

Mulla orgaanilise süsiniku sisalduse muutustest mitmesuguste viljelusviisidega külvikorras

Changes in soil organic carbon content in crop rotations with different cultivation methods

Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Liina Talgre, Eve Runno-Paurson, Evelin Loit, Anne Luik

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► jaan.kuht@emu.ee

Märksõnad: tava- ja maheviljelusviisid, kultuurid, mulla orgaaniline süsinik, mikroorganismide aktiivsus.

Sissejuhatus

Taimekasvatus tava- ja eriti maheviljeluse süsteemides oleneb suuresti taimede toitumisest ja selleks vajaliku mullaviljakuse seisukorrast. Mullaviljakust tuleks säilitada eelkõige õige külvikorra, sõnniku ja haljasväetiste kasutamisega (Rasmussen jt., 2006). Lorenz ja Lal (2016) märgivad, et mulla orgaaniline süsinik (Corg) mängib olulist rolli maapealsete ökosüsteemide toimimises, mulla viljakuses ja taimede produktiivsuses, samuti mulla ja vee kvaliteedis. Lisaks sellele tulid need autorid, tuginedes uurijate Adhikari ja Harteminki (2016), Franzluebbersi (2010), ning Lal jt. (2012) avaldatud tulemustele järeltulele, et mulla Corg varud toetavad veel ka kriitiliselt olulisi mullaprotsesse nagu vee filtreerimist, erosiooni, mulla tugevust ja selle püsivust, toitainete säilimist, saasteainete denatureerimist ja immobiliseerimist, mullaorganismide elupaiku ja nende energiaallikaid, kahjurit ja haiguste tõrjet, samuti ka kliimamuutustega kohandumist ja mõju leevendamist atmosfääri süsiniku mulda sidumise kaudu. Väga suurt osa selles mängivad mullas elutsevad taimejäänuseid lagundavad mikroorganismid, kes aitavad lagundada süsinikühendeid ja siduda neid mullaga. Brunetto jt. (2019) rõhutavad mulla mikroobide osa toitainete taimedele hõlpsasti kättesaadavasse vormi viimisel. Varasemad uurimisandmed samadelt katsealadelt näitasid ristiku allakülvi (Kuht jt., 2018; 2019; 2020) ja kartuli mahekasvatamise (Eremeev jt., 2019) positiivset mõju Corg ja mikroobide hüdrofüütilise aktiivsuse (MMA) muutustele nende kasvualade mullas. Käesoleva uurimuse eesmärk oli selgitada muutusi mulla orgaanilise süsiniku sisalduses antud katseala kõikide külvikorrakultuuride kasvatamisel mahe- ja tavaviljeluse süsteemides.

Materjal ja meetoodika

Eesti Maaülikooli Rõhu Katsejaama katsepõllule Eerikal rajati 2008. a viieväljaline külvikorrakatse. Katseala mullastik oli näivleetunud (Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi, Deckers jt., 2002), lõimiselt kerge liivsavi huumuskihi tusedusega 20–30 cm (Reintam ja Köster, 2006). Käesolevas töös analüüsitakse 5-väljalises külvikorras 2014.–2018. a perioodil kogutud andmestikku. Külvikordadest oli oder (sort 'Anni') punase ristiku (sort 'Varte') allakülviga. Sellele järgnes punane ristik, mille mulda kündmise järgselt külvati talinisu (sort 'Fredis'). Järgnesid hernes (sort 'Starter') ning seejärel kartul (sort 'Maret', 2018. aastal sort 'Teel'). Kultuure kasvatati kahes erinevas viljelsüsteemis, esimene neist traditsiooniline (Tava), mille viljelemisel kasutati keemilisi taimekaitsevahendeid või mineraalväetisi. Ainsaks orgaaniliseks väetiseks oli seal haljasväetisena punane ristik. Teine oli maheviljelsüsteem, milles väetati haljasväetistega, kas punase ristiku sissekänniga, talviste vahekultuuride või neile lisaks ka kääritatud laudasõnniku sissekänniga. Tavasüsteemi viljelusviisi Tava 0 ei väetatud, kuid tehti keemilist taimekaitset. Sama süsteemi Tava II-1e anti allakülviga odra, kartuli ja talinisu aladele ühesugune kogus fosforit (P) 25 kg ha⁻¹ ja kaaliumit (K) 95 kg ha⁻¹ ning väetati lämmastiku allakülviga otra N120 kg ha⁻¹, kartulit ja talinisu N150 kg ha⁻¹ ja hernerest N20 kg ha⁻¹. Ristikut ei väetatud ega tehtud ka keemilist taimekaitset. Tavasüsteemides kasutati pärast kartuli, herne ja talinisu koristust umbrohtude tõrjeks glüfosaati sisaldavat herbitsiidi Roundup Flex. 2018. a kasutati selle asemel Rodeo FL.

Ristiku allakülviga odral ja hernel kasutati kasvuaegseks umbrohutõrjeks MCPA-750. Umbrohtude hävitamiseks talinisu kasutati Secator OD. Kartuli kasvuaegse umbrohutõrje tehti Titus 25 DF-ga. Lehemädaniku tõrjeks kartulil kasutati fungitsiidi Ridomil Gold MZ 68 WG, mida tehti, olenevalt nakatumisest suve jooksul 2–4 korda. Tavasüsteemi kartulil tõrjuti kartulimardikat insektitsiididega Fastac ja Decis Mega 50EW. Maheviljelsüsteemis oli kolm viljelusviisi: väetamata talviste vahekultuurideta, mis järgis ainult külvikorda (Mahe 0); ainult talviste vahekultuuridega, kus talinisu koristusjärgselt külvati rüpsi ning talirukki segu, herne järgi talirüps ja kartuli järgi talirukis (Mahe I). Viljelsüsteemis Mahe II künti lisaks samadele vahekultuuridele väetiseks mulda komposteeritud veisesõnnikut, mida anti kevadel teraviljadele 10 t ha⁻¹ ja kartulile 20 t ha⁻¹. Mullaproovid võeti iga katselapi 0–25 cm kihist kevadel (kas pärast kündi või

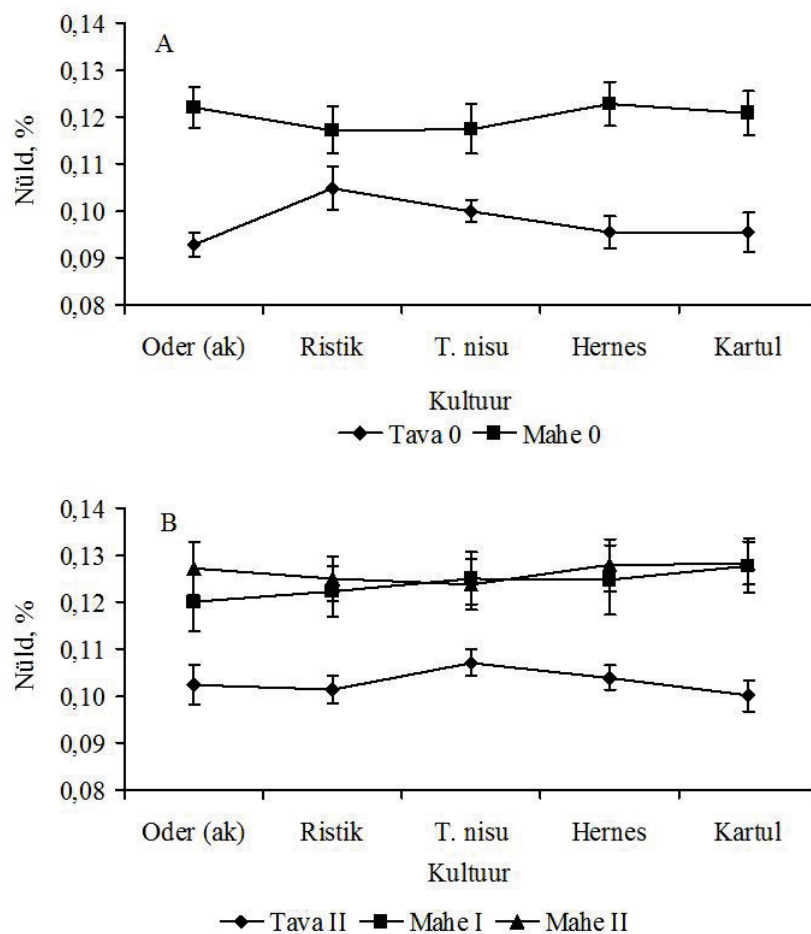
enne harimisi ja külvitöid) iga aasta aprillis. Mullamikroobide hüdrofüütilist aktiivsust määrati fluorestseini diatsetaadi (FDA) hüdrofüüsi kaudu (Schnürer ja Rosswall, 1982). Mikroobse hüdrofüütilise aktiivsuse määramiseks võeti 500 g proovid vastavalt ISO 10381-6 (1993) meetodikale ja sõeluti läbi 2 mm sõela (Reeuwijk, 2002). Reagentide ettevalmistamine järgneva MMA analüüsi jaoks toimus vastavalt Adam ja Duncan (2001) kirjeldatud meetodile. Katsetelt võetud mullast määrati Corg-i ja Nüld sisaldus Dumas' kuivpõletusmeetodiga, kasutades VarioMAX CNS elemendianalüsaatorit.

Andmete statistiline analüüs tehti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Põllukultuuride vahelise mulla mikroobse hüdrofüütilise aktiivsuse erinevuse võrdluses kasutati Fisher LSD post-hoc testi ($p < 0,05$) ja tehti ka regressioon- ja korrelatsioonanalüüsid Corg sisalduse seoste leidmiseks mikroobide hüdrofüütilise aktiivsusega (MMA-ga). Tulemused on esitatud viie katseaasta (2014–2018) keskmistena.

Tulemused ja arutelu

Väetamata, kuid keemilise taimekaitsega tavaviljeluse (Tava 0) alade mullas tõstis punase ristiku kasvatamine võrreldes sellele eelnenud punase ristiku allakülviga odra mullaga Corg näitajaid 7,8% võrra, kuid jäid pärast talinisu ristikust 4,3% võrra väiksemaks (joonis 1A). Seevastu Mahe 0 viljelussüsteemi mulla Corg näitajate muutumine kultuuride vahel kõikus vaid 0,4 ja 1,8% piirides. Allakülviga odra järgselt oli Tava 0 süsteemi mullas Corg sisaldus võrreldes Mahe 0 süsteemiga 15,2% võrra väiksem. Kuivõrd punase ristiku kasvatamisel aga ei tehtud keemilist taimekaitset siis tõusis ristikujärgse Tava 0 ala Corg sisaldus ja erinevus Tava 0 ja Mahe 0 vahel vähenes üle kahe korra, kuni 7,2%-ni. Punasele ristikule järgneva talinisu järgselt muutus Corg sisaldus vähe ning erinevus Tava 0 ja Mahe 0 vahel suurenes uuesti, 11,8% ni. Herne järel vähenes Corg sisaldus veelgi ja saavutas ligikaudu samasuure (15,1%) erinevuse Tava 0 ja Mahe 0 vahel nagu oli see pärast ristiku allakülviga otra.

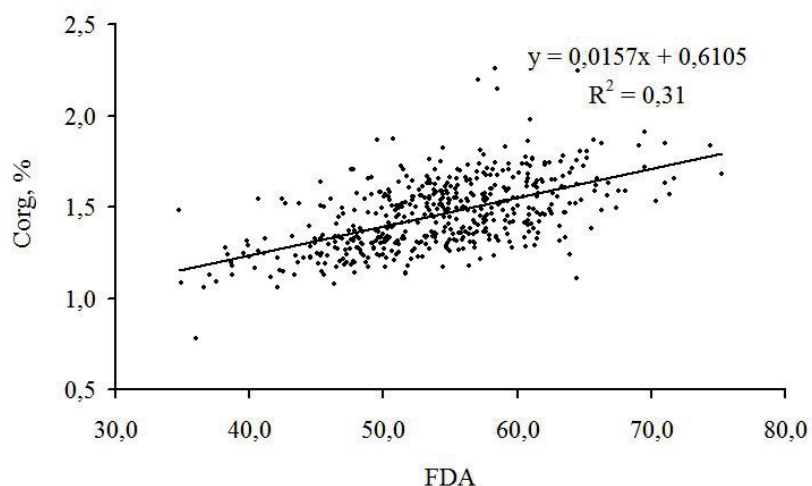
Mahe I viljelusviisi mullas oli Corg sisaldus odra kasvualal vaid 4,5% võrra väiksem kui Mahe II mullas. Ristikualuses mullas vähenes see 3,6%-ni (joonis 1B). Seejärel püsis ligilähedasel samas suurusjärgus kuni herne kasvukoha mullani, kus mõlema viljelusviisi Corg väärtus võrreldes suvinisuga oli kasvanud 3,7% võrra. Võrreldes Maheviljelusviiside omavahelisel võrdlusel selgus et Mahe I variandis



Joonis 1. Mulla orgaanilise süsiniku (Corg, %) sisaldus väetamata (A) ja väetatud (B) kultuuride kasvualade mullas 2014–2018 aastate keskmisena. Vertikaaljooned joonisel näitavad viljelusviiside vahelist standardviga.

oli Corg sisaldus muutunud kartuli kasvualal Mahe II variandiga võrreldes väiksemaks (4,9% võrra). Varem on samalaadsetes uurimustes leitud, et kõige enam suurendasid Corg varu vahekultuurid ja laudasõnnik (40 t ha⁻¹; Kauer jt., 2015).

Pärast taimejäänuste, haljasväetise ja laudasõnniku mulda kündmist oleb taimejäänuste lagunemine ja toitainete vabanemine (sealhulgas ka süsinik) juba mullamikroobide tegevusest. Kõikide katses olnud viljelusviiside lõikes ilmnes tugev Corg korrelatiivne seos mulla mikroobide hüdrofüütilise aktiivsusega (MMA) – $r=0,56$; $p < 0,001$; $n = 500$ (joonis 2). Kõige tugevamad seosed avaldusid Mahe I ($r=0,57$; $p < 0,001$; $n = 100$) ja Mahe II ($r=0,29$; $p < 0,01$; $n = 100$) vilje-



Joonis 2. Mulla orgaanilise süsiniku (Corg, %) ja mulla mikroorganismide hüdroliütilise aktiivsuse (MMA, μg fluoreststeiini g^{-1} kuiva mulla kohta h^{-1}) vahelised lineaarsed seosed aastatel 2014–2018 kõikide viljelusviiside lõikes.

lusviisides, tavaviljeluse Tava I alade mullas avaldus see seos nõrgemalt, ($r=0,21$; $p < 0,05$; $n = 100$).

Järeldused

Viie katseaasta (2014–2018) tulemuste analüüsist selgus, et viljelussüsteemi mitmekesistamine vahekultuuride ja kompostitud veisesõnnikuga võimaldab oluliselt parandada mulla mikrobioloogilisi omadusi ja siduda mullas rohkem orgaanilist süsinikku. Pestitsiididega töödeldud tavaviljelussüsteemides oli mulla mikroobide aktiivsus ja orgaanilise süsiniku sisaldus maheüsteemidega võrreldes usutavalt madalam. Kõige paremaid tulemusi andsid mahealadel talvised vahekultuurid (Mahe I) ja sõnnikuga väetamine (Mahe II). Sellele viitab ka tähelepanek, et mullamikroobide aktiivsuse tõusuga oli tihedas seoses ka selle viljeldava ala mulla orgaanilise süsiniku sisalduse tõus. Seega võib järeldada, et tavasüsteemidega võrreldes on maheviljelussüsteemidel eelised kestlikuks taimekasvatuseks. Maheviljelus aitab kaasa mulla orgaanilise süsiniku koguse suurenemisele ning selle mullaga sidumiseks tuleb kasutada nii talviseid kattekultuure kui ka lauda-sõnnikut.

Tänuavaldused. Kirjutis on valminud projektide ERA-NET Core organic FertilCrop ja ERA Net Core Organic ALL-Organic toel.

Kirjandus

- Adam, D., Duncan, H. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbiological activity using fluorescein diacetate (FDA) in range of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 943–951.
- Adhikari, K., Hartemink, A.E. 2016. Linking soils to ecosystem services - A global review. *Geoderma*, 262: 101–111.
- 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. 1998. *World Reference Base for Soil Resources: Introduction*, 1st ed.; Acco: Leuven, Belgium, 1998; p. 165.
- Eremeev, V., Kuht, J., Tein, B., Talgre, L., Alaru, M., Runno-Paurson, E., Mäeorg, E., Loit, E., Luik, A. 2019. Kartuli kasvatamise mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele ja orgaanilise süsiniku ning üldlämmastiku sisaldusele erinevates viljelusviisides. *Agronoomia* 2019, 29–36.
- Franzluebbers, A.J. 2010. Will we allow soil carbon to feed our needs? *Carbon Manage*, 1, 237–251.
- 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.
- Kauer, K., Tein, B., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2015. Viljellussüsteemide mõju mulla süsinikuvarule. *Agronoomia* 2015, 16–21.
- Kuht, J., Alaru, M., Eremeev, V., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2018. Muutused mulla mikroobide hüdrofüütilises aktiivsuses ja orgaanilise süsiniku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. *Agronoomia* 2018, 8–14.
- Kuht, J., Eremeev, V., Alaru, M., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2019. Muutused mulla mikroobide hüdrofüütilises aktiivsuses ja lämmastiku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. *Agronoomia* 2019, 22–28.
- Kuht, J., Eremeev, V., Alaru, M., Luik, A., Talgre, L. 2020. Punase ristiku kasvatamise mõju mulla mikroobide aktiivsusele ja orgaanilise süsiniku sisaldusele erinevates viljelusviisides. *Agronoomia* 2020, 63–69.
- Lorenz, K., Lal, R. 2016. Soil Organic Carbon – An Appropriate Indicator to Monitor Trends of Land and Soil Degradation within the SDG Framework? In: TEXTE 77/2016 Project No. 55337, Report No. 002413/ENG, pp 51.
- Lal, R., Lorenz, K., Hüttl, R., Schneider, B. U., von Braun, J. (Eds.). 2012. Recarbonization of the Biosphere. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 568, pp. 52.

- Rasmussen, I.A., Askegaard, M., Olesen, J.E. 2006. The Danish organic crop rotation experiment for cereal production 1997–2004. In: *Long-term Field Experiments in Organic Farming*, (Raupp, J., Pekrun, C., Oltmanns, M., Köpke, U., eds), ISOFAR Scientific Series, 117–134.
- Reintam, E.; Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. *Geoderma*, 136, 199–209.
- Reeuwijk, L.P. van. 2002 (ed.). Procedures for soil analysis. (6th ed). Tech. Pap. 9, ISRIC, Wageningen.
- Schnürer, J., Rosswall, T. 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environmental Microbiology*, 43, 1256–1261.