

## WPLYW WAPNOWANIA I NAWOŻENIA SIARKĄ NA SKŁAD KATIONOWY I ODCZYN GLEBY PŁOWEJ

*M. S. Brodowska*

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin  
e-mail: marsylbr@agros.ar.lublin.pl

**Streszczenie.** W dwuletnich doświadczeniach wazonowych przeanalizowano zakres i kierunek zmian procentowego udziału kationów w pojemności wymiennej oraz odczynu gleby płowej w warunkach stosowania wapnowania i nawożenia siarką. Wyniki badań wskazują, że wapnowanie – zwłaszcza dolomitom – w dużym stopniu zoptymalizowało wysycenie kompleksu sorpcyjnego gleby kationami o charakterze kwaśnym i zasadowym. W konsekwencji tych zmian odczyn analizowanej gleby zmienił się z kwaśnego na lekko kwaśny. Nawożenie siarką nie wpłynęło widocznie na rozpatrywane wskaźniki zakwaszenia gleb.

**Słowa kluczowe:** skład kationowy, odczyn, gleba, wapnowanie, siarka.

### WSTĘP

Jednym z podstawowych warunków prawidłowego odżywiania się roślin są właściwe proporcje pomiędzy jonami w kompleksie sorpcyjnym gleby [21]. Przyjmowana często [4] koncepcja optymalnego wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb kationami zakłada, że w naszej strefie klimatycznej ich udziały powinny wynosić: 65%  $\text{Ca}^{2+}$ , 10%  $\text{Mg}^{2+}$ , 5%  $\text{K}^{+}$  i 20%  $\text{H}^{+}$ .

Niekorzystne zmiany w wysyceniu kompleksu sorpcyjnego gleb jonami wiążą się najczęściej z zachwianiem relacji pomiędzy kationami o charakterze zasadowym i kwaśnym [5]. Ubytek magnezu i wapnia oraz towarzyszący temu wzrost jonów wodoru i glinu prowadzi do znacznego obniżenia odczynu gleb i jest najpowszechniejszą formą ich chemicznej degradacji [9]. W kontekście tego wapnowanie jest nadal bardzo ważnym zabiegiem agrotechnicznym wpływającym na regulację odczynu gleb i odpowiednie proporcje pomiędzy kationami [11,12,20].

W ostatnim okresie coraz częściej stosuje się w nawożeniu siarkę [7,8,13,19], co może niekiedy być czynnikiem obniżającym odczyn gleb. Stąd też podjęto badania, których celem było przeanalizowanie zakresu wpływu wapnowania i nawożenia siarką na procentowy udział kationów zasadowych i wodoru w pojemności wymiennej oraz na odczyn gleby płowej.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania oparto na analizie prób glebowych uzyskanych z doświadczeń wazonowych przeprowadzonych w latach 1999–2000. Doświadczenia te wykonano na materiale glebowym pobranym z warstwy ornej gleby płowej o składzie granulometrycznym gliny piaszczystej. Materiał glebowy przed rozpoczęciem eksperymentu charakteryzował się kwaśnym odczynem ( $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,9$ ) oraz średnimi zawartościami przyswajalnych form potasu, magnezu i siarki.

W pierwszym roku badań rośliną testową była pszenica jara odmiany *Ismena*, a w drugim rzepak jary odmiany *Licosmos* „00”. W doświadczeniach czynnikami zmiennymi były dawka siarki, forma siarki oraz dawka i forma nawozu odkwaszającego. Eksperyment założono metodą kompletnej randomizacji według następującego schematu:

1.  $S_0Ca_0Mg_0$ ;
2.  $S_1Ca_0Mg_0$ ;
3.  $S_2Ca_0Mg_0$ ;
4.  $S_0Ca_1Mg_1$ ;
5.  $S_1Ca_1Mg_1$ ;
6.  $S_2Ca_1Mg_1$ ;
7.  $S_0Ca_2Mg_0$ ;
8.  $S_1Ca_2Mg_0$ ;
9.  $S_2Ca_2Mg_0$ ; gdzie:

$S_0$  – bez nawożenia siarką;

$S_1$  – nawożenie S w postaci  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  lub S elementarnej w ilości  $0,015 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby pod pszenicę jara i w ilości  $0,03 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby pod rzepak jary;

$S_2$  – nawożenie S w postaci  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  lub S elementarnej w ilości  $0,03 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby pod pszenicę jara i w ilości  $0,06 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby pod rzepak jary;

$Ca_0Mg_0$  – bez wapnowania;

$Ca_1Mg_1$  – wapnowanie mieszaniną  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$  (dolomit) według 1,0 Hh –  $1,226 \text{ g CaO}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby ( $1,095 \text{ g CaCO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$  i  $0,920 \text{ g MgCO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ );

$Ca_2Mg_0$  – wapnowanie  $\text{CaCO}_3$  według 1,0 Hh –  $1,226 \text{ g CaO}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby ( $2,190 \text{ g CaCO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Nawożenie siarką zastosowano przed siewem pszenicy i rzepaku, a nawozy odkwaszające wniesiono jednorazowo przed założeniem doświadczeń. Pod wszystkie objekty doświadczalne podano stałe nawożenie NPK oraz pożywkę mikroelementową w ilościach dostosowanych do potrzeb pokarmowych roślin testowych.

Niniejsza praca stanowi wycinek przeprowadzonych badań i obejmuje analizę wpływu zastosowanych czynników doświadczalnych na skład kationowy i odczyn gleby płowej.

W próbach glebowych pobranych przed założeniem doświadczeń oraz po zakończeniu dwuletniego cyklu badawczego oznaczono:

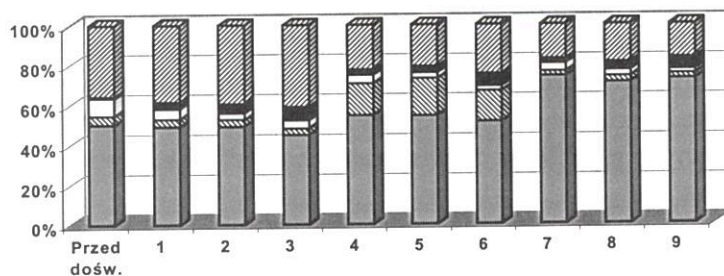
- kationy wymienne przez ekstrakcję 1 mol  $\text{CH}_3\text{COONH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$  o pH 7 (przy obliczaniu kationowej pojemności wymiennej zawartość jonów  $\text{H}^+$  przyjęto jako kwasowość hydrolityczną);
- pH w 1 mol  $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$  - potencjometrycznie przy użyciu elektrody szklanej (oznaczenie to wykonano również po zakończeniu pierwszego roku badań).

## WYNIKI I DYSKUSJA

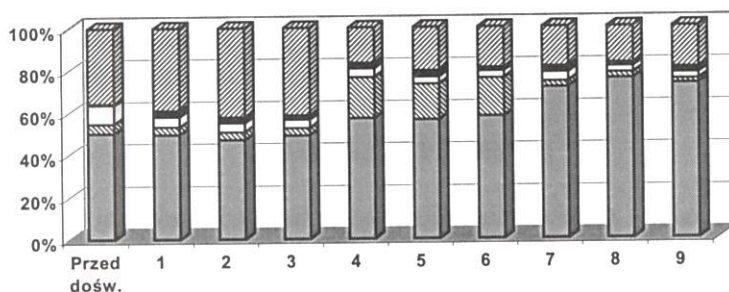
Procentowy udział zasadowych kationów wymiennych i wodoru w pojemności wymiennej gleby analizowanej po zbiorze rzepaku jarego w fazie pełnej dojrzałości, uzależniony był głównie od rodzaju nawozu odkwaszającego, a w znacznie mniejszym stopniu od poziomu i formy wprowadzonej siarki (Rys. 1). Zastosowanie wapnowania powodowało wzrost udziału jonów  $\text{Ca}^{2+}$  w porównaniu do udziału tego jonu w obiektach nie wapnowanych. Największy udział jonów  $\text{Ca}^{2+}$  w pojemności wymiennej gleby odnotowano w obiektach nawożonych węglanem wapnia, w których kształtował się on w granicach 70,8 – 75,3%. W porównaniu do wartości z obiektów nie wapnowanych zwyżka udziału tego jonu była około 1,5-krotna. Zastosowanie dolomitu wiązało się natomiast z około 20%-owym wzrostem udziału jonów  $\text{Ca}^{2+}$  w stosunku do wartości w obiektach, w których nie stosowano nawozów odkwaszających. Nawożenie siarką – w przeciwieństwie do wapnowania – obniżało w niewielkim stopniu udział  $\text{Ca}^{2+}$  w pojemności wymiennej gleby. Udział tego jonu był nieco wyższy w serii z siarką elementarną w porównaniu z wartościami z obiektów z  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Uzyskane wyniki wskazują, że wzrost udziału  $\text{Ca}^{2+}$  w pojemności wymiennej gleby wiązał się ze spadkiem udziałów  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{H}^+$ . W związku z tym najniższe wartości analizowanych kationów w większości obiektów odnotowano w serii wapnowanej węglanem wapnia. Zastosowanie dolomitu powodowało natomiast 5 – 6-krotny wzrost procentowego udziału jonów  $\text{Mg}^{2+}$  w porównaniu z udziałem

S w postaci  $\text{Na}_2\text{SO}_4$



S w postaci elementarnej



■ Ca      ▨ Mg      □ K      ■ Na      ▩ H

**Rys. 1.** Wpływ wapnowania i nawożenia siarką na procentowy udział zasadowych kationów wymiennych i wodoru w pojemności wymiennej gleby (1, 2, ..., 9 – oznaczenia jak w schemacie doświadczenia).

**Fig. 1.** The effect of liming and sulphur fertilization on the percentage of basic exchangeable cations and hydrogen in the soil's exchange capacity (1, 2, ..., 9 – symbols as in the scheme of experiment).

tego jonu w obiektach nie wapnowanych oraz 6–8-krotny w odniesieniu do obiektów wapnowanych węglanem wapnia. Spadek udziału  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{K}^+$  w obiektach wapnowanych węglanem wapnia należy po części tłumaczyć tym, że rośliny z tych obiektów wydały wysokie plony, w konsekwencji czego pobrały większe ilości magnezu i potasu z gleby. Intensywne wapnowanie często może prowadzić do obniżenia udziału magnezu w kompleksie sorpcyjnym gleby. Żeby nie dopuścić do takiej sytuacji na lekkich glebach kwaśnych, najczęściej ubogich w magnez, zalecane jest stosowanie do ich odkwaszania nawozów wapniowo–magnezowych [6,15]. W badaniach własnych także – najbardziej zbliżony do optymalnego [4] – procentowy udział zasadowych kationów wymiennych i wodoru w pojemności wymiennej

gleby wystąpił w obiektach wapnowanych dolomitem. Udział wapnia w glebie z tych obiektów stanowił około 55%, magnezu około 18%, a wodoru około 22%.

Poziom zastosowanej siarki wywarł również widoczny wpływ na procentowy udział  $Mg^{2+}$  w pojemności wymiennej gleby. W większości badanych obiektów wniesienie wyższej dawki siarki wiązało się z 6,5–26,8% spadkiem procentowego udziału  $Mg^{2+}$  w porównaniu z serią, w której siarkę stosowano na poziomie  $0,03 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby.

W przeprowadzonym eksperymencie wapnowanie – podobnie jak w badaniach innych autorów [3,10,16,18] – wyraźnie wpływało na wzrost wartości pH gleby (Tab. 1). Zastosowanie dolomitu przyczyniło się do wzrostu pH gleby do poziomu 6,5–6,9 w próbach glebowych pobranych po zbiorze pszenicy jarej oraz 5,7–6,3 w próbach analizowanych po zbiorze rzepaku jarego. Z danych tych wynika, iż nieco lepsze efekty odkwaszenia gleby dolomitem uzyskano bezpośrednio po jego zastosowaniu, a więc w pierwszym roku prowadzenia eksperymentu badawczego. Wprowadzenie samego węglanu wapnia powodowało również wzrost pH gleby w odniesieniu do obiektów nie wapnowanych, przy czym w próbach glebowych pobranych po zbiorze pszenicy zawierał się on w przedziale 6,3–6,6 w fazie kwitnienia i pełnej dojrzałości, oraz w granicach 6,4–6,7 przypadających na fazę krzewienia. W serii doświadczalnej z rzepakiem jarym uzyskano minimalnie lepszy efekt działania węglanu wapnia w porównaniu z dolomitem na wzrost pH gleby. W glebie z tych obiektów pH wzrosło o 1,6–1,8 jednostki w porównaniu z wartościami uzyskanymi z obiektów nie wapnowanych, co w konsekwencji doprowadziło do uzyskania odczynu lekko kwaśnego. Ogólnie można stwierdzić, iż najlepsze warunki do wzrostu i rozwoju roślin uzyskano w serii wapnowanej dolomitem w pierwszym roku doświadczenia oraz w obiektach z zastosowanym węglanem wapnia w roku drugim.

Zastosowanie siarki w niewielkim stopniu różnicowało analizowane wskaźniki zakwaszenia gleby. Niektórzy autorzy [1,2,14,17] wskazują, iż nawożenie siarką – zwłaszcza w formie pierwiastkowej – przyczynia się znacznie do zakwaszenia gleby. Wiązą to oni z faktem, że siarka zastosowana w postaci elementarnej przed pobraniem przez rośliny musi ulec utlenieniu do siarczanów, które prowadzi do obniżenia odczynu gleby. W prowadzonym eksperymencie nie stwierdzono widocznego wpływu nawożenia siarką, w tym także w formie pierwiastkowej, na spadek pH gleby. Wynika z tego, że wpływ taki może mieć miejsce przy stosowaniu siarki elementarnej na zapas w ilościach znacznie przekraczających potrzeby pokarmowe roślin.

**Tabela 1.** Wpływ wapnowania i nawożenia siarką na wartość odczynu gleby  
**Table 1.** The effect of liming and sulphur fertilization on value of the soil pH

Obiekt	pH <sub>KCl</sub>																		
	S w postaci Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>							S w postaci elementarnej											
	Ca <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>		Ca <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>		Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>		Ca <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>		Ca <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>		Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>								
Roślina	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>				
Po zbiorze pszenicy w fazie krzewienia	4,5	4,4	4,4	6,9	6,5	6,5	6,7	6,6	6,6	6,6	4,5	4,5	4,5	6,5	6,5	6,6	6,6	6,4	
Po zbiorze pszenicy w fazie kwitnienia	4,5	4,4	4,4	6,7	6,7	6,5	6,4	6,4	6,3	6,3	4,5	4,4	4,3	6,6	6,6	6,4	6,4	6,3	
Po zbiorze pszenicy w fazie pełnej dojrzałości	4,5	4,4	4,3	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,3	6,3	4,5	4,6	4,5	6,7	6,6	6,5	6,6	6,5	6,5
Po zbiorze rzepaku w fazie rozety	4,5	4,4	4,4	6,3	6,1	6,1	6,3	6,2	6,2	6,2	4,6	4,6	4,6	6,2	6,2	6,2	6,4	6,4	6,4
Po zbiorze rzepaku w fazie kwitnienia	4,6	4,5	4,5	6,1	6,1	6,1	6,3	6,3	6,3	6,3	4,6	4,6	4,6	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3	6,3
Po zbiorze rzepaku w fazie pełnej dojrzałości	4,6	4,6	4,5	5,8	5,8	5,7	6,3	6,2	6,2	6,2	4,7	4,5	4,5	6,2	6,0	5,9	6,3	6,2	6,1
Przed doświadczeniem	4,9																		

## WNIOSKI

- 1 Zmiany składu kationowego i odczynu gleby płowej uzależnione były głównie od zastosowanych nawozów odkwaszających.
- 2 Wapnowanie wpłynęło korzystnie na rozpatrywane wskaźniki zakwaszenia gleby. Wyraziło się to wzrostem udziału zasadowych kationów w pojemności wymiennej oraz zwiększeniem wartości pH gleby.
- 3 Najbardziej zbliżony do optymalnego procentowy udział zasadowych kationów wymiennych i wodoru w pojemności wymiennej gleby wystąpił w obiektach wapnowanych dolomit.
- 4 Nawożenie roślin siarką nie wpłynęło widocznie na zakwaszenie gleby.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Boswell C., Swanney B., Braithwaite A.:** The effects of different manufacturing techniques on the availability of sulfate to pasture from mixtures of elemental sulphur with either triple superphosphate or partially acidulated reactive phosphate rock. *Fertilizer Research*, 44, (3), 255–263, 1996.
2. **Chapman S. J.:** Powdered elemental sulphur: oxidation rate, temperature dependence and modeling. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 47, 19–28, 1997.
3. **Dębicki R., Wiater J.:** The influence of defecation lime on soil pH and content of available nutrients. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 413, 83–87, 1994.
4. **Filipek T.:** Kształtowanie się równowagi jonowej w życie w zależności od wysycenia gleb kationami. *Rocz. Glebozn.*, 1/2, 133–143, 1990.
5. **Filipek T.:** Wpływ wapna defekacyjnego na wysycenie kompleksu sorpcyjnego gleby lekkiej i ciężkiej oraz rozwój systemu korzeniowego zbóż jarych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 386, 55–60, 1990.
6. **Goulding K. W. T., Blake L.:** Soil acidification and the mobilization of toxic metals caused by acid deposition and fertiliser application. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 456, 19–27, 1998.
7. **Griffiths M. W., Kettlewell P. S., Hocking T. J.:** Effects of foliar-applied sulphur and nitrogen on grain growth, grain sulphur and nitrogen concentrations and yield of winter wheat. *J. of Agricultural Sci.*, 125, 331–339, 1995.
8. **Jain D. K., Gupta A. K.:** Response of mustard to sulphur through gypsum. Recycling of plant nutrients from industrial processes–10<sup>th</sup> International Symposium of CIEC, 9-11 December, Braunschweig-Völkenrode, Germany, 159–164, 1996.
9. **Kaczor A.:** Odżywianie się roślin w warunkach gleb silnie zakwaszonych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 456, 55–62, 1998.
10. **Kaniuczak J.:** Zakwaszenie gleb lessowych w zależności od sposobów użytkowania, wapnowania i nawożenia mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 456, 113–118, 1998.
11. **Kotowska J., Maciejewska M.:** Zawartość magnezu i wapnia w glebie lekkiej nie wapnowanej oraz wapnowanej dwiema dawkami węglanu wapnia. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, 5, (4), 309–313, 1998.

12. **Kotowska J., Piasecki J.:** Wpływ wapnowania na zawartość magnezu przyswajalnego w glebie. *Biul. Magnezol.*, 4, 93–95, 1994.
13. **Krauze A., Bowszys T.:** Wpływ stosowania różnych technologii nawozów siarkowych na plonowanie i jakość rzepaku ozimego i jarego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 204, *Agricultura*, 81, 133–142, 2000.
14. **Malhi S. S., Heier K.:** Feasibility of elemental S fertilizers as a source of S on grassland. Fertilization for sustainable plant production and soil fertility–11<sup>th</sup> International World Fertilizer Congress of CIEC, 7-13 September, Gent, Belgium, 384–391, 1997.
15. **Motowicka-Terelak T., Terelak H.:** Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie. *Bibl. Monitoringu Środ.*, Warszawa, 1998.
16. **Sadowski S.:** Wpływ wieloletniego wapnowania na odczyn profilu glebowego. *Rocz. Glebozn.*, 2, 125–131, 1987.
17. **Shata S. M., Selim A. M., Abdel-Fattah A.:** Growth response of corn and wheat to sulphur oxidation bacteria under certain soil and irrigation condition. *Middle East Sulphur Symposium Cairo*, 151–161, 1990.
18. **Sienkiewicz S., Panak T., Wojnowska T.:** Formation of chemical properties of light soil fertilized with magnesium sulphate and dolomite. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 413, 277–281, 1994.
19. **Weil R. R., Mughogho S. K.:** Sulphur nutrition of maize in four regions of Malawi. *Agron. J.*, 92, 649–656, 2000.
20. **Wróbel S., Stanisławska-Głubiak E.:** Wapnowanie jako czynnik łagodzący skutki wieloletniego nawożenia mineralnego gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 649–656, 1995.
21. **Ziętecka M., Karoń B.:** Wpływ zawartości potasu i magnezu w kompleksie sorpcyjnym gleby na plonowanie i skład chemiczny kupkówki. *Rocz. Glebozn.*, 3/4, 183–190, 1991.

## THE EFFECT OF LIMING AND SULPHUR FERTILIZATION ON THE CATIONIC COMPOSITION AND PH OF GREY-BROWN PODZOLIC SOIL

*M. S. Brodowska*

Department of Agricultural Chemistry, University of Agriculture  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, e-mail: marsylbr@agros.ar.lublin.pl

Summary. In the two-year pot experiment the range and direction of the changes in the percentage of cations in the exchange capacity and pH of grey-brown podzolic soil in the conditions of liming and sulphur fertilization was analysed. The research revealed that liming – in particular dolomite – considerable optimized saturation of soil sorptive complex of acid and basic cations. As a consequence of the changes soil reaction was changed from acid to lightly acid. Sulphur fertilization was not apparently influenced on considerer index of soils acidification.

Key words: cationic composition, soil reaction, soil, liming, sulphur.