

Katedra Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Lublinie

JOLANTA KOZŁOWSKA

*Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na zmiany
we właściwościach fizykochemicznych i chemicznych gleby.*

II. Stan zakwaszenia gleby

The Effect of Sulphur Fertilization and Liming on the Changes in the Physico-Chemical
and Chemical Properties of the Soil. II. The State of Soil Acidity

Utlenianie związków siarki w atmosferze i glebie przyczynia się do wzrostu zakwaszenia środowiska glebowego, stwarzając jednocześnie niekorzystne, często wręcz toksyczne warunki dla większości roślin uprawnych (3, 4, 5, 9, 12, 22). Duży udział związków siarki w zakwaszeniu gleb przypadł zwłaszcza na lata 1970-1985, gdyż w okresie tym ich emisja do atmosfery wykazywała tendencję rosnącą (15, 23).

Pierwszoplanową rolę w przeciwdziałaniu tym negatywnym skutkom odgrywa wapnowanie, wpływając między innymi na: zmniejszenie stężenia jonów H^+ , wzrost ilości wymiennego wapnia i magnezu, zwiększenie przyswajalności podstawowych składników pokarmowych (11, 17, 18, 25).

W ostatnim okresie na skutek znacznego obniżenia depozytu tego składnika z atmosfery oraz wprowadzenia go w znacznie mniejszych ilościach z nawozami mineralnymi i organicznymi bilans siarki w wielu glebach jest ujemny. Ma to miejsce głównie na zakwaszonych glebach mineralnych (4, 23, 26). Stąd też wydaje się, że na takich gruntach z jednej strony siarkę należy uwzględnić przy ustalaniu potrzeb nawozowych roślin, z drugiej zaś optymalizować ich odczyn. W prezentowanej pracy przeanalizowano zakres wpływu nawożenia siarką na podstawowe wskaźniki zakwaszenia gleby. Analizę tę przeprowadzono zarówno w warunkach stosowania wapnowania, jak i bez tego zabiegu.

METODYKA BADAŃ

Podstawę badań stanowiły próbki gleb uzyskane z dwuletniego doświadczenia wegetacyjnego. Metodę prowadzenia doświadczenia oraz dane charakteryzujące glebę użytą do eksperymentu zamieszczono w I części pracy (I. Siarka w glebie).

W próbach glebowych przed doświadczeniem oraz po zakończeniu badań oznaczono: a) pH w 1 mol KCl potencjometrycznie przy użyciu elektrody szklanej (pH_{KCl} oznaczono również po 1 roku badań); b) kwasowość hydrolityczną metodą Kappena przez ekstrakcję 1 mol CH_3COONa ; c) glin ruchomy metodą Sokołowa w wyciągu 1 mol KCl; d) kationy wymienne przez ekstrakcję 1 mol CH_3COONH_4 o $pH 7$ (przy obliczaniu kationowej pojemności wymiennej i procentowego udziału w niej poszczególnych kationów zawartość jonów H^+ przyjęto jako kwasowość hydrolityczną).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Analiza gleby przed rozpoczęciem doświadczenia wskazuje na to, że miała ona bardzo kwaśny odczyn, niską zawartość fosforu przyswajalnego i siarki siarczanej oraz bardzo niską przyswajalnego potasu i magnezu. Udział jonów wodoru w pojemności wymiennej tej gleby przekraczał 81,5%. Zjawisko to często obserwuje się w glebach płowych wytworzonych z piasków gliniastych pylastych (10).

Nawożenie siarką w formie Na_2SO_4 i wapnowanie w postaci $CaCO_3$ wywarły widoczny wpływ na zmiany w wartościach rozpatrywanych wskaźników zakwaszenia gleby. Po dwóch latach prowadzenia eksperymentu w glebie z obiektów wapnowanych wyższą dawką węglanu wapnia odnotowano 1,5-2-krotny wzrost zawartości sumy wymiennych kationów zasadowych i około dwukrotny spadek wartości kwasowości hydrolitycznej w porównaniu z obiektami kontrolnymi. W efekcie w tej serii doświadczalnej relacje pomiędzy jonami wodoru i wapnia w kompleksie sorpcyjnym zbliżyły się do przyjmowanych za optymalne (17, 25). Za niekorzystne natomiast należy uznać to, że wzrostowi udziału wymiennego wapnia w pojemności wymiennej gleby towarzyszyło znaczne obniżenie udziału jonów potasu, a głównie magnezu. Obniżenie to miało miejsce zwłaszcza w próbach glebowych pobranych po zbiorze roślin w fazie pełnej dojrzałości, w których udział Mg^{2+} wynosił tylko 1,5-2%, a K^+ - 2-3,5%. Intensywne wapnowanie często wiąże się z obniżeniem udziału potasu, a przede wszystkim magnezu w kompleksie sorpcyjnym gleb. Żeby tego uniknąć, na zakwaszonych glebach lekkich, zwykle ubogich w magnez, zaleca się stosowanie wapna dolomitowego (9, 13, 14). W warunkach przeprowadzonych badań znaczny spadek udziału potasu i magnezu wynika najprawdopodobniej z pobrania tych składników przez rośliny, które w obiektach wapnowanych wydały wysokie plony. Taką sugestię potwierdzają badania Skłodowskiego i Zarzyckiej (24), w których autorzy wykazują,

Tab. 1. Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na kształtowanie się w glebie sumy wymiennych kationów zasadowych, kwasowości hydrolitycznej i glinu ruchomego ($\text{mmol (+)} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 The effect of sulphur fertilization and liming on the formation of a sum of an exchangeable sum of alkaline cations, hydrolytic acidity and morable aluminium ($\text{mmol (+)} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Lata Roślina	Obiekt	Ca ₀			Ca ₁			Ca ₂		
		S ₀	S ₁	S ₂	S ₀	S ₁	S ₂	S ₀	S ₁	S ₂
1998 Po zbiorze jęczmienia w fazie kwitnienia	suma wym. kat. zas. (S)	27,9	23,7	25,8	35,4	30,3	27,5	45,3	40,5	34,5
	kwasowość hydrolityczna (Hh)	39,0	35,4	37,0	34,1	31,5	38,0	24,1	22,7	25,9
	Al ruch	8,4	6,2	6,7	3,6	2,9	5,9	1,2	1,0	1,5
1998 Po zbiorze jęczmienia w okresie pełnej dojrzałości	suma wym. kat. zas. (S)	27,3	26,8	23,7	28,0	21,8	20,7	34,6	31,3	31,3
	kwasowość hydrolityczna (Hh)	51,1	49,6	51,9	44,4	42,2	39,2	24,2	26,0	22,0
	Al ruch	11,9	11,8	11,4	7,7	5,4	5,3	0,5	0,6	0,3
1998 Po zbiorze owsa w fazie kwitnienia	suma wym. kat. zas. (S)	22,9	20,2	25,9	30,9	28,6	33,1	44,6	43,9	45,2
	kwasowość hydrolityczna (Hh)	38,1	38,8	41,4	31,4	29,8	31,6	21,2	21,5	21,7
	Al ruch	7,8	6,0	7,2	1,7	1,8	1,4	0,9	0,6	0,7
1998 Po zbiorze owsa w okresie pełnej dojrzałości	suma wym. kat. zas. (S)	15,1	15,4	17,9	23,1	25,1	24,6	32,0	36,8	37,2
	kwasowość hydrolityczna (Hh)	45,1	43,6	42,6	34,9	33,6	32,7	22,7	20,3	21,6
	Al ruch	7,5	7,7	8,5	2,7	2,2	2,2	0,6	0,5	0,5
Przed doświadczeniem	suma wym. kat. zas. (S)	9,5								
	kwasowość hydrolityczna (Hh)	41,6								
	Al ruch	8,9								

że deficyt magnezu przyswajalnego w glebach rośnie proporcjonalnie do wzrostu plonów roślin.

Wapnowanie - podobnie jak w badaniach innych autorów (18, 21) - znacznie obniżyło zawartość glinu ruchomego w glebie. W serii wapnowanej na poziomie Ca₂ po zakończeniu doświadczeń ilość tego jonu zamykała się w przedziale 0,3-1,2 $\text{mmol (+)} \cdot \text{kg}^{-1}$. Taka zawartość glinu ruchomego nie wywołuje już negatywnego

Tab. 2. Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na procentowy udział zasadowych kationów wymiennych i wodoru w pojemności wymiennej (Tw) gleby
The effect of sulphur fertilization and liming on the proportion of alkaline exchangeable cations and hydrogen in the exchangeable capacity (Tw) of the soil

Obiekt	Po zbiorze roślin w fazie kwitnienia					Po zbiorze roślin w fazie pełnej dojrzałości				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺
	jęczmień jary									
S ₀ Ca ₀	19,4	9,3	12,3	0,7	58,3	13,5	7,4	13,1	0,8	65,2
S ₁ Ca ₀	18,6	7,8	12,0	1,7	59,9	14,4	7,3	11,9	1,4	65,0
S ₂ Ca ₀	16,9	8,6	13,1	2,5	58,9	12,9	6,6	9,9	1,9	68,7
S ₀ Ca ₁	35,9	5,8	8,2	1,0	49,1	25,7	4,7	7,2	1,1	61,3
S ₁ Ca ₁	37,2	5,8	4,4	1,6	51,0	25,0	3,8	4,2	1,1	65,9
S ₂ Ca ₁	30,5	4,9	5,2	1,4	58,0	26,4	3,7	3,3	1,2	65,4
S ₀ Ca ₂	53,6	4,9	5,3	1,4	34,8	47,6	2,7	2,7	5,8	41,2
S ₁ Ca ₂	53,5	4,7	4,1	1,7	36,0	48,9	2,4	1,7	1,6	45,4
S ₂ Ca ₂	49,7	3,6	2,2	1,7	42,8	52,5	2,6	1,7	1,9	41,3
	owies									
S ₀ Ca ₀	18,0	7,5	11,3	0,7	62,5	13,6	5,6	5,1	0,7	75,0
S ₁ Ca ₀	15,6	6,8	10,3	1,5	65,8	13,9	6,1	4,7	1,4	73,9
S ₂ Ca ₀	16,6	7,4	11,9	2,5	61,6	16,5	6,3	4,6	2,2	70,4
S ₀ Ca ₁	39,5	4,5	4,8	0,8	50,4	31,4	3,8	3,4	1,2	60,2
S ₁ Ca ₁	39,4	5,8	2,4	1,4	51,0	35,1	3,7	2,4	1,5	57,3
S ₂ Ca ₁	40,2	5,3	4,2	1,5	48,8	34,9	3,5	2,8	1,7	57,1
S ₀ Ca ₂	57,8	4,6	4,4	1,1	32,1	53,0	2,9	1,3	1,3	41,5
S ₁ Ca ₂	58,1	3,9	3,7	1,4	32,9	57,8	2,8	1,9	1,9	35,6
S ₂ Ca ₂	57,1	4,5	4,2	1,8	32,4	56,8	2,7	1,9	1,9	36,7
Przed doświadczeniem	11,3	2,7	4,1	0,4	81,5					

wpływu na wzrost i rozwój roślin - nawet w przypadku gatunków wrażliwych na ten pierwiastek (2). Należy nadmienić, że zawartość glinu ruchomego w glebie użytej do doświadczeń wynosiła 8,9 mmol(+) · kg⁻¹. Po zakończeniu badań w serii niewapnowanej zamykała się ona w przedziale 6,0-11,9 mmol(+) · kg⁻¹. Tak wysokie zawartości tego jonu były zapewne jedną z przyczyn zahamowania wzrostu i rozwoju roślin (1, 3, 20).

Wartość pH_{KCl} również w największym stopniu zależała od dawki węglanu wapnia. Odczyn gleby w serii wapnowanej niższą dawką CaCO₃ zmienił się z bardzo kwaśnego (pH_{KCl} - 3,85) na kwaśny, a po zastosowaniu wyższej dawki wapna gleba z większości obiektów wykazywała już odczyn lekko kwaśny, uznawany za optymalny dla większości gatunków roślin uprawnych (20).

Tab. 3. Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na kształtowanie się w glebie odczynu (pH_{KCl})
 The effect of sulphur fertilization and liming on the formation of (pH_{KCl}) reaction in the soil

Lata Roślina	Obiekt	pH_{KCl}								
		Ca_0			Ca_1			Ca_2		
		S_0	S_1	S_2	S_0	S_1	S_2	S_0	S_1	S_2
1997	Po zbiorze rzepaku w fazie kwitnienia	4,3	4,3	4,3	4,9	5,2	5,0	6,1	5,9	5,9
1998	Po zbiorze jęczmienia w fazie kwitnienia	4,2	4,6	4,5	4,7	4,9	4,2	5,4	5,4	5,1
1997	Po zbiorze rzepaku w okresie pełnej dojrzałości	4,1	4,2	4,1	4,7	4,8	4,7	5,8	5,8	5,8
1998	Po zbiorze jęczmienia w okresie pełnej dojrzałości	3,9	3,8	3,8	4,0	4,1	4,1	5,6	5,6	5,7
1997	Po zbiorze gorczycy w fazie kwitnienia	4,5	4,4	4,4	5,4	5,2	5,3	6,4	6,5	6,3
1998	Po zbiorze owsa w fazie kwitnienia	4,2	4,3	4,1	4,9	4,9	5,0	5,8	5,7	5,7
1997	Po zbiorze gorczycy w okresie pełnej dojrzałości	4,1	4,1	4,1	4,9	5,1	4,9	6,2	6,3	6,1
1998	Po zbiorze owsa w okresie pełnej dojrzałości	4,1	4,1	4,1	4,5	4,6	4,6	5,7	5,7	5,6
	Przed doświadczeniem	3,85								

Nawożenie siarką w formie Na_2SO_4 miało znacznie mniejszy wpływ na opisane wskaźniki zakwaszenia gleby, a kierunek tych zmian był odwrotny niż pod wpływem wnoszenia wapna. Brak wyraźnego oddziaływania siarki na zakwaszenie gleby można po części wiązać z tym, że wprowadzone siarczany zostały w znacznych ilościach pobrane przez rośliny krzyżowe, charakteryzujące się wysokimi

wymaganiami w stosunku do tego składnika (4, 7, 16). Brak ten zapewne wynika również z faktu, że w przeprowadzonych doświadczeniach siarkę podano w postaci siarczanu sodu. Badania wskazują na to (6, 8, 19), że widoczne zakwaszenie gleby występuje zwykle, gdy siarkę wprowadzi się w formie pierwiastkowej.

WNIOSKI

1. Wapnowanie zastosowane w wyższej dawce powodowało wzrost zawartości sumy wymiennych kationów zasadowych i spadek wartości kwasowości hydrolitycznej. W efekcie relacje pomiędzy jonami wodoru i wapnia zbliżyły się do przyjmowanych za optymalne.

2. W wyniku stosowania węglanu wapnia zawartość glinu ruchomego w glebie obniżyła się do ilości śladowych ($0,3-1,2 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$), zapewniając jednocześnie roślinom korzystne warunki wzrostu i rozwoju.

3. Odczyn gleby również w największym stopniu zależał od dawki CaCO_3 i uległ zmianie z bardzo kwaśnego na lekko kwaśny, przyjmowany za optymalny dla większości roślin.

4. Zmiany w wartościach opisanych wskaźników zakwaszenia gleby, wywołane nawożeniem siarką w formie Na_2SO_4 , były stosunkowo niewielkie, a ich kierunek był odwrotny niż pod wpływem wnoszenia wapna.

PIŚMIENICTWO

1. Badora A., Filipek T.: Reakcja zbóż na silne zakwaszenie gleb. Cz.III. Wpływ silnego zakwaszenia na skład mineralny jęczmienia w fazie kłoszenia. Roczn. Gleb., XLV, 1/2, 85-90, 1994b.
2. Barszczak T., Bilski J.: Działanie glinu na rośliny. Post. Nauk. Roln., 3, 23-30, 1983.
3. Bilski J.: Reakcja roślin na stresy mineralne powodowane zakwaszeniem i zasoleniem środowiska. Biul. IHAR, 164, 164-206, 1987.
4. Bloem E. M.: Schwefel-Bilanz von Agrarökosystemen unter besonderer Berücksichtigung hydrologischer und bodenphysikalischer Standorteigenschaften. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft, 192, 1-156, 1998.
5. Bona L., Baligar V. C., Bligh D. P., Purnhauser L.: Soil Acidity Effects on Concentration of Mineral Elements in Common And Durum Wheats. IX th International colloquium for the optimization of plant nutrition. Prague, Czech Republic, 279-282, 1996.
6. Boswell C., Swanney B., Braithwaite A.: The Effects of Different Manufacturing Techniques on the Availability of Sulfate to Pasture from Mixtures of Elemental Sulfur With Either Triple Superphosphate or Partially Acidulated Reactive Phosphate Rock. Fertilizer Research, 44, 3, 255-263, 1996.
7. Brown L., Scholefield D., Jewkes E. C., Preedy N.: Incipient S Deficiency in the Grassland Soils of South-West England. Fertilization for Sustainable Plant Production of CIEC, Gent, Proc., vol. 1, 61-66, 1997.

8. Chapman S.: Powdered Elemental Sulphur: Oxidation, Temperature, Dependence and Modelling. *Nutrient in Agroecosystems*, 47, 19-28, 1997.
9. Dechnik I., Gliński J., Kaczor A., Kern H.: Rozpoznanie wpływu kwaśnych deszczy na glebę i roślinę. *Probl. Agrof.*, 60, 3-70, 1990.
10. Dobrzański B., Zawadzki S.: *Gleboznawstwo*. PWRiL, 562, Warszawa 1993.
11. Fageria N., Zimmermann F.: Influence of pH on Growth and Nutrient Uptake by Crop Species in an Oxisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29, 17/18, 2675-2682, 1998.
12. Filipek T.: Natural and Anthropogenic Causes and Effects of Soil Acidification. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 456, 13-17, 1998.
13. Fotyma M., Zięba S.: Wapnowanie - czym, jak, dlaczego? PWRiL, 52, Warszawa 1998.
14. Goulding K. W. T., Blake L.: Land Use, Liming and the Mobilization of Potentially Toxic Metals. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 67, 2/3, 135-144, 1998.
15. GUS.: *Ochrona środowiska i gospodarka wodna*. Warszawa 1998.
16. Hilal M. H., Shata S. M.: Synergetic and Competitive Effect of Sulphur and Fertilizer Applications on Crop Production. *Fertilization for Sustainable Plant Production and Soil Fertility - 11th World Fertilizer Congress of CIEC, Gent, Proc.*, vol. 1, 229-235, 1997.
17. Jaśkowski Z.: Wapnowanie i nawożenie mineralne bardzo lekkich gleb piaskowych. *Mat. Symp. Nauk. nt. Wapnowanie jako czynnik wzrostu urodzajności gleb*, 105-120, Puławy 1982.
18. Kaczor A.: Rola dolomitu w łagodzeniu następczego wpływu kwaśnego deszczu w doświadczeniu modelowym z kupkówką pospolitą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 657-663, 1995.
19. Król M., Kobus J., Maziarzyk B.: Zmiany biologiczne i chemiczne zachodzące w różnych glebach pod wpływem stosowania siarki elementarnej. *Pam. Puł.*, 88, 39-53, 1986.
20. Mercik S., Sas L.: Ujemny wpływ nadmiernego zakwaszenia gleby na rośliny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 456, 29-39, 1998.
21. Motowicka-Terelak T.: Badania modelowe nad mechanizmem i skutkami degradacji gleb zanieczyszczonych związkami siarki. Cz. II. Działanie następcze zasilania gleby gliną. *Pam. Puł.*, 102, 16-27, 1993.
22. Motowicka-Terelak T., Terelak H.: Udział zasilania w zakwaszaniu się gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 456, 317-321, 1998.
23. Raport PIOŚ.: *Stan środowiska w Polsce*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, 166, Warszawa 1998.
24. Skłodowski P., Zarzycka H.: Wpływ rolniczego użytkowania gleb na ich niektóre właściwości chemiczne. *Rocz. Gleb.*, XLVI, 3/4, 37-44, 1995.
25. Stępień W., Mercik S.: Bezpośrednie i następcze działanie wzrastających dawek dolomitu na glebie silnie kwaśnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 456, 237-241, 1998.
26. Terelak H., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K.: Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 45-60, 1995.

SUMMARY

The paper presents the range of the effect of liming and fertilization with sulphur on the basic indexes of soil acidity.

Liming, especially in a higher dose caused an increase of the content of a sum of exchangeable alkaline ions and a drop of the value of hydrolytic acidity. As a consequence, the relations between ions of calcium and hydrogen in the soil sorptive complex approached the values considered as optimum. An increase of the proportion of exchangeable calcium was, however, accompanied by a decrease of the proportion of ions of potassium, and mainly magnesium.

The content of movable aluminium in the soil also decreased in the objects where liming on the level of Ca_2 approached the level of trace elements of about $0.3\text{--}1.2 \text{ mmol (+)} \cdot \text{kg}^{-1}$. Such a quantity does not cause a negative effect on the growth and development of plants, even those that are sensitive to this element.

The soil reaction, like the other indexes of acidity, was most affected by the calcium dose. In a series limed with a higher quantity of CaCO_3 (Ca_2) it changes from very to lightly acidic, which is considered optimum for most cultivated plants.

Fertilization with sulphur in the form Na_2SO_4 had a remarkably smaller influence on the changes of the studied physico-chemical and chemical properties of the soils, and their direction was reverse as compared to the effect of calcium introduction.