

RELJEFO ĮTAKOS BENDROSIOS DIRVOŽEMIO ANGLIES
KITIMUI TYRIMAS IR VERTINIMASMantas Pranskevičius¹, Pranas Baltrėnas²*Vilniaus Gedimino technikos universitetas**El. paštas: ¹mantas.pranskevicius@ap.vgtu.lt; ²pbalt@ap.vgtu.lt*

Anotacija. Dirvožemis yra viena iš svarbiausių gamtinių Žemės landšaftų posistemų, žmogui turinčių išimtinę svarbą kaip pagrindinis maisto šaltinis. Viena aktualiausių susirūpinusių savo ateitimi žmonijos problemų – Žemės dirvožemių išsaugojimas, jų derlingumo ir sveikos būklės palaikymas vis didėjančio technogeninio slėgio ir gamtinių landšaftų degradacijos sąlygomis. Kaip papildomą neigiamo pobūdžio veiksnį Žemė privalės įveikti ir jau prasidėjusio globalaus atšilimo pasekmes, su kuriomis neišvengiamai susidurs ir Lietuvos žemės ūkis. Šiame darbe analizuojamas bendrosios anglies kitimas atsižvelgiant į reljefą. Lietuvoje šiuo metu eroduojami dirvožemio paviršiai sudaro 30–50 %. Erozijos paveikti dirvožemiai praranda derlingumą, o tai skatina ir tolesnę jų degradaciją.

Reikšminiai žodžiai: dirvožemio tyrimai, bendroji anglis, pH, dirvožemio reljefas.

Įvadas

Istant organinėms medžiagoms atspalaiduoja anglies dvideginis, kuris, patekęs į atmosferą, didina esamą šiltnamio efektą. Eroziniai dirvožemio procesai, atsirandantys dėl reljefo įtakos, neteisingo ūkininkavimo, skatina dirvožemio degradaciją. Ji mažina organinės medžiagos kiekius ir sudaro dar geresnes sąlygas tolesniam dirvožemio degradavimui. Pirmiausia organinės medžiagos išplaunamos dviem būdais: vienos su tirpalais nukeliauja gilyn į podirvį, o kitos šlaitais nuteka žemyn (Šleinytis 2001). Paviršinis derlingas sluoksnis gali būti nupustomas ar nunešamas nuo kalvų viršūnių, aukštesniųjų šlaito dalių ir nusodinamas reljefo apačioje. Vandens poveikis paviršiniam dirvožemiui pasireškia, kai šlaitas statesnis nei 3° (Ленгдейл, Лоренс 1987). Dauguma išplaunamų medžiagų susikaupia apatiniuose reljefo taškuose. Tad reljefas dažnai daro įtaką ir kitiems dirvodaros procesams, svarbiems humuso susidarymui ir jo kaupimuisi. Veikdamas dirvožemio vystymosi pobūdį reljefas tiesiogiai ir netiesiogiai keičia kitus dirvodaros procesų intensyvumus. Skatinamas dirvodarinės uolienos dūlėjimo intensyvumas, keičiama medžiaginė ir granulimetrinė dirvožemio sudėtis, augalijos ir gyvųjų organizmų pasiskirstymas (Боул *et al.* 1997).

Organinės medžiagos praradimas skatina tolesnę dirvožemių degradaciją. Šis praradimas tiesiogiai veikia ir visą esamą ekosistemą. Tai geriausiai pasireškia lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemiuose. Juose hu-

musas atlieka pagrindines sorbcines funkcijas (Mažvila 1998). Be to, Lietuvos teritorijoje nustatytas statistiškai patikimas linijinis neigiamas ryšys tarp karbonatingojo horizonto gylio ir pH KCl rodiklio 30–120 cm storio dirvožemio sluoksnyje. Karbonatų kiekio koreliacinis ryšys su dulkių (0,05–0,001 mm) ir molio (<0,001 mm) dalelių kiekiu yra linijinis teigiamas, su smėlio (1–0,05 mm) – linijinis neigiamas (Jankauskas, Jankauskienė 2006; Ruddiman 2003). Dirvodarinių uolienuų granulimetrinė sudėtis (kartu ir karbonatingumas) taip pat kinta pagal tam tikrą dėsninę, būdingą visiems reljefo rangams nuo elementarių paviršių iki aukštumos, ir pasižymi pastoviu karbonatingumo skirtumu. Todėl rupesnės granulimetrinės sudėties dirvodarinės uolienos iškilusiuose reljefo paviršiuose ne tokios karbonatingos negu įdubusiuose – skirtumas sudaro 4–9 % CaCO₃ (Česnuoliavičius 1999). Todėl dirvožemių, esančių reljefo apačioje, pH reikšmės artimos neutraliai arba šiek tiek šarminei terpei. Žinoma, tam didelę įtaką turi karbonatinio sluoksnio gylis. Jei jis yra negiliai, 40–50 cm gylyje, viršutinių dirvožemio sluoksnių rūgštingumas bus artimas neutraliam, jei giliau – rūgštesnis. Karbonatinio sluoksnio gylis turės įtakos nustatant bendrąją anglį (Danilevičius *et al.* 1977; Tóthová *et al.* 2007).

Apskaičiuota, kad intensyvaus žemės naudojimo laikotarpiu (tarp 1850 ir 1998 metų) dirvožemio organinės medžiagos nuostolių balanse vieną trečdalį (26±9 Gt) sudarė nuostoliai dėl dirvožemio erozijos ir apie du trečdalius (52±8 Gt) dėl mineralizacijos (Ruddiman 2003).

Vykstanti absoliučioji medžiagų akumuliacija – tai dirvodarinės uolienos gausinimas junginiais iš atmosferos ir hidrosferos bei šių junginių kaupimasis besiformuojančiame dirvožemyje. Dirvožemiuose kaupiami anglis (fotosintezė – biomasės sintezė – mirimas – suirimas – humifikacija – humuso kaupimasis), azotas (azoto fiksavimas – organizmų pasisavinimas – biomasės mirimas – nitrifikacija – amonifikacija), lengvai tirpios druskos – gipsas, karbonatai, geležies junginiai, silicis (iš gruntinio vandens). Absoliučiajai medžiagų akumuliacijai turi įtakos ir dujinio azoto, anglies, sieros režimas. Nustatyta, kad augalų vegetacijos metu nuo dirvožemio paviršiaus išgaruoja didelis (5–30 kg ha⁻¹ per valandą, arba 600–700 kg ha⁻¹ per parą) CO₂ kiekis. G. Liundergordas pavadino šį reiškinį dirvožemio kvėpavimu. Trečdalį šio kiekio gamina augalų šaknys, o likusiąją – mikroorganizmai ir mezofauna. Į atmosferą išsiskiria ne daugiau nei 10 proc. dirvožemyje esančios angliarūgštės kiekio. Likusioji jos dalis kaupiasi dirvožemio porose, ištirpsta dirvožemio tirpale, dalyvauja karbonatinių medžiagų susidarymo ir tirpimo reakcijose.

Medžiagų balansas dirvožemyje, kaip minėjome, priklauso nuo reljefo sąlygų, t. y. kokiam šlaito elemente formuojasi dirvožemis – jo viršuje (eliuviniam elementariajame arba išplaunamajame, geocheminiame landšafte), viduryje (tranzitiniame eliuviniam elementariajame geocheminiame landšafte) ar apačioje (akumuliaciniame elementariajame geocheminiame landšafte).

Medžiagų balansas dirvožemyje būna teigiamas, neigiamas arba nulinis. Pažymėtina, kad įvairių medžiagų balansas tame pačiame dirvožemio profilyje gali būti visiškai skirtingo pobūdžio. Kai balansas teigiamas, dirvožemyje vyksta medžiagų akumuliacija, kuri gali būti absoliutinė, santykinė ir likutinė.

Neigiamas medžiagų balansas esti tuomet, kai medžiagų išnešama daugiau negu įnešama. Tai dažniausia vyksta drėgno klimato ypač eroduojamuose kalnų šlaitų dirvožemiuose. Medžiagų sumažėjimas gali būti dalinis arba bendrasis. Bendrasis mažėjimas yra tuo atveju, kai tam tikro komponento pastebimai mažėja visame dirvožemio profilyje, pvz., jaurazemių (*Podzols*) profilyje katijonų. Dalinis mažėjimas – tai tam tikro komponento mažėjimas tik viršutiniame dirvožemio horizonte, o ne visame profilyje.

Nulinis balansas būdingas tiems dirvožemiams, kuriuose medžiagų išnešimas ir įnešimas yra subalansuotas.

Darbo tikslas – nustatyti anglies kiekį dirvožemyje ir išanalizuoti jos kitimą vertikaliame dirvožemio profilyje atsižvelgiant į reljefo įtaką.

Dirvožemio mėginių paėmimo ir analizės metodika

Mėginių ėmimo metodika parengta remiantis dirvožemio mėginių ėmimo protokolu, parengtu Europos Sąjungos organinės anglies kiekio pokyčiams nustatyti (1 pav.). Imant dirvožemio mėginius naudojami tinkleliu. Tinklelis sudarytas iš 100 elementų, kurių indentifikavimo numeris išdėstytas atsitiktine tvarka (1 pav.).

Elementų matmenys parenkami pagal analizuojamą dirvožemio plotą. Analizuojamas dirvožemio plotas, pažymėtas stačiakampiu (1 pav.), turi tilpti į tinklelį. Pasirinktas dirvožemio plotas gali būti stačiakampis arba bet kokios kitos formos. Jei analizuojamas plotas netaisyklingos formos, tuomet nustatomos ir tinklelio kampų koordinatės. Tai atliekama palengvinant elemento matmenų nustatymą. Imant dirvožemio mėginius nustatomos analizuojamo ploto kampų koordinatės. Koordinatės nustatomos remiantis Europos koordinacijų sistema CRS arba tarpine ERTS89.

Elemento matmenys nustatomi tinklelio X ir Y kraštines padalijus iš 10. Tokiu būdu mėginiai sistemiskai imami atsižvelgiant į analizuojamo ploto dydį. Imti 1 ir 8 elementai (1 pav.). Jų parinkimas priklauso nuo eilės numerio dydžio. Nustatant elementą imami mažiausią numerį turintys elementai, kurie patenka į analizuojamo dirvožemio ploto ribas. Neimami tie elementai, kurie iš dalies patenka į analizuojamo ploto ribas arba jei mėginiai paimti elemente neįmanoma. Tokiais atvejais imamas kitas elementas didesniu eilės numeriu.

Elementų skaičiaus parinkimas priklauso nuo analizuojamo dirvožemio ploto dydžio. Atsižvelgiant į analizuojamo dirvožemio ploto dydį mėginiams parenkamų elementų skaičius nustatomas iš 1 lentelės.

4	69	75	12	90	76	23	41	99	2
60	29	87	48	66	7	92	19	45	57
20	80	10	79	40	88	31	78	21	83
98	28	44	93	16	67	54	51	37	15
9	64	32	47	95	24	58	8	53	71
38	25	56	1	72	43	97	70	91	18
59	14	68	94	22	85	17	42	34	74
30	39	35	49	100	71	73	61	82	3
62	5	63	11	46	84	50	27	96	65
5	52	26	36	89	6	66	77	13	81

1 pav. Dirvožemio mėginių paėmimo tinklelis. Tamsi linija žymi analizuojamo dirvožemio ribas. 1 ir 8 numerio elementai skirti dirvožemio mėginiams paimti

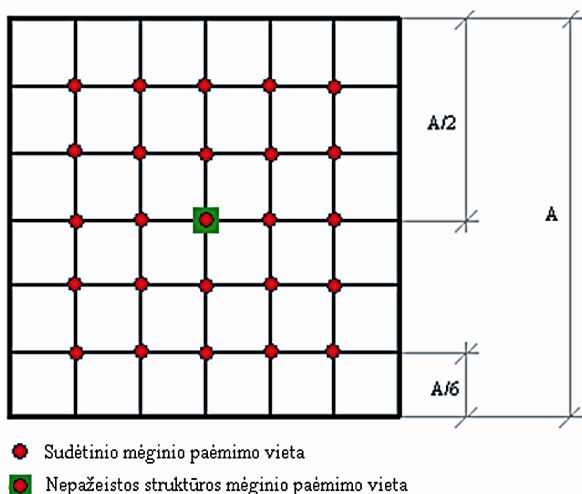
Fig. 1. The soil sampling grid. The red line indicates the analysis of soil boundaries. 1 and 8 of the measuring cell number differences of the soil sampling

1 lentelė. Elementų skaičiaus parinkimas pagal analizuojamą dirvožemio plotą

Table 1. Selection of the number of cells under the analysis of soil surface area

Analizuojamo ploto dydis, ha	Parinkamų elementų skaičius
<5	3
5–10	4
10–25	5
>25	6

Kiekviename elemente pagal ISO 200a standartą rekomenduojamas imamų mėginių skaičius – 25 (2 pav.). Mažiausias imamų mėginių skaičius elemente yra 9, bet duomenys, gauti iš analizės, negali būti laikomi reprezentatyviais.



2 pav. Elemento dirvožemio mėginių paėmimo vietos
Fig. 2. Soil sampling location in cell

Mėginių skaičius elemente parenkamas jo kraštines padalijus iš 6. Šios mėginių ėmimo vietos skirtos sudėtiniam mėginiui surinkti. Nepažeistos struktūros mėginiai „žiedu“ imami elemento centre dirvožemio tankiui nustatyti. Giluminis ėminys imamas grąžtu iki metro gylio.

Pievų dirvožemiui analizuoti mėginiai imami iki 30 cm gylio bei iki metro gylio. Nepažeistos struktūros mėginių, pašalinus viršutinę paklotę, su augalija imama trys kas 10 cm. Mėginiams paimti naudojamas „žiedas“. Sudėtinis mėginys imamas iš 0–10 cm, 10–20 cm ir 20–30 cm gylio visose devyniose mėginių ėmimo vietose, taip pat ir nepažeistos struktūros mėginio ėmimo vietoje. Sudėtiniam mėginiui paimti iš kiekvienos mėginio ėmimo vietos imamas nedidelis kiekis dirvožemio – apytiksliai apie 1 litrą.

Ėmimo vietos pasirinktos atokiau nuo didesnių antropogeninių taršos šaltinių. Dirvožemio ėminiai paimti šalia Neries regioninio parko Buivydyų gyvenvietės 5×5 m kvadrato plotuose (3 pav.).



3 pav. Pievos dirvožemio ėminių paėmimo vietos
Fig. 3. Grassland soil samples sampling location

Dirvožemio ėminiai prieš analizę yra išdžiovinami 140 °C apie 40 min. Analizuojamas dirvožemis yra persijojamas pro 1 mm akučių tinklėlį ir sutrinamas grūstuvėliu.

Analitinėmis svarstyklėmis atsisverinama iki 100 mg dirvožemio. Bendrosios anglies kiekis buvo nustatomas „Shimadzu SSM-5000A“ prietaisu (4 pav.).



4 pav. Bendrosios organinės anglies (TOC – bendroji organinė anglis) „Shimadzu“ matavimo prietaisas

Fig. 4. Total organic carbon (TOC) „Shimadzu“ measuring device

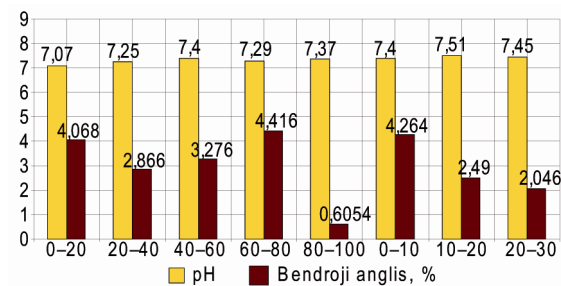
Atliekant TC (TC – bendroji anglis) analizę, mėginio indas su jame esančiu mėginiu kaitinamas krosnyje maždaug 900 °C temperatūroje 20 min. Kiekvienam mėginiui naudojamas naujas indas.

Sunkiųjų metalų koncentracijos buvo nustatomos naudojant karališkojo vandens mineralizacijos procesą ir spektrometriją.

pH nustatyta naudojant KCl tirpalą. Dirvožemio pH reakcijai nustatyti paimti tik iš giluminio iki 1 m gylio paimti dirvožemio ėminiai.

Tyrimų rezultatai

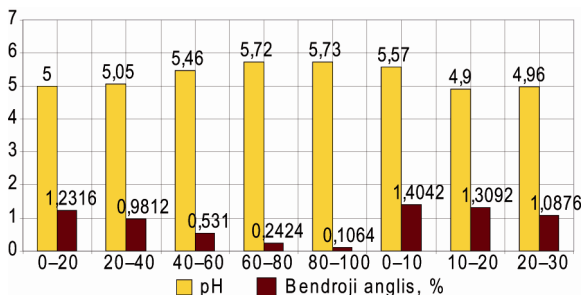
Analizės metu buvo atliekami dirvožemio bendrosios anglies, pH ir sunkiųjų metalų tyrimai. Jų metu siekiama nustatyti bendrosios anglies pokytį, atsižvelgiant į karbonatų įtaką ir geocheminius barjerus. Pirmame pievos plote nustatytos pH reikšmės tendencingai pasiskirsto sudėtiname dirvožemio ėminyje nuo 0 iki 20 cm gylio (5 pav.). Šiuose ėminiuose matomas bendrosios anglies kiekio mažėjimas nuo 4,264 iki 2,49, o pH reikšmė pakilo 0,11. Analizuojant dirvožemio ėminius iki metro gylio pH reikšmių priklausomybė nuo bendrosios anglies kiekio nepastebima. Matoma, kad esamas dirvožemio rūgštingumas atitinka neutralią terpę. Tokios terpės susidarymui įtakos turi karbonatai. Bendrosios anglies kiekis nuo 40 cm gylio staigiai pakyla 26 %, o vėliau krinta 86 %. pH reikšmė iki 40 cm gylio kilo, bet 60–80 cm gylyje nukrito 1,5 %.



5 pav. Dirvožemio pH ir bendrosios anglies kiekis pirmame pievos plote

Fig. 5. Soil pH and the carbon content of the first meadow area

Analizuojant antrąjį pievos plotą bendrosios anglies kiekis ėminiuose iki metro gylio sumažėjo nuo 1,2316 iki 0,1064 savo procentinės reikšmės (6 pav.). pH dydis pakilo nuo 5 iki 5,73.



6 pav. Dirvožemio pH ir bendrosios anglies kiekis antrame pievos plote

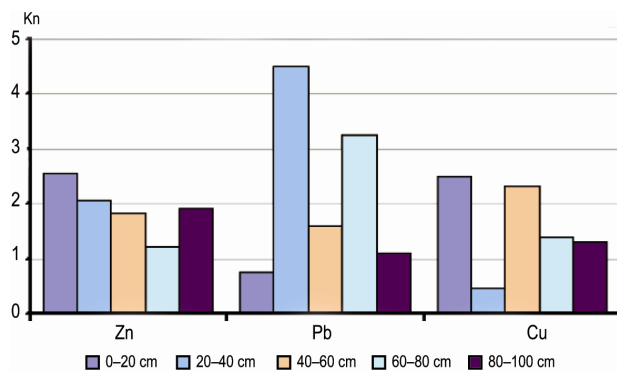
Fig. 6. Soil pH and the carbon content of the second area of grasslands

pH ir bendrosios anglies analizė patvirtino, kad dėl vandens poveikio iš viršutinių horizontų pašalinamas CaCO_3 . Mažėjant karbonatų kiekiui dirvožemis rūgštėja. Bendrosios anglies kiekis sudėtinuose dirvožemio ėminiuose buvo 1,45 karto didesnis pirmame pievos plote. Giluminiuose ėminiuose anglies skirtumas buvo mažesnis tik 1,35 karto daugiau pirmajame pievos plote, kuris yra žemesniame reljefo taške.

Analizuojamų sunkiųjų metalų diferenciacija (7 pav.) landšaftinėje pievos katoje gana aiškiai pasireiškia tiriant jų lateralsios diferenciacijos koeficientus, kurie apskaičiuojami pagal šią formulę:

$$K_{ld}^i = C_{sa}^i / C_{te}^i, \quad (1)$$

čia: K_{ld}^i – lateralsios diferenciacijos elemento i koeficientas; C_{sa}^i – cheminio elemento i koncentracija suprakvalinio landšafto dirvožemyje (atitinkamame gylyje), mg/kg; C_{te}^i – cheminio elemento i koncentracija transeliuvinio landšafto dirvožemyje (tame pat gylyje), mg/kg.



7 pav. Lateraloji metalų diferenciacija pievos dirvožemiuose

Fig. 7. Hard metal differentiation in grassland soils

Daugelyje atvejų $K_{ld}^i > 1$, t. y. visi trys metalai suprakvalinio pievų landšafto dirvožemyje rodo tendenciją kauptis. Nuosekliausiai tai pasireiškia cinko atžvilgiu, kurio K_{ld} mažėja nuo 2,56 0–20 cm gylyje iki 1,21 60–80 cm gylyje. Švino ir vario lateralsios diferenciacijos koeficientai su nedaugeliu sunkiai paaiškinamų išimčių rodo tą pačią tendenciją.

Suprakvaliniai H^+ - klasės vandens migracijos landšaftai, kaip žinoma, paprastai apibūdinami kaip iššarintų ir išplautų iš eliuvinių bei transeliuvinių landšaftų dirvožemių cheminių elementų kaupimosi vieta. Tam palanki bendra susidaranti juose geocheminė situacija: sustiprėja mechaninis hidrodinaminis ir sorbcinis, susijęs su molio mineralų ir humuso kaupimusi, geocheminiai barjerai, pastovus paviršutinis ir intradirvožeminiis tirpių

vandenyje metalų junginių iplaukimas, didesnis dirvožemio storis ir veikiantis jame filtracinis geocheminis barjeras. Paviršutiniuose dirvožemio horizontuose iki 35–40 cm gylio bendrosios anglies kiekis viršija atitinkamą jos koncentraciją transeliuvinio landšafto pozicijoje nuo 2,9 iki 3,3 karto, o iliuviniame horizonte B – net 18,2 karto.

Nenuostabu, kad tokiomis sąlygomis ypač intensyviai kaupiasi ir sorbuojami humusu iš dirvožemio tirpalų metalai. Kaip matoma iš 7 pav., aktyviau kaupiami cinkas ir švinas, ypač puveniniame dirvožemio horizonte.

Išvados

1. Analizuojant dirvožemio organinės medžiagos pradžią, svarbu atsižvelgti ne tik į reljefą, kuris daro nemažą įtaką, bet ir į klimatinis rodiklius, nes klimatas, tiesiogiai veikdamas reljefą, taip pat daro didelę įtaką organinės medžiagos pokyčiams, nes veikia globaliai ir yra jautrus technogeniniam poveikiui bei taršai (rūgštus lietus).

2. Vandens erozija labiausiai paveikia mažos granulometrinės sudėties dirvožemius, nes juose didesnė vandens filtracija. Be to, jie jautresni kitiems klimatiniams rodikliams, skatinantiems ne tik didesnę išplovimo mastą, bet ir organinės medžiagos mineralizaciją.

3. Dirvožemyje esantys karbonatai priklausomi nuo granulometrinės jo sudėties ir molio mineralų kiekio. Jie taip pat lemia dirvožemio derlingumą, nes reguliuoja pH pusiausvyrą į neutralios arba šarminės terpės pusę.

4. Atlikus bendrosios anglies ir pH tyrimus nustatyta, kad dirvožemyje esantis anglies kiekis didesnis apatiniajame reljefo taške (superakvalinis landšaftas). Tai lėmė ne tik organinės medžiagos pernešimas, bet ir karbonatai, suteikiantys neutralią terpę.

5. Daugeliu atvejų $K_{id}^i > 1$, t. y. visi trys metalai superakvalinio pievų landšafto dirvožemyje rodo tendenciją kauptis. Sunkiųjų metalų kaupimąsi skatina humusas, turintis gerų sorbcinių savybių.

Literatūra

- Česnuliavičius, A. 1999. *Lietuvos reljefas: morfologiniai ir morfografiniai aspektai*. Vilnius. 193 p.
- Danilevičius, V.; Matulevičius, J.; Motuzas, A., et al. 1977. Organinė dirvožemio dalis, iš *Dirvožemio mokslas ir geologijos pagrindai*. Vilnius: Mokslas, 12–136.
- Jankauskas, B.; Jankauskienė, G. 2006. Kiekybiniai eroduojamų dirvožemių organinės medžiagos pokyčiai dėl skirtingo žemės naudojimo, *Soil Science and Agrochemistry* 4: 1–10.
- Mažvila, J. 1998. *Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita*. 174 p.
- Ruddiman, W. F. 2003. The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago, *Climate Change* 61(3): 261–293. doi:10.1023/B:CLIM.0000004577.17928.f8
- Šleinytė, R.; Janušienė, V. 2001. Dirvodaros ir humifikacijos procesų ypatumai kalvotame moreniniame reljefe, *Žemdirbystė* 52: 157–171.
- Tóthová, I.; Igaz, D.; Antal, J. 2007. Dirvožemio drėgmės judėjimo modeliavimas Slovakijos klimato sąlygoms taikant Haplic Luvisols (Hm) ir Albihaplic Luvisols (Hm) modelius, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 15(2): 69–75.
- Боул, С.; Хоул, Ф.; Мак-Крекен, Р. 1977. *Генезис и классификация почв*. Москва: Прогресс. 416 с.
- Ленгдейл, Дж.; Лоренс, Р. 1987. Влияние эрозий почв на продуктивность агроэкосистем гумидных районов США, в кн. *Сельскохозяйственные экосистемы*. Москва, 132–143.

RESEARCH AND EVALUATION OF RELIEF EFFECT ON TOTAL CARBON CHANGES IN SOIL

M. Pranskevičius, P. Baltrėnas

Summary

Soil is one of the major subsystems of the natural landscape of land and serves to the man as the main source of food resources for exclusive importance. One of the burning problems of mankind in the future will be the preservation of land soils, their fertility and health status under conditions of the increased pressure of human and the degradation of natural landscape conditions. As an additional negative factor taking place in nature is that the Earth will have to overcome the effects of global warming that will inevitably occur in Lithuanian agriculture. This paper examines the general evolution of carbon considering relief. Currently, the erosion of soil surface in Lithuania makes 30–50 %. Soil affected by erosion losses its fertility thus promoting further degradation of land.

Keywords: soil tests, a common carbon, pH, soil terrain.