

HUMINIŲ RŪGŠČIŲ IR SILICIO ĮTAKA DIRVOŽEMIO SAVYBĖMS

Gintarė KLASAUSKAITĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas,
el. paštas: gintare.klasauskaite@vdu.lt

Santrauka

Huminių rūgštys ir silicis, kaip dirvožemio gerinimo priemonės, gali tapti sprendimu, siekiant užtikrinti ilgalaikį žemės ūkio tvarumą ir ekonominį efektyvumą. Eksperimentai atlikti 2021–2022 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandytųjų stotyje Kauno r. (54° 52' 49.89", 23° 50' 19.64" (WGS)) ir ūkininko Arūno Mickūno ūkyje Jurbarko r. Raudonės sen., Kabučių km. (55° 6' 15.67", 23° 11' 28.3" (WGS)). Lauko eksperimentų atlikimui buvo pasirinkti žieminių kviečių pasėliai lokaliai tręšti skirtingomis trąšomis, siekiant įvertinti huminių rūgščių ir silicio poveikį dirvožemio savybėms. Žieminių kviečių lokalaus tręšimo variantai: 1) trąšos be huminių rūgščių ir silicio (Be HR ir Si); 2) trąšos su huminėmis rūgštimis ir siliciu (Su HR ir Si). Dirvožemio mėginiai paimti prieš eksperimento įrengimą ir po žieminių kviečių derliaus nuėmimo. Analizės atliktos 0–15 cm dirvožemio sluoksnio mėginiuose imant jungtinius mėginius iš kiekvieno laukelio 15–20 vietų. Įvertinus dirvožemio agrochemines savybes (pH, humusingumą, azotingumą, fosforingumą, kalingumą), galima teigti, kad trąšų su HR ir Si naudojimas esmingai nepadėjo kauptis augalų maisto medžiagoms dirvožemyje ir neturėjo esminio poveikio jų išsilaikymui augalams prieinamoje formoje.

Reikšminiai žodžiai: huminės rūgštys, silicis, dirvožemio pH, humusingumas, azotingumas, fosforingumas, kalingumas.

Įvadas

Darbo aktualumas pagrįstas ne tik augančiu žemės ūkio produktyvumo poreikiu, bet ir aplinkosaugos iššūkiais, tokiais kaip dirvožemio degradacija ir klimato kaita. Huminės rūgštys (HR) ir silicis (Si), kaip dirvožemio gerinimo priemonės, gali tapti sprendimu, siekiant užtikrinti ilgalaikį žemės ūkio tvarumą ir ekonominį efektyvumą.

Dirvožemio organinių medžiagų kokybė ir kiekis yra esminiai žemės ūkio produktyvumo bei tvarumo rodikliai. Šiuolaikinė žemdirbystė, pasižyminti intensyviu žemės naudojimu, mineralinių trąšų taikymu ir mechanizuotu dirvos apdorojimu lemia organinių medžiagų skilimo ir humifikacijos procesų disbalansą. Dėl to vyksta dirvožemio degradacija, mažėja anglies atsargos ir kyla dirvožemio derlingumo problemų. Norint užtikrinti ilgalaikį dirvožemio tvarumą, būtina ieškoti sprendimų, leidžiančių efektyviai papildyti dirvožemio organinės anglies atsargas ir palaikyti optimalų humifikacijos proceso lygį (Lehmann, Kleber, 2015). HR yra vienas svarbiausių dirvožemio komponentų, kurie ne tik skatina augalų augimą, bet ir padeda palaikyti dirvožemio struktūrą, pagerina maistinių medžiagų prieinamumą bei vandens sulaikymą. Be to, HR yra nepamainomas anglies sekvestracijos įrankis, prisidedantis prie klimato kaitos švelninimo (Lorenz, Lal, 2018). Pastaraisiais metais daug dėmesio skiriama ir HR simbiotiniam poveikiui augalų fiziologijai, kuris didina augalų produktyvumą ir atsparumą stresiniams aplinkos veiksniams (Kleber, Lehmann, 2019). Dar vienas iš žemės ūkio inovacijų potencialų yra Si naudojimas. Si dalyvauja dirvožemio struktūros gerinime ir sinergiškai veikia kartu su HR, didindamas augalų maisto medžiagų įsisavinimo efektyvumą (Lal, 2020).

Tyrimo tikslas – nustatyti huminių rūgščių ir silicio įtaką dirvožemio agrocheminėms savybėms.

Iškeltam tikslui pasiekti buvo sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti huminių rūgščių ir silicio įtaką dirvožemio pH.
2. Įvertinti huminių rūgščių ir silicio įtaką dirvožemio humusingumui.
3. Įvertinti huminių rūgščių ir silicio įtaką dirvožemio azotingumui.
4. Įvertinti huminių rūgščių ir silicio įtaką dirvožemio fosforingumui.
5. Įvertinti huminių rūgščių ir silicio įtaką dirvožemio kalingumui.

Tyrimų objektas ir metodai

Eksperimentai atlikti 2021–2022 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos (VDU ŽŪA) Bandytųjų stotyje Kauno r. (54° 52' 49.89", 23° 50' 19.64" (WGS)) ir ūkininko Arūno Mickūno ūkyje Jurbarko r. Raudonės sen., Kabučių km. (55° 6' 15.67", 23° 11' 28.3" (WGS)). Lauko eksperimentų atlikimui buvo pasirinkti žieminių kviečių pasėliai lokaliai tręšti skirtingomis trąšomis, siekiant įvertinti huminių rūgščių ir silicio poveikį dirvožemio savybėms.

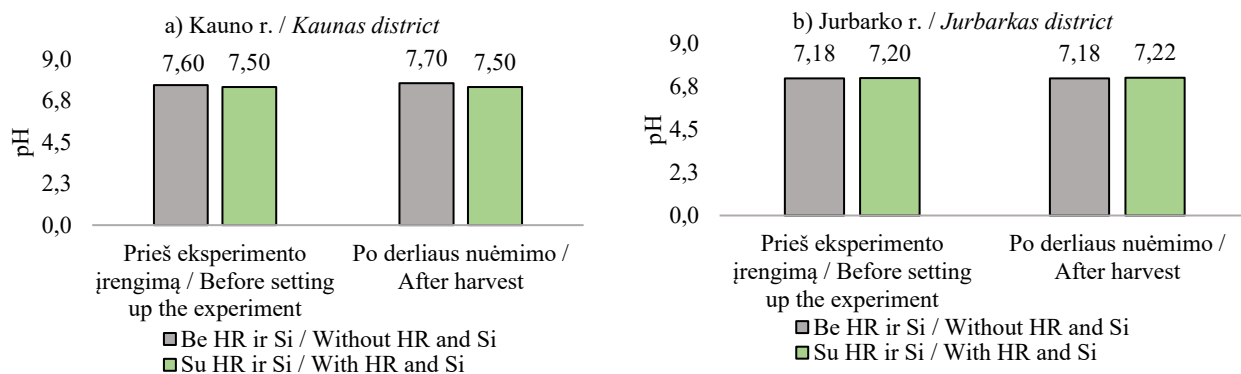
Žieminių kviečių lokalaus tręšimo variantai: 1) trąšos be huminių rūgščių ir silicio (Be HR ir Si); 2) trąšos su huminėmis rūgštimis ir siliciu (Su HR ir Si). Tyrimams naudotos trąšos: 1) Be HR ir Si, t. y. $N_{12}P_{24}K_{12}S_6$ su $B_{0,02}$ ir $Zn_{0,02}$ ir 2) Su HR ir Si, t. y. $N_{12}P_{24}K_{12}S_6$ su $B_{0,02}$ ir $Zn_{0,02}$ bei praturtinta huminėmis rūgštimis ir siliciu. Trąšų norma 300 kg ha^{-1} , trąšos įterptos lokaliai sėjos metu. Dirvožemio mėginiai paimti prieš eksperimento įrengimą ir po žieminių kviečių derliaus nuėmimo. Analizės atliktos 0–15 cm dirvožemio sluoksnio mėginiuose, imant jungtinius mėginius iš kiekvieno laukelio 15–20 vietų.

Agrocheminių savybių nustatymo metodai: humusas (C-org) – Tiurino metodu; pH_{KCL} – potenciometriniai; judrieji P_2O_5 ir K_2O – Egnerio-Rimo-Domingo (A-L) metodu; suminis azotas – Kjeldalio metodu (ISO 11261-1995).

Lauko eksperimentų tyrimų duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant ANOVA.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Dirvožemio pH. HR yra aktyvi humuso sudedamoji dalis ir daro labai didelį poveikį geros dirvožemio būklės išlaikymui ir augalų augimui (Amelung et al., 2020). HR gerina ne tik dirvožemio struktūrą ir padidina dirvožemio vandens talpą bei biologiškai skatina naudingų dirvožemio organizmų augimą, bet ir chemiškai veikia kaip neorganinių augalų maistinių medžiagų adsorbcijos ir sulaikymo kompleksas (Brannon, Sommers, 1985). Nustačius dirvožemio pH laukeliuose prieš bandymo įrengimą ir po žieminių kviečių derliaus nuėmimo (žr. 1 pav. a, Kauno r.), paaiškėjo, kad pH reikšmės skyrėsi labai nedaug ir esminių pokyčių nenustatyta. Laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos be HR ir Si, dirvožemio pH prieš eksperimento įrengimą buvo 7,6, o po derliaus nuėmimo šiek tiek padidėjo iki 7,7. Tuo tarpu laukeliuose, kuriuose buvo naudojamos trąšos su HR ir Si, pH reikšmė išliko stabili – 7,5 tiek prieš eksperimento įrengimą, tiek po derliaus nuėmimo, ir esmingai nesiskyrė.



Pastaba: esminio skirtumo ribos Kauno r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 0,225; po derliaus nuėmimo – 0,159; Jurbarko r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 0,152; po derliaus nuėmimo – 0,301.

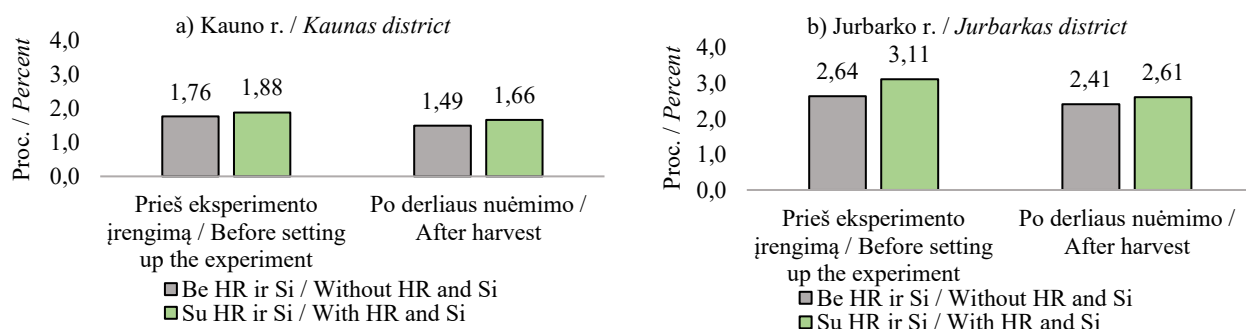
Note: the limits of significant difference for Kaunas district: R_{05} before setting the experiment – 0.225; after harvest – 0.159; Jurbarkas district: R_{05} before setting the experiment – 0.152; after harvest – 0.301.

1 pav. Dirvožemio pH žieminių kviečių eksperimento laukeliuose

Fig. 1. Soil pH in the winter wheat experimental fields

Jurbarko r. nustačius dirvožemio pH abiejuose laukeliuose prieš bandymo įrengimą ir po derliaus nuėmimo (žr. 1 pav. b), paaiškėjo, kad pH reikšmės skyrėsi labai nedaug ir esminių pokyčių nenustatyta. Laukeliuose, kuriuose buvo naudojamos trąšos be HR ir Si, pH reikšmė išliko stabili – 7,18 tiek prieš eksperimento įrengimą, tiek po derliaus nuėmimo. Laukeliuose, kuriuose buvo naudojamos trąšos su HR ir Si, pH reikšmė prieš eksperimento įrengimą buvo 7,20 ir nežymiai padidėjo (0,02) po derliaus nuėmimo ir siekė 7,22. Tačiau šis skirtumas nebuvo esminis.

Dirvožemio humusingumas. Pagrindinis humuso elementas – organinėje formoje esanti anglis, yra svarbus veiksnys dirvožemio derlingumui, aplinkos funkcijoms bei atskirų elementų transformacijoms. Organinės anglies kiekiui ženklią įtaką daro dirvožemio tipas, jo granulimetrinė sudėtis, sukultūrinimo laipsnis, žemės dirbimo būdas, auginami augalai (Stewart et al., 2007). Nustačius dirvožemio humusingumą eksperimento laukeliuose prieš bandymo įrengimą ir po žieminių kviečių derliaus nuėmimo (žr. 2 pav. a, Kauno r.), paaiškėjo, kad dirvožemio humusingumo pokyčiai buvo nežymūs ir esminių skirtumų nenustatyta.



Pastaba: esminio skirtumo ribos Kauno r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 0,148; po derliaus nuėmimo – 0,134; Jurbarko r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 0,667; po derliaus nuėmimo – 0,086.

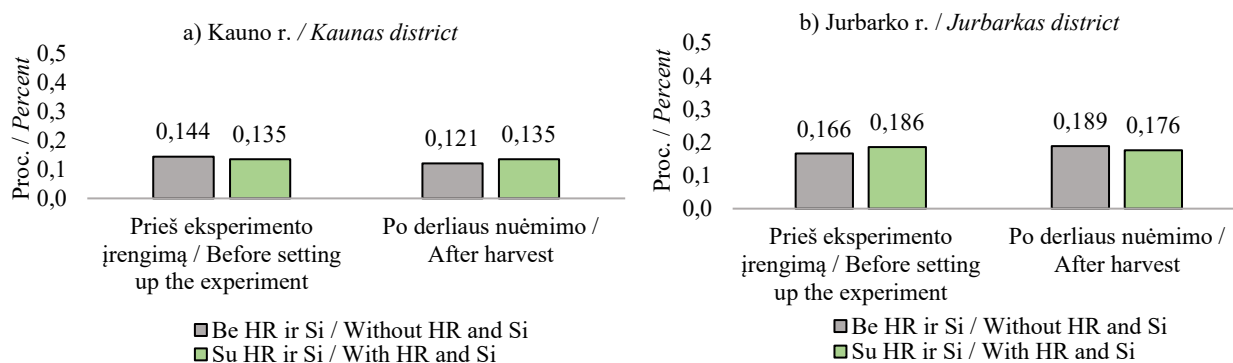
Note: the limits of significant difference for Kaunas district: R_{05} before setting the experiment – 0.148; after harvest – 0.134; Jurbarkas district: R_{05} before setting the experiment – 0.667; after harvest – 0.086.

2 pav. Dirvožemio humusingumas žieminių kviečių eksperimento laukeliuose

Fig. 2. Soil humus content in the winter wheat experimental fields

Laukeliuose, kuriuose buvo naudojamos trąšos be HR ir Si, dirvožemio humusingumas sumažėjo nuo 1,76 proc. prieš eksperimento įrengimą iki 1,49 proc. po derliaus nuėmimo. Šis pokytis sudarė 0,27 proc. vnt. Laukeliuose, kuriuose buvo naudojamos trąšos su HR ir Si, dirvožemio humusingumas po žieminių kviečių derliaus nuėmimo taip pat nustatytas mažesnis ir šis sumažėjimas siekė 0,22 proc. vnt., t. y. sumažėjo nuo 1,88 proc. prieš eksperimento įrengimą iki 1,66 proc. po derliaus nuėmimo. Nepaisant šių skirtumų, pokyčiai nebuvo statistiškai esminiai. Nustačius dirvožemio humusingumą eksperimento laukeliuose Jurbarko r. prieš bandymo įrengimą ir po derliaus nuėmimo (žr. 2 pav. b), paaiškėjo, kad humusingumo pokyčiai buvo ryškesni, tačiau esminių skirtumų taip pat nenustatyta. Laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos be HR ir Si, dirvožemio humusingumas sumažėjo nuo 2,64 proc. prieš eksperimento įrengimą iki 2,41 proc. po žieminių kviečių derliaus nuėmimo. Tuo tarpu laukeliuose, kuriuose buvo naudojamos trąšos su HR ir Si, dirvožemio humusingumas sumažėjo nuo 3,11 proc. prieš eksperimento įrengimą iki 2,61 proc. po derliaus nuėmimo. Tačiau dėl duomenų variacijos eksperimento pakartojimuose dirvožemio humusingumo pokyčiai nebuvo esminiai. Tai rodo, kad naudojant trąšas tiek su HR ir Si, tiek be jų, dirvožemio humusingumo sumažėjimas buvo panašus.

Dirvožemio azotingumas. Dirvožemio azotingumas esmingai nesiskyrė. Žieminių kviečių laukeliuose Kauno r. prieš eksperimento įrengimą suminio azoto kiekis svyravo 0,144–0,135 proc., o po derliaus nuėmimo – 0,121–0,135 proc. ribose (žr. 3 pav. a). Dirvožemio azotingumas, naudojant NPK trąšas praturtintas HR ir Si, prieš ir po derliaus nuėmimo išliko stabilus, kai tuo tarpu naudojant paprastas trąšas azotingumas mažėjo.



Pastaba: esminio skirtumo ribos Kauno r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 0,053; po derliaus nuėmimo – 0,028; Jurbarko r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 0,020; po derliaus nuėmimo – 0,021.

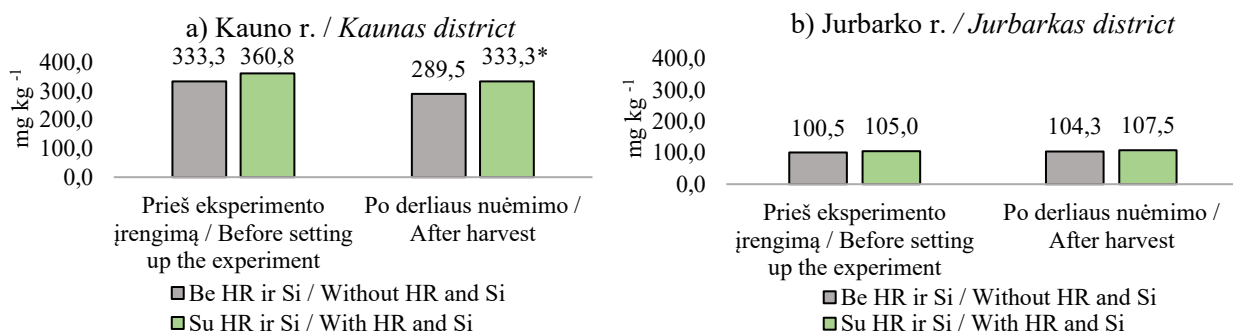
Note: the limits of significant difference for Kaunas district: R_{05} before setting the experiment – 0.053; after harvest – 0.028; Jurbarkas district: R_{05} before setting the experiment – 0.020; after harvest – 0.021.

3 pav. Dirvožemio azotingumas žieminių kviečių eksperimento laukeliuose

Fig. 3. Soil nitrogen content in the winter wheat experimental fields

Jurbarko r. laukeliuose dirvožemio azotingumas prieš eksperimento įrengimą buvo 0,166 ir 0,186 proc. Po derliaus nuėmimo siekė 0,189 ir 0,176 proc. ten, kur buvo naudotos trąšos su HR ir Si (3 pav. b). Nors azoto kiekio pokyčiai buvo skirtingi, tačiau jie nebuvo esminiai. HR ir Si naudojimas darė nedidelį poveikį dirvožemio azotingumui.

Dirvožemio fosforingumas. Fosforas – vienas iš pagrindinių maisto elementų, nežiūrint to, kad augaluose jo yra žymiai mažiau nei azoto ir kalio. Dėl didelio pastovumo, mažo tirpumo fosforas dirvožemyje tampa dažnai trūkstamu bei augalams sunkiai įsavinamu elementu. Augalai ypatingai fosforo trūkumui yra jautrūs augimo pradžioje, kol šaknų sistema būna silpna ir neišsivysčiusi. Fosforas reikalingas fotosintezai, kvėpavimui ir kitų medžiagų apykaitai (Vagusevičienė, 2018). Nustačius dirvožemio fosforingumą Kauno r. VDU ŽŪA Bandymų stoties laukeliuose prieš eksperimento įrengimą ir po žieminių kviečių derliaus nuėmimo, paaiškėjo, kad fosforo kiekis dirvožemyje sumažėjo tręšimui naudojant trąšas tiek be, tiek ir su HR ir Si, tačiau pokyčiai buvo skirtingi (žr. 4 pav. a).



Pastaba: esminio skirtumo ribos Kauno r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 63,92; po derliaus nuėmimo – 33,66; Jurbarko r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 25,77; po derliaus nuėmimo – 24,18.

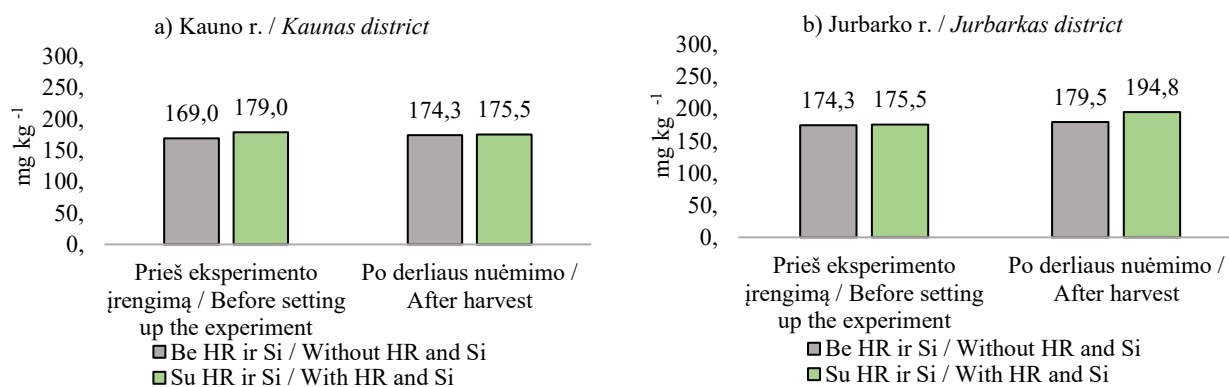
Note: the limits of significant difference for Kaunas district: R_{05} before setting the experiment – 63.92; after harvest – 33.66; Jurbarkas district: R_{05} before setting the experiment – 25.77; after harvest – 24.18.

4 pav. Dirvožemio fosforingumas žieminių kviečių eksperimento laukeliuose

Fig. 4. Soil phosphorus content in the winter wheat experimental fields

Laukeliuose, kuriuose buvo naudojamos trąšos be HR ir Si, dirvožemio fosforingumas prieš eksperimento įrengimą buvo $333,3 \text{ mg kg}^{-1}$, po žieminių kviečių derliaus nuėmimo sumažėjo iki $289,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Laukeliuose, kuriuose buvo naudojamos trąšos su HR ir Si, fosforo kiekis prieš eksperimento įrengimą buvo kiek didesnis – $360,8 \text{ mg kg}^{-1}$, tačiau po derliaus nuėmimo taip pat nustatytas mažesnis ir siekė $333,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Dirvožemio fosforingumas sumažėjo tiek su HR ir Si, tiek ir be jų, tačiau laukeliuose, kuriuose buvo naudotos HR ir Si, fosforingumo mažėjimas buvo mažiau statistiškai reikšmingas. Nustačius dirvožemio fosforingumą Jurbarko r. laukeliuose prieš eksperimento įrengimą ir po derliaus nuėmimo, paaiškėjo, kad fosforo kiekis dirvožemyje kito abiejų variantų laukeliuose, tačiau nustatyti pokyčiai buvo nedideli (žr. 4 pav. b). Laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos be HR ir Si, dirvožemio fosforingumas prieš eksperimento įrengimą buvo $100,5 \text{ mg kg}^{-1}$, o po derliaus nuėmimo padidėjo iki $104,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Tuo tarpu laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos su HR ir Si, fosforo kiekis prieš eksperimento įrengimą siekė $105,0 \text{ mg kg}^{-1}$, tačiau po žieminių kviečių derliaus nuėmimo padidėjo iki $107,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Atlikus duomenų statistinį vertinimą, galima teigti, kad šie skirtumai nebuvo reikšmingi.

Dirvožemio kalingumas. Kalis – dirvožemiuose yra labai svarbus augalų maisto elementas, jis padeda augalams lengviau išverti sausras, šalčius, augalai tampa ištvermingesni aplinkos veiksniams (Duchovskis, 2024). Jeigu dirvoje yra kalio trūkumas, tai ant lapų matomos dėmės, pagelsta lapai, augalai pradeda sunkiai augti. Sunkiose dirvose kalio yra daugiau negu lengvuose (Vagusevičienė, 2018). Nustačius dirvožemio kalingumą Kauno r. VDU ŽŪA Bandymų stoties laukeliuose prieš eksperimento įrengimą ir po derliaus nuėmimo, paaiškėjo, kad kalio kiekio pokyčiai buvo nedideli ir trąšų praturtinimas HR ir Si esminės įtakos neturėjo (žr. 5 pav. a). Laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos be HR ir Si, kalio kiekis dirvožemio viršutiniame sluoksnyje prieš eksperimento įrengimą buvo $169,0 \text{ mg kg}^{-1}$, o po derliaus nuėmimo nustatytas nežymiai didesnis ir siekė $174,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Tuo tarpu laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos su HR ir Si, kalio kiekis prieš eksperimento įrengimą sudarė $179,0 \text{ mg kg}^{-1}$, o po derliaus nuėmimo pakito nežymiai ir sumažėjo iki $175,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Nepaisant kalio kiekio pokyčių, skirtumai nebuvo esminiai, o dirvožemio kalio lygis išliko stabilus.



Pastaba: esminio skirtumo ribos Kauno r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 21,86; po derliaus nuėmimo – 19,29; Jurbarko r.: R_{05} prieš eksperimento įrengimą – 43,12; po derliaus nuėmimo – 29,18.

Note: the limits of significant difference for Kaunas district: R_{05} before setting the experiment – 21.86; after harvest – 19.29; Jurbarkas district: R_{05} before setting the experiment – 43.12; after harvest – 29.18.

5 pav. Dirvožemio kalingumas žieminių kviečių eksperimento laukeliuose

Fig. 5. Soil potassium content in the winter wheat experimental fields

Nustačius kalio kiekį dirvožemyje Jurbarko r., paaiškėjo, kad laukeliuose prieš eksperimento įrengimą ir po derliaus nuėmimo kalio kiekio pokyčiai skyrėsi nežymiai (žr. 5 pav. b). Laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos be HR ir Si, kalio kiekis prieš eksperimento įrengimą buvo $174,3 \text{ mg kg}^{-1}$, o po derliaus nuėmimo šiek tiek padidėjo ir siekė $179,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos su HR ir Si, kalio kiekis prieš eksperimento įrengimą buvo $175,5 \text{ mg kg}^{-1}$, o po derliaus nuėmimo padidėjo iki $194,8 \text{ mg kg}^{-1}$. Trąšų su HR ir Si naudojimas turėjo didesnę poveikį kalio kiekio didėjimui dirvožemyje, palyginti su trąšomis be HR ir Si.

Galima teigti, kad HR ir Si turėjo tendenciją gerinti dirvožemio agrochemines savybes, tačiau esminiai skirtumai nenustatyti, nes tyrimas atliktas tik vienerius metus. Atliktų tyrimų duomenimis galima teigti, kad HR ir Si nepadėjo kauptis augalų maisto medžiagoms dirvožemyje ir neturėjo esminio poveikio jų išsilaikymui augalams prieinamoje formoje.

Išvados

1. Dirvožemio pH eksperimento laukeliuose (Kauno r. ir Jurbarko r.) po žieminių kviečių derliaus nuėmimo kito nežymiai. Dirvožemio pH esminių skirtumų nebuvo nustatyta.
2. Naudojant trąšas tiek su HR ir Si, tiek be jų, nustatytas dirvožemio humusingumo mažėjimas po žieminių kviečių derliaus nuėmimo abiejuose eksperimentuose (Kauno r. ir Jurbarko r.), tačiau šie pokyčiai nebuvo statistiškai reikšmingi.
3. HR ir Si naudojimas turėjo nedidelį poveikį dirvožemio azotingumui. Tikėtina, kad nustatyti pokyčiai buvo lemiami kitų veiksnių.

4. Dirvožemio fosforingumas po žieminių kviečių derlauso nuėmimo nustatytas esmingai didesnis (15,1 proc.) laukeliuose, kuriuose buvo naudotos trąšos su HR ir Si. Tačiau šis pokytis nustatytas tik viename eksperimente (Kauno r.), kitame eksperimente (Jurbarko r.) skirtumai nebuvo reikšmingi.

5. Trąšų su HR ir Si naudojimas turėjo didesnę poveikį kalio kiekio didėjimui dirvožemyje, palyginti su trąšų be HR ir Si naudojimu. Dirvožemio kalingumas po žieminių kviečių derlauso nuėmimo nustatytas didesnis abiejuose eksperimentuose (Kauno r. ir Jurbarko r.).

Literatūra

1. Amelung W., Bossio D., de Vries W., Kögel-Knabner I., Lehmann J., Amundson R., Chabbi A. (2020). Towards a global-scale soil climate mitigation strategy. *Nature communications*, 11(1), 5427–5436. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18887-7>
2. Duchovskis P. (2024). *Augalų produktyvumas*. Lietuvos Agrarinių ir miškų mokslų centras, VDU Žemės ūkio akademija, 304 p.
3. Brannon C. A., Sommers L. E. (1985). Preparation and characterization of model humic polymers containing organic phosphorus. *Soil Biology and Biochemistry*, 17(2), 213–219. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(85\)90117-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(85)90117-8)
4. Kleber M., Lehmann J. (2019). Humic substances extracted by alkali are invalid proxies for the dynamics and functions of organic matter in terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal of Environmental Quality*, 48(2), 207–216. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.01.0036>
5. Lal, R. (2020). Managing soils for negative feedback to climate change and positive impact on food and nutritional security. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/00380768.2020.1718548>
6. Lehmann J., Kleber M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528, 60–68. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
7. Lorenz K., Lal R. (2018). *Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems*. Springer, 136 p.
8. Stewart C. E., Paustian K., Conant R. T., Plante A. F., Six J. (2007). Soil carbon saturation: concept, evidence and evaluation. *Biogeochemistry*, 86, 19–31. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9140-0>
9. Vagusevičienė I. (2018). *Migliniai javai*. Kauno R.: Akademija, 117 p.

INFLUENCE OF HUMIC ACIDS AND SILICON ON SOIL PROPERTIES

Abstract

Humic acids (HA) and silicon (Si) as soil improvement agents can become a solution to ensure long-term sustainability and economic efficiency of agriculture. The experiments were conducted in 2021–2022 at the Vytautas Magnus University Academy of Agriculture (VMU ŽŪA) Testing Station in Kaunas district (54° 52' 49.89", 23° 50' 19.64" (WGS)) and on the farm of farmer Arūnas Mickūnas in Jurbarkas district, Raudonės sen., Kabučiai km. (55° 6' 15.67", 23° 11' 28.3" (WGS)). Winter wheat crops locally fertilized with different fertilizers were selected for field experiments in order to assess the effect of humic acids and silicon on soil properties. Variants of local fertilization of winter wheat: 1) fertilizers without humic acids and silicon (Without HA and Si); 2) fertilizers with humic acids and silicon (With HA and Si). Soil samples were taken before the experimental installation and after the winter wheat harvest. Analyses were performed on samples of the 0–15 cm soil layer, taking combined samples from 15–20 places in each field. After assessing the agrochemical properties of the soil (pH, humus content, nitrogen content, phosphorus content, potassium content), it can be stated that the use of fertilizers with HA and Si did not significantly contribute to the accumulation of plant nutrients in the soil and did not have a significant effect on their preservation in a form available to plants.

Keywords: humic acids, silicon, soil pH, humus content, nitrogen content, phosphorus content, potassium content.