

## II skyrius. AGROCHEMIJA

ISSN 1392-3196

Žemdirbystė. Mokslo darbai, t. 94, Nr. 1 (2007), p. 51-63

UDK 631.816:631.4.546.2

### SIEROS KIEKIO POKYČIAI DIRVOŽEMYJE IR AUGALUOSE DĖL ILGALAIKIO TRĘŠIMO POVEIKIO

Jonas MAŽVILA<sup>1</sup>, Zigmas VAIŠVILA<sup>1,2</sup>, Jadvyga LUBYTĖ<sup>1</sup>, Tomas ADOMAITIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lietuvos žemdirbystės institutas  
Savanorių pr. 287, Kaunas  
El. p. agrolab@agrolab.lt

<sup>2</sup>Lietuvos žemės ūkio universitetas  
Akademija, Kauno rajonas  
El. p. zigmas.vaisvila@lzuu.lt

#### Santrauka

Straipsnyje pateikti smėlingo ir dulkiško priemolio rudžemyje atliktų tyrimų duomenys, siekiant išaiškinti ilgalaikio tręšimo poveikį sieros kiekio pokyčiams dirvožemyje, jos išplovimui ir susikaupimui augaluose.

Nustatyta, kad smėlingo ir dulkiško priemolio dirvožemyje sistemingai patręšus augalus azoto, fosforo ir kalio trąšomis, judriosios sieros kiekis 0-20, 21-40, 41-60 ir 61-90 cm dirvožemio sluoksniuose iš esmės keitėsi tik nuo fosforo trąšų, naudotų granuliuoto superfosfato pavidalu. Smėlingo priemolio rudžemyje dviejuose azoto ir kalio trąšų fonuose ( $N_{114}K_{96}$  ir  $N_{228}K_{192}$ ) kasmet augalus patręšus fosforo trąšomis – 96 kg ha<sup>-1</sup>, po 35 metų judriosios sieros kiekis 0-90 cm dirvožemio sluoksnyje padidėjo vidutiniškai 9,7 mg kg<sup>-1</sup>, arba 5,8 karto. Dulkiško priemolio rudžemyje, palyginti su smėlingu, netręštame fosforo trąšomis dirvožemyje, 0-90 cm sluoksnyje judriosios sieros nustatyta 4,5 mg kg<sup>-1</sup> daugiau. Dėl ilgalaikio (16 metų) tręšimo fosforo trąšomis, skiriant 90 kg ha<sup>-1</sup> normą ( $N_{60} K_{90}$  ir  $N_{120}K_{180}$  fone), jos kiekis padidėjo vidutiniškai 7,8 mg kg<sup>-1</sup>, arba 1,8 karto.

Vidutiniais 1976-2005 m. duomenimis, patręšus augalus fosforo trąšomis pagal 96 kg ha<sup>-1</sup> normą, sulfatų koncentracija lizimetriniuose vandenyse padidėjo 96 mg l<sup>-1</sup>, o padidinus fosforo trąšų normą iki 192 kg ha<sup>-1</sup> - 189 mg l<sup>-1</sup> ir siekė atitinkamai 176 bei 235 mg l<sup>-1</sup>.

Nuo azoto trąšų suminės sieros kiekis žieminių kviečių grūduose didėjo fosforo ir kalio, o nuo fosforo trąšų – azoto ir kalio trąšų fone. Smėlingo priemolio rudžemyje keturlaukėje sėjomainoje (žieminiai kviečiai-cukriniai runkeliai-miežiai-vienametės žolės) daugiausia (iki 30,9 kg ha<sup>-1</sup>) sieros sukauptė cukriniai runkeliai, mažiau (iki 16,5 kg ha<sup>-1</sup>) – vienametės žolės, mažiausiai (iki 14,9 ir 12,3 kg ha<sup>-1</sup>) – miežiai ir kviečiai.

Reikšminiai žodžiai: tręšimas, dirvožemis, siera, augalai.

#### Įvadas

Siera yra penkioliktas pagal paplitimą elementas žemės plutoje. Ji aptinkama laisva arba junginiuose. Įeina į įvairių mineralų, rūdų ir uolienuų, naftos, akmens anglies sudėtį. Mineraliniame dirvožemyje sieros (SO<sub>3</sub>) yra mažai (0,01-0,8 %). Gausiau jos yra

durpynuose – iki 1 %. Dirvožemyje sieros junginiai yra organinės ir mineralinės formos. Didžioji (70-90 %) sieros dalis būna organinė, kuri atsipalaiduoja ir tampa augalų asimiliuojama tik mineralizacijos metu. Humusinguose, daug suminio azoto turinčiuose dirvožemiuose, sieros būna daugiausia. Dirvožemio koloidai sieros junginius mažai sorbuoja, todėl jie dirvožemyje migruoja ir, priklausomai nuo jo fizikinių ir cheminių savybių, taip pat nuo oro sąlygų, judriųjų sieros junginių koncentracija gali greitai keistis. Sulfatų judrumas dirbamose žemėse padidėja, kai dirvožemio pH didesnis negu 5,0 bei maža sorbcijos talpa /Bloem ir kt., 2001/. Paprastai dirvožemių  $\text{SO}_4^{2-}$  priklauso nuo organinės medžiagos kiekio pokyčių, ypač organinių rūgščių /Martinez, 1998/.

Tyrimais nustatyta, kad iš dirvožemio armens sieros kasmet išsiplauna iki  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ . Tiek pat sieros kasmet gali asimiliuoti augalai. Pagrindinis sulfatų patekimo į lizimetrinius vandenis šaltinis yra fosforo trąšos ir krituliai /Tyla, 1984/. Žemės dirbimo intensyvumas neturi įtakos  $\text{SO}_4^{2-}$  ir kitų cheminių elementų išplovimui gruntiniame vandenyje, bet drenažu išplautų elementų ir junginių tarp jų ir sulfatų kiekis priklauso nuo kritulių kiekio ir žemės dirbimo intensyvumo – taikant intensyvią žemdirbystę, jų išplaunama mažiau /Gužys, 2001/. Kitų tyrimų duomenimis, sėjomainoje tręšiant kraikiniu mėšlu ir pramečiui su mineralinėmis trąšomis ( $\text{N}_{44-150}$ ,  $\text{P}_{50}$ ,  $\text{K}_{150}$ ), sulfatų nuostoliai labiau priklausė ne nuo trąšų, o nuo prasisunkusio vandens kiekio, – todėl netręštame dirvožemyje jų išplauta  $11,3-38,9 \text{ kg ha}^{-1}$  daugiau negu tręštame /Tripolskaja, Panamariovienė, 1995/. Tyrimai rodo, kad, tręšiant mineralinėmis trąšomis, kurios savo sudėtyje turi fosforo, sulfatų išplovimas dirvožemyje didėjo labiau negu nuo kalkinimo, tačiau viena trąšų norma sulfatų koncentraciją lizimetriniuose vandenyse padidino nedaug – tik 5 % /Čiuberkienė, Ežerinskas, 2000/. Iširta, kad daugiausia sulfatų išplaunama vegetacijos periodu (iki 80 %). Jų išplovimo nuostoliai buvo dideli – skirtingais metais svyravo nuo  $33,1$  iki  $202,9 \text{ kg ha}^{-1}$  /Tyla ir kt., 1997/.

Dirvožemyje dalis sieros atsargų papildomos su organinėmis ir sieros turinčiomis mineralinėmis trąšomis bei krituliais. Tačiau šalyje keičiantis trąšų asortimentui, vis mažiau gaminama trąšų, kurių sudėtyje kaip balastinė medžiaga esti sieros rūgšties druskos. Modernizuojant pramonės įmones, didesnis dėmesys kreipiamas gamtos saugai, mažėja aplinkos tarša, dėl ko pastebimas žymus  $\text{SO}_2$  koncentracijos sumažėjimas ore, mažiau sieros junginių patenka į dirvožemį. Todėl kai kuriais atvejais susidaro sieros trūkumas ir ji tampa derlių ribojančiu elementu.

Augalų asimiliuojamas judriosios sieros kiekis priklauso nuo dirvožemio genės, granulometrinės sudėties, aeracijos, drėgnumo, pH, organinės anglies kiekio ir mikroorganizmų aktyvumo /Till, 1980/.

Lietuvoje mažo sieringumo (iki  $6,0 \text{ mg kg}^{-1}$  judriosios sieros) dirvožemiai sudaro 45,4, vidutinio sieringumo ( $6,1-12,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ) – 33,2 ir sieringi ( $>12,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ) – 21,4 proc. Mažo sieringumo dirvožemių daugiausia yra Vakarų, o vidutinio sieringumo ir sieringų – Rytų ir Vidurio Lietuvoje. Mažiausi judriosios sieros kiekiai nustatyti nehumusinguose lengvos granulometrinės sudėties smėlio ir priemėlio dirvožemiuose /Mažvila ir kt., 1998/.

Sieros trūkumas vis dažniau pripažįstamas mažo derliaus priežastimi, nes su ja glaudžiai susiję augalų fotosintezė, chlorofilo gamyba, kvėpavimas, azoto ir anglies apykaita, vitaminų, fermentų susidarymas /Škelj, 1979/. Ypač sierai reiklūs yra ankštiniai ir bastutiniai augalai, kiek mažiau – varpiniai javai, bulvės.

Tyrimų tikslas – ištirti lauko sėjomainos ilgalaikio augalų tręšimo sieros turinčiomis mineralinėmis trąšomis poveikį judriosios sieros kiekio pokyčiams smėlingo ir dulkiškojo priemolio rudžemyje, jos išplovimui ir susikaupimui augaluose.

### **Tyrimų sąlygos ir metodika**

Tyrimai atlikti ilgalaikiuose tiksluosiuose lauko bandymuose. Jie daryti Radviškių rajone, Skėmiuose, ir Šakių rajone, Kriūkuose, sekliai karbonatingame glėjiškame rudžemyje. Skėmiuose bandymas darytas 1971 metais moreninės kilmės, lengvame smėlingame priemolyje (sp/sp), o Kriūkuose – 1989 metais limnoglacialinės kilmės, vidutinio sunkumo dulkiškame priemolyje su giliau esančiu dulkišku sunkiu priemoliu bei moliu ( $dp_1/dp_2/dm$ ). Būdingas šių dirvožemių granulimetrinės sudėties ypatumas tas, kad Skėmių bandymo dirvožemyje smėlio (2,0-0,05 mm) frakcija yra gausiausia (54,7 %), o dulkių (0,05-0,002 mm) frakcijos yra tik 31,2 %. Ariamasis sluoksnis šarmiškas (pH 7,2), mažo mainų rūgštumo – 0,32 mekv.  $kg^{-1}$ , vidutinio humusingumo – 2,2 %, suminio azoto – 0,17 %, judriojo fosforo – 57 mg  $kg^{-1}$ , judriojo kalio – 109 mg  $kg^{-1}$  dirvožemio. Tuo tarpu Kriūkuose smėlio frakcijos rasta tik 12,9 %, tačiau dulkių frakcija čia sudaro net 69,9 %. Šio dirvožemio humusingasis sluoksnis šarmiškas (pH – 7,4), mažo mainų rūgštumo (0,29 mekv.  $kg^{-1}$ ), turintis daug mainų katijonų (221 mekv.  $kg^{-1}$ ), vidutinio humusingumo – 2,4 %, mažo fosforingumo – 82 mg  $kg^{-1}$  ir mažo kalingumo – 84 mg  $kg^{-1}$ .

Lauko bandymuose auginti žieminiai kviečiai, cukriniai runkeliai, vasariniai miežiai ir vienamečiai mišiniai. Skėmiuose tyrimai daryti daugiafaktoriniame 45, o Kriūkuose – 13 variantų tręšimo bandymuose. Sieros tyrimams atrinkti būdingiausi tręšimo variantai (1 lentelė).

Šilovos tipo lizimetrai įrengti 1976 m. 40 ir 80 cm gylyje devynių charakteringų variantų laukeliuose (3 lentelė).

Lizimetų vanduo buvo išsiurbiamas pavasarį (iki sėjos ir tręšimo) balandžio, gegužės mėnesiais ir rudenį (po derliaus nuėmimo) spalio ir lapkričio mėnesiais.

Dirvožemyje nustatyta: granulimetrinė sudėtis – FAO metodu /Procedures for...,1995; Soil Survey...,1996/, humusas – Heraeus aparatu, deginant +900 °C temperatūroje,  $pH_{KCl}$  – potenciometriniai (1 M KCl), mainų rūgštumas – titrimetriniai (1M KCl), mainų katijonų suma – 1M  $NH_4OA_c$  ištraukoje, Ca, Mg – atominės absorbcijos, K ir Na – emisijos spektrometriniai, suminis azotas ( $N_b$ ) – Kjeldalio, judrioji siera – turbidimetriniai (1M KCl), judrieji fosforas ( $P_2O_5$ ) ir kalis ( $K_2O$ ) – A-L metodais, augaluose: suminis azotas ( $N_b$ ) – Kjeldalio, suminė siera – turbidimetriniai metodais, vandenyje: sulfatai ( $SO_4^{-2}$ ) – turbidimetriniai metodu LŽI ATC laboratorijose.

Bandymų duomenų sklaida charakterizuojama standartinių nuokrypių, o veiksnių tarpusavio ryšiai – koreliacinės analizės metodu. Duomenys apdoroti programa MS Excel.

### **Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas**

*Tręšimo poveikis sieros kiekiui dirvožemyje.* Judriosios sieros kiekis dirvožemyje priklauso nuo įvairių veiksnių: dirvodarinės uolienos kilmės, dirvožemio tipo, granulimetrinės sudėties, pH, aeracijos, humuso ir azoto išteklių, tręšimo organinėmis ir mineralinėmis trąšomis.

Smėlingo priemolio rudžemyje, kuriame nuo 1970 metų žemės ūkio augalai buvo tręšiami įvairiomis azoto, fosforo ir kalio trąšomis, judriosios sieros kiekis dirvožemyje labai skyrėsi (1 lentelė). Mažai (nuo 0,9-1,1 mg kg<sup>-1</sup> 0-20 cm sluoksnyje iki 1,4-2,8 mg kg<sup>-1</sup> 61-90 cm sluoksnyje) judriosios sieros nustatyta laukeliuose, kuriuose augalai ilgą laiką buvo tręšiami tik azoto ir kalio trąšomis. Sieros kiekis dirvožemyje labai padidėjo, kai žemės ūkio augalai kartu su azoto ir kalio trąšomis sistemingai buvo tręšiami ir fosforo trąšomis (granuliuoto superfosfato pavidalu).

**1 lentelė.** Mineralinių trąšų poveikis judriosios sieros kiekiui dirvožemyje

**Table 1.** The effect of mineral fertilisation on the content of mobile sulphur in the soil  
Skėmiai, Kriūkai, 2005 m.

Trąšų norma kg ha <sup>-1</sup> Fertiliser rate kg ha <sup>-1</sup>			Dirvožemio ėminių gylis cm / Soil sampling depth cm			
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	0-20	21-40	41-60	61-90
			S mg kg <sup>-1</sup>			
<i>Smėlingo priemolio rudžemis / Sandy loam Cambisol</i>						
0	0	0	2,3±0,4	2,3±1,8	4,3±0,4	5,1±0,7
0	96	96	19,6±2,3	12,9±1,3	9,6±2,3	10,1±1,3
0	192	192	17,5±4,1	12,8±3,1	12,0±4,1	12,5±2,1
114	0	96	1,1±0,1	1,8±1,1	2,6±0,1	2,7±0,9
114	96	0	18,0±1,1	12,7±6,4	13,7±1,1	17,7±2,1
114	96	96	8,2±3,7	8,8±1,98	8,4±3,7	10,2±2,3
114	192	96	24,0±12,4	17,6±4,2	18,2±12,4	14,1±2,7
114	96	192	14,4±5,6	10,4±4,8	8,2±5,6	8,7±1,5
228	0	96	1,1±0,1	4,7±3,2	0,9±0,1	1,4±0,3
228	0	192	0,9±0,4	1,1±0,1	3,0±0,4	2,8±0,5
228	96	0	18,0±4,8	14,5±4,9	11,5±4,8	14,5±1,3
228	96	192	13,3±2,4	13,3±2,4	13,2±2,4	17,9±0,4
228	192	0	16,8±8,9	17,1±0,1	17,6±8,9	15,1±0,9
228	192	96	20,0±5,1	16,3±1,4	17,7±5,1	17,8±2,5
228	192	192	16,4±0,5	13,6±2,3	14,2±0,5	17,3±2,1
<i>Dulkiško priemolio rudžemis / Silty loam Cambisol</i>						
0	0	0	8,1±2,4	9,8±1,9	8,5±1,9	9,8±0,9
0	90	90	22,8±0,8	18,0±6,2	15,4±6,2	15,0±6,2
60	0	90	1,8±0,8	8,4±1,4	5,0±1,4	6,9±1,4
60	90	0	10,9±4,9	13,2±3,9	16,8±3,9	14,2±3,9
60	90	90	16,5±11,7	11,8±4,5	16,0±4,5	18,3±4,5
60	180	90	21,0±7,4	18,9±0,4	12,0±0,4	15,9±0,4
60	90	180	13,3±6,5	11,3±6,4	12,2±6,4	12,4±6,4
120	0	180	10,4±0,5	13,2±9,6	11,2±9,6	16,4±9,6
120	90	180	22,3±2,7	18,2±3,7	13,4±3,7	19,0±3,7
180	180	180	23,3±5,5	21,9±5,8	15,6±5,8	18,2±5,8

Kasmet augalus patręšus fosforo trąšomis, skiriant 96 kg ha<sup>-1</sup> normą, dviejuose azoto ir kalio trąšų fonuose (N<sub>114</sub>K<sub>96</sub> ir N<sub>228</sub>K<sub>192</sub>), judriosios sieros kiekis 0-20 cm dirvožemio sluoksnyje padidėjo vidutiniškai 9,7, 21-40 cm sluoksnyje – 9,6, 41-60 cm sluoksnyje – 8,0, o 61-90 cm sluoksnyje – 11,3 mg kg<sup>-1</sup>, o patręšus pagal dvigubai didesnę (192 kg ha<sup>-1</sup>) šių trąšų normą, atitinkamai 19,2, 14,2, 13,4 ir 13,0 mg kg<sup>-1</sup>, palyginti su sieros

kiekiais netręštų fosforo trąšomis laukelių dirvožemyje. Dideli sieros kiekiai, rasti gilesniuose (41-60, 61-90 cm) sluoksniuose, rodo, kad su fosforo trąšomis patekę sieros junginiai intensyviai migruoja. Nuo P<sub>96</sub> ir P<sub>192</sub> trąšų normų judriosios sieros kiekis vidutiniškai 0-90 cm dirvožemio sluoksnyje padidėjo atitinkamai 9,6 ir 14,9 mg kg<sup>-1</sup>. Tuo tarpu augalus patręšus sieros neturinčiomis azoto ir kalio trąšomis – amonio salietra ir kalio chloridu, dirvožemis nebuvo gausinamas šiuo elementu. Nuo šių trąšų žymiai padidėjus augalų derliui, daugiau į jį patekdavo ir sieros, todėl dirvožemyje jos nustatyta mažiau negu laukeliuose, netręštuose azoto ir kalio trąšomis. Porinės koreliacijos skaičiavimais, esminiai sieros pokyčiai visuose dirvožemio sluoksniuose (0-20, 21-40, 41-60 ir 61-90 cm) gauti tik nuo fosforo trąšų (2 lentelė).

**2 lentelė.** Judriosios sieros kiekio dirvožemyje priklausomumas nuo ilgalaikio tręšimo  
**Table 2.** The effect of long-term fertilisation on the content of mobile sulphur in the soil  
 Skėmiai, Kriūkai, 2005 m.

Ėminių gylis cm Sampling depth cm	Trąšos Fertilisers Argumentas Argument (x)	Lygties $y=ax^2+bx+c$ koeficientai Equation coefficients			$\eta$	t
		a	b	c		
		$y = SO_4^{2-} \text{ mg kg}^{-1}$				
Smėlingo priemolio rudžemis / Sandy loam Cambisol						
0-20		13,1	-0,07	0,0003	0,24	1,20
21-40	Azoto	9,33	0,007	0,0003	0,16	0,60
41-60-	Nitrogen	8,63	0,016	-2,49	0,17	0,60
61-90		9,23	0,011	1,05	0,35	1,40
0-20		1,37	0,22	-0,008	0,81*	5,10*
21-40	Fosforo	2,48	0,14	-0,0004	0,94*	9,80*
41-60-	Phosphorus	0,10	-0,0001	-0,015	0,94*	9,80*
61-90		3,03	0,15	-0,0004	0,88*	6,80*
0-20		13,8	-0,09	0,0005	0,29	1,30
21-40	Kalio	11,6	-0,019	$6,59 \cdot 10^{-5}$	0,11	0,50
41-60-	Potassium	11,77	-0,038	0,0001	0,16	0,60
61-90		13,1	-0,07	0,0003	0,26	0,40
Dulkiško priemolio rudžemis / Silty loam Cambisol						
0-20		15,1	-0,048	0,0003	0,54	1,80
21-40	Azoto	13,4	0,012	$9,6 \cdot 10^{-5}$	0,41	1,28
41-60-	Nitrogen	11,87	7,56.10	$4,75 \cdot 10^{-6}$	0,37	1,16
61-90		12,31	0,0045	$6,36 \cdot 10^{-5}$	0,61*	2,20
0-20		4,87	0,161	-0,0004	0,87*	5,02*
21-40	Fosforo	9,10	0,34	0,0002	0,89*	5,50*
41-60-	Phosphorus	6,77	0,148	-0,00014	0,89*	5,60*
61-90		8,33	0,101	-0,00015	0,88*	5,50*
0-20		9,50	0,105	-0,0003	0,49	1,63
21-40	Kalio	11,5	0,054	-0,0002	0,35	1,06
41-60-	Potassium	12,66	-0,018	0,00016	0,31	1,00
61-90		12,0	0,042	-00001	0,37	1,20

\* Ryšys patikimas esant 95 % tikimybės lygiui / Correlation significant at 95 % probability level

Dulkiško priemolio rudžemyje, palyginti su smėlingu, ilgą laiką netreštų fosforo trąšomis laukelių 0-90 cm dirvožemio sluoksnyje judriosios sieros nustatyta vidutiniškai  $4,5 \text{ mg kg}^{-1}$  daugiau, tačiau, nuolat augalus tręšiant vien azoto ir kalio trąšomis, jos kiekis labai sumažėjo (0-20 cm sluoksnyje iki  $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ir prilygo jos kiekiui, nustatytam smėlingame rudžemyje. Šiame dirvožemyje, kaip ir smėlingo priemolio rudžemyje, judriosios sieros kiekis visuose keturiuose tirtuose dirvožemio sluoksniuose iki 90 cm gylio labiausiai priklausė nuo tręšimo fosforo trąšomis. Nemažai judriosios sieros susikaupė dirvožemyje, kai augalai sistemingai buvo tręšiami fosforo trąšomis pagal  $P_{90}$  normą (0-90 cm sluoksnyje vidutiniškai  $17,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ) vien kalio ( $K_{90}$ ) trąšų fone arba pagal  $P_{180}$  normą ( $19,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ) azoto ( $N_{180}$ ) ir kalio ( $K_{180}$ ) trąšų fone. Fosforo trąšų įtaka sieros kiekiams dirvožemyje išryškėjo visuose tirtuose dirvožemio sluoksniuose. Tačiau nuo didelių ( $P_{180}$ ) fosforo trąšų normų azoto ir kalio trąšų fone arba vidutinių ( $P_{90}$ ) kalio trąšų fone daugiau judriosios sieros nustatyta 0-20 cm dirvožemio sluoksnyje, o ilgą laiką visiškai augalų netrešiant NPK trąšomis, arba tręšiant vien azoto ir kalio trąšomis – gilesniuose dirvožemio sluoksniuose. Porinės koreliacijos skaičiavimais, judriosios sieros kiekis visuose tirtuose dirvožemio sluoksniuose iš esmės priklausė nuo ilgamečio žemės ūkio augalų tręšimo fosforo trąšomis.

*Tręšimo poveikis sieros išplovimui.* Sulfatų ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) koncentracijai lizimetrų vandenyje žymų poveikį daro fosforo trąšos (3 lentelė). Vidutiniais 1976-2005 m. duomenimis, patręšus augalus fosforo trąšomis pagal  $96 \text{ kg ha}^{-1}$  normą, sulfatų koncentracija padidėjo  $96 \text{ mg l}^{-1}$ , o padidinus fosforo trąšų normą iki  $192 \text{ kg ha}^{-1}$  –  $189 \text{ mg l}^{-1}$  ir siekė atitinkamai 176 ir  $235 \text{ mg l}^{-1}$ . Azoto ir kalio trąšos mažai lėmė šio sieros junginio išplovimą, tačiau didesnė jo koncentracija buvo, kai augalai tręšti be kalio. 80 cm gylyje esančių lizimetrų vandenyje sulfatų koncentracija yra vidutiniškai 1,4 karto didesnė negu 40 cm gylyje. Sulfatų koncentracijos svyravimas per 30 metų laikotarpį buvo gana didelis. Netreštų laukelių 40 cm gylio lizimetrų vandenyje  $\text{SO}_4^{2-}$  koncentracija siekė iki 133, o kasmet tręštų  $N_{114}P_{96}K_{96}$  ir  $N_{228}P_{192}K_{192}$  – atitinkamai 288 ir  $507 \text{ mg l}^{-1}$ . Tai lėmė įvairūs auginti augalai, vegetacijos laikotarpių ir meteorologinių sąlygų ypatumai.

Po pirmojo 10 metų tręšimo periodo (1976-1985 m.) vidutinė sulfatų koncentracija 40 cm gylio lizimetrų vandenyje buvo  $164 \text{ mg l}^{-1}$ , po 20 metų – 138, po 30 metų –  $149 \text{ mg l}^{-1}$ . Praėjus dviems dešimtmečiams, šios medžiagos išplovimas, palyginti su pirmuoju 10 metų tręšimo laikotarpiu, sumažėjo vidutiniškai apie 1,2 karto. Sulfatų migraciją paviršiniame sluoksnyje pristabdė 5 metus (1989-1993 m.) augintos daugiametės žolės. Praėjus dar 10 metų, kaip rodo tyrimų duomenys, lauko augalų sėjomainos rotacijoje sieros išplovimas vėl padidėjo. Tuo tarpu 80 cm gylyje sieros išplovimas, ilgėjant tręšimo periodui, nuosekliai didėjo ir  $\text{SO}_4^{2-}$  koncentracija lizimetrų vandenyje – vidutiniais duomenimis, kas 10, 20 ir 30 metų atitinkamai 202, 209 ir  $215 \text{ mg l}^{-1}$ .

**3 lentelė.** Mineralinių trąšų poveikis sulfatų koncentracijai lizimetru vandenyje  
**Table 3.** The effect of mineral fertilisation on the concentration of sulphates in lysimeter water

Skėmiai, 1976-2005 m.

Vidutinė trąšų norma kg ha <sup>-1</sup> Average fertiliser rate kg ha <sup>-1</sup>			1976-1985 m.	1976-1995 m.	1976-2005 m. n = 671
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg l <sup>-1</sup>		
40 cm gylyje / at 40 cm depth					
0	0	0	53±30	39±25	39±20
0	96	96	199±120	128±94	134±90
114	0	96	52±29	44±24	33±16
114	96	0	252±88	167±110	176±103
114	96	96	128±76	115±62	129±67
0	192	192	213±106	202±100	232±125
228	0	192	53±29	36±23	34±16
228	192	0	194±131	198±119	235±110
228	192	192	224±151	212±118	222±115
80 cm gylyje / at 80 cm depth					
0	0	0	67±28	45±27	43±19
114	96	96	127±64	115±52	130±64
0	192	192	300±131	293±118	291±117
228	192	192	178±81	218±100	223±102

*Tręšimo poveikis sieros kiekiui augaluose.* Nuo sieros kiekio dirvožemyje didele dalimi priklauso ir kiek jos įsisavins augalai /Saggar, Bolan, 2003/. Be sieros neįmanoma augalų fotosintezė, kvėpavimas, azoto ir anglies apykaita, chlorofilo gamyba, vitaminų, fermentų susidarymas. Siera gerina augalų maisto medžiagų įsisavinimą ir dalyvauja dirvožemio biologiniuose bei cheminiuose procesuose /Škelj, 1979; Anspok, 1990/. Sieros trūkumo augaluose požymiai panašūs kaip ir azoto – lapai šviesėja, tačiau, trūkstant azoto, pirmiausiai šis požymis pasireiškia apatiniuose lapuose, o trūkstant sieros – jaunuose viršutiniuose lapuose. Be to, šviesėjimo požymiai ryškesni lapų gyslose nei kituose jų audiniuose.

Ištyrus suminio azoto kiekį žeminių kviečių grūduose, nustatyta, kad daugiausia jo susikaupė, kai augalai buvo gausiai tręšti azoto trąšomis: smėlingo priemolio rudžemyje suminio azoto priklausomumo nuo azoto trąšų koreliacinis ryšys ( $\eta$  – 99 % tikimybės lygiu) 0,77, o dulkiško priemolio rudžemyje – 0,95. Tyrimų duomenimis, smėlingo ir dulkiško priemolio rudžemyje suminės sieros susikaupimą kviečių grūduose skatino azoto ir ypač fosforo trąšos (4 lentelė). Nustatytas esminis sieros kiekio grūduose padidėjimas nuo azoto trąšų, kai jomis kviečiai buvo tręšiami fosforo ir kalio trąšų fone, o nuo fosforo – kai šiomis trąšomis prieš kviečių sėją buvo tręšiama kartu su kalio trąšomis ir augalai pavasarį papildomai tręšti azotu. Smėlingo priemolio rudžemyje suminės sieros kiekio kviečių grūduose priklausomumo koreliacinis ryšys ( $\eta$ ) nuo azoto

trašų buvo 0,70, nuo fosforo – 0,54, o dulkiško priemolio rudžemyje – atitinkamai 0,78 ir 0,71.

**4 lentelė.** Suminio azoto ir sieros kiekio žieminių kviečių grūduose (y) priklausomumas nuo mineralinių trašų (x)

**Table 4.** The relationship between the total nitrogen and sulphur contents (y) in wheat grain and mineral fertilisers (x)

Skėmiai, Kriūkai, 2002 m.

Derliaus cheminė sudėtis (y) <i>Element content in grain (y)</i>	Trašos <i>Fertilisers (x)</i>	Lygties $y=ax^2+bx+c$ koeficientai <i>Equation coefficients</i>			$\eta$	t
		a	b	c		
<i>Smėlingo priemolio rudžemis / Sandy loam Cambisol</i>						
N % grūduose <i>N % in grain</i>	azoto <i>nitrogen</i>	1,38	0,0038	$-9,3 \cdot 10^{-6}$	0,77*	80,2
	fosforo <i>phosphorus</i>	1,68	-0,001	$2,06 \cdot 10^{-6}$	0,24	1,62
	kalio <i>potassium</i>	1,60	0,00044	$-2,59 \cdot 10^{-6}$	0,25	1,69
S mg kg <sup>-1</sup> grūduose <i>S mg kg<sup>-1</sup> in grain</i>	azoto <i>nitrogen</i>	815	6,14	0,026	0,70*	77,7
	fosforo <i>phosphorus</i>	870	3,83	-0,013	0,54*	42,2
	kalio <i>potassium</i>	1017	1,83	-0,01	0,20	1,34
<i>Dulkiško priemolio rudžemis / Silty loam Cambisol</i>						
N % grūduose <i>N % in grain</i>	azoto <i>nitrogen</i>	1,30	0,0016	$2,11 \cdot 10^{-5}$	0,95*	10,6*
	fosforo <i>phosphorus</i>	1,37	0,0064	$1,21 \cdot 10^{-6}$	0,54	2,16
	kalio <i>potassium</i>	1,36	0,0025	$-5,0 \cdot 10^{-6}$	0,54	2,16
S mg kg <sup>-1</sup> grūduose <i>S mg kg<sup>-1</sup> in grain</i>	azoto <i>nitrogen</i>	685	1,60	0,0139	0,78*	5,56*
	fosforo <i>phosphorus</i>	674	2,52	-0,0025	0,71*	4,43*
	kalio <i>potassium</i>	739	1,83	-0,0022	0,49	1,88

\* Ryšys patikimas esant 95 % tikimybės lygiui / *Correlation significant at 95 % probability level*

Kai kurie autoriai siūlo sieros trūkumą dirvožemyje nustatyti pagal suminio azoto ir sieros santykį augaluose: esant N:S > 17:1, augalai jaučia sieros trūkumą /Stewart, Porter, 1969; Tabatabai, Al-Khafaji, 1980/.

Apskaičiavus suminių azoto ir sieros kiekių santykius (N:S) kviečių grūduose, nustatyta, kad didžiausi (17,4:1 - 21,4:1) jie buvo bandymo laukeliuose, kuriuose javai augo netrešti sieros turinčiomis fosforo trašomis (5 lentelė). Todėl kviečiams, be šių trašų, trūko ne tik fosforo, bet ir sieros /Vaišvila ir kt., 2001/. Kai lauko sėjomainoje



augalams teko vidutiniškai per 90 kg ha<sup>-1</sup> fosforo trąšų granuliuoto superfosfato pavidalu, suminių azoto ir sieros kiekių santykis kviečių grūduose nustatytas daug mažesnis ir prilygo šalyje skelbtiems vidutiniams (N:S = 13:1) duomenims /Tamulis, 1986/.

**5 lentelė.** Mineralinių trąšų poveikis suminių azoto ir sieros kiekiams ir jų santykiams žieminių kviečių grūduose

**Table 5.** The effect of mineral fertilisers on the total amounts and ratio of nitrogen and sulphur in winter wheat grains

Skėmiai, Kriūkai, 2002 m.

Trąšų norma kg ha <sup>-1</sup> Fertiliser rate kg ha <sup>-1</sup>			N %	S mg kg <sup>-1</sup>	Azoto ir sieros kiekių santykis Ratio of nitrogen and sulphur amounts
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Smėlingo priemolio rudžemis / Sandy loam Cambisol					
0	0	0	1,31	778	16,8:1
0	96	96	1,32	820	16,0:1
0	192	192	1,37	932	14,7:1
114	0	96	1,57	860	18,2:1
114	96	0	1,56	1265	12,3:1
114	96	96	1,67	1232	13,6:1
114	192	96	1,69	1280	13,2:1
114	96	192	1,48	1130	13,1:1
228	0	96	1,85	863	21,4:1
228	0	192	1,89	952	19,8:1
228	96	0	1,60	1280	12,5:1
228	96	192	1,65	1030	16,0:1
228	192	0	1,83	1350	13,5:1
228	192	96	1,74	1263	13,7:1
228	192	192	1,75	1251	13,9:1
		R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,151	109	
Dulkiško priemolio rudžemis / Silty loam Cambisol					
0	0	0	1,2	610	19,6:1
0	90	90	1,34	830	16,1:1
60	0	90	1,44	827	17,4:1
60	90	0	1,44	865	16,6:1
60	90	90	1,43	892	16,0:1
60	180	90	1,48	992	14,9:1
60	90	180	1,48	928	15,9:1
120	180	90	1,85	1190	15,5:1
120	90	180	1,82	1155	15,7:1
120	180	180	1,67	985	16,9:1
		R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,18	98	

Žemės ūkio augalų sieros poreikis labiausiai išryškėja nustačius sukauptą jos kiekį augalų derliuje. Skirtingi augalai su derliumi paima nevienodus jos kiekius: varpiniai javai – 9-12, bulvės – 10-15, cukriniai runkeliai – 20-30, žieminiai rapsai 50-80 kg ha<sup>-1</sup> /Anspok, 1990; Zhao, McGrath, 1998; Janzen, Ellert, 1998/. Tyrimų duomenimis, smėlingo priemolio rudžemyje keturlaukėje sėjomainoje – žieminiai kviečiai,

cukriniai runkeliai, miežiai, vienametės žolės – daugiausia (19,30-36,88 kg ha<sup>-1</sup>) sieros sukauptė cukriniai runkeliai, mažiau (9,39-16,48 kg ha<sup>-1</sup>) – vienametės žolės, mažiausiai (8,32-14,87 ir 5,69-12,30 kg ha<sup>-1</sup>) – miežiai ir kviečiai (6 lentelė). Dėl mineralinių trąšų poveikio iš esmės padidėjo sukauptos sieros kiekis visų bandyme tirtų augalų derliuje. Patręšus juos N<sub>114</sub>P<sub>96</sub>K<sub>96</sub>, sieros susikauptė vidutiniškai 6,52 kg ha<sup>-1</sup>, arba 70 % daugiau negu netręštų sėjomainos augalų derliuje. Palyginus atskirų trąšų veiksmingumą, didžiausią įtaką tam turėjo fosforo trąšos, kurios labiausiai didino suminės sieros kiekį augaluose, nors šiame ilgalaikiame bandyme žemės ūkio augalų derlių labiausiai didino azoto trąšos /Vaišvila ir kt., 2001/.

**6 lentelė.** Mineralinių trąšų poveikis sukauptos sieros kiekiui žemės ūkio augalų derliuje smėlingo priemolio rudžemyje

**Table 6.** The effect of mineral fertilisation on the amount of sulphur accumulated by agricultural crops cultivated on a sandy loam Cambisol

Skėmiai, 2002-2005 m.

Trąšų norma kg ha <sup>-1</sup> Fertilisation rate kg ha <sup>-1</sup>			Žieminiai kviečiai Winter wheat	Cukriniai runkeliai Sugar beet	Miežiai Barley	Vienametės žolės Annual grasses	Vidurkis Average
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Sukauptas sieros kiekis derliuje kg ha <sup>-1</sup> Amount of sulphur accumulated in the yield kg ha <sup>-1</sup>				
0	0	0	5,69	19,30	8,32	9,39	9,20
0	96	96	7,84	24,14	11,15	12,51	12,76
0	192	192	7,92	25,27	11,37	12,90	13,15
114	0	96	7,58	22,22	11,17	11,78	11,54
114	96	0	7,90	24,63	10,07	12,25	12,49
114	96	96	11,64	27,54	14,36	15,41	15,72
114	192	96	12,30	28,40	14,17	15,93	16,25
114	96	192	12,00	30,38	14,87	16,48	16,81
228	0	96	8,59	22,65	11,69	12,42	12,17
228	0	192	8,04	20,87	11,61	11,79	11,55
228	96	0	8,35	23,28	11,50	12,42	12,67
228	96	192	10,68	28,68	12,25	15,22	15,52
228	192	0	8,40	21,72	10,17	11,80	12,04
228	192	96	10,51	29,89	13,06	15,42	15,73
228	192	192	11,00	36,88	12,93	15,90	16,22
		R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,896	4,32	1,40	1,46	

### Išvados

1. Smėlingo ir dulkiško priemolio rudžemyje, ilgą laiką sistemingai tręšus augalus azoto, fosforo ir kalio trąšomis, esminiai judriosios sieros pokyčiai 0-20, 21-40, 41-60 ir 61-90 cm dirvožemio sluoksniuose nustatyti tik nuo fosforo trąšų, naudotų granuliuoto superfosfato pavidalu.

2. Smėlingo priemolio rudžemyje dviejuose azoto ir kalio trąšų fonuose (N<sub>114</sub>K<sub>96</sub> ir N<sub>228</sub>K<sub>192</sub>) kasmet augalus patręšus fosforo trąšomis pagal 96 kg ha<sup>-1</sup> normą, po 35

metų judriosios sieros kiekis 0-90 cm dirvožemio sluoksnyje padidėjo vidutiniškai  $9,7 \text{ mg kg}^{-1}$ , arba 4,8 karto, o patręšus  $192 \text{ kg ha}^{-1}$  –  $14,9 \text{ mg kg}^{-1}$ , arba 7,5 karto.

3. Dulkiško priemolio rudžemyje, palyginti su smėlingu, netręšto fosforo trąšomis dirvožemio 0-90 cm sluoksnyje judriosios sieros nustatyta  $4,5 \text{ mg kg}^{-1}$  daugiau. Dėl ilgalaikio 16 metų tręšimo fosforo trąšomis pagal  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  normą ( $\text{N}_{60} \text{K}_{90}$  ir  $\text{N}_{120}\text{K}_{180}$  fone) sieros kiekis padidėjo vidutiniškai  $7,8 \text{ mg kg}^{-1}$ , arba 1,8 karto.

4. Patręšus augalus fosforo trąšomis pagal  $96 \text{ kg ha}^{-1}$  normą, sulfatų koncentracija lizimetriniuose vandenyse padidėjo  $96 \text{ mg l}^{-1}$ , o padidinus šių trąšų normą iki  $192 \text{ kg ha}^{-1}$  –  $189 \text{ mg l}^{-1}$ , siekė atitinkamai 176 ir  $235 \text{ mg l}^{-1}$ .

5. Azoto trąšos suminės sieros kiekį žieminių kviečių grūduose didino fosforo ir kalio, o fosforo trąšos – azoto ir kalio trąšų fone.

6. Didžiausi (17,4:1 - 21,4:1) suminių azoto ir sieros kiekių santykiai (N:S) kviečių grūduose nustatyti netręšus javų sieros turinčiomis fosforo trąšomis.

7. Smėlingo priemolio rudžemyje keturlaukėje sėjomainoje (žieminiai kviečiai, cukriniai runkeliai, miežiai, vienametės žolės) daugiausia (iki  $30,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) sieros sukaupti cukriniai runkeliai, mažiau (iki  $16,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) – vienametės žolės, mažiausiai (iki  $14,9$  ir  $12,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) – miežiai ir kviečiai.

Gauta 2006 11 20

Pasirašyta spaudai 2007 01 16

## LITERATŪRA

1 Anspok P. I. Mikroudobrenija. - Leningrad: VO agropromizdat. - Leningradskoe otdelenie, 1990. - 272 p. - Rus.

2. Bloem E., Haneklaus S., Sparovek G., Schung E. Spatial and temporal variability of sulphate concentration in soils // Communications in Soil Science and Plant Analysis. - 2001, vol. 32, p. 1391-1403

3. Čiuberkienė D., Ežerinskas V. Agrocheminių rodiklių ir maisto medžiagų migracijos kitimai įvairiai kalkintame ir tręstame dirvožemyje // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija, 2000, t. 71, p. 32-47

4. Ežerinskas V., Mašauskas V. Effect of phosphorus and potassium fertilizer periodical distribution in crop rotation on soil properties and nutrient migration // Potassium and phosphorus for sustainable agriculture. - Latvia, 2002, p. 28

5. Gužys S. Drenažo vandens nuotėkis, cheminių elementų migracija ir balansas biologinės ir intensyvios žemdirbystės sąlygomis Vakarų Lietuvoje // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija, 2001, t. 74, p. 53-69

6. Haneklaus S., Fleckkenstein J., Schnug E. Comparative studies of plants and soil analysis for evaluation of the sulphur status of oilseed rape and wheat // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. - 1995, vol. 158, p. 109-112

7. Hell R., Rennenberg H. The plant sulphur cycle // In Sulphur in Agroecosystems, editor E. Schung. - Netherlands: Kluwer Academic Press. - 1998, p. 135-173

8. Janzen H. H., Ellert B. H. Sulfur dynamics in cultivated, temperate agroecosystems // In Sulfur in the Environment / ed. D. G. Maynard. - New York: Marcel Dekker Inc, 1998, p. 11-44

9. Mašauskas V., Mašauskienė A. Superfosfato kaip sieros šaltinio ilgalaikio naudojimo įtaka augalų derliui sėjomainoje // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija, 2005, t. 92, p. 36-51

10. Mažvila J., Adomaitis T., Antanaitis A. ir kt. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita / LŽI, ATC. - Kaunas, 1998. - 193 p.
11. McGrath S. P., Zhao F. J., Blake-Kalff M. A. Crop quality effects of sulphur and nitrogen / Agronomic Intelligence, the Basis for Profitable Production: HGCA R and D Conference / Home Grown Cereals Authority. - London, 2002, p. 12.1-12.12
12. Martinez C. E., Kleinschmidt A. W., Tabatabai M. A. Sulfate adsorption by variable charge soils: Effect of low-molecular-weight organic acids // BIOLOGY AND FERTILITY OF SOILS. - 1998, 26 (3), p. 157-163
13. Procedures for Soil Analysis. ISRC. - Wageningen, 1995, p. 1-6
14. Saggiar S., Bolan N. Secondary Nutrients: Sulphur, Calcium, and Magnesium // Handbook of Processes and Modelling in the Soil-Plant System / D. K. Benbi, R. Nieder, editors. - New York-London-Oxford, 2003, p. 261-289
15. Soil Survey Laboratory Methods Manuals. Version 3.0. Soil Survey Investigation Report 42. - United States Department of agriculture. - 1996, No.42, p. 31-49; 69-76
16. Stewart B. A., Porter L. K. Nitrogen and sulphur relationships in wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea mays* L.), and beans (*Phaseolus vulgaris*), Agronomy Journal. - 1969, No.61, p. 267-271
17. Škelj M. P. Primenenie sernosoderžaščich udobrenij. - Minsk, 1979. - 63 s. - Rus.
18. Tabatabai M. A., Al-Khafaji A. A. Comparison of nitrogen and sulphur mineralization in soils // Soil Science Soc. American Journal. - 1980, No.44, p. 1000-1006
19. Tamulis T. Pašarų cheminė sudėtis ir maistingumas. - Vilnius, 1986. - 277 p.
20. Till A. R. Sulphur cycling in soil and plant and animal systems, in Freney, J.R. and Nicholson, A. J. (eds) Sulphur in Australia. Canberra, Austr., Australian Academy of Sciences. - 1980, p. 204-217
21. Tripolskaja L., Panamariovienė A. Medžiagų migracija dirvožemyje intensyviai tręšiamoje pašarų sėjomainoje // Žemdirbystė: LŽI mokslo darbai - Dotnuva-Akademija, 1995, t.50, p. 76-84
22. Tyla A. Medžiagų migracija Lietuvos TSR įvairiuose dirvožemiuose // Agronomija. LŽMTI darbai. - Vilnius: Mokslas, 1984, t. 31. p. 145-151
23. Tyla A., Rimšelis J., Šleinyš R. Augalų maisto medžiagų išplovimas iš įvairių dirvožemių. - Dotnuva-Akademija, 1997, p. 21
24. Vaišvila Z., Mažvila J., Adomaitis T. ir kt. Azoto, fosforo ir kalio trąšų santykio ir normų optimizavimas lauko sėjomainos augalams // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija, 2001, t. 73, p. 27-48
25. Zhao F. J., McGrath S. P. Fertilisation soufrée du colza en Grande-Bretagne // Oleoscope. - 1998, 43, p. 19-20

## THE CHANGES IN SULPHUR CONTENT IN THE SOIL AND PLANTS AS AFFECTED BY A LONG-TERM FERTILISATION

J. Mažvila, Z. Vaišvila, J. Lubytė, T. Adomaitis

### Summary

The data of the experiments carried out on a sandy and silty loam Cambisol were analysed to detect the effect of long-term fertilisation on the changes in sulphur concentration in the soil, as well as on sulphur leaching and accumulation in plants.

The results of the analysis suggest that regular application of crops with nitrogen, phosphorus and potassium fertilisers had a significant effect on sulphur content in the 0-20, 21-40, 41-60 and 61-90 cm layers of sandy and silty loam soils only due to the super phosphate fertiliser. In a sandy loam Cambisol with two different nitrogen and potassium fertiliser backgrounds ( $N_{114}K_{96}$  and  $N_{228}K_{192}$ ) and an annual phosphorus fertilisation rate of  $96 \text{ kg ha}^{-1}$  in 35 years, the content of mobile sulphur in the 0-90 cm soil layer increased by on average  $9.7 \text{ mg kg}^{-1}$  (5.8 times). The 0-90 cm layer of a silty loam Cambisol, not fertilised with phosphorus, contained by  $4.5 \text{ mg kg}^{-1}$  of more mobile sulphur than the same layer of not fertilised with phosphorus sandy loam Cambisol. As a result of the long-term (16 years) fertilisation with  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  of phosphorus (on the background of  $N_{60}K_{90}$  and  $N_{120}K_{180}$ ), the content of mobile sulphur increased by on average  $7.8 \text{ mg kg}^{-1}$  or 1.8 times.

Based on the averaged data from the 1976-2005 period, it can be concluded that crop fertilisation with  $96 \text{ kg ha}^{-1}$  of phosphorus results in an increase in sulphate concentration in lysimetric water by  $96 \text{ mg l}^{-1}$  to the level of  $176 \text{ mg l}^{-1}$ , and in the case of  $192 \text{ kg ha}^{-1}$  phosphorus fertilisation rate by  $189 \text{ mg l}^{-1}$  to the level of  $235 \text{ mg l}^{-1}$ .

The total content of sulphur in winter wheat grain was increased by nitrogen fertilisation on the background of phosphorus and potassium fertilisers and by phosphorus fertilisation on the background of nitrogen and potassium fertilisers. Out of the four crops included into the single crop rotation (winter wheat – sugar beet – barley – annual grasses) on a sandy loam Cambisol, the highest content of sulphur was accumulated by the sugar beet crop (up to  $30.9 \text{ kg ha}^{-1}$ ), followed by the annual grasses (up to  $16.5 \text{ kg ha}^{-1}$ ), barley and wheat crops (up to  $14.9$  and  $12.3 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Key words: fertilisation, soil, sulphur, plants.