

HUBERT GEMBARZEWSKI, JOLANTA KORZENIOWSKA

OPTYMALNA I DOPUSZCZALNA ZAWARTOŚĆ  
ROZPUSZCZALNEGO CYNKU W GLEBIEInstytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
Oddział Śląski we Wrocławiu

## WSTĘP

Od 1 stycznia 1986 r. w stacjach chemiczno-rolniczych naszego kraju w celu oznaczenia zawartości mikroelementów w glebie stosuje się metodę Rinkisa [11], w której używa się 1 M HCl do równoczesnej ekstrakcji wszystkich mikroelementów z gleby.

Ocenę zasobności gleby w mikroelementy przeprowadza się na podstawie liczb granicznych specjalnie opracowanych do stosowanej metody Rinkisa [3]. Liczby te są znacznie uproszczone i uogólnione, opracowane bowiem zostały dla gleb mineralnych, najczęściej spotykanych na terenie Polski, na przykładzie rośliny wrażliwej na niedobór danego mikroelementu. Dzięki temu ocena gleby za ich pomocą jest stosunkowo szybka, bardzo przydatna w masowych badaniach gleb, szczególnie przy określaniu terenów cierpiących na brak poszczególnych mikroelementów. Jednak dla bardziej szczegółowego poradnictwa nawozowego istnieje potrzeba opracowania dokładniejszych liczb granicznych, uwzględniających różne cechy gleby i poszczególne gatunki roślin uprawnych. Co raz większego znaczenia nabiera również problem określania nie tylko niedoborów, ale również nadmiernych ilości mikroelementów w glebach Polski w związku z postępującym skażeniem środowiska.

Wychodząc naprzeciw tym potrzebom Zakład Metodyki Badań i Agrochemicznej Obsługi Rolnictwa IUNG prowadzi aktualnie badania zmierzające do poszerzenia istniejącego systemu liczb granicznych na podstawie bardziej szczegółowych kryteriów oceny zawartości mikroelementów w glebach [4]. Jednym z etapów tych prac było opracowanie liczb nowej generacji umożliwiających ocenę zasobności gleby w cynk. Liczby te uwzględniają wymagania ochrony środowiska i określają dopuszczalne i toksyczne zawartości cynku w glebach Polski.

## MATERIAŁY I METODYKA

Do badań pobrano 36 próbek liści buraków cukrowych (VI/VII) i gleby spod buraków oraz 34 próbki koniczyny łąkowej (faza kwitnienia) i gleby spod tej rośliny.

Wykorzystując wyniki analiz chemicznych pobranych próbek (tab. 1), obliczono regresję i korelację wielokrotną metodą krokową pomiędzy stosunkiem zawartości Zn w roślinie i w glebie ( $Zn_R : Zn_G$ ) a różnymi cechami gleby mającymi wpływ na przyswajalność cynku.

Uwzględniono następujące cechy gleby:  $pH_{KCl}$ , zawartość fosforu według Egnera-Riehma, zawartość materii organicznej, części spławialnych (średnica cząstek  $< 0,02$  mm) i pyłu (średnica cząstek od 0,02 do 0,10 mm).

Tabela 1

Charakterystyka gleb oraz zawartość cynku w roślinach na nich rosnących (średnie i wahania)  
Characteristics of soils and zinc content in plants growing on them (means and fluctuations)

Wyszczególnienie — Specification	Buraki cukrowe Sugar beets	Koniczyna łąkowa Red clover
$pH_{KCl}$	6,18 (4,7–7,0)	5,76 (4,5–6,5)
Zawartość P wg Egnera-Riehma P content after Egner-Riehm (mg/kg)	140,1 (54,5–318,3)	71,4 (13,1–237,6)
Zawartość frakcji o średnicy w mm Content of fractions of dia in mm (%) $< 0,02$	37,6 (22–52)	43,8 (25–63)
0,02–0,10	41,7 (16–62)	26,5 (11–42)
Zawartość materii organicznej (%) Organic matter content	3,42 (1,77–6,41)	4,77 (2,14–7,52)
Powierzchnia właściwa ( $m^2/g$ ). Zawartość Zn ( $mg/kg$ ) Specific area ( $m^2/g$ ). Zn content ( $mg/kg$ )	43,70 (26,7–75,7)	75,25 (29,6–136,7)
– w glebie ekstrahowanego metodą Rinkisa in soil extracted by the Rinkis method	6,019 (1,4–12,3)	10,77 (4,0–33,8)
– w roślinie in plant	73,1 (38–163)	26,4 (13–53)
Zawartość optymalna <sup>a</sup> Zn w roślinie Optimal content Zn in plant (mg/kg)	10–80	18–80

<sup>a</sup> Według pracy [1] — According to [1]

## WYNIKI BADAŃ

W wyniku wykonanych obliczeń regresji wielokrotnej ustalono równania dla buraków i koniczyny, które następnie były podstawą do obliczenia liczb granicznych zasobności gleby w cynk.

**Koniczyna**

$$Zn_R : Zn_G = -0,031 OM^2 - 0,145 pH^2 + 7,576$$

$$R^2 = 0,5607. \text{ Standardowy błąd oceny : } 1,022$$

**Buraki**

$$Zn_R : Zn_G = 17,586 OM^{-2} - 704,376 pH^{-1} + 2270,425 pH^{-2} + 58,873$$

$$R^2 = 0,676. \text{ Standardowy błąd oceny : } 1,767$$

gdzie:  $Zn_R$  — zawartość cynku w roślinie w mg/kg;  $Zn_G$  — zawartość cynku w glebie (1 M HCl) w mg/kg;  $OM$  — zawartość materii organicznej w ‰;  $R^2$  — współczynnik determinacji równania.

Z otrzymanych równań wynika, że o dostępności cynku dla obu

Tabela 2

Liczy graniczne zawartości (mg/kg) w glebie Zn ekstrahowanego metodą Rinkisa dla koniczyny łąkowej  
Threshold values of the content in soil of Zn (mg/kg) extracted after Rinkis for red clover (nutritional needs)

Zawartość materii organicznej Organic matter content, %	pH w — in 1M KCl	Ocena zawartości Zn — Estimation of the Zn content			
		niska low	optymalna optimal	dopuszczalna admissible	toksyczna* toxic
1,5–2,5	do 5,0	< 4,4	4,4–19,5	19,6–122,0	> 122,0
	5,1–5,5	< 5,3	5,3–23,7	23,8–148,0	> 148,0
	5,6–6,0	< 7,0	7,0–31,1	31,2–194,0	> 194,0
	od 6,1	< 10,6	10,6–47,1	47,2–295,0	> 295,0
2,6–3,5	do 5,0	< 4,6	4,6–20,2	20,3–126,0	> 126,0
	5,1–5,5	< 5,6	5,6–24,8	24,9–155,0	> 155,0
	5,6–6,0	< 7,4	7,4–33,1	33,2–207,0	> 207,0
	od 6,1	< 11,7	11,7–51,9	52,0–324,0	> 324,0
3,6–4,5	do 5,0	< 4,8	4,8–21,4	21,5–134,0	> 134,0
	5,1–5,5	< 6,0	6,0–26,6	26,7–166,0	> 166,0
	5,6–6,0	< 8,2	8,2–36,3	36,4–227,0	> 227,0
	od 6,1	13,6	13,6–60,4	60,5–370,0	> 370,0
4,6–5,5	do 5,0	< 5,2	5,2–23,1	23,2–144,0	> 144,0
	5,1–5,5	< 6,6	6,6–29,3	29,4–183,0	> 183,0
	5,6–6,0	< 9,4	9,4–41,6	41,7–260,0	> 260,0
	od 6,1	< 17,2	17,2–76,5	76,6–478,0	> 478,0

\* Zawartość cynku w glebie toksyczna pod względem wartości paszowej uprawianych na niej roślin.

The zinc content in soil toxic with regard to the fodder values of plants cultivated on it.

Tabela 3

Liczby graniczne zawartości (mg/kg) w glebie Zn ekstrahowanego metodą Rinkisa dla buraka cukrowego

Threshold values of the content in soil of Zn (mg/kg) extracted after Rinkis for sugar beets (nutritional needs)

Zawartość materii organicznej Organic matter content, %	pH w — in 1M KCl	Ocena zawartości Zn — Estimation of the Zn content			
		niska low	optymalna optimal	dopuszczalna admissible	toksyczna* toxic
1,5–2,5	do 5,0	< 0,7	0,7–5,3	5,4–33,0	> 33,0
	5,1–5,5	< 0,9	0,9–7,1	7,2–45,0	> 45,0
	5,6–6,0	< 1,1	1,1–8,6	8,7–54,0	> 54,0
	od 6,1	< 1,2	1,2–9,2	9,3–58,0	> 58,0
2,6–3,5	do 5,0	< 0,8	0,8–6,3	6,4–40,0	> 40,0
	5,1–5,5	< 1,1	1,1–9,1	9,2–57,0	> 57,0
	5,6–6,0	< 1,4	1,4–11,6	11,7–73,0	> 73,0
	od 6,1	< 1,6	1,6–12,8	12,9–80,0	> 80,0
3,6–4,5	do 5,0	< 0,8	0,8–6,8	6,9–42,0	> 42,0
	5,1–5,5	< 1,3	1,3–10,1	10,2–63,0	> 63,0
	5,6–6,0	< 1,7	1,7–13,3	13,4–83,0	> 83,0
	od 6,1	< 1,9	1,9–14,9	15,0–93,0	> 93,0
4,6–5,5	do 5,0	< 0,9	0,9–7,0	7,1–44,0	> 44,0
	5,1–5,5	< 1,3	1,3–10,7	10,8–67,0	> 67,0
	5,6–6,0	< 1,8	1,8–14,2	14,3–89,0	> 89,0
	od 6,1	< 2,0	2,0–16,1	16,2–100,0	> 100,0

\* Zawartość cynku w glebie toksyczna z punktu widzenia wartości paszowej uprawianych na niej roślin.

The zinc content in soil toxic with regard to the fodder value of plants cultivated on it.

badanych roślin decyduje przede wszystkim odczyn gleby, a następnie zawartość w niej materii organicznej. Jest to zgodne z wynikami badań innych autorów [2, 8]. Czynniki te powinny więc być uwzględnione przy ocenie zawartości cynku w glebie.

Na podstawie przedstawionych powyżej równań regresji opracowano liczby graniczne zawartości Zn w glebie (tab. 2, 3).

Ustalono cztery stopnie zawartości Zn w glebie: niski, optymalny, dopuszczalny oraz toksyczny. Zakres optymalny dla roślin obliczono przez podstawianie do odpowiedniego równania jako „zawartość cynku w roślinie  $Zn_R$ ” — granicznych wartości tego pierwiastka optymalnych dla wymienionej rośliny (tab. 1). Zawartość mniejszą od optymalnej uznano za niską, natomiast wyższą — za dopuszczalną.

Przy ustalaniu górnej dopuszczalnej zawartości cynku w glebie uwzględniono nie tylko potrzeby roślin, ale również zwierząt, dla których rośliny te mogą być użyte jako pasza. Znaczna zawartość Zn w roślinie szkodliwa dla zwierząt nie musi jeszcze szkodzić samej roślinie.

Te ostatnie bowiem mogą bezkarnie pobierać i gromadzić cynk w dość dużych ilościach [10, 12]. W związku z tym za skażoną cynkiem glebę trzeba uznać taką, na której rosnące rośliny nie będą się już nadawać jako pasza dla zwierząt.

Opierając się na polskich, niemieckich i amerykańskich badaniach [7, 8, 5], przyjęto jako granicę zawartości tolerowanej przez bydło 500 mg/kg cynku w s.m. paszy. Norma sanitarna Zn w mokrej masie konserw warzywnych wynosi 50 mg/kg [9], co odpowiada w przybliżeniu również 500 mg/kg w suchej masie.

Po podstawieniu 500 mg/kg Zn w roślinie do opracowanych równań, obliczono biologicznie toksyczną zawartość cynku w glebie, tzn. taką, przy której rosnące na niej rośliny staną się już paszą toksyczną.

Tak więc zakres zawartości optymalnej cynku w glebie wyznaczono na podstawie potrzeb roślin, natomiast zakres zawartości dopuszczalnej uwzględnia wymagania stawiane przy żywieniu zwierząt.

Przedstawione tu liczby graniczne mogą być użyte do orientacyjnej oceny zawartości cynku w glebie dla innych gatunków roślin.

Buraki cukrowe i koniczyna łąkowa cechują się różnymi zdolnościami pobierania cynku, stąd ich wrażliwość na jego niedobór na glebach ubogich w ten pierwiastek i podatność na nadmierne jego pobieranie na glebach skażonych cynkiem są odmienne. W celu określenia niedoborów Zn w glebie można użyć liczb dla koniczyny, gdyż jest to roślina dość wrażliwa na jego niedobór. Natomiast przy określaniu toksycznych zawartości Zn w glebie należy się oprzeć na burakach, ponieważ pobierają one i gromadzą znaczne ilości cynku. Spośród 15 gatunków roślin uprawnych zbadanych przez stacje chemiczno-rolnicze i na podstawie danych Kamińskiej i in. [6] — liście buraków cukrowych zawierały największe ilości cynku. Wskazuje to na miarodajność oceny toksycznej zawartości Zn w glebie testowanej za pomocą tej rośliny (nie dotyczy to korzeni, które gromadzą mniej cynku).

Różnice w pobieraniu cynku przez poszczególne gatunki roślin mogą mieć praktyczne znaczenie przy użytkowaniu terenów rolniczych o zbyt wysokich zawartościach tego pierwiastka w glebie. Ażeby ograniczyć nadmierne pobieranie tego pierwiastka przez rośliny, należy uprawiać tam te gatunki, które z natury pobierają małe ilości cynku (np. koniczyna łąkowa).

#### WNIOSKI

1. Liczby graniczne zawartości w glebie Zn ekstrahowanego 1 M HCl dla buraków cukrowych są znacznie niższe niż dla koniczyny łąkowej. Wynika to z różnic w pobieraniu cynku przez buraki i koniczynę i potwierdza potrzebę odrębnych liczb dla poszczególnych grup lub nawet gatunków roślin.

2. Spośród badanych cech gleby wpływających na przyswajalność dla badanych roślin cynku rozpuszczalnego w 1 M HCl, największe znaczenie miały odczyn gleby i zawartość w niej materii organicznej.

3. Z uwagi na wzrastające skażenie środowiska liczby graniczne zawartości mikroelementów w glebie, m.in. cynku, powinny umożliwiać ocenę nie tylko niedoborów, ale również nadmiarów tych pierwiastków w glebie.

4. Określając toksyczną zawartość cynku w glebie, trzeba — poza wrażliwością roślin na nadmiar tego pierwiastka — uwzględnić również reakcje zwierząt, dla których rośliny te mogą stanowić pożywienie.

#### LITERATURA

- [1] Bergmann W., Neubert P. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB G. Fisher Verlag, Jena 1976.
- [2] Brümmer G., Herms U. Einflussgrößen der Schwermetall-Löslichkeit, -Bindung und Verfügbarkeit in Böden. Bielefelder Ökol. Beitr. 1985, 1 s. 117-139.
- [3] Gembarzewski H., Kamińska W., Korzeniowska J. Zastosowanie 1 M roztworu HCl jako wspólnego ekstrahenta do oceny zasobności gleby w przyswajalne formy mikroelementów. Pr. Kom. Nauk. PTG 1987, IV/8 s. 1-9.
- [4] Gembarzewski H., Kamińska W., Korzeniowska J. Evaluation of different soil copper extraction methods using multiple regression counting. VDLUFA — Schriftenreihe, 20 Kongressband 1986, VDLUFA-Verlag, Darmstadt 1987 s. 931-944.
- [5] Gough L. P., Shacklette H. T., Case A. A. Element concentrations toxic to plants, animals, and man. Geol. Survey Bull. 1979, 1466 s. 1-80.
- [6] Kamińska W., Kardasz T., Strahl A., Szymborska H. Skład chemiczny roślin uprawnych i niektórych pasz pochodzenia roślinnego. IUNG, Puławy 1976.
- [7] Kruczyńska H. Zapotrzebowanie zwierząt na mikroelementy. Pr. Kom. Nauk. PTG 1985, 93.
- [8] Palatzky A., Bergmann W. Beitrag zur Reduzierung von Zink-Überschusschäden auf einem mit Zink kontaminierten Boden. Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz, Berlin 1979, 15, 2 s. 131-141.
- [9] Piekacz H. Miedź i cynk w żywności. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 1976, 179.
- [10] Ruszkowska M. Fizjologia mineralnego żywienia roślin. (red. Nowotny-Mieczyska). PWRiL, Warszawa 1976, 423.
- [11] Sobaczkin A. A. Rozrabotka metoda gruppovoj ekstrakcji mikroelementow. Tr. VIUA 1982, 62, 3.
- [12] Whitton J. S., Wells N. A. pedochemical survey. 2 Zinc. New Zealand J. Sci., 1974, 17 s. 351-367.

Г. ГЕМБАЖЕВСКИ, И. КОЖЕНЁВСКА

ОПТИМАЛЬНОЕ И ДОПУСТИМОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРИМОГО ЦИНКА  
В ПОЧВЕ

Институт агротехники, удобрения и почвоведения, Силезский Отдел во Вроцлаве

## Резюме

В статье представлено предельное число содержания в почве цинка экстрагированного 1М HCl для питательных потребностей сахарной свеклы и клевера красного. Указанные числа учитывали „низкий” и „оптимальный” для растений интервал содержания цинка в почве, а также „допустимый” и „токсический” интервал с точки зрения кормления животных. Эти числа определяли на основании соответствующих уравнений, полученных в расчетах множественной регрессии и корреляции по шаговому методу между отношением содержания цинка в растении и почве ( $Zn_R: Zn_G$ ) с одной стороны и разными свойствами почвы с другой. Оптимальное содержание для растений исчисляли подставляя в уравнения для  $Zn_R$  числа выражающие оптимальный интервал содержания цинка в растении (согласно литературе). Токсическое содержание определяли после подставления в уравнения числа 500 мг/кг с.в. принятого как содержание цинка допустимое для животных в корму.

H. GEMBARZEWSKI, J. KORZENIOWSKA

## OPTIMAL AND ADMISSIBLE CONTENT OF SOLUBLE ZINC IN SOIL

Institute of Soil Science and Cultivation of Plants,  
Silesian Branch Division in Wrocław

## Summary

Threshold values of the content of zinc extracted with 1 M HCl for nutritional needs of sugar beets and red clover are presented in the paper. The zinc content interval "low" and "optimal" for plants as well as "admissible" and "toxic" content from the animal nutrition viewpoint is expressed in these numbers. They have been obtained on the basis of appropriate equations derived in regression and multiple correlation calculated by the stepwise method between the zinc content in plants and soil ration ( $Zn_R: Zn_G$ ) on the one hand and particular soil properties on the other. The optimal zinc content in soil has been calculated substituting an optimal content of Zn in plant (according to the literature) into the equations. The toxic content of zinc in soil has been calculated substituting into the equations the number of 500 mg·kg<sup>-1</sup> of d.m. assumed as expression of the highest zinc content in fodder tolerated by animals (cattle).

Doc. dr Hubert Gembarzewski  
IUNG, Oddział Śląski  
50-244 Wrocław, Plac Engelsa 5

Praca wpłynęła do redakcji w lipcu 1989 r.

