

ISSN 1392-3196

Žemdirbystė-Agriculture, t. 97, Nr. 1 (2010), p. 71–82

UDK 631.811.1/4:631.421.3:631.582

## Ilgalaikio tręšimo įtaka anijonų išplovimui

Tomas ADOMAITIS, Jonas MAŽVILA, Zigmas VAIŠVILA, Jonas ARBAČIAUSKAS,  
Antanas ANTANAITIS, Jadvyga LUBYTĖ, Donatas ŠUMSKIS

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Agrocheminių tyrimų laboratorija

Savanorių pr. 287, Kaunas

E. paštas: dirvotyra@agrolab.lt

### Santrauka

Straipsnyje pateikti tyrimų duomenys ilgalaikio sėjomaininio bandymo, 1971 m. įrengto (lizimetrai įrengti 1976 m.) Vidurio Lietuvoje (Radviliškio r., Skėmiai), moreninės kilmės lengvo priemolio sekliai bei giliau karbonatingame, giliau glėjiškame rudžemyje (RDg4-k1), *Epicalcari-Endohypogleyic Cambisol* (CMg-n-w-cap). Tirta sistemingo tręšimo skirtingomis normomis NPK trąšų sėjomainoje (žieminiai kviečiai→cukriniai runkeliai→vasariniai miežiai→vasariniai rapsai→vienametės ir daugiametės žolės) įtaka  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  bei Cl<sup>-</sup> koncentracijai lizimetrų vandenyje (40 ir 80 cm gylyje).

Ilgą laiką tiriant mineralinių trąšų įtaką anijonų migracijai nustatyta, kad 33 metų (1976–2008) vidutiniais duomenimis, augalus patręšus 96 kg ha<sup>-1</sup> fosforo trąšų azoto ir kalio trąšų fone, fosfatų ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) koncentracija lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje padidėjo 1,45 mg l<sup>-1</sup>, arba 8,6 karto, trąšų kiekį padidinus iki 192 kg ha<sup>-1</sup> – 2,73 mg l<sup>-1</sup>, arba 15,2 karto, o netręšto dirvožemio lizimetrų vandenyje jų buvo 0,15–0,23 mg l<sup>-1</sup>. Kasmet išbėrus vidutiniškai 96 ir 192 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> azoto ir kalio trąšų fone, fosfatų migracijos nuostoliai siekė apie 2 ir 4 kg ha<sup>-1</sup>, arba beveik 2 % išbertos kiekio, o iš netręšto dirvožemio jų išplauta tik apie 0,2 kg ha<sup>-1</sup>.

Vidutinė sulfatų ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) koncentracija dirvožemio, netręšto fosforo trąšomis (N<sub>111,222</sub>P<sub>0</sub>K<sub>96,192</sub>), turinčiomis sieros, lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje buvo 31–32 mg l<sup>-1</sup>, o tręšto pagal vidutines (N<sub>111</sub>P<sub>96</sub>K<sub>96</sub>) ir dideles (N<sub>222</sub>P<sub>192</sub>K<sub>192</sub>) trąšų normas padidėjo atitinkamai 96 ir 189 mg l<sup>-1</sup>, arba 4,1 ir 6,9 karto. Kasmet su superfosfatu išbėrus vidutiniškai apie 68,6 kg sieros (S) azoto ir kalio trąšų fone, iš dirvožemio 0–40 cm gylio sulfatų išplauta 162 kg ha<sup>-1</sup>, išbertą sieros kiekį padvigubinus – 282 kg ha<sup>-1</sup>, o iš netręšto dirvožemio – tik apie 48 kg ha<sup>-1</sup>.

Chloridų (Cl<sup>-</sup>) koncentracija dirvožemio, netręšto kalio trąšomis (N<sub>111,222</sub>P<sub>96,192</sub>K<sub>0</sub>), turinčiomis chloro, lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje buvo 16–24 mg l<sup>-1</sup>, o kasmet tręšto pagal N<sub>111</sub>P<sub>96</sub>K<sub>96</sub> ir N<sub>222</sub>P<sub>192</sub>K<sub>192</sub> trąšų normas – 43 ir 85 mg l<sup>-1</sup>. Kasmet su kalio chloridu į dirvožemį patekus vidutiniškai apie 72 kg chloro (Cl<sup>-</sup>) azoto ir fosforo trąšų fone, chloridų iš dirvožemio 0–40 cm gylio išplauta apie 55 kg ha<sup>-1</sup>, išbėrus 144 kg ha<sup>-1</sup> – 108 kg ha<sup>-1</sup>, o iš netręšto dirvožemio – tik apie 15 kg ha<sup>-1</sup>.

Iš dirvožemio daugiausia išplauta sulfatų, mažiau – chloridų ir mažiausiai – fosfatų: nuo tręšimo superfosfatu fosfatų ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) išplovimas padidėjo iki 15,2 karto, sulfatų ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) – 6,9 karto, o chloridų (Cl<sup>-</sup>) nuo tręšimo kalio chloridu – iki 7 kartų.

Palyginti su 40 cm gyliu, lizimetrų vandenyje 80 cm gylyje fosfatų koncentracija buvo apie 1,5–2,5 karto mažesnė, o sulfatų ir chloridų – panaši.

Reikšminiai žodžiai: NPK trąšos,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Cl<sup>-</sup>, koncentracija.

### Įvadas

Dėl neracionalaus trąšų bei kitų cheminių medžiagų naudojimo žemės ūkyje nemažai elementų išplaunama iš dirvožemio ir užteršia aplinką. Maisto medžiagų – azoto ir fosforo – perteklius sąlygoja greitą dumblių augimą, o pastarieji iš vandens

pasisavina daug deguonies ir sukelia jo stygių, todėl daugelyje Žemės vietų susiformavo stabilios negyvosios zonos. Baltijos jūroje beveik Danijos ploto dydžio negyvoji zona tokia stabili, kad net ketinama vandenį dirbtinai papildyti deguonimi.

Literatūroje yra duomenų, kad per metus Nemunu į Kuršių marias patenka 5,3 mln. tonų tirpių medžiagų (Vaikasas, Rimkus, 2000). Dėl šalies žemės ūkio veiklos į Baltijos vandenį patenka 25 tūkst. tonų azoto ir 2,2 tūkst. tonų fosforo, tai yra 20 % ir 35 % viso į upes patenkančio kiekio. Pavyzdžiui, ištyrus Akmenos–Danės upių baseiną, didžiausias azoto ir fosforo išplovimas nustatytas iš dirbamos žemės plotų (Belous, Zemlys, 2001). Panašią tendenciją pastebėjo ir J. Vaitiekūnienė (2006), ištyrusi 130 Lietuvos upių vandens kokybę bei nustatiusi, kad apie 72 % fosforo ir 98 % nitrato kiekio į šalies upes patenka dėl žemės ūkio taršos. Tačiau buvo pastebėta ir teigiamų pokyčių – fosfatų fosforo ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) koncentracija Nemuno žiotyse nuo 1986–1991 iki 1997–2002 m. sumažėjo 31–86 % (visas Nemuno baseino plotas – 97 860 km<sup>2</sup>, Lietuvoje – 46 700 km<sup>2</sup>). Teigiama, kad tarša fosforu sumažėjo dėl sumenkusios pramonės bei sumažėjusios miestų koncentruotos taršos ir žymiai mažesnio gyvulių kiekio žemės ūkyje (Šileika, Gaigalis, 2006).

Dėl didėjančios fosforo įtakos vandeniui ekosistemoms rekomenduojama reguliuoti tręšimą, atsižvelgiant į tręšimo šiuo biogeniniu elementu intensyvumą ir jo kiekį dirvožemyje. Kitų šalių tyrimų duomenys taip pat rodo, kad fosforo nuostoliai dėl žemės ūkio veiklos – dirvų arimo – prisideda prie paviršinių vandenų eutrofizacijos (Djodjic et al., 2004; Siemens et al., 2004).

Fosforas yra mažai judrus elementas dirvožemyje. Užsienio šalių tyrėjų duomenimis, fosforo koncentracija drenažo vandenyje netręštose ir fosforu tręštose ariamose dirvose bei ganyklose yra panaši ir siekia tik 0,064 mg l<sup>-1</sup>. Toks nereikšmingas fosforo kiekis drenažo vandenyje yra todėl, kad jį gerai sorbuoja podirvis (Brookes et al., 1997). Nustatyta, kad su prasisunkiančiu vandeniu į podirvį fosforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) išplaunama labai nedaug – vidutiniškai apie 1 kg ha<sup>-1</sup> per metus (Tyla, 1995; Djodjic et al., 2004; Kutra ir kt., 2004). L. Tripolskajos (2004) duomenimis, LŽI Vokės filialo lauko bandymų metu priesmėlio išplautžemyje 12 metų (1987–1998) sistemingai tręšus šiaudų mėšlu pramečiui su mineralinėmis  $\text{N}_{45-150}\text{P}_{50}\text{K}_{150}$  trąšomis, dirvožemyje iki 55 cm gylio nustatytas esminis fosfatų kiekio padidėjimas, tačiau lizimetrinio vandens tyrimai to nepatvirtino – sistemingas tręšimas mėšlu kasmet po  $\text{N}_{300}$  arba mėšlu  $\text{N}_{600}$  pramečiui su mineralinėmis  $\text{N}_{45-150}\text{P}_{50}\text{K}_{150}$  trąšomis neturėjo įtakos fosforo junginių išplovimui. Jo koncentracija lizimetrų vandenyse svyravo nuo 0,001 iki 0,01 mg l<sup>-1</sup> P,

o išplovimo nuostoliai siekė tik 0,2 kg ha<sup>-1</sup>. Teigiama, kad tręštuose dirvožemiuose fosfatų jonai iš armens migruoja žemyn, ir jų kiekis, priklausomai nuo trąšų kiekio bei poveikio trukmės, gali būti didelis, tačiau jie sunkiai patenka į vandenį, yra labiau absorbuojami dirvožemio sorbuojamojo kompleksu. Visgi manoma, kad ir nedidelis jo kiekis gali iš esmės padidinti vandens telkinių eutrofizaciją (Tripolskaja, 2004; 2005). Švedų mokslininkai taip pat nenustatė glaudaus ryšio tarp fosforo kiekio dirvožemyje ir jo išplovimo (Djodjic et al., 2004).

S. Misevičienės (2005) duomenimis, per 5 metų tyrimų laikotarpį į dirvožemį su skystu mėšlu ir mineralinėmis trąšomis patekus atitinkamai 116 ir 124 kg ha<sup>-1</sup> fosforo (P), jo buvo išplauta 0,09 ir 0,11 kg ha<sup>-1</sup>. JAV mokslininkų duomenimis, modeliniuose dviejų vietovių bandymuose su monokultūros ir įvairių veislių žolėmis smėlio dirvožemį patręšus granuliuotomis trąšomis 61 ir 105 kg ha<sup>-1</sup> P, po 45 mėnesių fosforo išplovimo nuostoliai sudarė atitinkamai net 22,9 ir 37,8 kg ha<sup>-1</sup> (Erickson et al., 2005).

S. Gužio ir Z. Petrokienės (2006) duomenimis, nors fosforo junginių išplovimas yra labai menkas, tačiau jis taip pat paklūsta bendriems agroekosistemos cheminių elementų bei junginių išplovimo dėsningumams. Nustatyta, kad fosfatų ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) ir suminio fosforo koncentracija drenažo vandenyje priklauso nuo kritulių kiekio, sėjomainos, augalų tręšimo bei fosforo balanso, o jų išplovimas – nuo drenažo nuotėkio, fosforo junginių koncentracijos drenažo vandenyje ir kitų veiksnių.

Siera augalams yra gyvybiškai svarbus elementas, pagal reikšmę esantis greta azoto, fosforo, kalio bei magnio ir dažnai lemiantis derlių, nes jos trūkstant iki 40 % sumažėja fotosintezė. Tačiau Lietuvoje dėl klimato sąlygų ir išplovimo procesų sieros balansas dirvožemyje yra neigiamas (Guzys, Aksomaitienė, 2005). Sulfatai ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) yra vieni iš pagrindinių ir judriausių, lengvai iš vandens išplaunamų anijonų (Tyla, 1995; Šaulys, Bastienė, 2005). Be natūralių būdų (sieringų mineralų tirpimo, organinės medžiagos irimo ir kt.), jie į vandenį patenka ir su mineralinėmis trąšomis.

Dirvožemis sieros junginius mažai sorbuoja, todėl jie migruoja, sulfatų koncentracija nuolat kinta. Nustatyta, kad sulfatų judrumas dirbamose žemėse padidėja, kai dirvožemio pH >5,0 ir yra maža sorbcijos talpa (Bloem et al., 2001). Be to, daugelyje dirvožemių sulfatų koncentracija priklauso nuo organinių medžiagų kiekio įvairavimo, ypač organinių rūgščių (Martinez et al., 1998). Jų kiekiui

dirvožemyje taip pat didelę įtaką turi augalų tręšimas sieros turinčiomis mineralinėmis trąšomis (Mažvila ir kt., 2007).

A. Tylos Lietuvos žemdirbystės instituto Vokės filiale 1985–1990 m. darytų tyrimų duomenimis, lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemiuose, tręštuose  $N_{90}P_{90}K_{90}$  mineralinėmis trąšomis ir 40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo (bulvėms), augalų sėjomainoje  $SO_4^{2-}$  koncentracija lizimetrų vandenyje smarkiai svyravo – nuo 18,4 iki 212,1 mg l<sup>-1</sup>, o išplovimo nuostoliai įvairiais metais buvo nuo 99,4 iki 609,4 kg ha<sup>-1</sup>. Jų kiekiui turėjo įtakos dirvožemio sieringumas ir organinių medžiagų kiekis (Tyla, 1995). Kitų tyrimų duomenimis, LŽI Vokės filiale 1987–1992 m., tiriant mėšlo ir mineralinių trąšų poveikį cheminių elementų migracijai priesmėlio dirvožemyje, kai kasmet patręšus po 42 t ha<sup>-1</sup> mėšlo į dirvožemį pateko apie 62 kg ha<sup>-1</sup>, o patręšus 84 t ha<sup>-1</sup> mėšlo pramečiui su  $N_{150}P_{50}K_{150}$  – 169 kg ha<sup>-1</sup> sieros, lizimetrų vandenyje vidutinė sulfatų koncentracija buvo 73,3–87,1 mg l<sup>-1</sup> ir ji labai kito – variacijos koeficientas siekė 30–60 %. Be to, pažymėtina, kad sulfatų išplovimas padidėja ir taikant nesubalansuotą tręšimą (Tripolskaja, 2005).

Tyrimai parodė, kad sulfatų patekimo į lizimetrų vandenį vieni iš pagrindinių šaltinių yra turinčios sieros fosforo trąšos ir krituliai. Nustatyta glaudi koreliacija tarp superfosfato kiekio ir sulfatų išplovimo (Vaišvila, 1996; Mašauskas, Mašauskienė, 2005).

Daugiausia (iki 80 %) sulfatų išplauta augalų vegetacijos laikotarpiu. Jų išplovimo nuostoliai buvo dideli ir įvairiais metais svyravo nuo 33,1 iki 202,9 kg ha<sup>-1</sup> (Tyla ir kt., 1997).

*Chloro* žemės plutoje yra nedaug – apie 0,017 %. Dėl didelio aktyvumo jis dažniausiai aptinkamas junginiuose. Chloro jonai (Cl<sup>-</sup>) gyvybiškai svarbūs augalams, nes dalyvauja svarbiuose augalo vystymosi, taip pat ir fermentų aktyvumo, fotosintezės, kitų maisto medžiagų transportavimo, ligų prevencijos ir slopinimo procesuose. Pabrėžiama jų reikšmė įsisavinant kitas maisto medžiagas, ypač makro-, pavyzdžiui, azotą. JAV atliktų tyrimų duomenimis, chloridai priesmėlio dirvožemyje gerokai padidino žieminių kviečių derlių, nes padėjo augalams geriau pasisavinti trąšų azotą (Freeman et al., 2006). Tačiau naujausių tyrimų, susijusių su chloridų mityba, duomenys yra prieštaringi. Vienų mokslininkų teigimu, augalų mitybą svarbu papildyti šia maisto medžiaga, kitų – ne. Pastarasis teiginys grindžiamas tuo, kad augalams chloridų reikia labai

mažai, o chloro gali būti gaunama dirvožemyje ir aplinkoje vykstančių procesų metu (pvz., metinės chloridų iškritos su krituliais yra 13–40 kg ha<sup>-1</sup>).

Chloro anijonai (Cl<sup>-</sup>) yra vieni svarbiausių vandenyje (Šaulys, Bastienė, 2005). Iš visų anijonų jiems būdinga didžiausia migracija. Chloro į dirvožemį daugiausia patenka su trąšomis (ypač kalio chloridu bei kalio druska) ir krituliais. Chloro anijonų, kaip ir sulfatų, dirvožemis nesorbuoja, todėl jie greitai išplaunami į gilesnius sluoksnius. A. Tylos duomenimis, skirtingais metų laikotarpiais lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemiuose augalus sėjomainoje patręšus  $N_{90}P_{90}K_{90}$  mineralinėmis trąšomis ir 40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo (bulvėms), Cl<sup>-</sup> lizimetrų vandenyje buvo 7,7–101,0 mg l<sup>-1</sup>, o išplauta nuo 28,8 iki 200,9 kg ha<sup>-1</sup>. Chloro išplovimą lėmė išbertos kalio trąšos, turinčios šio elemento, ir prasisunkęs vanduo – daugiau išplauta iš lengvos, mažiau – iš sunkios granulimetrinės sudėties dirvožemių (Tyla, 1995). Kitais duomenimis, įvairiuose Lietuvos dirvožemiuose per metus lizimetrų vandenyje išplauto chloro kiekis įvairavo nuo 40 iki 108 kg ha<sup>-1</sup> (Tyla ir kt., 1997). LŽI Vokės filialo 1987–1998 m. tyrimų duomenimis, netręšto priesmėlio dirvožemio filtrate vidutinė chloro koncentracija buvo 16,2 mg l<sup>-1</sup>, o patręšus mėšlu pramečiui su mineralinėmis trąšomis ( $N_{45-150}P_{50}K_{150}$ ) padidėjo 21,7 mg l<sup>-1</sup> (Tripolskaja, 2005). LŽI Vėžaičių filialo 1978–1993 m. duomenimis, velėniniame jauriniame lengvo priemolio dirvožemyje panaudojus vieną normą  $N_{45,90}P_{30,60}K_{45,90}$  mineralinių trąšų, Cl<sup>-</sup> išplovimas padidėjo 15 % (Ežerinskis, 1995).

Tyrimų tikslas – atliekant ilgalaikius lizimetrinius tyrimus nustatyti įvairių normų NPK trąšų ir jų derinių įtaką anijonų ( $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ , Cl<sup>-</sup>) išplovimui iš Vidurio Lietuvos moreninės kilmės smėlingo lengvo priemolio karbonatingų dirvožemių.

## Sąlygos ir metodai

Tyrimai atlikti ilgalaikio tręšimo bandyme, kuris 1971 m. įrengtas moreninės kilmės smėlingo lengvo priemolio sekliai bei giliau karbonatingame giliau glėjiškame rudžemyje (RDg4-k1), *Epicalcari-Endohypogleyic Cambisol* (CMg-n-w-cap). Visuose dirvožemio genetiniuose horizontuose vyrauja smėlio (2,0–0,05 mm) frakcija (54,7–70,1 %), mažiau (31,2–23,3%) – dulkių (0,05–0,002 mm) ir mažiausiai (15,0–6,6 %) – molio (<0,002 mm) dalelių. Molio dalelių išplovimas iš humusingojo Ap horizonto į Bw labai nežymus. Šiame horizonte molio (<0,002 mm) dalelių nustatyta 0,9 % daugiau nei humusingajame Ap horizonte.

Prieš bandymo įrengimą ariamojo sluoksnio (Ap) dirvožemio  $pH_{KCl}$  buvo 6,8–7,1, mainų rūgštumas – 0,3 mmol  $kg^{-1}$  (1M KCl), sorbuotų bazių – 136,7 mmol  $kg^{-1}$  (amonio acetato ištraukoje), humuso – 2,2–2,4 % (Tiurino metodu), azoto ( $N_{sum}$ ) – 0,17 % (Kjeldalio metodu), judriųjų  $P_2O_5$  – 57–90 mg  $kg^{-1}$  ir  $K_2O$  – 109–112 mg  $kg^{-1}$  (A-L metodu). Podirvis šarmiškas, kiek daugiau nei ariamasis sluoksnis turintis judriojo fosforo ir mažiau – judriojo kalio.

Lauko sėjomainoje auginti žieminiai kviečiai (1974, 1980, 1983, 1987, 1994, 1996, 1998, 2002 ir 2006 m.), cukriniai runkeliai (1971, 1975, 1981, 1984, 1999 ir 2003 m.), vasariniai rapsai (2007 m.), vasariniai miežiai (1972, 1985, 1988, 1995, 2000, 2004 ir 2008 m.), vienamečiai mišiniai (1973, 1976, 1982, 1986, 1997, 2001 ir 2005 m.), daugiametės varpinės žolės (1977–1979 ir 1989–1993 m.).

Azoto, fosforo bei kalio trąšų normos javams, vienamečiams mišiniams bei rapsui ir fosforo bei kalio trąšų normos daugiametėms varpinėms žolėms įvairavo nuo 30 iki 180  $kg\ ha^{-1}$ , cukriniams runkeliams – nuo 40 iki 240  $kg\ ha^{-1}$ . Azoto trąšų norma daugiamečių žolių kiekvienai pjūčiai buvo nuo 20 iki 120  $kg\ ha^{-1}$ , aštuonerių metų vidutinė metinė – nuo 52,5 iki 315  $kg\ ha^{-1}$ . Tręšta amonio salietra, granuliuotu superfosfatu ir kalio chloridu. P bei K trąšų normos ir P bei K kiekis dirvožemyje išreikštas oksidais ( $P_2O_5$  ir  $K_2O$ ).

Šilovos (Silova, 1955) tipo lizimetrai įrengti 1976 m. 40 cm gylyje devynių –  $N_0P_0K_0$ ,  $N_0P_{96}K_{96}$ ,  $N_{111}P_{96}K_0$ ,  $N_{111}P_0K_{96}$ ,  $N_{111}P_{96}K_{96}$ ,  $N_0P_{192}K_{192}$ ,  $N_{222}P_0K_{192}$ ,  $N_{222}P_{192}K_0$ ,  $N_{222}P_{192}K_{192}$ , o 80 cm gylyje keturių –  $N_0P_0K_0$ ,  $N_{111}P_{96}K_{96}$ ,  $N_0P_{192}K_{192}$ ,  $N_{222}P_{192}K_{192}$  – bandymo variantų laukeliuose. Lizimetro skydo plotas 40 x 57 cm, priimamojo indo talpa – 3 litrai.

Meteorologinėms sąlygoms įvertinti taikytas Selianinovo hidroterminis koeficientas (HTK), apskaičiuotas pagal čekų mokslininkų formulę (Coufal, 1987):

$$HTK = \frac{\sum p}{0,1\sum t}$$

kai  $\sum p$  – V, VI, VII, VIII ir IX mėnesių, kurių temperatūra aukštesnė nei +10 °C, kritulių suma,

$\sum t$  – to paties laikotarpio aktyvių (aukštesnių nei +10 °C) temperatūrų suma.

Tyrimų laikotarpiu vidutinė sausra (HTK 0,68 ir 0,57) buvo 1992 ir 2002 m., nedidelė sausra (HTK 0,8–0,9) 1982, 1983, 1991, 1999, 2003 ir 2008 m., normaliai drėgna (HTK 1,0–1,5) – 1976–1979, 1984, 1985, 1988–1990, 1994–1997

ir 2001–2007 m., drėgna (HTK 1,6–1,77) – 1981, 1986 1987, 1993, 1998 ir 2000 m., šlapia (HTK 2,24) – 1980 m.

Lizimetrų vandens ėminiai imti pavasarį (iki sėjos ir tręšimo), balandžio–gegužės mėnesiais, ir rudenį (po derliaus nuėmimo), rugsėjo–gruodžio mėnesiais.

Tirtų elementų ir junginių analizės atliktos Lietuvos žemdirbystės instituto Agrocheminių tyrimų centro laboratorijose šiais metodais: vandenyje fosfatai ( $PO_4^{3-}$ ) – spektrometriniu, sulfatai ( $SO_4^{2-}$ ) – turbidimetriniu, chloridai (Cl) – argentometriniu, dirvožemyje judrusis fosforas ( $P_2O_5$ ) – A-L, judrioji siera (S) – turbidimetriniu, augaluose suminė siera (S) – turbidimetriniu, suminis fosforas (P) – vanadato-molibdato. Fosforo ir kalio kiekiai trąšose išreikšti oksidais –  $P_2O_5$  ir  $K_2O$ .

Bandymo statistinių duomenų sklaida atlikta taikant dispersinę analizę ir standartinius nuokrypius (Clewer, Scarisbrick, 2001).

## Rezultatai ir jų aptarimas

Tyrimų metu nustatytas fosfatų koncentracijos dirvožemio filtrate kitimas, augalus ilgą laiką tręšiant pagal įvairias NPK trąšų normas. Kadangi augalų pasisavinamo fosforo daugiausia būna dirvožemio paviršiniame 0–40 cm sluoksnyje, tai ir fosfatų koncentracijos pokyčiai buvo pastebimiausi 40 cm gylyje įrengtų lizimetrų vandenyje (1 lentelė).

Vidutiniais 10 metų (1976–1985) duomenimis, fosforu netręštų laukelių lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje fosfatų ( $PO_4^{3-}$ ) koncentracija buvo 0,10–0,21  $mg\ l^{-1}$ , 20 metų (1976–1995) – 0,13–0,19; patręšus pagal vidutinę ( $P_{96}$ ) trąšų normą – atitinkamai 0,94–1,33 ir 1,43–1,99, didelę ( $P_{192}$ ) – 1,43–1,61 ir 1,89–2,73  $mg\ l^{-1}$ . Giliau (80 cm gylyje)  $PO_4^{3-}$  koncentracija buvo apie 1,5–2,5 karto mažesnė.

Vidutiniais 33 metų (1976–2008) duomenimis, fosforu netręštų laukelių lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje fosfatų ( $PO_4^{3-}$ ) koncentracija buvo 0,15–0,23  $mg\ l^{-1}$ , tręštų  $N_{111}P_{96}K_{96}$  ir  $N_{222}P_{192}K_{192}$  – 1,53–1,85 ir 2,68–3,23  $mg\ l^{-1}$ , o 80 cm gylyje – atitinkamai 0,09, 1,07 ir 1,70  $mg\ l^{-1}$ . Taigi, per šį laikotarpį patręšus 96  $kg\ ha^{-1}$  fosforo trąšų azoto ir kalio trąšų fone, lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje fosfatų koncentracija padidėjo 1,45  $mg\ l^{-1}$ , arba 8,6 karto, o trąšų kiekį padidinus iki 192  $kg\ ha^{-1}$  – 2,73  $mg\ l^{-1}$ , arba 15,2 karto. Azoto ir kalio trąšos, palyginti su fosforu, turėjo nedidelę įtaką  $PO_4^{3-}$  išplovimui, ypač patręšus pagal dideles fosforo trąšų normas.

**1 lentelė.** Mineralinių trąšų įtaka fosfatų ( $PO_4^{3-}$ ) koncentracijai lizimetrų vandenyje

**Table 1.** The effect of mineral fertilisation on phosphate ( $PO_4^{3-}$ ) concentration in lysimeter water  
Skėmiai, 1976–2008 m.

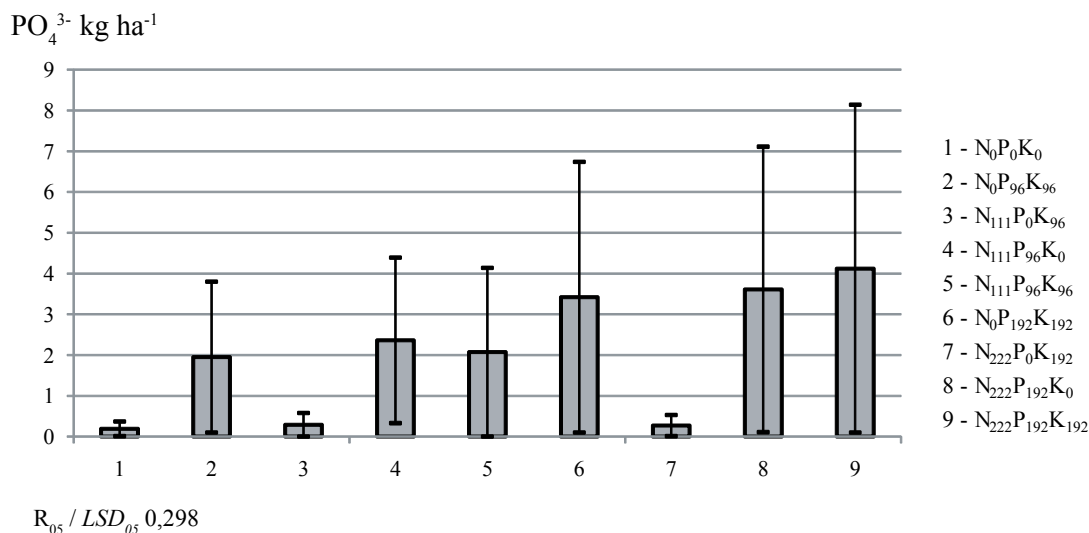
Vidutinė trąšų norma $kg\ ha^{-1}$ Average fertilisation rate $kg\ ha^{-1}$			1976–1985 m. n = 430	1976–1995 m. n = 895	1976–2008 m. n = 1330
N	$P_2O_5$	$K_2O$	$PO_4^{3-}\ mg\ l^{-1}$		
40 cm gylyje / at 40 cm depth					
0	0	0	0,10 ± 0,10	0,13 ± 0,13	0,15 ± 0,14
0	96	96	1,10 ± 1,16	1,43 ± 1,32	1,53 ± 1,45
111	0	96	0,14 ± 0,14	0,15 ± 0,17	0,23 ± 0,23
111	96	0	1,33 ± 1,78	1,99 ± 1,68	1,85 ± 1,59
111	96	96	0,94 ± 0,34	1,50 ± 1,40	1,53 ± 1,54
0	192	192	1,53 ± 0,97	2,14 ± 2,14	2,68 ± 2,60
222	0	192	0,21 ± 0,21	0,19 ± 0,18	0,21 ± 0,20
222	192	0	1,43 ± 0,66	1,89 ± 1,63	2,83 ± 2,74
222	192	192	1,61 ± 1,08	2,73 ± 2,45	3,23 ± 3,15
$R_{05} / LSD_{05}$			0,138	0,201	0,233
80 cm gylyje / at 80 cm depth					
0	0	0	0,08 ± 0,09	0,06 ± 0,09	0,09 ± 0,09
111	96	96	0,73 ± 0,26	0,74 ± 0,26	1,07 ± 0,81
0	192	192	0,62 ± 0,44	1,49 ± 1,45	1,78 ± 1,49
222	192	192	0,78 ± 0,50	1,53 ± 1,05	1,70 ± 1,39
$R_{05} / LSD_{05}$			0,106	0,147	0,175

Palyginti su S. Gužio ir Z. Petrokienės 1996–1999 m. atliktų tyrimų duomenimis, kaupiamųjų augalų, žolių ir javų sėjomainose vidutinė metinė  $P-PO_4^{3-}$  koncentracija drenažo vandenyje buvo gerokai mažesnė – atitinkamai 0,04, 0,05 ir 0,06  $mg\ l^{-1}$ , o metinis išplovimas – 0,04, 0,05 ir 0,04  $kg\ ha^{-1}$  (Gužys, Petrokienė, 2003).

1976–2008 m. tyrimų vidutiniais duomenimis, netręštame dirvožemyje, skaičiuojant pagal J. Gražio (1958) nuotakio modulio koeficientą 0,23, iš vieno hektaro iki 40 cm gylio fosfatų ( $PO_4^{3-}$ ) vidutiniškai išplauta apie 0,19 kg, tręštame  $N_{111}P_{96}K_{96}$  ir  $N_{222}P_{192}K_{192}$  – 2,0 ir 4,12  $kg\ ha^{-1}$  (1 pav.). Patręšus dideliu kiekiu fosforo trąšų, azoto ir kalio trąšos fosfatų išplovimui neturėjo įtakos, o patręšus vidutiniu kiekiu fosforo trąšų, jų kiekį nežymiai sumažino. Gerokai mažiau (vidutiniškai apie 10 kartų)  $PO_4^{3-}$  išplauta iš NK trąšų derinių be fosforo – iš  $N_{111}P_0K_{96}$  – 0,29  $kg\ ha^{-1}$ , iš  $N_{222}P_0K_{192}$  – 0,27  $kg\ ha^{-1}$ .

Tyrimų duomenys parodė, kad fosfatų ( $PO_4^{3-}$ ) koncentracijai lizimetrų vandenyje fosforo trąšos darė didelę įtaką, o dalis augalų nepasisavinto trąšų fosforo dirvožemyje turėjo tendenciją mig-

ruoti gilyn. Nors fosforas yra nejudrus elementas, tačiau šie tyrimai parodė, kad ilgą laiką periodiškai tręšiant dirvožemis palaipsniui buvo prisotintas šio elemento, o augalų nepasisavinto, migruojančio gilyn į podirvį fosforo kiekis kaskart didėjo. Kasmet išbėrus vidutiniškai 96  $kg\ ha^{-1}$   $P_2O_5$  azoto ir kalio trąšų fone, jo migracijos nuostoliai siekė apie 2  $kg\ ha^{-1}$ , išbėrus 192  $kg\ ha^{-1}$  – apie 4  $kg\ ha^{-1}$ , o netręštame dirvožemyje – tik apie 0,2  $kg\ ha^{-1}$ . Taigi, per 33 metus augalų pasisavinto fosforo netekta atitinkamai 66, 132 ir 6,6  $kg$  iš 1 ha. Panašus kiekis fosforo išplautas, kai augalai tręšti trąšomis be azoto arba kalio. Patręšus fosforo ir kalio trąšomis be azoto, fosforo nuostoliai iš 1 ha atitinkamai pagal tręšimo normas sudarė apie 1,9 ir 3,4  $kg$ , o be kalio trąšų NP fone – 2,3 ir 3,6  $kg$ . Patręšus azoto ir kalio trąšomis be fosforo, šio elemento išplauta nedaug – apie 0,3  $kg\ ha^{-1}$ . Kitų šalių tyrėjų duomenimis, drėkinamųjų ganyklų priemolio lizimetruose 70 cm gylyje su superfosfatu išbėrus 45  $kg\ P\ ha^{-1}$  arba kartu su nuotekomis apie 40–80  $kg\ P\ ha^{-1}$ , po 2 metų stebėjimo suminio P nuostoliai buvo 0,3 arba 1,6–2,3  $kg\ ha^{-1}$  (Toor et al., 2005).



**1 paveikslas.** Mineralinių trąšų įtaka fosfatų ( $PO_4^{3-}$ ) išplovimui iš dirvožemio iki 40 cm gylio  
**Figure 1.** The effect of mineral fertilisation on phosphate ( $PO_4^{3-}$ ) leaching from the 0–40 cm soil layer  
 Skėmiai, 1976–2008 m.

Analizuojant į dirvožemį su fosforo trąšomis patekusio fosforo (P) kiekio pasiskirstymą nustatyta, kad su metine 96 kg ha<sup>-1</sup> norma P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> patekus 41,89 kg ha<sup>-1</sup> augalų pasisavinamo fosforo (P), augalų derliuje jo buvo sukaupta 31,3–49,9 %, o išplauta 1,53–1,84 % išberto kiekio. Dėl trąšų įtakos augalų sukaupto ir dirvožemyje išplauto fosforo kiekis padidėjo atitinkamai 3,9–11,7 ir 0,04–0,71 kg ha<sup>-1</sup>.

Dirvožemyje po 33 metų sistemingo tręšimo fosforo buvo 277,2–323,0 kg ha<sup>-1</sup> daugiau nei nętrętuose laukeliuose. Patręšus dukart didesniu kiekiu 192 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arba 83,78 kg ha<sup>-1</sup> P, palyginti su mažesniu, jo žymiai daugiau (75,4 %) išplauta bei rasta dirvožemyje (67,9 %), o augalų derliuje sukauptas P kiekis pokytis buvo daug mažesnis – 18,8 % (2 lentelė).

**2 lentelė.** Ilgalaikio tręšimo įtaka fosforo (P) pokyčiams

**Table 2.** The effect of long-term fertilisation on the changes in phosphorus (P) content  
 Skėmiai, 1976–2008 m.

Metinė trąšų norma Annual fertilisation rate	Fosforo (P) kiekis vidutiniškai per metus kg ha <sup>-1</sup> Average annual amount of phosphorus (P) kg ha <sup>-1</sup>					Fosforo (P) kiekis dirvožemyje Phosphorus content in soil 2008, kg ha <sup>-1</sup>	Pokytis nuo P trąšų Change due to P fertiliser kg ha <sup>-1</sup>
	Išbertas Applied	Sukauptas derliuje Accumulated in yield	Pokytis nuo P trąšų Change due to P fertiliser	Išplautas Leached	Pokytis nuo P trąšų Change due to P fertiliser		
N <sub>96</sub> P <sub>0</sub> K <sub>96</sub>	0	9,2	–	0,06	–	108,6	–
N <sub>0</sub> P <sub>96</sub> K <sub>96</sub>	41,89	13,1	3,9	0,64	0,58	431,6	323,0
N <sub>111</sub> P <sub>96</sub> K <sub>0</sub>	41,89	17,0	7,8	0,77	0,71	414,6	306,0
N <sub>111</sub> P <sub>96</sub> K <sub>96</sub>	41,89	20,9	11,7	0,67	0,61	385,8	277,2
N <sub>222</sub> P <sub>0</sub> K <sub>192</sub>	0	10,6	–	0,09	–	102,0	–
N <sub>0</sub> P <sub>192</sub> K <sub>192</sub>	83,78	13,5	2,9	1,11	1,02	657,9	555,9
N <sub>222</sub> P <sub>192</sub> K <sub>0</sub>	83,78	20,1	9,5	1,18	1,09	570,3	468,3
N <sub>222</sub> P <sub>192</sub> K <sub>192</sub>	83,78	27,0	16,4	1,34	1,25	599,1	497,1

Nors fosforo migracijos nuostoliai nėra dideli, tačiau per daugelį metų pastoviai ilgą laiką tręšus dideliu kiekiu fosforo, susidaręs fosforo junginių perteklius yra išplaunamas į gilesnius dirvožemio horizontus. Patekęs į gruntinius bei paviršinius vandenis, jis veikia visą ekosistemą ir paviršiniuose vandens telkiniuose kartu su azoto junginiais padidina eutrofizaciją.

Siera yra judrus, intensyviai migruojantis dirvožemyje, augalams gyvybiškai svarbus elementas. Tačiau, sumažėjus atmosferos išskritų ir mažiau tręšiant sieros turinčiomis mineralinėmis trąšomis, intensyvaus išplovimo, netekimo su žemės ūkio augalų derliumi ir kitų priežasčių, jos kiekis kai kuriose dirbamose šalies dirvose yra nepakankamas.

Nagrinęjant sieros migracijos ypatumus, apibendrinti pirmųjų 10 metų (1976–1985) po lizimetrų įrengimo vidutiniai tyrimų duomenys pa-

rodė, kad superfosfatu netręšto dirvožemio 40 cm gylyje sulfatų ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) koncentracija lizimetrų vandenyje buvo 42–47  $\text{mg l}^{-1}$ , 20 metų (1976–1995) – 34–39  $\text{mg l}^{-1}$ , o 33 metų (1976–2008) – 31–38  $\text{mg l}^{-1}$ , t. y. sumažėjo atitinkamai 18 % ir 22,5 %. Tai rodo, kad, augalų netręšiant sieros turinčiomis trąšomis, šio elemento koncentracija lizimetrų vandenyje nuosekliai mažėjo. O patręšus  $\text{P}_{96}$  fosforo trąšų, kai į dirvožemį pateko 68,6  $\text{kg ha}^{-1}$  sieros, sulfatų koncentracija vandenyje padidėjo, tačiau nenuosekliai, ir atitinkamais tyrimų laikotarpiais buvo 3,8, 3,2 ir 3,8 karto didesnė. Šią trąšų normą padvigubinus, sulfatų koncentracija dar labiau padidėjo iki 4,6, 6,1 ir 7,2 karto (3 lentelė). Palyginti su 40 cm gyliu, giliau (80 cm gylyje) sulfatų koncentracija lizimetrų vandenyje superfosfatu tręštame dirvožemyje buvo panaši, o netręštame – kiek didesnė. Azoto ir kalio trąšos turėjo tendenciją mažinti  $\text{SO}_4^{2-}$  koncentraciją.

### 3 lentelė. Mineralinių trąšų įtaka sulfatų ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) koncentracijai lizimetrų vandenyje

**Table 3.** The effect of mineral fertilisation on sulphate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) concentration in lysimeter water  
Skėmiai, 1976–2008 m.

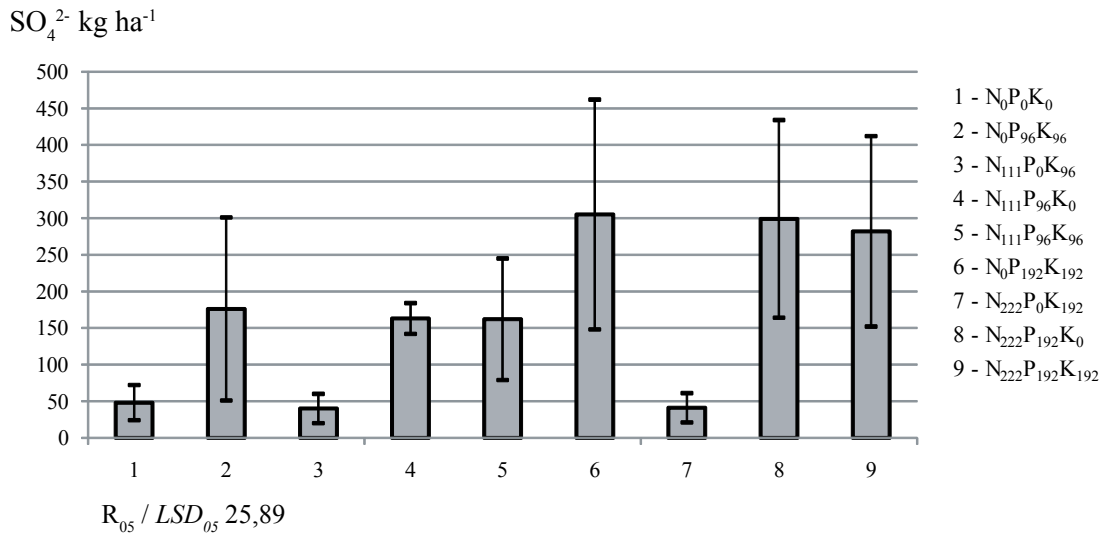
Vidutinė trąšų norma $\text{kg ha}^{-1}$ Average fertilisation rate $\text{kg ha}^{-1}$			1976–1985 m. n = 430	1976–1995 m. n = 895	1976–2008 m. n = 1330
N	$\text{P}_2\text{O}_5$ (S)	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{SO}_4^{2-}$ $\text{mg l}^{-1}$		
40 cm gylyje / at 40 cm depth					
0	0	0	45 ± 19	36 ± 20	38 ± 19
0	96 (68,6)	96	199 ± 120	128 ± 95	138 ± 98
111	0	96	42 ± 23	39 ± 19	31 ± 16
111	96 (68,6)	0	173 ± 4	121 ± 45	128 ± 42
111	96 (68,6)	96	128 ± 77	115 ± 62	127 ± 65
0	192 (137,2)	192	213 ± 106	202 ± 100	239 ± 123
222	0	192	47 ± 22	34 ± 18	32 ± 16
222	192 (137,2)	0	211 ± 124	207 ± 115	234 ± 106
222	192 (137,2)	192	224 ± 151	212 ± 118	221 ± 102
$R_{05} / LSD_{05}$			20,82	17,82	19,36
80 cm gylyje / at 80 cm depth					
0	0	0	58 ± 16	39 ± 19	41 ± 18
111	96 (68,6)	96	127 ± 64	115 ± 52	130 ± 65
0	192 (137,2)	192	300 ± 131	293 ± 118	291 ± 115
222	192 (137,2)	192	178 ± 81	218 ± 99	226 ± 102
$R_{05} / LSD_{05}$			24,31	24,38	25,22

Praėjus dviem dešimtmečiams, palyginti su pirmuoju 10 metų tręšimo laikotarpiu, šios medžiagos išplovimas iš dirvožemio iki 40 cm gylio sumažėjo. Tam turėjo įtakos 1989–1993 m. bandymo metu augintos daugiametės žolės. Kaip parodė tyrimų duomenys, vėliau (po 1995 m.) sieros išplovimas vėl padidėjo. O 80 cm gylyje, ilgėjant tręšimo periodui, sieros koncentracija lizimetrų vandenyje po tręšimo pagal dideles NPK trąšų normas tolygiai didėjo ir 33 metų vidutiniais duomenimis buvo 226 mg l<sup>-1</sup>.

Vertinant sieros nuostolius nustatyta, kad, 1976–2008 m. vidutiniais duomenimis, iš netręšto dirvožemio iki 40 cm gylio sulfatų išplauta apie 48 kg ha<sup>-1</sup>, iš tręšto N<sub>111</sub>P<sub>96</sub>K<sub>96</sub> ir N<sub>222</sub>P<sub>192</sub>K<sub>192</sub> – 162 ir 282 kg ha<sup>-1</sup> (2 pav.). Daug mažiau (40–41 kg ha<sup>-1</sup>)

sulfatų išplauta patręšus NK trąšomis be fosforo (N<sub>111</sub>P<sub>0</sub>K<sub>96</sub> ir N<sub>222</sub>P<sub>0</sub>K<sub>192</sub>).

Sulfatų koncentracijai filtrate didelę įtaką turėjo fosforo trąšos, tačiau, kitaip nei fosfatų, jų išplovimas ilginiui nuosekliai nedidėjo. Tokios sulfatų koncentracijos lizimetrų vandenyje kitimas siejamas ne tik su tiriamu 33 metų sėjomainos augalų tręšimo laikotarpiu ir trąšų kiekiu. Nors sieros junginiai dirvožemyje nesorbuojami ir yra iš jo lengvai išplaunami, tačiau dėl ilgalaikio tręšimo ir gamtinių sąlygų (sausringais metais išplovimas gerokai sulėtėja), nuolat papildomų ir augalų nepasisavintų bei nespėjusių iš dirvožemio išsiplauti sieros junginių kiekis dirvožemio paviršiniame sluoksnyje kito nedėsnigai.



**2 paveikslas.** Mineralinių trąšų įtaka sulfatų (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) išplovimui iš dirvožemio iki 40 cm gylio  
**Figure 2.** The effect of mineral fertilisation on sulphate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) leaching from the 0–40 cm soil layer  
 Skėmiai, 1976–2008 m.

Kadangi chloridai, kaip ir sulfatai, dirvožemyje yra labai jūdri, todėl išplovimo mastas priklauso nuo patenkančio jų kiekio. Tiriant migracijos ypatumus, apibendrinti 10 metų (1976–1985) vidutiniai tyrimų duomenys parodė, kad kalio chloridu netręšto dirvožemio 40 cm gylyje lizimetrų vandenyje chloridų (Cl<sup>-</sup>) koncentracija buvo 15–31 mg l<sup>-1</sup>, 20 metų (1976–1995) – 12–21 mg l<sup>-1</sup>, o 33 metų (1976–2008) – 12–24 mg l<sup>-1</sup>. Tai rodo, kad augalų netręšiant chloro turinčiomis trąšomis šio elemento koncentracija lizimetrų vandenyje kito nedėsnigai. Patręšus K<sub>96</sub> kalio trąšų, kai į dirvožemį pateko 72 kg ha<sup>-1</sup> chloro, Cl<sup>-</sup> koncentracija vandenyje padidėjo, tačiau taip pat nuosekliai ir buvo atitinkamai 3,2 karto didesnė. Šių trąšų normą padvigubinus, Cl<sup>-</sup> koncentracija dar labiau padidėjo iki 6,4–6,8 karto (4 lentelė). Palyginti su 40 cm gyliu, giliau (80 cm

gylyje) chloridų koncentracija lizimetrų vandenyje kalio chloridu tręštame dirvožemyje buvo panaši, o netręštame – mažesnė. Azoto ir fosforo trąšos turėjo tendenciją mažinti Cl<sup>-</sup> koncentraciją.

Chloridų koncentracijai lizimetrų vandenyje didelę įtaką turėjo kalio trąšos (kalio chloridas), turinčios chloro, todėl didėjo ir jo išplovimo nuostoliai (3 pav.). Iš 1 ha netręšto dirvožemio chloro išplauta apie 15 kg, iš tręšto pagal vidutinę normą N<sub>111</sub>P<sub>96</sub>K<sub>96</sub> trąšų – 55 kg, arba apie 3,7 karto, iš tręšto N<sub>222</sub>P<sub>192</sub>K<sub>192</sub> – 108 kg, arba net 7 kartus, o iš 80 cm gylio – atitinkamai 14, 55 ir 94 kg, arba 3,9 ir 6,7 karto daugiau nei iš kontrolinio (be trąšų) varianto. Daugiau chloridų buvo išplauta, kai tręšta NK trąšomis be fosforo. Gerokai mažiau chloridų migravo gilyn į dirvožemį iki 40 cm gylio, patręšus NP trąšų deriniais be kalio: N<sub>111</sub>P<sub>96</sub>K<sub>0</sub> – 31 kg ha<sup>-1</sup>, N<sub>222</sub>P<sub>192</sub>K<sub>0</sub> – 20 kg ha<sup>-1</sup>.

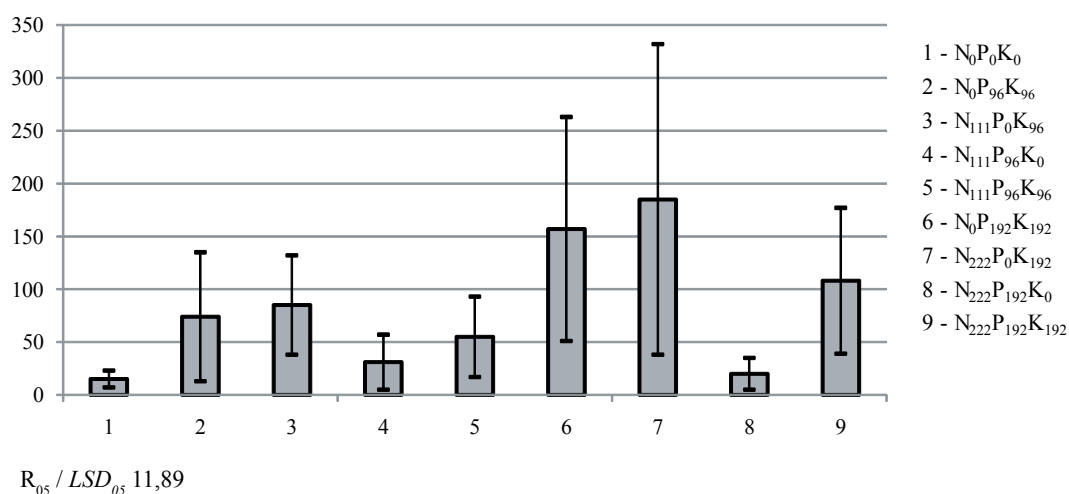


**4 lentelė.** Mineralinių trąšų įtaka chloridų (Cl<sup>-</sup>) koncentracijai lizimetrų vandenyje

**Table 4.** The effect of mineral fertilisation on chloride (Cl<sup>-</sup>) concentration in lysimeter water  
Skėmiai, 1976–2008 m.

Vidutinė trąšų norma kg ha <sup>-1</sup> Average fertilisation rate kg ha <sup>-1</sup>			1976–1985 m. n = 430	1976–1995 m. n = 895	1976–2008 m. n = 1330
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O (Cl)	Cl <sup>-</sup> mg l <sup>-1</sup>		
40 cm gylyje / at 40 cm depth					
0	0	0	15 ± 6	12 ± 6	12 ± 6
0	96	96 (72)	76 ± 65	53 ± 53	58 ± 48
111	0	96 (72)	71 ± 51	60 ± 42	67 ± 37
111	96	0	31 ± 23	21 ± 19	24 ± 20
111	96	96 (72)	54 ± 42	38 ± 32	43 ± 30
0	192	192 (144)	124 ± 83	102 ± 73	123 ± 83
222	0	192 (144)	204 ± 152	127 ± 122	145 ± 115
222	192	0	16 ± 16	14 ± 13	16 ± 12
222	192	192 (144)	97 ± 48	72 ± 48	85 ± 54
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>			11,21	8,13	9,34
80 cm gylyje / at 80 cm depth					
0	0	0	14 ± 8	11 ± 8	11 ± 7
111	96	96 (72)	44 ± 32	34 ± 24	43 ± 29
0	192	192 (144)	180 ± 90	139 ± 82	127 ± 75
222	192	192 (144)	81 ± 38	63 ± 44	74 ± 55
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>			10,08	9,06	9,35

Cl<sup>-</sup> kg ha<sup>-1</sup>



**3 paveikslas.** Mineralinių trąšų įtaka chloridų (Cl<sup>-</sup>) išplovimui iš dirvožemio iki 40 cm gylio

**Figure 3.** The effect of mineral fertilisation on chloride (Cl<sup>-</sup>) leaching from the 0–40 cm soil layer  
Skėmiai, 1976–2008 m.

Apibendrinus 1976–2008 m. tyrimų duomenis nustatyta, kad iš dirvožemio daugiausia išplauta sulfatų, mažiau – chloridų ir mažiausiai – fosfatų. Tačiau ilgalaikio periodinio tręšimo mineralinėmis trąšomis įtaka jų koncentracijai dirvožemio filtrate buvo nevienoda: nuo tręšimo superfosfatu fosfatų ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) išplovimas padidėjo iki 15 kartų, o nuo tręšimo kalio chloridu sulfatų ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ir chloridų ( $\text{Cl}^-$ ) – iki 7 kartų.

## Išvados

Ilgą laiką (1976–2008 m.) tiriant mineralinių trąšų poveikį anijonų ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) migracijai karbonatingame moreninės kilmės smėlingo lengvo priemolio dirvožemyje nustatyta:

1. Vidutiniais duomenimis, augalus patyrusius  $96 \text{ kg ha}^{-1}$  fosforo trąšų azoto ir kalio trąšų fone, fosfatų ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) koncentracija lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje padidėjo  $1,45 \text{ mg l}^{-1}$ , arba 8,6 karto, o trąšų kiekį padidinus iki  $192 \text{ kg ha}^{-1}$  –  $2,73 \text{ mg l}^{-1}$ , arba 15,2 karto; netręšto dirvožemio vandenyje jų buvo  $0,15\text{--}0,23 \text{ mg l}^{-1}$ .

2. Kasmet išbėrus vidutiniškai  $96$  ir  $192 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{P}_2\text{O}_5$  azoto ir kalio trąšų fone, fosfatų migracijos nuostoliai siekė apie 2 ir  $4 \text{ kg ha}^{-1}$ , arba beveik 2 % išbėrto kiekio, o iš netręšto dirvožemio jų išplauta tik apie  $0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ .

3. Vidutinė sulfatų ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) koncentracija dirvožemio, netręšto fosforo trąšomis ( $\text{N}_{111,222}\text{P}_{96,192}\text{K}_{96}$ ), turinčiomis sieros, lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje buvo  $31\text{--}32 \text{ mg l}^{-1}$ , o tręšto pagal vidutinę ( $\text{N}_{111}\text{P}_{96}\text{K}_{96}$ ) ir didelę ( $\text{N}_{222}\text{P}_{192}\text{K}_{192}$ ) normą padidėjo atitinkamai 96 ir  $189 \text{ mg l}^{-1}$ , arba 4,1 ir 6,9 karto.

4. Kasmet su superfosfatu išbėrus vidutiniškai apie  $68,6 \text{ kg}$  sieros (S) azoto ir kalio trąšų fone, iš ariamojo sluoksnio sulfatų išplauta  $162 \text{ kg ha}^{-1}$ , išbėrto sieros kiekį padvigubinus –  $282 \text{ kg ha}^{-1}$ , o iš netręšto dirvožemio – tik apie  $48 \text{ kg ha}^{-1}$ .

5. Chloridų ( $\text{Cl}^-$ ) koncentracija netręšus kalio trąšomis ( $\text{N}_{111,222}\text{P}_{96,192}\text{K}_0$ ), turinčiomis chloro, lizimetrų vandenyje 40 cm gylyje buvo  $16\text{--}24 \text{ mg l}^{-1}$ , kasmet tręšto  $\text{N}_{111}\text{P}_{96}\text{K}_{96}$  ir  $\text{N}_{222}\text{P}_{192}\text{K}_{192}$  – 43 ir  $85 \text{ mg l}^{-1}$ .

6. Kasmet su kalio chloridu į dirvožemį patekus vidutiniškai apie  $72 \text{ kg}$  chloro ( $\text{Cl}^-$ ) azoto ir fosforo trąšų fone, iš ariamojo sluoksnio chloridų išplauta apie  $55 \text{ kg ha}^{-1}$ , išbėrus  $144 \text{ kg ha}^{-1}$  –  $108 \text{ kg ha}^{-1}$ , o iš netręšto dirvožemio – tik apie  $15 \text{ kg ha}^{-1}$ .

7. Iš dirvožemio daugiausia išplauta sulfatų, mažiau – chloridų ir mažiausiai – fosfatų: nuo tręši-

mo superfosfatu fosfatų ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) išplovimas padidėjo iki 15,2 karto, sulfatų ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) – 6,9 karto, o chloridų ( $\text{Cl}^-$ ) nuo tręšimo kalio chloridu – iki 7 kartų.

8. Fosfatų koncentracija lizimetrų vandenyje 80 cm gylyje, palyginti su 40 cm gyliu, buvo apie 1,5–2,5 karto mažesnė, o sulfatų ir chloridų – panaši.

Gauta 2009 12 24  
Priimta 2010 02 18

## Literatūra

- Belous O., Zemlys P. Akmenos-Danės upės baseino maistmedžiagių vertinimas // Jūra ir aplinka. – 2001, t. 1, Nr. 5, p. 71–75
- Brookes P. C., Heckrath G., De Smet J. et al. Losses of phosphorus in drainage water // P loss from soil to water. – Wallingford, UK, 1997, p. 253–271
- Bloem E., Haneklaus S., Sparovek G. et al. Spatial and temporal variability of sulphate concentration in soils // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2001, vol. 32, p. 1391–1403
- Clewer A. G., Scarisbrick D. H. Practical statistics and experimental design for plant and crop science. – New York, USA, 2001. – 331 p.
- Coufal V. Agroklimatecké podmínky ČSSR // Počasí a vynosí. – 1987, p. 18–22
- Djordjic F., Borling K., Bergstrom L. Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content // Journal of Environmental Quality. – 2004, vol. 33, No. 2, p. 678–684
- Erickson J. E., Cisar J. L., Snyder G. H. et al. Phosphorus and potassium leaching under contrasting residential landscape models established on a sandy soil // Crop Science. – 2005, vol. 45, p. 546–552
- Ežerinskis V. Kalkinimo ir tręšimo įtaka augalų maisto medžiagų išplovimui // Žemdirbystė: LŽI mokslo darbai. – 1995, t. 50, p. 32–39
- Freeman K. W., Girma K., Mosali J. et al. Response of winter wheat to chloride fertilization in sandy loam soils // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2006, vol. 37, p. 1947–1955
- Gražys J. Nuotakio modulio nustatymas molinių vamzdžių drenažo sistemoms skaičiuoti Lietuvos TSR sąlygomis // Lietuvos HMMT instituto darbai. – Kaunas, 1958, t. II, p. 55–67
- Guzys S., Aksomaitiene R. Migration of sulphur in limed soils differing in agricultural management // Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 2005, vol. 71, p. 191–201

- Gužys S., Petrokienė Z. Įvairaus intensyvumo sėjomainų įtaka augalų maisto medžiagų migracijai Vidurio Lietuvoje // *Žemdirbystė-Agriculture*. – 2003, t. 81, Nr. 1, p. 14–23
- Gužys S., Petrokienė Z. Skirtingai tręštų sėjomainos kultūrinių augalų įtaka fosforo migracijai agroekosistemoje // *Žemdirbystė-Agriculture*. – 2006, t. 93, Nr. 3, p. 75–88
- Kutra G., Gaigalis K., Šmitienė A. ir kt. Azoto ir fosforo išplovimo ir balansų kitimo tendencijos Graisupio baseine // *Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai / LŽŪU, LVŪI*. – 2004, t. 26 (46), p. 106–111
- 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, vol. 26, No. 3, p. 157–163
- Mašauskas V., Mašauskienė A. Superfosfato kaip sieros šaltinio ilgalaikio naudojimo įtaka augalų derliui sėjomainoje // *Žemdirbystė-Agriculture*. – 2005, t. 92, Nr. 4, p. 36–51
- Mažvila J., Vaišvila Z., Adomaitis T. Sieros pokyčiai dirvožemyje ir augaluose dėl ilgalaikio tręšimo poveikio // *Žemdirbystė-Agriculture*. – 2007, t. 94, Nr. 1, p. 51–63
- Misevičienė S. Tręšimo organinėmis ir mineralinėmis trąšomis įtaka maistingųjų medžiagų išplovimui // *Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai / LŽŪU, LVŪI*. – 2005, t. 28 (48), p. 102–111
- Siemens J., Ilg K., Lang F. et al. Adsorption controls mobilization of colloids and leaching of dissolved phosphorus // *European Journal of Soil Science*. – 2004, vol. 55, iss. 2, p. 253
- Silova E. I. Method for getting soil solution in natural conditions // *Pochvovedeniye*. – 1955, vol. 11, p. 48–61
- Šaulys V., Bastienė N. Pagrindinių anijonų koncentracijų kaita drenažo nuotėkyje // *Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai / LŽŪU, LVŪI*. – 2005, t. 28 (48), p. 22–28
- Šileika A. S., Gaigalis K. Fosforo kaitos Nemuno ir kai kurių jo intakų vandenyje tendencijos ir priežastys // *Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai / LŽŪU, LVŪI*. – 2006, t. 30 (50), p. 15–27
- Toor G. S., Condron L. M., Cade-Menun B. J. et al. Preferential phosphorus leaching from an irrigated grassland soil // *European Journal of Soil Science*. – 2005, vol. 56, iss. 2, p. 155–168
- Tripolskaja L. Ilgalaikio trąšų naudojimo įtaka dirvožemio savybėms lizimetriniuose įrenginiuose // *Žemdirbystė-Agriculture*. – 2004, t. 85, Nr. 1, p. 17–26
- Tripolskaja L. Organinės trąšos ir jų poveikis aplinkai: monografija. – Akademija, Kėdainių r., 2005. – 205 p.
- Tyla A. Cheminių medžiagų migracija įvairiuose Lietuvos dirvožemiuose // *Žemdirbystė: LŽI mokslo darbai*. – 1995, t. 50, p. 65–75
- Tyla A., Rimšelis J., Šleinys R. Augalų maisto medžiagų išplovimas iš įvairių dirvožemių. – Vilnius, 1997. – 25 p.
- Vaitiekūnienė J. Integruotas Lietuvos upių baseinų nuotėkio ir taršos vertinimas: daktaro disertacija. – Kaunas, 2006. – 133 p.
- Vaikasas S., Rimkus A. Potvynio daromos Nemuno deltoje žalos ir naudos vertinimas // *Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai / LŽŪU, LVŪI*. – 2000, t. 9, Nr. 31, p. 76–84
- Vaišvila Z. Dirvožemio mineralinio azoto, judriųjų fosforo ir kalio vaidmuo žemės ūkio augalų mityboje: habilitacinis darbas. – Akademija, Kėdainių r., 1996. – 206 p.

ISSN 1392-3196

Zemdirbyste-Agriculture, vol. 97, No. 1 (2010), p. 71–82

UDK 631.811.1/4:631.421.3:631.582

## The effect of long-term fertilisation on anion leaching

T. Adomaitis, J. Mažvila, Z. Vaišvila, J. Arbačiauskas, A. Antanaitis, J. Lubytė, D. Šumskis  
Agrochemical Laboratory of the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry

### Summary

This paper presents the results from a long-term crop rotation experiment established in 1971, (lysimeters were installed in 1976) in Central Lithuania (in Skemiai of Radviliskis districts) on a morainic sandy loamy *Epicalcari-Endohypogleyic Cambisol (CMg-n-w-cap)*. The effect of regular fertilisation with different NPK fertilisers in a crop rotation (winter wheat, sugar beet, spring barley, spring rape, annual and perennial grasses) on the amount of  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Cl}^-$  compounds in lysimeter water (sampled at 40 and 80 cm depths) was investigated.

The data averaged over 33 years (1976–2008) obtained from the long term studies on the impact of mineral fertilisers on the migration of anions, fertilisation of crops with 96 kg ha<sup>-1</sup> rate of phosphorus on the background of nitrogen and potassium fertilisers resulted in an increase of phosphate concentration in the water of lysimeters installed at 40 cm depth by 1.45 mg l<sup>-1</sup> (8.6 times), and in the case of fertilisation with 192 kg ha<sup>-1</sup> rate – by 2.73 mg l<sup>-1</sup> (15.2 times). Phosphate concentration in the water of lysimeters installed at 40 cm depth in not fertilised plots was 0.15–0.23 mg l<sup>-1</sup>. Average annual fertilisation with 96 and 192 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> on the background of nitrogen and potassium fertilisers resulted in phosphate migration losses of app. 2 and 4 kg ha<sup>-1</sup>, which is nearly 2% of the fertilisers applied. Only 0.2 kg ha<sup>-1</sup> of phosphates were leached from the soil of not fertilised plots.

Average sulphate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) concentration in the water of lysimeters installed at 40 cm depth in the plots not fertilised with sulphur-containing phosphorus fertilisers ( $\text{N}_{111,222}\text{P}_0\text{K}_{96,192}$ ) was 31–32 mg l<sup>-1</sup>, in the plots where moderate ( $\text{N}_{111}\text{P}_{96}\text{K}_{96}$ ) and high ( $\text{N}_{222}\text{P}_{192}\text{K}_{192}$ ) rates were applied the concentration of sulphates increased by 96 and 189 mg l<sup>-1</sup>, respectively (4.1 and 6.9 times). Average annual fertilisation with superphosphate rates containing 68.6 kg of sulphur (S) on the background of nitrogen and potassium fertilisers resulted in a loss of 162 kg ha<sup>-1</sup>  $\text{SO}_4^{2-}$  from the 0–40 cm soil layer, in the plots where double S rate was applied, the loss of sulphates increased to 282 and in not fertilised plots only app. 48 kg ha<sup>-1</sup> of sulphates were leached.

Chloride ( $\text{Cl}^-$ ) concentration in the water of lysimeters installed at 40 cm depth in the plots not fertilised with chlorine-containing potassium fertilisers ( $\text{N}_{111,222}\text{P}_{96,192}\text{K}_0$ ) was 16–24 mg l<sup>-1</sup>, in the plots where  $\text{N}_{111}\text{P}_{96}\text{K}_{96}$  and  $\text{N}_{228}\text{P}_{192}\text{K}_{192}$  annual rates were applied – 43 and 85 mg l<sup>-1</sup>. Average annual fertilisation with potassium chloride rates containing app. 72 kg of chlorine ( $\text{Cl}^-$ ) on the background of nitrogen and phosphorus fertilisers resulted in a loss of app. 55 kg ha<sup>-1</sup>  $\text{Cl}^-$  from the 0–40 cm soil layer, in the plots where 144 kg ha<sup>-1</sup> of chlorine were applied – 108 kg ha<sup>-1</sup>, and in not fertilised plots only app. 15 kg ha<sup>-1</sup>.

Leaching rates of sulphates were the highest, followed by chlorides, while those of phosphates were the lowest. Application of superphosphate increased phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) leaching up to 15.2 times and sulphate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) leaching up to 6.9 times. The application of potassium chloride increased the chloride ( $\text{Cl}^-$ ) leaching up to 7 times.

The concentration of phosphates in the water of lysimeters installed at 80 cm depth, when compared to that of the lysimeters installed at 40 cm depth, was about 1.5–2.5 times lower. As for sulphates as well as chlorides, the concentrations were nearly the same.

Key words: NPK fertilisers,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , concentration.