

WSPÓLZALEŻNOŚĆ ZAWARTOŚCI CYNKU W GLEBACH I ROŚLINACH W WARUNKACH POLOWYCH

Zofia Spiak, Łukasz Wall

Katedra Chemii Rolniczej, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Cynk posiada charakter chalkofilny i ma tendencję do tworzenia w glebie siarczków, jednak w warunkach dużego natlenienia gleb występuje w postaci jonu Zn^{2+} , który jest jednym z wielu możliwych, gdyż w warunkach dużego zakwaszenia staje się mobilny i przechodzi w formy wymienne związane z minerałami i substancją organiczną gleby [WATANABE i in. 1965; STANTON, BURGER 1967; CURYŁO 1996]. W glebach obojętnych ruchliwość cynku jest bardzo mała, gdyż w tych warunkach ulega on chemisorpcji na tlenkach metali i glinokrzemianach oraz kompleksowaniu z humusem. Rozpuszczalność tego metalu, jak twierdzą WEAR [1956] i KOPEĆ [1996], zmniejsza się jeszcze w glebach obojętnych. Oznacza to, że odczyn gleby uważany jest za najważniejszy czynnik wpływający na przyswajalność cynku dla roślin, ale ważną rolę w tym procesie odgrywa też pojemność sorpcyjna, zawartość substancji organicznej, części koloidalnych i wiele innych czynników. Określenie, który z nich jest najważniejszy w przemieszczaniu się cynku z gleby do części nadziemnych roślin w warunkach kontrolowanych, a więc w doświadczeniach wazonowych czy ściślych polowych – nie jest trudne. Znacznie trudniejszą rzeczą jest określenie wzajemnych relacji cynku w systemie gleba-roślina w warunkach polowych, gdzie wszystkie te wymienione czynniki mogą się na siebie nakładać, bądź maskować wpływ któregoś z nich. Celem przeprowadzonych badań było więc określenie zależności zawartości cynku w glebach i trzech gatunkach roślin w warunkach pól produkcyjnych, a więc takich, które podlegają wszelkim zabiegom agrotechnicznym i utrzymane są w dobrej kulturze. Poznanie tych zależności pozwoli lepiej zrozumieć obieg biologiczny tego pierwiastka.

Materiał i metody

Badania prowadzono w gospodarstwach rolnych usytuowanych na terenie Dolnego Śląska w okresie wegetacji roślin.

Próbki glebowe w ilości 60 sztuk, reprezentujące warstwę orną do głębokości 20 cm, pobrano w terenie zgodnie z przyjętą techniką w Stacjach Chemiczno-Rolniczych. Miejsca pobrania wytypowano korzystając z map poszczególnych gospodarstw traktujących o kompleksach przydatności rolniczej gleb. Z tych samych miejsc pobrano również próbki roślinne, przy czym jedną trzecią ogółu stanowiła

pszenica ozima pobierana w fazie kłoszenia, jedną trzecią liście buraka cukrowego w fazie dojrzałości fizjologicznej, a pozostałą część rzepak w fazie kwitnienia. Po wstępnym przygotowaniu próbek glebowych do analiz oznaczono w nich zawartość części spławialnych metodą Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, odczyn w roztworze 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ metodą potencjometryczną, pojemność sorpcyjną metodą Kappena, zawartość węgla organicznego metodą Westerhoffa oraz koncentrację cynku całkowitego poprzez trawienie gleb kwasem nadchlorowym wg metody zalecanej przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze i jego form rozpuszczalnych, stosując jako roztwór ekstrakcyjny 1 mol $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$.

W suchej masie roślin określono zawartość cynku. Następnie w celu znalezienia zależności między koncentracją cynku w glebach i roślinach obliczono współczynniki korelacji między poszczególnymi cechami.

Wyniki badań i dyskusja

Zawartość części spławialnych w badanych glebach świadczy o bardzo zróżnicowanym materiale badawczym. Prawie 10% ogółu gleb zaliczono do bardzo lekkich, 20% do lekkich, 50% do średnich i pozostałe 20% do ciężkich.

Tabela 1; Table 1

Niektóre właściwości gleb oraz zawartości Zn w pszenicy ozimej w warunkach polowych
Some soil characteristics and Zn content in winter wheat under field conditions

Nr gleby Soil no.	pH w 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ pH in 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$	Części spławialne Fine particles (%)	C org. Org. C (%)	T; CEC ($\text{mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	Zn $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$		Zn w roślinie ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m) Zn content in plant ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM)
					całkowity total	rozpuszczalny soluble	
1	5,8	25	1,06	84,0	47,0	12,4	31,0
2	5,0	27	1,42	89,0	52,0	8,4	25,0
3	4,9	20	0,98	78,0	52,0	6,6	20,0
4	5,2	17	0,94	80,0	42,0	9,7	30,0
5	5,5	19	1,26	81,0	47,0	14,0	31,0
6	5,3	31	1,52	96,0	38,0	6,9	20,0
7	5,2	19	1,02	82,0	40,0	8,9	26,0
8	5,4	11	0,76	85,0	42,0	10,5	36,0
9	6,3	9	1,10	90,0	47,0	12,5	41,0
10	5,3	31	2,16	81,0	36,5	5,5	23,0
11	5,4	35	2,07	86,0	35,5	9,4	22,0
12	5,5	16	1,36	87,0	38,0	8,4	28,5
13	4,2	39	1,92	74,0	33,0	7,6	18,5
14	6,0	23	0,99	93,0	31,5	9,4	21,0
15	3,7	8	0,42	54,0	28,0	21,0	46,0
16	5,0	24	1,12	80,0	31,5	12,0	31,0
17	5,9	19	0,86	90,0	36,0	11,0	29,0
18	4,3	10	1,10	70,0	22,0	18,0	44,0
19	4,0	6	0,47	65,0	27,0	22,8	61,5
20	5,0	33	1,82	76,0	38,0	11,0	25,0

T; CEC – pojemność sorpcyjna; cation exchangeable capacity

Stwierdzono również bardzo dużą rozpiętość w pojemności sorpcyjnej i wahań w odczynie, kształtujące się w zakresie od bardzo kwaśnego do obojętnego. Średnio w próbkach glebowych, pochodzących z upraw pszenicy ozimej, wynosił on 5,7 przy wahań od 4,5 do 6,9, na plantacjach buraków cukrowych odpowiednio 5,7, przyjmując zakres od 4,7 do 7,1, a tam gdzie uprawiano rzepak ozimy – 5,4, przy rozrzucie od 4,7 do 5,9.

Węgiel organiczny oscylował w granicach od 0,42% w glebach bardzo lekkich do 2,54% w glebach ciężkich.

Oznaczona zawartość cynku całkowitego nie odbiegała od ilości spotykanych w glebach Polski a powszechnie podawanych przez wielu autorów [WEAR 1956; TILLER 1989; RABIKOWSKA, PI SZCZ 1996] (tab. 1, 2, 3).

Tabela 2; Table 2

Niektóre właściwości gleb oraz zawartości cynku w liściach buraków cukrowych w warunkach polowych

Some soil characteristics and Zn content in leaves of sugar beets under field conditions

Nr gleby Soil no.	pH w 1 mol KCl·dm ⁻³ pH in 1 mol KCl·dm ⁻³	Części sptawialne Fine particles (%)	C org. Org. C (%)	T; CEC (mmol(+):kg ⁻¹)	Zn (mg·kg ⁻¹)		Zn w rośl. (mg·kg ⁻¹ s.m.) Zn content in plant (mg·kg ⁻¹ DM)
					całkowity total	rozpuszczalny soluble	
1	5,3	9	0,76	80,0	38,0	17,6	46,0
2	5,6	14	1,14	84,0	48,5	12,4	36,5
3	5,2	15	1,05	79,0	33,0	16,6	37,5
4	5,1	4	0,52	76,0	40,5	28,4	53,2
5	5,4	18	1,36	85,0	42,0	19,7	37,5
6	5,6	7	0,96	90,0	38,0	29,4	53,5
7	5,3	41	2,26	78,0	40,0	13,2	19,0
8	5,8	10	0,78	82,0	38,0	15,5	28,0
9	6,0	23	1,43	91,0	38,0	8,4	21,0
10	4,8	12	1,11	71,0	33,0	8,9	20,7
11	3,7	11	0,99	52,0	21,0	16,6	27,4
12	4,0	5	0,85	62,0	23,0	17,5	28,0
13	4,6	9	0,93	69,0	31,5	20,0	45,0
14	5,8	7	1,01	95,0	21,0	8,0	10,5
15	4,1	53	2,54	60,0	46,0	12,8	27,5
16	4,9	35	1,72	75,0	20,5	14,3	28,5
17	5,5	16	1,25	86,0	31,5	19,4	41,5
18	4,2	14	0,92	71,0	21,0	12,5	35,5
19	3,9	20	1,17	59,0	33,0	16,9	30,0
20	4,2	26	1,27	69,0	25,0	16,6	34,2

T; CEC – pojemność sorpcyjna; cation exchangeable capacity

Zawartość cynku w roślinach była zróżnicowana i w zależności od miejsca pobrania wahała się w liściach buraków cukrowych od 10,5 do 53,5 mg·kg⁻¹ suchej masy. W rzepaku koncentracja tego metalu była bardziej wyrównana, gdyż najniższa określona wartość oscylowała w granicach od 22 do 51,2 mg·kg⁻¹ s.m. Podobnie w pszenicy ozimej zakres stężenia cynku przybierał wartości od 18,5 do 61,5 mg·kg⁻¹ s.m. (tab. 1, 2, 3).

We wszystkich analizowanych roślinach zawartości oznaczanego metalu nie odbiegały od wielokrotnie stwierdzonych w tkankach roślin uprawnych na terenach niezanieczyszczonych, co znalazło potwierdzenie również w pracach szeregu autorów [GEMBARZEWSKI i in. 1995; OBOJSKI, STRĄCZYŃSKI 1995; RABIKOWSKA, PISZCZ 1996; GEMBARZEWSKI i in. 1996].

Tabela 3; Table 3

Niektóre właściwości gleb oraz zawartości cynku w częściach nadziemnych rzepaku w warunkach polowych

Some soil characteristics and Zn content in the above ground parts of rape under field conditions

Nr gleby Soil no.	pH w 1 mol KCl·dm ⁻³ pH in 1 mol KCl·dm ⁻³	Części sypialne Fine particles (%)	C org. Org. C (%)	T; CEC (mmol(+)-kg ⁻¹)	Zn (mg·kg ⁻¹)		Zn w roślinie (mg·kg ⁻¹ s.m.) Zn content in plant (mg·kg ⁻¹ DM)
					całkowity total	rozpuszczalny soluble	
1	4,9	28	1,34	79,0	33,0	10,0	34,2
2	5,3	11	0,72	82,0	38,0	14,9	41,5
3	4,1	10	0,70	70,0	21,0	6,2	24,0
4	4,8	13	0,86	77,0	31,5	9,3	26,0
5	5,2	10	0,73	81,0	21,0	7,0	25,0
6	4,7	19	1,14	89,0	31,5	8,9	31,2
7	5,8	15	0,90	85,0	60,0	18,8	48,0
8	6,1	20	1,02	89,0	60,0	16,0	45,2
9	6,1	8	0,64	85,0	38,0	9,7	28,2
10	5,6	35	2,01	79,0	40,5	8,4	23,0
11	5,9	17	1,00	80,0	48,5	13,2	37,5
12	5,1	18	0,98	78,0	40,0	8,5	22,0
13	5,0	26	1,40	79,0	52,5	16,6	47,0
14	4,3	29	1,86	70,0	42,0	13,8	37,5
15	5,8	18	0,92	62,0	50,0	17,6	51,2
16	4,1	19	1,21	70,0	42,0	11,3	32,0
17	4,8	15	1,05	79,0	42,0	1106	37,5
18	4,9	40	2,36	83,0	40,5	10,5	26,2
19	6,3	28	1,94	92,0	33,0	8,4	21,0
20	5,4	24	1,46	80,0	47,0	14,9	33,0

T; CEC – pojemność sorpcyjna; cation exchangeable capacity

Jak donoszą autorzy wielu opracowań [KEISLING, LAUER 1977; SANDERS, ADAMS 1987; TILLER 1989] na wielkość pobrania cynku przez rośliny wpływa szereg czynników, głównie właściwości gleby.

Z obliczonych w badaniach własnych współczynników korelacji prostej między zawartością cynku w roślinach a niektórymi właściwościami gleb wynika, że w największym stopniu koncentracja badanego metalu uzależniona była od stężenia form rozpuszczalnych tego pierwiastka w 1 mol HCl·dm⁻³.

Współczynniki korelacji między tymi cechami były wysoce istotne dla wszystkich badanych gatunków roślin, natomiast zawartość całkowita korelowała istotnie jedynie na glebach pobranych spod rzepaku, gdzie stężenie tej formy metalu było bardzo zróżnicowane. Koncentracja cynku w pszenicy ozimej, oprócz

istotnej zależności od form rozpuszczalnych w glebie tego metalu, była ściśle skorelowana z zawartością części spławialnych, węglem organicznym i pojemnością sorpcyjną gleb. Wbrew utartej opinii i szeregu danych piśmiennictwa [WERNER i in. 1989; DOMŻAŁ i in. 1995; NIEMYSKA-ŁUKASZUK 1995], w których autorzy podkreślają ogromny wpływ odczynu na proces pobierania cynku przez rośliny w warunkach polowych, w badaniach własnych tej zależności nie stwierdzono (tab. 4).

Tabela 4; Table 4

Współczynniki korelacji prostej (r) między zawartością cynku w roślinach a niektórymi właściwościami gleb

Correlation coefficients (r) between Zn content and some soil characteristics

Roślina Plant	pH w 1 mol HCl·dm ⁻³ pH in 1 mol HCl·dm ⁻³	Części spławialne Fine particles	C org. Org. C	T; CEC	Zn	
					całkowity total	rozpuszczalny soluble
Buraki cukrowe Sugar beets	0,031	-0,357	-0,429	0,058	0,285	0,859**
Rzepak; Rape	0,188	-0,111	-0,237	-0,188	0,743**	0,925**
Pszenica ozima Winter wheat	-0,404	-0,814**	-0,661**	-0,586*	-0,398	0,570*

T; CEC – pojemność sorpcyjna; cation exchangeable capacity

* – r istotny przy P = 0,01; r significant at P = 0.01

** – r istotny przy P = 0,001; r significant at P = 0.001

Jedynie w przypadku pszenicy ozimej współczynnik korelacji między koncentracją cynku w roślinach a odczynem gleby był dość wysoki, aczkolwiek nieistotny.

Spowodowane zostało to prawdopodobnie zbyt małym zróżnicowaniem odczynu gleb pobranych spod badanych roślin, a także naturalnymi, nietoksycznymi zawartościami cynku w glebach uprawnych, gdyż w warunkach wazonowych przy wzrastających dawkach badanego metalu dodanego do gleby, wapnowanie istotnie obniżyło zarówno zawartość, jak i pobranie tego pierwiastka przez rośliny doświadczalne.

Generalnie, przy niedużym zróżnicowaniu gleb uprawnych pod względem właściwości fizycznych i chemicznych, czynnikiem decydującym o pobraniu cynku przez rośliny była zawartość jego form rozpuszczalnych, o czym donoszą również autorzy [STANTON, BURGER 1967; GEMBARZEWSKI i in. 1995; OBOJSKI, STRĄCZYŃSKI 1995; GEMBARZEWSKI i in. 1996].

Przebadana w warunkach polowych współzależność cynku w glebach i roślinach potwierdziła dane wielu autorów [WEAR 1956; KEISLING, LAUER 1977; TILLER 1989; NIEMYSKA-ŁUKASZUK 1995; CURYŁO 1996], że zawartość cynku w roślinach w warunkach naturalnych, na terenach nieskażonych najściślej powiązana jest z koncentracją w glebach form przyswajalnych tego pierwiastka. Również ważnym czynnikiem była pojemność sorpcyjna gleb oraz ich skład granulometryczny. Wbrew powszechnie panującemu pogładowi, że odczyn gleby jest jednym z najważniejszych parametrów decydujących o ruchliwości i pobieraniu cynku przez części nadziemne roślin, w badaniach własnych nie stwierdzono istotnych zależności między tymi cechami. Oznaczony odczyn pH tych gleb w 1 mol KCl·dm⁻³ wskazuje na małe zróżnicowanie między nimi, gdyż nie stwierdzono wśród sześć-

dziesięciu przebadanych próbek ani gleb bardzo kwaśnych, ani silnie zasadowych, a jak podają w swoich badaniach inni autorzy [KEISLING, LAUER 1977; TILLER 1989], duża rozpuszczalność cynku przypada na odczyn gleby poniżej pH 4,5, natomiast silne jego wiązanie w glebie następuje po przekroczeniu pH 7. Poza tym bardziej wyraźna zależność między rozpuszczalnością cynku a kwasowością gleby obserwuje się przy stężeniach tego pierwiastka przekraczających jego naturalne zawartości zarówno w glebach jak i roślinach [OBOJSKI, STRĄCZYŃSKI 1995; KOPEĆ 1996; RABIKOWSKA, PISZCZ 1996].

Wnioski

1. Zawartość cynku w roślinach była zróżnicowana w zależności od miejsca pobrania i wahała się w liściach buraków cukrowych od 10,5 do 53,5 mg·kg⁻¹ s.m., w pszenicy ozimej od 18,5 do 61,5 mg·kg⁻¹ s.m., a w rzepaku od 22,0 do 51,2 mg·kg⁻¹ s.m.
2. We wszystkich analizowanych roślinach koncentracja cynku nie odbiegała od ilości powszechnie spotykanych w tych gatunkach roślin uprawnych.
3. Obliczone współczynniki korelacji prostej dla warunków polowych, dotyczące współdziałania wielu czynników w procesie pobierania cynku przez rośliny, wykazały istotną zależność tego procesu od zawartości w glebie formy rozpuszczalnej w 1 mol HCl·dm⁻³ tego metalu, w następnej kolejności od zawartości części splawialnych i pojemności sorpcyjnej badanych gleb.
4. Nie stwierdzono wpływu odczynu gleb na koncentrację cynku w roślinach.

Literatura

- CURYŁO T. 1996. *Wpływ odczynu gleby na pobieranie cynku, miedzi i niklu przez rośliny owsa*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 49–54.
- DOMŻAŁ H., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A., PRANAGAL J. 1995. *Zawartość miedzi, cynku, ołowiu i manganu w glebach w zależności od sposobu wieloletniego rolniczego użytkowania*. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 418: 191–200.
- GEMBARZEWSKI H., OBOJSKI J., STRĄCZYŃSKI S. 1996. *Stan zaopatrzenia w mikroelementy roślin pszenicy na polach wysokoprodukcyjnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 347–352.
- GEMBARZEWSKI H., OBOJSKI J., STRĄCZYŃSKI S., SIENKIEWICZ U. 1995. *Zawartość makro- i makroelementów w glebach oraz roślinach ziemniaka i pszenicy ozimej z pól o wysokiej produktywności*. IUNG Puławy: 80 ss.
- KEISLING T.C., LAUER M.E. 1977. *Visual, tissue and soil factors associated with Zn toxicity of peanuts*. Agron. J. 69: 765–769.
- KOPEĆ M. 1996. *Wpływ właściwości chemicznych gleb kwaśnych na zawartość i pobieranie przez owies miedzi, cynku, kadmu i niklu*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 205–213.

- NIEMYSKA-ŁUKASZUK J. 1995. *Wpływ składu granulometrycznego i odczynu gleby na zawartość przyswajalnych form metali ciężkich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 459–464.
- OBOJSKI J., STRĄCZYŃSKI S. 1995. *Odczyn i zasobność gleb w makro- i mikroelementy*. IUNG Puławy: 86 ss.
- RABIKOWSKA B., PISZCZ U. 1996. *Zawartość cynku i jego nagromadzenie przez pszenicę w warunkach trwałego, zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 275–284.
- SANDERS J.R., ADAMS T.M. 1987. *The effects of pH and soil type o concentration of zinc, copper and nickel extracted by CaCl_2 from sewage sludge-treated soils*. Environ. Pollut. A. 43: 219–228.
- STANTON D.A., BURGER R. 1967. *Availability to plants of zinc sorbed by soil and hydrous iron oxides*. Geoderma 1: 13–14.
- TILLER K.G. 1989. *Heavy metals in soils and their environmental significance*. Adv. in Soil Sci. 9: 113–142.
- WATANABE F.S., LINDSAY W.L., OLSEN S.R. 1965. *Nutrient balance involving phosphorus, iron and zinc*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 562–565.
- WEAR J. 1956. *Effect of soil pH and calcium on uptake of zinc by plants*. Soil Sci. 81: 311–315.
- WERNER W., DELSCHEN T., BIRKE CH. 1989. *Soil-plant relationship of heavy metals after long-term application of sewage sludge*. Mat. konf. miedzyn. „Heavy metals in the environment”. Genewa, Tom 2: 107–110.

Słowa kluczowe: cynk całkowity i rozpuszczalny, odczyn gleby, pojemność sorpcyjna, pobranie przez rośliny, gatunek roślin, pola wysokoprodukcyjne

Streszczenie

W warunkach pól wysokoprodukcyjnych Dolnego Śląska badano wpływ szeregu właściwości gleb na zawartość cynku w trzech gatunkach roślin (pszenica ozima, rzepak i buraki cukrowe). Materiał badawczy stanowiło 60 próbek glebowych i roślinnych pobranych w okresie wegetacji roślin.

Badania wykazały, że pobieranie cynku przez rośliny w warunkach intensywnego rolnictwa w największym stopniu zależne było od zawartości w glebie cynku rozpuszczalnego w 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$, następnie od zawartości części sflawialnych i pojemności sorpcyjnych gleb. Nie stwierdzono wpływu odczynu gleby na koncentracje cynku w badanych roślinach.

RELATIONSHIP BETWEEN ZINC CONTENTS IN PLANTS AND SOILS UNDER FIELD CONDITIONS

Zofia Spiak, Łukasz Wall

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Wrocław

Key words: total zinc, soluble zinc, soil reaction, cation exchangeable capacity, uptake by plants, plant species, high-yield fields

The influence of some soil properties on zinc content in three species of cultivated plants (winter wheat, rape, sugar beets) was examined under conditions of intensive production fields. Examined material encompassed of 60 soil and plant samples collected during the vegetation period.

The results showed, that the Zn uptake by plants in conditions of intensive agriculture depended mainly on the content of zinc in forms soluble in 1 mol HCl·dm⁻³, then on the content of fine particles in soil and the cation exchangeable capacity of examined soils. No influence of soil reaction on Zn content in soil was found.

Prof. dr hab. **Zofia Spiak**
Katedra Chemii Rolniczej
Akademia Rolnicza
ul. Grunwaldzka 53
50-357 WROCLAW