

Jan Łabętowicz, Beata Rutkowska, Wiesław Szulc, Tomasz Sosulski

**Ocena wpływu wapnowania oraz gipsowania na zawartość glinu  
wymiennego w glebie lekkiej**

---

Estimation of liming and gypsum application on the content of exchangeable aluminium in sandy soil

**ABSTRACT.** The aim of the present paper was the estimation of a possibility of gypsum utilization for limiting exchangeable aluminium in acid soil in relation to liming by  $\text{CaCO}_3$ . The pot experiment with spring barley was carried out on acid sandy soil (pH 4.3) in 2002 – 2003. Mineral fertilization was applied in the following doses: N – 1 g, P – 0.2 g and K – 0.6 g per pot.  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  were applied in five different doses calculated by hydrolytic acidity (1 Hh, 2 Hh, 3 Hh, 4 Hh, 6 Hh). The yield of grain and the content of Ca, Mg, P and K in plant were determined. The soil reaction in  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  KCl and exchangeable Al in soil were determined in soil samples by Sokołow method. The utilization of  $\text{CaCO}_3$  provided significant changes in soil reaction. The soil reaction increased with an increase of  $\text{CaCO}_3$  doses from pH 4.3 on the control object to pH 7.2 on the object with limed  $\text{CaCO}_3$  in doses calculated by six hydrolytic acidities.  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  utilization significantly limited the content of exchangeable aluminium in soil. The dose of  $\text{CaCO}_3$  calculated by 3-hydrolytic acidity totally neutralized exchangeable aluminium in soil. Gypsum utilization limited the content of exchangeable aluminium in soil. The content of exchangeable aluminium in the soil significantly decreased in relation to control object after application of the first doses of gypsum (calculated according to 1 hydrolytic acidity). Application of increasing doses of gypsum decreased the content of exchangeable aluminium in the soil. The content of exchangeable aluminium in gypsum fertilized soil in dose calculated by 6 hydrolytic acidity was equal to  $0.06 \text{ g kg}^{-1}$  of soil. No significant differences between yield of grain from the object limed  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  were observed. The plant from objects limed with  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  take a similar quantity of nutrients (Ca, Mg, P and K). The relationship between  $\text{K}:(\text{Ca}+\text{Mg})$  was narrow in comparison to gypsum application than in condition of  $\text{CaCO}_3$  application.

**KEY WORDS:** gypsum, liming,  $\text{CaCO}_3$ , soil, exchangeable aluminium, pH

Glin, obok krzemu, należy do pierwiastków występujących w największej ilości (7,3%) w skorupie ziemskiej. Pierwiastek ten w zależności od odczynu może występować w glebie w różnych formach. Z rolniczego punktu widzenia najbardziej interesującą formą tego pierwiastka jest forma wymienna, która uwiadcza się przy pH niższym niż 5,5 [Filipek, Badora 1999]. Im silniejsze jest zakwaszenie danej gleby, tym większe są ilości glinu w roztworze glebowym, a co za tym idzie silniejsze jest jego oddziaływanie toksyczne na rośliny. Toksyczne działanie dotyczy przede wszystkim systemu korzeniowego roślin poprzez zahamowanie wzrostu. Jest to najbardziej czuły i najczęściej określany parametr toksycznego oddziaływania glinu na rośliny. Poza zaburzeniami wzrostu korzeni glin powoduje także uszkodzenie komórek wewnętrznych strefy merystematycznej jak i elongacyjnej korzenia, blokuje przemieszczanie się fosforu w roślinie jak również replikację DNA oraz procesy enzymatyczne, jakie zachodzą w roślinie [Taylor 1998]. Glin może także hamować pobieranie oraz transport jonów  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  przez blokowanie miejsc w nośnikach jonów znajdujących się w błonach cytoplazmatycznych. Wiele badań wskazuje na to, że jony  $\text{Al}^{3+}$  nie zakłócają pobierania potasu. Tak więc przy wzrastających stężeniach glinu zmniejsza się pobieranie  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , a nie zmniejsza się pobieranie  $\text{K}^+$ . Rozszerza to stosunek  $\text{K}:(\text{Ca} + \text{Mg})$ , co w konsekwencji może pogarszać cechy jakościowe roślin przeznaczonych na pasze [Wheeler i in. 1992]. Największe braki kationów zasadowych, związane z toksycznym działaniem glinu, obserwuje się niemal na całym świecie w drzewostanach leśnych. Na terenie USA zawartość wapnia w drzewach lasów w przeciągu 25 lat obniżyła się o około 40%. Podobne tendencje do zmniejszania się zawartości  $\text{Ca}^{2+}$  w drzewach leśnych, związane z ubytkiem dostępnych form jonów zasadowych z zakwaszonych gleb leśnych, zaobserwowano także w Szwecji, Anglii, Norwegii i Niemczech [Kaczor 1998].

Celem pracy była ocena możliwości stosowania gipsu do ograniczenia ilości glinu wymiennego w glebie bardzo kwaśnej w porównaniu z tradycyjnym wapnowaniem.

#### METODY

Badania przeprowadzono w latach 2002–2003 w Katedrze Chemii Rolniczej SGGW. Doświadczenie zostało założone w hali wegetacyjnej, w wazonach o masie gleby 8 kg, w czterech powtórzeniach. Pod każdą kombinację zastosowano jednakowe nawożenie mineralne (N – 1 g, P – 0,2 g i K – 0,6 g) oraz zróżnicowane ilości  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  według 1, 2, 3, 4 i 6 kwasowości hydrolicznych. Dawki węgla wapnia oraz gipsu, obliczone według 1 Hh, wynosiły

odpowiednio: 0,72 g CaCO<sub>3</sub> i 1,11 g CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O na wazon o pojemności 8 kg. Do założenia doświadczenia wykorzystano glebę typu płowego, pobraną z obiektu kontrolnego trwałego pola doświadczalnego w Skierniewicach o pH 4,3 i Hh 1,8 mmol H<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> gleby. Rośliną testową uprawianą w doświadczeniu był jęczmień jary. Po zbiorze roślin oznaczono plon ziarna oraz zawartość Ca, Mg i K w materiale roślinnym po mineralizacji w mieszaninie kwasów HNO<sub>3</sub> i HClO<sub>4</sub> – metodą ASA, a także zawartość P metodą molibdenowo-wanadową. W próbach glebowych oznaczono pH gleby w 1 mol dm<sup>-3</sup> KCl oraz zawartość glinu wymiennego metodą Sokołowa.

## WYNIKI

W przeprowadzonym doświadczeniu wapnowanie gleby lekkiej wapnem węglanowym powodowało istotne zmiany w odczynie (tab. 1). Gleba użyta do doświadczenia miała się odczyn bardzo kwaśny pH 4,3. Wraz ze wzrostem dawki nawozu wapniowego uzyskano istotny spadek stężenia H<sup>+</sup> do pH 7,2 po zastosowaniu węglanu wapnia w dawce wg 6 Hh. Najniższa dawka nawozu spowodowała wzrost pH gleby zaledwie o 0,2 i gleba pozostawała nadal w klasie gleb silnie kwaśnych (tab. 1). Istotne zmiany odczynu obserwowano dopiero od dawki CaCO<sub>3</sub>, obliczonej według 2 kwasowości hydrolitycznej. Ilość węglanu wapnia, obliczona według 4 i 6 kwasowości hydrolitycznych, spowodowała wzrost pH do wartości 7,0–7,2, gleba była więc w klasie gleb obojętnych (tab. 1). Zależność taką zaobserwowali także w swoich badaniach Bednarek i Tkaczyk [2002] oraz Brzeziński [2002]. Zastosowanie gipsu, niezależnie od stosowanej dawki, utrzymywało odczyn w przedziale gleb bardzo kwaśnych (tab. 1).

Tabela 1. pH<sub>KCl</sub> i zawartość glinu wymiennego w glebie (mg Al<sup>3+</sup> kg<sup>-1</sup>) w zależności od kombinacji nawozowej;

Table 2. Soil pH and content of exchangeable aluminium in soil (in mg Al<sup>3+</sup> kg<sup>-1</sup> of soil) depending on fertilization treatment

	Nawożenie Fertilization		Dawka CaSO <sub>4</sub> obliczona według Hh Dose Ca SO <sub>4</sub> calculated in Hh					Dawka CaCO <sub>3</sub> obliczona według Hh Dose CaCO <sub>3</sub> calculated in Hh					NIR LSD
	0	NPK	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	
pH	4,3	4,1	4,2	4,3	4,3	4,3	4,4	4,5	5,8	6,4	7,0	7,2	0,3
Al <sup>3+</sup>	190	200	140	130	100	90	60	60	20	-	-	-	23

Glebę użytą w doświadczeniu charakteryzowała wysoka zawartość glinu wymiennego, która w obiekcie kontrolnym wynosiła  $0,19 \text{ g kg}^{-1}$  (tab. 1). Oba związki chemiczne ( $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) w istotny sposób ograniczyły ilości glinu wymiennego w glebie. Dawka  $\text{CaCO}_3$ , obliczona według potrójnej kwasowości hydrolitycznej spowodowała całkowite zlikwidowanie glinu wymiennego w glebie (tab. 1). Gipsowanie również ograniczało występowanie glinu wymiennego w glebie. Już pierwsza dawka gipsu (obliczona według 1 Hh) spowodowała istotne, w porównaniu z obiektem kontrolnym, zmniejszenie zawartości glinu wymiennego. Stosowanie wzrastających dawek gipsu powodowało dalsze zmniejszanie zawartości glinu wymiennego, aż do wartości  $0,06 \text{ g kg}^{-1}$  gleby przy dawce gipsu obliczonej według 6 Hh (tab. 1). Ograniczenie skutków silnego zakwaszenia gleby poprzez stosowanie gipsu polega na tym, że w obecności siarczanów w roztworze glebowym powstają jony kompleksowe  $\text{AlSO}_4^+$  lub związki cząsteczkowe  $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4^0$ , co częściowo ogranicza kwaśną hydrolizę jonów  $\text{Al}^{3+}$  [Singh 1982]. Czasami przy wyższych zawartościach form  $\text{Al}(\text{OH})_3$  w glebie obserwuje się, po zastosowaniu siarczanów, wzrost pH gleby [Singh 1982; Sumner 1990]. Stabilność kompleksów glinu z siarczanami jest najwyższa przy pH 4,2–5,0 [Singh 1984; Gliński, Stępniewska 1993]. Z tego też powodu wydaje się zasadne stosowanie na glebach lekkich i kwaśnych zarówno gipsu, jak i superfosfatów pojedynczych, zawierających w swoim składzie około 50% gipsu. Dodatkowo działanie detoksykacyjne tych nawozów w stosunku do glinu polega na strącaniu fosforanów glinu, które podobnie jak siarczan glinu są mało toksyczne dla roślin [Brzeziński 2000].

Zakwaszenie gleby, nierozzerwalnie związane ze wzrostem aktywności glinu w glebie, jest czynnikiem determinującym plonowanie roślin. Glin jest pierwiastkiem, którego wysoka zawartość w glebach kwaśnych o pH niższym od 5,0 powoduje zahamowanie tempa pobierania kationów zasadowych (głównie wapnia i magnezu) przez rośliny, m.in. na skutek blokowania miejsc w pozornie wolnej przestrzeni korzenia (AFS) [Marschner 1991]. Glin może także ograniczać kumulację wapnia poprzez blokadę kanałów w błonach cytoplazmatycznych, a magnezu poprzez blokadę miejsc białkowego transportu [Rengel, Robinson 1989]. Wysokie stężenie glinu aktywnego wpływa także na zmniejszenie pobierania fosforu przez rośliny na skutek wytrącania w glebach kwaśnych nierozpuszczalnych fosforanów glinu [Marschner 1991]. Wiele badań wskazuje natomiast na to, że jony  $\text{Al}^{3+}$  nie zakłócają pobierania potasu [Wheeler i in. 1992]. Tak więc przy wzrastających stężeniach glinu zmniejsza się pobranie  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , a nie zmniejsza się pobranie potasu. Rozszerza to stosunek  $\text{K} : (\text{Ca}+\text{Mg})$ , co może pogarszać cechy jakościowe roślin przeznaczonych na pasze.

Tabela 2. Plon ziarna jęczmienia jarego oraz zawartość fosforu potasu, magnezu i wapnia w roślinach w zależności od kombinacji nawozowej

Table 2. Yield of grain of spring barley and content of phosphorus, potassium, magnesium and calcium in plant depending on fertilization treatment

Nawożenie Fertilization	Plon ziarna g wazon <sup>-1</sup> Yield of grain in g per pot	P	K	Mg	Ca	Ca+Mg	K:(Ca+Mg)
Kontrola Control	1,1	1,9	4,3	0,77	0,50	1,27	3,39
NPK	1,8	2,8	4,6	0,90	0,55	1,45	3,17
NPK+CaSO <sub>4</sub> 1 Hh	3,5	2,9	4,2	0,92	0,57	1,49	2,82
NPK+CaSO <sub>4</sub> 2 Hh	6,5	3,1	4,3	0,92	0,55	1,47	2,93
NPK+CaSO <sub>4</sub> 3 Hh	7,4	3,3	4,6	0,95	0,60	1,55	2,97
NPK+CaSO <sub>4</sub> 4 Hh	7,5	3,4	5,0	1,02	0,62	1,64	3,05
NPK+CaSO <sub>4</sub> 6 Hh	8,1	3,5	5,3	0,87	0,55	1,62	3,29
NPK+CaCO <sub>3</sub> 1 Hh	7,0	3,4	4,7	0,90	0,55	1,45	3,51
NPK+CaCO <sub>3</sub> 2 Hh	7,5	3,4	5,1	0,87	0,75	1,62	3,15
NPK+CaCO <sub>3</sub> 3 Hh	7,3	3,6	5,2	0,95	0,67	1,62	3,21
NPK+CaCO <sub>3</sub> 4 Hh	6,0	3,7	5,0	0,87	0,70	1,57	3,18
NPK+CaCO <sub>3</sub> 6 Hh	6,7	3,6	5,0	0,92	0,80	1,72	2,91
Srednio Mean	5,8	3,2	4,7	0,90	0,62	1,54	3,13
NIR	2,01	0,54	0,51	0,20	0,21	0,22	0,24

W analizowanym doświadczeniu nie stwierdzono istotnych różnic w plonowaniu roślin oraz pobieraniu składników pokarmowych (P, Ca, Mg i K) przez rośliny uprawiane na glebach, na których stosowano węglan wapnia i gips, pomimo iż w obiektach z gipsem odczyn gleby był silnie kwaśny (tab. 2).

Analizując stosunek K:(Ca+Mg), stwierdzono, że jest on węższy w warunkach stosowania gipsu niż przy stosowaniu węglanu wapnia (tab. 2). Również Sommer [1979 a; 1979 b] przeprowadzając neutralizację glinu w glebie lekkiej przy użyciu siarczanów uzyskał najlepsze warunki dla wzrostu roślin przy pH 4,6–5,0. Wskazuje to na szczególną przydatność systemu buforowego opartego na siarczanach w lekkich glebach kwaśnych [Singh 1984].

Uzyskane wyniki pozwalają postawić hipotezę, że gips jako środek usuwający toksyczność glinu na bardzo kwaśnych glebach mineralnych może być szczególnie przydatny w przygotowaniu gleb porolnych pod zalesienie. Pozwala bowiem usunąć toksyczność glinu przy zachowaniu kwaśnego odczynu gleby, co jest warunkiem istotnym dla ukształtowania się trwałego ekosystemu leśnego. Dodatkowo ważnym aspektem jest możliwość zastosowania do tego celu gipsu odpadowego, a także fosfogipsów.

Zagadnienie to jest szczególnie istotne ze względu na rządowy program zwiększania lesistości kraju, który przewiduje zalesienie w okresie 30 lat około 1,5 mln ha najsłabszych gruntów rolnych, zaliczanych głównie do gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych z dużą ilością toksycznego glinu wymiennego.

#### WNIOSKI

1. Stosowanie gipsu nie powoduje zmian odczynu gleby, obniża jednak istotnie, podobnie jak węglan wapnia, zawartość glinu wymiennego w glebie.

2. W warunkach stosowania gipsu, nawet w glebach silnie kwaśnych, nie obserwuje się toksycznego działania glinu na rośliny ani zmniejszonego tempa pobierania wapnia, magnezu oraz fosforu przez rośliny.

3. Istnieje potrzeba prowadzenia dalszych badań w celu określenia takich dawek gipsu, które powodowałyby całkowitą neutralizację glinu wymiennego w glebie.

#### PIŚMIENICTWO

- Bednarek W., Tkaczyk P. 2002. Wskaźniki zakwaszenia gleby wapnowanej, nawożonej azotem i fosforem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 482, 53–58.
- Brzeziński M. 2002. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego i wapnowania na zawartość glinu wymiennego i zakwaszenie profilu glebowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 482, 73–78.
- Filipek T., Badora A. 1999. Oddziaływanie nawożenia na kwasowość gleby. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 64, 81–88.
- Gliński J., Stępniewska Z. 1993. Ogólna charakterystyka gleb kwaśnych. Symp. Nauk. Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb. Lublin 1993, 51–61.
- Kaczor A. 1998. Odżywianie się roślin w warunkach gleb silnie zakwaszonych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456, 55–62.
- Marschner H. 1991. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. *Plant and Soil* 134, 1–20.
- Rengel Z., Robinson D.L. 1989. Competitive  $Al^{3+}$  inhibition of net  $Mg^{2+}$  uptake by intact *Lolium multiflorum* roots. Part I. Kinetics. *Plant Physiol.* 91, 1404–1413.
- Singh S.S. 1982. Effect of chloride and sulfate anions on the chemical characteristics of some acid soils. *Can. J. Soil Sci.* 62, 549–557.

- Singh S.S. 1984. Increase in neutral salt extractable cation exchange capacity of some soils as affected by  $\text{CaSO}_4$  application. *Can. J. Soil Sci.* 2, 153–161.
- Sommer K. 1979a. Influence of sulphate on nutrient dynamics in humid tropical soils. The Bong Range Farmer 2.
- Sommer K. 1979b. Interactions between sulphate and pH values in humid tropical soils. The Bong Range Farmer 3.
- Sumner M.E. 1990. Gypsum as an ameliorant for the subsoil acidity syndrome. Final report – Project 83-01-024R submitted to Florida Institute of Phosphate Research, March 10, 1990.
- Taylor G.J. 1988. The physiology of aluminium. *Metal Ions in Biological Systems* 24, 123–163.
- Wheeler D.M., Edmeades D.C., Christie R.A., Gardner R. 1992. Effect of aluminium on the growth of 34 plant species; a summary of results obtained in low ionic strength solution culture. *Plant Soil* 146, 61–66.

