

**Jolanta Kozłowska-Strawska\***

**ZAWARTOŚĆ ŻELAZA W ROŚLINACH UPRAWIANYCH  
W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEJ ZASOBNOŚCI GLEB  
LUBELSZCZYZNY W SIARKE**

**IRON CONTENT IN THE LUBELSKI REGION UNDER DIFFERENT  
LEVELS OF SOIL SULPHUR FERTILITY**

**Słowa kluczowe:** zawartość żelaza w roślinach, zawartość siarki w glebach, gleby Lubelszczyzny.

**Key words:** iron content in plants, sulphur content in soil, soil of Lubelski region.

*The paper analyzes the impact of different soil fertility in the Lubelski region in the sulfur content of iron in plants. The study was performed based on soils and plants sample taken from the of Lubelski region from the village: Nosów, Luchów Dolny, Halasy, Jabłonna Majątek and Lack. Selection of soils for studies take into account their agronomic category and the sulfur sulphate content in soils. Plant material taken from these soils was: spring barley, oats, winter wheat and rapeseed. Analysis of results indicates that the abundance of soils of Lubelski region in S-SO<sub>4</sub> was clearly differentiated and had a bearing on the change of iron content in vegetative and generative parts of the crops. Increasing the amount of sulfate sulfur in the soil affect the reduction of iron, especially in vegetative parts of plants. On the other hand, changes affecting the pH toward the acidic depended on the availability of iron for the growth of crops.*

## 1. WPROWADZENIE

Do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin uprawnych niezbędny jest odpowiedni stopień zaopatrzenia ich w podstawowe makro- i mikroelementy. Makroelementy pełnią w roślinie głównie funkcje budulcowe, mikroelementy zaś wchodzą w skład licznych enzymów lub ich aktywatorów i biorą udział w regulacji procesów biochemicznych [Zarzecka 2004].

---

\* **Dr Jolanta Kozłowska-Strawska – Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej,  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; tel.: 81 445 60 18;  
e-mail: jolanta.kozlowska@up.lublin.pl**

Jednym z mikroelementów niezbędnych do prawidłowego rozwoju roślin uprawnych jest żelazo. Funkcje tego metalu w roślinach można przedstawić następujący sposób:

- 1) uczestniczy w procesie fotosyntezy, a zwłaszcza w przekształcaniu energii świetlnej w chemiczną, potrzebną do fotolizy wody;
  - 2) stymuluje powstawanie chlorofilu;
  - 3) uczestniczy w redukcji azotanów i wiązaniu wolnego azotu;
  - 4) bierze udział w metabolizmie kwasów nukleinowych
- oraz
- 5) reguluje reakcje oksydacyjno-redukcyjne [Kabata-Pendias, Pendias 1999; Zarzecka 2004].

Odpowiedni stopień zaopatrzenia roślin w żelazo jest więc istotnym zagadnieniem agrotechnicznym oraz ważną cechą jakościową rozpatrywaną przy ocenie walorów konsumpcyjnych i paszowych surowców pochodzenia roślinnego [Czuba 2000].

Zawartość mikroelementów, w tym żelaza w roślinach, zwiększa się nieproporcjonalnie do ich nagromadzenia w glebie i zależy w dużej mierze od cech gatunkowych roślin, zabiegów agrotechnicznych i właściwości gleby, wywierających wpływ na aktywność poszczególnych metali [Lipiński i in. 2006]. Stąd też celem podjętych przeze mnie badań była próba ustalenia wpływu zasobności gleb Lubelszczyzny w siarkę siarczanową na zawartość żelaza w częściach wegetatywnych i generatywnych roślin uprawnych.

## 2. MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły próby glebowe i roślinne pobrane z terenu województwa lubelskiego z miejscowości: Nosów, Luchów Dolny, Halasy, Jabłonna Majątek, Ostrów oraz Lack. Wybór gleb do badań uwzględniał ich kategorię agronomiczną wydzieloną na podstawie zawartości części spławianych, o średnicy frakcji < 0,02 mm (tab. 1).

**Tabela 1.** Skład granulometryczny materiału glebowego

**Table 1.** Granulometric composition of the soil material

Nr próby	Miejscowość	Zawartość poszczególnych frakcji [w %]			Grupy granulometryczne
		1,0–0,1 mm	0,1–0,02 mm	<0,02 mm	
1	Nosów	64	24	12	piasek gliniasty lekki
2	Halasy	42	25	33	glina lekka
3	Ostrów	76	18	6	piasek słabo gliniasty
4	Nosów	43	32	25	glina piaszczysta pylasta
5	Lack	51	33	16	piasek gliniasty mocny pylasty
6	Luchów Dolny	81	9	10	piasek słabo gliniasty
7	Nosów	53	26	21	glina piaszczysta pylasta
8	Nosów	60	25	15	piasek gliniasty lekki
9	Halasy	45	29	26	glina lekka pylasta
10	Jabłonna Majątek	15	49	36	pył ilasty

Drugim kryterium wyboru materiału glebowego, który częściowo korelował ze składem granulometrycznym, była zawartość siarki siarczanowej w glebie (tab. 2).

Materiał glebowy pobrano z warstwy 0–20 cm. Z każdego miejsca pobrano po 5 prób glebowych. Analizom poddano uśrednione próby powstałe z wymieszania próbek pierwotnych i oznaczono:

- 1) skład granulometryczny – metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego;
- 2) siarkę siarczanową – nefelometrycznie, według przepisu Bardsleya i Lancastera [za Boratyński i in. 1975].

**Tabela 2.** Zawartość S-SO<sub>4</sub> w materiale glebowym

**Table 2.** Sulphur sulphate content in the soil material

Nr próby	Miejscowość	S-SO <sub>4</sub> [mg·kg <sup>-1</sup> ]	Stopień zasobności w S-SO <sub>4</sub> [wg Kabata-Pendias i in. 1993]
1	Nosów	6,0	I°
2	Halasy	48,0	IV°
3	Ostrów	185,0	IV°
4	Nosów	3,0	I°
5	Lack	97,5	IV°
6	Luchów Dolny	7,0	I°
7	Nosów	21,0	II°
8	Nosów	8,5	I°
9	Halasy	52,5	IV°
10	Jabłonna Majątek	24,5	I°

Materiał roślinny pobrany z powyższych kategorii agronomicznych gleb stanowiły: jęczmień jary, owies, pszenica ozima oraz rzepak. Wybór tych roślin podyktowany był zróżnicowanymi wymaganiami pokarmowymi w stosunku do siarki. Próby roślinne pobrane były zgodnie z przyjętymi kryteriami poboru i przygotowania prób roślinnych do analiz chemiczno-rolniczych. W tak przygotowanych próbach roślinnych oznaczono: żelazo, metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA), przy użyciu aparatu Hitachi Z 8200 i po uprzedniej mineralizacji materiału roślinnego w stężonym kwasie siarkowym z dodatkiem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość siarki siarczanowej (S-SO<sub>4</sub>) w glebach uprawnych Lubelszczyzny mieściła się w szerokim zakresie od 3,0 do 185,0 mg·kg<sup>-1</sup> gleby (tab. 2). Zanieczyszczenie gleb siarką na głębokości 0–20 cm ocenia się biorąc pod uwagę naturalną jej zawartość w danym gatunku gleby. Rozróżnia się cztery stopnie zawartości tego pierwiastka: I° – zawartość ni-

ska, II° – zawartość średnia, III° - wysoka, IV° – zawartość zwiększona wskutek antropopresji. Zawartość: I, II i III stopnia określa naturalną zawartość rozpatrywanych form siarki w różnych glebach, natomiast zawartość stopnia IV – zwiększoną zawartość wskutek działalności człowieka [Kabata-Pendias i in. 1993; Terelak 2005].

W analizowanych próbach materiału glebowego pobranego z terenu Lubelszczyzny zawartość siarki siarczanowej ( $S-SO_4$ ) mieściła się w zakresie od I° do IV°. Największa zasobność w  $S-SO_4$  odznacza próby glebowe pobrane w miejscowości Ostrów, gdzie ilość rozpatrywanej formy siarki kształtowała się na poziomie  $185 \text{ mg kg}^{-1}$  i wynosiła od 1,9 do 61,7 razy więcej niż wartości stwierdzone w materiale glebowym z pozostałych miejscowości. Dużą zasobnością w  $S-SO_4$  odznaczał się również materiał glebowy w próbach pobranych w miejscowości Halasy oraz Lack. W miejscowościach tych zawartość ( $S-SO_4$ ) w glebie wynosiła od  $48,0$  do  $97,5 \text{ mg kg}^{-1}$  i znacznie przekraczała średnią charakterystyczną dla gleb województwa lubelskiego, wynoszącą  $16,5 \text{ mg S-SO}_4 \text{ kg}^{-1}$  gleby [Lipiński 2000]. Ilość przyswajalnych form siarki w pozostałych próbach materiału glebowego była określana jako zawartość mała lub średnia. Problem ten podkreślają w swoich pracach również inni autorzy, którzy wskazują, że około 64% gleb województwa lubelskiego zawiera mniej form  $S-SO_4$  niż średnia zawartość określona dla całego regionu [Lipiński 2000; Motowicka-Terelak, Terelak 1998].

Zróżnicowana zasobność gleb Lubelszczyzny w  $S-SO_4$  wpływała na zawartość żelaza w częściach wegetatywnych i generatywnych roślin uprawnych (tab. 3). Stopień zaopatrzenia roślin w ten cenny składnik pokarmowy jest bardzo istotny, rzutuje bowiem na ilość Fe w diecie człowieka oraz zwierząt [Gurzau i in. 2003]. Światowa organizacja zdrowia [za Zarzecka 2004] podaje, że dzienna dawka żelaza dla organizmu ludzkiego powinna kształtować się w zakresie od 10 do 18 mg Fe.

**Tabela 3.** Zawartość żelaza w roślinach uprawianych w warunkach zróżnicowanej zasobności gleb Lubelszczyzny w  $S-SO_4$

**Table 3.** Iron content in plants grown in the Lubelski region under different soil fertility in  $S-SO_4$

Nr próby	Miejscowość	Roślina	Fe [ $\text{mg kg}^{-1}$ ]	
			stłoma	ziarno / nasiona
1	Nosów	jęczmień	101,0	44,0
2	Halasy	jęczmień	57,0	32,4
3	Ostrów	jęczmień	65,0	81,0
4	Nosów	pszenica	56,0	28,9
5	Lack	pszenica	65,0	45,0
6	Luchów Dolny	owies	125,0	34,6
7	Nosów	rzepak	41,0	21,9
8	Nosów	rzepak	49,0	60,0
9	Halasy	rzepak	30,4	56,0
10	Jabłonna Majątek	rzepak	69,0	145,0

Zawartość żelaza w słomie jęczmienia wynosiła od 57,0 do 101,0 mg·kg<sup>-1</sup> suchej masy. Największa zawartość analizowanego mikroelementu odznacza części wegetatywne roślin zbierane w miejscowości Nosów, gdzie zawartość S-SO<sub>4</sub> w glebie była określana jako niska. Może to częściowo wynikać z interakcji pomiędzy makro- i mikroelementami. W literaturze bowiem często podkreśla się, że siarka działa antagonistycznie na przyswajalność i metabolizm żelaza w roślinach uprawnych [Kabata-Pendias, Pendias 1999; Yousfi i in. 2007]. W ziarnie jęczmienia jarego natomiast, w odróżnieniu od słomy jęczmienia, największą zawartość Fe stwierdzono w materiale roślinnym pochodzącym z miejscowości Ostrów i była ona od 1,8 do 2,5 razy większa niż w pozostałych próbach roślin pobranych w miejscowości Nosów oraz Halasy. Wynika to najprawdopodobniej z wpływu odczynu gleby na dostępność mikroelementów. Zmniejszenie wartości pH gleby w kierunku odczynu kwaśnego zwiększa bowiem dostępność żelaza dla roślin [Kim, Guerinot 2007]. W analizowanym obiekcie doświadczalnym zmniejszenie odczynu gleby do pH 5,91 mogło być związane z wpływem dużej zawartości siarki na zmiany wartości odczynu gleby.

W pobranych próbach słomy pszenicy zawartość żelaza wynosiła od 56,0 do 65,0 mg·kg<sup>-1</sup> suchej masy. Większą zawartością rozpatrywanego mikroelementu odznaczały się próby materiału roślinnego pobranego w miejscowości Lack, gdzie zwiększeniu zawartości S-SO<sub>4</sub> w glebie (IV<sup>o</sup> zasobności) towarzyszyło wyraźne zmniejszenie wartości pH, do poziomu 5,43. Sprzyjało to najprawdopodobniej większemu pobraniu tego składnika przez rośliny [Lipiński i in. 2006]. Podobną tendencję stwierdzono również w odniesieniu do ziarna pszenicy. W suchej masie części generatywnych tej rośliny, pobranych w miejscowości Lack, koncentracja żelaza była 1,6 razy większa w porównaniu z koncentracją stwierdzoną w ziarnie pochodzącym z miejscowości Nosów i wyraźnie przekraczała średnią zawartość określoną dla tego gatunku rośliny, wynoszącą 25 mg Fe·kg<sup>-1</sup> [Kabata-Pendias, Pendias 1999].

Zawartość żelaza w słomie owsa pobranego w miejscowości Luchów Dolny była największa w porównaniu z zawartością żelaza w częściach wegetatywnych pozostałych gatunków zbóż. Tak wysokiej koncentracji Fe w słomie owsa mogła sprzyjać niska zawartość S-SO<sub>4</sub> w glebie i odczyn na poziomie pH 4,02. W odróżnieniu od słomy ilość Fe w ziarnie owsa była zdecydowanie mniejsza niż wartości przyjęte w innych krajach za optymalne dla części generatywnych tej rośliny [Kabata-Pendias, Pendias 1999].

W słomie rzepaku zbieranego na terenie Lubelszczyzny ilość żelaza wahała się od 30,4 do 69,0 mg·kg<sup>-1</sup>. Największa zawartość rozpatrywanego mikroelementu odznaczała części wegetatywne tej rośliny pochodzące z miejscowości Jabłonna Majątek. W próbach glebowych pobranych w tej miejscowości zasobność gleb w S-SO<sub>4</sub> określana była jako mała, ale pH gleby było rzędu 5,40. Najprawdopodobniej to właśnie spadek odczynu gleby w kierunku kwaśnego przyczynił się do wzrostu dostępności żelaza dla roślin uprawnych [Kim, Guerinot 2007]. Największą zawartość żelaza natomiast stwierdzono w słomie rzepaku zbieranego w miejscowości Halasy. Analiza materiału glebowego pochodzącego z tej miej-

scowości wykazała, że zawartość siarki siarczanowej w glebie była tu zwiększona wskutek antropopresji (IV<sup>o</sup> zasobności). Drugim czynnikiem limitującym dostępność żelaza był tu również odczyn gleby, w której wartość pH wahała się wokół 7,27. Tak duża wartość pH gleby mogła ograniczyć mobilność żelaza w glebie [Lipiński i in. 2006]. W nasionach rzepaku największą koncentrację Fe, podobnie jak w słomie, zanotowano w próbach roślinnych pochodzących z miejscowości Jabłonna Majątek. Najmniejsza ilość rozpatrywanego mikroelementu odznaczała natomiast nasiona pochodzące z miejscowości Nosów (próba 7), gdzie ilość Fe kształtowała się na poziomie 21,9 mg·kg<sup>-1</sup>.

#### 4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania oraz analiza danych literaturowych pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zasobność gleb Lubelszczyzny w siarkę siarczanową była wyraźnie zróżnicowana, począwszy od zasobności niskiej (Nosów – próby 1, 4, 8, Luchów Dolny, Jabłonna Majątek), poprzez zasobność średnią (Nosów – próba 7) do zasobności zwiększonej wskutek antropopresji (Halasy – próby 2, 9, Ostrów, Lack).
2. Stopień zasobności analizowanych gleb w S-SO<sub>4</sub> rzutował na zmiany zawartości żelaza w częściach wegetatywnych i generatywnych roślin uprawnych.
3. W częściach wegetatywnych analizowanych roślin można było zauważyć, że wzrostowi zawartości S-SO<sub>4</sub> w glebie towarzyszył spadek ilości żelaza w roślinach, stąd w słomie jęczmienia wyraźnie większą zawartość Fe stwierdzono w próbach tej rośliny pobranej w miejscowości Nosów, gdzie ilość siarki siarczanowej w glebie była na poziomie 6 mg·kg<sup>-1</sup> (I<sup>o</sup> zasobności).
4. Zwiększająca się ilość siarki siarczanowej w glebach w powiązaniu ze sprzyjającymi wartościami pH gleby wpływała również na zwiększenie ilości żelaza w ziarnie zbóż. W rzepaku wpływ zasobności gleb w S-SO<sub>4</sub> na zawartość Fe w nasionach nie był tak jednoznaczny.
5. Należy tu również podkreślić, że obok zasobności gleb w S-SO<sub>4</sub> na zmiany zawartości żelaza w rozpatrywanych roślinach uprawnych najprawdopodobniej wpływały również inne czynniki, wśród których na podkreślenie zasługują zabiegi agrotechniczne, warunki klimatyczne oraz właściwości odmianowe.

#### PIŚMIENICTWO

- BORATYŃSKI K., GROM A., ZIĘTECKA M. 1975. Badania nad zawartością siarki w glebie. Cz. I. Rocz. Gleb. 26, 3: 121–139.
- CZUBA R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471: 161–169.

- GURZAU E.S., NEAGU C., GURZAU A.E. 2003. Essential metals – case study on iron. *Ecotoxicol. and Environ. Safety*. 56: 190–200.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN Warszawa: 397.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITTEK T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy: 20.
- KIM S.A., GUERINOT M.L. 2007. Mining iron: Iron uptake and transport in plants. *FEBS Letters*. 581: 2273–2280.
- LIPIŃSKI W. 2000. Wybrane czynniki kształtujące występowanie siarki w glebach użytków rolnych Lubelszczyzny. *Fol. Univ. Agric. Stetin. Agricult.* 81, 204: 77–81.
- LIPIŃSKI W., FRAN CZAK S., WATROS A. 2006. Oddziaływanie składu granulometrycznego, odczynu i materii organicznej gleby na zawartość żelaza i manganu w ziarnie pszenicy. *J. Elementol.* 11, 1: 35–42.
- MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H. 1998. Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenia. *PIOŚ, Bibl. Monit. Środow.* Warszawa: 106.
- TERELAK H. 2005. Metale ciężkie i siarka w glebie użytków rolnych Polski. *Probl. Ekolog.* 9, 5: 259-264.
- YOUSFI S., WISSAL M., MAHMOUDI H., ABDELLEY CH., GHARSALLI M. 2007. Effect of salt on physiological responses of barley to iron deficiency. *Plant Physiol. and Biochem.* 45: 309–314.
- ZARZECKA K. 2004. Zawartość żelaza i manganu w bulwach ziemniaków w zależności od sposobu zwalczania chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricultura.* 3, 1: 165–173.