

ZAWARTOŚĆ SIARKI I AZOTU W ZIARNIE KUKURYDZY W ZALEŻNOŚCI OD TYPU GLEBY I ZASTOSOWANEGO NAWOŻENIA

BOŻENA BARCZAK, BARBARA MURAWSKA, EWA SPYCHAJ-FABISIAK

Katedra Chemii Rolnej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

barczak@utp.edu.pl

Synopsis. Badania prowadzono w latach 2005–2007 w oparciu o dwuczynnikowe doświadczenie mikro-poletkowe zlokalizowane na terenie Stacji Badawczej w Wierzchucinku należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Kukurydzę odmiany Rota uprawiano w trzyletniej monokulturze. Obiektami pierwszego czynnika były cztery gleby: czarnoziem, gleba płowa, gleba biellicowa i czarna ziemia. Drugim czynnikiem było zróżnicowane nawożenie siarką (w kg S·ha⁻¹: 0, 20, 40, 20 + Basfoliar 36 Extra, 40 + Basfoliar 36 Extra) na tle jednolitego nawożenia NPK. Siarkę zastosowano doglebowo w postaci siarczanu (VI) sodu przed siewem kukurydzy. Jak wykazały przeprowadzone badania, zawartości siarki ogólnej i siarczanowej (VI) były istotnie modyfikowane badanymi czynnikami. Średnio najwyższe ich zawartości stwierdzono odpowiednio na glebie biellicowej i czarnej ziemi. Łączne zastosowanie nawożenia siarką i Basfoliarem powodowało istotny wzrost zawartości badanych form siarki, jak również azotu ogólnego, w stosunku do obiektu kontrolnego. Najwyższą wartość stosunku N:C wykazano dla ziarna kukurydzy uprawianej na glebie płowej. Zastosowane nawożenie powodowało zawężenie stosunku N:S w porównaniu do obiektu kontrolnego, co jest korzystne z punktu widzenia wartości odżywczej ziarna kukurydzy. Podwyższenie dawki siarki stosowanej wyłącznie w formie siarczanu (VI) sodu lub łącznie z Basfoliarem w porównaniu do jej niższej dawki, istotnie zmniejszało wartości badanego stosunku.

Słowa kluczowe – *key words*: siarka ogólna – *total sulphur*; siarka siarczanowa (VI) – *sulphate*; azot ogólny – *total nitrogen*; kukurydza – *maize*; Basfoliar 36 Extra – *Basfoliar 36 Extra*

WSTĘP

W ostatnich latach w wyniku pojawienia się niedoborów siarki w agroekosystemach obserwuje się wzrost zainteresowania tym składnikiem pokarmowym. Do postępującego deficytu tego pierwiastka przyczynia się duża redukcja emisji SO₂, ograniczenie nawożenia naturalnego, jak również zmniejszenie zużycia nawozów mineralnych zawierających siarkę [Jakubus 2006, Motowicka-Terelak i Terelak 2000]. Wysokie wymagania pokarmowe niektórych roślin w stosunku do siarki oraz znaczne straty siarczanów (VI) na drodze wymywania, powodują, że większość gleb Polski wykazuje obecnie niedostateczną dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin zawartość tego składnika [Marska i Wróbel 2000, Szulc 2008]. Dotyczy to zwłaszcza lżejszych gleb mineralnych, na ogół zakwaszonych, usytuowanych w dużej odległości od ośrodków przemysłowych. Warto podkreślić, że aż 71% gleb województwa Kujawsko-Pomorskiego, w warunkach którego przeprowadzono badania, cechuje niska (<15 mg S-SO₄²⁻·kg⁻¹) zawartość przyswajalnych form tego składnika [Motowicka-Terelak i Terelak 1998].

W związku z postępującym niedoborem siarki, wydaje się interesującym podjęcie badań, których celem było określenie wpływu typu gleby oraz zróżnicowanego nawożenia tym

składnikiem, a także Basfoliarem 36 Extra, na zawartość różnych form siarki oraz azotu ogólnego w ziarnie kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2005–2007 w oparciu o dwuczynnikowe doświadczenie mikroplotkowe zlokalizowane na terenie Stacji Badawczej w Wierchucinku należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (53°26' N, 17°79' E). Obiektami pierwszego czynnika były cztery gleby (n=4: czarnoziem, gleba płowa, gleba bielnicowa i czarna ziemia), którymi zgodnie z ich profilami genetycznymi napełniono betonowe cembry. Uprawiano na nich w trzyletniej monokulturze kukurydzę odmiany 'Rota' z przeznaczeniem na ziarno. Drugim czynnikiem było zastosowane w badaniach zróżnicowane nawożenie siarką (n=5): 20 kg S·ha⁻¹ – S₁, 40 kg S·ha⁻¹ – S₂ i Basfoliarem 36 Extra (S₁ + B, S₂ + B oraz obiekt kontrolny) na tle jednolitego nawożenia NPK. Siarkę zastosowano doglebowo w postaci siarczanu (VI) sodu przed siewem kukurydzy. Basfoliar 36 Extra, płynny nawóz azotowy (36,3% N) z wysoką zawartością magnezu (4,3%) i mikroelementami (Mn – 1,35%, Cu – 0,27%, B – 0,027%, Zn 0,013%, Mo – 0,0067%) stosowano dolistnie w fazie piątego liścia, łącząc ten zabieg z dokarmianiem roślin roztworem mocznika (20 kg N·ha⁻¹). Na wszystkich obiektach doświadczalnych zastosowano jednolite nawożenie NPK (120 kg·N·ha⁻¹, 80 kg·P₂O₅·ha⁻¹ i 160 kg K₂O·ha⁻¹). Przed założeniem doświadczenia oznaczono właściwości fizykochemiczne badanych gleb (tab. 1).

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne gleb przed założeniem doświadczenia

Table 1. Physico-chemical properties of soils before establishing the field experiment

Parametry <i>Parameters</i>	Jednostka <i>Unit</i>	Typ gleby – <i>Soil type</i>			
		czarnoziem <i>chernozem</i>	płowa <i>luvisol</i>	bielnicowa <i>podzol</i>	czarna ziemia <i>black soil</i>
pH _{KCl}		6,70	5,60	5,30	6,50
Hh	mmol(+):kg ⁻¹	7,20	23,50	28,40	6,80
C _{org.}	g·kg ⁻¹	15,6	6,2	7,7	13,2
N _{og.-total}	g·kg ⁻¹	1,44	0,46	0,88	1,39
C:N	–	11:1	13:1	10:1	9:1
Fracje – <i>Fraction</i> φ<0,02 mm	%	23,0	8,0	6,0	26,0
S _{og.-total}	g·kg ⁻¹	0,38	0,17	0,32	0,39
S-SO ₄	mg·kg ⁻¹	17,4	13,9	21,3	15,7

Po zbiorze plonu w ziarnie kukurydzy z wszystkich obiektów doświadczalnych oznaczono zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla oraz siarki ogólnej i siarczanowej (VI) metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej z indukcyjnie wzbudzonym płomieniem (ICP-AES) aparatem Thermo Elementar w laboratorium akredytowanym.

Wyniki oznaczeń poddano analizie wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych w układzie równoważnych podbloków, stosując test Tukey'a przy $\alpha=0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Najwyższą zawartość azotu ogólnego wykazano w nasionach kukurydzy uprawianej na glebie biellicowej ($12,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), najniższą – na czarnoziemiu ($12,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$); nie stwierdzono jednak istotnej zależności między typem gleby a zawartością tego składnika (tab. 2). W przeciwieństwie do warunków glebowych, zastosowanie siarki wywierało potwierdzony statystycznie wpływ na kształtowanie się jego zawartości. Na glebach: płowej, biellicowej i czarnej ziemi, w odróżnieniu od czarnoziemiu, odnotowano dla obiektów nawożonych siarką, na ogół wyraźne zwiększenie zawartości azotu ogólnego w ziarnie w porównaniu z obiektem kontrolnym. Najkorzystniejszy wpływ siarki na zawartość omawianego składnika stwierdzono w ziarnie kukurydzy uprawianej na czarnej ziemi, natomiast najmniej korzystny – na czarnoziemiu, na którym odnotowano na ogół obniżanie się zawartości azotu ogólnego po zastosowaniu nawożenia siarką. Dla żadnej z gleb nie wykazano jednak istotnych różnic między działaniem dawek 20 i 40 $\text{kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ (ani między obiektami S_1 i S_2 , ani między – S_1+B i S_2+B).

Tabela 2. Zawartość azotu w ziarnie kukurydzy w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (średnie z lat 2005–2007)

Table 2. Content of nitrogen in maize grain in $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (mean of 2005–2007)

Nawożenie siarką <i>Sulphur fertilization</i> (B)	Typ gleby – <i>Soil type</i> (A)				Średnio <i>Mean</i>
	czarnoziem <i>chernozem</i>	płowa <i>luvisol</i>	biellicowa <i>podzol</i>	czarna ziemia <i>black earth</i>	
0	12,5	11,5	12,2	11,0	11,8
S_1	12,2	11,7	13,0	11,8	12,2
S_2	11,4	11,9	12,2	12,5	12,0
S_1+B	11,6	12,7	13,1	13,1	12,7
S_2+B	12,2	12,3	13,0	13,0	12,6
Średnio – <i>Mean</i>	12,0	12,0	12,7	12,3	12,2
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – r.n.; B – 0,4; AxB – 0,9					

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Przeprowadzone badania potwierdzają omawiany przez wielu autorów [Jakubus 2006, Motowicka-Terelak i Terelak 1998, Podleśna 2005] wpływ siarki na metabolizm azotu w roślinie. Gospodarka azotem, tj. pobranie i wykorzystanie tego składnika, jest ściśle uzależnione od zawartości w środowisku siarki, która poprzez obecność w niektórych aminokwasach, jest niezbędna do biosyntezy białek [Gawęcki 2003]. Poza tym zależność tę tłumaczy obecność siarki w enzymach odgrywających kluczową rolę w biosyntezie białka. Ich aktywność, uwarunkowana odpowiednim układem przestrzennym, utrzymywanym dzięki mostkom siarczkowym, pochodzącym od aminokwasów siarkowych, jest znacznie obniżona w warunkach deficytu

siarki [Jakubus 2006]. Niedostateczne odżywienie roślin siarką obniża zdolność rośliny do redukcji azotanów (V), co hamuje proces wytwarzania białek i sprzyja kumulacji azotu w formie niebiałkowej [Kopcewicz i Lewak 2005].

Należy podkreślić, że łączne zastosowanie siarki i Basfoliaru Extra (S_1+B i S_2+B) powodowało istotne zwiększenie zawartości omawianego składnika w porównaniu z nawożeniem wyłącznie siarką (S_1 i S_2) – średnia dla trzech lat badań różnica wynosiła odpowiednio: 4,1 i 5,0%. Dodatni wpływ Basfoliaru prawdopodobnie wynikał z obecności w tym nawozie azotu, a także wchodzących w skład nitrogenazy i reduktazy azotanowej (V) molibdenu oraz miedzi – mikroelementów korzystnie oddziałujących na aktywność enzymów uczestniczących w biosyntezie białka.

W literaturze przedmiotu można spotkać również doniesienia o braku wyraźnego oddziaływania nawożenia siarką na zawartość azotu w plonach [Asare i Scarisbrick 1995, Lośak i in. 2000, Mc Grath i Zhao 1996 oraz Podleśna i Cacak-Pietrzak 2004]. Należy sądzić, że badania te były prowadzone w warunkach średniej lub wysokiej zasobności gleb w przyswajalne formy siarki, co tłumaczyłoby brak efektywności tego składnika.

Kukurydza, obok roślin kapustnych i strączkowych, uważana jest za gatunek o dużych wymaganiach w stosunku do siarki (30–40 kg S·ha⁻¹), co wynika nie tyle z wysokiej zawartości tego składnika w nasionach i słomie, lecz ze stosunkowo wysokiego plonu. Wykazana w badaniach średnia dla trzech lat badań zawartość siarki ogólnej w nasionach kukurydzy, wynosząca 1,01 g·kg⁻¹ (tab. 3), w porównaniu z progową zawartością w częściach generatywnych np. pszenicy (2,5 g·kg⁻¹), soi (3,2 g·kg⁻¹), fasoli (3,0 g·kg⁻¹), słonecznika (5,0 g·kg⁻¹) czy rzepaku (10,0 g·kg⁻¹) [Motowicka-Terelak i Terelak 2000], jest niewielka. Zróżnicowana zawartość tego składnika w roślinach wynika z charakteru i funkcji fizjologicznych związków zawierających siarkę syntetyzowanych przez dany gatunek [Kopcewicz i Lewak 2005].

Pod względem ogólnej zawartości siarki ogólnej w nasionach kukurydzy, wystąpiły istotne różnice w zależności od typu gleb, na których uprawiano rośliny (tab. 3). Najwyższą średnio dla trzech lat badań, zawartość tego składnika (1,10 g·kg⁻¹), stwierdzono w nasionach roślin uprawianych na glebie bielcowej, a najniższą – na glebie płowej (0,93 g·kg⁻¹). Należy podkreślić, że gleba bielcowa cechowała się najwyższą w porównaniu z pozostałymi badanymi glebami,

Tabela 3. Zawartość siarki ogólnej w ziarnie kukurydzy w g·kg⁻¹ (średnie z lat 2005–2007)

Table 3. Content of total sulphur in maize grain in g·kg⁻¹ (mean of 2005–2007)

Nawożenie siarką <i>Sulphur fertilization</i> (B)	Typ gleby – <i>Soil type</i> (A)				Średnio <i>Mean</i>
	czarnoziem <i>chernozem</i>	płowa <i>luvisol</i>	bielcowa <i>podzol</i>	czarna ziemia <i>black earth</i>	
0	0,92	0,85	1,01	0,93	0,93
S ₁	0,96	0,90	1,11	1,01	1,00
S ₂	1,04	0,98	1,13	1,09	1,06
S ₁ +B	0,97	0,91	1,10	1,04	1,01
S ₂ +B	1,02	0,99	1,12	1,11	1,06
Średnio – <i>Mean</i>	0,98	0,93	1,10	1,04	1,01
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 0,03; B – 0,02; AxB – r.n.					

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

zawartością przyswajalnych form siarki, a gleba płowa wyróżniała się pod tym względem najniższą zasobnością (tab.1). Biorąc natomiast pod uwagę zawartość siarki siarczanowej (VI) w ziarnie, istotnie najwyższa w porównaniu z pozostałymi typami gleb, zawartość tej formy siarki, cechowała kukurydzę uprawianą na czarnej ziemi (113,4 mg·kg⁻¹) (tab. 4).

Tabela 4. Zawartość siarki siarczanowej (VI) w ziarnie kukurydzy w mg·kg⁻¹ (średnie z lat 2005–2007)
Table 4. Content of sulphate (VI) in maize grain in mg·kg⁻¹ (mean of 2005–2007)

Nawożenie siarką <i>Sulphur fertilization</i> (B)	Typ gleby – <i>Soil type</i> (A)				Średnio <i>Mean</i>
	czarnoziem <i>chernozem</i>	płowa <i>luvisol</i>	bielicowa <i>podzol</i>	czarna ziemia <i>black earth</i>	
0	90,2	85,3	80,6	104,3	90,1
S ₁	86,7	91,9	89,9	106,2	93,7
S ₂	107,5	103,5	110,9	117,7	109,9
S ₁ +B	103,6	100,2	98,5	108,1	102,6
S ₂ +B	115,0	114,4	115,1	131,0	118,9
Średnio – <i>Mean</i>	100,6	99,1	99,0	113,4	103,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 5,9; B – 4,4; AxB – r.n.					

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Wprawdzie można spotkać doniesienia o braku wyraźnej zależności między właściwościami gleby a zawartością siarki w roślinach [Bednarek i in. 2008], jednak polskie gleby cechuje bardzo duże zróżnicowanie pod względem zasobności w przyswajalne formy tego składnika [Motowicka-Terelak i Terelak 2000], można więc oczekiwać, że typ gleby oddziałuje na zawartość różnych jego form w plonach roślin uprawnych. W przeprowadzonych badaniach wykazano istotnie wyższą zawartość siarki siarczanowej (VI) w ziarnie kukurydzy uprawianej na czarnej ziemi w stosunku do zawartości tej formy w ziarnie roślin uprawianych na glebach lekkich: płowej i bielicowej, co może wskazywać na lepsze zaopatrzenie roślin w siarkę na glebach ciężkich. Zależność tę potwierdza wyraźnie wyższy ilościowy udział siarki siarczanowej (VI) w siarce ogólnej (S-SO₄²⁻/S_{og.}) dla ziarna kukurydzy z czarnej ziemi (10,9%) w porównaniu do odpowiedniej wartości dla gleby bielicowej (9,0%).

Przeprowadzone badania wykazały, że nawożenie siarką wyraźnie poprawiało zaopatrzenie roślin w ten składnik oraz zwiększało jego zawartość w nasionach kukurydzy. Bez względu na typ gleby, już dawka 20 kg S·ha⁻¹ (S₁) lub stosowana z Basfoliarem (S₁+B), powodowała istotny wzrost zawartości obydwu form siarki - w porównaniu z obiektem kontrolnym różnica dla siarki ogólnej wynosiła średnio 75 g·kg⁻¹ (8,1%), a dla siarki siarczanowej (VI) – 8,1 mg·kg⁻¹ (9,0%). Po zastosowaniu dawki 40 kg S·ha⁻¹ następowało dalsze zwiększenie zawartości omawianych form tego składnika w nasionach. Należy podkreślić, że dodatek Basfoliaru 36 Extra powodował istotny wzrost zawartości siarki siarczanowej (VI) w nasionach – średnia różnica w stosunku do obiektów nawożonych wyłącznie siarką wynosiła 16,2 mg·kg⁻¹ (16,5%).

Uzyskane dane potwierdzają wyniki badań innych autorów [Brodowska i Kaczor 2007, Richter i Hrivna 1999, Riley i in. 2000], z których wynika, że wzrost zawartości siarki w orga-

nach generatywnych roślin jest konsekwencją dostępności tego składnika w środowisku glebowym. Znane są jednak badania wskazujące, że w wyniku wzrastających dawek siarki następuje zwiększenie jej kumulacji przede wszystkim w słomie zbóż, natomiast w ziarnie zawartość tego składnika ulega nieznacznym wahaniom [Kozłowska-Strawska i Kaczor 2003, McGrath i Zhao 1996].

Zawartości siarki ogólnej, siarki siarczanowej (VI) w plonach roślin uprawnych, a także ilościowy stosunek tych form $S-SO_4^{2-}/S_{og}$, według niektórych autorów [Blake-Kalff 2003, McGrath i Zhao 1996, Schnug i Haneklaus 1994], mogą stanowić tzw. indeksy diagnostyczne, pozwalające oszacować stopień odżywienia roślin tym składnikiem. Grzesiuk [1977] na podstawie obszernych badań nad zawartością siarki w glebach i roślinach dawnego województwa olsztyńskiego, uznała zawartość siarczanów (VI) w roślinie za najbardziej czuły wskaźnik zaopatrzenia roślin w ten składnik. Schnug i Haneklaus [1994] z kolei wykazali, że zawartość siarczanów (VI) jest mało przydatnym kryterium oceny w tym względzie, z uwagi na duże wahania tej formy siarki w zależności od stresów biotycznych i abiotycznych, nawożenia, a także aktywności fizjologicznej rośliny. Zdaniem cytowanych autorów, podobnie jak Withersa i in. [1995] oraz McGratha i Zhao [1996], znacznie dokładniej potrzeby pokarmowe w stosunku do siarki pozwala określić jej ogólna zawartość w roślinie. Zdaniem Schnuga i in. [1993] oraz Szulca [2008], wskaźniki te charakteryzują się jednak stosunkowo małą czułością i dużą zmiennością, natomiast bardziej miarodajnym wskaźnikiem zaopatrzenia roślin w siarkę, jest stosunek azotu do siarki N:S.

W przeprowadzonych badaniach istotnie najwyższą w porównaniu z pozostałymi glebami, wartością stosunku N:S, cechowało się ziarno kukurydzy uprawianej na glebie płowej (13,1:1) (tab. 5). Zastosowane nawożenie powodowało na ogół zawężenie badanego stosunku w porównaniu do obiektu kontrolnego. Wykazano również, że podwyższanie dawki siarki z $20 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $40 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$, stosowanej łącznie z Basfoliarem (S_2+B) lub bez dodatku tego nawozu (S_2), obniżało wartości stosunku N:S. Wielu autorów uważa stosunek N:S w paszy jako wskaźnik przydatności jej jako pokarmu dla zwierząt [Grzesiuk 1977, Richter i Hrivna 1999, Schnug i in. 1993]. Zdaniem Blake-Kalffa (2003), optymalny stosunek

Tabela 5. Stosunki N:S w ziarnie kukurydzy (średnie z lat 2005–2007)

Table 5. N:S ratio in maize grain (mean of 2005–2007)

Nawożenie siarką <i>Sulphur fertilization</i> (B)	Typ gleby – <i>Soil type</i> (A)				Średnio <i>Mean</i>
	czarnoziem <i>chernozem</i>	płowa <i>luvisol</i>	bielicowa <i>podzol</i>	czarna ziemia <i>black earth</i>	
0	13,4	13,5	11,8	12,0	12,7
S ₁	12,6	13,1	12,3	11,5	12,2
S ₂	11,1	12,2	11,1	11,4	11,4
S ₁ +B	12,0	13,9	11,2	12,6	12,5
S ₂ +B	11,9	12,6	11,5	11,8	11,9
Średnio – <i>Mean</i>	12,2	13,1	11,6	11,9	12,3

N:S zależnie od gatunku rośliny, powinien wynosić 10–15:1. Wysokie jego wartości zwykle cechują nasiona gatunków uprawianych w warunkach niedoboru siarki przy jednoczesnym

intensywnym nawożeniu azotem, co sprzyja kumulacji azotanów (V) i innych niebiałkowych form azotu. Wykazane w przeprowadzonych badaniach obniżanie omawianego stosunku pod wpływem zastosowanej siarki, wynikające z silniejszego oddziaływania nawożenia na ogólną zawartość tego składnika niż na zawartość azotu, jest korzystne z punktu widzenia wartości odżywczej nasion kukurydzy.

WNIOSKI

1. Najwyższą zawartość siarki ogólnej i siarczanowej (VI) stwierdzono w ziarnie kukurydzy uprawianej na glebie biellicowej oraz na czarnej ziemi.
2. Zastosowanie siarki w każdym wariantcie nawozowym, powodowało istotny wzrost zawartości badanych form siarki, jak również azotu ogólnego, w stosunku do obiektu kontrolnego.
3. Łączne zastosowanie siarki i Basfoliaru 36 Extra istotnie zwiększało zawartości azotu ogólnego i siarki siarczanowej w ziarnie kukurydzy w porównaniu z nawożeniem wyłącznie siarką.
4. Najwyższą wartością stosunku N:S wyróżniało się ziarno kukurydzy uprawianej na glebie płowej. Zastosowane nawożenie powodowało zawężenie tej proporcji w porównaniu do obiektu kontrolnego, co jest korzystne z punktu widzenia wartości odżywczej nasion kukurydzy.

PIŚMIENNICTWO

- Asare E., Scarisbrick D.H. 1995. Rate of nitrogen and sulphur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Res.* 44: 41–46.
- Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S. 2008. Siarka w niektórych roślinach uprawnych Lubelszczyzny. *Acta Agrophys.* 11(3): 575–587.
- Blake-Kalff M., Zhao F.J., Mc Grath S.P. 2003. Sulphur deficiency diagnosis using plant tissue analysis. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 5(3): 5–25.
- Brodowska M., Kaczor A. 2007. Zawartość różnych form siarki w pszenicy i rzepaku w warunkach zróżnicowanego zaopatrzenia gleby w siarkę, wapń i magnez. *Proceed. EC Opolo.* 1(1–2): 103–108.
- Gawęcki J. (red.) 2003. Białka w żywności i żywieniu. Wyd. AR Poznań, ss. 109.
- Grzesiuk S. 1977. Badania nad zawartością siarki w glebach i roślinach województwa olsztyńskiego. *Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rol.* 20: 89–105.
- Jakubus M. 2000. Wykorzystanie metody „Test KCl-40” do oszacowania zasobności gleb uprawnych w siarkę przyswajalną dla roślin. *Rośl. Oleiste* 21: 547–556.
- Losak T., Hrivna L., Richter R. 2000. Effect increasing doses of nitrogen and sulphur on yields, quality and chemical composition of winter rape. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 472: 481–487.
- Marska E., Wróbel J. 2000. Znaczenie siarki dla roślin uprawnych. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 204, *Agricultura* 81: 69–76.
- McGrath S.P., Zhao F.J. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.* 126: 53–62.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H. 1998. Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie *Bibl. Monit. Środ., PIOŚ, Warszawa*, ss. 106.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H. 2000. Siarka w glebach i roślinach Polski. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 204, *Agricultura* 81: 7–16.
- Podleśna A., Cacak-Pietrzak G. 2006. Kształtowanie plonu oraz parametrów przemiałowych i wypiekowych pszenicy jarej poprzez nawożenie azotem i siarką. *Pam. Puł.* 142: 381–392.

- Richter R., Hrivna L. 1999. The possibilities of increasing utilization of nitrogen by sulphur in winter rape. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 349, *Sesja Nauk.* 64: 297–302.
- Riley N. G., Zhao F.J., Mc Grath S.P. 2000. Availability of different forms of sulphur fertilisers to wheat and oilseed rape. *Plant Soil* 222: 139–147.
- Schnug E., Haneklaus S. 1994. Ecological aspects of plant sulphur supply. *Norw. J. Agric. Sci., Suppl.* 15: 149–156.
- Schnug E., Haneklaus S., Murphy D. 1993. Impact of sulphur fertilization on fertilizer nitrogen efficiency. *Sulph. Agricult.* 17: 8–12.
- Withers P.J.A., Tytherleigh A.R.J., O'Donnell F.M. 1995. Effect of sulphur fertilizers on the grain yield and sulphur content of cereals. *J. Agric. Sci.* 125: 317–324.

B. BARCZAK, B. MURAWSKA, E. SPYCHAJ-FABISIAK

**CONTENT OF SULPHUR AND NITROGEN IN MAIZE GRAIN
DEPENDING ON THE SOIL TYPE AND THE FERTILIZATION APPLIED**

Summary

With a continuing sulphur deficit in agroecosystems, research has been taken up which aimed at determining the effect of the soil type and a varied fertilisation with sulphur and with Basfoliar 36 Extra on the content of different forms of sulphur and total nitrogen in maize grain. The present research was carried out over 2005–2007 based on a two-factor microplot experiment located at the Experimental Station of Wierzbucinek belongs to Bydgoszcz University of Technology and Life Sciences. 'Rota' maize was grown in three-year monoculture. The first factor involved four soils: chernozem, Luvisol, Podzol and black earth. The second factor was made up of a varied sulphur fertilisation (in kg S·ha⁻¹: 0, 20, 40, 20+Basfoliar 36 Extra, 40+Basfoliar 36 Extra), as compared with a fixed NPK fertilisation. Sulphur was applied into soil in a form of sodium sulphate (VI) prior to maize sowing. As demonstrated by the present research, the contents of total and sulphate sulphur (VI) were significantly modified by the factors researched. Their highest average contents were reported in Podzol and black earth. The combined application of sulphur and Basfoliar resulted in a significant increase in the contents of the sulphur forms investigated, as well as of total nitrogen, as compared with the control. The highest increases in the content of total sulphur were recorded after the sulphur fertilisation at the dose of 20 kg S·ha⁻¹, sulphate sulphur (VI) – after the combined application at the dose of 40 kg S·ha⁻¹ and Basfoliar 36 Extra, while of total nitrogen – following the application of 20 kg S·ha⁻¹ and Basfoliar 36 Extra. The highest value of N:C ratio was shown for the grain of maize grown in Luvisol. The fertilisation applied resulted in a narrowing of N:S ratio, as compared with the control, which is favourable from the point of view of nutritious value of maize seeds. Increasing the dose of sulphur applied only in a form of sodium sulphate (VI) or as combined with Basfoliar, as compared with lower sulphur dose, decreased the values of the ratio significantly.