

KLIMATO KAITOS ŠVELNINIMO POTENCIALO VERTINIMAS SMĖLŽEMIUOSE PAPRASTOSIOS PUŠIES MEDYNUOSE

Vytautas ARLAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas, el. paštas varlauskas@gmail.com

Paulina ŠUKYTĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas, el. paštas paulina.sukyte@vdu.lt

Santrauka

Dėl kintančio klimato keičiasi maisto medžiagų prieinamumas miško augalams, mažėja miško produktyvumas ir miško ekosistemų stabilumas. Todėl svarbu įvertinti medynų potencialias galimybes prisitaikyti prie kintančio klimato veiksnių, nustatyti mineralinių dirvožemių pajėgumą kompensuoti maisto medžiagų trūkumą ir stabilizuoti dirvožemio organinės anglies nuostolius. Kompleksinis dirvožemio savybių vertinimas atliktas 58 m. amžiaus paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* L.) medyno kontroliniuose ir 2002 m. mineraliniu azotu (180 kg N ha^{-1}) tręštuose tyrimo ploteliuose. 2022 m. tyrimo vietose iškasta po tris šalutinius dirvožemio profilius, kuriuose pagal granulimetrinę dirvožemio sudėtį ir diagnostines savybes identifikuoti genetiniai horizontai, išmatuoti susiformavusių horizontų gyliai, nustatytas dirvožemio tankis, dirvožemio organinės anglies ir mineralinio azoto koncentracijos. Nustatyta, kad paprastosios pušies medyne dirvožemiai yra paprastieji smėlžemiai. Tręštuose mineraliniu azotu pušies medyno plotuose Ofh horizontas siekė vidutiniškai apie 3,2 cm, kai kontroliniame variante – vidutiniškai 2,1 cm. Mineraliniu azotu tręštuose pušies medyno plotuose dirvožemio tankis buvo mažiausias (vidutiniškai $1,27 \text{ g cm}^{-3}$), o kontroliniuose pušies medyno plotuose dirvožemis buvo tankesnis (vidutiniškai iki $1,44 \text{ g cm}^{-3}$). Tręšimas mineraliniu azotu didino organinės anglies kiekį Ofh ir AE horizontuose bei vyko dirvožemio organinės anglies sorbcija į iliuvinį horizontą. O mineralinio azoto padidėjimas tyrimo vietose nebuvo patikimas. Dėl paprastosios pušies medynuose stabilizuoto dirvožemio organinės anglies kiekio medynai išlaiko potencialą švelninti klimato kaitos veiksnius.

Reikšminiai žodžiai: paprastoji pušis, dirvožemio profilis, dirvožemio tankis, organinė anglis, azotas, stabilizacija.

Įvadas

Teigiama, kad esminiai klimato kaitos pokyčiai siejami su žmonių veikla, kuri klimatą veikia dviem būdais: keičiant (1) Žemės paviršiaus sausumos teritorijoje gamtinę dangą ir (2) atmosferos cheminę sudėtį (Allen et al., 2011). Nustatyta, kad, ypač dėl ilgėjančio šiltesnio augalų vegetacijos periodo, spartėja pirminės augalų biomasės sintezė (Ruosteenoja et al., 2020). Anksčiau prasidedantys pavasariai ir ilgiau užsitęsęs rudens periodai gali keisti augalų fonologiją, todėl tai reikšmingai gali pakeisti ir miško ekosistemas, medžių augimo, dauginimosi ir atsparumo ypatybes (Gebeyehu et al., 2019). Klimato kaitos poveikis miško ekosistemoms daugiausia siejamas su organinių medžiagų sancaupų dirvožemio paviršiuje pokyčiais ir organinės anglies akumuliacija dirvožemyje (Grimm et al., 2013). Tačiau dėl kintančio klimato gali keistis ir maisto medžiagų prieinamumas miško augalams, mažėti miško produktyvumas ir miško ekosistemų stabilumas, tiesiogiai nulemiantis ir gamtinių buveinių išnykimą (Kareiva, Marvier, 2003). Todėl svarbu nustatyti ne tik miško augalų potencialias galimybes prisitaikyti prie kintančio klimato veiksnių, bet ir įvertinti mineralinių dirvožemių pajėgumą kompensuoti maisto medžiagų trūkumą ir stabilizuoti dirvožemio organinės anglies nuostolius (Lal, 2001). Remiantis Grüneberg ir kt. (2014) tyrimų rezultatais, norint tiksliai įvertinti organinės anglies stabilizavimo potencialą mineraliniame dirvožemyje, būtina atsižvelgti į dirvožemių fizikines, chemines ir biologines savybes, nes nuo šių savybių priklauso organinės anglies ir azoto apytakos ciklai. Kita vertus, buvo nustatyta, kad net ir nederlinguose dirvožemiuose paprastosios pušies želdiniuose dirvožemio organinės anglies sancaupos gali padidėti mineralinio dirvožemio profilyje bei lemti organinės anglies stabilizaciją 80–85 metų amžių pasiekusiuose medynuose (Porębska, Ostrowska, 2013).

Tyrimo tikslas – nustatyti ilgalaikius mineralinio dirvožemio savybių pokyčius ir klimato kaitos švelninimo potencialą paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* L.) medyne.

Tyrimo uždaviniai

1. Įvertinti dirvožemio morfologinių horizontų išsidėstymą;
2. Nustatyti dirvožemio morfologinių horizontų tankį ir dirvožemio organinės anglies akumuliaciją bei mineralinio azoto sancaupas;
3. Nustatyti klimato kaitos švelninimo mineralinio dirvožemio savybes.

Tyrimų objektas ir metodai

Moksliniam tyrimui (2022 m.) vykdyti buvo pasirinktas 2002 m. įrengtas tręšimo azotu ir kompensuojamojo tręšimo medienos kuro pelenais eksperimentas (WOOD-EN-MAN, Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo

Miškų instituto intelektinė nuosavybė) paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* L.) medyne Kačerginės miške (1 pav.; 130 kvartalas, 9 sklypas, koordinatės: 54°54'24.7"N 23°42'11.7"E; Dubravos regioninis padalinys, Valstybinė miškų urėdija; informacija patikslinta pagal www.geoportal.lt pateiktis). Kompleksiniam dirvožemio savybių vertinimui pasirinktame 58 m. amžiaus paprastosios pušies medyne (1 pav.) dėl išretėjusio medyno ir šakninės pinties (*Heterobasidion annosum* (Fr.) bref.) pažeistų medyno vietų išsamūs tyrimai atlikti tik kontroliniuose ir tik mineraliniu azotu (180 kg N ha⁻¹) tręštuose tyrimo ploteliuose.

Paprastosios pušies medynuose organinio horizonto (Ofh) jungtiniai ėminiai 3 pakartojimais surinkti 2022 m. rugsėjo mėn. Kiekvienoje tyrimų vietoje jungtiniai Ofh ėminiai sudaryti iš 3 vietų, naudojant 0,1 m 2 ploto metalinį žiedą. Dirvožemio tyrimų ir mikrobiologijos laboratorijoje (VDU Žemės ūkio akademijoje) Ofh ėminiai išdžiovinti 105 ± 2°C temperatūroje.

Pasirinktose paprastosios pušies medynų reprezentatyviose vietose kontroliniuose ir tik mineraliniu azotu tręštuose tyrimo ploteliuose 2022 m. iškasta po tris šalutinius dirvožemio profilius (vidutiniškai iki 1,0 m gylio; 2 pav.). Profiliuose pagal granulimetrinę dirvožemio sudėtį ir diagnostines savybes (Volungevičius, Kavaliauskas, 2012) identifikuoti genetiniai horizontai ir išmatuoti susiformavusių horizontų gyliai.

Dirvožemio tankiui nustatyti dirvožemio ėminiai 3 pakartojimais surinkti iš kiekvieno genetinio horizonto metaliniu cilindru, kurio tūris 97,07 cm³. Laboratorijoje dirvožemio tankio ėminiai išdžiovinti 105 ± 2°C temperatūroje pagal N. Kačinskio metodą, o dirvožemio tankis apskaičiuotas pagal šią formulę:

$$T = D/K,$$

kai T – tankis (g cm⁻³), D – sauso dirvožemio masė (g), K – cilindro tūris (cm³).

Siekiant įvertinti dirvožemio organinės anglies akumuliaciją ir mineralinio azoto sandaugas, paprastosios pušies medynų profilių prakasose iš visų genetinių horizontų surinkti jungtiniai dirvožemio ėminiai 3 pakartojimais. Žemdirbystės institute (LAMMC) dirvožemio cheminės analizės atliktos naudojantis šiais metodais: (1) dirvožemio organinės anglies koncentracija (g kg⁻¹) – deginant mėginius 900°C temperatūroje (ISO 10694); (2) organinės anglies sandaugos (t ha⁻¹) organiniame (Ofh) horizonte apskaičiuotos gautą paklotės nuokritų masę (t ha⁻¹) padauginus iš organinės anglies koncentracijos (g kg⁻¹); (3) suminis azotas – Kjeldhal metodu (ISO 11261).



1 pav. 58 m. paprastosios pušies medynas Kačerginės miške
Fig. 1. 58 year old Scots pine site in Kačerginė forest



2 pav. Ilgalaikių dirvožemio prakasų įrengimas paprastosios pušies medyne Kačerginės miške
Fig. 2. Installation of long-term soil profiles in Scots pine site in Kačerginė forest

Duomenų sisteminimas ir jų analizė vykdyta Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje naudojant statistinių duomenų tvarkymo paketus (*Microsoft Excel 2013*). Skirtumų tarp nagrinėjamų variantų patikimumas tikrintas naudojant *Stjudento t* – testo kriterijų.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Pagal nustatytas dirvožemio morfologines savybes dirvožemis 58 m. amžiaus paprastosios pušies medyne priskirtas paprastojo smėlžemio (Haplic Arenosol) tipui, kuriame nustatyta tokia genetinių horizontų seka: Ofh–AE–Bs–C (1 lentelė). Tirtuose dirvožemio profiliuose genetinių horizontų gylis buvo labai panašus, tačiau juose giliausiai susiformavęs iliuvinis horizontas, užimantis nuo 29 iki 48 cm. Kita vertus, medynų amžiu didėjant didėja ir miško paklotės danga, nes keičiasi miško gyvosios dangos augalijos sudėtis, padidėja medžių paunksmei atsparių augalų rūšių bei miško nuokritų masė (Kara et al., 2008). Smėlžemius ir kitus lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemius miško paklotė apsaugo nuo perdziūvimo bei lėčiau mineralizuojasi, todėl, galima teigti, kad miško paklotei didėjant tokie

dirvožemiai bus apsaugomi nuo kintančio klimato veiksnių (Varnagirytė-Kabašinskiene et al., 2021). Nustatyta, kad tirtame paprastosios pušies medyne organinio (Ofh) horizonto gylis patikimai padidėjo (vidutiniškai iki 3,2 cm) tik tuose medyno plotuose, kurie dar prieš 18 metų buvo tręšti mineraliniu azotu (1 lentelė). Todėl galima daryti dar vieną prielaidą, kad kintančio klimato sąlygomis, ypač kylant atmosferos temperatūrai bei mažėjant kritulių kiekiui, smėlžemiuose miško ekosistemoms mityba azotu bus reikšminga, lems miško paklotės bei gyvosios dangos formavimąsi.

1 lentelė. Paprastojo smėlžemio genetinių horizontų fizikinės savybės 58 m. paprastosios pušies medyne
Table 1. Physical properties of genetic horizons in Haplic Arenosol in 58 year old Scots pine stand

| Horizontas Horizon | Dydis Parameter | 2004 m. year | | 2022 m. year | | 2022 m. year | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|--|--------------------------------|--|
| | | Kontrolinis variantas Control | | Kontrolinis variantas Control | | Tręšimas N180 Nitrogen N180 | |
| | | Gylis Thickness cm | Tankis Bulk density g cm ⁻³ | Gylis Thickness cm | Tankis Bulk density g cm ⁻³ | Gylis Thickness cm | Tankis Bulk density g cm ⁻³ |
| Ofh | vidurkis ± SD mean ± SD | 1,8±0,2 A | 0,33±0,06 a | 2,1±0,3 A | 0,50±0,03 b | 3,2±0,4 B | 0,31±0,03 a |
| | min – mx | 1,5–2,0 | 0,23–0,45 | 1,6–2,5 | 0,44–0,56 | 2,6–3,9 | 0,28–0,36 |
| AE | vidurkis ± SD mean ± SD | 24,3±4,1 A | 1,34±0,05 a | 29,7±2,3 A | 1,44±0,02 a | 30,0±2,1 A | 1,27±0,03 a |
| | min – mx | 18–32 | 1,25–1,44 | 26–34 | 1,39–1,47 | 26–33 | 1,22–1,31 |
| Bs | vidurkis ± SD mean ± SD | 37,0±4,4 A | 1,49±0,01 b | 37,3±3,5 A | 1,37±0,03 a | 43,7±2,6 A | 1,48±0,03 b |
| | min – mx | 29–44 | 1,46–1,52 | 32–44 | 1,32–1,41 | 39–48 | 1,44–1,54 |
| C | vidurkis ± SD mean ± SD | 45,0±5,1 A | 1,58±0,04 a | 42,3±3,8 A | 1,46±0,03 a | 46,7±1,8 A | 1,56±0,03 a |
| | min – mx | 38–55 | 1,52–1,66 | 36–49 | 1,41–1,52 | 44–50 | 1,50–1,62 |

Pastaba. Statistiškai patikimai ($p < 0,05$) skirtingos reikšmės yra pažymėtos skirtingomis raidėmis.

Note: Different letters indicate significant (at $p < 0.05$) differences.

Pastebėta, kad nors ir nepatikimai, bet per 18 metų pakito paprastojo smėlžemio genetinių horizontų tankis (1 lentelė). Nustatyta, kad didžiausi dirvožemio tankio pokyčiai nustatyti pajaurėjusiame humusiniame (AE) horizonte. Tik prieš mineraliniu azotu tręštuose pušies medyno plotuose dirvožemio tankis AE horizonte mažėjo ir kito nuo 1,22 iki 1,31 g cm⁻³. Galima teigti, kad nors ir jaurėjantis horizontas šiame tyrimų variante netankėjo. Priešingai, tankis buvo mažesnis nei kontroliniuose pušies medyno plotuose ir 2022 m. duomenimis, - dirvožemio tankis AE horizonte siekė net 1,39–1,47 g cm⁻³. Manoma, kad į pajaurėjusį humusinį horizontą papildomai patręšus mineraliniu azotu iš Ofh horizonto galėjo būti transportuojama daugiau dirvožemio organinės medžiagos. Kitų tyrėjų duomenimis, nors ir nederlingi dirvožemiai, bet gali pasižymėti daugiafunkcinėmis organinių ir mineralinių dirvožemio dalelių sąveikomis (aktyvesne sorbcija, aktyvių dalelių depozicijomis, organinių ir mineralinių dalelių fizikiniu kompleksiskumu) ir didesne geba išlaikyti mažesni dirvožemio tankį (Prietz et al., 2020).

Vertinant dirvožemio organinės anglies pokyčius 58 m. paprastosios pušies medyne nustatyta, kad tręšimas mineraliniu azotu, nors ir nepatikimai, bet keitė organinės anglies kiekį Ofh ir AE horizontuose (2 lentelė).

2 lentelė. Paprastojo smėlžemio genetinių horizontų cheminės savybės 58 m. paprastosios pušies medyne
Table 2. Chemical properties of genetic horizons in Haplic Arenosol in 58 year old Scots pine stand

| Horizontas Horizon | Dydis Parameter | 2004 m. year | | 2022 m. year | | 2022 m. year | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|---------------|
| | | Kontrolinis variantas Control | | Kontrolinis variantas Control | | Tręšimas N180 Nitrogen N180 | |
| | | DOC, % SOC, % | TN, % | DOC, % SOC, % | TN, % | DOC, % SOC, % | TN, % |
| Ofh | vidurkis ± SD mean ± SD | 46,9±3,5 A | 1,26±0,17 a | 43,5±1,9 A | 1,30±0,10 a | 53,7±2,2 A | 1,15±0,09 a |
| | min – mx | 41,2–53,3 | 0,96–1,56 | 40,7–47,1 | 1,12–1,45 | 49,3–56,7 | 1,01–1,33 |
| AE | vidurkis ± SD mean ± SD | 3,4±1,7 A | 0,059±0,019 a | 2,8±0,6 A | 0,114±0,02 a | 4,1±1,0 A | 0,135±0,05 a |
| | min – mx | 1,8–6,9 | 0,037–0,096 | 1,9–3,9 | 0,090–0,151 | 2,4–5,9 | 0,075–0,231 |
| Bs | vidurkis ± SD mean ± SD | 0,039±0,003 AB | 0,0044±0,0004 a | 0,034±0,004 A | 0,0031±0,000 a | 0,042±0,01 B | 0,004±0,000 a |
| | min – mx | 0,035–0,046 | 0,0036–0,0049 | 0,027–0,038 | 0,0022–0,0039 | 0,041–0,045 | 0,0036–0,0057 |
| C | vidurkis ± SD mean ± SD | n. d. | n. d. | n. d. | n. d. | n. d. | n. d. |
| | min – mx | n. d. | n. d. | n. d. | n. d. | n. d. | n. d. |

Pastaba. Statistiškai patikimai ($p < 0,05$) skirtingos reikšmės yra pažymėtos skirtingomis raidėmis; n. d. – nėra duomenų.

Note: Different letters indicate significant (at $p < 0.05$) differences. n.d. – data is not estimated.

Palyginus su kontroliniu variantu, 2022 m. mineraliniu azotu tręštuose plotuose dirvožemio organinės anglies koncentracija padidėjo 23 proc. ir siekė 537 g kg⁻¹. Padidėjęs organinės anglies kiekis nustatytas ir pajaurėjusiame humusiniame horizonte, nors nepatikimai, bet šiame horizonte vidutinė organinės anglies koncentracija buvo beveik 1,5 karto didesnė nei kontroliniame variante (2022 m.). Kita vertus, paprastosios pušies medyne tręštame mineraliniu azotu,

iki 2022 m. vyko aktyvesnė dirvožemio organinės anglies sorbcija į iliuvinį (Bs) horizontą. Nustatyta patikimai didesnė dirvožemio organinės anglies koncentracija siekė 42 g kg⁻¹ ir buvo iki 23 proc. didesnė nei kontroliniuose pušies medyno plotuose (2022 m.). Nustatytas ir mineralinio azoto koncentracijos padidėjimas mineraliniu azotu tręštuose paprastosios pušies medyno plotuose. Palyginus su kontroliniais plotais, mineralinio azoto kiekis buvo padidėjęs nepatikimai, bet AE horizonte siekė iki 1,35 mg kg⁻¹, tačiau Ofh horizonte mineralinio azoto buvo net iki 2 kartų mažiau. Šios tendencijos parodo, kad paprastosios pušies medynai turi potencialą išsaugoti dirvožemio organinę anglį ir ją geba paskirstyti vidutiniškai iki 44 cm gylio mineraliniame dirvožemyje.

3 lentelė. Dirvožemio organinės anglies stabilumas paprastojo smėlžemio genetiniuose horizontuose 58 m. paprastosios pušies medyne
Table 3. Soil organic carbon stability in genetic horizons of Haplic Arenosol in 58 year old Scots pine stand

| Horizontas Horizon | Dydis Parameter | 2004 m. year | 2022 m. year | 2022 m. year |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | | Kontrolinis variantas Control | Kontrolinis variantas Control | Tręšimas N180 Nitrogen N180 |
| | | C:N | C:N | C:N |
| Ofh | vidurkis ± SD mean ± SD | 38,2±5,0 AB | 33,6±2,1 A | 47,2±4,5 B |
| | min – mx | 32,4–48,1 | 29,4–36,3 | 41,4–56,1 |
| AE | vidurkis ± SD mean ± SD | 27,1±10,8 A | 24,6±1,7 A | 32,4±4,1 A |
| | min – mx | 16,0–48,6 | 21,1–26,7 | 25,5–39,8 |
| Bs | vidurkis ± SD mean ± SD | 9,1±0,9 A | 11,5±2,6 A | 10,1±1,6 A |
| | min – mx | 7,4–10,6 | 8,2–16,6 | 7,1–12,5 |
| C | vidurkis ± SD mean ± SD | n. d. | n. d. | n. d. |
| | min – mx | n. d. | n. d. | n. d. |

Pastaba. Statistiškai patikimai ($p < 0,05$) skirtingos reikšmės yra pažymėtos skirtingomis raidėmis; n. d. – nėra duomenų.

Note: Different letters indicate significant (at $p < 0.05$) differences. n.d. – data is not estimated.

Vertinant dirvožemio organinės anglies stabilumą 58 m. paprastosios pušies medyno dirvožemyje nustatyta, kad dėl didesnio C:N santykio organinė anglis stabilizuojama tuose medyno plotuose, kur buvo tręšta mineraliniu azotu (3 lentelė). Patikimai didžiausias C:N santykis buvo Ofh horizonte ir siekė iki 47,2 g kg⁻¹, kai netręštuose plotuose 2022 m. vykdytų tyrimų metu išliko vidutiniškai nepakitęs – apie 33,6 g kg⁻¹. O net ir pajaurėjusiame humusiniame horizonte tręštuose plotuose siekė vidutiniškai apie 32,4 g kg⁻¹, o kontroliniame variante išliko nepatikimai mažesnis – 24,6 g kg⁻¹. Todėl apibendrinus gautus tyrimo duomenis galima teigti, kad dėl didesnės dirvožemio organinės anglies akumuliacijos ir stabilizacijos smėlžemiuose paprastosios pušies medynuose nustatytas teigiamas potencialas švelninant klimato kaitos padarinius.

Išvados

1. Dirvožemis 58 m. amžiaus paprastosios pušies medyne buvo priskirtas paprastojo smėlžemio (Haplic Arenosol) tipui, o dirvožemyje identifikuoti tokie genetiniai horizontai: Ofh–AE–Bs–C. Nepriklausomai nuo taikyto tręšimo, dirvožemio horizontai formavosi panašiu intensyvumu ir mažai kito. Tačiau nustatyta, kad didėjant paprastosios pušies medyno amžiui didėjo Ofh horizonto gylis, o tręštuose mineraliniu azotu pušies medyno plotuose Ofh horizontas siekė vidutiniškai apie 3,2 cm, o kontroliniame variante – vidutiniškai 2,1 cm.

2. Didžiausi paprastosios pušies medyno dirvožemio tankio pokyčiai nustatyti AE horizonte. Tačiau mineraliniu azotu tręštuose pušies medyno plotuose dirvožemio tankis buvo mažiausias (vidutiniškai 1,27 g cm⁻³), o kontroliniuose pušies medyno plotuose dirvožemis tankėjo (vidutiniškai iki 1,44 g cm⁻³). Pastebėta, kad tręšimas mineraliniu azotu didino organinės anglies kiekį, Ofh ir AE horizontuose jis siekė atitinkamai, 537 g kg⁻¹ ir 41 g kg⁻¹. Be to, pušies medyne, tręštame mineraliniu azotu, vyko aktyvesnė dirvožemio organinės anglies sorbcija į iliuvinį (Bs) horizontą. Palyginus su kontroliniu variantu, mineralinio azoto kiekis nebuvo patikimai padidėjęs, bet AE horizonte siekė iki 1,35 g kg⁻¹, tačiau, Ofh horizonte mineralinio azoto buvo iki 2 kartų mažiau. Šios tendencijos parodo, kad paprastosios pušies medynai turi potencialą išsaugoti dirvožemio organinę anglį ir ją geba paskirstyti vidutiniškai iki 44 cm gylio mineraliniame dirvožemyje.

3. Klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jo efektyvumas paprastosios pušies medynuose pasireiškia, kai medynų dirvožemyje didėja dirvožemio organinės anglies kiekis. Didėjantis organinės medžiagos kiekis užtikrina organinės anglies pasiskirstymą mineralinio dirvožemio gilesniuose horizontuose, stabilizuoja dirvožemyje anglies jungtis ir padeda išlaikyti mažesnį dirvožemio tankį.

Literatūra

- Allen D. E., Singh B. P., Dalal R. C. 2011. Soil health indicators under climate change: a review of current knowledge. *Soil health and climate change*. Vol. 29, p. 25–45.
- Gebeyehu M. N., Hirpo F. H. 2019. Review on effect of climate change on forest ecosystem. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*. Vol. 17, iss. 4, p. 126–129.

3. Grimm N. B., Chapin F. S., Bierwagen B., Gonzalez P., Groffman P. M., Luo Y., Melton F., Nadelhoffer K., Pairis A., Raymond P. A., Schimel J., Williamson C. E. 2013. The impacts of climate change on ecosystem structure and function. *Frontiers in Ecology and the Environment*. Vol. 11, iss. 9, p. 474–482.
4. Grüneberg E., Ziche D., Wellbrock N. 2014. Organic carbon stocks and sequestration rates of forest soils in Germany. *Global Change Biology*. Vol. 20, p. 2644–2662.
5. Kara Ö., Bolat İ., Çakıroğlu K., Öztürk M. 2008. Plant canopy effects on litter accumulation and soil microbial biomass in two temperate forests. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 45, p. 193–198.
6. Kareiva P., Marvier M. 2003. Conserving biodiversity coldspots: Recent calls to direct conservation funding to the world's biodiversity hotspots may be bad investment advice. *American Scientist*. Vol. 91, iss. 4, p. 344–351.
7. Lal R. 2001. Potential of soil carbon sequestration in forest ecosystems to mitigate the greenhouse effect. *SSSA Special Publication*. Vol. 57, p. 137–154.
8. Porebska G., Ostrowska A. 2013. Assessment of C stock in forest soils in Poland over the last 30 years. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 22, iss. 2, p. 503–510.
9. Prietzel J., Hiesch S., Harrington G., Müller S. 2020. Microstructural and biochemical diversity of forest soil organic surface layers revealed by density fractionation. *Geoderma*, Vol. 366, ID 114262.
10. Ruosteenoja K., Markkanen T., Räisänen J. 2020. Thermal seasons in northern Europe in projected future climate. *International Journal of Climatology*. Vol. 40, iss. 10, p. 4444–4462.
11. Varnagirytė-Kabašinskienė I., Žemaitis P., Armolaitis K., Stakėnas V., Urbaitis G. 2021. Soil organic carbon stocks in afforested agricultural land in Lithuanian hemiboreal forest zone. *Forests*, Vol. 12, iss. 11, ID 1562.
12. Volungevičius J., Kavaliauskas P. 2012. Lietuvos dirvožemiai. Mokomoji priemonė. Vilniaus universiteto leidykla, 23 p.

CLIMATE CHANGE MITIGATION POTENTIAL IN SCOTS PINE STANDS ON ARENOSOL

Summary

Climate change could impact on nutrient availability for forest plants, on forest productivity and on the forest ecosystem stability. Due to that it is important to estimate the climate change mitigation potentials in forest ecosystems, to evaluate the capacity of mineral soil for compensate the lack of nutrients and stabilize soil organic carbon. The complex soil properties assessment was performed in 58-year-old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stand in the control and in 2002 fertilized with mineral nitrogen (180 kg N ha⁻¹) plots. In 2022 three shallow soil profiles were investigated at the study site, where the genetic horizons according to soil granulometric composition and diagnostic properties were identified, the depth of horizons was measured, the soil bulk density, the concentrations of soil organic carbon and mineral nitrogen were determined. It was estimated that soil in Scots pine stand was *Haplic Arenosol*. In fertilized with mineral nitrogen pine stand plots the Ofh horizon reached an average of 3.2 cm, while in the control reached - 2.1 cm. Mineral soil in fertilized with mineral nitrogen had the lower soil bulk density (on average of 1.27 g cm⁻³), while in the control plots soil density increased (on average up to 1.44 g cm⁻³). Thus, the fertilization with mineral nitrogen increased the content of organic carbon in the Ofh and AE horizons, and the sorption of soil organic carbon to the illuvial horizon was expressed actively. Meanwhile, the changes in mineral nitrogen content were not significantly ascertained. On the base of estimated results, Scots pine stand due to the stabilized soil organic carbon retains the potential to mitigate the climate change consequences.

Keywords: Scots pine, soil profile, bulk density, organic carbon, nitrogen, stabilization.