

ZMIANY ZAWARTOŚCI SIARKI W KUKURYDZY NAWOŻONEJ MATERIAŁAMI ORGANICZNYMI

Krzysztof Gonddek, Barbara Filipek-Mazur

Katedra Chemii Rolnej, Uniwersytet Rolniczy
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rrgondek@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. Celem podjętych badań była ocena wpływu nawożenia osadami ściekowymi na zawartość siarki w kukurydzy uprawianej na glebach o zróżnicowanym składzie granulometrycznym. Badania przeprowadzono w warunkach doświadczenia wazonowego. Nawożenie osadami ściekowymi i mieszaninami osadów z torfem działało korzystniej na plony kukurydzy niż nawożenie solami mineralnymi. Istotnie zwiększyła się zawartość siarki w biomase kukurydzy nawożonej osadami ściekowymi, w porównaniu do zawartości tego pierwiastka w kukurydzy nawożonej obornikiem. Mieszaniny osadów ściekowych z torfem działały nieznacznie korzystniej na plon biomasy roślin w porównaniu do samych osadów ściekowych, ale gorzej na zawartość siarki w roślinach. Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość zwiększenia zawartości siarki siarczanowej w glebie po zastosowaniu osadów ściekowych. Wpływ nawożenia mieszaninami osadów ściekowych z torfem na zawartość siarki siarczanowej w glebach był porównywalny do efektu uzyskanego po zastosowaniu obornika

Słowa kluczowe: nawożenie, osady ściekowe, siarka

WSTĘP

Dążenie do zwiększania plonów roślin opiera się na działaniu trzech grup czynników: postępu hodowlanego (uzyskanie wysoko produkcyjnych odmian roślin); skutecznej ochrony roślin oraz zwiększonego zużycia nawozów. W warunkach glebowo-klimatycznych Polski spośród składników nawozowych azot jest czynnikiem, który w decydujący sposób wpływa na wielkość i jakość uzyskiwanych plonów (Ellenberg 1977, Ciećko i in. 2006). Nie mniej o żyzności gleby, a tym samym o jej urodzajności decyduje również zawartość przyswajalnych form innych składników pokarmowych w tym siarki. Niezbędność nawożenia siarką wynika przede wszystkim z udziału tego pierwiastka w metabolizmie

azotu, który jest lepiej wykorzystywany przy odpowiednim zaopatrzeniu roślin w siarkę (Filipek-Mazur i in. 2006, Marska i Wróbel 2000).

Dostępność składników pokarmowych, w tym siarki, w glebie pod wpływem nawożenia jest problemem ciągle aktualnym i nabiera większego znaczenia wtedy gdy do gleby wprowadzamy substancje pochodzenia odpadowego. Wprowadzenie składnika pokarmowego do gleby nie jest równoznaczne z jego pełną dostępnością dla roślin, głównie ze względu na zachodzące w środowisku glebowym procesy sorpcji i desorpcji (Mazur 1995, Mazur i Sądej 1989, White i in. 2003). Zawarte w osadach ściekowych składniki nawozowe, w tym siarka, występują w różnych formach, co zależy od pochodzenia osadu ściekowego, a także właściwości samego pierwiastka. Z badań Czechały (2002) wynika, że osady ściekowe zawierają w swoim składzie znaczne ilości siarki, co nie przesądza o dostępności tego składnika dla roślin po wprowadzeniu osadów ściekowych do gleby. Dlatego celem podjętych badań była ocena wpływu nawożenia osadami ściekowymi na zawartość siarki w kukurydzy uprawianej na glebach o zróżnicowanym składzie granulometrycznym.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę wpływu nawożenia osadami ściekowymi na zawartość siarki w kukurydzy przeprowadzono w doświadczeniu wazonowym w latach 2003-2005. Schemat doświadczenia obejmował następujące obiekty prowadzone w czterech powtórzeniach, na trzech utworach glebowych: bez nawożenia – (0); nawożenie mineralne – (NPK); obornik – (OB); osad ściekowy A (OŚA); osad ściekowy B (OŚB) oraz mieszaniny osadów z torfem (MOŚA, MOŚB). Do badań użyto następujący materiał glebowy: piasek słabo gliniasty (GI), glinę piaszczystą pylastą (GII) i glinę średnią pylastą (GIII), które zostały pobrane z warstwy ornej (0-20 cm) pól uprawnych z okolic Krakowa. W badaniach zastosowano osady ściekowe pochodzące z dwóch różnych komunalnych oczyszczalni mechaniczno-biologicznych oraz ich mieszaniny z torfem w stosunku wagowym 1:1. Torf o zawartości $408 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy charakteryzował się zawartością $88 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ popiołu, $34,4 \text{ g N}$, $0,91 \text{ g P}$, $1,14 \text{ g K}$ oraz $2,48 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Charakterystykę składu chemicznego materiału glebowego i pozostałych materiałów organicznych (wartości przeliczone na suchą masę oznaczoną w 105°C) podano w tabeli 1 i 2.

Wazony z tworzywa sztucznego użyte w eksperymencie mieściły $5,50 \text{ kg}$ powietrznie suchego materiału glebowego. Przed założeniem doświadczenia gleby stopniowo nawilżano doprowadzając je do wilgotności 30% maksymalnej pojemności wodnej. Po tym okresie glinę piaszczystą pylastą i glinę średnią pylastą zwapnowano, w celu uzyskania odczynu określonego rozporządzeniem (Rozporządzenie ... 2002). Zabieg ten przeprowadzono oddzielnie w każdym wazonie. Do wapnowania użyto czystego chemicznie CaO, a dawkę ustalono na podstawie całkowitej kwaso-

wości hydrolitycznej gleb. Następnie wszystkie gleby pozostawiono na 4 tygodnie, uzupełniając okresowo straty wody. Po tym czasie wprowadzono nawożenie w formie organicznej odpowiednio równoważąc dawki azotu do $1,20 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$. Również fosfor i potas uzupełniono do jednakowego poziomu we wszystkich obiektach (poza obiektem kontrolnym) stosując w 1 roku $1,26 \text{ g P} \cdot \text{wazon}^{-1}$ w formie wodnego roztworu $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, a potasu do $1,48 \text{ g K} \cdot \text{wazon}^{-1}$ w formie wodnego roztworu KCl. W obiekcie z nawożeniem mineralnym (NPK) zastosowano takie same dawki azotu, fosforu i potasu odpowiednio w formie roztworów NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ i KCl. W drugim i trzecim roku badań zastosowano składniki nawozowe w formie roztworów czystych chemicznie soli. Ilość wprowadzonych składników wynosiła $0,80 \text{ g N}$; $0,2 \text{ g P}$ oraz $1,40 \text{ g K} \cdot \text{wazon}^{-1}$.

Tabela 1. Skład chemiczny materiałów użytych w doświadczeniu

Table 1. Chemical composition of materials used in experiment

Oznaczenie Determination	Obornik FYM (OB)	Osad ściekowy A Sewage sludge A (OŚA)	Osad ściekowy A + torf Sewage sludge A + peat (MOŚA)	Osad ściekowy B Sewage sludge B (OŚB)	Osad ściekowy B + torf Sewage sludge B + peat (MOŚB)
Sucha masa Dry matter ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	189	310	343	418	372
pH (H_2O)	6,22	6,12	5,57	5,73	5,20
Materia organiczna Organic matter ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – d.m.)	679	353	652	552	771
Formy ogólne – Total forms					
N	21,6	17,0	24,7	37,4	35,1
S	7,24	8,81	6,23	14,62	7,85
P ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – d.m.)	22,60	5,48	3,00	19,32	7,64
K	26,69	2,71	1,88	2,81	1,64
Ca	4,83	15,66	13,31	9,22	11,95
Mg	6,26	4,86	2,82	2,55	1,59
Na	4,60	0,54	0,40	0,70	0,44
Cr	6,07	19,74	10,25	37,88	17,47
Zn	531	899	488	1684	821
Pb ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – d.m.)	3,99	65,9	38,2	29,4	17,5
Cu	338,0	78,3	40,6	119,4	51,8
Cd	1,28	2,71	1,45	2,25	1,03
Ni	11,74	13,32	7,14	25,36	12,07
Hg	ślady*	3,58	1,80	2,29	1,07

*ślady – trace.

W każdym roku doświadczenia uprawiano kukurydzę odmiany „San” (FAO 240) pozostawiając do zbioru 5 roślin w wazonie. Kukurydzę zawsze zbierano w fazie 7-9 liści, dlatego okres wegetacji roślin w poszczególnych latach był różny i wynosił: w pierwszym roku 47 dni; w drugim roku 66 dni oraz w trzecim roku 54 dni. Podczas trwania eksperymentu rośliny podlewano wodą destylowaną do 50% maksymalnej pojemności wodnej gleby. Po zbiorze rośliny suszono (temp. 70°C) do stałej wagi i określano plon suchej masy (części nadziemnych i korzeni), którą następnie rozdrobniono w młynku laboratoryjnym. Materiał roślinny poddano mineralizacji na mokro w stężonym kwasie azotowym(V), a następnie siarkę związano azotanem(V) magnezu i mineralizowano w piecu muflowym, początkowo w temperaturze 300°C, a później w 450°C. Pozostałość rozтворzono w rozcieńczonym kwasie azotowym (25%) (Ostrowska i in. 1991). Materiał glebowy pobrany w każdym roku po zakończonym okresie wegetacji analizowano pod kątem zmian właściwości fizykochemicznych zachodzących w wyniku zastosowanego nawożenia. W materiale wysuszonym i przesianym przez sito o średnicy oczek 1 mm oznaczono zawartość siarki siarczanowej, po ekstrakcji roztworem kwasu octowego o stężeniu 0,03 mol-dm⁻³ (Ostrowska i in. 1991). W uzyskanych roztworach materiału roślinnego oraz ekstraktach glebowych siarkę oznaczono metodą ICP-AES na aparacie JY 238 Ultrace. Wyniki opracowano statystycznie według modelu stałego, gdzie czynnikiem było nawożenie lub gleba. W przeprowadzonych obliczeniach statystycznych uwzględniono analizę wariancji jednoczynnikową, a istotność różnic oszacowano przy pomocy testu NIR Fishera, przy poziomie istotności $p < 0,05$ (Stanisz 1998).

WYNIKI I DYSKUSJA

Użyte w badaniach materiały organiczne różniły się składem chemicznym (tab. 1). Dodatek torfu do osadu generalnie zmniejszał koncentrację większości pierwiastków w mieszaninie, w porównaniu do zawartości składników w osadach.

Zastosowany w badaniach materiał glebowy należał do różnych grup granulometrycznych, ale również istotnie różnił się właściwościami chemicznymi, w tym zawartością siarki ogólnej (tab. 2). Szczególnie gleba średnia (GII) charakteryzowała się dużą zasobnością w potas i fosfor przyswajalny.

Średnie plony biomasy kukurydzy (części nadziemnych i korzeni) z obiektów nawożonych z okresu 3 lat uzyskane na glebie lekkiej (GI) były istotnie mniejsze (o ponad 20%) niezależnie od części rośliny od plonów na dwóch pozostałych, cięższych glebach (rys. 1). Różnica w plonie uzyskanym na glinie piaszczystej i średniej, w przypadku części nadziemnych nie była istotna, a średni plon biomasy korzeni pomiędzy tymi glebami w ogóle się nie różnił.

Analiza wariancji potwierdziła korzystny efekt nawożenia organicznego na plon biomasy kukurydzy (tab. 3). Nawożenie osadami ściekowymi lub ich mie-

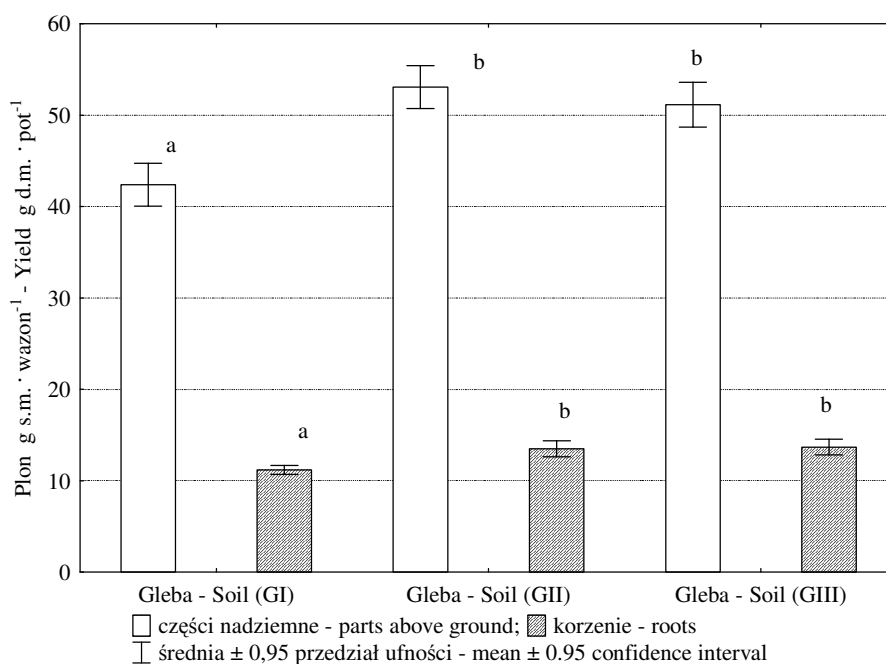
szaninami z torfem oraz nawożenie obornikiem pozwoliły na osiągnięcie istotnie większych plonów od zebranych w obiekcie nawożonym wyłącznie solami mineralnymi. W obu przypadkach stosowania mieszanin osadów z torfem uzyskano większe plony niż stosując sam osad.

Tabela 2. Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne gleb przed rozpoczęciem badań
Table 2. Some properties of soils before establishment of the experiment

Oznaczenie – Determination		Gleba – Soil		
		(GI)	(GII)	(GIII)
Skład granulometryczny Grain size composition	1,0-0,1 mm	78	42	28
Ø	0,1-0,02 mm	13	33	29
	< 0,02 mm	9	25	43
pH KCl		6,21	5,69	5,30
Kwasowość hydrolytyczna Hydrolytic acidity		11,2	23,4	33,2
Suma kationów zasadowych Sum of alkaline cations	(mmol(+)-kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	39,9	86,8	128,4
N ogólny – Total N	(g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	0,96	1,25	1,72
C organiczny – Organic C	(g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	9,37	13,36	17,68
S ogólna – Total S		0,16	0,28	0,32
Formy przyswajalne – Available forms				
P		79	217	29
K		166	359	138
Mg	(mg·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	134	154	126
S-SO ₄		13,4	11,9	11,4

Niezależnie od zastosowanego nawożenia i gleby więcej siarki ogólnej oznaczono w korzeniach kukurydzy, co wynikało z kumulacji tego składnika w znacznie mniejszym plonie tej części roślin (tab. 3). Zastosowane nawożenie materiałami organicznymi istotnie zwiększyło zawartość tego pierwiastka w biomase kukurydzy, w porównaniu do zawartości siarki oznaczonej w biomase roślin nawożonych azotem, fosforem i potasem w formie soli mineralnych. Średnia zawartość siarki w biomase kukurydzy, niezależnie od części, w obiekcie bez nawożenia (0) (przy istotnie mniejszym plonie) nie odbiegała znacząco od zawartości tego pierwiastka oznaczonego w biomase roślin z obiektów nawożonych obornikiem (OB) i mieszaninami osadów ściekowych z torfem (MOŚA, MOŚB). Większe relatywne zróżnicowanie

odnotowano w zawartości siarki w biomacie kukurydzy, w zależności od gleby (rys. 2). W przypadku gleby lekkiej (GI) zawartość ta była największa, natomiast nie różniła się istotnie średnia zawartość siarki, z obiektów nawożonych i lat w biomacie kukurydzy na glinie piaszczystej pylastej (GII) i glinie średniej pylastej (GIII). Te uwarunkowania wynikały niewątpliwie z koncentracji tego składnika w mniejszym plonie kukurydzy uprawianej na piasku słabo gliniastym (GI), a nie zawartości dostępnych form tego składnika dla roślin w glebie. Według Kaczora (2002) ścieki stosowane do nawożenia mogą wpływać na zwiększenie zawartości siarki w roślinach. Również nawożenie osadami ściekowymi przyczynia się do zwiększenia zawartości tego pierwiastka w biomacie roślin (Kaczor i in. 2006), z tym że czynnikiem decydującym o pobraniu tego składnika przez rośliny jest dawka osadu ściekowego. Również w badaniach przeprowadzonych przez Wołoszyka (2003) nawożenie roślin kompostami z osadów ściekowych, bez dodatku i z dodatkiem odpadów przemysłowych zwiększyło zawartość siarki w mieszance traw. Według cytowanego Autora nawożenie kompostami z osadów ściekowych nie miało istotnego wpływu na zawartość siarki w biomacie roślin w drugim roku działania nawozowego tych materiałów.



Rys. 1. Średnie plony części nadziemnych i korzeni kukurydzy z obiektów nawożonych z okresu 3 lat. Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie $p < 0,05$ według testu Fishera.

Fig. 1. Mean yields of above-ground parts and roots of maize from fertilisation objects from period 3 of years. Means followed by the same letters do not differ significantly at $p < 0.05$ according to the Fisher test.

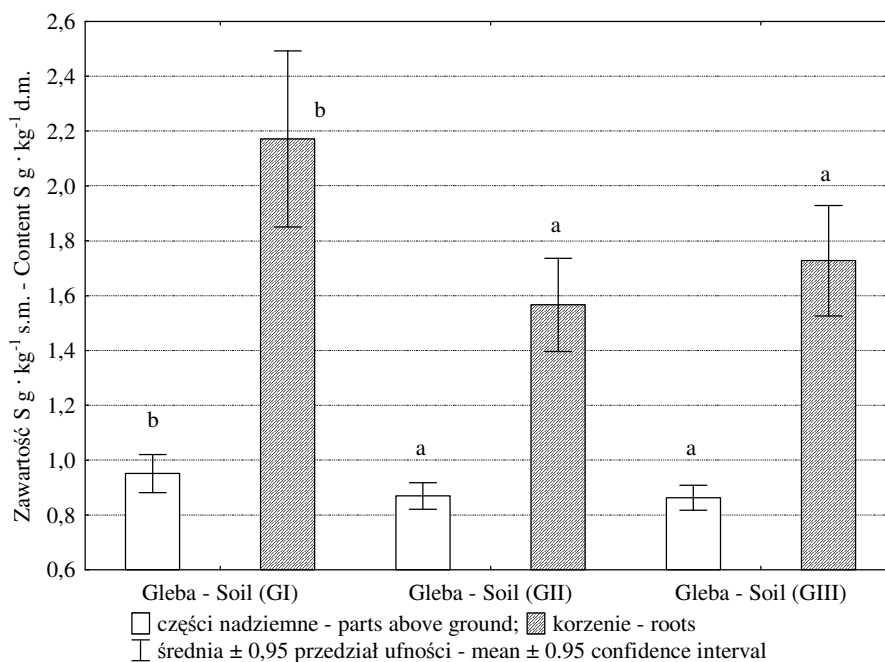
Tabela 3. Średnie z okresu 3 lat plony suchej masy części nadziemnych i korzeni kukurydzy, ogólnej zawartości siarki w kukurydzy i siarki siarczanowej w glebach**Table 3.** 3-year period mean yields of dry mass of above-ground parts of plants and roots, total sulphur content in maize and sulphate sulphur in soils

Obiekt Object	Plon biomasy Yield of biomass		Siarka w roślinie Sulphur in plant		Siarka w glebie Sulphur in soil (mg S-SO ₄ ·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)
	(g s.m.·wazon ⁻¹ g d.m.·pot ⁻¹)		(g S·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)		
	(Cz.n)	(K)	(Cz.n)	(K)	
Bez nawożenia No fertilization (0)	22,1 a	7,4 a	0,98 cd	1,69 b	9,6 a
NPK (NPK)	42,5 b	10,1 b	0,65 a	0,69 a	7,0 a
Obornik – FYM (OB)	48,0 c	13,1 cd	0,92 bc	1,70 b	18,2 b
Osad ściekowy A Sewage sludge A (OŚA)	47,3 bc	11,8 c	1,06 d	2,99 d	50,3 d
Osad ściekowy A +torf Sewage sludge A +peat (MOŚA)	49,3 c	11,8 c	0,91 bc	1,86 bc	20,5 bc
Osad ściekowy B Sewage sludge B (OŚB)	50,4 c	14,1 d	1,00 cd	2,15 c	27,2 c
Osad ściekowy B +torf Sewage sludge B +peat (MOŚB)	55,6 d	15,8 e	0,82 b	1,54 b	18,2 b

(Cz.n) części nadziemne – parts above ground; (K) korzenie – roots, Średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różnią się istotnie $p < 0,05$ według testu Fishera – Means followed by the same letters in columns do not differ significantly at $p < 0.05$ according to the Fisher test.

Średnie zawartości siarki siarczanowej w glebach różniły się istotnie pomiędzy glebą lekką (GI), a glebami o cięższym składzie granulometrycznym (GII) i (GIII) (rys. 3). Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość zwiększenia zawartości siarki siarczanowej w glebie po zastosowaniu materiałów organicznych, a zwłaszcza osadów ściekowych (tab. 3). Największy średni, dla gleb, przyrost zawartości siarki siarczanowej, w porównaniu do zawartości w glebie obiektu nie nawożonego stwierdzono po zastosowaniu osadów ściekowych (OŚA, OŚB). Analiza wariancji nie potwierdziła istotnie lepszego wpływu nawożenia mieszaninami osadów ściekowych z torfem (MOŚA, MOŚB) na zawartość siarki siarczanowej w glebach, w porównaniu do zawartości oznaczonej po zastosowaniu obornika (OB). Zmiany zawartości siarki siarczanowej w glebie są uwarunkowane głównie przemianami materii organicznej (Jakubus i in. 1999, Szulc i in. 2004). Wprowadzenie do gleby siarki w postaci związków łatwo rozpuszczalnych w nawozach mineralnych wpływa na zdecydowanie większą dostępność tego składnika dla roślin. Niemniej zbyt duża koncentracja

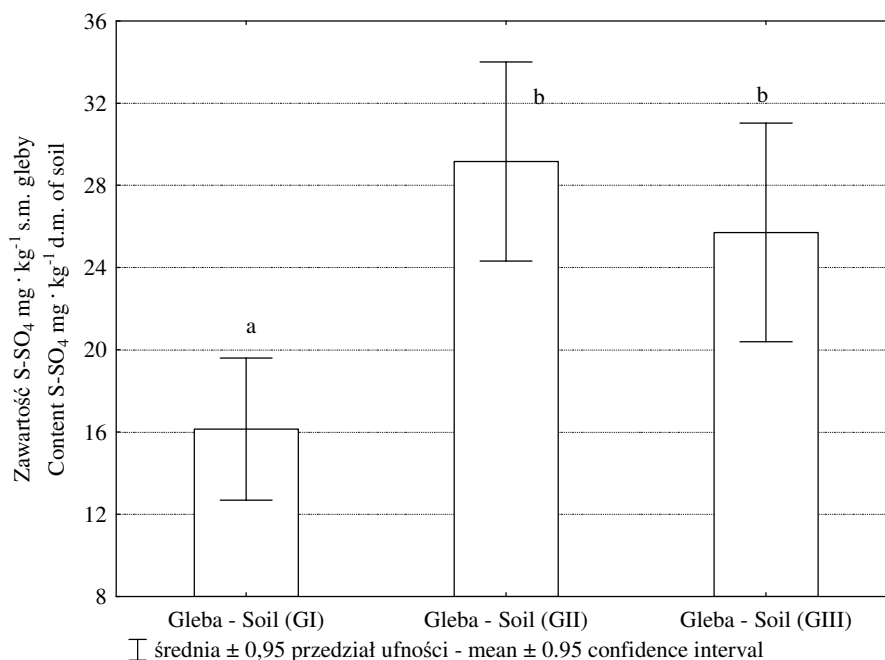
siarki w roztworze glebowym, przy ograniczonym pobieraniu tego składnika przez rośliny może powodować jej duże straty przez wymywanie (Kopeć i in. 1991).



Rys. 2. Średnia zawartość siarki w częściach nadziemnych i korzeniach kukurydzy z obiektów nawożonych z okresu 3 lat. Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie $p < 0,05$ według testu Fishera

Fig. 2. Mean content of sulphur in above-ground parts and roots of maize from fertilisation objects from period 3 of years. Means followed by the same letters do not differ significantly at $p < 0.05$ according to the Fisher test

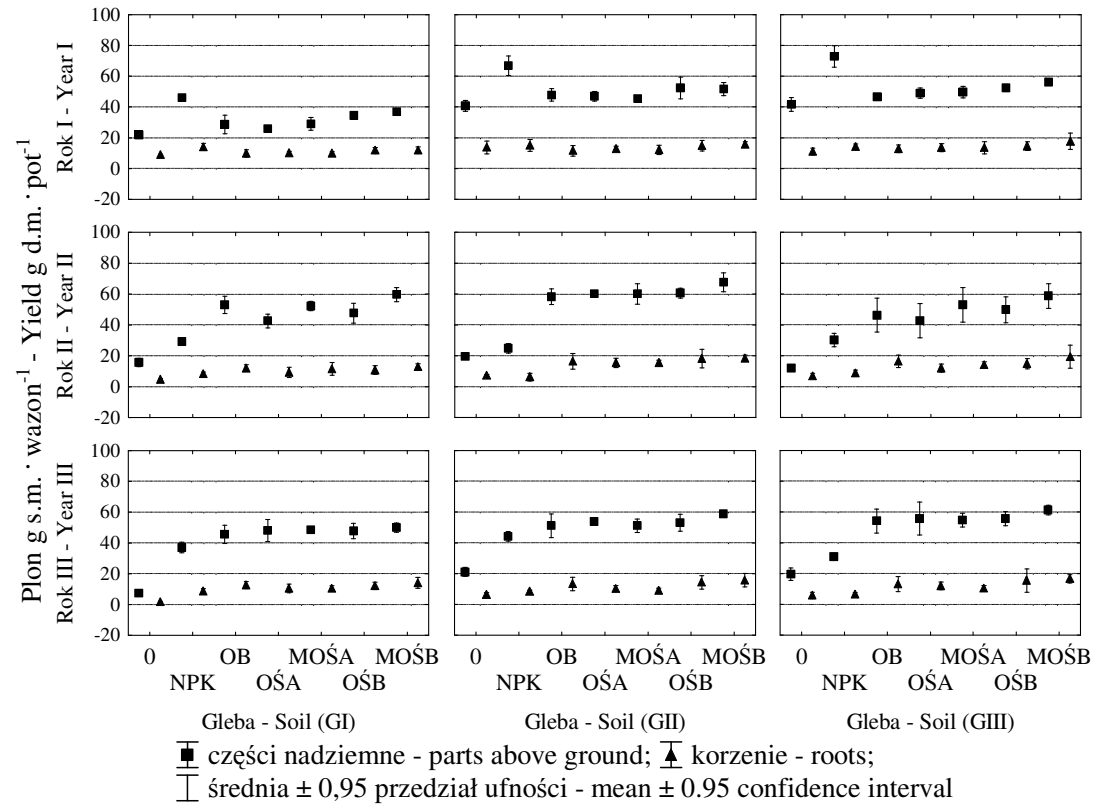
Wprowadzenie do gleby nawozów naturalnych, organicznych lub materiałów odpadowych zawierających ten pierwiastek może z jednej strony utrudnić pobieranie tego składnika ze względu na połączenia w jakich siarka występuje, lecz z drugiej ze względu na stopniowo postępujący proces mineralizacji zapewnia sukcesywne uwalnianie do roztworu glebowego dostępnych form tego składnika. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że nawożenie osadami ściekowymi powoduje zwiększenie zawartości siarki siarczanowej w glebie, natomiast rozcieńczenie składu chemicznego osadów przez dodatek torfu powoduje słabszy efekt. Według Wołoszka (2003) zawartość siarki siarczanowej jest bezpośrednio związana z zawartością ogólnych form tego składnika w glebie, a nawożenie gleby kompostami nie spowodowało większych zmian w zawartości siarki siarczanowej w glebie.



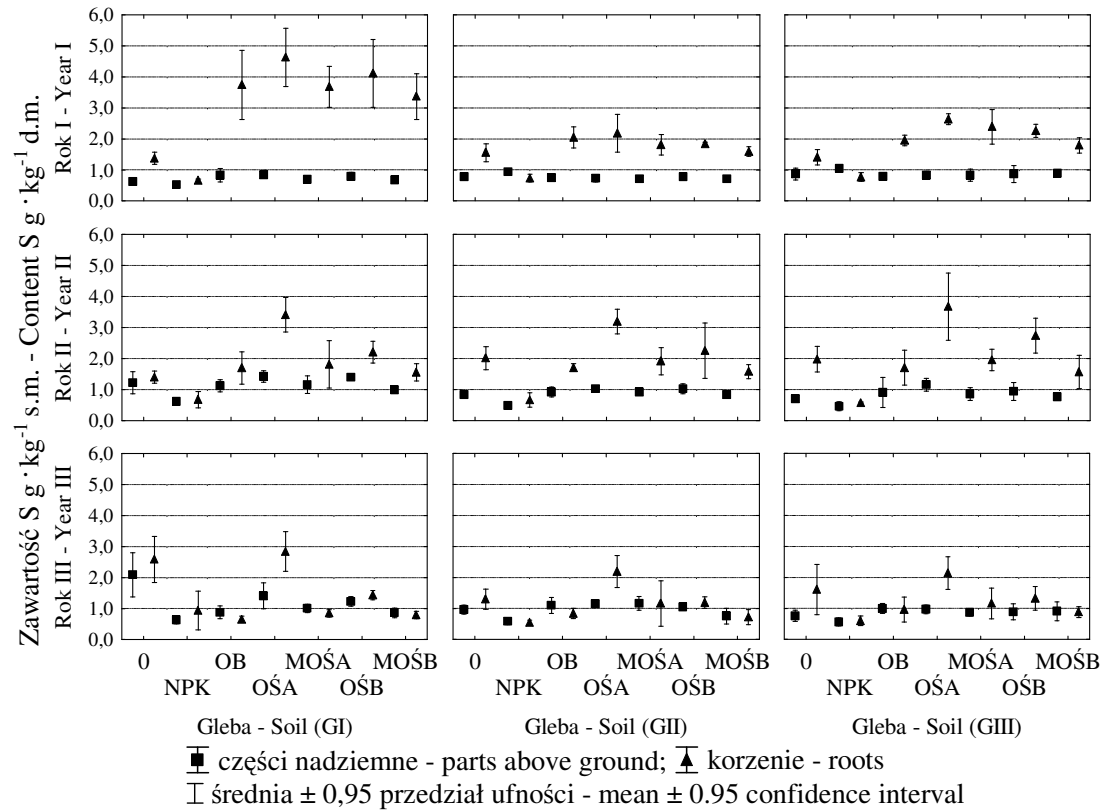
Rys. 3. Średnia zawartość siarki siarczanowej w glebach z obiektów nawożonych z okresu 3 lat. Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie $p < 0,05$ według testu Fishera

Fig. 3. Mean content of sulphate sulphur in soils from fertilisation objects from period 3 of years. Means followed by the same letters do not differ significantly at $p < 0.05$ according to the Fisher test

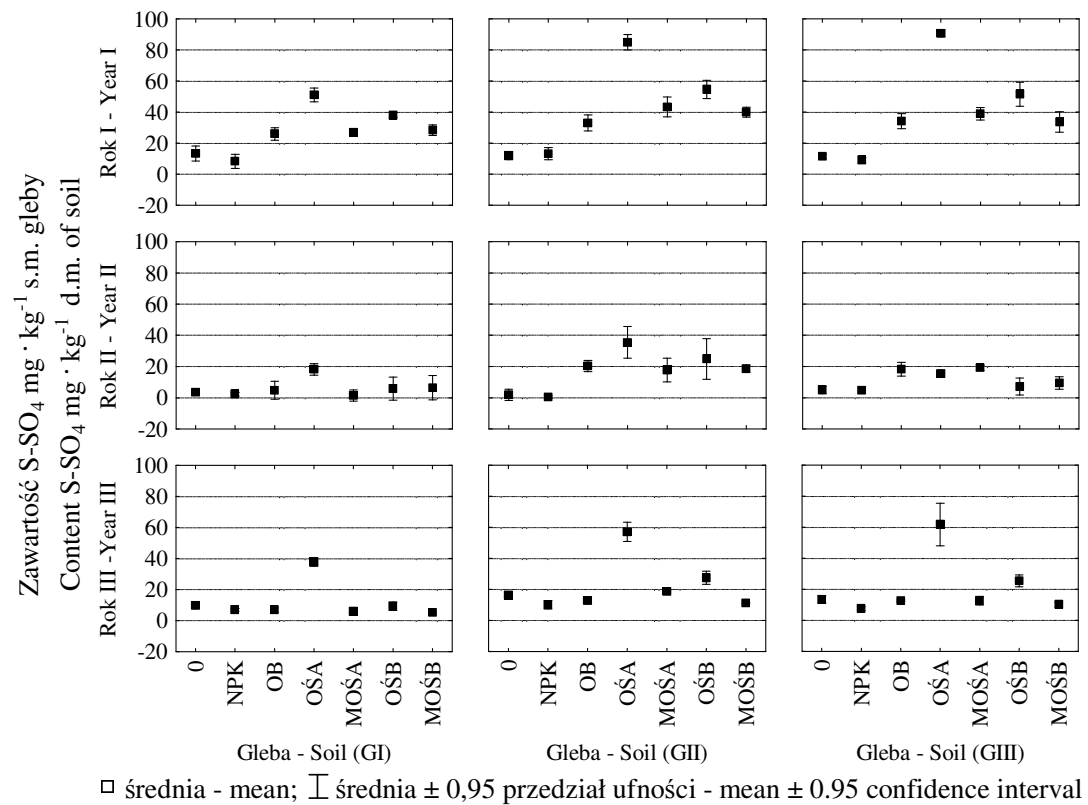
Na rysunkach 4-6 przedstawiono w poszczególnych latach doświadczenia zmiany plonu suchej masy, zawartości w nim siarki i siarki siarczanowej w glebie. Przedstawione wyniki wskazują na większy wpływ nawożenia osadami ściekowymi na zawartość siarki w biomase kukurydzy oraz zawartość siarki siarczanowej w glebie, w porównaniu do nawożenia mieszaninami osadów ściekowych i torfu. Na uwagę zasługuje reakcja roślin, wyrażająca się wielkością plonu z obiektu nawożonego solami mineralnymi (NPK). Większy plon z tego obiektu odnotowano w pierwszym roku. W kolejnych latach reakcja w plonie na nawożenie materiałami organicznymi była korzystna, mimo zacierania się różnic na glebach (GI) i (GII). Było to wynikiem tak zwanego efektu następczego działania nawożenia organicznego, które dodatkowo wspomagane uzupełniającymi dawkami nawożenia mineralnego korzystnie wpływało na plon kukurydzy.



Rys. 4. Plony części nadziemnych i korzeni kukurydzy z trzech lat doświadczenia na trzech glebach
Fig. 4. Yield of above-ground parts and roots of maize from three years of the experiment on three soils



Rys. 5. Zawartość siarki w części nadziemnych i korzeni kukurydzy z trzech lat doświadczenia na trzech glebach
Fig. 5. Content of sulphur in above-ground parts and roots of maize from three years of the experiment on three soils



Rys. 6. Zawartość siarki siarczanowej w glebach z trzech lat doświadczenia na trzech glebach
Fig. 6. Content of sulphate sulphur in soils from three years of experiment on three soils

WNIOSKI

1. Nawożenie osadami ściekowymi i mieszaninami osadów z torfem działało korzystniej na plony kukurydzy niż nawożenie solami mineralnymi.
2. Istotnie zwiększyła się zawartość siarki w biomase kukurydzy nawożonej osadami ściekowymi, w porównaniu do zawartości tego pierwiastka oznaczonej w roślinach nawożonych obornikiem.
3. Mieszaniny osadów ściekowych z torfem działały nieznacznie korzystniej na plon biomasy roślin w porównaniu do samych osadów ściekowych, ale gorzej na zawartość siarki w biomase kukurydzy.
4. Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość zwiększenia zawartości siarki siarczanowej w glebie po zastosowaniu osadów ściekowych. Wpływ nawożenia mieszaninami osadów ściekowych z torfem na zawartość siarki siarczanowej w glebach był porównywalny do efektu uzyskanego po zastosowaniu obornika.

PIŚMIENNICTWO

- Ciećko Z., Żołnowski A. C., Krajewski W., 2006. Wpływ nawożenia NPK stosowanego w uprawie ziemniaka na zawartość N-NO₃ oraz N-NH₄ w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 513, 55-62.
- Czekała J., 2002. Wybrane właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni regionu Wielkopolski. Cz. I. Odczyn, sucha masa, materia organiczna i węgiel organiczny oraz makroskładniki. *Acta Agrophysica*, 70, 75-82.
- Ellenberg H., 1977. Stickstoff als standartsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische pflanzengesellschaften. *Oecologia Plant.*, 12, 1-22.
- Filipek-Mazur B., Gondek K., Mazur K., 2006. Wpływ nawożenia siarką na plonowanie oraz zawartość siarki i azotanów(V) w gorczycy białej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 513, 99-106.
- Jakubas M., Czekała J., Gładysiak S., 1999. Quantity and quality of humic compounds and sulphur fractions in soil under conditions of long-term differentiated soil reaction and potato monoculture. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 465, 311-318.
- Kaczor A., 2002. Zawartość i pobranie siarki przez jęczmień w warunkach stosowania ścieków miejskich i soli mineralnych. *Acta Agrophysica*, 70, 201-208.
- Kaczor A., Kowalski G., Brodowska M. S., 2006. Oddziaływanie osadu pościekowego i wapna poflotacyjnego na skład chemiczny owsa. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 512, 221-228.
- Kopeć S., Nowak K., Smoroń S., 1991. Straty składników nawozowych przez wymywanie w zależności od nawożenia i uprawianej rośliny. *Roczn. Glebozn.*, XLII, 3/4, 109-114.
- Marska E., Wróbel J., 2000. Znaczenie siarki dla roślin uprawnych. *Fol. Univ. Agric. Stein.*, 204, *Agricultura* 81, 61-78.
- Mazur T., 1995. Rozważania o degradacji gleb w wyniku nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 25-36.
- Mazur T., Sądej W., 1989. Wpływ wieloletniego nawożenia gnojowicą, obornikiem i NPK na niektóre właściwości chemiczne i fizykochemiczne właściwości gleby. *Roczn. Glebozn.*, 40, 1, 147-153.

- Ostrowska A., Gawliński A., Szczubiałka Z., 1991. Metody analizy i oceny gleb i roślin. Wyd. IOŚ Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 1 sierpnia 2002 w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Dz. U. Nr 134, poz. 1140.
- Stanisz A., 1998. Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny. Wyd. Statsoft Polska.
- Szulc W., Rutkowska B., Łabętowicz J., 2004. Zawartość siarki ogólnej, organicznej i siarczanowej w profilu glebowym w warunkach różnych systemów uprawy gleby. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 1, 55-62.
- White S. K., Brummer J. E., Leininger W. C., Frasier G. W., Waskom R. M., Bauder T. A., 2003. Irrigated mountain meadow fertilizer application timing effect on overland flow water quality. *Environ. Qual. J.*, 32, 1802-1808.
- Wołoszyk Cz., 2003. Agrochemiczna ocena nawożenia kompostami z komunalnych osadów ściekowych i odpadami przemysłowymi. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rozpr.* 217.

CHANGES OF SULPHUR CONTENT IN MAIZE FERTILISED WITH ORGANIC MATERIALS

Krzysztof Gonddek, Barbara Filipek-Mazur

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rrgondek@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The aim of the research was assessment of sewage sludge fertilization effect on sulphur content in maize grown in soil of diversified texture. The research was conducted under conditions of a pot experiment. Fertilization with sewage sludge and mixtures of sludge and peat had a more advantageous effect on maize yields than mineral salt treatment. The amount of sulphur in maize biomass fertilized with sewage sludge increased significantly in comparison with this element concentration determined in maize fertilized with farmyard manure. Mixtures of sewage sludge with peat affected the plant biomass yield slightly more favourably than the applied sewage sludge without admixtures, but they were less advantageous to the plant sulphur concentrations. Conducted experiments confirmed a potential of increasing the content of sulphate sulphur in soil following the application of sewage sludge. The effect of fertilization using sewage sludge mixtures with peat on sulphate sulphur concentrations in soils was comparable to the results obtained after farmyard manure application.

Key words: fertilization, sewage sludge, sulphur