

*Słowa kluczowe: siarka ogólna, siarka siarczanowa, zawartość, gleba, ruń, użytki zielone*

Grzegorz KULCZYCKI\*, Barbara PATORCZYK-PYTLIK\*

## **ZAWARTOŚĆ SIARKI W GLEBACH I RUNI UŻYTKÓW ZIELONYCH OKOLIC WROCŁAWIA**

Materiał do badań stanowiły gleby i ruń pobrana z 97 użytków zielonych położonych w okolicach Strzelina, Trzebnicy, Środy Śląskiej i Jelcza-Laskowic. Próbkę glebowe pobrane zostały z dwóch warstw; 0-5 cm i 5-20 cm. Z każdego miejsca pobierano 5 próbek gleby, które wysuszono i roztarto w moździerzu agatowym. W materiale glebowym oznaczono; skład granulometryczny metodą Bouyocosa-Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego; odczyn gleb w 1 mol  $\text{KCl} \cdot \text{dm}^3$ ; węgiel organiczny-metodą Tiurina; siarkę ogólną-metodą Buttersa i Chenery'ego; siarkę siarczanową-metodą Bardsley'a i Lancastera. Materiałem roślinnym w badaniach była wielogatunkowa ruń pobrana z powierzchni 1  $\text{m}^2$  z trzech wybranych losowo miejsc. Zawartość siarki ogólnej w roślinach oznaczono metodą Buttersa i Chenery'ego natomiast siarkę siarczanową z roślin ekstrahowano kwasem octowym. W otrzymanych roztworach siarkę oznaczono metodą nefelometryczną. W warstwie wierzchniej gleby (0-5 cm) analizowanych użytków zielonych stwierdzono wyższe zawartości siarki ogólnej i siarczanowej w porównaniu do głębszej warstwy gleby (5-20 cm). Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w glebie w największym stopniu zależała od ilości węgla organicznego. W badanych roślinach ruńi użytków zielonych zawartość siarki zależała w większym stopniu od ilości w glebie siarki siarczanowej niż siarki ogólnej.

### **1. WSTĘP**

Siarka jest pierwiastkiem szeroko rozpowszechnionym w przyrodzie. Pierwiastek ten ma zarówno znaczenie ekologiczne jak i rolnicze. Nadmiar siarki może prowadzić do degradacji środowiska, natomiast niedobór do ujawnienia się deficytu tego pierwiastka objawiający się spadkiem plonów roślin oraz ich jakości. Do oceny stanu zawartości siarki w glebie, zaopatrzenia roślin w ten składnik oraz zagrożenia agroekosystemów jej nadmiarem uwzględnia się zasadniczo jej formę ogólną oraz siarczanową.

---

\* Katedra Żywności Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Celem podjętych badań była ocena zawartości siarki ogólnej i siarczanowej w glebach i roślinach użytków zielonych położonych w okolicach Strzelina, Trzebnicy, Środy Śląskiej i Jelcza-Laskowic z których wielogatunkowa ruń stanowiła paszę dla bydła mlecznego.

## 2. MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły gleby i wielogatunkowa ruń pobrana z 97 użytków zielonych.

*Badania finansowano z grantu nr 2POGR-103 29*

Próby gleb i roślin pobierano w okolicach Strzelina, Trzebnicy, Środy Śląskiej i Jelcza-Laskowic. Na obszarze danego rejonu badaniami objęte zostały jedynie te użytki zielone, z których ruń stanowiła paszę dla bydła mlecznego, a mleko odstawiane było do mleczarni w jednym z wymienionych miast. Próbkę glebowe pobrane zostały z dwóch warstw; 0–5 cm i 5–20 cm. Z każdego miejsca pobierano 5 próbek gleby, które wysuszono i roztarto w moździerzu agatowym. W materiale glebowym oznaczono; skład granulometryczny metodą Bouyocosa-Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego; odczyn gleb w 1 mol  $\text{KCl} \cdot \text{dm}^3$ ; węgiel organiczny - metodą Tiurina; siarkę ogólną-metodą Buttersa i Chenery'ego; siarkę siarczanową - metodą Bardsley'a i Lancastera. Materiałem roślinnym w badaniach była wielogatunkowa ruń pobrana z powierzchni 1  $\text{m}^2$  z trzech wybranych losowo miejsc. Zawartość siarki ogólnej w roślinach oznaczono metodą Buttersa i Chenery'ego natomiast siarkę siarczanową z roślin ekstrahowano kwasem octowym. W otrzymanych roztworach siarkę oznaczono metodą nefelometryczną.

## 3. WYNIKI BADAŃ

Spośród wielu czynników wpływającymi na zawartość siarki w glebie najważniejszymi właściwościami gleby determinującymi ilość tego pierwiastka jest odczyn gleby oraz zawartość węgla organicznego. Charakterystykę tych właściwości dla badanych gleb umieszczono w tabeli 1. Odczyn analizowanych gleb użytków zielonych był lekko kwaśny zarówno w warstwie wierzchniej (pH 5,6) jak i w głębszej (pH 5,8) i wahał się w przedziale od pH 3,7 do pH 7,5. Średnia zawartość węgla organicznego w wierzchniej warstwie (23,3  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) była większa niż w głębszej (21,2  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Tab. 1. Odczyn gleby oraz zawartość węgla organicznego w glebach użytków zielonych (n=97)

Warstwa gleby cm	pH 1 M KCl			C organiczny		
	średnia	wahania	CV* (%)	średnia g·kg <sup>-1</sup> gleby	wahania	CV* (%)
0-5	5,6	3,7-7,4	18	23,3	6,3-72,7	48
5-20	5,8	3,8-7,5	18	21,2	7,4-68,0	29

CV\*-współczynnik zmienności

Wierzchnia warstwa gleby średnio zawierała więcej siarki ogólnej (398 mg·kg<sup>-1</sup>) niż warstwa od 5 do 20 cm gleby (tab. 2). Zawartość siarki siarczanowej w glebach warstwy wierzchniej średnio wynosiła 27 mg·kg<sup>-1</sup>, a w warstwie głębszej 23 mg·kg<sup>-1</sup>.

Tab. 2. Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w glebach użytków zielonych (n=97)

Warstwa gleby cm	S-ogólna			S-SO <sub>4</sub>		
	średnia mg·kg <sup>-1</sup> gleby	wahania	CV* (%)	średnia mg·kg <sup>-1</sup> gleby	wahania	CV* (%)
0-5	398	75-1189	56	27	4,5-102	62
5-20	340	40-1260	67	23	3,8-113	89

CV\*-współczynnik zmienności

Warstwa powierzchniowa gleb użytków zielonych zawierała siarkę ogólną w 54% badanych gleb w przedziałach zawartości tego składnika od 0 do 400 mg S·kg<sup>-1</sup>gleby (tab. 3). W warstwie od 5 do 20 cm badanych gleb zawartość siarki ogólnej mieściła się w 72% w przedziałach zawartości tego składnika od 0 do 400 mg S·kg<sup>-1</sup>gleby. W przedziale zawartości od 0 do 40 mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> zaliczono 75% badanych gleb warstwy wierzchniej i 84% warstwy głębszej.

Tab. 3. Procentowy udział badanych gleb w przedziałach zasobności siarki ogólnej i siarczanowej (n=97)

Przedziały zawartości S-Sog. [mg·kg <sup>-1</sup> ]	Warstwa gleby		Przedziały zawartości S-SO <sub>4</sub> [mg·kg <sup>-1</sup> ]	Warstwa gleby	
	0-5 cm	5-20 cm		0-5 cm	5-20 cm
	Udział procentowy gleb			Udział procentowy gleb	
do 200	17	27	do 20	35	54
201 do 400	37	45	21 do 40	40	34
401 do 600	31	14	41 do 60	17	4
601 do 800	8	10	61 do 80	5	6
801 do 1000	6	3	81 do 100	2	1
od 1001	1	1	od 101	1	1

Zawartości siarki ogólnej i siarczanowej w glebach użytków zielonych, zestawione w zależności od zawartości części spławianych, były największe na glebach ciężkich zarówno w warstwie powierzchniowej jak i głębszej (tab. 4). Udział formy siarczanowej w zawartości formy ogólnej siarki najmniejszy był na glebach lekkich i wzrastał wraz ze wzrostem ilość części spławianych w badanych glebach.

Tab. 4. Zawartość siarki w badanych glebach w zależności od składu mechanicznego oraz udział procentowy siarki siarczanowej w siarce ogólnej

Grupa gleb (% frakcji <0,02mm)	Liczba gleb n	S ogólna				S-SO <sub>4</sub>				S <sub>SO<sub>4</sub></sub> / S <sub>og</sub> (%)
		mg·kg <sup>-1</sup> gleby		SD*	CV*	mg·kg <sup>-1</sup> gleby		SD*	CV*	
		średnia	wahania			średnia	wahania			
warstwa gleby 0-5 cm										
Lekkie do 20%	48	355	75-1030	225	63	24,1	4,5-60	12,9	54	6,8
Średnie 21-35%	32	447	186-1189	240	54	32,4	8,3-90	19,2	59	7,2
Ciężkie od 35%	17	427	205-870	173	41	45,4	18-87	22,8	50	10,6
warstwa gleby 5-20 cm										
Lekkie do 20%	48	304	40-870	202	66	17,3	3,8-46	10,1	58	5,7
Średnie 21-35%	32	377	139-1205	238	63	23,7	5,6-86	21,0	87	6,3
Ciężkie od 35%	17	376	90-1260	282	75	37,7	8,1-113	32,1	85	10,0

SD\* -odchylenie standardowe; CV\* -współczynnik zmienności

Udział procentowy gleb użytków zielonych o podwyższonej zawartości siarki ogólnej wskutek antropopresji był mały - 2% na glebach lekkich (tab. 5). Procent gleb o podwyższonej zawartości siarki siarczanowej był znaczny, zwłaszcza w warstwie wierzchniej wzrastając w kierunku gleb o większej zawartości części sflawianych.

Tab. 5. Udział procentowy gleb użytków zielonych o zawartości siarki podwyższonej wskutek antropopresji wg wytycznych IUNG [11]

Grupa gleb (% frakcji <0,02mm)	warstwa gleby cm	% gleb zaliczonych do IV stopnia zawartości siarki podwyższonej wskutek antropopresji	
		S ogółem	S-SO <sub>4</sub>
Lekkie do 20%	0-5	2	19
	5-20	0	8
Średnie 21-35%	0-5	0	25
	5-20	0	16
Ciężkie od 35%	0-5	0	47
	5-20	0	29

Zawartość siarki ogólnej w glebie obu analizowanych warstw gleby była silnie powiązana z ilością węgla organicznego w glebie na co wskazują obliczone równania regresji i wysokie współczynniki korelacji (tab. 6). Nie stwierdzono istotnego związku pomiędzy zawartością siarki ogólnej a odczynem badanych gleb oraz zawartością części sflawianych. Wszystkie analizowane właściwości gleby związane były istotnie z zawartością siarki siarczanowej w glebie.

Tab. 6. Zależności pomiędzy wybranymi właściwościami gleby ( $x$ ) i zawartością siarki ( $Y$ ) w glebach użytków zielonych ( $n=97$ )

Właściwości gleby	Warstwa gleby	Zawartość w glebie [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby]			
		S ogólna		S-SO <sub>4</sub>	
( $x$ )	cm	Równanie regresji	( $r$ )	Równanie regresji	( $r$ )
pH 1 M KCl·dm <sup>-3</sup>	0-5	Y=42,8x+158	r.n.	Y=5,61x-0,69	0,41*
	5-20	Y=49,1x+55,6	r.n.	Y=6,92x-16,8	0,35*
% części spławianych o średnicy <0,02 mm	0-5	Y=1,71x+333	r.n.	Y=0,59x+17,7	0,41*
	5-20	Y=2,53x+284	r.n.	Y=0,50x+12,0	0,32*
C organiczny [g·kg <sup>-1</sup> gleby]	0-5	Y=14,8x+55,3	0,73*	Y=0,83x+11,2	0,24*
	5-20	Y=15,5x-21,3	0,76*	Y=0,76x+5,31	0,41*
Zawartość S og. w glebie	0-5	-		Y=0,06x+6,94	0,48*
	5-20			Y=0,05x+1,68	0,34*

r- współczynnik korelacji; \* - istotne dla  $p<0,05$ ; r.n.- korelacja nieistotna

Najmniej siarki ogólnej i siarczanowej w wielogatunkowej runi użytków zielonych oznaczono w roślinach rosnących na glebach lekkich i wraz ze wzrostem ilości części spławianych w glebie zawartość obu form siarki wzrastała (tab. 7). W roślinach uprawianych na glebach lekkich stwierdzono najszerszy stosunek azotu do siarki ogólnej, który zawęzał się wraz ze wzrostem w glebie części spławianych.

Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w roślinach była istotnie dodatnio skorelowana jedynie z zawartością siarki ogólnej w powierzchniowej warstwie badanych gleb (tab. 8).

Tab. 7. Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej oraz azotu w roślinach (runi) w zależności od składu mechanicznego gleby

Grupa gleb		S ogólna			S-SO <sub>4</sub>			N ogólny			N:Sog
% frakcji <0,02mm	n	g·kg <sup>-1</sup> s.m.		CV*	g·kg <sup>-1</sup> s.m.		CV	g·kg <sup>-1</sup> s.m.		CV	
		średnia	wahania		%	średnia		wahania	%		
Lekkie do 20%	48	2,12	1,33-3,87	29	0,85	0,34-1,92	35	22,2	12,2-38,5	30	11
Średnie 21-35%	32	2,28	1,42-4,09	27	0,90	0,34-2,15	33	19,1	9,2-33,6	27	9
Ciężkie od 35%	17	2,76	1,88-3,79	18	0,95	0,62-1,36	21	21,0	10,6-33,5	31	8

CV\*-współczynnik zmienności

Tab. 8. Zależności pomiędzy zawartością siarki w glebie (x) i zawartością siarki oraz azotu (Y) w roślinach (runi) (n=97)

Zawartość siarki w glebie (x) [mg·kg <sup>-1</sup> gleby]	Warstwa gleby cm	Zawartość w runi (Y) [g·kg <sup>-1</sup> s.m.]	
		Równanie regresji	(r)
		<b>S ogólna</b>	
S ogólnej	0-5	Y=0,0011x +1,78	0,43*
	5-20	Y=0,0008x +1,97	r.n.
S-SO <sub>4</sub>	0-5	Y=0,0146x +1,79	0,47*
	5-20	Y=0,0104x +1,99	0,36*
		<b>S-SO<sub>4</sub></b>	
S ogólnej	0-5	Y=0,0006x+0,65	0,41*
	5-20	Y=0,0003x+0,79	r.n.
S-SO <sub>4</sub>	0-5	Y=0,0064x+0,69	0,38*
	5-20	Y=0,0034x+0,81	0,22*
		<b>N ogólny</b>	
S ogólnej	0-5	Y=0,0048x+19,0	r.n.
	5-20	Y=0,0034x+19,8	r.n.
S-SO <sub>4</sub>	0-5	Y=0,0159x+20,5	r.n.
	5-20	Y=0,0222x+20,4	r.n.

r- współczynnik korelacji; \* - istotne dla p<0,05; r.n.- korelacja nieistotna

Ilość siarki ogólnej i siarczanowej w roślinach była istotnie powiązana z zawartością tego pierwiastka w formie siarczanowej w glebie. Nie stwierdzono istotnego powiązania zawartości azotu w roślinach z zawartością obu form siarki w badanych glebach.

#### 4. DYSKUSJA

W literaturze krajowej znajduje się niewiele prac analizujących zawartość siarki w glebach i roślinach użytków zielonych. W niniejszej publikacji przyjęto porównanie uzyskanych wyników badań do danych literatury analizujących zawartość siarki w glebach mineralnych, traktując badane gleby użytków zielonych jako gleby mineralne różniące się sposobem użytkowania.

Z danych literatury wynika, że gleby w Polsce charakteryzują się szerokim zakresem zawartości siarki ogółem. Zawartości siarki ogólnej w warstwie wierzchniej gleb Polski według różnych badań waha się w przedziałach; 84–638 mg·kg<sup>-1</sup> gleby [7], 100–490 mg·kg<sup>-1</sup> gleby [15], 60–5800 mg·kg<sup>-1</sup> gleby [4], 90–1820 mg·kg<sup>-1</sup> gleby

[3], 72–490 mg·kg<sup>-1</sup> gleby [8]. W badaniach własnych zawartość siarki ogółem wahała się o 40 do 1260 mg·kg<sup>-1</sup>, a w warstwie od 5 do 20 cm 72% badanych gleb zawartość ta mieściła w zakresie do 400 mg S·kg<sup>-1</sup>gleby.

Motowicka-Terelak i Terelak [10] podają, że zawartość siarki siarczanowej w glebach Polski wahała się od 0,1 do 775 mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> gleby przyjmując średnio 17,9 mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> gleby. Koter i in. [7] w warstwie ornej gleb oznaczyli od śladów do 15 mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> gleby. Terelak i in. [15] wykazali na mniejszą zawartość S-SO<sub>4</sub> w warstwie wierzchniej glebach wytworzonych z piasków (średnio 15 mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> gleby) w porównaniu do gleb wytworzonych z glin ciężkich (20 mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> gleby). Jakubus [2] w glebach byłego województwa poznańskiego określiła zawartość siarki siarczanowej średnio dla gleb bardzo lekkich 15 mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> do 29 mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> na glebach ciężkich. W badaniach własnych zawartość siarki siarczanowej wzrastała w zależności od kategorii agronomicznej i wahała się średnio w warstwie od 5 do 20 cm gleby się w przedziałach od 17 (gleby lekkie) do 38 (gleby ciężkie) mg S-SO<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup> gleby. Szulc i in. [14] wskazują, że ograniczenie uprawy gleby powoduje wzrost zawartości substancji organicznej w glebie i jednoczesny przyrost siarki ogółem i siarczanowej w glebie.

W Polsce przy wycenie gleb pod względem występowania siarki wykorzystuje się ramowe wytyczne IUNG [11], gdzie przyjęto 4 stopnie zawartości S-ogółem i S-SO<sub>4</sub>. W glebach mineralnych wycenę gleb w siarkę przeprowadza się w oparciu o podział gleb ze względu na zawartość procentową części spławianych o średnicy <0,02 mm. Stopnie zawartości siarki I (niska), II (średnia) i III (wysoka) określają naturalną zawartość rozpatrywanych form siarki w glebach, natomiast stopień IV- wskazuje na zawartość podwyższoną wskutek antropopresji.

W badaniach własnych zawartość siarki ogółem zarówno w warstwie powierzchniowej jak i głębszej zaliczono do II stopnia, określając ją jako średnią. Zawartość siarki siarczanowej w analizowanych glebach w warstwie powierzchniowej określono dla badanych gleb lekkich na średnią, a gleb średnich i ciężkich na wysoką. W warstwie głębszej (5–20 cm) zawartość S-SO<sub>4</sub> określono dla gleb lekkich i średnich jako średnią, natomiast dla ciężkich była to zawartość wysoka.

Pomimo, że dla badanych grup gleb średnie zawartości S-SO<sub>4</sub> nie wskazują na udział czynników antropopresji w zawartości tej formy siarki, stwierdzono znaczny procentowy udział gleb o IV stopniu zawartości siarki siarczanowej zwłaszcza w warstwie powierzchniowej gleb ciężkich. Wyniki te mogą wskazywać na lokalny udział czynników antropopresji na zawartość siarki siarczanowej w glebie.

Liczne prace wskazują, że o zawartości siarki ogółem najczęściej decyduje zawartość węgla organicznego w glebie, potwierdzają to obliczone wysokie współczynniki korelacji – Koter [7] r=84, Kulczycki i Spiak [8] r=0,83, Korkman [6]

$r=0,64$  oraz Jakubus i Czekala [3]  $r=0,61$ . Diamond i Hanley [1] wskazują, że istotna wysoka zależność pomiędzy siarką siarczanową i węglem organicznym w glebie występuje do głębokości 20 cm, poniżej tej warstwy gleby zależności pomiędzy tymi pierwiastkami nie stwierdzono. W badaniach własnych zawartość siarki ogólnej w glebie obu analizowanych warstw gleby była silnie powiązana z ilością węgla organicznego w glebie ( $r=0,73$  -warstwa powierzchniowa i  $r=0,76$ - warstwa głębsza).

Jakubus i Czekala [3] oraz Koter i in. [7] nie znaleźli istotnych zależności pomiędzy zawartością siarki ogółem, a ilością części spławianych, w badaniach własnych nie stwierdzono także istotnego związku pomiędzy badanymi cechami.

Motowicka-Terelak i Terelak [15] podają, że zawartość S-SO<sub>4</sub> jest istotnie i silnie skorelowana z odczynem ( $r=0,85$ ) i równocześnie wykazali, że zmienność zawartości siarczanów w glebach w ponad 70% uwarunkowana jest zmiennością odczynu. Rejman-Czajkowska [12] wykazała dodatnią korelację między zawartością iłu koloidalnego oraz siarki siarczanowej. W badaniach własnych stwierdzono istotność dodatnio zależności między siarką siarczanową a odczynem przy czym należy podkreślić, że zmienność tej formy siarki w warstwie od 5 do 20 cm gleby była tylko w 12% powodowana zmiennością odczynu gleby. Analizy własne badanych gleb wykazały, że procentowy udział siarki siarczanowej w jej formie ogólnej zwiększał się w kierunku od gleb lekkich do ciężkich, co potwierdzają inni autorzy [2,10].

Zawartość siarki w roślinach waha się od 0,7 do 14 g S·kg<sup>-1</sup> suchej masy i zależy głównie od zasobności środowiska odżywczego i gatunku roślin [9]. Przy ilościach siarki mniejszych od 0,15 g S·kg<sup>-1</sup> s.m. występują objawy jej niedoboru polegające na wzroście zawartości azotu azotanowego, natomiast przy zawartości siarki powyżej 4 g S·kg<sup>-1</sup> s.m. zwiększa się w roślinach ilość mineralnych związków siarki [13]. Średnia zawartość siarki dla traw w Polsce określa się na 2,1 g S·kg<sup>-1</sup> s.m. [10], zawartość siarki w runi łąki górskiej z Czarnego Potoku z trwałego długoletniego doświadczenia nawozowego kształtowała się od 1,6 do 2,5 g S·kg<sup>-1</sup> s.m. [5]. Porównując oznaczone zawartości siarki ogólnej w badaniach własnych z wytycznymi IUNG [11], stwierdzono, że zawartości te nie przekraczały wartości progowej siarki w trawach wynoszącej 5,0 g S·kg<sup>-1</sup> s.m. roślin.

## 5. WNIOSKI

1. Warstwa wierzchnia (0–5 cm) gleb badanych użytków zielonych zawierała więcej siarki ogółem i siarczanowej w porównaniu do warstwy głębszej (5–20 cm).
2. Gleby badanych użytków zielonych cechowały się średnią zawartością siarki ogółem.



3. Zawartości siarki siarczanowej w badanych glebach lekkich i średnich były średnie, natomiast na glebach ciężkich stwierdzono zawartość S-SO<sub>4</sub> wysoką.
4. W warstwie wierzchniej gleb użytków zielonych stwierdzono znaczny procentowy udział gleb o zawartości podwyższonej wskutek antropopresji.
5. Zawartość siarki ogółem w glebach silnie związana była z ilością węgla organicznego w tych glebach.
6. Zawartość siarki ogólnej w runi badanych użytków zielonych nie przekraczała wartości progowych.

#### LITERATURA

- [1] Diamond S., Hanley P.K. 1970. *Soluble sulphate distribution in some representative Irish soli profiles*, 107-121 in *Sulphur in Agriculture*, Dublin 226 ss.
- [2] Jakubus M. 2001. *Zawartość siarki siarczanowej w glebach uprawnych oraz wpływ wybranych czynników ją determinujących*. Roczn. AR Poznań, 335, 35-47.
- [3] Jakubus M., Czekala J. 1988. *Occurrence of total and sulphate sulphur in arable soils of Poznań region and their reaction*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456, 323-327.
- [4] Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T. 1996. *Metale ciężkie i siarka w roślinie wskaźnikowej i w glebie jako podstawa przestrzennej gospodarki gruntami w kraju*. Raport z realizacji grantu KBN, IUNG Puławy.
- [5] Kopeć M., Gondek K. 2004. *Wpływ długotrwałego zróżnicowanego nawożenia na zawartość siarki w glebie i runi łąki górskiej*. Nawozy i Nawożenie, 1, 62-74.
- [6] Korkman J. 1973. *Sulphur status in Finnish cultivated soil*. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland, vol.45, 121-215.
- [7] Koter M., Grzesiuk W., Chodań J. 1963. *Zawartość siarki w niektórych glebach województwa olsztyńskiego*. Zesz. Nauk. WSR w Olsztynie 16, 292, 275-281.
- [8] Kulczyki G., Spiak Z. 2004. *Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w glebach o zróżnicowanych właściwościach fizyko-chemicznych*. Nawozy i nawożenie R.VI, 1 (18), 75-81.
- [9] Marska E., Wróbel J. 2000. *Znaczenie siarki dla roślin uprawnych*. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 69-75.
- [10] Motowicka-Terelak T., Terelak H. 2000. *Siarka w glebach i roślinach Polski*. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie 204. Rolnictwo 81, 7-16.
- [11] Motowicka-Terelak T., Terelak H., Witek T. 1993. *Liczby graniczne do wyceny zawartości siarki w glebach i roślinach*, 15-20 w *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką*. Ramowe wytyczne dla rolnictwa P (53). IUNG Puławy, 20 ss.
- [12] Rejman-Czajkowska M. 1973. *Zawartość i rozmieszczenie siarki w glebach wytworzonych z gliny lekkiej*. Roczn. Glebozn. 24 (2), 201-229.
- [13] Rychlicka W. 1983. *Zawartość siarki w niektórych gatunkach roślin łąkowych*. Zesz. Probl. PNR, 276: 179-183.
- [14] 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, 2, 769-775.
- [15] Terelak H., Motowicka-Terelak T., Pasternacki J., Wilkos S. 1988. *Zawartość form siarki w glebach mineralnych Polski*. Pam. Puł. 91 (supl), 5-16.
- [16] Terelak H., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K. 1995. *Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tym składnikiem*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418, 45-59.

## THE CONTENT OF SULPHUR IN SOIL AND GRASSLAND IN THE ENVIRONS OF WROCLAW

The experimental material comprised soils and pasture sward were taken from 97 grasslands placed near by Wrocław. Soil samples were taken from two layers 0-5 cm and 5-20 cm. In the soil material the granulometric composition, reaction, organic carbon, total and sulphate sulphur determined were. Plant material was multispecies pasture sward taken from randomly chosen 1 square meters in 3 replicates. Total contents of sulphur in plants was analysed by Butter and Chenery's method, but sulphate S was extracted by acetic acid. In extracts the sulphur was nephelometrically determined. In the upper layer of the soil (0-5 cm) from grasslands the amounts of total and sulphate sulphur were higher than in the deeper layer (5-20cm). Sulphur contents both total and sulphate in the soils was strongly depended of organic carbon contents. In the examined plants from pasture sward grasslands the contents of sulphur depended mainly on sulphate sulphur in the soil than total.