

# Augalų maisto medžiagų (N, P, K) nuo kalvų šlaitų praradimas su dirvožemiu ir vandeniu

Irena Kinderienė,

Gintaras Jarašiūnas,

Danutė Karčauskienė

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro  
Vėžaičių filialas, Gargždų g. 29,  
LT-96216 Vėžaičiai, Klaipėdos r.  
El. paštas: kaltbs@kaltbs.lzi.lt

Ekspirimentai daryti 2011–2012 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) Vėžaičių filialo trijuose Kaltinėnų dirvožemio erozijos stacionarų laukuose, esančiuose 7–9°, 9–11° ir 7–8° statumo šlaituose. Dirvožemis – menkai ir vidutiniškai eroduotas, giliau glėžiškas, pasotintasis balkšvažemis – Jlg4-b-el ir Jlg4-b-e2 (*Endohypogleyic-Eutri Albeluvisol – Abe-gld-el ir Abe-gld-e2*). Kiekviename stacionaro šlaite yra po 10 laukelių. Tyrimo metais stacionaruose augintos daugiametės žolės, vasariniai miežiai, bulvės, laikytas juodasis pūdymas ir ilgamažiai šienaujami bei nešienaujami žolynai.

Nustatyta, kad vandeninės dirvožemio erozijos nuostoliai, vandens nuotėkis ir prarastų maisto medžiagų kiekis labiausiai priklausė nuo šlaito dirvožemio apželdinimo augalais ir granulometrinės dirvožemio sudėties. Šlaitai, apauginti ilgalaikiais žolynais, kuriuose susiformavusi stipri velėna, atsparūs ardymui. Kai dirvožemis be augalų, pūdymuoja, dirvožemio nuostoliai didžiausi lengvo priemolio 9–11° šlaite (229,34 t ha<sup>-1</sup>), o vandens nuotėkis – vidutinio ir sunkaus priemolio šlaituose. Mažiausias vandens nuotėkis (308,3–843,6 hl ha<sup>-1</sup>) ir minimalūs sauso dirvožemio nuostoliai (0–1,56 t ha<sup>-1</sup>) nustatyti 9–11° lengvo priemolio šlaite, apželdintame ilgalaikiais daugiakomponenčiais žolynais. Esant juodajam pūdymui arba dirvožemiui be augalinės dangos, jautriausias nuardymui ir N, P, K maisto medžiagų netekimui buvo lengvo priemolio statesnio (9–11°) šlaito dirvožemis: per dvejus metus su dirvožemiu ir vandens nuotėkiu judriojo fosforo prarasta 34,39 kg ha<sup>-1</sup>, azoto – 12,16 kg ha<sup>-1</sup>, judriojo kalio – 32,86 kg ha<sup>-1</sup>.

Tyrimais nustatyta, jog tarp paviršinio vandens nuotėkio ir mėnesio kritulių kiekio buvo vidutinė priklausomybė ( $r = 0,61^* - 0,69^*$  (2011 m.),  $r = 0,54 - 0,64^*$  (2012 m.)). Dirvožemio nuostoliai kalvų šlaituose mažai priklausė nuo mėnesio kritulių kiekio.

**Raktažodžiai:** šlaitai, erozija, dirvožemio nuostoliai, nuotėkis, N, P, K, sėjomainos, stacionarai

## ĮVADAS

Vandens nuotėkis nuo kalvos šlaitų ir dirvožemio erozija mažina žemės našumą, augalų produktyvumą (Brunner et al., 2008), skatina aplinkosaugines, ribojančias žemės ūkio veiklą, problemas (Moreno-de las Heras et al., 2010). Šiaurės Europos šalyse suprasta, kad dirvožemio erozijos problema susijusi ne su faktiniu dirvožemio praradimu, bet su neigiamu poveikiu dirvožemio kokybei netenkant augalams

reikalingiausių maisto medžiagų (Kirkby, 2006). Suomijos tyrėjai nustatė, kad dėl žemdirbystės šalyje į vandens telkinius patenka 62 % P ir 51 % N (Warsta, 2011). J. Vaitiekūnienė (2006), ištyrusi 130 Lietuvos upių vandens kokybę, nustatė, kad 72 % fosforo ir 98 % nitratų kiekio į upes patenka dėl žemės ūkio taršos. JAV mokslininkų duomenimis, įvairias žoles smėlio dirvožemyje patręšus granuliuotomis P trąšomis 61 ir 105 kg ha<sup>-1</sup>, po 45 mėn. fosforo išplovimo nuostoliai sudarė net 22,9 ir 37,8 kg ha<sup>-1</sup> (Erickson et al., 2005). Kiti

tyrėjai pateikia duomenų, jog intensyvios žemės ūkio gamybos ūkiuose 50–70 % maisto medžiagų yra nepanaudojamos augalų ir yra nuplaunamos paviršiumi ar išplaunamos iš dirvožemio į gruntnius vandenį (Asghari et al., 2011).

Tręšiant augalus norima užtikrinti jų produktyvumą, stengiamasi į dirvą grąžinti didesnius maisto medžiagų kiekius negu jų reikia užauginti derlių. Tačiau daug azoto nepageidaujama aplinkosaugos požiūriu (dėl galimų didesnių įplovimo ir nuplovimo nuostolių). Daugiausia dirvų, turinčių labai mažai ir mažai mineralinio azoto, yra Rytų Lietuvoje – apie 70 %, o Vakarų ir Vidurio Lietuvoje tokių dirvų yra 40–50 % (Staugaitis ir kt., 2009).

Dirvožemio eroziją vertinant Europos mastu įvairiose klimato zonose reljefo ir augalinės dangos sąlygomis nustatyta, kad dirvožemio netekimas nuo kalvos šlaitų labiausiai priklauso nuo šlaito polinkio bei auginamų augalų (Cerdan et al.,

2010). Kalvų šlaituose auginant pasėlius netenkamas didesnis viršutinio dirvožemio sluoksnis negu esant natūraliai augmenijai (Maetens et al., 2012). Kalvotame reljefe paviršinio vandens nuotėkis šlaitu yra tiesiogiai susijęs su augalų maisto medžiagų ir pesticidų (Maetens et al., 2012) bei dirvožemio netekimu (Vanmaercke et al., 2011), sukeliančiu potencialaus derliaus nuostolius.

Dirvožemio erozija yra ekologinė problema, nes iš esmės prisideda prie augalų maistinių medžiagų nuotėkio į vandenynus, sukeldama paviršinių vandens telkinių eutrofikaciją (Onyando et al., 2005). Dėl vykstančios eutrofikacijos nitratais teršiamos upių ir jūrų ekosistemos (London, 2005).

Tyrimų tikslas – įvertinti pagrindinių augalų maisto medžiagų (N, P, K) netekimą dėl erozijos su dirvožemiu ir paviršiniu vandens nuotėkiu, nustatyti jų kitimo ribas bei priežastis skirtingose žemėnaudose.

#### 1 lentelė. Stacionaruose auginami augalai

Table 1. Plants grown in field experiments (stationaries)

Laukelių Nr. Number of plots	2011 m. 2011 year	2012 m. 2012 year
1.	Dobilų-motiejukų mišinys I n. m. (Dž I) / Clover and timothy mixture (PG), 1st year of use	Dobilų-motiejukų mišinys II n. m. (Dž II) / Clover and timothy mixture (PG), 2nd year of use
2.	Šunažolių-raudonųjų eraičinų mišinys III n. m. (Dž III) / Cocksfoot and fescue mix (PG), 3rd year of use	Šunažolių-raudonųjų eraičinų mišinys IV n. m. (Dž IV) / Cocksfoot and fescue mix (PG), 4th year of use
3.	Dobilų-motiejukų mišinys I n. m. (Dž I) / Clover and timothy mixture (PG), 1st year of use	Dobilų-motiejukų mišinys II n. m. (Dž II) / Clover and timothy mixture (PG), 2nd year of use
4.	Vasariniai miežiai (M) / Spring barley (B)	Juodasis pūdymas (Jp) / Black fallow (BF)
5.	Ilgaamžiai nenaudojami ir netręšiami daugiakomponenčiai žolynai (NŽ) / Sward for soil formation (SF)	Ilgaamžiai nenaudojami ir netręšiami daugiakomponenčiai žolynai (NŽ) / Sward for soil formation (SF)
6.	Ilgaamžiai šienaujami ir tręšiami daugiakomponenčiai žolynai (TŽ) / Sward for haymaking (SH)	Ilgaamžiai šienaujami ir tręšiami daugiakomponenčiai žolynai (TŽ) / Sward for haymaking (SH)
7.	Bulvės (B) / Potatoes (P)	Vasariniai miežiai (M) / Spring barley (B)
8.	Vasariniai miežiai (M) / Spring barley (B)	Vasariniai miežiai (M) / Spring barley (B)
9.	Vasariniai miežiai + šunažolių-raudonųjų eraičinų mišinio išėlis (M+dž) / Spring barley + cocksfoot and fescue mixture undercrop (B+PG)	Šunažolių-raudonųjų eraičinų mišinys I n. m. (Dž I) / Cocksfoot and fescue mixture (PG), 1st year of use
10.	Bulvės (B) / Potatoes (P)	Miežiai + dobilų-motiejukų mišinio išėlis (M+dž) / Barley + clover and timothy mixture undercrop (B+PG)

## EKSPERIMENTŲ VIETA IR DIRVOŽEMIS

Lauko eksperimentai daryti LAMMC Vėžaičių filiale, Kaltinėnų erozijos stacionaruose, įrengtuose 1993 m. 7–9°, 9–11° ir 7–8° polinkio šlaituose. Eksperimentų vietovės dirvožemis – menkai ir vidutiniškai eroduotas, giliau glėžiškas, pasotintasis balkšvažemis – Jlg4-b-el ir Jlg4-b-e2 (*Endohypogleyic-Eutri Albeluvisol – Abe-gld-el ir Abe-gld-e2*) (Jankauskas, Jankauskienė, 2003). Šlaitų viršutinių ir vidurinių dalių dirvožemis vidutiniškai eroduotas, o apatinių – menkai eroduotas. Šlaitų dirvožemiai granulimetrinės sudėties atžvilgiu pagal Fere trikampį yra tokie: dulkiškas vidutinio sunkumo priemolis ant dulkiško lengvo molio ( $dp_1/dm$ ) – 7–9° šlaitas; dulkiškas lengvas priemolis ant rišlaus smėlio su giliau slūgsančiu dulkišku vidutinio sunkumo priemoliu ( $dp/s_1/dp_1$ ) – 9–11° šlaitas; dulkiškas sunkus priemolis ( $dp_2/dp_2$ ) – 7–8° polinkio šlaitas.

Daugiakomponenčio žolių sėklų mišinio sudėtyje buvo motiejukai, raudonieji eraičiniai, pievinės miglės, baltieji dobilai ir garždeniai. Visų jų į mišinį imta po 20 % nuo hektarui rekomenduojamos normos.

Nuo pat bandymų įrengimo pradžios mineralinėmis trąšomis visais tyrimų metais tręšiama vienodai – javai be išėlio po  $N_{60}$ ,  $P_{60}$ ,  $K_{60}$ . Miežiams su išėliu N skiriama 45 kg ha<sup>-1</sup>. Visos daugiamečių žolės tręšiamos  $P_{60}$ ,  $K_{60}$ , o azotu diferencijuotai –  $N_{60-120}$ . Dobilų-motiejukų mišinys (D-M) I n. m. azotu netręšiamas, o II n. m. išberinama  $N_{60}$  (vieną kartą). Šunažolių-eraičinų (Š-E) ir sudėtingas žolių mišinys TŽ tręšiamas po I ir II žolių pjūties skiriant kiekvieną kartą po  $N_{60}$ . Bulvės tręštos  $N_{90}P_{90}K_{120}$  trąšų normomis. Trąšos (amonio salietra, kompleksinės NPK 16 : 16 : 16 trąšos) išbarstomos prieš javų sėją, o žolėms – vegetacijos pradžioje. D-M mišinys ir daugiakomponentis žolių mišinys šienautas 2 kartus, o Š-E mišinys – 3 kartus.

## TYRIMO METODAI

Tiriamų 10 laukelių kiekviename stacionare surinktas nutekantis vanduo ir nunešamas dirvožemis: dviejų gretimų laukelių apsaugose įrengti 2 m gylio ir 1,5 m skersmens 5 šuliniai, kuriuose sudėti rezervuarai, skirti surinkti dirvožemį ir vandenį. Iš jų vanduo ir dirvožemis semiamas rankiniu būdu,

sveriamas. Į biukselius paimti sunešto dirvožemio pavyzdžiai sausų medžiagų nustatymui. Apskaitomojo vandens ir dirvožemio kiekis nustatytas po kiekvieno gausesnio lietaus, sukėlusio vandens nutekėjimą šlaitu arba prisipildžius rezervuarams.

Sunešto į rinktuvus dirvožemio ir vandens analizės atliktos Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro Agrocheminių tyrimų laboratorijoje. Judrusis fosforas (P) ir judrusis kalis (K) nustatytas Egner–Riehm–Domingo metodu (A-L),  $N_{min}$  dirvožemyje – 1M KCl ekstrakcija, nustatyta spektrofotometriniu metodu. Vandens mėginiuose bendrasis azotas ( $N_{sum}$ ) nustatytas Kjeldalio metodu.

Augalų vegetacijos periodo sąlygos apibūdintos G. Selianinovo hidroterminiu koeficientu. Hidroterminis koeficientas nustatytas pagal formulę:

$$HTK = \Sigma p / 0,1 \Sigma t; \quad (1)$$

čia  $\Sigma p$  – kritulių suma mm per laikotarpį, kurio temperatūra aukštesnė kaip 10 °C;  $\Sigma t$  – to paties periodo aktyvių temperatūrų suma °C (Bukantis, Rimkus, 1997).

Bandymų laukelių pradinis plotis – 4,5 m, apšėjamas plotis – 3,2 m, o apskaitomasis – priklausomai nuo derliaus nuėmimo technikos užgriebio pločio: javų kombaino – 2,3 m, žolių pjaunamosios – 1,4 m. Laukeliai tęsiasi nuo šlaito viršutinės dalies iki apatinio šlaito trečdalyje, kur įrengti vandens ir dirvožemio rinktuvai. Apskaitomojo laukelio ilgis šlaituose: 7–9° – 60 m, 9–11° – 65 m ir 7–8° – 50 m. Laukeliai išdėstyti randomizuotai.

Dvejų metų bandymo duomenų vidurkių paklaidoms skaičiuoti naudota formulė:

$$s_x = \pm \sqrt{\frac{s_{x_1}^2 + s_{x_2}^2}{n}}; \quad (2)$$

čia  $s_x$  yra vidurkio vidutinė paklaida;  $n$  – metų skaičius.

Tyrimo duomenys įvertinti naudojant kompiuterines programas ANOVA, STAT iš paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Koreliaciniai ryšiai nustatyti taikant tiesinę regresiją.

## METEOROLOGINĖS SĄLYGOS

Tyrimų metais vasario, kovo, balandžio ir gegužės mėn. buvo labai mažai kritulių, kurie neviršijo daugiamečio vidurkio, o dirva buvo nepakankamai

drėgna. 2011 m. birželio mėn. kritulių kiekis buvo taip pat beveik 21 % mažesnis negu daugiamečiai 50-ties metų vidurkis, o 2012 m. buvo šiek tiek viršytas – 9,7 %. Antrojoje birželio pusėje abejais tyrimo metais sulaukta gausesnių kritulių (daugiau nei 20 mm per parą). Liepos pradžios orai taip pat buvo lietingi. 2011 m. liepos mėn. iškrito 110,5 mm kritulių, o 2012 m. – 116,7 mm, atitinkamai daugiamečiai vidurkis viršytas 22,9 % ir 29,8 % (1 pav.).

Šlaituose dėl gausių kritulių, ypač 2012 m. liepos pradžioje, augalais neapaugusiam dirvožemyje (Jp) su vandeniu ir dirvožemiu patirti dideli paviršinio dirvos sluoksnio ir maisto medžiagų nuostoliai. 2011 m. rugpjūčio mėn. vyravo lietingi orai ir net 4 dienas iškrito daugiau nei 23 mm kritulių. Šio mėnesio kritulių vidurkis, palyginti su daugiamečiu (1960–2011 m.), viršytas 82 %. Susidarė palankios sąlygos netekti maisto medžiagų. 2012 m. rugpjūčio mėn. iškrito pusė tiek kritulių negu tuo pačiu laiku 2011 m. 2012 m. rugpjūčio ir rugsėjo mėn. kritulių kiekiai buvo mažesni negu daugiamečiai 50-ties metų vidurkiai, atitinkamai 8,1 ir 20,9 %. 2011 m. spalio ir lapkričio mėn. negausiai palijo, o gruodį iškrito 150,9 mm kritulių, tai 2,3 karto daugiau negu daugiamečiai vidurkis (65,6 mm) ant silpnai pašalusių dirvų (gruodžio mėn. vidurkis – 0,9 °C).

2012 m. oro temperatūra tiek liepos, tiek rugpjūčio mėn. buvo aukštesnė nei vidutinė

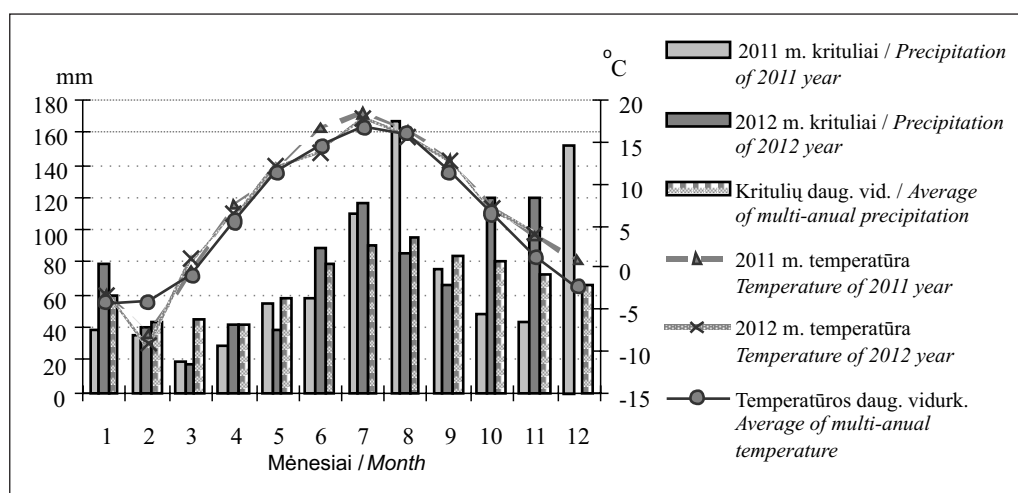
daugiamečių: liepos mėn. – apie 3 °C, o rugpjūčio mėn. – 0,7–1,4 °C (3 pav.). Kitais laikotarpiais buvo artima jai ir nuo 2011 m. temperatūra labai nesiskyrė. Aktyvios augalų vegetacijos laikotarpiu kiek vėsesni orai buvo 2012 m. birželio mėn.

Hidroterminio koeficiento (HTK) skaičiavimai parodė, jog 2011 m. vegetacijos periodu agrometeorologinės sąlygos buvo optimalaus drėgnumo iki liepos mėn., o liepos–rugspjūčio mėn. nustatytas perteklinis drėgnumas. 2012 m. perteklinio drėgnumo sąlygos po sausringo pavasario prasidėjo birželio pabaigoje ir išliko iki rudens pabaigos (2 pav.).

Kritulių gausumu ir intensyviais lietingais periodais, ypač liepos mėn., pasižymėjo 2012 m. orai. Palyginti su 2011 m., pastarųjų metų vandens nuotėkis sudarė 54–78 %. Per mėnesį po dvi ar tris vandens apskaitas atlikta sausį, liepą ir spalį. Jų metu surinkta pusė viso metinio nutekėjusio vandens kiekio. 2011 m. lietingesni periodai su perteklinio drėkinimo sąlygomis buvo rugpjūčio (HTK = 3,3) ir rugsėjo mėn. (HTK = 2,0).

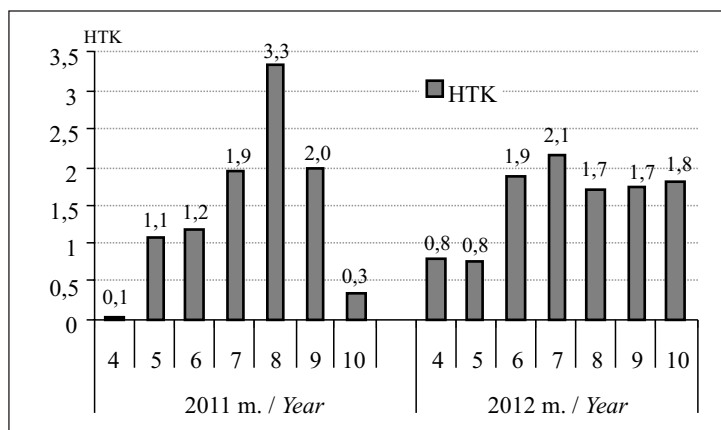
## REZULTATAI

Vandens nuotėkis nuo skirtingo statumo ir granulimetrinės sudėties šlaitų buvo mažiausias laukeliuose, apželdintais ilgalaikiais žolynais (NŽ, TŽ), kuriuose susiformavusi stipri velėna (2 lentelė). Besiskiriančiais kritulių kiekiu, jų iškritimo laiku



**1 pav.** Kritulių kiekis (mm), vidutinė mėnesių oro temperatūra (°C) ir daugiamečiai vidurkiai (1960–2011 m.), 2011–2012 m. (Laukuvos MS duomenys)

**Fig. 1.** The amount of precipitation (mm), average air temperature (°C) and multi-annual averages displayed monthly (Data from the Laukuva Meteorological Station)



2 pav. Vegetacinio periodo hidroterminis koeficientas

Fig. 2. Hydrothermal coefficient during the growing period

ir intensyvumu, šlaituose su ilgaamžėmis žolėmis vandens nuotėkis tarp atskirų metų beveik nesiskyrė lengvesnio dirvožemio (9–11°) šlaite ir buvo mažiausias, palyginti su kitais šlaitais. Palyginti su M/Jp, nuo NŽ apaugusio dirvožemio 7–9°, 9–11° ir 7–8° šlaituose vandens nuotėkis mažesnis, ati-

tinkamai 31,5, 75 ir 50,8 %, o nuo TŽ, atitinkamai 28, 28 ir 63 %.

Didesnis vidutinis metinis vandens nuotėkis (916–1 200 hl ha<sup>-1</sup> m.<sup>-1</sup>) tyrimo metu nustatytas nuo vidutinio sunkumo priemolio (7–9°) ir sunkaus priemolio dirvožemio šlaitų (7–8°), apstėtų

2 lentelė. Vandens nuotėkio (hl ha<sup>-1</sup> m.<sup>-1</sup>) ir sauso dirvožemio nuostoliai (t ha<sup>-1</sup> m.<sup>-1</sup>) skirtingo naudojimo, statumo ir dirvožemio granulometrinės sudėties šlaituose 2011–2012 m.

Table 2. Water runoff (hl ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) and soil losses (t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) from slopes of different soil use, texture and slope inclination over 2011–2012 years

Augalai Plants	7–9° šlaitas dp <sub>1</sub> 7–9° slope, dp <sub>1</sub>		9–11° šlaitas dp 9–11° slope, dp		7–8° šlaitas dp <sub>2</sub> 7–8° slope, dp <sub>2</sub>	
	Vandens nuotėkis hl ha <sup>-1</sup> m. <sup>-1</sup> Runoff, hl ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	Sausas dirvožemis t ha <sup>-1</sup> m. <sup>-1</sup> Dry soil, t ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	Vandens nuotėkis hl ha <sup>-1</sup> m. <sup>-1</sup> Runoff, hl ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	Sausas dirvožemis t ha <sup>-1</sup> m. <sup>-1</sup> Dry soil, t ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	Vandens nuotėkis hl ha <sup>-1</sup> m. <sup>-1</sup> Runoff, hl ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	Sausas dirvožemis t ha <sup>-1</sup> m. <sup>-1</sup> Dry soil, t ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>
D ž I/D ž II PG I/PG II	941,8	0,09	659,4	5,07	1153,4	0
D ž III/D ž IV PG III/PG IV	916,2	0,02	778,4	2,51	1023,7	0
D ž I/ D ž II / PG I/PG II	1200,7	17,41	937,3	34,95	1011,9	0,33
M/J p / B/BF	1173,2	16,85	1233,4	229,35	1080,8	0,85
NŽ / SF	803	0	308,3	0,50	531,1	0
TŽ / SH	843,6	1,56	456,6	0,26	514,7	0
B/M / P/B	937,1	0,49	857,1	3,37	980,1	0,06
M/M / B/B	956,7	0,95	694,8	3,37	1136,5	0
M+dž/Dž I B+PG/PG I	1376,3	0,01	692,3	3,65	1134,3	0,02
B/M+dž P/B+PG	1221,1	0,17	703,4	3,38	1121,6	0,26
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	331,40	11,988	533,37	114,901	233,25	0,446

daugiametėmis I–IV m. n. žolėmis (dėl mažesnio laidumo vandeniui ir didesnio molio dalelių kiekio dirvožemyje).

Auginant miežius ir bulves mažesnis kritulių vandens nuotėkis, palyginti su kitais šlaitais, buvo laidesniame vandeniui, 9–11° lengvo priemolio dirvožemio šlaite tiek atskirais metais, tiek per dvejus metus. Nuo dirvožemio, be augalų (Jp), nutekėjęs vandens kiekis dėl intensyvių 2012 m. liepos liūčių, palyginti su 2011 m. užsėto miežiais nuotėkiu, 7–9°, 9–11° ir 7–8° šlaituose buvo atitinkamai 3,6, 8,4 ir 2,7 karto didesnis.

Didžiausia per visą tyrimų laikotarpį (2011–2012 m.) sauso dirvožemio netektis – 229,34 t ha<sup>-1</sup> dėl liūtinių vasaros (2012 m. liepa) kritulių nustatyta tik statesniame 9–11° lengvo priemolio dirvožemio šlaite. 2011 m. nesant liūčių toje pačioje vietoje auginant vasarinius miežius dirvožemio nuostoliai buvo minimalūs – tik 0,01 t ha<sup>-1</sup>. Minimalūs sauso dirvožemio nuostoliai per dvejus metus, siekiantys 0–0,5 t ha<sup>-1</sup> ir 0–1,56 t ha<sup>-1</sup>, buvo nustatyti ilgaamžiais daugiamečiais žoliniais augalais apaugintuose laukeliuose. Šlaituose su sunkesniu dirvožemiu net ir be augalų Jp laukeliuose nuostoliai 7–9° šlaite tebuvo tik 16,85 t ha<sup>-1</sup>, o sunkaus priemolio 7–8° polinkio šlaite – tik 0,85 t ha<sup>-1</sup>. B/M ir M/M apsėtas šlaito dirvožemis augalams vegetuojant buvo atsparus ardymui, o dirvožemio nuostoliai per dvejus metus buvo nedideli – 0–3,37 t ha<sup>-1</sup>. Panašius vandeninės dirvožemio erozijos rezultatus, priklausiusius nuo kritulių ir dirvos apželdinimo augalais, pateikė ir kiti tyrėjai (Maetens W. et al., 2012).

Koreliacinė-regresinė mėnesio kritulių kiekio ir dirvožemio nuostolių analizė parodė, kad silpnas teigiamas ryšys abejais tyrimų metais buvo tik lengvo ir vidutinio priemolio šlaituose, o tarpusavyje abu požymiai buvo susiję 11,3–15,8 % (3 lentelė). Sunkaus priemolio nuostoliai šiek tiek priklausė nuo mėnesio kritulių ( $r = 0,12–0,16$ ), o požymiai susiję tik 1,2–2,6 %. Tačiau paviršinio vandens nuotėkis iš esmės priklausė nuo kritulių kiekio.

Tiek 2011, tiek 2012 m. 7–9° polinkio šlaite paviršinio vandens nuotėkis 41,4–47,2 % buvo susijęs su kritulių kiekiu vidutinio stiprumo ryšiu 0,64\*–0,69\*. Kituose šlaituose tarpusavio koreliaciniai ryšiai silpnesni, tačiau taip pat patikimi.

Didžiausias judriojo fosforo kiekis – 34,39 kg ha<sup>-1</sup> – prarastas su nuneštu dirvožemiu nuo 9–11° statumo lengvo priemolio šlaito (4 lentelė). Šiame šlaite jo nuostoliai 80 % didesni negu 7–9° šlaite ir 96 % negu 7–8° šlaite. Mažiausias judriojo fosforo kiekis (0,04–0,47 kg ha<sup>-1</sup>) prarastas nuo sunkiausios granulimetrinės sudėties dirvožemį turinčio 7–8° šlaito, kuriame patirti mažiausi dirvožemio nuostoliai (0–0,85 t ha<sup>-1</sup>). Apauginant šlaitus tręšiamais žolynais (TŽ) dirvožemio nuostolių dėl vandeninės erozijos nepatirta ir tik nutekėjusiame šlaite vandenyje nustatyti maži prarasto judriojo fosforo kiekiai (0,1–0,11 kg ha<sup>-1</sup>). Šiaurės šalyse atlikti tyrimai rodo, kad mažinti fosforo neigiamą poveikį gamtinei aplinkai rekomenduojama pasirenkant sėjomainas su augalais ir nuolat juos auginant dirvožemyje (Joel et al., 2012).

3 lentelė. Dirvožemio nuostolių ( $y$ , kg<sup>-1</sup> mėn.<sup>-1</sup>) ir vandens paviršinio nuotėkio ( $y$ , l<sup>-1</sup> mėn.<sup>-1</sup>) skirtinguose šlaituose ryšys su kritulių kiekiu ( $x$ , mm<sup>-1</sup> mėn.<sup>-1</sup>)

Table 3. The relationship between the observed soil loss ( $y$ , kg<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>) and surface runoff ( $y$ , l<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>) with the amount of precipitation ( $x$ , mm<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>) in different slopes

Šlaitas Slope	Metai Year	Dirvožemio nuostoliai kg <sup>-1</sup> mėn. <sup>-1</sup> Sediment loss, kg <sup>-1</sup> month <sup>-1</sup>			Vandens nuotėkis l <sup>-1</sup> mėn. <sup>-1</sup> Runoff, l <sup>-1</sup> month <sup>-1</sup>		
		$r$	R <sup>2</sup>	Regresijos lygtis Regression equation	$r$	R <sup>2</sup>	Regresijos lygtis Regression equation
7–9°	2011	0,35	0,124	$y = 0,04 + 0,01x$	0,69*	0,472	$y = -110,82 + 9,29x$
9–11°	2011	0,34	0,113	$y = -1,25 + 0,08x$	0,60*	0,351	$y = 3,11 + 4,76x$
7–8°	2011	0,12	0,012	$y = 0,82 + 0,01x$	0,61*	0,375	$y = -42,84 + 5,85x$
7–9°	2012	0,38	0,147	$y = -133,42 + 3,40x$	0,64*	0,414	$y = -16,43 + 15,32x$
9–11°	2012	0,40	0,158	$y = -1237,85 + 28,22x$	0,59	0,347	$y = 126,60 + 11,23x$
7–8°	2012	0,16	0,026	$y = 0,81 + 0,04x$	0,54	0,288	$y = 121,85 + 11,57x$

\* 95 % tikimybės lygmuo / \* 95 % level of probability

4 lentelė. Judriojo fosforo ( $P_2O_5$ ) nuostoliai su dirvožemiu ir paviršiniu nuotėkiu nuo skirtingo statumo šlaitų ( $kg\ ha^{-1}\ m^{-1}$ ) 2011–2012 m.

Table 4. Loss of available ( $P_2O_5$ ) ( $kg\ ha^{-1}\ yr^{-1}$ ) with sediment and surface runoff from different slopes during 2011–2012

Augalai Plants	7–9° šlaitas 7–9° slope			9–11° šlaitas 9–11° slope			7–8° šlaitas 7–8° slope		
	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total
D ž I/D ž II PG I/PG II	0,0	0,12	0,13	3,79	0,2	3,99	0	0,04	0,04
D ž III/D ž IV PG III/PG IV	0,02	0,14	0,16	0,55	0,1	0,65	0	0,1	0,1
D ž I/D ž II PG I/PG II	4,64	0,1	4,74	1,51	0,05	1,56	0,12	0,2	0,14
M/J p / B/BF	3,37	0,1	3,47	34,39	0,23	34,62	0,22	0,25	0,47
NŽ / SF	0	0,2	0,2	1,89	0,1	1,99	0	0,1	0,1
TŽ / SH	0	0,11	0,11	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1
B/M / P/B	0,04	0,03	0,07	0,69	0,1	0,79	0,01	0,2	0,21
M/M / B/B	0,13	0,03	0,16	0,67	0,1	0,79	0	0,1	0,1
M+dž/Dž I B+PG/PG I	0,002	0,04	0,04	0,68	0,03	0,71	0,004	0,1	0,1
B/M+dž P/B+PG	0,03	0,1	0,13	0,56	0,01	0,57	0,07	0,4	0,47
$R_{05} / LSD_{05}$	2,734	0,068	1,933	17,075	0,099	12,07	0,116	0,153	0,135

2012 m. juodojo pūdymo laukelyje 9–11° statumo šlaite dėl gausių (116,7 mm) kritulių prarasta sauso dirvožemio iš esmės daugiau nei kitais augalais apaugusiuose laukeliuose – 229,35 t  $ha^{-1}$ . Tai sąlygojo statistiškai esmingus ir didelius judriojo fosforo nuostolius, su prarastu nuo laukelio dirvožemiu, siekiančius net 34,39  $kg\ ha^{-1}$ . Su vandens nuotėkiu juodojo pūdymo laukelyje netekta tik 0,23  $kg\ ha^{-1}$  judraus fosforo. Auginant šlaituose bulves ar vasarinius javus judriojo fosforo nuostoliai šiame šlaite buvo 0,79  $kg\ ha^{-1}$ , o kituose, sunkesnės granulimetrinės sudėties šlaituose, per dvejus metus jie dar mažesni (dėl apaugusio augalais dirvos paviršiaus). Auginant daugiametės žolės (I–IV n. m.) sunkaus priemolio 7–8° statumo šlaite judriojo fosforo nuostolių su dirvožemiu ir nutekėjusiu kritulių vandeniu beveik nepatirta. Lengvesnės granulimetrinės sudėties šlaituose, nors ir apaugusiuose augalais, judriojo fosforo nuostoliai buvo iš esmės didesni, atitinkamai 0,13–4,74  $kg\ ha^{-1}$  ir 0,65–3,99  $kg\ ha^{-1}$ .

Azoto, kaip ir kitų tirtų maisto medžiagų, nuostoliai su dirvožemiu didžiausi 9–11° lengvos gra-

nulimetrinės sudėties dirvožemio šlaite juodojo pūdymo (Jp) laukelyje – 12,16  $kg\ ha^{-1}$  (5 lentelė). N nuostoliai su vandens nuotėkiu tame pačiame šlaite nuo Jp laukelio buvo 8 kartus mažesni. Ilgalaikiai žolynai apsaugojo dirvožemį nuo ardymo, todėl su dirvožemiu patirti maži mineralinio azoto nuostoliai. Kitų šlaitų daugiamečių žolių I–IV n. m. laukelių paviršiumi su vandens nuotėkiu nuplauti azoto kiekiai didesni negu su prarastu dirvožemiu – 0,56–3,74  $kg\ ha^{-1}$ , o nuo vasariniais javais (M/M) apsėtų laukelių nuplauta 0,58–4,32  $kg\ ha^{-1}$ .

Išskyrus M/Jp laukelius, judriojo kalio šlaituose prarasta daugiau su nutekėjusiu vandeniu. Auginant šlaituose B/M kalio nuostoliai nustatyti taip pat didesni su kritulių vandens nuotėkiu (0,76–2,3  $kg\ ha^{-1}$ ) negu su nuneštu dirvožemiu (0,06–0,83  $kg\ ha^{-1}$ ). Ilgalaikė žolės danga (NŽ ir TŽ) visiškai apsaugojo dirvožemį nuo erozijos, tačiau dėl žolynų (TŽ) kasmetinio tręšimo mineralinėmis trąšomis nutekėjusiam šlaitu kritulių vandenyje nustatyti 1,2–1,7 karto didesni judriojo kalio nuostoliai negu netręštuose NŽ (6 lentelė).

5 lentelė. N nuostoliai su dirvožemiu ir paviršiniu nuotėkiu nuo skirtingo statumo šlaitų ( $\text{kg ha}^{-1} \text{m}^{-1}$ ) 2011–2012 m.

Table 5. Loss of N ( $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ ) with sediment and surface runoff from different slopes during 2011–2012

Augalai Plants	7–9° šlaitas 7–9° slope			9–11° šlaitas 9–11° slope			7–8° šlaitas 7–8° slope		
	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total
D ž I/D ž II PG I./PG II	0,001	0,56	0,56	0,001	2,80	2,80	0	3,74	3,74
D ž III/D ž IV PG III/PG IV	0	1,63	1,63	0,001	2,80	2,80	0	2,40	2,4
D ž I/D ž II PG I/PG II	0,86	2,30	3,16	0,001	1,80	1,80	0	1,7	1,7
M/J p / B/BF	0,50	2,64	3,14	12,16	1,50	13,66	0,04	1,76	1,8
NŽ / SF	0	2,75	2,75	0,02	0,74	0,76	0	1,86	1,86
TŽ / SH	0	1,99	1,99	0,001	0,92	0,92	0	3,11	3,11
B/M / P/B	0,004	0,87	0,87	0,04	0,26	0,30	0,002	2,25	2,25
M/M / B/B	0,014	0,58	0,59	0,183	0,86	1,04	0	4,32	4,32
M+dž/Dž I B+PG/PG I	0	0,73	0,73	0,072	1,10	1,17	0	3,42	3,42
B/M+dž P/B+PG	0,005	1,53	1,53	0,027	0,52	0,55	0,005	5,03	5,03
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,472	1,267	0,956	6,142	1,838	4,533	0,08	1,906	1,349

6 lentelė. Judriojo kalio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) nuostoliai su dirvožemiu ir paviršiniu nuotėkiu nuo skirtingo statumo šlaitų ( $\text{kg ha}^{-1} \text{m}^{-1}$ ) 2011–2012 m.

Table 6. Loss of available  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ ) with sediment and surface runoff from different slopes during 2011–2012

Augalai Plants	7–9° šlaitas 7–9° slope			9–11° šlaitas 9–11° slope			7–8° šlaitas 7–8° slope		
	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total	Dirvožemis Sediment	Nuotėkis Runoff	Iš viso Total
D ž I/D ž II PG I./PG II	0,02	1,35	1,37	1,38	1,7	3,08	0	2,89	2,89
D ž III/D ž IV PG III/PG IV	0,002	1,56	1,56	0,44	1,14	1,58	0	3,22	3,22
D ž I/D ž II PG I/PG II	5,3	2,62	7,92	1,72	2,3	4,02	0,14	3,01	3,15
M/J p / B/BF	3,29	2,44	5,73	32,86	1,8	34,66	0,22	1,58	1,80
NŽ / SF	0	1,68	1,68	4,15	1,1	5,25	0	2,26	2,26
TŽ / SH	0	2,82	2,82	0	1,53	1,53	0	3,11	3,11
B/M / P/B	0,06	0,76	0,82	0,83	1,32	2,15	0,02	1,39	1,41
M/M / B/B	0,24	1,03	1,27	0,95	1,44	2,39	0	2,53	2,53
M+dž/Dž I B+PG/PG I	0,003	1,03	1,03	0,67	0,92	1,59	0,01	3,1	3,11
B/M+dž P/B+PG	0,09	1,38	1,47	0,80	1,3	2,1	0,18	2,36	2,54
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,472	0,665	0,576	6,142	0,859	4,385	0,08	0,901	0,639



Tik lengvo priemolio 9–11° šlaite, apželdintame ilgalaikiais daugiakomponenčiais netręštais žolynais (NŽ), prarasto su dirvožemiu judriojo kalio nuostoliai ( $4,15 \text{ kg ha}^{-1}$ ) buvo didesni negu auginant kitus augalus, tačiau 87 % mažesni, palyginti su M/Jp laukeliu. Prarastas  $\text{K}_2\text{O}$  su dirvožemiu buvo didžiausias M/Jp laukelyje –  $32,86 \text{ kg ha}^{-1}$ . Sunkesnės granulimetrinės sudėties ir mažesnio statumo šlaituose juodojo pūdymo laukeliuose dėl mažesnių dirvožemio nuostolių judriojo kalio prarasta kur kas mažiau: 7–9° –  $3,29 \text{ kg ha}^{-1}$ , o 7–8° –  $0,22 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Tyrimo duomenys trijuose stacionarių eksperimentų šlaituose parodė, kad pagrindinių augalų maisto medžiagų netekimas dėl vandeninės dirvožemio erozijos be augalijos, kaip svarbiausio antierozinio veiksnio, labai glaudžiai siejasi su granulimetrine dirvožemio sudėtimi ir šlaito polinkiu. Tokius pastebėjimus, pagrįstus tyrimų duomenimis, pateikė ir kitų šalių garsūs erozijos tyrėjai (Morgan, 2006).

## IŠVADOS

1. Kalvų šlaituose augalų maisto medžiagų nuostoliai, prarasti su eroduotu dirvožemiu ir paviršiniu kritulių vandens nuotėkiu, priklausė nuo dirvožemio augalinės dangos, granulimetrinės sudėties ir šlaito polinkio. Didžiausi vidutiniai metiniai dirvožemio nuostoliai nustatyti lengvo priemolio 9–11° šlaite (juodasis pūdyimas), o paviršinio vandens nuotėkis – nuo vidutinio sunkumo priemolio (7–9°) ir sunkaus priemolio dirvožemio šlaitų (7–8°), apaugusių daugiametėmis žolėmis I–IV n. m.

2. Ilgalaikiai daugiakomponenčiai žolynai lengvo priemolio 9–11° šlaite sumažino paviršinių vandens nuotėkį ir apsaugojo dirvožemį nuo erozijos.

3. Laikant juodąjį pūdyimą arba dirvožemį be augalinės dangos jautriausias nuardymui ir N, P, K maisto medžiagų netekčiai buvo lengvo priemolio 9–11° šlaito dirvožemis: per dvejus metus su dirvožemiu ir vandens nuotėkiu judriojo fosforo prarasta  $34,39 \text{ kg ha}^{-1}$ , azoto –  $12,16 \text{ kg ha}^{-1}$ , judriojo kalio –  $32,86 \text{ kg ha}^{-1}$ .

4. Šlaituose, apželdintuose augalais, judriojo kalio nuostoliai didesni su vandens nuotėkiu, o judriojo fosforo ir mineralinio azoto – su prarastu dirvožemiu. Sunkesnio šlaito dirvožemio

judriojo fosforo ir judriojo kalio nuostoliai mažesni.

5. Tarp paviršinio vandens nuotėkio ir mėnesio kritulių kiekio nustatytas vidutinio stiprumo teigiamas ir patikimas koreliacinis ryšys:  $r = 0,61^* - 0,69^*$  (2011 m.),  $r = 0,54 - 0,64^*$  (2012 m.). Dirvožemio nuostoliai kalvų šlaituose mažai priklausė nuo mėnesio kritulių kiekio.

## PADĖKA

Autoriai dėkoja Lietuvos žemės ūkio ministerijos Išteklų ir politikos departamento Agroaplinkosaugos ir ekologinio ūkininkavimo skyriaus darbuotojams už suteiktą finansinę paramą (sutartis MT/11-27). Taip pat dėkojame technikei Ritai Kinderytei ir kitiems darbuotojams, kruopščiai ir atsakingai atliekantiems skaičiavimus ir darbus stacionaruose.

Gauta 1212 12 27  
Priimta 1213 04 24

## LITERATŪRA

- Asghari H. R., Cavagnaro T. R. 2011. Arbuscular mycorrhizas enhance plant interception of leached nutrients. *Functional Plant Biology*. Vol. 38. P. 219–226.
- Bukantis A., Rimkus E. 1997. Lietuvos agroklimatinių išteklių kaita ir prognozės. *Lietuvos klimato ir dirvožemio potencialo racionalaus naudojimo perspektyvos*. Dotnuva-Akademija. P. 5–11.
- Cerdan O., Govers G., Le Bissonnais Y., et al. 2010. Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*. Vol. 122. Issues (1–2). P. 167–177.
- Erickson J. E., Cisar J. L., Snyder G. H., et al. 2005. Phosphorus and potassium leaching under contrasting residential landscape models established on sandy soil. *Crop Science*. Vol. 45. P. 546–552.
- Jankauskas B., Jankauskienė G. 2003. Stacionariniai dirvožemio erozijos tyrimai Žemaičių aukštumoje: 1. Dirvožemis ir jo savybės. *Žemdirbystė: mokslo darbai*. T. 82. P. 3–19.
- Joel A., Westrom I., Strock J., Messing I. 2012. Method for in situ measurements of water, sediment and phosphorous transport in the upper soil profile. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. Vol. 62. Suppl. 2. P. 252–259.
- London J. G. 2005. Nitrogen study fertilizes fears of pollution. *Nature*. Vol. 433. Issue 7028. P. 791.
- Maetens W., Vanmaercke M., Poesen J., Jankauskas B., Jankauskienė G., Ionita I. 2012.

- Effects of land use on annual runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean: A meta-analysis of plot data. *Progress in Physical Geography*. P. 1–55.
9. Morgan R. P. C. 2006. *Soil Erosion & Conservation* (3th ed.). Blackwell Publishing. 304 p.
  10. Staugaitis G., Mažvila J., Arbačiauskas J., Adomaitis T., Daunys A., Šumskis D., Ryliškienė E., Griškevičienė S., Antanaitis A. 2009. *Lietuvos mineralinio azoto monitoringas ir jo tyrimai* [žiūrėta 2012-12-05]. Prieiga per internetą: <http://www.agrolab.lt/azotas.html>
  11. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija. Kėdainių r. 57 p.
  12. Vaitiekūnienė J. 2006. Integruotas upių baseinų nuotėkio ir taršos vertinimas: *daktaro disertacija*. Kaunas. 133 p.
  13. Vanmaercke M., Poesen J., Maetens W., de Vente J., Verstraeten G. 2011. Sediment yield as a desertification risk indicator. *Science of the Total Environment*. Vol. 409. Issue 9. P. 1715–1725.
  14. Warsta L. 2011. *Modelling Water Flow and Soil Erosion in Clayey, Subsurface Drained Agricultural Fields*. Aalto University publication series, Doctoral Dissertations 82/2011. Helsinki: Alto Print. 209 p.

Irena Kinderienė, Gintaras Jarašiūnas,  
Danutė Karčauskienė

## LOSS OF PLANT NUTRIENTS (N, P, K) WITH SOIL LOSS AND WATER RUNOFF FROM HILL SLOPES

### Summary

Field experiments were conducted in the Vėžaičiai Branch of LAMMC in 2011–2012, on three Kaltinėnai erosion stationaries, which are on 7–9°, 9–11° and 7–8° slopes. Soils are classed as *Albeluvisol Eutric Albeluvisols (ABe)*, medium and light eroded. On each slope of the stationary there are 10 plots equipped. In these years of experiments, perennial grasses, spring barley, potatoes, black fallow and long-term perennial grasses (sward) were grown.

It was obtained that soil losses of the water erosion, surface runoff and loss of nutrients mostly depended on the vegetation cover and soil texture. The slopes occupied with long-lived grasses, where strong sward is formed, are resistant to soil erosion. When the soil is without plants and fallowing, soil losses are substantially highest on a light loamy 9–11° slope (229.34 t ha<sup>-1</sup>) and a runoff is highest on medium and heavy loamy slopes.

The least water runoff (308.3–843.6 hl ha<sup>-1</sup>) and minimum losses of dry soil (0–1.56 t ha<sup>-1</sup>) were determined on the light loamy 9–11° slope occupied with long-lived multi-component grasses. When the soil was black fallow or without plants, the light loam 9–11° slope appeared to be most sensitive to erosion and losses of the N, P, K nutrients: during two years, 34.39 kg ha<sup>-1</sup> of available P, 12.16 kg ha<sup>-1</sup> of N, 32.86 kg ha<sup>-1</sup> of available K were lost with the soil and runoff.

Correlative analysis provides mean relationship between the runoff and monthly precipitation ( $r = 0.61^* - 0.69^*$  (2011),  $r = 0.54 - 0.64^*$  (2012)). Low dependence between the soil loss and the monthly rainfall was defined.

**Key words:** slopes, erosion, soil losses, runoff, N, P, K, crop rotation, stationaries