

MARIA ZIĘTECKA

BADANIA NAD ZAWARTOŚCIĄ MIEDZI W GLEBACH
I W ROŚLINACHCZĘŚĆ II. WSPÓLZALEŻNOŚĆ MIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ MIEDZI
W GLEBACH I W ROŚLINACH¹Instytut Chemii Rolniczej, Gleboznawstwa i Mikrobiologii
Akademii Rolniczej we Wrocławiu

W I części pracy [32] przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych nad porównaniem ilości miedzi ekstrahowanej z gleby niektórymi z częściej stosowanych roztworów ekstrakcyjnych. W badaniach tych stwierdzono ścisłą współzależność między ilościami miedzi przechodzącymi do wszystkich stosowanych roztworów.

Przedmiotem dalszych badań były poszukiwania najodpowiedniejszej metody ekstrakcji miedzi z gleby jako podstawy do oceny zaopatrzenia roślin w ten składnik.

Przydatność metod chemicznych ekstrakcji miedzi z gleby ocenia się zazwyczaj za pomocą testów biologicznych lub analizy materiału roślinnego. Prosty test opracowali Rahimi i Bussler [20, 21]. Opierając się na fakcie, że oksydaza polifenolowa (w skład której wchodzi miedź) bierze udział w procesie lignifikacji roślin, autorzy ci określali stan zaopatrzenia roślin w Cu na podstawie stwierdzenia obecności lignin w tkankach.

Z kolei Ruskowska i Łyszcz [25, 26] oceniały przydatność metody oznaczania „przystawalnej dla roślin” miedzi w glebie za pomocą określenia w roślinach wskaźnikowych poziomu oksydaz miedziowych, a także stosunku Cu : Mo.

Inni autorzy [11, 17, 28, 29, 30] badali przydatność do celów diagnostycznych niektórych metod chemicznych oznaczania miedzi w glebie, szukając powiązania między zawartością tego składnika w glebach i w roślinach. Ostatnio zalecane jest badanie do tego celu określonych części roślin („części wskaźnikowe”) w zdefiniowanych fazach rozwojowych,

¹ Praca była częściowo finansowana przez Komitet Gleboznawstwa i Chemii Rolnej PAN.

w szczególności, jeśli chodzi o rośliny zbożowe [2, 5, 10], 2—4 liści górnych w fazie kwitnienia. Podejmowane są także badania przydatności metod chemicznych ekstrakcji miedzi z gleby na podstawie reakcji roślin na nawożenie tym składnikiem [12, 18].

W badaniach własnych jako kryterium oceny przydatności metod chemicznych ekstrakcji miedzi z gleby zastosowano analizę materiału roślinnego. Praca zawiera wyniki badań nad współzależnością między zawartością miedzi w glebach oznaczonej w różnych wyciągach a jej poziomem w roślinach. Badania przeprowadzono w doświadczeniu wazonowym oraz w warunkach polowych.

ZAWARTOŚĆ MIEDZI W GLEBACH I CZĘŚCIACH NADZIEMNYCH OWSA W DOŚWIADCZENIU WAZONOWYM

MATERIAŁ I METODYKA

Doświadczenie przeprowadzono na 24 różnych glebach pobranych z terenu 13 powiatów woj. wrocławskiego. W glebach tych oznaczono przyjętymi metodami zawartość części spławialnych i C_{org} oraz pH. Całkowitą zawartość miedzi oznaczono metodą spektrograficzną [24]. Rozpuszczalne jej formy ekstrahowano następującymi roztworami:

- 2% HNO_3 według Westerhoffa [31],
- 1n HCl według Rinkisa [23],
- buforem mleczanowo-octanowym (AL) według Egnera, Riehma i Domingo [8],
- 0,02 m wersenianem dwusodowym (EDTA) w 0,5n NH_4Cl według Henriksena i Jensena [13].

Przy ekstrakcji miedzi buforem mleczanowo-octanowym (AL) stosunek gleby do roztworu wynosił 1 : 5, czas wytrząsania 2 godz. z pozostawieniem zawiesiny glebowej na dalsze 20 godz. przed sączeniem. Przy użyciu pozostałych roztworów ekstrakcyjnych stosowano jednakowy sposób sporządzania wyciągu: stosunek gleby do roztworu 1 : 10, czas wytrząsania 2 godziny.

Analityczne oznaczenie miedzi przeprowadzonej do roztworu wykonano kolorymetryczną metodą Scharrera i Schaumlöffela w modyfikacji Kardasza i Ruziewicz [14].

Gleby użyte do doświadczenia były zróżnicowane pod względem ilości części spławialnych, wartości odczynu oraz zawartości węgla organicznego (tab. 1). Stosunkowo największą zmienność (współczynnik zmienności 56%) wykazywała zawartość części spławialnych.

Ilości miedzi przechodzące do poszczególnych roztworów ekstrakcyjnych zależne były od rodzaju zastosowanego ekstraktora. Układ tych wartości był analogiczny do omówionego w I części pracy [32].

W doświadczeniu zastosowano następujące nawożenie: 1 g N, 0,8 g P_2O_5 , 1,2 g K_2O , 0,5 g MgO na wazon oraz mikroelementy z wyłączeniem

Zawartość miedzi w różnych wyciągach na tle niektórych właściwości gleb
 Copper content in various extracts against some properties of soils

	Średnio Mean	Wahania Fluctuations	Współczynnik zmienności Variability coefficient %
% części spławialnych w glebach % of clayey particles in soils	-	5 - 49	56
pH /KCl/	-	4,4 - 6,9	13
% C organicznego - % of organic C	-	0,33 - 2,04	37
Zawartość Cu /ppm/ w wyciągach: Cu content /ppm/ in the extracts with:			
2% HNO ₃	4,8	0,8 - 11,0	62
1n HCl	5,2	0,5 - 13,2	68
0,02 m EDTA	4,0	0,5 - 8,1	55
AL	0,38	0,07 - 0,78	58
Cu ogółem - Total Cu	13,2	3,0 - 24,6	45

miedzi. Cztery gleby o pH poniżej 5 zwapnowano CaCO₃ w ilości odpowiadającej ich całkowitej kwasowości hydrolitycznej. Doświadczenie przeprowadzono w wazonach plastikowych typu Wagnera o pojemności 5,5 kg gleby w 7 powtórzeniach. Rośliną doświadczalną był owies odmiany Flämingsweiss, który wysiano 5.V.1971 r. Przerwyki dokonano 15.V do dwunastu roślin. W czasie wegetacji roślin wilgotność podłoża utrzymywano na poziomie 60% maksymalnej nasiąkliwości wodnej, podlewając wazonny wodą demineralizowaną. Rozwój i wzrost roślin w czasie wegetacji był prawidłowy.

Rośliny sprzątano w dwóch terminach:

— I sprzętu (4 powtórzenia) dokonano 10.VI w fazie kwitnienia sprzątajac oddzielnie 3 liście górne (jako tę część wskaźnikową, która zalecana jest do badań dla celów diagnostycznych) oraz pozostałą część nadziemną,

— II sprzętu (3 powtórzenia) dokonano 9.VIII w fazie dojrzałości pełnej.

Po uprzedniej mineralizacji na mokro (HNO₃+H₂SO₄+HClO₄) w materiale roślinnym oznaczono zawartości miedzi kolorymetryczną metodą Scharrera i Schaumlöffela [7].

WYNIKI BADAŃ

Współczynniki zmienności dla plonów owsa (tab. 2) mimo znacznej różnorodności gleb były stosunkowo niskie, szczególnie dla plonu koń-

cowego (ziarno i słoma). Nie stwierdzono wyraźniejszego wpływu na wysokość uzyskanych plonów zwięzłości gleby (ilości części spławial-

T a b e l a 2

Plony części nadziemnych owsa g p.s.m. na wazon
Yields of aboveground parts of oats in g in air-dry
matter per pot

Części owsa - Parts of oats	Średnio Mean	Wahania Fluctuations	Współczynnik zmienności Variability coefficient %
3 liście górne /kwitnienie/ 3 top leaves /flowering/	8,8	6,8 - 10,4	13
Całe części nadziemne /kwitnienie/ Whole aboveground parts /flowering/	58,9	43,7 - 70,9	12
Ziarno - grain	45,8	40,8 - 50,8	7
Słoma - straw	54,4	44,8 - 60,7	8

nych), zawartości C_{org} , wielkości pH, a także ilości miedzi ekstrahowanej stosowanymi roztworami czy też jej całkowitej zawartości.

Zawartość miedzi w materiale roślinnym różniła się w zależności od badanej części rośliny (tab. 3). Najwyższą zawartość tego składnika stwierdzono w trzech górnych liściach zebranych w fazie kwitnienia. Pozostałe części nadziemne owsa w tej fazie zawierały średnio o około

T a b e l a 3

Zawartość miedzi w częściach nadziemnych owsa
ppm w p.s.m.
Copper content in aboveground parts of oats in ppm in air-dry matter

Części owsa - Parts of oats	Średnio Mean	Wahania Fluctuations	Współczynnik zmienności Variability coefficient %
3 liście górne /kwitnienie/ 3 top leaves /flowering/	11,0	6,2 - 18,2	25
Pozostałe części nadziemne /kwitnienie/ Other aboveground parts /flowering/	5,3	2,1 - 6,9	18
Części nadziemne razem /kwitnienie/ Whole aboveground parts /flowering/	6,1	3,1 - 8,1	20
Ziarno - Grain	4,2	2,4 - 5,8	25
Słoma - Straw	4,9	3,8 - 7,1	25

50% mniej Cu w stosunku do liści górnych. Ziarno zawierało, średnio biorąc, mniej miedzi niż słoma, chociaż w sporadycznych przypadkach wystąpiły układy odwrotne.

W porównaniu z dużymi wahaniami zawartości miedzi w glebie oznaczonej w różnych wyciągach zawartość miedzi w owsie wahała się w znacznie węższych granicach (tab. 1 i 3). Współczynniki zmienności były znacznie wyższe dla zawartości miedzi w glebie (55—68% dla różnych wyciągów bądź 45% dla Cu_{og}) niż dla jej koncentracji w roślinie (18—25% w zależności od części rośliny).

Stwierdzono ścisłą współzależność ($r > 0,7$) pomiędzy ilościami miedzi ekstrahowanymi przez odczynnik Westerhoffa a jej zawartością w trzech górnych liściach lub całej nadziemnej części owsa w fazie kwitnienia. Dla roztworu AL korelację taką znaleziono w przypadku ziarna owsa (tab. 4).

Tabela 4

Współczynniki korelacji liniowej r między zawartością miedzi w glebie i częściach nadziemnych owsa
Coefficient of linear correlation r between the copper content in soil and aboveground parts of oats

Części owsa - Parts of oats	Roztwory ekstrakcyjne - Extraction solutions				Cu-ogółem Total Cu
	2% HNO_3	1n HCl	.0,02m EDTA	AL	
3 liście górne /kwitnienie/ 3 top leaves /flowering/	0,74 ⁺⁺⁺	0,68 ⁺⁺⁺	0,58 ⁺⁺	0,62 ⁺⁺⁺	0,35
Całe części naziemne /kwitnienie/ Whole aboveground parts /flowering/	0,73 ⁺⁺⁺	0,63 ⁺⁺⁺	0,49 ⁺	0,60 ⁺⁺⁺	0,36
Ziarno - Grain	0,66 ⁺⁺⁺	0,63 ⁺⁺⁺	0,59 ⁺⁺	0,83 ⁺⁺⁺	0,31
Słoma - Straw	-0,16	-0,22	-0,06	-0,13	-0,40 ⁺
Poziom istotności: Significance level:	P = 0,05 +				
	P = 0,01 ++				
	P = 0,001 +++				

Istotną korelację stwierdzono między ilościami miedzi przechodzącymi do wszystkich badanych roztworów a jej zawartością w poszczególnych częściach owsa, z wyjątkiem słomy (tab. 4). Zawartość miedzi w słomie nie wykazywała powiązania z ilościami Cu przechodzącymi do badanych wyciągów. Również ogólna zawartość miedzi w glebie nie korelowała z zawartością Cu w badanych częściach owsa (tab. 4).

W celu szczegółowego scharakteryzowania wpływu niektórych badanych właściwości gleb na współzależność zawartości miedzi w glebie i w roślinie obliczono współczynniki korelacji wielokrotnej (współczynniki determinacji) między zmienną y (zawartość Cu w roślinie) a kombinacją liniową zespołu cech x_1 (zawartość Cu w glebie), x_2 (zawartość

części spławialnych) x_3 (zawartość C_{org}) i x_4 (wielkość pH). Istotność współczynnika determinacji r^2 oceniono testem F [1, 22, 9].

Ścisłą współzależność ($r^2 \geq 0,5$) uzyskano przy uwzględnieniu wymienionych właściwości gleb między zawartością miedzi w trzech górnych liściach bądź całych częściach nadziemnych w fazie kwitnienia a ilościami tego składnika wyekstrahowanymi roztworami HNO_3 , HCl i AL , a także między zawartością Cu w ziarnie i wyciągach HNO_3 oraz AL . W przypadku roztworu $EDTA$ uzyskano dla trzech górnych liści oraz ziarna tylko istotne współczynniki determinacji. Dla słomy bez względu na formę miedzi oraz dla Cu_{og} bez względu na część rośliny współczynniki determinacji były nieistotne (tab. 5).

T a b e l a 5.

Współczynniki korelacji wielokrotnej $/r^2/$ między zawartością miedzi w owsie i w glebie w powiązaniu z ilością części spławialnych, C-organicznego oraz wielkością pH
Coefficients of multiple correlation $/r^2/$ between the copper content in oats and in soil in connection with the amount of clayey particles, organic C and pH value

Części owsa - Parts of oats	Roztwory ekstrakcyjne - Extraction solutions				Cu-ogółem Total Cu
	2% HNO_3	1n HCl	0,02m $EDTA$	AL	
3 liście górne /kwitnienie/ 3 top leaves /flowering/	0,67 ⁺⁺	0,56 ⁺⁺	0,40 ⁺	0,51 ⁺⁺	0,30
Całe części nadziemne /kwitnienie/ Whole aboveground parts /flowering/	0,56 ⁺⁺	0,50 ⁺	0,36	0,55 ⁺⁺	0,31
Ziarno - Grain	0,54 ⁺⁺	0,46 ⁺	0,45 ⁺	0,77 ⁺⁺	0,28
Słoma - Straw	0,06	0,07	0,16	0,07	0,15
Poziom istotności: Significance level:	P = 0,05 + P = 0,01 ++				

Porównując dane tab. 4 i 5 można stwierdzić pewien wpływ innych właściwości gleby na współzależność między zawartością miedzi w glebie i w roślinie. Szczegółowe rozpatrzenie równań regresji wykazało jednak, że we wszystkich przypadkach, w których stwierdzono istotność współczynnika korelacji wielokrotnej, decydującym czynnikiem była zawartość miedzi w glebie.

W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono zależności korelacyjnej między zawartością miedzi w badanych częściach owsa a wysokością uzyskanych wyników.

Pobranie miedzi przez owies wynosiło średnio w fazie kwitnienia (całe części nadziemne) 0,36, a w fazie dojrzałości pełnej (ziarno+słoma) — 0,46 mg Cu na wazon (tab. 6).

W konsekwencji małej zmienności plonów owsa (tab. 2) pobranie miedzi nie było wyraźnie powiązane z ich wysokością (tab. 7a), nato-

miast ściśle korelowało z zawartością Cu w materiale roślinnym (tab. 7b). Stąd więc współzależność między pobraniem miedzi przez badane części owsa a jej ilościami przechodzącymi do różnych wyciągów układała się, ogólnie biorąc, podobnie (tab. 8) jak między zawartością tego składnika w glebie i w roślinie (tab. 4). Ścisłą współzależność ($r > 0,7$) uzyskano także między ilościami miedzi ekstrahowanymi roztworem 1n HCl a jej pobraniem przez 3 liście górne bądź całe nadziemne części w fazie kwitnienia (tab. 8).

T a b e l a 6

Pobranie miedzi przez nadziemne części owsa
mg Cu/wazon
Copper uptake by aboveground parts of oats in mg Cu per pot

Części owsa - Parts of oats	Średnio Mean	Wahania Fluctuations	Współczynnik zmienności Variability coefficient %
3 liście górne /kwitnienie/ 3 top leaves /flowering/	0,10	0,04 - 0,15	32
Pozostałe części nadziemne /kwitnienie/ Other aboveground parts /flowering/	0,26	0,13 - 0,34	22
Części nadziemne razem /kwitnienie/ Whole aboveground parts /flowering/	0,36	0,17 - 0,49	23
Ziarno - Grain	0,19	0,11 - 0,28	28
Słoma - Straw	0,27	0,19 - 0,39	25

T a b e l a 7

Współczynniki korelacji liniowej /r/ między pobraniem miedzi przez owies i wysokością plonu /a/ oraz między pobraniem Cu i jej zawartością w owsie /b/
Coefficients of linear correlation /r/ between the copper content in oats and the yield magnitude /a/ as well as between the Cu uptake by and its content in oats /b/

Części owca - Parts of oats	a	b
3 liście górne /kwitnienie/ 3 top leaves /flowering/	0,46 ⁺	0,92 ⁺⁺⁺
Pozostałe części nadziemne /kwitnienie/ Other aboveground parts /flowering/	0,56 ⁺⁺	0,82 ⁺⁺⁺
Ziarno - Grain	0,48 ⁺	0,97 ⁺⁺⁺
Słoma - Straw	0,13	0,95 ⁺⁺⁺
Poziom istotności: Significance level:	P = 0,05 + P = 0,01 ++ P = 0,001 +++	

Tabela 8

Współczynniki korelacji liniowej /r/ między pobraniem miedzi przez owies a zawartością Cu w glebie
Coefficients of linear correlation /r/ between the copper uptake by oats and the Cu content in soil

Części owsa - Parts of oats	Roztwory ekstrakcyjne - Extraction solutions				Cu-ogółem Total Cu
	2% HNO ₃	1n HCl	0,02m EDTA	Al	
3 liście górne /kwitnienie/ 3 top leaves /flowering/	0,76 ⁺⁺⁺	0,71 ⁺⁺⁺	0,69 ⁺⁺⁺	0,66 ⁺⁺⁺	0,36
Całe części nadziemne /kwitnienie/ Whole aboveground parts /flowering/	0,78 ⁺⁺⁺	0,76 ⁺⁺⁺	0,66 ⁺⁺⁺	0,64 ⁺⁺⁺	0,52 ⁺⁺
Ziarno - Grain	0,66 ⁺⁺⁺	0,64 ⁺⁺⁺	0,58 ⁺⁺	0,81 ⁺⁺⁺	0,34
Słoma - Straw	-0,01	-0,05	0,22	-0,04	-0,32
Poziom istotności: Significance level:	P = 0,05 +	P = 0,01 ++	P = 0,001 +++		

Można również stwierdzić podobieństwo współczynników korelacji wielokrotnej (r^2) między pobraniem miedzi przez owies a zawartością tego składnika w glebie w powiązaniu z ilością części spławialnych, C_{org} i wielkością pH (tab. 9) ze współczynnikami determinacji obliczonymi dla zawartości Cu w roślinie i w glebie z uwzględnieniem wymienionych parametrów (tab. 5).

Tabela 9

Współczynniki korelacji wielokrotnej / r^2 / między pobraniem miedzi przez owies a zawartością Cu w glebie w powiązaniu z ilością części spławialnych, C-organicznego oraz wielkością pH
Coefficients of multiple correlation / r^2 / between the copper uptake by oats and the Cu content in soil in connection with the amount of clayey particles, organic C and pH value

Części owsa - Parts of oats	Roztwory ekstrakcyjne - Extraction solutions				Cu-ogółem Total Cu
	2% HNO ₃	1n HCl	0,02m EDTA	Al	
3 liście górne /kwitnienie/ 3 top leaves /flowering/	0,68 ⁺⁺	0,59 ⁺⁺	0,53 ⁺⁺	0,62 ⁺⁺	0,41
Całe części nadziemne /kwitnienie/ Whole aboveground parts /flowering/	0,61 ⁺⁺	0,55 ⁺⁺	0,44 ⁺	0,64 ⁺⁺	0,41
Ziarno - Grain	0,51 ⁺⁺	0,45 ⁺	0,42	0,74 ⁺⁺	0,33
Słoma - Straw	0,06	0,07	0,15	0,07	0,20
Poziom istotności: Significance level:	P = 0,05 +	P = 0,01 ++			

ZAWARTOŚĆ MIEDZI W GLEBACH I CZĘŚCIACH NADZIEMNYCH OWSA ORAZ KONI-
CZYNY W WARUNKACH POLOWYCH

Badania roślin (owies, koniczyna) pochodzących z upraw polowych przeprowadzono w roku 1972.

Próbki roślin pobierano z plantacji nasiennych ZHRN na terenie powiatów Lubin (owies), Legnica (owies, koniczyna) i Wołów (koniczyna). Z tych samych miejsc pobierano równocześnie próbki glebowe.

W glebach oznaczono odczyn oraz zawartość części spławialnych i C_{org} . Zawartość miedzi oznaczono metodą Scharrera i Schaumlöffela [14] w wyciągach sporządzonych roztworami:

- 20% HNO_3 według Westerhoffa [31],
- 1n HCl według Rinkisa [23],
- buforem mleczanowo-octanowym (AL) według Egnera, Riehma i Dominga [8],
- 0,02 m wersenianem dwusodowym (EDTA) w 0,5 n NH_4Cl według Henriksena i Jensena [13].

W materiale roślinnym oznaczono po uprzedniej mineralizacji na mokro zawartość miedzi w roztworze metodą spektrometrii atomowo-absorpcyjnej, która w poprzednich badaniach [4] wykazała dobrą zgodność z metodą kolorymetryczną.

Owies odmiana Flämingsweiss. Po 30 próbek gleb i roślin (cała część nadziemna) pobrano w fazie kwitnienia (3.VII).

Badany materiał glebowy był wyraźnie zróżnicowany pod względem ilości części spławialnych, w mniejszym stopniu pod względem zawartości C_{org} oraz pH (tab. 10). Zawartość miedzi rozpuszczalnej wahała się w szerokich granicach i była uzależniona od rodzaju zastosowanego roztworu ekstrakcyjnego (tab. 10).

Ilości miedzi przechodzące do wszystkich badanych roztworów ściśle korelowały ze sobą.

Zawartość miedzi w częściach nadziemnych owsa (p.s.m.) wahała się od 2,9 do 11,5 ppm i wynosiła średnio 6,1 ppm (tab. 10). Identyczną, średnio biorąc, zawartość miedzi w częściach nadziemnych owsa tej samej odmiany stwierdzono (tab. 3) w warunkach doświadczenia wazonowego. Współczynnik zmienności zawartości miedzi w częściach nadziemnych owsa był jednak znacznie wyższy dla warunków polowych (38%) niż dla doświadczenia wazonowego (20%).

Zawartość miedzi w częściach nadziemnych owsa była ściśle skorelowana z ilością tego składnika przechodzącą do wyciągu HNO_3 (tab. 10). Zależność między ilościami miedzi przechodzącymi do pozostałych roztworów a jej zawartością w roślinie była także istotna, ale mniej ścisła.

Zawartość miedzi w owsie nie wykazywała powiązania z odczynem gleby i zawartością C_{org} . Natomiast stwierdzono istotną współzależność między zawartością miedzi w roślinie a ilością części spławialnych w glebie, ale przy stosunkowo niskiej wartości współczynnika korelacji.

Zawartość /ppm/ miedzi w różnych wyciągach glebowych i częściach nadziemnych owsa
Copper content /ppm/ in various soil extracts and aboveground parts of oats

	Średnio Mean	Wahania Fluctuations	Współczynnik zmienności Variability coefficient %	r^x
% części spławalnych w glebach % of clayey particles in soils	-	10 - 54	43	-
pH /KCl/	-	4,0 - 6,	16	-
% C-organicznego - % of organic C	-	0,60 - 1,43	21	-
Zawartość /ppm/ Cu w wyciągach: Cu content /ppm/ in extracts with:				
2% HNO ₃	5,3	1,2 - 14,8	61	0,74 ⁺⁺⁺
1n HCl	4,5	1,5 - 17,2	54	0,57 ⁺⁺⁺
0,02m EDTA	4,1	1,1 - 12,1	73	0,51 ⁺⁺
AL	2,21	0,25 - 2,85	63	0,56 ⁺⁺⁺
Zawartość Cu w owsie, ppm Cu content in oats /ppm/	6,1	2,9 - 11,5	38	-
Poziom istotności: Significance level:	P = 0,05 + = 0,01 ++ = 0,001 +++			
^x Współczynnik korelacji między zawartością miedzi w poszczególnych wyciągach i w roślinie Correlation coefficient between the copper content in particular extracts and in plant				

Koniczyna czerwona — odmiana Skrzyszowicka. Po 29 próbek gleb i roślin (cała część nadziemna) pobrano w fazie kwitnienia (10.VIII).

Zróznicowanie badanych próbek glebowych pod względem ilości części spławalnych było niewielkie (tab. 11), znacznie mniejsze niż w przypadku próbek pobranych z plantacji owsa (tab. 10). Podobnie jak w przypadku owsa niewielkie było także zróznicowanie tych próbek pod względem odczynu oraz zawartości C_{org}. Również ilość miedzi ekstrahowana przez poszczególne roztwory wahała się w węższych granicach niż w próbkach pobranych spod owsa.

Ilości miedzi przechodzące do wszystkich badanych roztworów korelowały ściśle między sobą.

Zawartość miedzi w częściach nadziemnych koniczyny czerwonej zebranej w fazie kwitnienia wynosiła średnio 11,4 przy wahaniach od 7,2 do 17,3 ppm (tab. 11).

Współzależność między zawartością miedzi w częściach nadziemnych koniczyny a ilościami tego składnika przechodzącymi do wyciągu 20% HNO₃ była istotna, ale mniej ścisła niż w przypadku owsa. Istotną współzależność stwierdzono także między ilościami miedzi ekstrahowanymi przez pozostałe roztwory a zawartością Cu w koniczynie (tab. 11).

T a b e l a 11

Zawartość /ppm/ miedzi w różnych wyciągach glebowych i częściach nadziemnych koniczyny czerwonej
Copper content /ppm/ in various soil extracts and aboveground parts of red clover

	Średnio Mean	Wahania Fluctuations	Współczynnik zmienności Variability coefficient %	r^x
% części spławialnych w glebach % of clayey particles in soils	-	15 - 40	24	-
pH /KCl/	-	4,2 - 6,7	15	-
% C-organicznego - % of organic C	-	0,59 - 1,84	28	-
Zawartość /ppm/ Cu w wyciągach: Cu content /ppm/ in extracts with:				
2% HNO ₃	4,2	1,2 - 7,4	40	0,60 ⁺⁺⁺
1n HCl	5,9	4,0 - 8,2	23	0,55 ⁺⁺
0,02m EDTA	2,8	1,0 - 5,6	44	0,54 ⁺⁺
AL	0,62	0,35 - 1,35	41	0,61 ⁺⁺⁺
Zawartość Cu w koniczynie, ppm Cu content in clover /ppm/	11,4	7,2 - 17,3	25	
Poziom istotności: P = 0,05 + Significance level: P = 0,01 ++ P = 0,001 +++				
* Współczynnik korelacji między zawartością miedzi w poszczególnych wyciągach i w roślinie Correlation coefficient between the copper content in particular extracts and in plant				

Zawartość miedzi w koniczynie w niewielkim tylko stopniu zależała od ilości części spławialnych i odczynu gleby (zależność odwrotnie proporcjonalna), a nie wykazywała powiązania z zawartością C_{org}.

DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI

Uzyskane wyniki przeprowadzonych badań wskazują na pewną przydatność niektórych z zastosowanych sposobów ekstrakcji miedzi z gleby do oceny zaopatrzenia roślin w ten składnik.

W doświadczeniu wazonowym stwierdzono ścisłą współzależność między ilościami miedzi przechodzącymi do roztworów 2% HNO₃ według Westerhoffa oraz buforu mleczanowo-octanowego (AL) według Egnera, Riehma i Domingo a zawartością Cu w owsie (tab. 4).

Stwierdzone współzależności między zawartością miedzi w glebie i w roślinie znalazły potwierdzenie w korelacjach między pobraniem miedzi przez badane części roślin a ilościami tego składnika ekstrahowanymi przez stosowane roztwory, przy czym uzyskano ponadto także ścisłą korelację między pobraniem miedzi przez owies (kwitnienie) a ilościami Cu przechodzącymi do roztworu 1n HCl według Rinkisa (tab. 8).

Fakt istnienia podobieństwa zależności korelacyjnej między zawartością i pobraniem miedzi przez owies a jej ilością ekstrahowaną z gleby zasługuje na podkreślenie, gdyż, jak wynika z badań Górlacha

i Gorlachowej [11], stwierdzenie jedynie korelacji między zawartością (a nie również pobraniem) miedzi w roślinie i glebie nie zawsze świadczy o rzeczywistym powiązaniu tych parametrów. Może tutaj bowiem wchodzić w grę efekt rozcieńczenia.

Tym też można tłumaczyć między innymi rozbieżność uzyskiwanych wyników badań w tym zakresie. Jedni bowiem autorzy [13, 28, 30] znajdowali współzależność między zawartością miedzi w glebie a poziomem Cu w roślinie, natomiast inni [27, 29] jej nie stwierdzali.

Przeprowadzone badania w warunkach polowych potwierdziły istnienie ścisłej współzależności między zawartością miedzi w owsie (kwitnienie) a ilościami Cu ekstrahowanymi roztworem 2% HNO_3 według Westerhoffa (tab. 10).

Dla koniczyny czerwonej zależności były mniej ścisłe, co może jest związane ze stosunkowo małą zmiennością materiału glebowego (tab. 11).

Niektórzy autorzy zwracają uwagę na wpływ różnych czynników na pobieranie miedzi przez rośliny, a w szczególności odczynu gleb [3, 6, 16]. Poczyniona próba obliczenia współczynnika korelacji wielokrotnej (determinacji) między zawartością miedzi w badanych częściach owsa (tab. 5) czy jej pobraniem (tab. 9) a zawartością Cu w glebach w powiązaniu z niektórymi innymi właściwościami, jak pH, zawartość C_{org} , zawartość części spławialnych, wykazała, że czynniki te wywarły pewien wpływ na badane zależności korelacyjne (tab. 4 i 8 oraz 5 i 9), zwiększając znacznie ich ścisłość. Ocena statystyczna wykazała jednak, że wpływ poszczególnych czynników nie przekroczył granic istotności.

Nie można wykluczyć, że w badaniach nad zależnością zawartości miedzi w glebach i w roślinach należałoby wziąć pod uwagę jeszcze inne czynniki. Również ich dobór nie był może najszluszniejszy.

Niezależnie od stwierdzenia przydatności niektórych metod ekstrakcji miedzi z gleby do oceny zaopatrzenia roślin w Cu przeprowadzone badania przemawiają za przydatnością do celów diagnostycznych także i analizy roślinnej. Badaniami tymi można było potwierdzić propozycje Chapmana (cyt. za [10]) oraz Bergmanna i współ. [19] określania dla tych celów zawartości miedzi w trzech górnych liściach bądź w całej części nadziemnej roślin w fazie kwitnienia. Pewne korelacje stwierdzono także między zawartością i pobraniem miedzi przez ziarno owsa. Do oceny na tej podstawie Schaumlöffel podaje odpowiednie (2,0—2,5 ppm Cu) wartości krytyczne (cyt. za [15]).

Przeprowadzone badania pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków.

1. Stwierdzono przydatność do określania stanu zaopatrzenia roślin w miedź ekstrakcji Cu z gleby za pomocą roztworów: 2% HNO_3 według Westerhoffa, 1n HCl według Rinkisa oraz buforu mleczanowo-octanowego (AL) według Egnera-Riehma i Domingo.

2. Najodpowiedniejsza spośród badanych metod chemicznych ekstrak-

cji miedzi z gleby okazała się metoda Wasterhoffa. Na korzyść tej metody przemawia także łatwość operacji analitycznych oznaczania miedzi w wyciągu glebowym zarówno metodami kolorymetrycznymi, jak też możliwość zastosowania do tego celu metody spektrofotometrii atomowo-absorpcyjnej.

3. Potwierdzono przydatność do celów diagnostycznych określania zawartości miedzi w trzech górnych liściach bądź w części nadziemnej cwsa w fazie kwitnienia.

*

Panu Profesorowi Doktorowi habil. Doktorowi h.c. Kazimierzowi Boratyńskiemu składam serdeczne podziękowanie za cenne uwagi udzielane mi w trakcie wykonywania pracy.

LITERATURA

- [1] Beale E.M.L., Kendall M.G., Mann D.W.: The discarding of variables in multivariate analysis. *Biometrika* 54, 1967, 357—366.
- [2] Bergmann W.: Einige Hinweise für die Entnahme von Blattproben zur Mineralstoffbestimmung. *Albrecht Thaer-Archiv*, 13, 1969, 1, 63—69.
- [3] Boratyński K., Burström H.: Pobieranie miedzi i manganu przy różnym pH. *Rocz. Nauk rol. i leś.* 19, 1937, 147—170.
- [4] Boratyński K., Kamińska W., Roszyk E., Roszykowska S., Strahl A., Ziętecka M.: Comparison of the AAS method with colorimetric methods of determining some macro- and microelements in plants. Part II. Copper, manganese, zinc. *Polish Journ. of Soil Sci.* 6, 1973, 2, 101—106.
- [5] Chapman H. D.: Sampling for determining the nutrient status of crops. *World Crops* 16, 1964, 3, 36—46.
- [6] Czarnowska K., Piotrowska M.: Mikroelementy w żywieniu roślin. CBR, Warszawa 1970.
- [7] Czuba R., Kamińska W., Strahl A.: Oznaczanie zawartości mikroelementów w materiale roślinnym. *Rocz. glebozn.* 21, 1970, 1, 135—159.
- [8] Egner H., Riehm H., Domingo W. R.: Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chem. Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kaliumbestimmung. *Kunigl. Landbrukshögsk. Ann.* 26, 1960, 199—215.
- [9] Elandt E.: Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. PWN, Warszawa 1964.
- [10] Gollmick F., Naubert P., Vielemeyer H. P.: Möglichkeiten und Grenzen der Pflanzenanalyse bei Ermittlung des Mineralstoffbedarfs landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. *Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft*, 8, 1970, 4.
- [11] Gorlach E., Gorlach K.: Wyniki badań nad zależnością między zawartością miedzi w glebach i w roślinach. *Acta Agraria et Silvestris, S. Agraria* 14/1, 1974, 19—33.
- [12] Henriksen A.: Efficiency of small amount of copper in mixed fertilizers. 8th Intern. Congress of Soil Sci., Bucharest, Romania, 4, 1964, 403—409.
- [13] Henriksen A., Jensen H. L.: Chemical and microbiological determinations of copper in soil. *Acta Agric. Scand.* 8, 1958, 4, 441—469.

- [14] Kardasz T., Ruziewicz J.: Przystosowanie do analiz seryjnych metody Scharrera i Schaumlöffela oznaczania miedzi w wyciągach glebowych. *Rocz. glebozn.* 16, 1966, 2, 449—457.
- [15] Knabe O.: Ertrag und Cu-Gehalt verschiedener Grässer in Abhängigkeit vom Cu-Versorgungsgrad der Niedermoorböden. *Mineralstoffversorgung von Pflanze und Tier. Tagungsberichte* 85, Deutsche Akad. der Landw. Berlin 1966, 193—199.
- [16] Koter M., Krauze A., Filuś D.: Badania nad występowaniem mikroelementów w roślinach uprawnych województwa olsztyńskiego. *Rocz. glebozn.* 18, 1968, 2, 495—508.
- [17] Kuczyńska I.: Zależność między zawartością miedzi i molibdenu w sianie a zawartością tych pierwiastków w glebie torfowej. *Rocz. Nauk rol.* 78-F-1, 1971, 97—115.
- [18] Liwski S.: Rola miedzi w żywności gleb torfowych. *Rocz. Nauk rol.* 87-A-3, 1963, 437—470.
- [19] Neubert P., Wrazidlo W., Vielemeyer H. P., Hundt I., Gollmick F., Bergmann W.: Tabellen zur Pflanzenanalyse. Inst. f. Pflanzenernährung, Jena 1970.
- [20] Rahimi A., Bussler W.: Die Wirkung von Kupfermangel auf die Gewebestruktur höherer Pflanzen. *Z. f. Pfl. Bod.* 135, 1973, 3, 183—195.
- [21] Rahimi A., Bussler W.: Die Diagnose des Kupfermangels mittels sichtbarer Symptome an höheren Pflanzen. *Zeitsch. f. Pfl. u. Bod.* 135, 1973, 3, 267—283.
- [22] Rao C. R.: *Linear statistical interference and its applications.* Wiley, 1965.
- [23] Rinkis G. J.: Woprosy izuczeniija podwiżnych form mikroelementow w poczwach. *Mietody opriedielenija mikroelementow w prirodnych obiektach. Tezisy Naucznych Dokładow Międzuzawskowo Simpozjuma (23—26.IV.1968 r.)*, Moskwa 1968, 172—192.
- [24] Roszyk E.: Zawartość wanadu, chromu, manganu, kobaltu, niklu i miedzi w niektórych glebach Dolnego Śląska wytworzonych z glin pylastych i utworów pyłowych. *Cz. I. Ogólna zawartość mikroskładników.* *Rocz. glebozn.* 19, 1969, 2, 223—247.
- [25] Ruszkowska M., Łyszcz S.: Różne kryteria zaopatrzenia gleb w przyswajalne formy manganu, molibdenu i miedzi. *Pam. puł.* 47, 1971, 5—31.
- [26] Ruszkowska M., Łyszcz S.: Próba określenia fizjologicznych wskaźników zaopatrzenia roślin w miedź. *Pam. puł.* 47, 1971, 33—53.
- [27] Ruszkowska M., Łyszcz S.: Zasobność niektórych gleb województwa lubelskiego w przyswajalne mikroskładniki (Mn, Cu, Mo) w świetle doświadczeń polowych i laboratoryjnych. *Rocz. glebozn.* 23, 1972, 2, 63—67.
- [28] Scharrer K., Russ E., Mengel K.: Über die Bestimmung des pflanzenaufnehmbaren Kupfers und Mangans. *Z. f. Pfl. Düng u. Bod.* 85 (130) 1959, 1—20.
- [29] Strahl A.: Współzależność niektórych mikroelementów w glebie i w roślinie. *Rocz. glebozn.* 23, 1972, 2, 69—73.
- [30] Viro P. J.: Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis. I. *Experimental. Soil. Sci.* 79, 1955, 459—465.
- [31] Westerhoff H.: Beitrag zur Kupferbestimmung im Boden. *Landw. Forsch.* 7, 1954/55, 190—193.
- [32] Ziętecka M.: Badania nad zawartością miedzi w glebach i w roślinach. *Cz. I. Porównanie niektórych metod ekstrakcji „przyswajalnej dla roślin” miedzi z gleby.* *Rocz. glebozn.* 26, 1975, 3, 141—152.

М. ЗЕНТЕЦКА

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ МЕДИ В ПОЧВАХ И В РАСТЕНИЯХ

Часть 2-я. Корреляция между содержанием меди в почвах и в растениях

Институт агрохимии, почвоведения и микробиологии,
Сельскохозяйственная академия во Вроцлаве

Резюме

В условиях вегетационного опыта и в полевых условиях были проведены исследования по выявлению взаимосвязи между содержанием меди в почве экстрагированной разными растворами и ее содержанием в растениях.

В вегетационном опыте, проведенном на различных почвах (Табл. 1) с овсом сорта Флемингсвейсс была установлена четкая корреляция между количествами меди экстрагированной 2% HNO_3 по Вестергоффу и ее содержанием в 3-х верхних листьях ($r=0,74$) как и в целой надземной части ($r=0,73$) в фазе цветения (Табл. 4). Четкую корреляцию установлено тоже между количествами Cu извлекаемыми названными растворами и выносом меди тремя верхними листьями ($r=0,76$) и всей надземной частью растений ($r=0,78$) в фазе цветения (Табл. 8). Количества меди извлекаемые лактато-уксусным буферным раствором по Эгнеру, Риму и Доминго точно коррелировали с содержанием ($r=0,83$) и усвоением ($r=0,87$) меди зерном овса. Количества меди переходящие в раствор 1N HCl по Ринкису проявляли тесную корреляцию с выносом Cu тремя верхними листьями ($r=0,71$) и всей надземной частью овса ($r=0,76$) в фазе цветения. В остальных случаях корреляция была существенна но менее ясно выражена, с тем что валовые количества меди в почве не коррелировали с ее содержанием в исследованных частях овса (Табл. 4).

Проведенные исследования выявили одновременно пригодность для целей диагностики определения содержания меди в 3-х верхних листьях или во всей надземной части растений убираемых в фазе цветения, а также в зерне овса.

В полевых условиях содержание меди в надземной части овса (сорт Флемингсвейсс) в фазе цветения четко коррелировало ($r=0,74$) с количествами меди извлекаемыми раствором 2% HNO_3 по Вестергоффу (Табл. 10). В случае применения остальных растворителей установлена существенная, но менее четкая корреляция. Содержание меди в надземной части клевера в фазе цветения показывало существенную но не особенно четко выраженную корреляцию с количествами меди извлекаемыми из почвы всеми исследованными растворами (Табл. 11).

M. ZIĘTECKA

INVESTIGATIONS ON THE CONTENT OF COPPER IN SOILS AND PLANTS

PART II. RELATIONSHIP BETWEEN THE COPPER CONTENT IN SOIL AND PLANTS

Department of Agricultural Chemistry,
Soil Science and Microbiology,
College of Agriculture in Wrocław

Summary

In a pot experiment and in field conditions the relationship between the copper content in soil extracted with different solutions and its content in plants was investigated.

In the pot experiment carried out on different soils (Table 1) with oats of the Flämingsweiss variety, a close relationship was found between copper amounts extracted with the 2% HNO_3 solution after Westerhoff and its content in 3 top leaves ($r=0.74$) as well as in whole aboveground parts ($r=0.73$) at the flowering stage (Table 4). Similar relationship was found also between Cu amount passing into the above solution and the copper uptake by 3 top leaves ($r=0.76$) and by the whole aboveground part ($r=0.76$) at the flowering stage (Table 8). Copper amounts extracted by the lactate-acetate buffer (AL) after Egner, Riehm and Domingo were closely correlated with the content ($r=0.83$) and uptake ($r=0.81$) of copper by the oat grain. The copper amounts passing with the 1 N HCl solution after Rinkis proved a close relationship with the Cu uptake by 3 top leaves ($r=0.71$) as well as whole aboveground parts of oats ($r=0.76$) at the flowering stage. In other cases correlations were significant, but less exact ones, at which the total copper content in soil did not correlate with its content in the oat plant parts tested (Table 4).

The investigations have proved simultaneously the usability of the copper amount determination for diagnostical purposes in 3 top leaves or whole aboveground parts of plants, taken at the flowering stage, as well as in the oat grain.

In fields conditions the copper content in aboveground parts of oat plans (of the Flämingsweiss variety) at the flowering stage was closely correlated ($r=0.74$) with Cu amounts extracted with the 2% HNO_3 solution after Westerhoff (Table 10). In case of other solutions significant, but less exact correlations have been found. Copper amounts determined in the aboveground parts of red clover at the flowering stage proved a significant, but not particularly exact relationship with the amount extracted from soil by all solutions investigated (Table 11).

Dr hab. Maria Ziętecka
Instytut Chemii Rolniczej,
Gleboznawstwa i Mikrobiologii AR
Wrocław, ul. Grunwaldzka 53