

Talinisu kasvuala mulla orgaanilise süsiniku, mikroobide aktiivsuse ja lämmastiku sisaldus erinevates viljelussüsteemides

Soil organic carbon, microbial activity and nitrogen content of the winter wheat field depending on the cultivation system

Viacheslav Eremeev¹, Jaan Kuht¹, Liina Talgre¹, Maarika Alaru¹
Helena Madsen¹, Evelin Loit¹, Anne Luik²

¹ Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut,
Taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

² Taimetervise õppetool

► vyacheslav.eremeev@emu.ee

Sissejuhatus

Maheviljeluses on oluline arendada selliseid viljelussüsteeme, mis talviste vahekultuuride, liblikõieliste haljasväetiskultuuride, laudasõnniku ja kompostide mulda lisamisega tagaksid mullaviljakuse paranemise. Selleks on vajalik rakendada liblikõielisi kultuure sisaldav ning taime toitainete tasakaalu ja mulla huumust säilitav külvikord. Talinisu on külvikorras oluline toiduteravili, kuid eemaldab saagiga rohkesti toitaineid ja vajab seega viljakat mulda. Seetõttu tuleb tema mahekasvatamisel pöörata erilist tähelepanu eelviljadega mulda viidud orgaanilisele ainele ja mulla mikroorganismide tegevuse intensiivsusele.

Käesoleva uurimuse eesmärk oli selgitada kasvukoha mulla orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisalduse, mikroobide aktiivsuse (FDA) ja üldlämmastiku ($N_{üld}$) sisalduse muutused talinisu kasvatamisel neljas eri viljelussüsteemis, mis erinesid üksteisest taimekaitse ja väetamise poolest.

Materjal ja meetodika

Talinisu kasvuala mullaomadusi uuriti Eesti Maaülikooli pikaajalises erinevate kasvatussüsteemide külvikorra katses, mis on rajatud 2008. aastal Eerika näivleeturunud mullaga katsepõllule (58°22'N, 26°40'E). Külvikorras järgnevad üksteisele viis põllukultuuri: oder 'Anni' ristik 'Varte' allakülviga, punane ristik, talinisu 'Fredis', põldhernes 'Starter' ja kartul 'Maret'. Nisu kasvatamisega seotud mulda uuriti kahes mahe- ning kahes tavaviljelusega kasvatussüsteemis. Maheviljelussüsteemis oli katses talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0), mis järgib ainult

külvikorda ja talviste vahekultuuridega Mahe II süsteem, kus vahekultuurile lisaks väetatakse kompostitud veisesõnnikuga (kevadest teraviljadele 10 t ha⁻¹, kartulile 20 t ha⁻¹). Mahe II viljelussüsteemi katseväljad on talveks viidud vahe- ehk kattekultuuride alla. Selleks külvatakse pärast talinisu koristust rukki, talirüpsi ja keerispea segu, pärast hernerest talirüpsi ja keerispea segu ning pärast kartulit rukis. Maheviljelus on sünteetiliste agrokemikaalide vaba.

Katses olnud tavaviljelussüsteemides (Tava 0 ja Tava II) kasutatakse sünteetilisi taimekaitsevahendeid ehk pestitsiide. Sõltuvalt kultuurist ja selle olukorrast tehti vegetatsiooniperioodil umbrohu, taimehaiguste ja kahjurite tõrjet 1 kuni 5 korda, sügisel koristusjärgselt töödeldi herne, kartuli ja talinisu katselappe umbrohutõrjeks glüfosaadiga. Tava 0 süsteemis väetisi ei kasutata (kontroll, N₀P₀K₀), see järgib üksnes külvikorda. Tava II süsteemis antakse kõigil kultuuridel mineraalset fosfor ja kaaliumväetist vastavalt P 25 kg ha⁻¹ ja K 95 kg ha⁻¹. Mineraalse lämmastikuga väetamine oleneb kultuurist: hernele N 20, odrale N 120, talinisule ja kartulile N 150 kg ha⁻¹.

Katsed viidi läbi neljas korduses ja iga katselapi suurus oli 60 m². Katseala mullastik oli näivleeturund (Stagnic Luvisol WRB klassifikatsiooni järgi (Deckers jt., 1998), lõimiselt kerge liivsavi huumuskihi tusedusega 20–30 cm (Reintam ja Köster, 2006)).

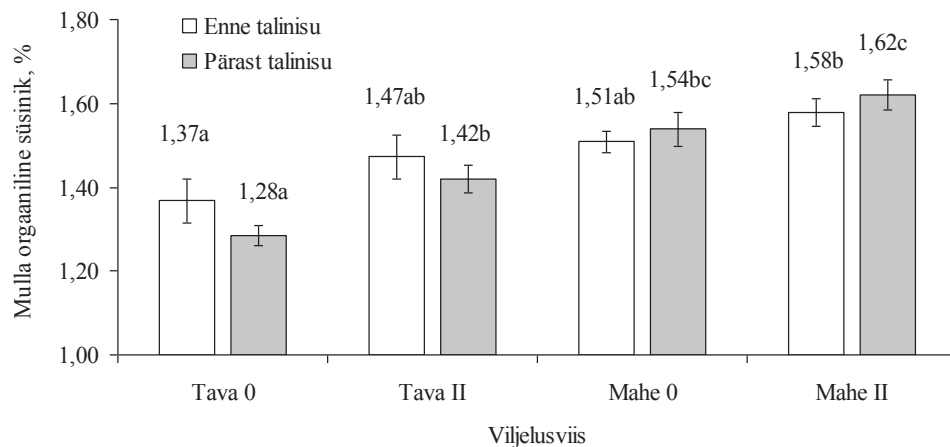
Mullaproovid võeti analüüsiks kevadeti enne mullaharimise algust kõikidelt katselappidelt. Fluorestseini diatsetaadi (FDA) hüdrolüüsi spektrofotomeetiline määramine on lihtne, tundlik ja kiire meetod mikroobide aktiivsuse määramiseks mullas (Schnürer ja Rosswall, 1982). Mikroobse hüdrolüütilise aktiivsuse määramiseks võeti 0–20 cm sügavuselt 500 g proovid vastavalt ISO 10381-6 (1993) meetodile ja sõeluti läbi 2 mm sõela (Reeuwijk, 2002). Reagentide ettevalmistamine järgneva FDA analüüsi jaoks toimus vastavalt Adam ja Duncan (2001) kirjeldatud meetodil. Mulla orgaaniline süsinik määrati Tjurini meetodil (Soil Survey Laboratory Staff, 1996). Mulla üldlämmastiku sisaldus määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for Soil Analysis, 2005).

Kogutud andmete statistiline analüüs tehti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Katsevariantide mõju usaldusväärsust mulla mikroobide hüdrolüütilisele aktiivsusele ning orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisaldusele mullas analüüsiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide erinevuste võrdluses kasutati Tukey HSD post-hoc testi ($p < 0,05$) ja tehti ka regressioon- ja korrelatsioonanalüüsid.

Tulemused ja arutelu

Maheviljeluses suurenes katsealade mulla orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisaldus (joonis 1). Talinisu külvielselt võetud mullaproovides oli orgaanilise süsiniku sisaldus maheviljeluses aastate keskmisena 8,1% võrra tavaviljelusest suuremad. Pärast talinisu kasvatamist suurenes see vahe juba 14,6%-ni. Võrreldes talinisu eelsega, C_{org} sisalduses olulisi usaldusväärseid muutusi maheviljeluses ei täheldatud. See tuleneb sellest, et suur osa süsinikust on seotud koristatud eelvilja, punase ristiku mullas veel lõplikult lagunemata taimejäänuste poolt ja ka suur osa mullas asuvast talinisu orgaanilisest materjalist ei ole jõudnud kevadeks veel laguneda. Eesti kliimatingimustes lagunevad liblikõieliste haljasväetiskultuuride, (sh punane ristik) jäänused mullas suhteliselt aeglaselt ja avaldavad külvikorras positiivset mõju alles teisel aastal (Talgre jt., 2017). Võrreldes külvielse mulla orgaanilise süsiniku sisaldusega, ilmnes tavaviljeluse aladel pärast talinisu kasvatamist keskmiselt selle 2,4% vähenemine ja mahealadel 2,3% suurenemine.

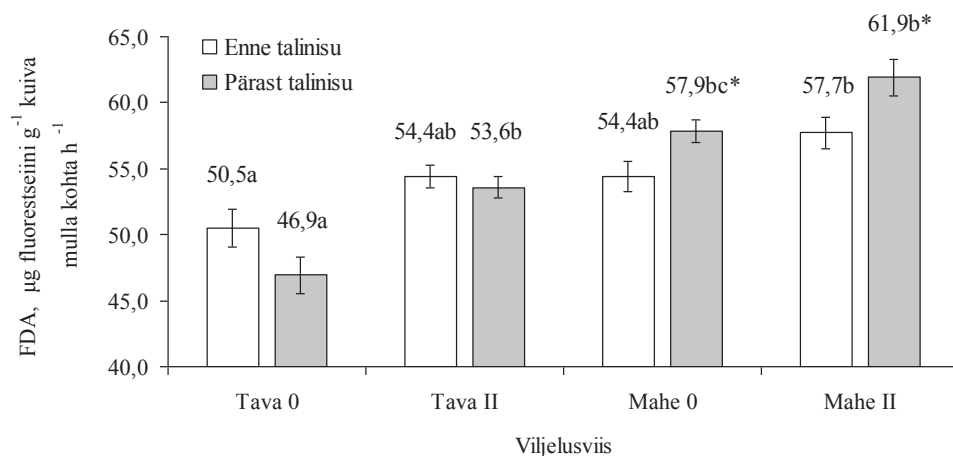
Gregorich ja Janzen (1994) leidsid, et orgaanilise süsiniku sisalduses kajastuvad lõpuks need muutused orgaanilise materjali sisendites, millest oleneb mulla mikroobide aktiivsus ja mineralisatsiooni tase.



Joonis 1. Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus (C_{org} , %) olenevalt viljelusviisist enne ja pärast talinisu kasvatamist 2012.–2016. aastate keskmisena. Erinevad tähed igas tulbas näitavad viljelussüsteemide olulist mõju (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga.

Tulemustest selgus, et talinisu kasvatamine tõstis aastate keskmisena mulla FDA kõikides viljelusviisides. Kõige suurem mulla FDA näitaja katseaastate keskmisena saadi pärast suvinisu kasvatamist maheviljelussüsteemis, kus mulda väetati vahekultuuri ja sõnnikuga (Mahe II, joonis 2). Kõige madalaim FDA oli kõikidel aastatel väetamata tavaviljelusega alal (Tava 0), kus kasutati pestitsiide. Ka Madsen jt. (2016) leidsid, et tavaviljeluses, kus kasutatakse pestitsiide, väheneb ka mullamikroobide aktiivsus. Talinisu kasvatamisest ilmnisid suurimad mulla FDA tõusud mahevariantides, kusjuures võrreldes talinisu eelse seisundiga oli (erinevalt C_{org} sisaldusest) märkimisväärselt suurem, Mahe 0 variandis 6,4 % ja Mahe II 7,3%. Siit järeldub, et kuigi C_{org} sisalduses oli märgata väikest tõusu, mullamikroobide tegevus orgaanilise aine lagundamisel ei raage. Mikroorganismid kasutavad orgaanilist süsinikku jäänuste lagundamise ajal ja kui toitained on mineraliseerunud, alles siis on nad taaskasutatavad taimedele kättesaadavas vormis (Brunetto jt., 2011).

Võrreldes tavaviljelusviisidega, oli mulla üldlämmastiku sisaldus mahevariantides usutavalt kõrgem – enne suvinisu 14,1% ja pärast 20,4% võrra (joonis 3). Küll aga ei andnud statistiliselt usutavaid erinevusi suvinisu kasvatusjärgse ja



Joonis 2. Mulla mikroobide hüdrofüütiline aktiivsus (FDA, µg fluoreststeini g⁻¹ kuiva mulla kohta h⁻¹) enne ja pärast talinisu kasvatamist 2012.–2016. aastate keskmisena. Erinevad tähed igas tulbas näitavad viljelussüsteemide olulist mõju (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). * tähistavad statistilist olulist erinevust väärtuste vahel enne ja pärast talinisu (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga.

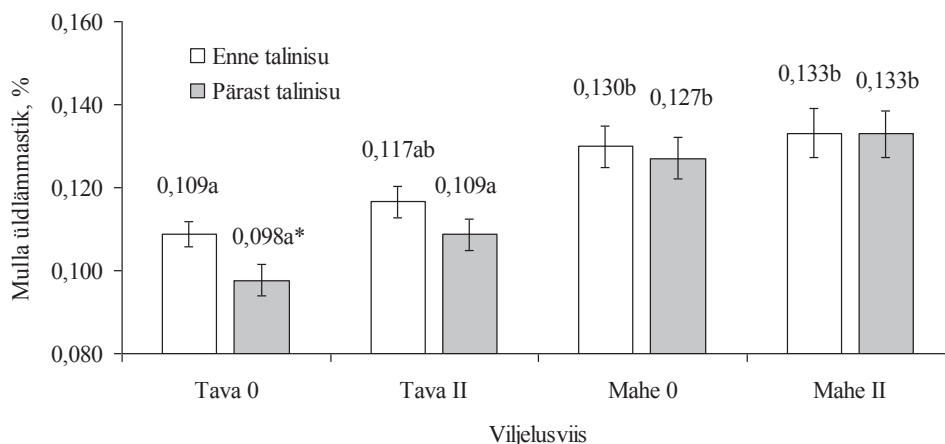
külvieelse mulla $N_{\text{üld}}$ sisalduse võrdlus. Ka siin võib põhjus olla eelviljaks olnud ristiku ja talinisu koristujäänuste meie jahedatest ilmaoludest tingitud aeglane lagunemine mullas. Ka Ha jt. (2008) ja Havstad jt. (2010) leidsid, et süsiniku ja lämmastiku mineraliseerumise määr sõltub kliimast ja pinnasest, nagu näiteks temperatuur, niiskusesisaldus, mulla õhutamise staatus, jm.

Järeldused

Katsetulemustest selgus, et maheviljeluses suvinisu kasvatamisega on võimalik positiivses suunas mõjutada mulla üldlämmastiku ja orgaanilise süsiniku sisaldusi ning mullamikroobide aktiivsust.

Orgaanilise süsiniku sisaldus talinisu külvieelsetes mullaproovides oli maheviljeluses aastate keskmisena 8,1% võrra tavaviljelusest kõrgem. Talinisu järgselt tõusis see vahe juba 14,6%-ni. Mahealade mullas talinisu kasvujärgses ja -eelsega C_{org} sisalduses olulisi usaldusväärseid muutusi ei täheldatud.

Mulla mikroobide aktiivsus (FDA) tõusis talinisu kasvatamisel aastate keskmisena mõlemas maheviljelusvariandis. Kõige suurem mulla FDA näitaja katseaastate



Joonis 3. Mulla üldlämmastiku sisaldus ($N_{\text{üld}}$, %) olenevalt viljelusviisist enne ja pärast talinisu kasvatamist 2012.–2016. aastate keskmisena. Erinevad tähed igas tulbas näitavad viljelussüsteemide olulist mõju (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). * tähistavad statistilist olulist erinevust väärtuste vahel enne ja pärast talinisu (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga.

keskmisena saadi pärast suvinisu kasvatamist Mahe II variandis. Suurimad FDA tõusud mullas ilmnesid talinisu mahealadel kasvatamisest. Võrreldes talinisu eelse mulla seisundiga, oli selle sisaldus talinisu järgselt Mahe 0 alal 6,4% ja Mahe II 7,3% võrra suurem.

Mulla üldlämmastiku ($N_{\text{üld}}$, %) sisaldus oli mahevariantides tavaviljelusega võrreldes usutavalt suurem – enne suvinisu 14,1% ja pärast 20,4%.

Tänuavaldused. Artikkel on valminud ERA-NET Core organic projekti FertilCrop, Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise projektid 8-2/T13001PKTM, P180273PKTT, P170062PKTM ja institutsionaalse uurimistoetuse projekti IUT36-2.

Kirjandus

- Adam, G., Duncan, H. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 33 (7–8), 943–951.
- Brunetto, G., Ventura, M., Scandellari, F., Ceretta, C.A., Kaminski, J., Wellington de Melo, G., Tagliavini, M. 2011. Nutrient release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 90, 299–308.
- Deckers, J.A., Nachtergale, F.O., Spaargarn, O.C. (Eds.). 1998. *World Reference Base for Soil Resources: Introduction*. First edition. ISSS, ISRIC, FAO, Acco Leuven, 165 pp.
- ISO 10381-6, 1993. *Soil quality - Sampling. Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of aerobic microbial processes in laboratory*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Gregorich, E.G., Janzen, H.H. 1996. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. In: Carter, M.R., Steward, B.A. (Eds.), *Structure and Organic Matter Storage in Agriculture Soils*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p. 167–190.
- Ha, K.V., Marschner, P., Bünemann, E.K. 2008. Dynamics of C, N, P and microbial community composition in particulate soil organic matter during residue decomposition. *Plant and Soil*, 303, 253–264.
- Havstad, L.T., Aamlid, T.S., Henriksen, T.M. 2010. Decomposition of straw from herbage seed production: Effects of species, nutrient amendment and straw placement on C and N net mineralization. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 60 (1), 57–68.
- Madsen, H., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2016. Pestitsiidid suruvad alla mulla mikroobide hüdrolüütilist aktiivsust. *Eesti Taimkaitse* 95, 79–82.

- Reeuwijk, L.P. van. (ed.) 2002. *Procedures for Soil Analysis*. (6th edition). Tech. Pap. 9, ISRIC, Wageningen
- Reeuwijk, L.P. van. (ed.) 2005. *Procedures for Soil Analysis*. 5th edn. Wagenengen, 112 pp.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. *Geoderma*, 136, 99–209.
- Soil Survey Laboratory Staff 1996. *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. National Soil Survey Center, Lincoln, NE, USA.
- Schnürer, J., Rosswall, T. 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environmental Microbiology*, 43 (6), 1256–1261.
- Talgre, L., Roostalu, H., Mäeorg, E., Lauringson, E. 2017. Nitrogen and carbon release during decomposition of roots and shoots of leguminous green manure crops. *Agronomy Research*, 15 (2), 594–601.