

CZESŁAW KUDUK

WPŁYW MIEDZI NA POCZĄTKOWY WZROST PSZENICY
I NA BIOLOGICZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY ZWIĘZŁEJ

Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin Akademii Rolniczej
we Wrocławiu

Miedź jest pierwiastkiem metabolicznym i rośliny pobierają Cu w sposób aktywny oraz bierny. Ilość pobranej miedzi przez rośliny jest wprost proporcjonalna do jej zawartości w podłożu. Stąd też przy podwyższonym stężeniu miedzi w glebie następuje gromadzenie jej w tkankach roślin. Korzenie gromadzą więcej miedzi aniżeli części nadziemne, do których transport tego metalu jest ograniczony dzięki istnieniu w roślinie specyficznych barier biologicznych [1, 6, 9]. Nadmiar miedzi hamuje wzrost i rozwój roślin; są one chlorotyczne, mają krótkie i zdeformowane korzenie. Rośliny o wysokiej zawartości tego metalu stanowią zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt [1, 5, 7, 8, 9, 10].

Zwiększenie imisji związków miedzi wpływa ujemnie na mikroorganizmy; następują zmiany ilościowe i jakościowe, co prowadzi do ograniczenia biologicznego rozkładu materii organicznej i jej humifikacji [2]. Zwiększone stężenie metali ciężkich w środowisku glebowym wpływa na obniżenie aktywności enzymatycznej drobnoustrojów [4]. Mikroorganizmy stosunkowo łatwo przystosowują się do niekorzystnych koncentracji metali ciężkich w glebach, przy czym najbardziej odporne są grzyby, a mniej bakterie i promieniowce [2].

W przeprowadzonym doświadczeniu wazonowym starano się określić wpływ dużych stężeń siarczanu miedziowego na początkowy wzrost pszenicy oraz na rozwój niektórych grup mikroorganizmów, tj. bakterii, promieniowców, grzybów oraz drobnoustrojów celulolitycznych.

OPIS DOŚWIADCZENIA I METODYKA BADAŃ

Doświadczenie wegetacyjne prowadzono w wazonach polietylenowych, do których dawano po 1,5 kg powietrznie suchej, przesianej przez sito o \varnothing oczek 1 mm, gleby związłej. Była to glina średnia, zawierająca

około 1400 mg C org. na 100 g gleby o pH_{KCl} 6,8. Glebę wymieszano z siarczanem miedziowym ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) w dawkach: 0, 6,25, 12,5, 25,0, 62,5, 125,0, 250,0, 625,0 1250,0, 1500,0, 6250,0 i 12 500 mg Cu na 1 kg gleby, po czym wysiano pszenicę jarą odmiany Sappo w ilości 30 ziarniaków na wazon. Doświadczenie prowadzono przez okres 4 tygodni. Od pierwszych wschodów aż do zbioru pszenicy dokonywano pomiarów wysokości roślin, a po jego zakończeniu mierzono długość liści i korzeni wszystkich roślin w wazonie oraz określano plon suchej masy z wazonu. W pędach i korzeniach pszenicy, po ich zmineralizowaniu w mieszaninie kwasów HNO_3 i $HClO_4$, oznaczono miedź metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej, używając spektrometru AAS-1. Po zakończeniu doświadczenia wegetacyjnego oznaczono w glebie liczebność kolonii bakterii, promieniowców i grzybów. Izolacji drobnoustrojów glebowych dokonano metodą rozcieńczeń; zastosowano roztwór glebowy o stężeniu 10^{-4} . Dla grzybów i bakterii użyto pożywki maltozowej, zaś dla promieniowców skrobiowo-amoniakalnej. Szczepień dokonano metodą rozmazu. Aktywność mikroorganizmów glebowych oznaczono metodą bibułową według Kuźniara. W glebie oznaczono także miedź przyswajalną (metodą Westerhoffa) oraz odczyn gleby w H_2O i KCl .

WYNIKI BADAŃ

WPLYW NA ROŚLINY

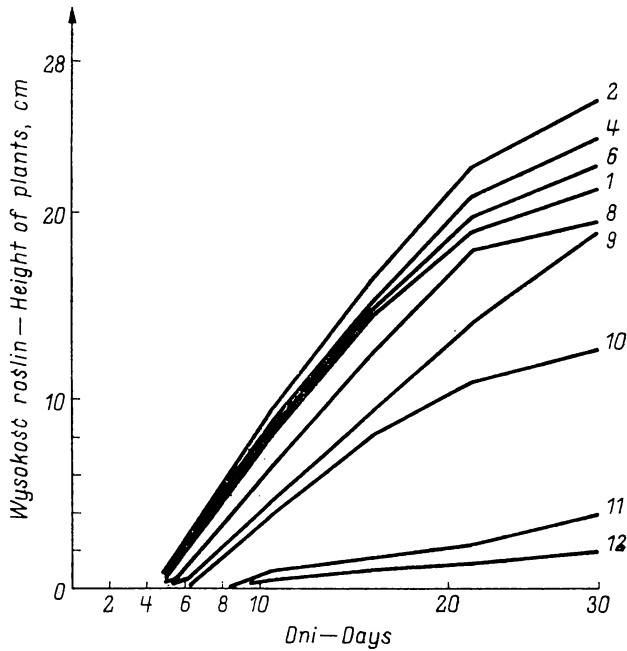
Wschody roślin. Pierwsze wschody roślin wystąpiły piątego dnia po siewie, a jedynie na kombinacjach z najwyższymi dawkami miedzi (2500, 6250 i 12 500 mg Cu na 1 kg gleby) były one opóźnione i nie-liczne; wykazywały przy tym pewne nieprawidłowości w czasie kiełkowania, m.in. ujemny geotropizm. W chwili zakończenia doświadczenia wschody roślin były na ogół mało zróżnicowane, a tylko najwyższe dawki miedzi wyraźnie je obniżyły (tab. 1).

Wzrost roślin. Małe dawki miedzi (6,25, 12,5 i 25,0 mg Cu na 1 kg gleby) wpłynęły korzystnie na dynamikę wzrostu pszenicy (ryc. 1); rośliny te w chwili zbioru były wyższe od 2,9 do 4,7 cm od roślin kombinacji kontrolnej. Wyraźne obniżenie tempa wzrostu pszenicy zaobserwowano dopiero w glebie z dodatkiem 2500 mg Cu; rośliny były tu nawet o połowę niższe i wykształciły dopiero 2 lub 3 liście, przy 4—5 liściach u pszenicy pierwszych pięciu kombinacji. Kolejne dawki (6250 i 12 500 mg Cu) w jeszcze większym stopniu hamowały wzrost i rozwój roślin; liście ich były wyraźnie chlorotyczne o zasychających końcach. Wyraźnie na miedź reagowały również korzenie pszenicy, na małych dawkach miedzi rozwijały się lepiej niż w glebie bez jej dodatku (wzrosła ich długość i masa). Z kolei wysokie stężenia miedzi hamowały rozwój korzeni, powo-

Tabela 1

Długość liści i korzeni, sucha masa roślin oraz zawartość miedzi w liściach i korzeniach pszenicy
Length of leaves and roots, dry matter of plants and copper content in leaves and roots of wheat

Dawki Cu w mg na 1 kg gleby w wazonie Cu doses in mg per 1 kg of soil in a pot	Długość — Length cm		Sucha masa Dry matter g		Wschody Emergence %	Liczba wykształconych liści Number of formed leaves	Cu — ppm		Stosunek Cu za- wartej w korze- niach do ilości w pędach Ratio of Cu amount in roots to that in shoots
	liście of leaves	korzenie of roots	liście of leaves	korzenie of roots			liście in leaves	korzenie in roots	
0	21,6	14,3	1,208	0,976	88	4—5	29,4	83,0	2,8
6,25	26,3	18,5	1,974	1,642	90	4—5	33,3	86,9	2,6
12,5	26,0	17,3	1,658	1,248	88	4—5	37,5	87,1	2,3
25,0	24,5	14,7	1,618	1,226	92	4—5	39,6	95,3	2,4
62,5	23,3	15,0	1,604	1,280	96	4—5	42,7	123,3	2,9
125,0	23,0	14,1	1,446	1,290	90	3—4	45,2	173,1	3,8
250,0	21,1	13,0	1,340	1,210	94	3—4	60,2	311,5	5,2
625,0	20,0	10,8	1,320	1,038	98	3—4	64,0	386,1	6,0
1250,0	19,3	5,2	1,096	0,828	96	3	76,4	846,7	11,0
2500,0	13,0	1,3	0,880	0,186	86	2—3	88,2	967,8	11,0
6250,0	4,3	0,3	0,460	0,020	70	2	—	—	—
12500,0	2,1	0,0	0,175	0,000	56	1—2	—	—	—
NUR — P = 0,05 LSD	2,8	3,0	0,154	0,137	—	—	22,1	170,1	—



Ryc. 1. Dynamika wzrostu pszenicy na glebie z różnymi dawkami miedzi. Dawki Cu na 1 kg gleby:
 1 — 0 mg, 2 — 6,25 mg, 4 — 25,0 mg, 6 — 125,0 mg, 8 — 625,0 mg, 9 — 1250,0 mg, 10 — 2500,0 mg,
 11 — 6250,0 mg, 12 — 12 500,0 mg

Fig. 1. Growth dynamics of wheat on soil with different copper doses. Cu doses per 1 kg of soil as in Polish text

dując ich skrócenie, deformacje i zanik włósników. Na kombinacjach z najwyższymi dawkami miedzi (6250 i 12 500 mg) rośliny były już całkowicie pozbawione korzeni (tab. 1).

Gromadzenie miedzi w roślinach. Wraz ze wzrostem stężenia miedzi w glebie następowało zwiększone gromadzenie tego metalu w tkankach pszenicy, przy czym korzenie zawierały zawsze więcej miedzi niż części nadziemne, do których transport metali ciężkich jest utrudniony przez naturalne bariery biologiczne (tab. 1).

WPLYW NA GLEBE

Wprowadzenie zróżnicowanych dawek miedzi miało wpływ na biologiczne właściwości gleby zwierzęj. Po małych dawkach miedzi liczebność bakterii, promieniowców i grzybów podlegała jedynie nieznacznym wahaniom. Przy wysokim stężeniu Cu w glebie wystąpiła już wyraźna redukcja ilości promieniowców i bakterii, wzrastała natomiast liczebność kolonii grzybów. W glebie z najwyższą dawką miedzi nie stwierdzono obecności promieniowców, natomiast bakterii było prawie 60-krot-

Tabela 2

Charakterystyka biologiczna gleby nawożonej miedzią
Biological characteristics of copper-fertilized soil

Dawki Cu w mg na 1 kg gleby w wazonie Cu doses in mg per 1 kg of soil in a pot	Liczba mikroorganizmów na 1 g gleby Number of microorganisms per 1 g of soil			Ubytek i celulozy Cellulose decrements %	Cu mg/kg	pH	
	bakterie bacteria	grzyby fungi	promieniowce actinomycetes			H ₂ O	KCl
0	1 278 205	32 101	56 711	89,3	2,9	7,35	6,74
6,25	1 375 998	27 645	49 764	90,0	3,0	7,35	6,80
12,5	1 305 457	33 322	49 983	86,5	4,1	7,34	6,80
25,0	1 297 530	33 058	48 486	68,2	5,3	7,25	6,78
62,5	1 050 220	32 637	42 428	55,7	9,6	7,22	6,77
125,0	787 545	48 588	41 030	40,1	22,4	7,20	6,75
250,0	216 543	54 125	38 977	25,4	42,4	7,15	6,70
625,0	200 960	48 882	24 984	19,8	120,9	6,93	6,65
1250,0	194 325	721 77	21 097	12,8	145,2	6,68	6,45
2500,0	136 767	246 181	5 470	7,2	336,4	6,30	6,00
6250,0	108 644	619 275	1 086	0,0	407,5	6,20	5,70
12500,0	21 638	681 464	0	0,0	444,0	5,80	5,42

nie mniej niż w glebie wariantu kontrolnego; wystąpił równocześnie ponad 20-krotny wzrost liczebności grzybów (tab. 2). Aktywność mikroorganizmów celulołitycznych, mierzona ubytkami celulozy, również zależała od stężenia Cu w glebie. I tak małe dawki (6,25 i 12,5 mg Cu) nie miały większego wpływu na rozkład celulozy, dopiero duże wyraźnie hamowały ten proces; po najwyższych stężeniach miedzi (6250 i 12 500 mg) rozkład celulozy był całkowicie zahamowany (tab. 2). Równocześnie dawkom siarczanu miedziowego odpowiadał wzrost form rozpuszczalnych Cu oraz zwiększone zakwaszenie gleby (tab. 2).

DYSKUSJA WYNIKÓW

Miedź miała wpływ na rośliny oraz na mikroorganizmy glebowe. Małe jej dawki oddziaływały na ogół korzystnie na siewki pszenicy, natomiast wysokie ograniczały wzrost i plonowanie roślin. Zajmujący się podobną problematyką autorzy podają, że plony suchej masy i wysokość roślin malały po przekroczeniu pewnej zawartości Cu w glebie [1, 5]. Z kolei inni obserwowali upośledzenie wzrostu i wytwarzania brodawek korzeniowych u soi pod wpływem miedzi i innych metali ciężkich [7].

Wyniki naszych badań wskazują na wyraźną zależność pomiędzy stężeniem miedzi w glebie a jej zawartością w tkankach roślin, przy czym zawsze więcej Cu gromadziły korzenie aniżeli części nadziemne. To samo zaobserwowali inni autorzy [6, 8, 10].

Wyraźny był również wpływ miedzi na mikroorganizmy glebowe; wysokie stężenia Cu hamowały rozwój promieniowców i bakterii, natomiast rosła liczebność grzybów; malała również aktywność mikroorganizmów celulołitycznych. Badacze zajmujący się wpływem metali ciężkich na życie biologiczne gleby wskazują, że mikroorganizmy stosunkowo łatwo przystosowują się do niekorzystnych koncentracji metali ciężkich w glebie, z których najbardziej odporne są grzyby, mniej promieniowce i najmniej bakterie Gram-dodatnie [2]. W glebach położonych w pobliżu huty miedzi stwierdza się znaczny spadek ilości mikroorganizmów, zmniejszenie intensywności nitryfikacji oraz aktywności rozkładu błonnika [3]. Zahamowanie procesów biologicznego rozkładu materii organicznej i jej humifikacji powoduje ograniczenie procesów inaktywacji metali ciężkich w środowisku glebowym, w wyniku czego następuje wzmocnienie ich oddziaływania na biocenozę.

WNIOSKI

Wzrost miedzi w glebie zwiększył wpływ na testowane rośliny pszenicy oraz na glebę w następujący sposób.

— Wschody roślin były mało zróżnicowane. Jedynie przy najwyż-

szych dawkach Cu wschody były opóźnione i mniej liczne, z widocznymi zaburzeniami kiełkowania (ujemny geotropizm).

— Małe dawki miedzi stymulowały wzrost roślin, duże natomiast hamowały.

— Wysokie dawki miedzi (625, 1250, 2500 mg na kg gleby) hamowały rozwój korzeni pszenicy; były one skrócone, zdeformowane i pozabawione włosników. Najwyższe dawki (6250 i 12 500 mg) spowodowały całkowity zanik korzeni.

— Zwiększone stężenie miedzi w roztworze glebowym powodowało wzrost jej zawartości w tkankach pszenicy, przy czym korzenie gromadziły wielokrotnie więcej Cu niż części nadziemne.

— Miedź w dużych dawkach miała wyraźny wpływ na mikroorganizmy glebowe; wystąpił mianowicie spadek liczebności bakterii i promieniowców, a wzrosła ilość grzybów; zmniejszył się rozkład celulozy w glebie.

LITERATURA

- [1] Bachthaler G., Diez T., Stritezky E. Wachstumsschaden durch hohe Kupfergehalte im Boden eines aufgelassenen Hopfengartens. *Hopfen-Rundschau* 1974 t. 25 s. 496—499.
- [2] Badura L. Badania nad stopniem zanieczyszczenia środowiska emisjami przemysłowymi i wynikającymi z tego implikacjami ekologicznymi. *Post. Mikrobiologii* 1984 t. 23 nr 2 s. 31—61.
- [3] Bałicka N., Varanka M. Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na mikroflorę gleby. *Zesz. probl. Post. Nauk rol.* 1978 206 s. 17—27.
- [4] Barabasz W. Metale ciężkie w środowisku przyrodniczym. *Aura* 1981 nr 8 s. 11—13.
- [5] Cartiole D., Mc Neilly T. The potential for evolution of heavy metal tolerance in plants. II. Copper tolerance in normal populations of different plant species. *Heredity* 1974 t. 32 s. 335—348.
- [6] Cioc Y., Lesaint C., Cholet Y. Accumulation comparée du cuivre dans les racines et parties aeriennes de plantes fourrageres en fenotion de l'alimentation azote. *C. r. Sean. Acad. Agrico. Fr.* 1974 t. 60 nr 15 s. 1162—1170.
- [7] Dowdy P. H., Ham C. E. Soybean growth and elemental content as influenced by soil amendmets of sewage sludge and heavy metals. *Agron. Journ.* 1977 t. 60 nr 2 s. 300—303.
- [8] Hara T., Sonda Y. Comparison of the toxicity of heavy metals to cabbage growth. *Plant and Soil* 1979 t. 51 nr 1 s. 127—133.
- [9] Kabata-Pendias A. Metale ciężkie w roślinach rosnących na odpadach flotacyjnych przemysłu miedziowego. *Rocz. glebozn.* 1977 t. 28 nr 2 s. 144—146.
- [10] Rehab F. J., Wallace A. Excess trace metal effects on cotton. *Soil Sci. Plant Anal.* 1978 t. 9 nr 6 s. 507—518.

Ч. КУДУК

ВЛИЯНИЕ МЕДИ НА НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ ПШЕНИЦЫ
И НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЯЗНОЙ ПОЧВЫКафедра ботаники и физиологии растений
Сельскохозяйственной академии во Вроцлаве

Резюме

В сосудном опыте исследовали влияние разных доз сульфата меди (0, 6,25, 12,5, 25,0, 62,5, 125, 250, 625, 1250, 2500, 6250 и 12500 мг Cu на 1 кг почвы) внесенного в связную почву (средняя глина) на рост и усваивание растениями и численность в почве бактерий, актиномицетов и грибов, а также на активность целлюлолитических микроорганизмов.

Полученные результаты показывают заметное реагирование пшеницы на наличие указанного металла. В частности малые дозы меди (6,25, 12,5 и 25,0 мг) оказывали благоприятное влияние на рост растений, тогда как высокие дозы приводили к опозданию всходов, вызывали нарушения в прорастании и задерживали рост надземных частей, а в еще большей степени корней.

Рост концентрации меди в почве сопутствовался ростом ее аккумуляции в растительных тканях, причем корни задерживали многократно больше Cu, чем надземные части. Высокие концентрации меди приводили к снижению численности бактерий и актиномицетов и активности целлюлолитических микроорганизмов, а к повышению численности почвенных грибов.

С. KUDUK

COPPER EFFECT ON THE INITIAL GROWTH OF WHEAT AND ON
BIOLOGICAL PROPERTIES OF COHESIVE SOILS

Department of Botany and Plant Physiology, Agricultural University of Wrocław

Summary

The effect of different copper sulphate doses (0, 6.25, 12.5, 25.0, 62.5, 125, 250, 625, 1250, 2500, 6250 and 12500 mg Cu per 1 kg of soil) brought into a cohesive soil (medium loam) on the growth of and Cu uptake by plants as well as on the numbers of bacteria, actinomycetes and fungi in soil and the activity of cellulolytic microorganisms was investigated in a pot experiment.

The results obtained have proved a distinct response of wheat to the metal under study. In particular, low copper doses (6.25, 12.5 and 25.0 mg Cu) exerted a favourable effect on the growth of plants, whereas high ones caused a delay of emergence, disturbances in germination, inhibited the growth of aboveground parts and still more that of roots.

An increase of the copper concentration in soil corresponded to a growth of its accumulation in the plant tissues, higher Cu amounts being retained in roots than in tops. High copper concentrations led to a reduction of the number of bacteria and actinomycetes and to a growth of soil fungi.