ISSN 1392-3196
Žemdirbystė. Mokslo darbai, 2005, 4, 92, 36-51
UDK 633:631.811.7631.582

SUPERFOSFATO KAIP SIEROS ŠALTINIO ILGALAIKIO NAUDOJIMO ĮTAKA AUGALŲ DERLIUI SĖJOMAINOJE

Vytas MAŠAUSKAS, Audronė MAŠAUSKIENĖ

Lietuvos žemdirbystės institutas
Akademija, Dotnuva, Kėdainių rajonas
El. p.: audrone.masauskiene@lzi.lt; vytas.masauskas@lzi.lt

Santrauka

1971-2004 metais Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje daryti ilgalaikiai tyrimai, tręšiant sėjomainos augalus turinčiomis ir neturinčiomis sieros trąšomis. Bandymo dirvožemis – neutralaus rūgštumo giliau karbonatingas giliau glėjiškas lengvo priemolio rudžemis (RDg4-k2), vidutiniškai turtingas fosforo ir kalio, neturtingas sieros, turintis organinės anglies nuo 1,33 iki 1,49 %. Su granuliuotu, turinčiu gipso superfosfatu, sieros (S) į dirvą pateko nuo 23 iki 35 kg ha^{-1}. Tausojančiojo tręšimo mineralinėmis trąšomis sąlygomis Norfolko sėjomainoje, kurioje bulvių gumbų gauta iki 35,0, vasarinių miežių grūdų – iki 6,0, dobilų sausųjų medžiagų – iki 7,0, žieminių kviečių grūdų – iki 6,8 t ha^{-1}, siera buvo mažai veiksminga, tačiau, vertinant žemesniu kaip 95 % tikimybės lygiu, sieros turinčios trąšos ryškiausias teigiamas efektas derlingumui nustatytas bulvėms, mažesnis – vasariniams miežiams.

Per 34 metus sieros efektyvumo ryškaus kitimo, susijusio su atskirais tyrimų darymo laikotarpiais, nenustatyta.

Reikšminiai žodžiai: tręšimas, siera, sėjomaina, derlius.

Įvadas

Siera yra vienas iš keturių pagrindinių augalams būtinų organogeninių elementų. Apie sieros trūkumą daugelio Europos šalių dirvožemiuose prabilta apie 1970-1980-uosius metus, kai dėl sugriežtintų aplinkosaugos reikalavimų imtasi veiksmingų atmosferą nuo teršimo saugančių priemonių, kurios mažino pramonės įmonių išmetamų sieros junginių, patenkančių į dirvožemį su krituliais ir papildančių sieros išteklius /Zhao ir kt., 2002; Messick ir kt., 2005/. Be to, sumažinta gamyba trąšų, kurių sudėtyje buvo sieros rūgšties druskos, dažniausiai gipso pavidalu /Schnug ir kt., 2004/. Jungtinėje Karalystėje sieros, patenkančios į dirvą su krituliais, kiekis žymiai sumažėjo nuo 1970-ųjų metų, ir moksliniais tyrimais nustatytas teigiamas sieros turinčių trąšų efektas augalams /McGrath ir kt., 1995/. Viena iš sieros stygiaus dirvožemiuose priežasčių yra padidėjęs žemės ūkio augalų derlius ir sieros imlių kryžmažiedžių augalų plotas.

Augalams prieinamos sieros kiekis priklauso nuo dirvožemio grupės, aeracijos, drėgnio, rūgštumo, organinės medžiagos kiekio ir mikroorganizmų aktyvumo. Sieros junginiai dirvoje greitai migruoja, ir dėl oro sąlygų judriųjų sieros junginių

koncentracija gali greitai kisti. Todėl atlikus dirvožemio cheminę analizę dirvose, kuriose vanduo laisvai juda vertikaliai ir horizontaliai, ne visada gaunami augalų aprūpinimą siera atspindintys duomenys, ir apie dirvožemio gebėjimą aprūpinti augalus sieros junginiais dažnai tenka spręsti vadovaujantis ne cheminių analizių duomenimis, o šalutiniais rodikliais /Mertens ir kt., 2003; Schnug ir kt., 2004/. Tam įvertinama organinės medžiagos kiekis dirvožemyje, augalų rūšies poreikis sierai, jos patekimo iš atmosferos galimybės, paėmimas anksčiau toje dirvoje augusių augalų ir laukiamo derliaus dydis /Heneklaus ir kt., 1995/. Apžvelgus 1993-2000 metais skelbtus straipsnius nurodoma, kad nuo azoto ir sieros turinčių trąšų labiau didėjo kviečių, miežių ir žieminių rapsų derlius, palyginus su tręštaisiais tik azoto trąšomis /Richter ir kt., 2004/. Sieros turinčiomis trąšomis tręštų bulvių derlius padidėjo, palyginus su netręštomis, tačiau nepriklausė nuo sieros normos dydžio /Klikocka ir kt. 2004/. Patręšus siera žieminių kviečių derlius padidėjo 11,5 ir 15,7 %, palyginus su tręštaisiais tik azoto trąšomis, o siera tręštų miežių derlius padidėjo net 34,9 % /McGrath ir kt., 2002/. Nuo sieros trąšų gerėjo augalų produkcijos kokybė: kviečių reologinės, miežių salyklinės savybės, rapsų sėklos sukaupė daugiau aliejaus. Apibendrinus Europos šalyse atliktų sieros bandymų duomenis nurodoma, kad rapsams efektyvios didesnės kaip 30 kg ha^{-1}, javams – didesnės kaip 20 kg ha^{-1}, žolėms – nuo 20 iki 40 kg ha^{-1} sieros (S) normos /Zhao ir kt., 2002/. Nurodoma sieros reikšmė ekosistemoms: padidėja augalų atsparumas stresams, jų gebėjimas prisitaikyti prie ekologinių pokyčių, gerėja azoto pasisavinimas /Schnug, Haneklaus, 2005/. Be to, net ir dėl mažo sieros trūkumo kad ir nedaug sumažėjęs augalų derlingumas virsta žymiu finansiniu nuostoliu, suskaičiavus visam bet kurioje valstybėje auginamų augalų plotui.

Tyrimų tikslas – saikingo tręšimo mineralinėmis trąšomis sąlygomis ištirti superfosfato ilgalaikio naudojimo poveikį sėjomainos augalų derliui ir palyginti su sieros neturinčiomis trąšomis bei įvertinti sieros efektą trąšų deriniuose.

Tyrimų sąlygos ir metodai

Tyrimai pradėti Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje 1971 m. ir tęsti iki 2004 metų. Bandymo dirvožemis – neutralaus rūgštumo giliau karbonatingas giliau glėjiškas rudžemis (RDg4-k2). Per visą tyrimų laikotarpį dirvožemis buvo vidutiniškai turtingas fosforo ir kalio (100-150 mg kg^{-1}), analizuotais Egner-Riehm-Domingo metodu amonio laktato ištraukoje, neturtingas judriosios sieros (mažiau kaip 6 mg kg^{-1}), kuri buvo nustatyta turbidimetriškai 1M kalio chlorido ištraukoje, labai turtingas kalcio. Bandymo pradžioje organinės anglies Tiurino metodu rasta 1,33 %, 1994 metais – 1,37 %, ir 2004 metais bandymą užbaigus – 1,30-1,49 %. Tirta keturlaukė Norfolko sėjomaina: bulvės, vasariniai miežiai, raudonieji dobilai ir žieminiai kviečiai. Variantų laukeliuose, kur tirtas sieros veikimas, augalai tręšti iš Kolos apatito koncentrato pagamintu granuliuotu superfosfatu, turinčiu 13 % sieros (S) gipso pavidalu. Kitos naudotos trąšos buvo monoamonio fosfatas (amofosas), kalio chloridas ir amonio nitratas. Superfosfatu, amofosu ir kalio chloridu bulvės, miežiai ir dobilai tręšti pavasarį, žieminiai kviečiai – rudenį. Tyrimų schema parengta atsižvelgus į saikingą tręšimą mineralinėmis trąšomis.

Sieros veikimui įvertinti į schemą įjungti tręšimo tik fosforo ir tik kalio trąšomis variantai. Trąšų normos nurodytos 1 lentelėje. Pagrindine azoto norma amonio salietros pavidalu tręšta prieš augalų sėją ar sodinimą, o žiemkenčiai – atsinaujinus

1 lentelė. Mineralinių trąšų normos* sėjomainos augalams ilgalaikiuose tyrimuose
Table 1. *Rates* of mineral fertilizer in rotations in the long-term experiment*
Dotnuva, 1971-2004 m.

Variantas *Treatment*	Bulvės *Potato*	Vasariniai miežiai *Spring barley*	Raudonieji dobilai *Red clover*	Žieminiai kviečiai *Winter wheat*
	1971, 1975, 1979, 1983, 1987, 1991	1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992	1973,1977, 1981, 1985, 1989, 1993	1974, 1978, 1982, 1986, 1990, 1994
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	–	–	–	–
PK(S)	$P_{60}K_{60}S_{35}$	$P_{60}K_{60}S_{35}$	$P_{15}K_{60}S_{35}$	$P_{60}K_{60}S_{35}$
NPK	$(N_{15}P_{60})K_{60}$ N_{45}	$(N_{15}P_{60})K_{60}N_{20}$	$(N_{15}P_{60})K_{60}$	$(N_{15}P_{60})K_{60}N_{30}$
NPK(S	$N_{60}P_{60}K_{60}S_{35}$	$N_{35}P_{60}K_{60}S_{35}$	$N_{15}P_{60}K_{60}S_{35}$	$N_{45}P_{60}K_{60}S_{35}$
NP	$(N_{15}P_{60})N_{45}$	$(N_{15}P_{60})$ N_{20}	$(N_{15}P_{60})$	$(N_{15}P_{60})N_{30}$
NK	$N_{60}K_{60}$	$N_{35}K_{60}$	$N_{15}K_{60}$	$N_{45}K_{60}$
	1997	1998	1999	2000
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	–	–	–	–
PK(S)	$P_{60}K_{90}S_{35}$	$P_{60}K_{90}S_{35}$	$P_{60}K_{90}S_{35}$	$P_{60}K_{90}S_{35}$
NPK	$(N_{15}P_{60})K_{90}N_{75}$	$(N_{15}P_{60})K_{90}N_{30}$	$(N_{15}P_{60})K_{90}$	$(N_{15}P_{60})K_{90}N_{45}$
NPK(S)	$N_{90}P_{60}K_{90}S_{35}$	$N_{45}P_{60}K_{90}S_{35}$	$N_{15}P_{60}K_{90}S_{35}$	$N_{60}P_{60}K_{90}S_{35}$
NP	$(N_{15}P_{60})N_{75}$	$(N_{15}P_{60})N_{30}$	$(N_{15}P_{60})$	$(N_{15}P_{60})N_{45}$
NK	$N_{90}K_{90}$	$N_{45}K_{90}$	$N_{15}K_{90}$	$N_{60}K_{90}$
	2001	2002	2003	2004
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	–	–	–	–
PK(S)	$P_{45}K_{90}S_{23}$	$P_{45}K_{90}S_{23}$	$P_{45}K_{90}S_{23}$	$P_{45}K_{90}S_{23}$
NPK	$(N_{10}P_{45})K_{90}N_{80}$	$(N_{10}P_{45})K_{90}N_{35}$	$(N_{10}P_{45})K_{90}$	$(N_{10}P_{45})K_{90}N_{50}+N_{30}$
NPK(S)	$N_{90}P_{45}K_{90}S_{23}$	$N_{45}P_{45}K_{90}S_{23}$	$N_{10}P_{45}K_{90}S_{23}$	$N_{60}P_{45}K_{90}S_{23}+N_{30}$
NP	$(N_{10}P_{45})N_{80}$	$(N_{10}P_{45})N_{35}$	$(N_{10}P_{45})$	$(N_{10}P_{45})N_{50}+N_{30}$
NK	$N_{90}K_{90}$	$N_{45}K_{90}$	$N_{10}K_{90}$	$N_{60}K_{90}+N_{30}$

* N azotas, P fosforas (P_2O_5), K kalis (K_2O), S siera (grynasis elementas); skliaustuose mitybinės NP medžiagos iš amofoso, S iš superfosfato; „+” papildomas tręšimas

* *N nitrogen, P phosphorus (P_2O_5), K potassium (K_2O), S sulphur (pure element); in brackets NP nutrients from amophos, S in superphosphate; „+” extra nutrition.*

vegetacijai. Septintoje rotacijoje padidintąja azoto norma kviečiai tręšti per du kartus. Atsižvelgus į tai, kad nuo penktosios rotacijos augalų derlius ėmė mažėti, 1995 metais tyrimai rekonstruoti. Rekonstrukcijos metais augintas vikių ir avižų mišinys, kitais metais – žieminiai kviečiai, kurių šiaudai užarti. Šiaudų mineralizacijai paspartinti visas plotas patręštas N_{30}. Azoto ir kalio deficitiniam balansui pataisyti, pradedant septintąja rotacija, padidintos azoto ir kalio trąšų normos. Vadovaujantis fosforo balanso rodikliais, sumažintos fosforo trąšų normos. Organinei medžiagai dirvožemyje pagausinti užarti žieminių kviečių šiaudai, dobilai pjauti 2 kartus. Bandymas tęstas variantų laukelius išdėstant tokia pačia tvarka, kaip buvo prieš tai.

1971 m. augintos vėlyvos bulvės 'Olev', 1975 ir 1979 m. – vidutinio vėlyvumo 'Varsna', 1983 ir 1987 m. – vidutinio vėlyvumo 'Vilija', 1991, 1997 ir 2001 m. vidutinio ankstyvumo 'Nida'. Miežiai 1972 m. auginti 'Auksiniai II', 1976, 1980 ir 1984 m. – 'Nadia', 1988 ir 1992 m. – 'Roland', 1998 m. – 'Alsa' ir 2002 m. – 'Luokė'. Iki tyrimų rekonstrukcijos auginti dobilai 'Liepsna', o 1999 ir 2003 m. – 'Arimaičiai'. Žieminiai kviečiai 'Mironovskaja 808' auginti pirmosiose trijose rotacijose, kitose trijose – 'Širvinta 1', paskutinėse dviejose – 'Zentos'. Pateikta bulvių natūralaus drėgnio gumbų, vasarinių miežių ir žieminių kviečių 15 % drėgnio grūdų, dobilų sausųjų medžiagų derliaus duomenys. Pakartojimai – keturi, laukeliai išdėstyti atsitiktinai ir tyrimų metu nekeisti, todėl vidutinių keleto rotacijų duomenų dispersija skaičiuota iš susumuotų varianto tų pačių laukelių duomenų. Bandymų duomenys statistiškai apdoroti programomis STAT ir ANOVA /Tarakanovas, Raudonius, 2003/.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Bulvės. Per aštuonių sėjomainos rotacijų laikotarpį visi naudotų mineralinių trąšų deriniai turėjo teigiamą įtaką bulvių derliui – gautas 0,3-10,2 t ha^{-1} bulvių gumbų derliaus priedas (2 lentelė). Tai rodo, kad augalų aprūpinimas mitybinėmis medžiagomis priklausė nuo tręšimo visais tirtaisiais elementais, tarp kurių buvo ir siera. Mažiausiai – 0,3-2,4 t ha^{-1} – bulvių gumbų derlius padidėjo, palyginus su netręštų laukelių derliumi, pirmaisiais tyrimų metais. Vėlesniaisiais metais šie skirtumai didėjo. Skirtumai tarp tręšimo variantų, nors ir pasikartojantys bandymo eigoje, dažnokai nesiekė 95 % tikimybės lygio. To priežastimi galėjo būti Lietuvos dirvožemiams būdingas judriųjų maisto medžiagų kiekio varijavimas net ir nedideliuose plotuose. Patręšus NPK(S) trąšų deriniu, kuriame sieros šaltiniu buvo granuliuotame superfosfate esantis gipsas, gautas 0,1-1,9 t ha^{-1} didesnis gumbų derlius, palyginus su NPK deriniu, tačiau ne kiekvienoje rotacijoje. Šešerius metus iš aštuonerių gausiau derėjo NPK(S) maisto elementų iš trąšų gavusios bulvės. Taigi nuo sieros turinčio superfosfato bulvių derlingumas padidėdavo, palyginus su variantais be sieros, tačiau derliaus skirtumai buvo mažoki 95 % tikimybės lygiu. Vertinant bulvių derlingumo sėjomainos rotacijose duomenis pastebėta, kad tirtąsias aštuonias rotacijas pagal gautąjį bulvių derlingumo lygį mineralinėmis trąšomis netręštame variante, taigi pagal dirvožemio gebėjimą augalams atpalaiduoti maisto medžiagų iš sunkiau prieinamų jų formų, galima sugrupuoti į tris laikotarpius.

2 lentelė. Sieros, esančios superfosfate, įtaka bulvių gumbų derliui sėjomainoje
Table 2. *The effect of sulphur present in superphosphate on the potato tuber yield in the crop rotation*

Dotnuva, 1971, 1975, 1979, 1983, 1987, 1991, 1997 ir 2001 m.

Variantas *Treatment*	Bulvių gumbų t ha^{-1} $\bar{x}$ ir $s_{\bar{x}}$ / *Potato tubers t ha^{-1}* $\bar{x}$ ir $s_{\bar{x}}$									
	1971	1975	1979	1983	1987	1991	6 metų *6 years'*	1997	2001	2 metų *2 years'*
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	25,2 0,85	30,0 1,51	25,8 1,42	12,4 0,82	11,8 0,57	15,9 0,61	20,2 0,72	14,6 0,44	16,6 0,91	15,6 0,44
PK(S)	26,9 0,49	33,0 0,50	30,0 1,31	16,5 1,12	13,6 0,63	22,9 0,70	23,8 0,61	17,5 1,01	22,9 1,24	20,2 1,12
NPK	26,6 1,14	33,4 0,88	31,6 1,63	17,8 0,74	14,7 0,37	24,0 0,63	24,6 0,56	19,2 0,51	26,8 0,86	23,0 0,61
NPK(S)	27,6 1,00	35,0 0,61	31,2 1,30	18,5 1,13	15,2 0,34	23,6 0,65	25,2 0,56	21,1 0,87	26,8 0,50	24,0 0,48
NP	25,8 1,73	33,3 1,80	28,2 2,51	13,7 1,96	12,5 0,72	18,3 0,85	21,9 1,55	17,5 1,48	20,5 0,94	19,0 0,93
NK	25,5 1,22	32,9 1,57	29,5 1,31	17,4 0,98	14,6 0,50	22,0 1,70	23,6 1,05	20,5 0,64	24,2 0,77	22,4 0,71
R_{05} / LSD_{05}	2,5	3,0	2,9	2,5	1,5	3,2	2,1	2,78	3,17	2,59

Pirmasis laikotarpis – tai pirmosios trys rotacijos, kai per visą tyrimų laikotarpį gautas didžiausias bulvių derlius. Antrasis laikotarpis – tai ketvirta, penkta ir šešta rotacijos, kai gautas mažiausias bulvių derlius, ir trečiasis laikotarpis – tai dvi paskutinės rotacijos, kai padidinus azoto ir kalio trąšų normas bei pagerinus kitas augimo sąlygas, bulvių derlingumas pradėjo didėti (3 lentelė). Pirmuoju laikotarpiu dėl trąšų derlingumas padidėjo 8-16 %, antruoju – 11-42 %, trečiuoju – 22-54 %, palyginus su mineralinėmis trąšomis netręštomis bulvėmis. Vidutiniais duomenimis, tai sudarė atitinkamai 0,21-0,43, 0,14-0,57 ir 0,34-0,84 t gumbų iš hektaro. Įvertinus šių laikotarpių vidutinius bulvių derliaus duomenis nustatyta, kad gausiau derėjo NPK(S) trąšomis tręštosios bulvės. Mažesnis derlius gautas patręšus NPK, dar mažesnis, kai tręšta NK trąšomis, po jų seka PK(S) tręštosios, o mažiausias derlingumas buvo NP trąšomis tręštųjų bulvių. Kadangi bandyme bulvės buvo tręštos nedidelėmis mineralinių trąšų normomis, bulvių derlingumas buvo vidutinis. NPK(S) trąšomis tręštame variante jis svyravo, priklausomai nuo metų, nuo 15,2 iki 35,0 t ha^{-1}. Bulvių derlingumas labai sumažėjo antruoju laikotarpiu dėl neigiamo kalio balanso sėjomainoje /Mašauskas, Mašauskienė, 2005/. Saikingo tręšimo mineralinėmis trąšomis sąlygomis bulvių derlingumas labiausiai didėjo dėl kalio ir sieros. Maisto elementų svarba bulvėms su nedideliais nukrypimais išliko tokia pati pirmuoju, antruoju ir trečiuoju tyrimų laikotarpiais.

3 lentelė. Sieros, esančios superfosfate, įtaka bulvių gumbų derliui atskirais ilgalaikių tyrimų laikotarpiais

Table 3. *The impact of sulphur present in superphosphate on potato tuber yield over separate periods in the long-term experiment*

Dotnuva

Variantas *Treatment*	1, 2 ir 3 rotacijos (1971, 1975, 1979 m.) vidurkis *Average of 1, 2 and 3 rotations (of 1971, 1975 and 1979 years)*		4, 5 ir 6 rotacijos (1983, 1987, 1991 m.) vidurkis *Average of 4, 5 and 6 rotations (of 1983, 1987 and 1991 years)*		7 ir 8 rotacijos (1997 ir 2001 m.) vidurkis *Average of 7 and 8 rotations (of 1997 and 2001 years)*	
	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	27,0	100	13,4	100	15,6	100
PK(S)	3,0	111	0,43	132	4,6	130
NPK	3,5	113	0,54	141	7,4	148
NPK(S)	4,3	116	0,57	142	8,4	153
NP	2,1	108	0,14	111	3,4	122
NK	2,3	109	0,46	134	6,7	143
R_{05} / LSD_{05}	2,79	10,3	0,194	11,5	2,60	11,9

Duomenys rodo, kad vidutiniškai turtingame fosforo ir kalio, tačiau neturtingame sieros, karbonatingame glėjiškame rudžemyje sieros priedas trąšose bulvėms buvo efektyvus, tačiau sieros teigiamo efekto tikimybė visais metais buvo mažesnė kaip 95 %. Skelbtuose straipsniuose yra duomenų, kad sieros trąšos didino bulvių derlių, tačiau priedas buvo neesminis. Klikocka ir kt. /2004/ aprašo jų darytus bandymus, kuriuose vidutiniais dvejų metų duomenimis gauta 21,99-23,89 t ha^{-1} bulvių derlius, o išbėrus 25 ir 50 kg ha^{-1} sieros turinčių medžiagų bulvėms derliaus priedas buvo mažesnio kaip 95 % tikimybės lygio, be to, panaudoti 25 kg ha^{-1} sieros grynojo elemento pavidalu derliaus nedidino. Nepaisant to, autoriai padarė išvadą, kad sieros trąšos Rytų Lenkijos dirvose didino bulvių gumbų derlių. Mūsų tyrimuose sieros teigiamas efektas bulvėms taip pat buvo nedidelis, tačiau pasikartojantis.

Vasariniai miežiai. Pirmojoje sėjomainos rotacijoje mineralinėmis trąšomis netręštieji vasariniai miežiai, kurių gauta 3,76 t ha^{-1} grūdų, buvo 0,10-0,66 t ha^{-1} derlingesni už tręštuosius, nes tyrimų pradžioje miežiai, matyt, naudojo dirvožemyje esančias ir priešsėlio nepanaudotas maisto medžiagas (4 lentelė). Likusiose septyniose rotacijose nuo mineralinių trąšų miežių derlius didėjo, nors ne visada iš esmės. Penkerius metus iš aštuonerių dėl sieros turinčios trąšos naudojimo derlius mažai tepadidėjo – 0,06-0,18 t ha^{-1}. Nuo 1988 metų teigiamas NPK(S) trąšų derinio

efektas miežių derliui pasireiškė kiekvienoje rotacijoje, tačiau mažesniu kaip 95 % tikimybės lygiu. Vadinasi, tik nuo ketvirtos sėjomainos rotacijos miežiams galėjo nebeužtekti maisto medžiagų iš dirvožemio, tarp jų sieros junginių, gaunamų iš dirvožemio ir su krituliais. Tačiau derliaus padidėjimas, tręšiant sieros turinčia trąša, buvo neesminis. Neturtingame sieros dirvožemyje vasarinius miežius patręšus siera 10 kg ha^{-1} derlius padidėjo iš esmės – net 1,1 t ha^{-1}, arba 34,9 % (vidutinis buvo nuo 3,0 iki 4,5 t ha^{-1}, o sieros normą padidinus iki 40 kg ha^{-1}, derlius menkai tepadidėjo, palyginus su 10 kg ha^{-1} norma (bandymai daryti tik dvejus metus) /McGrath ir kt., 2002/. Dotnuvoje vasarinių miežių derlingumui meteorologinės sąlygos darė daugiau įtakos, negu tręšimas: pirmaisiais tyrimų metais derlius buvo 3,10-3,76 t ha^{-1}, o ketvirtaisiais sėjomainos rotacijos metais, kai dirvos maisto medžiagų resursai dėl neigiamo kalio balanso buvo šiek tiek sumažėję ir tikimybė gauti mažesnį augalų derlių padidėjo, miežių grūdų gauta 4,01-5,25 t ha^{-1}, įskaitant netręštąjį variantą. Tai žymiai daugiau negu pirmoje sėjomainos rotacijoje.

4 lentelė. Sieros, esančios superfosfate, įtaka vasarinių miežių derliui
Table 4. *The effect of sulphur present in superphosphate on spring barley yield*
Dotnuva, 1972, 1976, 1980, 1988, 1992, 1998, 2002 m.

Variantas *Treatment*	Grūdų t ha^{-1} $\bar{x}$ ir $s_{\bar{x}}$ / *Grain yield t ha^{-1}* $\bar{x}$ ir $s_{\bar{x}}$									
	1972	1976	1980	1984	1988	1992	6 metų *6 years'*	1998	2002	2 metų *2 years'*
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	3,76 0,12	4,45 0,20	2,80 0,09	4,01 0,21	1,87 0,06	1,84 0,12	3,13 0,06	2,39 0,19	2,96 0,07	2,68 0,12
PK(S)	3,66 0,12	4,78 0,18	2,91 0,08	4,25 0,24	2,42 0,12	2,61 0,22	3,44 0,10	2,85 0,17	3,11 0,25	2,94 1,12
NPK	3,56 0,12	5,67 0,30	2,81 0,15	5,16 0,20	2,73 0,12	2,98 0,25	3,82 0,06	4,35 0,19	4,07 0,17	4,21 0,61
NPK(S)	3,49 0,06	5,84 0,04	2,65 0,16	5,16 0,19	2,84 0,14	3,04 0,23	3,84 0,07	4,52 0,14	4,14 0,21	4,33 0,48
NP	3,10 0,14	5,62 0,36	2,42 0,25	5,25 0,28	2,30 0,04	2,85 0,20	3,59 0,15	4,33 0,15	3,65 0,24	3,99 0,93
NK	3,44 0,22	5,97 0,12	2,74 0,14	5,25 0,11	2,55 0,09	3,15 0,19	3,85 0,06	4,52 0,12	3,90 0,14	4,21 0,71
R_{05} / LSD_{05}	0,41	0,52	0,44	0,32	0,23	0,44	0,40	0,38	0,45	0,36

Suskirsčius tyrimų laikotarpį etapais, kaip buvo padaryta nagrinėjant bulvių augimo sąlygas, pirmajame etape vasarinių miežių derlingumas tręšiant buvo 1-10 % didesnis, antrajame – 20-43 %, o trečiajame – 10-62 % didesnis, palyginus su netręštaisiais (5 lentelė). Vadinasi, trąšų efektas rotacijose dėl neigiamo maisto medžiagų balanso vis didėjo. Vidutiniais duomenimis, sieros efektas, palyginus NPK(S) ir NPK tręšimo derinius, pradėjo ryškėti laikotarpiu pradedant 1984 metais, tačiau derliaus skirtumai buvo mažoki vertinant 95 % tikimybės lygiu.

5 lentelė. Sieros, easnčios superfosfate, įtaka miežių grūdų derliui atskirais ilgalaikių tyrimų laikotarpiais

Table 5. *The impact of sulphur present in superphosphate on spring barley grain yield over separate periods in the long-term experiment*

Dotnuva

Variantas *Treatment*	1, 2 ir 3 rotacijos (1972, 1976, 1980 m.) vidurkis *Average of 1, 2 and 3 rotations (of 1971, 1975 and 1979 years)*		4, 5 ir 6 rotacijos (1984, 1988, 1992 m.) vidurkis *Average of 4, 5 and 6 rotations (of 1983, 1987 and 1991 years)*		7 ir 8 rotacijos (1998 ir 2002 m.) vidurkis *Average of 7 and 8 rotations (of 1997 and 2001 years)*	
	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	3,67	100	2,57	100	2,68	100
PK(S)	0,12	103	0,52	120	0,3	111
NPK	0,34	109	1,05	141	1,54	157
NPK(S)	0,32	109	1,11	143	1,66	162
NP	0,04	101	0,89	135	1,32	149
NK	0,38	110	1,08	142	1,53	157
R_{05} / LSD_{05}	0,248	9,0	0,261	7,6	0,362	9,4

Miežių, tręštų NPK, NPK(S) arba NK deriniais, derlius atskirais ilgalaikių tyrimų laikotarpiais buvo beveik vienodas. Apibendrinus miežių derlingumo duomenis prieita išvados, kad netręšiant karbonatingų glėjiškų rudžemių mineralinėmis trąšomis užauginama iki 4,45 t ha^{-1} miežių grūdų, todėl tręšimas sieros turinčia trąša mažai veiksmingas. Kai dirvožemis natūraliai subrandina iki 2,96 t ha^{-1} miežių grūdų, nuo mineralinių trąšų derlingumas labai padidėja, pirmiausia – tai nuo azoto ir kalio trąšų. Fosforo reikšmė, didinant derlingumą, buvo mažiausia.

Raudonieji dobilai. Raudonųjų dobilų sausųjų medžiagų derliaus priklausomumas nuo mineralinių trąšų derinių buvo nenuoseklus (6 lentelė). Dobilų derliui skirtinguose tręšimo variantuose daug reikšmės turėjo ne tik trąšų deriniai, bet ir antsėlio derlius. Po gausiau derėjusių miežių dobilai buvo silpnesni. Nenustatyta, kad be mineralinių trąšų auginami dobilai visose sėjomainos rotacijose būtų mažiau derlingi už tręštuosius.

Taikant NPK(S) trąšos derinį, palyginus su NPK deriniu, dobilų derlius padidėjo tik trijose iš aštuonių tirtųjų rotacijų ir derliaus skirtumas 0,03-0,24 t ha^{-1}, kuris buvo neesminis vertinant 95 % tikimybės lygiu. Tačiau tai buvo vieninteliai atvejai, įrodantys sieros reikalingumą esant NPK(S) mitybinių medžiagų deriniui.

6 lentelė. Sieros, esančios superfosfate, įtaka raudonųjų dobilų žolės sausųjų medžiagų derliui

Table 6. *The effect of sulphur present in superphosphate on red clover dry matter yield*

Dotnuva, 1973, 1977, 1981, 1985, 1989, 1993, 1999 ir 2003 m.

Variantas *Treatment*	Sausosios medžiagos t ha^{-1} $\bar{x}$ ir $S_{\bar{x}}$ / *Dry matter yield t ha^{-1}* $\bar{x}$ ir $S_{\bar{x}}$									
	1973	1977	1981	1985	1989	1993	6 metų *6 years'*	1999	2003	2 metų *2 years'*
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	4,56 0,24	5,64 0,49	3,89 0,17	5,59 0,52	2,06 0,08	2,27 0,05	4,00 0,07	5,14 0,07	3,87 0,14	4,50 0,08
PK(S)	5,11 0,07	6,79 0,20	4,12 0,11	5,87 0,52	1,58 0,16	2,78 0,08	4,38 0,08	5,72 0,06	4,88 0,19	5,30 0,09
NPK	5,46 0,20	5,59 0,23	3,27 0,26	6,23 0,30	2,01 0,16	2,72 0,12	4,21 0,07	4,69 0,30	4,91 0,25	4,80 0,14
NPK(S)	5,49 0,31	5,83 0,20	3,23 0,29	6,11 0,73	1,94 0,27	2,64 0,10	4,21 0,21	4,53 0,24	5,09 0,21	4,81 0,21
NP	4,85 0,33	4,81 0,22	3,15 0,43	6,53 0,22	2,46 0,09	2,44 0,15	4,04 0,16	4,60 0,35	4,07 0,48	4,34 0,25
NK	5,00 0,20	5,44 0,31	3,31 0,14	6,89 0,27	2,37 0,26	2,62 0,18	4,27 0,18	4,58 0,27	4,20 0,25	4,39 0,25
R_{05} / LSD_{05}	0,27	0,61	0,54	0,73	0,59	0,32	0,39	0,37	0,56	0,45

Variantas, kuriame naudotas PK(S) trąšų derinys, t.y. dobilai netręšti azoto trąšomis, šešiais atvejais iš aštuonių buvo šiek tiek pranašesnis už variantus, kuriuose azotas naudotas. Patręšus azoto trąšomis dobilų vystymasis silpnėjo. Manoma, kad PK(S) derinys sėjomainoje po miežių augintiems dobilams buvo palankus todėl, kad šiame variante, palyginus su kitais, gautas mažesnis priešsėlio derlius. Priešsėlio įtaka derliui galėjo būti svarbesnė, palyginus su sieros įtaka. Smėlio dirvose nuo sieros trąšų, kurių naudota iki 50 kg ha^{-1} SO_3 (20 kg ha^{-1} S), žolių derlius padidėjo iki 10 % /Mathot ir kt., 2002; Mertens ir kt., 2003/. Dotnuvoje bandymai buvo įrengti lengvame priemolyje, tai taip pat galėjo būti viena iš priežasčių, nulėmusi tai, kad sieros trąšų efektyvumas dobilams buvo mažas. Atskirais tyrimų laikotarpiais dobilų derliaus priklausomumas nuo trąšų derinių buvo netolygus (7 lentelė). Neveiksmingiausi buvo NP ir NK trąšų deriniai pirmuoju ir trečiuoju laikotarpiais. Antruoju laikotarpiu šie deriniai buvo efektyviausi. Nuo PK(S), NPK ir NPK(S) trąšų, palyginus su netręštaisiais laukeliais, sausųjų medžiagų derlius pirmame etape padidėjo 2-14 %, antrame – iki 6 % ir trečiame – 7-18 %. Sieros turinčių trąšų efekto didelių pokyčių atskirais tyrimų laikotarpiais neišryškėjo. Paskutiniosiose sėjomainos rotacijose, kuriose taikyti intensyvesni dirvožemio derlingumo atstatymo būdai, palyginus su pirmesnėmis

rotacijomis, o ir dobilai pjauti du kartus, palankiausiais laikytini tręšimas PK(S) ir NPK trąšų deriniais.

7 lentelė. Sieros, esančios superfosfate, įtaka raudonųjų dobilų žolės sausųjų medžiagų derliui atskirais ilgalaikių tyrimų laikotarpiais
Table 7. *The impact of sulphur present in superphosphate on red clover dry matter yield over separate periods in the long-term experiment*

Dotnuva

Variantas *Treatment*	1, 2 ir 3 rotacijos (1973, 1977, 1981 m.) vidurkis *Average of 1, 2 and 3 rotations (of 1971, 1975 and 1979 years)*		4, 5 ir 6 rotacijos (1985, 1989, 1993 m.) vidurkis *Average of 4, 5 and 6 rotations (of 1983, 1987 and 1991 years)*		7 ir 8 rotacijos (1999 ir 2003 m.) vidurkis *Average of 7 and 8 rotations (of 1997 and 2001 years)*	
	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	5,53	100	4,03	100	4,50	100
PK(S)	0,76	114	-0,02	99	0,80	118
NPK	0,09	102	0,26	106	0,30	107
NPK(S)	0,18	103	0,15	104	0,31	107
NP	-0,50	91	0,44	111	-0,16	96
NK	-0,13	98	0,62	115	-0,11	98
R_{05} / LSD_{05}	0,437	7,9	0,620	17,1	0,454	9,8

Nors raudonųjų dobilų derlingumo ir tręšimui naudotų mineralinių trąšų maisto elementų priklausomumas nenuoseklus, siera dobilams gali būti efektyvi tik panaudota kartu su NPK arba su PK. Apibendrinus viso tyrimų laikotarpio dobilų derlingumo duomenis, geriausiais laikytini tręšimo PK(S) ir NPK trąšomis variantai.

Žieminiai kviečiai. Pirmosiose trijose sėjomainos rotacijose, atsižvelgiant į tręšimo variantus ir metų sąlygas, derlingumas svyravo nuo 4,08 iki 6,77 t ha^{-1}, kitose dviejose – nuo 2,40 iki 3,92 t ha^{-1}, 1990 metais gauta 5,69-6,68 t ha^{-1}, o paskutiniosiose dviejose sėjomainos rotacijose, kur taikytos intensyvesnės derlingumo didinimo priemonės, – 4,28-7,60 t ha^{-1} (8 lentelė). Šie duomenys rodo buvus didelį žieminių kviečių derliaus priklausomumą ne tik nuo tręšimo derinių, bet ir nuo meteorologinių sąlygų. Mažiausias derlius gautas laukeliuose, kur kviečiai augo be azoto trąšų. Sieros teigiamas efektas, pasireiškęs grūdų derliaus didėjimu, buvo penkiose rotacijose iš aštuonių: patręštų NPK(S) trąšų deriniu, gautas 0,06-0,25 t ha^{-1} derliaus skirtumas, palyginus su NPK tręštaisiais. Tačiau šie skirtumai buvo

neesminiai vertinant 95 % tikimybės lygiu. Tai rodo, kad sėjomainoje po dobilų auginamiems žieminiams kviečiams 3,52-7,8 t ha^{-1} grūdų derliui subrandinti sieros pakanka iš dirvožemio atsargų. Tikimybė, kad tręšiant sieros turinčiomis trąšomis pagerės žieminių kviečių augimo sąlygos NPK trąšų fone, labai maža. Dotnuvoje gauti duomenys nepatvirtino kitose šalyse gautų duomenų apie teigiamą sieros poveikį žieminiams kviečiams. Auginant žieminius kviečius be sieros, gauta 2-3 ir 8-9 t ha^{-1} grūdų, 10-20 kg ha^{-1} S norma derlių bandymuose padidino 12-16 % /McGrath ir kt., 2002/. Mažo sieros trąšų efekto Dotnuvoje darytuose bandymuose viena iš priežasčių galėjo būti saikingas tręšimas azoto trąšomis. Šiaurės Belgijoje kviečių pasėliams taip pat netrūksta sieros /Mertens ir kt., 2003/.

8 lentelė. Sieros, esančios superfosfate, įtaka žieminių kviečių grūdų derliui
Table 8. *The effect of sulphur present in superphosphate on winter wheat grain yield*

Dotnuva, 1974, 1978, 1982, 1986, 1990, 1994, 2000, 2004 m.

Variantas *Treatment*	Grūdų t ha^{-1} $\bar{x}$ ir $s_{\bar{x}}$ / *Grain t ha^{-1} $\bar{x}$ ir $s_{\bar{x}}$*									
	1974	1978	1982	1986	1990	1994	6 metų *6 years'*	2000	2004	2 metų *2 years'*
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	4,08 / 0,15	4,83 / 0,16	5,54 / 0,22	2,91 / 0,17	5,69 / 0,22	2,41 / 0,12	4,24 / 0,12	6,03 / 0,16	4,28 / 0,04	5,15 / 0,09
PK(S)	4,65 / 0,09	4,29 / 0,15	5,93 / 0,27	3,45 / 0,16	5,43 / 0,21	3,16 / 0,10	4,49 / 0,09	6,35 / 0,24	4,51 / 0,18	5,44 / 0,19
NPK	4,81 / 0,11	4,42 / 0,14	6,77 / 0,28	3,81 / 0,18	6,08 / 0,12	3,84 / 0,15	4,95 / 0,12	7,60 / 0,15	6,36 / 0,31	6,98 / 0,22
NPK(S)	5,00 / 0,06	4,15 / 0,29	6,64 / 0,13	3,87 / 0,13	6,33 / 0,19	3,82 / 0,17	4,97 / 0,12	7,80 / 0,16	6,55 / 0,22	7,18 / 0,15
NP	4,83 / 0,30	4,85 / 0,20	6,72 / 0,23	3,52 / 0,12	6,68 / 0,22	3,92 / 0,16	5,09 / 0,10	7,18 / 0,48	6,59 / 0,38	6,89 / 0,40
NK	4,79 / 0,17	4,90 / 0,12	6,60 / 0,22	3,70 / 0,27	6,64 / 0,14	3,85 / 0,22	5,08 / 0,16	7,93 / 0,34	6,13 / 0,28	7,04 / 0,28
R_{05} / LSD_{05}	0,25	0,50	0,49	0,45	0,39	0,47	0,36	0,72	0,679	0,26

Įvertinus trąšų veikimą atskirais tyrimų laikotarpiais pastebėta, kad derliaus priedas mineralinėmis trąšomis tręštuose laukeliuose buvo 3-14 % didesnis pirmame, 9-29 % antrame ir 5-39 % trečiame bandymo vykdymo laikotarpiuose, palyginus su netręštaisiais laukeliais (9 lentelė). Trąšų efektyvumo didėjimas sietinas su didėjančiu dirvožemio maisto medžiagų stygiumi neigiamo azoto ir kalio balanso sąlygomis /Mašauskas, Mašauskienė, 2005/. Teigiama sieros įtaka kviečių derliui pradėjo ryškėti vėlesnėse rotacijose. Tačiau tai buvo maži ir 95 % tikimybės lygiu neesminiai skirtumai. Siera tyrimų sąlygomis nebuvo svarbiausias elementas didinant derlingumą.

9 lentelė. Sieros, esančios superfosfate, įtaka žieminių kviečių grūdų derliui atskirais ilgalaikių tyrimų laikotarpiais

Table 9. *The impact of sulphur present in superphosphate on winter wheat grain yield over separate periods in the long-term experiment*

Dotnuva

Variantas *Treatment*	1, 2 ir 3 rotacijos (1974, 1978, 1982 m.) vidurkis *Average of 1, 2 and 3 rotations (of 1974, 1978 and 1982 years)*		4, 5 ir 6 rotacijos (1986, 1990, 1994 m.) vidurkis *Average of 4, 5 and 6 rotations (of 1986, 1990 and 1994 years)*		7 ir 8 rotacijos (2000 ir 2004 m.) vidurkis *Average of 7 and 8 rotations (of 2000 and 2004 years)*	
	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*	Derlius ir skirtumas t ha^{-1} *Yield and difference t ha^{-1}*	Santykiniai skaičiai *Relative values*
Kontrolinis (netręšta) *Without fertilizer*	4,81	100	3,67	100	5,15	100
PK(S)	0,15	103	0,35	109	0,28	105
NPK	0,52	111	0,91	125	1,83	135
NPK(S)	0,45	109	1,00	127	2,02	139
NP	0,65	114	1,04	128	1,73	133
NK	0,62	113	1,06	129	1,88	134
R_{05} / LSD_{05}	0,292	5,5	0,369	8,2	0,617	9,2

Sėjomainoje po raudonųjų dobilų augintiems žieminiams kviečiams svarbiausiu maisto elementu buvo azotas. Antruoju pagal svarbą pirmose trijose rotacijose – fosforas. Antru laikotarpiu tręšimo deriniai NPK, NPK(S) ir NP buvo panašaus efektyvumo. Trečiąjį laikotarpį už NPK šiek tiek efektyvesni buvo NPK(S), NP ir NK tręšimo variantai.

Aptariant 34 metų tyrimų sėjomainos augalų derlingumo rezultatus, laikotarpis dalintas į 3 dalis. Pirmaisiais 12 metų (1971-1982) augalai naudojosi gausesniais dirvožemio maisto medžiagų resursais, palyginus su antruoju periodu. Antruoju periodu, t.y. 1983-1994 metais dviejose rotacijose iš trijų gautas mažesnis, palyginus su pirmuoju periodu, bulvių, vasarinių miežių, raudonųjų dobilų ir žieminių kviečių derlius. Tai neigiamo kalio balanso pasekmė. Tačiau net ir neigiamo kalio balanso sąlygomis sėjomainų rotacijose dirvožemis kai kuriomis maisto medžiagomis augalus aprūpino iš sunkiau atpalaiduojamų dirvožemio maisto medžiagų rezervo. Tai rodo judriojo kalio kiekio dirvožemyje analizės /Mašauskas, Mašauskienė, 2005/. Pagal šio elemento koncentraciją dirvožemis išliko tos pačios, t. y. vidutinio apsirūpinimo kaliu grupės. Trečiuoju laikotarpiu, kai 1997-2004 metais padidintos azoto ir kalio trąšų normos, užarti šiaudai, dobilai

pjauti du kartus, padidėjo ir dirvožemio, ir sėjomainos augalų derlingumas. Įvertinus visų keturių sėjomainos augalų derlingumą, palankiausiai augalų derlingumą veikė NPK(S) trąšų derinys. Šiek tiek atsiliko NPK trąšų derinys. Taigi sieros turinčios trąšos veiksmingos, labiausiai bulvėms, mažiau – vasariniams miežiams. Žieminiams kviečiams sieros efektas labai mažas, ir sietinas su azoto trąšų naudojimu. Raudoniesiems dobilams, kurie netręšti startine azoto trąšų norma, siera buvo efektyvi. Deja, šie efektai įrodomi tik nedideliu tikimybės lygiu, ir dėl dirvožemio savybių netolygumo nustatyti ne kiekvienais metais. Kai kurių tyrėjų padarytos išvados apie teigiamą sieros poveikį derlingumui paremti duomenimis, kai bandymuose tegautas 0,06, 0,10 t ha^{-1} kviečių derliaus priedas, esant 8,44 t ha^{-1} grūdų derliui netręšiant siera /Richter ir kt., 2001/. Viena mažo sieros efektyvumo sėjomainos augalams priežasčių laikytina, matyt, didokas duomenų, gautų iš atskirų variantų laukelių, išsibarstymas. Štai keturių pakartojimų derlingumo duomenų varijacijos koeficientai atskirais bandymų metais javams buvo nuo 4 iki 17 %, bulvėms ir dobilams – iki 27 %. Kaip sieros šaltinis naudotas granuliuotas superfosfatas, kurio sudėtyje esantis gipsas turi ne tik sieros, bet ir 21 % kalcio (Ca). Galbūt augalams įtakos galėjo turėti ne tik siera, bet ir kalcis. Šią prielaidą paneigtų faktas, kad bandymas įrengtas karbonatingame dirvožemyje, kurio armens kilograme per visą tyrimų laiką buvo 0,4-0,5 g Ca. Per ilgalaikį bandymą neišvengta tiriamųjų augalų veislių kaitos, kai buvusi veislė pakeičiama naujesne, produktyvesne. Tai laikytina teigiamu bandymo bruožu, padėjusiu atskleisti trąšų veikimo dėsningumus.

Akivaizdaus sieros efektyvumo kitimo, sietino su laikotarpiais, kai manoma, kad į dirvą patekdavo mažiau sieros dėl pagerėjusių aplinkosaugos priemonių, nepastebėta. Sieros, patenkančios į dirvą su krituliais, sumažėjimas dėl mažesnės taršos jau skelbtas /Heneklaus ir kt., 2003/. Kadangi judri siera dirvožemyje greitai migruoja, iš patenkančių su krituliais sieros junginių atsargų susidaryti negalėjo. Matyt, Vidurio Lietuvos lengvo priemolio karbonatinguose glėjiškuose rudžemiuose siera dirvožemiai aprūpinami iš geogeninių mineralų, galbūt gipso ir pirito, kuriems dūlant sieros junginiai su gruntiniais vandenimis pakeliami į augalams prieinamus dirvožemio sluoksnius. Sieros junginiai geba pakilti iš mineralų į augalų šaknims prieinamus dirvožemio sluoksnius, ir augalai iš dirvožemio atsargų siera aprūpinami žymiai gausiau, palyginus su tuo kiekiu, kuris galėtų patekti į dirvą su krituliais /Schung ir kt., 2004/. Tačiau kyla klausimas apie galimą didesnį sieros išplovimą iš laukelių, kuriuose naudota sieros turinti trąša. Mūsų atlikti sieros išplovimo tyrimai rodo, kad iš superfosfatu tręštų laukelių sieros (S) buvo išplauta vidutiniškai 32, iš amofosu tręštųjų – 34, o iš visai netręštų – 30 kg ha^{-1}. Vadinasi, visais tręšimo atvejais buvo išplaunamas labai panašus sieros kiekis. Visos šios priežastys lėmė, kad mūsų darytuose tyrimuose su mineralinėmis trąšomis į dirvą patekusi siera nebuvo svarbiu derlingumą ribojančiu elementu, bent jau tais atvejais, kai didžiausias gautas bulvių derlius buvo iki 35, vasarinių miežių – iki 5,84, dobilų sausųjų medžiagų – iki 5,8, žieminių kviečių – iki 6,77 t ha^{-1}.

Vertinant kitų tirtųjų tręšimo derinių efektą sėjomainos augalų derliui atskirose rotacijose nustatyta, kad siekiant gausesnio miežių ir kviečių derliaus, pirmenybė teiktina NK trąšų deriniui, o bulvės ir dobilai geriau derėjo tręšti PK(S) trąšomis. Derinio NP efektyvumas buvo mažiausias. Tai rodo, kad vidutiniškai turtingame fosforo karbonatingame glėjiškame rudžemyje fosforo trąšos turėjo mažiausiai įtakos didinant augalų derlingumą. Laikotarpiu, kai dėl neigiamo kalio balanso sėjomainoje labai išryškėjo kalio svarba augalų derlingumui, NK trąšų derinys veikimu prilygo NPK(S) deriniui. Tai rodo, kad, kai augalai stokoja kalio, sieros veikimas būna neveiksmingas. Laikotarpiu, kai dirvos derlingumui atkurti buvo naudotos intensyvesnės priemonės, pranašesnės vėl buvo NPK(S) trąšos, po jų – NPK trąšų derinys.

Išvados

1. Sėjomainoje, kurioje bulvių gumbų gauta iki 35,0, vasarinių miežių grūdų – iki 6,0, dobilų sausųjų medžiagų – iki 7,0, žieminių kviečių grūdų – iki 6,8 t ha^{-1}, su granuliuotu superfosfatu įterpti 23-35 kg ha^{-1} sieros (S), kuri gipso pavidalu buvo superfosfato sudedamoji dalis, buvo mažai efektyvus, derliaus skirtumas nesiekė 95 % tikimybės lygio.

2. Vertinant žemesniu kaip 95 % tikimybės lygiu, nustatytas sieros turinčios trąšos teigiamas efektas derlingumui – didžiausias bulvėms, mažesnis – vasariniams miežiams. Žieminių kviečių derlingumui sieros efektas buvo labai mažas ir pasireiškė tręšiant kartu su azoto trąšomis. Raudoniesiems dobilams siera nebuvo veiksminga.

3. Esminio sieros efektyvumo kitimo atskirais tyrimų laikotarpiais per 34 metus nenustatyta, tačiau, pradedant 1984 metais, pastebėtas nedidelis teigiamas sieros turinčios trąšos efektas augalų derliui.

4. NK ir NPK trąšų derinių labai panašus veikimas rodo, kad augalams svarbesnės buvo kalio trąšos, palyginus su fosforo trąšomis. PK(S) ir NP trąšų efektas, palyginus su kitais trąšų deriniais, augalų derliui buvo mažiausias.

Gauta 2005 09 21
Pasirašyta spaudai 2005 11 11

LITERATŪRA

1. Heneklaus S., Fleckenstein J., Schnug E. Comparative studies of plant 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

2. Heneklaus S., Bloem E., Schnug E. The global sulphur cycle and its links to plant environment // Sulphur in plants / eds. Y.P. Abrol, A. Ahmad. - Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 2003, p.1-28

3. Klikocka H., Heneklaus S., Bloem E., Schnug E. Ocena potrzeba nawożenia ziemniaka siarką // Nawozy i nawożenie. - 2004,vol.5 (4), p.143-150

4. Mašauskas V., Mašauskienė A. Effects of biennial and every four years versus annual potassium application in long-term experiment // Počvovedenie i agrochimija. / Institut Počvovedenija i agrochimii Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Minsk, janvar'-ijun' 2005, No.1 (34), s.252-255. - Rus.

5. Mathot M., Lambert R., Mertens J. et al. Effects of N and S fertilization on grass yield and quality in Belgium / Book of abstracts of the 5th Workshop on sulphur transport and assimilation. April 11-14, 2002. - ENSA Montpellier, France, 2002, p.10-13

6. Mc Grath S.P., Zhao F.J. A risk assessment of sulphur deficiency in cereals using soil and atmospheric deposition data // Soil Use and Management. - 1995, vol.11, p.110-114

7. McGrath S.P., Zhao F.J., Blake-Kalff M.M.A. Crop quality effects of sulphur and nitrogen / Agronomic Intelligence, the Basis for Profitable Production: HGCA R&D Conference / Home Grown Cereals Authority. - London, 2002, p.12.1-12.12

8. Mertens J., Verlinden G., Mathot M., Geypens M. Progress in sulphur research in Belgium (1977-2003) / Book of abstracts of the meeting: progress in plant sulphur research 1997-2003. - FAL Braunschweig, Germany, 2003, p.26

9. Messick D., Fan M., de Brey C. Global sulphur requirement and sulphur fertilizers / Landbauforschung Vőlkenrode // FAL Agricultural Research. - 2005, Special issue 283, p.97-104

10. Schnug E., Gaj R., Heneklaus S. Visual diagnosis of sulphur nutrition in major agricultural crops. Braunschweig. - 2004, p.78-91. Internetinis adresas 2005 06 10: http://www.pb.fal.de/en/library/publications/pb1790.pdf

11. Schnug E., Heneklaus S. The role of sulphur in sustainable agriculture // Landbauforschung Vőlkenrode. FAL Agricultural Research. Special issue 283. - 2005, p.131-135

12. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. - Akademija, 2003. - 57 p.

13. Richter R., Hřivna L., Ryant P., Šottnikovà V. Vliv na vynos a kvalitu zemledelskych plodin // Racionalni použiti hnojiv: Sbornik z konference / ČZU. - Praze, 2001, p.62-69

14. Zhao F,. McGrath S., Blake-Kalff M. et al. Crop responses to sulphur fertilisation in Europe / Proceedings of the International Fertiliser Society. International Fertiliser Society. - York, UK, 2002, No.504, p.27

ISSN 1392-3196
Agriculture. Scientific articles, 2005, 4, 92, 36-51
UDK 633:631.811.7631.582

THE IMPACT OF THE LONG-TERM APPLICATION OF SUPERPHOSPHATE AS SULPHUR CONTAINING FERTILIZER ON THE YIELD OF CROPS IN THE ROTATION

V. Mašauskas, A. Mašauskienė

Summary

Long-term field trials were carried out at the Lithuanian Institute of Agriculture in Dotnuva (Central Lithuania) during 1971-2004 on an Endocalcari – Endohypogleic Cambisol (CMg-n-w-can). The agrochemical characteristics demonstrated moderate contents of potassium and phosphorus, poor contents of available sulphur, the content of carbon ranged from 1.33 to 1.49 %. The aim of the study was to estimate the effects of sulphur containing fertilizer on the yield of crops in the Norfolk crop rotation: potato, spring barley, red clover, and winter wheat. Sulphur at a rate or S_{23-35} was applied as gypsum together with single superphosphate. On the background of the moderate fertilization, when in the four course Norfolk rotation potato yielded up to 35.0, spring barely up to 6.0, dry matter of red clover up to 7.0, winter wheat up to 6.8 t ha-1, the efficacy of sulphur containing fertilizer application compared with fertilizer without sulphur was minor. Despite this, the positive effects of less than 95 % probability level were obtained on the crop yield: distinct for potato and lower for spring barely. Over 34 years there was no noticeable manifestation of sulphur efficacy over separate periods of the experiment.

Key words: fertilization, sulphur, Norfolk rotation, yield.