

## SKIRTINGAI TRĘŠTŲ SĖJOMAINOS KULTŪRINIŲ AUGALŲ ĮTAKA FOSFORO MIGRACIJAI AGROEKOSISTEMOJE

Saulius GUŽYS, Zita PETROKIENĖ

Lietuvos žemės ūkio universiteto Vandens ūkio institutas  
Vilainiai, Kėdainių rajonas  
El. p. s.guzys@water.omnitel.net

### Santrauka

Straipsnyje apibendrinti 1997-2003 metais LŽŪU VŪI tyrimų, atliktų fosforo apykaitos agroekosistemoje, giliau karbonatingo, giliau glėjiško lengvo priemolio rudžemyje (RDg-4-k2) keturių skirtingai tręštų kultūrinių augalų sėjomainų (Norfolko, kaupiamųjų, javų, žolių) sąlygomis, rezultatai.

Fosforo kiekis dirvožemyje priklauso nuo sėjomainos augalų mineralinės mitybos sąlygų ir jų produktyvumo. Didžiausiu produktyvumu pasižymėjo kaupiamųjų sėjomaina, per 7 metus sukaupusi 980 GJ ha<sup>-1</sup> bendrosios energijos derlių.

P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ir suminio fosforo koncentracija drenažo vandenyje priklauso nuo kritulių kiekio, sėjomainos, augalų tręšimo bei fosforo balanso. Mažiausia P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ir suminio fosforo koncentracija drenažo vandenyje išsiskyrė produktyviausios kaupiamųjų ir javų sėjomainos. Fosfatų ir suminio fosforo išplovimas priklauso nuo drenažo nuotėkio, fosforo junginių koncentracijos drenažo vandenyje, taikomos sėjomainos rotacijos, jos produktyvumo ir jį lemiančių augalų mineralinės mitybos veiksnių. Subalansuotas lauko augalų tręšimas P trąšomis, lydimas didesnio derlingumo, nedidelio teigiamo P balanso agroekosistemoje, apriboja fosforo junginių išplovimą drenažu.

Efektyvus tręšimas, užtikrinantis stabilų, artimą neutraliam, P balansą, yra esminė išsklaidytosios vandens taršos fosforu mažinimo prielaida.

Reikšminiai žodžiai: sėjomainos augalų rotacijos, dirvožemis, derlius, fosforas, koncentracija, išplovimas, balansas.

### Įvadas

Fosforas yra vienas pagrindinių elementų, būtinų visoms gyvoms būtybėms. Priešingai kai kurioms neorganinėms azoto formoms, kurios dirvožemyje yra nepastovios, lengvai mineralėja ar išsiplauna bei pasipildo iš oro, fosforas yra palyginti pastovus, o jo šaltinis yra tik dirvožemio mineralai ir organinėje medžiagoje esantys fosforo junginiai. Suminio fosforo kiekis Lietuvos dirvožemiuose neviršija 0,15-0,20 %. Pagrindinis fosforo šaltinis – ortofosforo rūgšties druskos. Dirvožemyje jos tampa tirpia forma dūlėjant pirminiams mineralams ir vykstant dirvodaros procesams – susidaro skirtingo tirpumo junginiai su kalciumu, geležimi ir aliuminiu.

Per 60 proc. Lietuvos dirvožemių yra neturtingi judriojo fosforo (iki 100 mg kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) /Adomaitis ir kt., 1998/. Netręšiant papildomai, fosforo atsargos

dirvožemyje galėtų užtikrinti tik apie 2,0 t ha<sup>-1</sup> javų derliaus, o mažiausias dirvožemio fosforingumo lygis, „padengiamas“ dūlėjimo procesų, yra 20-50 mg kg<sup>-1</sup> /Mattson, 1998, Loes, Ogaard, 2001/.

Pažangių šalių fosforo naudojimo žemės ūkyje analizė išryškino 2 pagrindines problemas:

1. Fosforo kaupimasis dirvožemyje dėl tręšimo iki lygio, viršijančio žemės ūkio augalų reikmes.

2. Fosforo migracija iš sistemos „dirvožemis - augalas“ ir jo akumuliacija paviršiniuose vandenyse, užteršiant juos, kas gali turėti ilgalaikį poveikį aplinkai /Mattson, 1998; Some phosphorus..., 1998; Ulen, 1998/.

Fosforo apykaita agroekosistemose daugelyje šalių yra panaši. Specializuoti ūkiai, naudojantys tręšimui mineralines ir organines trąšas, suardo natūralius fosforo ciklus, fosforo įterpiama daugiau nei jo patenka į augalinę produkciją, tad pastebimas fosforo kaupimasis dirvožemyje /Heckrath ir kt., 1997; Mattson, 1998; Sharpley, Gburek, 1998; Sharpley ir kt., 2001/. Štai per paskutinius 65 metus Didžiojoje Britanijoje fosforo perteklius pasiekė 1000 kg ha<sup>-1</sup> tiek žolynų, tiek ir ariamosios žemdirbystės regionuose /Withers ir kt., 2001/.

Nors kai kurie autoriai /Some phosphorus..., 1998/ teigia, kad papildomas trąšų fosforas yra labai nejudrus ir per 24 metus visas pasilieka viršutiniame dirvožemio (0-25 cm) sluoksnyje, daugelis kitų tyrėjų nurodo, kad padidinto fosforingumo regionuose padidėja P nuplovimas paviršiniaus vandenimis bei išplovimas drenažo vandeniu, skatinama vandens telkinių eutrofikacija /Sharpley, Gburek, 1998; Sims, 1998; Ulen, 1998; Hooda ir kt., 1999; Šileika ir kt., 2000; Geohring ir kt., 2001; Bučienė, 2003/.

Lietuvoje atlikti įvairių žemdirbystės sistemų tyrimai glėjiškame karbonatingame rudžemyje rodo, kad žemdirbystės intensyvinimas tik labai menkai didina drenažu išplautą fosforo kiekį, o iš esmės jis priklauso nuo dirvožemio granulometrinės sudėties, jo fosforingumo ir humusingumo /Bučienė, 2003/. Tačiau ilgamečiais tyrimais nustatyta, kad tręšiant mineralinėmis trąšomis pagal normas, viršijančias augalų reikmes, priklausomai nuo dirvožemio rūgštumo, padidinto fosforingumo jis tampa iki 40-60 cm gylio /Končius, Bernotas, 2004/. Po 12 metų sistemingo tręšimo šiaudų mėšlu pramečiui su mineralinėmis trąšomis N<sub>45-150</sub>P<sub>50</sub>K<sub>150</sub> nustatytas esminis organinių fosfatų padidėjimas iki 55 cm gylio /Tripolskaja, 2004/.

Tačiau jei augalų mitybos bei tręšimo ciklai fosforo apykaitai agroekosistemoje jau įvertinti pakankamai išsamiai, tai skirtingų specializacijų sėjomainose gana miglotai. Žinoma, kad daugiametėmis žolėmis užsėtuose plotuose cheminių elementų išplovimo nuostoliai būna mažesni nei plotuose, kuriuose auginami kiti augalai. Tačiau fosforo čia išplaunama daugiau /Morkūnas ir kt., 2005/. Daugiausiai cheminių elementų išplaunama laikant juodąjį pūdymą /Meissner ir kt., 1998; Huggins ir kt., 2001/.

Tyrimų tikslas – įvertinti fosforo apykaitos agroekosistemoje ryšius su jos biologiniu produktyvumu ir jį nulemiančiais veiksniais.

## Tyrimų metodai ir sąlygos

Stebėjimai atlikti 1997-2003 m. Vidurio Lietuvos žemumoje, Graispupio baseine. Tyrimų poligoną sudaro 4 drenažo sistemos (7-15 ha), kurių kiekvienoje taikoma atskira augalų rotacija su jai būdingu agropriemonių kompleksu (1 lentelė).

**1 lentelė.** Lauko sėjomainų rotacijos ir augalų tręšimas (kg ha<sup>-1</sup> veikl. medž.)

**Table 1.** Crop rotations and their fertilisation (kg ha<sup>-1</sup> active ingredient)

Lipliūnai, 1997-2003 m.

Metai Years	Sėjomainos rotacija / Crop rotation			
	Norfolko <i>Norfolk</i>	Kaupiamųjų <i>Row crops</i>	Javų <i>Cereals</i>	Daugiametčių žolių <i>Perennial grass</i>
1997	Vasariniai miežiai + įsėlis <i>Spring barley+</i> <i>undersown</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Pašarinės pupos <i>Fodder beans</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Vasariniai miežiai <i>Spring barley</i> N <sub>62</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Daugiametės žolės <i>Perennial grass</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
1998	Daugiametės žolės <i>Perennial grass</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Cukriniai runkeliai <i>Sugar beet</i> N <sub>230</sub> P <sub>40</sub> K <sub>190</sub>	Vasariniai miežiai <i>Spring barley</i> N <sub>95</sub> P <sub>18</sub> K <sub>100</sub>	Daugiametės žolės <i>Perennial grass</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
1999	Žieminiai kviečiai <i>Winter wheat</i> N <sub>70</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Vasariniai kviečiai <i>Spring wheat</i> N <sub>70</sub> P <sub>50</sub> K <sub>90</sub>	Kvietrugiai <i>Winter triticale</i> N <sub>70</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Daugiametės žolės <i>Perennial grass</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
2000	Cukriniai runkeliai <i>Sugar beet</i> N <sub>160</sub> P <sub>92</sub> K <sub>120</sub>	Cukriniai runkeliai <i>Sugar beet</i> N <sub>160</sub> P <sub>92</sub> K <sub>120</sub>	Vasariniai miežiai <i>Spring barley</i> N <sub>62</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Žieminiai kviečiai <i>Winter wheat</i> N <sub>42</sub> P <sub>10</sub> K <sub>13</sub>
2001	Vasariniai miežiai + įsėlis <i>Spring barley+</i> <i>undersown</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Vasariniai kviečiai <i>Spring wheat</i> N <sub>82</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Žieminiai rugiai <i>Winter rye</i> N <sub>75</sub> P <sub>0</sub> K <sub>33</sub>	Daugiametės žolės* <i>Perennial grass*</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
2002	Daugiametės žolės <i>Perennial grass</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Cukriniai runkeliai <i>Sugar beet</i> N <sub>144</sub> P <sub>104</sub> K <sub>200</sub>	Vasariniai kviečiai <i>Spring wheat</i> N <sub>60</sub> P <sub>26</sub> K <sub>70</sub>	Daugiametės žolės <i>Perennial grass</i> N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
2003	Žieminiai kviečiai <i>Winter wheat</i> N <sub>114</sub> P <sub>36</sub> K <sub>52</sub>	Vasariniai kviečiai <i>Spring wheat</i> N <sub>112</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	Žieminiai rapsai <i>Winter rape</i> N <sub>117</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	Vasariniai kviečiai <i>Winter wheat</i> N <sub>114</sub> P <sub>36</sub> K <sub>52</sub>
Bendras sėjomainos rotacijos tręšimas <i>Total fertilisation of crop rotations</i>				
N <sub>344</sub> P <sub>128</sub> K <sub>172</sub> N <sub>798</sub> P <sub>336</sub> K <sub>660</sub> N <sub>547</sub> P <sub>104</sub> K <sub>293</sub> N <sub>156</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>				

\* Daugiametės žolės iššalo / *Perennial grass winterkill*

Augalai tręšti tik mineralinėmis trąšomis. Stebėjimų poligonas gamybinis, todėl atskiroms sėjomainoms sunaudojamą trąšų kiekį riboja finansinės ūkio galimybės. Auginti cukriniai runkeliai (*Beta vulgaris* L. var. *saccharifera*) 'Belmonte', vasariniai miežiai (*Hordeum vulgare* L.) 'Ūla', žieminiai kviečiai (*Triticum aestivum* Host.) 'Portal', žieminiai rugiai (*Secale cereale* L.) 'Duoniai', daugiametės žolės (raudonieji dobilai (*Trifolium pratense* L.) 'Liepsna' + pašariniai motiejukai (*Phleum pratense* L.) 'Gintaras II'), vasariniai kviečiai (*Triticum aestivum*) 'Nandu', žieminiai rapsai (*Brassica napus* L.) 'Valesca', pašarinės pupos (*Vicia faba* L.) 'Aušra' ir kvietrugiai (*X Triticosecale* Wittm) 'Bolero'.

Dirvožemis – giliau karbonatingas giliau glėžiškas rudžemis (RDg-4-k2), (CMg-n-w-can), lengvas priemolis ant priemolio. Prieš įrengiant bandymą, dirvožemis buvo neutralaus rūgštumo ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  7,1-7,2), fosforingas ir didelio fosforingumo (174-220  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ir vidutinio kalingumo bei kalingas (120-170  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$ ). Humuso bei suminio azoto kiekis įvairavo nuo 1,8-2,7 iki 0,14-0,21 %. Agrocheminei dirvožemio charakteristikai jo bandiniai imti 2 kartus per metus (prieš sėją ir po derliaus nuėmimo). Dirvožemio bandiniai imti gražtu iki 1 m gylio, kas 20 cm prisilaikant genetinių horizontų, 3 pakartojimais iš kiekvienos drenažo sistemos. Pakartojimai formuojami iš 15-20 gręžinių.

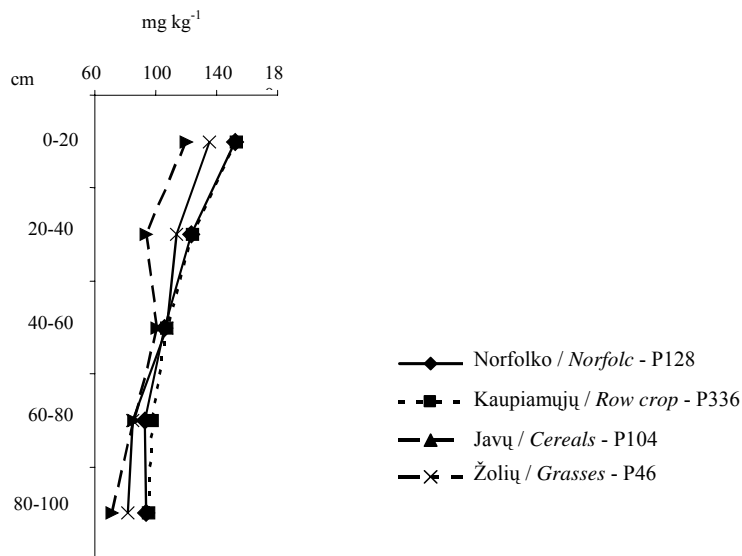
Drenažo vandens nuotėkis matuotas tūriniu būdu, kas 3 dienas. Jo bandiniai, esant nuotėkiui imti kas 10 dienų.  $\text{P-PO}_4^{3-}$  ir suminio P koncentracija nustatyta kolorimetriškai, molibdeniniu metodu /Unifikuoti nuotekų..., 1999/. Dirvožemio analizės atliktos šiais metodais:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – potenciometrinis, judrieji  $\text{P}_2\text{O}_5$  ir  $\text{K}_2\text{O}$  – AL, humusas – Tiurino, suminis N – Kjeldalio /Fomin ir kt., 2000/.

Javų ir žolių derliaus apskaitinių laukelių plotas – 30  $\text{m}^2$ , kaupiamųjų – 45  $\text{m}^2$ . Augalų derlius nustatytas 6-8 pakartojimais. Bendrosios energijos derlius apskaičiuotas remiantis literatūra /Jankauskas ir kt., 2000/. Fosforo kiekis derliuje nustatytas kolorimetriškai amonio vanadatinis metodas. Duomenys apdoroti matematinės statistikos metodais. Naudoti dispersinės ir koreliacinės - regresinės analizės metodai. Paklaidos kiekvienam variantui skaičiuotos atskirai /Dyke, 1994/.

Straipsnyje naudojami šie simboliai ir sutrumpinimai:  $r$  – porinės koreliacijos koeficientas,  $\eta$  – koreliacinis santykis,  $x_{ekstr.}$  – funkcijos ekstremumas,  $R_{05}$  – esminio (95%) skirtumo riba, \* – 95 %, \*\* – 99 % (tikimybės lygmuo).

### Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Dirvožemio fosforingumas ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) iš esmės priklausė nuo sunaudotų mineralinių trąšų kiekio ir augalų produktyvumo. Kadangi augalų pasisavinamas fosforas dirvožemyje fiziniu ir cheminiu požūriais sorbuojamas, todėl dideliu judrumu jis nepasižymi /Vozbudskaya, 1968/. Todėl jo kiekio pokyčiai labiausiai išreikšti tik viršutiniame (0-40 cm) dirvožemio sluoksnyje (1 pav.).



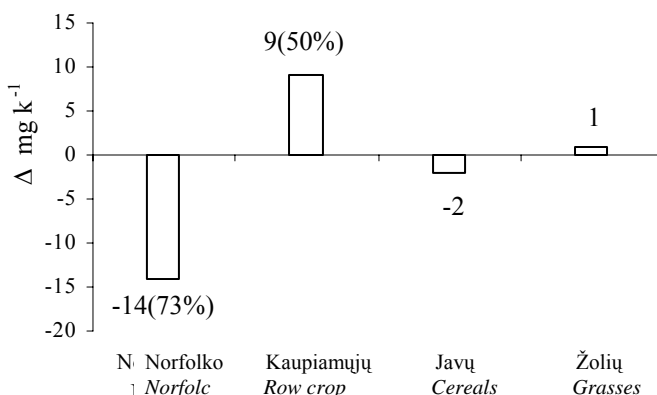
**1 paveikslas.** Skirtingai tręštų kultūrinių augalų sėjomainų rotacijų įtaka dirvožemio profilio fosforingumui ( $P_2O_5$  mg kg<sup>-1</sup>) tyrimų pabaigoje (2003 m.)

**Figure 1.** The effect of crop rotations differing in fertilisation on the amount of mobile  $P_2O_5$  in the soil profile at the end of investigations (2003)

Didesniu dirvožemio fosforingumu tyrimų pabaigoje (2003 m.) (123-153 mg kg<sup>-1</sup>) viršutiniame 0-40 cm dirvožemio sluoksnyje išsiskyrė Norfolkio ir kaupiamųjų sėjomainos rotacijos, kur buvo sunaudoti didžiausi mineralinių trąšų kiekiai. Javų ir žolių sėjomainose dirvožemis šio junginio buvo 9-24% skurdesnis ir jo fosforingumas siekė 94-135 mg kg<sup>-1</sup>. Gilesniuose dirvožemio sluoksniuose jo fosforingumas tolydžio mažėjo ir skirtingų sėjomainų įtaka jo kiekių pokyčiams išnyko. Mūsų tyrimų duomenimis, judriojo  $P_2O_5$  kiekis viršutiniame (0-20 cm) dirvožemio sluoksnyje per tyrimų laikotarpį padidėjo (50 %) tik kaupiamųjų sėjomainos sąlygomis, kur išbertas didžiausias fosforo trąšų kiekis, o sukauptas augalų bendrosios energijos derlius nors ir buvo aukščiausias, tačiau neproporcingas sunaudotam mineralinių trąšų kiekiui, palyginus su kitomis sėjomainomis (2 pav.).

Tuo tarpu mažiau tręšiant (Norfolko ir javų sėjomainos rotacijos) judriojo  $P_2O_5$  kiekis dirvožemyje sumažėja. Įdomius rezultatus parodė dirvožemio fosforingumo stebėjimai daugiamečių žolių rotacijos sąlygomis. Nors šis variantas per 7 tyrimų metus mineralinių trąšų pavidalu gavo vos 46 kg ha<sup>-1</sup>  $P_2O_5$ , čia dirvožemio fosforingumas išliko stabilus. Kituose tyrimuose nustatytas glaudus pagrindinių dirvožemio agrocheminių savybių ir kultūrinių pievų bei ganyklų augalijos derliaus ryšys. Nors optimaliam žolių augimui reikia pakankamai maisto medžiagų, tačiau daugiamečių žolės dirvožemyje palieka gausią šaknų masę. Įvairiais skaičiavimais 0-60 cm sluoksnyje ji gali siekti iki 10 t ha<sup>-1</sup> /Kadžiulis, 1972/. Taip dirvožemis ne tik turinamas organinėmis ir mineralinėmis medžiagomis, bet ir galinga žolių šaknų

sistema, pasinaudodama gilesniuose dirvožemio sluoksniuose esančiomis judriojo  $P_2O_5$  atsargomis, praturtina juo ir aukščiau esančius dirvožemio horizontus /Vasiliauskienė, 2001/.



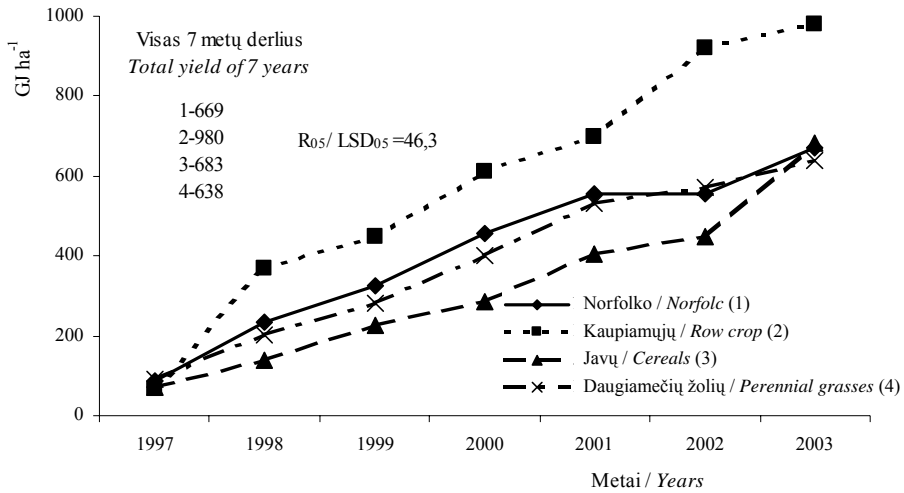
**2 paveikslas.** Skirtingai tręštų kultūrinių augalų sėjomainų rotacijų įtaka dirvožemio armens (0-20 cm) fosforingumo ( $P_2O_5$  mg  $kg^{-1}$ ) pokyčiui per tyrimų laikotarpį

**Figure 2.** The effect of crop rotations differing in fertilisation on the changes in the amount of mobile phosphorus ( $P_2O_5$  mg  $kg^{-1}$ ) in the soil arable layer (0-20 cm) during the experimental period

Didžiausiu produktyvumu per 7 tyrimų metus išsiskyrė kaupiamųjų sėjomaina, sukaupti 980 GJ  $ha^{-1}$  bendrosios energijos derlių (3 pav.). Kitų tirtų augalų rotacijų produktyvumas buvo 30-35% mažesnis ir siekė 638-683 GJ  $ha^{-1}$ . Kad kaupiamųjų ir javų agroekosistemos išsiskiria didžiausiu produktyvumu, rodo ir kitų autorių atlikti ilgamečiai tyrimai /Misa, 2000/.

Vidutiniai fosforo junginių koncentracijos drenažo vandenyje stebėjimai rodo, kad iš esmės ją lemia metinis kritulių kiekis, sąlygojantis drenažo nuotėkį (2 ir 3 lentelės).

Tokiu būdu didėjantis drenažo nuotėkis mažina tiek fosfatų, tiek ir suminio fosforo koncentraciją drenažo vandenyje ir jos svyravimus lemia atitinkamai apie 29 ir 10 %. Tačiau nepaisant meteorologinių veiksnių įtakos, fosforo koncentracija drenažo vandenyje buvo lemiama ir antropogeninių veiksnių. Mažiausiomis  $P-PO_4^{3-}$  koncentracijomis drenažo vandenyje išsiskyrė gausiausiai tręšti ir maksimaliu derlingumu pasižymėję kaupiamųjų ir javų rotacijų variantų laukeliai (0,0012-0,011 mg  $l^{-1}$ ).



**3 paveikslas.** Skirtingai tręštų sėjomainų augalų pagrindinės ir šalutinės produkcijos kumuliacinis derlius

**Figure 3.** The cumulative yield of main and secondary production in the crop rotations differing in fertilisation

**2 lentelė.** Skirtingai tręštų kultūrinių augalų rotacijų įtaka vidutinei fosforo koncentracijai drenažo vandenyje  $\pm S_x$

**Table 2.** The effect of crop rotations differing in fertilisation on average phosphorus concentration in drainage water  $\pm S_x$

Lipliūnai, 1997-2003 m.

Sėjomaina Crop rotation	mg l <sup>-1</sup>	
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P <sub>suminis</sub>
Norfolko / Norfolk	0,014±0,009	0,031±0,004
Kaupiamųjų / Row crop	0,012±0,003	0,028±0,002
Javų / Cereals	0,011±0,004	0,031±0,004
Žolių / Grasses	0,014±0,004	0,030±0,004

**3 lentelė.** Fosfatų ( $y_1$ ) ir suminio fosforo ( $y_2$ )  $\mu\text{ l}^{-1}$  koncentracijos drenažo vandenyje priklausomumas nuo aplinkos veiksnių ( $x$ )

**Table 3.** The dependence of phosphates ( $y_1$ ) and total phosphorus ( $y_2$ ) concentration in drainage water  $\mu\text{ l}^{-1}$  on environmental factors ( $x$ )

Lipliūnai, 1997-2003 m.

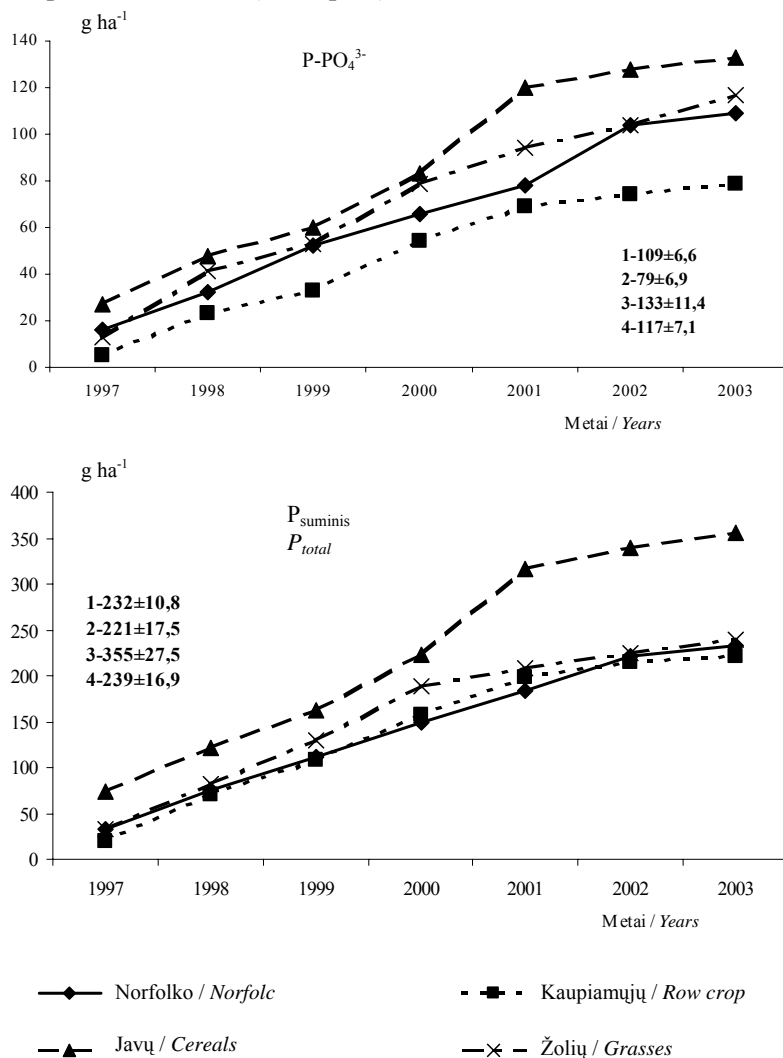
Rodiklis <i>Index</i>	Regresijos lygtis <i>Regression equation</i>	Koeficientas <i>Coefficient</i>	Ekstremumas <i>Extreme</i>
Drenažo nuotėkis mm <i>Drainage runoff mm</i>	$y_1 = -6,176\text{Ln}(x) + 42,52$ $y_2 = -4,23\text{Ln}(x) + 48,86$	0,54** 0,30	- -
Kumuliacinis P tręšimas $\text{kg ha}^{-1}$ <i>Cumulative P fertilisation <math>\text{kg ha}^{-1}</math></i>	$y_1 = 13,7 - 0,047x + 0,0002x^2$ $y_2 = 31,3 - 0,097x + 0,0003x^2$	0,35* 0,30	120 160
Kumuliacinis derlius $\text{GJ ha}^{-1}$ <i>Cumulative yield <math>\text{GJ ha}^{-1}</math></i>	$y_1 = 14,7 - 0,018x + 0,00002x^2$ $y_2 = 37,1 - 0,039x + 0,00003x^2$	0,32 0,30	450 650
Kumuliacinis P balansas $\text{kg ha}^{-1}$ <i>Cumulative P balance <math>\text{kg ha}^{-1}</math></i>	$y_1 = -12,2 + 0,019x + 0,0014x^2$	0,34*	-7,0

Tuo tarpu Norfolko ir daugiamečių žolių rotacijų sąlygomis ši koncentracija išauga 16-27% iki  $0,014\text{ mg l}^{-1}$ . Nors daugiamečių žolių rotacija per 7 tyrimų metus mineralinių trąšų pavidalu gavo vos  $46\text{ kg ha}^{-1}\text{ P}_2\text{O}_5$ , tas sietina su biologinėmis jų savybėmis praturtinti dirvožemį judriojo  $\text{P}_2\text{O}_5$  atsargomis. Be to, kitais tyrimais nustatyta, kad ten, kur auga daugiamečių žolės, dirvožemis ne tik praturtinamas judriojo fosforo junginiais, bet ir skatinama jo migracija. Fosforo junginių koncentracijos padidėjimą dirvožemio vandenyje nulemia daugiamečių žolių galin-gesnė šaknų sistema, tirpdydama sunkiai tirpstančius kalcio fosfatus, panaudodama kalcį ir palaisvindama fosforą /Morkūnas ir kt., 2005/. Tuo tarpu 3 kartus gausniu mineraliniu tręšimu pasižymėjusi Norfolko sėjomainos rotacija didesniu derlingumu neišsiskyrė. Be to, padidėjusią tiek fosfatų, tiek ir suminio P vidutinę koncentraciją drenažo vandenyje Norfolko sėjomainos sąlygomis įtakos turėjo gerokai šoktelėjusi šių junginių koncentracija 2002 m. (atitinkamai  $0,028$  ir  $0,040\text{ mg l}^{-1}$ ), kai iššalus daugiamečiams žolėms, laukas augalais buvo neužimtas. Tuo tarpu suminio P vidutinė koncentracija drenažo vandenyje, esant skirtingoms sėjomainoms, kito mažai ( $0,028-0,031\text{ mg l}^{-1}$ ). Vis dėlto mažiausia ji buvo produktyviausios – kaupiamųjų sėjomainos. Taigi tiek  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , tiek ir suminio P koncentracija drenažo vandenyje dėl kumuliacinių P tręšimo ir agroekosistemos derlingumo kito vienodai – parabolės dėsningumu ir mažiausia buvo kumuliaciniam tręšimui ir agroekosistemos produktyvumui siekiant atitinkamai  $120-160\text{ kg ha}^{-1}$  ir  $450-650\text{ GJ ha}^{-1}$ . Taip pat mažiausią  $\text{P-PO}_4^{3-}$  koncentraciją drenažo vandenyje užtikrina ir nedidelis neigiamas agroekosistemos P balansas ( $-7\text{ kg ha}^{-1}$ ). Tą patvirtina ir kitur atlikti tyrimai /Lundenkvam, 1998; Tunney, 2002/.

Mažas fosforo junginių judrumas ir tirpumas, maža jo koncentracija drenažo vandenyje nulemia ir nedidelius jo išplovimo nuostolius. Neatsižvelgiant į taikomas sėjomainas, bendras išplautas  $\text{P-PO}_4^{3-}$  ir suminio P kiekis per tyrimų

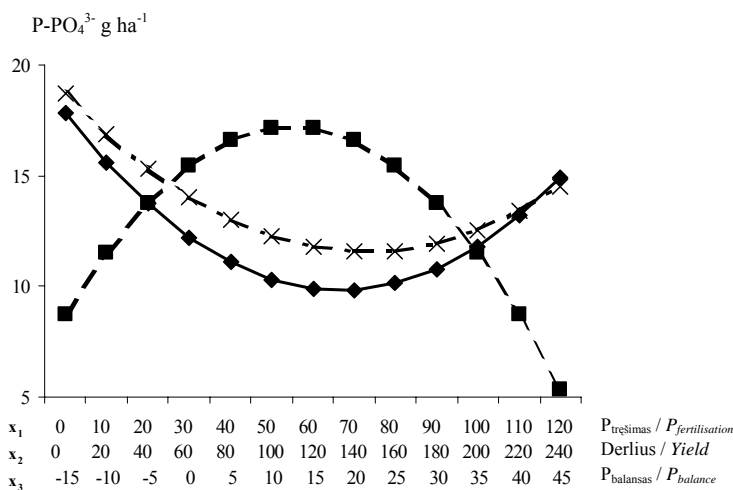


laikotarpį svyravo atitinkamai nuo 79-133 iki 221-355 g ha<sup>-1</sup> (4 pav.). Tačiau nors buvo labai menkas fosforo junginių išplovimas, jis taip pat paklūsta bendriems cheminių elementų ir junginių išplovimo agroekosistemoje dėsningumams, aptartiems kituose straipsnio autorių darbuose /Gužys, Petrokienė, 2003; Šileika, Gužys, 2003; Gužys, Aksomaitienė, 2005/. Taigi efektyvus lauko augalų tręšimas P trąšomis, lydimas gausesnio derlingumo, mažesnio drenažo nuotėkio, mažina fosforo junginių išplovimą drenažu (4 ir 5 pav.).



**4 paveikslas.** Kumuliacinio fosforo išplovimo drenažu priklausomumas nuo skirtingai tręštų sėjomainos augalų

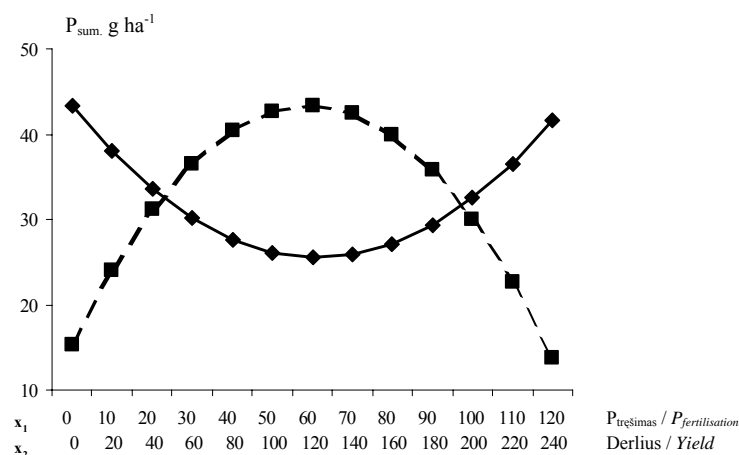
**Figure 4.** The effect of crop rotations differing in fertilisation on cumulative phosphorus leaching by drainage



$$y_1 = 17,8 - 0,24x_1 + 0,0018x_1^2; \quad \eta = 0,42^*; \quad \text{ekstr.} = 65$$

$$y_1 = 8,75 + 0,154x_2 - 0,0007x_2^2; \quad \eta = 0,36^*; \quad \text{ekstr.} = 110$$

$$y_1 = 14,04 - 0,232x_3 + 0,0054x_3^2; \quad \eta = 0,33; \quad \text{ekstr.} = +20$$



$$y_2 = 43,3 - 0,58x_1 + 0,0047x_1^2; \quad \eta = 0,36^*; \quad \text{ekstr.} = 60$$

$$y_2 = 15,38 + 0,473x_2 - 0,002x_2^2; \quad \eta = 0,35^*; \quad \text{ekstr.} = 120$$

- ◆— P tręšimas  $\text{kg ha}^{-1}$  veickl. medž. /  $P_{\text{fertilisation}} \text{ kg ha}^{-1} \text{ a. m.}$  (1)
- Derlius  $\text{GJ ha}^{-1}$  / Yield  $\text{GJ ha}^{-1}$  (2)
- ×— Metinis P balansas  $\pm \text{kg ha}^{-1}$  / Annual P balance  $\pm \text{kg ha}^{-1}$  (3)

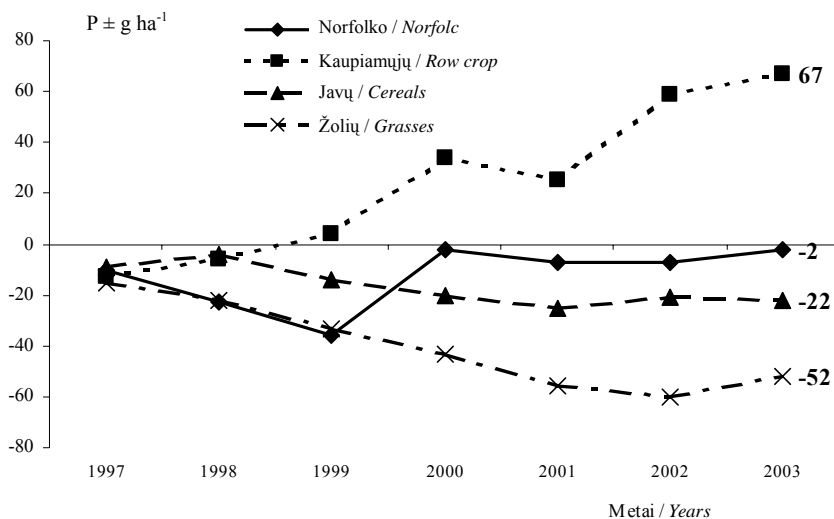
**5 paveikslas.** Drenažu išplauto metinio fosfatų ( $y_1$ ) ir suminio fosforo ( $y_2$ ) kiekio ( $\text{g ha}^{-1}$ ) ryšys su agroekosistemos tręšimu fosforo trąšomis ( $x_1$ ), jos produktyvumu ( $x_2$ ) ir fosforo balansu ( $x_3$ )

**Figure 5.** The dependence of annual leached amount by drainage of phosphates ( $y_1$ ) and total phosphorus ( $y_2$ ) ( $\text{g ha}^{-1}$ ) on agroecosystem fertilisation ( $x_1$ ), its productivity ( $x_2$ ) and phosphorus balance ( $x_3$ ).

Taigi mažiausiais suminiais tiek P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, tiek ir suminio fosforo išplovimo nuostoliais pasižymėjo gausiausiai tręšta, produktyviausia kaupiamųjų sėjomaina (79 ir 221 g ha<sup>-1</sup>). Nors visų kitų tirtų sėjomainų sąlygomis bendras tręšimas fosforo trąšomis ir buvo 3-7 kartus mažesnis, čia P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> išplautas kiekis buvo 37-68 %, o suminio P –5-61% didesnis, palyginus su kaupiamųjų sėjomaina. Tai sietina su 30-35% mažesniu šių sėjomainų produktyvumu. Taigi didinant agroekosistemos tręšimą fosforo trąšomis iki 60-65 kg ha<sup>-1</sup> ir gaunant didesnę nei 110-120 GJ ha<sup>-1</sup> agroekosistemos derlingumą, mažėja fosforo išplovimo drenažu nuostoliai (5 pav.). Mūsų sąlygomis mažiausią P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> išplovimą atitinka teigiamo (iki +20 kg ha<sup>-1</sup>) metinio agroekosistemos fosforo balanso sąlygos.

Kadangi fosforo išplovimo drenažo vandeniui nuostoliai menki, todėl jo balansą daugiausia sudaro pajamos su trąšomis ir pašalinimas iš lauko su augaline produkcija (6 pav.). Žymesnis fosforo balanso perteklius per tyrimų laikotarpį gautas gausiausiai tręštoje kaupiamųjų sėjomainoje (+67 kg ha<sup>-1</sup>).

Javų ir daugiamečių žolių sėjomainų sąlygomis kumuliacinis P balansas per tyrimų laikotarpį buvo neigiamas.



**6 paveikslas.** Skirtingai tręštų sėjomainų įtaka fosforo (P) balansui

**Figure 6.** The influence of crop rotations differing in fertilisation on phosphorus (P) balance

### Išvados

1. Dirvožemio fosforingumas (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) priklauso nuo sunaudotų mineralinių trąšų kiekio ir sėjomainos kultūrinių augalų produktyvumo. Didesniu dirvožemio fosforingumu (0-40 cm) išsiskyrė kaupiamųjų ir Norfolkio sėjomainos.

2. P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ir suminio fosforo koncentracija drenažo vandenyje priklauso nuo kritulių kiekio ir taikomos sėjomainos rotacijos, jos tręšimo bei fosforo balanso. Mažiausia P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ir suminio fosforo koncentracija drenažo vandenyje išsiskyrė

produktyviausios kaupiamųjų ir javų sėjomainos rotacijos. Mažiausia ji esti esant nedideliame neigiamam agroekosistemos kumuliaciniam P balansui (+10 kg ha<sup>-1</sup>) ir saikingam (120-160 kg ha<sup>-1</sup>) kumuliaciniam jos tręšimui.

3. Suminis fosfatų išplovimas per 7 metus neviršijo 79-133, o suminio fosforo 221-355 g ha<sup>-1</sup> ir priklausė nuo drenažo nuotėkio, fosforo junginių koncentracijos drenažo vandenyje, taikomos kultūrinių augalų rotacijos, jos produktyvumo ir jį lemiančių augalų mineralinės mitybos veiksnių. Efektyvus lauko augalų tręšimas fosforo trąšomis, lydimas gausesnio derlingumo, nedidelio teigiamo P balanso (+20 kg ha<sup>-1</sup>), apriboja fosforo junginių išplovimą drenažu. Mažiausiais šio junginio išplovimo nuostoliais pasižymėjo produktyviausia – kaupiamųjų sėjomainos rotacija.

4. Subalansuotas lauko augalų tręšimas P trąšomis, lydimas didesnio derlingumo, nedidelio teigiamo P balanso agroekosistemoje, apriboja fosforo junginių išplovimą drenažu.

Gauta 2006 02 10

Pasirašyta spaudai 2006 07 27

## LITERATŪRA

1. Adomaitis T.R., Antanaitis A., Eitminavičius L. ir kt. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita. - Kaunas, 1998. - 195 p.

2. Bučienė A. Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai. - Klaipėda, 2003. - 176 p.

3. Dyke G.V. Comparative experiments with field crops. 2nd edition. - London, 1994, p. 24-112

4. Eidukevičienė M. Augalų derliaus variacija ekologiškai jautriuose ir nenašiuose dirvožemiuose skirtingo hidroterminio režimo sąlygomis // Lietuvos meteorologijos ir hidrologijos problemos XXI amžiaus išvakarėse. - 1998, p. 108-113

5. Фомин Г., Фомин А., Похва И. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. - Москва, 2000, s. 5-254. - Rus.

6. Geohring L.G., McHugh O.V., Walter M.T. et al. Phosphorus transport into subsurface drains by macropores after manure applications // Soil Science. - 2001, vol. 166, iss. 12, p. 896-909

7. Gužys S., Aksomaitienė R. Migration of sulphur in limed soils differing in agricultural management // Nutrient Cycling in Agroecosystems. - 2005, vol. 71, p. 191-201

8. Gužys S., Petrokienė Z. Įvairaus intensyvumo sėjomainų įtaka augalų maisto medžiagų migracijai Vidurio Lietuvoje // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU.-Akademija (Kėdainių r.), 2003, t. 81, p. 14-23

9. Heckrath G., Brookes P.C., Poulton P.R., Goulding K.W.T. Phosphorus losses in drainage water from an arable silty clay loam soil// Phosphorus loss from soil to water / Wallingford: CAB international. - 1997, p. 367-368

10. Hooda P.S., Moynagh M., Svoboda I.F. et al. Phosphorus loss in drainflow from intensively managed grassland soils // Journal of Environmental Quality. - 1999, vol. 28, p. 1235-1242

11. Huggins D.R., Randall G.W., Russelle M.P. Subsurface drain losses of water and nitrate following conversion of perennials to row crops // Agronomy Journal. - 2001, vol. 93, p. 477-486

12. Jankauskas B., Jankauskienė G., Švedas A. Derliaus energetinio įvertinimo skaičiavimo metodų palyginimas // *Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija (Kėdainių r.), 2000, t. 72, p. 239-250*
13. Kadžiulis L. Daugiamečių žolių auginimas pašarui. - Vilnius, 1972. - 272 p.
14. Končius D., Bernotas S. Kalkinimo ir tręšimo įtaka vasarinių rapsų derlingumui bei fosforo, kalio ir kalcio kiekiui dirvožemyje // *Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija (Kėdainių r.), 2004, t. 85, p. 56-67*
15. Loes A.K., Ogaard A.F. Long term changes in extractable soil phosphorus (P) in organic dairy farming systems // *Plant and Soil. - 2001, vol. 237, iss. 2, p. 321-332*
16. Lundenkvam H. P-losses from three soil types at different cultivation systems // *Phosphorus Balance and Utilization Agriculture. Towards Sustainability. - 1998, p. 177-185*
17. Mattson L. P in Swedish long-term soil fertility experiments // Seminar "Phosphorus Balance and Utilization Agriculture. Towards Sustainability" proceedings. - 1998, p. 69-76
18. Meissner R., Seeges I., Rupp H. Lysimetr studies in East Germany concerning the influence of set aside of intensively farmed land on the seepage water quality // *Agricultural ecosystems & Environment. - 1998, vol. 67, p. 161-173*
19. Misa P. Hodnocení cetrvalosti modelovyh systemu rostlinne produkce: doctoral thesis. Brno. - Mendel University of Agriculture and Forestry, 2000. - 116 p.
20. Morkūnas V., Rudzianskaitė A., Šukys P. Influence of agriculture on soil water quality in the karst region of Lithuania // *Irrigation and Drainage. - 2005, vol. 54, p. 353-361*
21. Sharpley A., Gburek W. Agricultural phosphorus and water quality: sources, transport and management // *Agricultural and Food Science in Finland. - 1998, vol. 7, p. 297-314*
22. Sharpley A.N., McDowell R.W., Kleinman P.J.A. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management // *Plant and Soil. - 2001, vol. 237, iss. 2, p. 287-307*
23. Some phosphorus research work funded by the Royal Swedish Academy of agriculture and forestry // *Phosphorus Balance and Utilization Agriculture. Towards Sustainability. - 1998, p. 235-236*
24. Sims J.T. Agricultural phosphorus and water quality // *Commun. Soil Science and Plant Anal. - 1998, No. 11-14, p. 1394*
25. Šileika A.S., Gužys S. Drainage runoff and migration of mineral elements in organic and conventional cropping systems // *Agronomie. - 2003, vol. 23, p. 633-641*
26. Šileika A.S., Kutra S., Berankienė L. Nevėžio taršos fosfatais priežasčių tyrimai // *Vandens ūkio inžinerija: mokslo darbai / LŽŪU, VŪI. - Vilainiai, 2000, t. 13 (35), p. 31-39*
27. Tripolskaja L. Ilgalaikio trąšų naudojimo įtaka dirvožemio savybėms lizimetriniuose įrenginiuose // *Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija (Kėdainių r.), 2004, t.85, p. 17-27*
28. Tunney H. Phosphorus needs of grassland soils and loss to water // *International conference of agricultural effects on ground and surface waters proceedings. - 2002, p. 63-69*
29. Ulen B. Phosphorus losses to waters from arable fields and reference water catchments in relation to phosphorus status of soils // *Phosphorus Balance and Utilization Agriculture. Towards Sustainability. - 1998, p. 167-175*

30. Unifikuoti nuotekų ir paviršinių vandenų kokybės tyrimo metodai. 1 dalis. Cheminės analizės metodai. - Vilnius, 1999. - 224 p.
31. Vasiliauskienė V. Pievų ir ganyklų tręšimas // Lietuvos dirvožemiai. - Vilnius, 2001, p. 935-942
32. Возбудская А. Е. Химия почвы. - Москва, 1968. - 427 с. - Rus.
33. Withers P.J.A., Edwards A.C., Foy R.H. Phosphorus cycling in UK agriculture and implications for phosphorus loss from soil // Soil Use and Management. - 2001, vol. 17, p. 139

ISSN 1392-3196

Agriculture. Scientific articles, t. 93, Nr. 3 (2006), p. 75-88

UDK 631.58(066)

## **THE INFLUENCE OF THE CROP ROTATION DIFFERING IN FERTILISATION ON PHOSPHORUS MIGRATION IN AGROECOSYSTEM**

S. Gužys, Z. Petrokienė

### **Summary**

This paper presents the summarized results on phosphorus cycles in the agroecosystem under the conditions of four different crop rotations (Norfolk, row crops, cereals, grasses). Investigations were carried out over the 1997-2003 period in an experimental site of the Water Management Institute of LUA on Endocalcari Endohypogleyic Cambisol (CMg-n-w-can).

The amount of mobile phosphorus in the soil depends on the conditions of mineral nutrition of the crop rotation as well as on its productivity. A row crop rotation was characterized by the highest productivity (980 GJ ha<sup>-1</sup> of total energy yield) during 7 years.

P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> and total phosphorus concentration in drainage water depends on the amount of precipitation, crop rotation fertilisation and phosphorus balance. The least P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> and total phosphorus concentration in drainage water was determined in the conditions of the most productive row crop and cereal crop rotations. The total leaching of phosphates and total phosphorus depends on drainage runoff, phosphorus concentration in drainage water, crop rotation and its productivity as well as on factors of mineral plant nutrition. The effective fertilisation with P fertilisers resulting in higher crop productivity, positive low-level P balance limit leaching of phosphates by drainage.

Well-considered fertilisation ensuring steady, close to neutral P balance is the main condition for reduced non-point source water pollution by phosphorus.

Key words: crop rotations, soil, yield, phosphorus, concentration, leaching, balance.