

WIESŁAW SZULC, BEATA RUTKOWSKA, JAN ŁABĘTOWICZ

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE STĘŻENIE SIARKI W ROZTWORZE GLEBOWYM

FACTORS DETERMINING SULPHUR CONCENTRATION IN THE SOIL SOLUTION

Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, Zakład Chemii Rolniczej,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Abstract: The aim of the investigation was the estimation of sulphate concentration in the soil solution of arable soils in Poland and the determination of soil and fertilization factors influenced on the sulphur concentration in the soil solution. The sulphate contents in the soil solution from arable soils in Poland was strongly diversified varying from 4.0 to 80 mg · dm⁻³. The concentration of sulphates in the soil solution did not depend on the analyzed physico-chemical properties of the soil. A significant effect of mineral and organic fertilization on the sulphate concentration in the soil solution was observed. Despite of the fertilization used the sulphate concentration in the soil solution depended on the time of soil sampling for analyses.

Słowa kluczowe: siarka, roztwór glebowy, gleba, nawożenie.

Key words: sulphur, soil solution, soil, fertilization.

WSTĘP

Gleby Polski zawierają bardzo różne ilości siarki ogółem (od kilku mg S og. · 100 g⁻¹ gleby do kilku tysięcy mg S og. · 100 g⁻¹ gleby). Ponieważ jednak większość naszych gleb to utwory lekkie i średnie, zawierające około 2% próchnicy, można stwierdzić, że charakteryzują się one niską zasobnością w siarkę [Motowicka-Terelak, Terelak 1998].

Siarka należy do makroskładników i jest pierwiastkiem niezbędnym do życia wszystkich żywych organizmów. Rośliny pobierają siarkę z roztworu glebowego w postaci jonu SO₄²⁻, który przedostaje się do korzeni roślin w drodze dyfuzji lub przepływu wraz z prądem wody [Marschner 1995]. Pobieranie siarczanów przez rośliny zależy od wielu czynników, spośród których najważniejsze jest stężenie jonów SO₄²⁻ w roztworze glebowym, które pozostają w stanie dynamicznej równowagi z siarczanami w fazie

stałej gleby. Sorpcja siarczanów wzrasta wraz z obniżaniem się pH gleby i zależy od składu mineralicznego gleby. Również glebowa materia organiczna pełni istotną rolę w procesie sorpcji siarczanów [Siuta, Rejman-Czajkowska 1980, Johnson 1984].

Celem przedstawionych badań było określenie stężenia siarki w roztworze glebowym dużej populacji gleb pobranych z obszaru kraju oraz dokonanie oceny czynników wpływających na to stężenie.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 136 próbek glebowych pobranych z obszaru Polski przez sieć stacji chemiczno-rolniczych. Były to w ponad 40% gleby piaszczyste oraz w około 70% gleby kwaśne lub lekko kwaśne. Zróżnicowanie gleb pod względem zawartości próchnicy było niewielkie, aż 72% gleb cechowała zawartość próchnicy poniżej 2%. Gleby te pod względem powyższych właściwości można uznać za typowe dla warunków Polski. Na podstawie próbek z obszaru kraju dokonano charakterystyki stężenia siarki w roztworze glebowym gleb rolniczych kraju oraz oceny wpływu właściwości fizykochemicznych gleby na to stężenie. Oceny czynników nawozowych wpływających na stężenie siarki w roztworze glebowym dokonano na podstawie próbek glebowych pochodzących z trwałego doświadczenia nawozowego usytuowanego na polu doświadczalnym SGGW w Łyczynie koło Warszawy. Gleba pola doświadczalnego należy do typu gleb pływowych. Wierzchnią warstwę stanowi piasek gliniasty lekki zalegający na glinie zwałowej lekkiej. Gleba ta należy do kompleksu żyniego dobrego i klasy bonitacyjnej IVb. Doświadczenie obejmuje szesnaście obiektów nawozowych stanowiących rozłosoowanie głównych składników pokarmowych: azotu, fosforu, potasu i wapnia w warunkach bez obornika i z obornikiem. Łącznie doświadczenie obejmuje 32 obiekty nawozowe (2⁵) w czterech powtórzeniach. Doświadczenie prowadzone jest w zmianowaniu czteropolowym: ziemniaki, jęczmień jary, rzepak, żyto. Nawożenie mineralne stosowano w formie saletry amonowej, superfosfatu potrójnego oraz wysokoprocetowej soli potasowej. Próbkę glebową pobierano trzykrotnie w okresie wegetacji. Pierwszy raz na wiosnę w kwietniu przed nawożeniem mineralnym (I termin), drugi raz miesiąc po nawożeniu (II termin) i trzeci raz w okresie zbiorów roślin (III termin).

Próbki gleb pochodzące z obszaru kraju i doświadczenia polowego wysuszono w laboratorium i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm, a następnie pozyskano z nich roztwór glebowy metodą podciśnieniową [Wolt, Graveel 1986], a stężenie siarki w roztworze glebowym oznaczono przy wykorzystaniu metody ICP. Ponadto w próbkach gleb z obszaru kraju oznaczono ogólnie przyjętymi metodami: skład granulometryczny, odczyn gleby, zawartość węgla organicznego oraz pojemność wymienną kationów.

W celu wyodrębnienia czynników wpływających na stężenie siarki w roztworze glebowym wyniki analiz chemicznych poddano analizie statystycznej. W tym celu dokonano analizy korelacji prostej oraz regresji liniowej prostej i wielokrotnej. W przypadku regresji wielokrotnej zastosowano model wielomianowy ze współdziałaniem wybranych zmiennych. W trakcie doboru modelu stosowano metodę regresji krokowej pozwalającej na eliminację zmiennych nieistotnych w modelu. Wpływ nawożenia na stężenie siarki w roztworze glebowym oszacowano na podstawie efektów głównych

(obliczanych odrębnie dla N, P, K, Ca i obornika), tj. średniego stężenia siarki w roztworze glebowym we wszystkich obiektach nawożonych danym pierwiastkiem w porównaniu ze stężeniem siarki w roztworze glebowym gleb z obiektów, w których nie stosowano nawożenia tym pierwiastkiem.

WYNIKI I DYSKUSJA

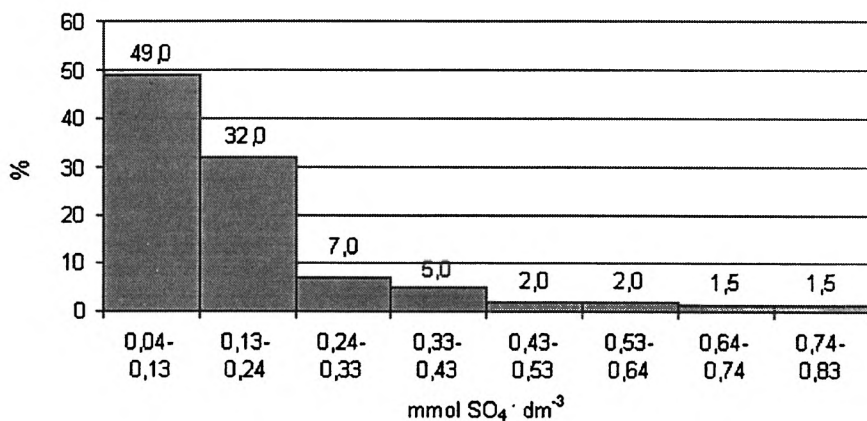
Stężenie siarki w roztworze glebowym gleb rolniczych z obszaru Polski było silnie zróżnicowane, co wynikało ze znacznej zmienności analizowanego materiału.

Stężenie siarczanów w roztworze glebowym wahało się w szerokim zakresie od 0,04 do 0,830 mmol · dm⁻³. Jednak ponad 70% analizowanych gleb charakteryzowało się stężeniem jonów SO₄²⁻ niższym od 0,24 mmol · dm⁻³ (rys. 1).

Jak wynika z tabeli 1, właściwości fizykochemiczne gleb (odczyn gleby, pojemność wymienna kompleksu sorpcyjnego, zawartość węgla organicznego i skład granulometryczny gleby) nie wpływały istotnie na stężenie siarczanów w roztworze glebowym, na co wskazują wartości współczynników korelacji.

Badania innych autorów wskazują jednak na istotny różnorodny wpływ właściwości gleby na stężenie siarczanów w roztworze glebowym, w miarę obniżania się pH gleby obserwowano obniżanie stężenia siarki w roztworze glebowym na skutek wzrostu sorpcji jonów siarczanowych [Johnson 1984].

Również materia organiczna w glebie pełni poważną rolę w sorpcji siarczanów przyczyniając się do obniżenia stężenia siarki w roztworze glebowym [Siuta, Rejman-Czajkowska 1980]. Stwierdzono jednak także dodatni wpływ glebowej materii organicznej na stężenie jonów SO₄²⁻ w roztworze glebowym, który polega na obniżaniu



RYSUNEK 1. Zakres stężenia siarki w roztworze glebowym gleb z obszaru Polski
FIGURE 1. Range of sulphur concentration in soil solution of soils from Poland

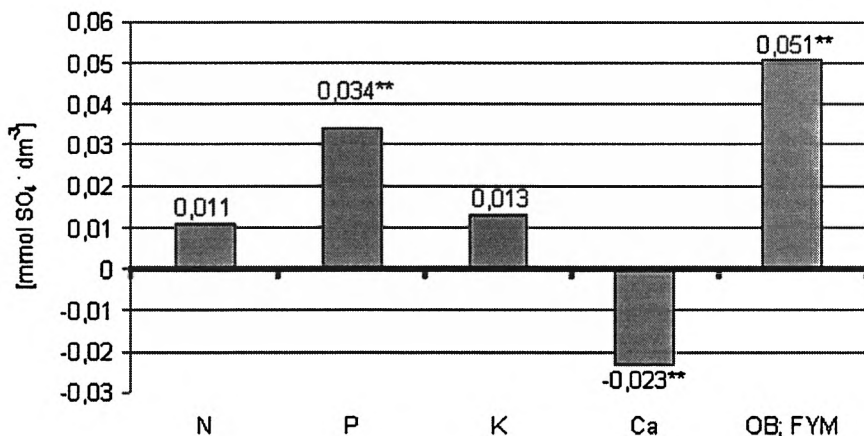
TABELA 1. Współczynniki korelacji między stężeniem siarki w roztworze glebowym a właściwościami glebowym.

TABLE 1. Correlation coefficients between sulphur concentration in soil solution and soil properties

pH_{KCl}	Pojemność wymiany kationów; Exchange capacity	Węgiel organiczny; Organic carbon	Zawartość części < 0,02 mm; Content of soil particles < 0,02 mm	Zawartość części < 0,002 mm; Content of soil particles < 0,002 mm
+0,03	+0,14	+0,02	+0,14	+0,12

tempa adsorpcji jonów siarczanowych przez fazę stałą gleby prawdopodobnie przez blokowanie miejsc adsorpcji jonów siarczanowych przez organiczne ligandy z Fe i Al [Johnson 1984].

Analizując próbki glebowe pochodzące z trwałego doświadczenia polowego prześledzono wpływ nawożenia mineralnego i organicznego na stężenie siarczanów w roztworze glebowym. Rozpatrując wpływ efektów głównych na stężenie siarczanów w roztworze glebowym stwierdzono, że zastosowane nawożenie istotnie wpływało na stężenie tego pierwiastka w roztworze glebowym. Nawożenie fosforem oraz stosowanie obornika powodowało istotny wzrost stężenia siarczanów w roztworze glebowym. Wapnowanie gleby było czynnikiem powodującym spadek stężenia jonów siarczanowych w roztworze glebowym (rys. 2). Istotna wyższka stężenia jonów SO_4^{2-} w roztworze glebowym pod wpływem stosowania nawożenia fosforem związany był z wnoszeniem tych jonów do środowiska glebowego wraz ze stosowanym w doświadczeniu superfosfatem potrójnym. Wzrost stężenia siarki w roztworze glebowym pod wpływem stosowania obornika spowodowany był wnoszeniem tego składnika w masie nawozu organicznego, a następnie mineralizacją materii organicznej obornika [Hendersthort, Courchense 1991].



RYSUNEK 2. Wpływ nawożenia na stężenie siarki w roztworze glebowym – efekty główne w $mmol \cdot dm^{-3}$ (** wpływ istotny przy $p = 0,01$)

FIGURE 2. The effect of fertilization on sulphur concentration in soil solution – the main effects in $mmol \cdot dm^{-3}$ (** significant effect in $p = 0.01$)

TABELA 2. Wpływ terminu pobierania próbek gleby na stężenie siarki w roztworze glebowym

[mmol SO₄ · dm⁻³]

TABLE 2. Influence of the soil samples collection on the sulphur concentration in the soil solution

[mmol SO₄ · dm⁻³]

System nawożenia Fertilization system	Termin pobierania prób glebowych* – Term of soil sampling*								
	I			II			III		
	0	NPK	\bar{x}	0	NPK	\bar{x}	0	NPK	\bar{x}
NPK	0,13	0,16	0,14	0,14	0,24	0,19	0,22	0,36	0,29
NPK + Ca	0,12	0,13	0,13	0,15	0,22	0,18	0,19	0,26	0,23
NPK + OB	0,19	0,23	0,21	0,20	0,30	0,25	0,22	0,38	0,30
NPK+Ca+OB	0,18	0,21	0,19	0,20	0,26	0,23	0,21	0,35	0,28
\bar{x}	0,15	0,18		0,17	0,26		0,21	0,34	

* I – pierwszy termin pobierania próbek gleby; first term of soil samples collection, II – drugi termin pobierania próbek gleby; second term of soil samples collection, III – trzeci termin pobierania próbek gleby; third term of soil samples collection

Istotny spadek stężenia siarczanów w roztworze glebowym pod wpływem zastosowanego wapnowania (rys. 2) związany był z ograniczeniem tempa sorpcji siarczanów, która polega na wymianie grup OH w uwodnionych tlenkach lub kaolinicie. Wzrost pH gleby (dodanie jonów OH⁻) powoduje uwolnienie siarczanów zaadsorbowanych przez cząsteczki fazy stałej gleby. Dlatego też wapnowanie gleb zwiększa dostępność siarki dla roślin oraz sprzyja wymywaniu jonów SO₄²⁻ [Motowicka-Terelak, Terelak 1998].

Stężenie jonów siarczanowych w roztworze glebowym na obiektach nawożonych był przez cały okres wegetacji wyższy w porównaniu z roztworem z gleb nienawożonych (tab. 2). Bezpośrednio po nawożeniu (II termin pobrania próbek) stężenie siarki w roztworze glebowym na obiektach nawożonych znacznie wzrastało. Był to wzrost rzędu od kilku do kilkudziesięciu procent w porównaniu ze stężeniem w okresie przed nawożeniem (I termin pobrania próbek). W końcowym okresie wegetacji (III termin pobrania próbek) stężenie siarczanów w roztworze glebowym było najwyższe (tab. 2).

Wyjaśnieniem tego ogólnego trendu jest m.in. wysokie tempo ewapotranspiracji w okresie wegetacji, w wyniku czego następuje przesuszenie nie tylko górnych, ale i głębszych warstw gleby prowadzące do wzrostu stężenia jonów w roztworze glebowym.

W okresie od późnej jesieni do późnej wiosny opady znacznie przewyższają ewapotranspirację, co prowadzi do wzrostu wilgotności gleby, rozcieńczenia roztworu glebowego i jego przemieszczania do dolnych części profilu gleby [Campbell i in. 1989].

WNIOSKI

1. W glebach rolniczych Polski stężenie siarki w roztworze glebowym jest silnie zróżnicowane i waha się od 0,04 do 0,83 mmol · dm⁻³.

2. Właściwości fizykochemiczne gleb (odczyn gleby, zawartość węgla organicznego, skład granulometryczny i pojemność wymienna kationów) nie wpływają na stężenie jonów siarczanowych w roztworze glebowym.
3. Stężenie jonów siarczanowych w roztworze glebowym wykazuje zmiany w okresie wegetacji. Najwyższe jest latem (w okresie zbiorów roślin), a najniższe w okresie wczesnowiosennym – przed zastosowaniem nawożenia mineralnego.
4. Nawożenie mineralne i organiczne wpływa na stężenie jonów SO_4^{2-} w roztworze glebowym. Stosowanie obornika oraz nawożenie fosforem powoduje wzrost stężenia siarczanów w roztworze glebowym, wapnowanie przyczynia się do spadku stężenia siarczanów w roztworze glebowym.

LITERATURA

- CAMPBELL D.J., KINNIBURGH D.G., BECKETT P.H.T. 1989: The soil solution chemistry of some Oxfordshire soils. *J. Soil Sci. U.K.* **40**: 321–339.
- HENDERSTHORT W., COURCHESNE F. 1991: Simulation of solution chemistry in acidic forest soil. *Water Air and Soil Pollution* **60**: 11–25.
- JOHNSON D.W. 1984: Sulfur cycling in forest. *Biogeochemistry* **1**: 29–43.
- MARSCHNER H. 1995: Mineral nutrition of higher plants. Academic Press: 889 ss.
- MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H. 1998: Siarka w glebach Polski stan i zagrożenie. Biblioteka Monitoringu Środowiska: 108 ss.
- SIUTA J., REJMAN-CZAJKOWSKA M. 1980: Siarka w biosferze. PWRiL Warszawa: 381ss.
- WOLT J. D., GRAVEEL J. 1986: A rapid routine method for obtaining soil solution using vacuum displacement. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **50**: 602–605.

dr inż. Wiesław Szulc

Zakład Chemii Rolniczej, Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, SGGW

ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

e-mail: szulc@delta.sggw.waw.pl