -- sunflower	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	konopie -- hemp	Fe	Cu _n	—	—	23,80	0,22	-53,23	—	—	0,0002	0,965
Mn	kukurydza -- maize	Cu	Cu _n	Fe	Zn	5,62	-0,45	75,75	0,30	-1,55	0,004	0,981
	pszenica -- wheat	Cu	Cu _n	—	—	101,11	-0,05	0,95	—	—	0,005	0,895
	rzepak -- rape	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	słonecznik -- sunflower	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	konopie -- hemp	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe	kukurydza -- maize	Cu	Cu _n	Mn	—	315,71	1,18	-184,46	1,84	—	0,00001	0,996
	pszenica -- wheat	Cu	Cu _n	—	—	616,43	0,66	-31,71	—	—	0,0003	0,963
	rzepak -- rape	Cu	Cu _n	—	—	545,62	0,13	-29,87	—	—	0,004	0,905
	słonecznik -- sunflower	Cu	Cu _n	Zn	—	709,42	0,51	-166,27	-3,20	—	0,0003	0,984
	konopie -- hemp	Cu	Zn	—	—	305,85	0,18	2,93	—	—	0,00001	0,994

Objaśnienia — patrz tab. 2 — Explanation see Table 2.

Zawartość żelaza w częściach nadziemnych kukurydzy (tab. 2) była dodatnio skorelowana z zawartością manganu i ujemnie z zawartością miedzi. Poziom zawartości Cu w roztworze był ujemnie skorelowany z zawartością żelaza w rzepaku, słoneczniku i konopiach. Zawartość manganu w częściach nadziemnych kukurydzy i słonecznika była determinowana zawartością żelaza w tych roślinach. Ilość żelaza w korzeniach kukurydzy, pszenicy, rzepaku, słonecznika i konopi była wprost proporcjonalna do zawartości Cu i odwrotnie proporcjonalna do koncentracji miedzi w pożywce (wyjątkiem były konopie).

WNIOSKI

1. W warunkach prowadzonych badań z wybranymi gatunkami roślin najwięcej statystycznie udowodnionych zależności stwierdzono między koncentracją miedzi w pożywce a zawartością żelaza w roślinach, mniej z zawartością manganu, zaś najmniej z zawartością cynku.

2. Wzrost koncentracji Cu w pożywce powoduje wzrost zawartości żelaza w korzeniach pszenicy i słonecznika, a w przypadku kukurydzy i konopi również w częściach nadziemnych, natomiast manganu w częściach nadziemnych kukurydzy i konopi.

3. Wartości współczynników korelacji i wyprowadzone równania regresji wielokrotnej, dotyczącej pobrania Zn, Mn i Fe przez badane gatunki roślin, wskazują, że zmiany koncentracji miedzi w roztworze powodowały zmiany w pobraniu pozostałych badanych mikroelementów.

LITERATURA

- [1] Alvarez-Tinaut M. C., Leal A. Iron—manganese interaction and its relation to boron levels in tomato plants. *Plant and Soil* 1980, t. 55: 377—388.
- [2] Fales L. Manganese deficiency and toxicity in wheat: influence on growth and forage quality of herbage. *Agron. J.* 1982, t. 74, 6: 1070—1073.
- [3] Jasiewicz Cz. Wyniki badań nad toksycznym działaniem miedzi na wybrane gatunki roślin. *Acta Agr. et Silv.*, ser. Agr., 1989, 28: 73—84.
- [4] Jurkowska H., Rogóż A. Zawartość składników mineralnych w roślinach owsa w zależności od dawki i formy nawożenia miedziowego. Cz. II. Mikroelementy. *Acta Agr. et Silv.*, ser. Agr., 1988, 27: 155—166.
- [5] Kumar V., Bhatia B. K., Shukla U. C. Magnesium and zinc relationship in relation to dry matter yield and the concentration and uptake of nutrients in wheat. *Soil Sci.*, 1981, 131: 151—155.
- [6] Moraghan I. T. Differential responses of five species to phosphorus and zinc fertilizers. *Plant Anal.*, 1984, 15, 4: 437—447.
- [7] Moraghan I. T. Distribution of selected elements within flax plants as affected by FeEDDHA. *Plant and Soil* 1980, 54, 1: 153—158.

- [8] Ohki K. Manganese deficiency and toxicity effects on growth, development and nutrient composition in wheat. *Agron. J.* 1984, 76, 2: 213—218.
- [9] Ohki K. Zinc nutrition related to critical deficiency and toxicity levels for sorghum. *Agron. J.* 1984, 76, 2: 253—256.

Ч. Ясевич

ВЛИЯНИЕ МЕДИ НА УСВАИВАНИЕ Mn, Zn И Fe РАСТЕНИЯМИ
Ч. II. ИССЛЕДОВАНИЯ В ВОДНЫХ КУЛЬТУРАХ

Кафедра агрохимии Краковской сельскохозяйственной академии

Резюме

Исследования проводились в условиях водных культур. Тестовыми растениями были рапс, кукуруза, солнечник, пшеница и конопля. Растения на питательной среде с различным содержанием Cu (0,0, 0,05, 0,10, 0,20, 0,50, 1,0, 2,0, 5,0 и 10,0 мг/дм³) держали в течение 10 дней. После уборки определяли урожай сухого вещества корней и надземных частей, а также определяли содержание Cu, Mn, Zn и Fe.

Установлены существенные зависимости между содержанием Fe и Mn в надземных частях и корнях кукурузы, пшеницы и конопли и концентрацией меди в растворе. Выведенные уравнения множественной регрессии определяющие содержание или усваивание Mn, Zn и Fe исследуемыми видами растений показали, что повышение концентрации Cu в растворе имеет решающее значение для ее содержания в растениях, но и обуславливает содержание и усваивание Mn, Zn и Fe.

C. JASIEWICZ

COPPER EFFECT ON THE Mn, Zn AND Fe UPTAKE BY PLANTS

PART II. INVESTIGATIONS IN WATER CULTURES

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University of Cracow

Summary

The investigations were carried out in water cultures. The test plants were rape, maize, sunflower, wheat and hemp. The plants were kept for 10 days on the nutrient medium with different Cu content (0.0, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50, 1.0, 2.0, 5.0 and 10.0 mg/dm³). After the harvest the dry matter yield of roots and tops as well as the Cu, Mn, Zn and Fe content were determined.

Significant relationships between the Fe and Mn content in tops and roots of maize, wheat and hemp and the copper concentration in the solution were found. The multiple regression equations determining the content and uptake of

Mn, Zn and Fe by the plants tested prove that the Cu content in the solution is responsible not only for its content in plants, but also determines the content and uptake of Mn, Zn and Fe.

*Dr C. Jasiewicz
Katedra Chemii Rolnej
Akademia Rolnicza w Krakowie
31-120 Kraków, Mickiewicza 21*

Praca wpłynęła do redakcji w lipcu 1990 r.