



Toimetised 2023

PÕLLUMAJANDUS JA KESKKOND

Kogumik ilmub konverentsi „Põllumajandus ja keskkond 2023“ raames.

Kogumiku toimetajad: **Rein Lillak, Merili Toom, Liina Talgre, Elen Peetsmann**

Kujundus: **AS Ecoprint**

Kaanefoto: **Liina Talgre**

Väljaandja: **Eesti Maaülikool, SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus**

ISSN **2733-3310**

Autoriõigused kuuluvad Eesti Maaülikoolile, varalised õigused kuuluvad materjali tellijale.

Materjal valmis Regionaal- ja Põllumajandusministeeriumi ning Põllumajanduse Registre ja Informatsiooni Ameti (PRIA) tellimusel. Kõik autoriõigused on kaitstud.

Sisukord

5

Eessõna

Liina Talgre, Merili Toom, Elen Peetsmann

7

Eesti maismaa-ökosüsteemid rohepöörde tõmbetuultes

Estonian Terrestrial Ecosystems in Draughts of Green Deal

Raimo Kölli

18

Nitraaditundliku ala seire nitraatide sisalduste tulemusi 2016–2023

Results of nitrate sensitive area state monitoring of nitrates concentrations in 2016–2023

Ülle Leisk

23

Kümme aastat salapära Eesti veeseire andmetes: kust pärineb saasteaine kloridasoon-desfenüül?

The mysterious origin of chloridazon-desphenyl in Estonian waters

Rene Freiberg, Arvo Tuvikene

30

Põllumajandusmaa koondumine Eestis ning jätkusuutliku maakasutuse tagamise võimalused

Agricultural land concentration in Estonia and opportunities for stable land use

Marii Järve, Evelin Jürgenson

37

Põllumuldade ja nende muldade metsaanaloogide võrdlus

National Soil monitoring with parallel sites from forests and fields

Elsa Putku, Priit Penu

44

Külvikorra mitmekesistamine ja maheviljelus soodustavad talituslikku elurikkust põllul

Diversification of crop rotations and organic cropping enhance the functional diversity of fields

Liina Talgre, Viacheslav Eremeev, Anne Luik

52

Kartuli kasvuala mulla pH muutused mahe- ja tavaviljeluses olenevalt viljelusviisist

Soil pH changes in the potato growing area in organic and conventional systems, depending on the cultivation method

Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Kalle Margus, Anne Luik, Liina Talgre

60

Kartuli kasvuala mulla orgaanilise süsiniku muutused mahe- ja tavaviljeluses olenevalt viljelusviisist

Soil organic carbon changes in the potato growing area depending on the method of cultivation in organic and conventional systems

Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Kalle Margus, Anne Luik, Liina Talgre

68

Erinevate tehnoloogiate mõju luste ja libliköeliste segu saagile ja toiteväärtusele

Effect of different technologies on yield and nutritional value of brome grass mixture with legumes

Heli Meripõld, Uno Tamm, Silvi Tamm, Sirje Tamm, Taavi Võsa, Priit Pechter

75

Lõhnaküünlad kapsa-tuhktäi biotõrjes

Scent candles against cabbage aphids

Eha Kruus, Angela Ploomi, Luule Metspalu

82

Mesilaste korjealade soovitusliikide testimine

Testing flower crops for bee-forage areas

Katleen Schmeiman, Jaan Liira

88

MaaeluGIS – tööriist põllumehe ja mesiniku ühisteadmuse edendamiseks

CountrysideGIS – a common GIS-tool for farmer and beekeeper

Jaan Liira

94

Põllulinnunäitajad haritaval maal sõltuvad kultuurigrupist

Farmland bird indicators of arable land depend on the type of agricultural culture

Eneli Viik

Eessõna

Liina Talgre, Merili Toom, Elen Peetsmann

Globaalne põllumajandus on jõudnud ristteele. Viimastel aastakümnetel on põllumajanduse tootlikkus oluliselt suurenenud. Samas on see avaldanud negatiivset mõju keskkonnale ja inimeste tervisele. Saagikuse suurendamine on käinud käsikäes intensiivse väetamise, niisutamise ja pestitsiidide kasutamisega. Maailma Looduse Fondi andmetel on pestitsiidide ja väetiste kasutamine põllumajandusettevõtetes viimase 50 aasta jooksul suurenenud 26 korda ning sellel on olnud tõsised tagajärjed keskkonnale. Põllumajanduses kasutatavad keemilised pestitsiidid ja kunstväetised ei jää mitte ainult taimedesse, vaid ringlevad jääkidena ökosüsteemides ning jõuavad pinna- ja põhjavee kaudu meie toidulauale. Mulla degradeerumine, bioloogilise mitmekesisuse vähenemine, veereostus ja kliimamuutused on vaid mõned väljakutsed, millega seisame silmitsi. Maailma Looduse Fondi väitel on intensiivpõllumajandus ja -maakasutus põhjustanud maailmas peaaegu 60% ulatuses bioloogilise mitmekesisuse vähenemise ja on ühtlasi vastutav 30% kasvuhoonegaaside heitkoguste tootmise eest.

Nende ja muude oluliste probleemidega võitlemiseks ja muutuste elluviimiseks võttis Euroopa Komisjon vastu elurikkuse ja talustaldrikule strateegiad, mis on aluseks Euroopa rohelisele kokkuleppele. Rohelepe raames peaks Euroopa Liidus taimekaitsevahendite kasutus aastaks 2030 vähenema 50%. See, kuidas meie toitu toodetakse ja tarbitakse, ei pea hävitama loodust ja elupaiku. Me saame vähendada agrokemikaalide kasutamist, süsinikdioksiidi heitkoguseid, toidu raiskamist ja kadu ning taastada looduse mitmekesisuse. Meie toidusüsteem võib pakkuda jätkusuutlikku, tervislikku ja taskukohast toitu kõigile.

Seega tuleks edasi arendada keskkonnasõbralikke põllumajanduspraktikaid (nt taastavat põllumajandust, mahepõllumajandust, rakendada mitmekesiseid külvikordi, milles on kindel koht talvistel vahekultuuridel) ning mitte soodustada saakide suurendamist mistahes kuluga. Põllumajandussaaduste tootmine peab toimuma kooskõlas loodusega, suurendama mulla süsinikusisaldust, tasakaalustama saagikust, vähendama kliimamuutusi ja soodustama bioloogilist mitmekesisust. See on parim garantii toidujulgeoleku tagamiseks.

Tootjate ja tarbijate keskkonnateadlikkuse tõstmiseks on vaja läbi pikaajaliste katsetulemuste tutvustamise viia inimesteni arusaam, et toitu on võimalik toota ka keskkonda säästes. Teadlikkust aitaks oluliselt tõsta erinevate seirete laialdane tutvustamine meedias.

Käesolevas kogumikus kajastatakse erinevaid katse- ja seiretulemusi, mis on tootjate ja tarbijate keskkonnateadlikkuse tõstmiseks väga olulised.



Eesti maismaa-ökosüsteemid rohepöörde tõmbetuultes

Estonian Terrestrial Ecosystems in Draughts of Green Deal

Raimo Kõlli

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut,
mullateaduse õppetool

✉ raimo.kolli@emu.ee

Sissejuhatus

Euroopa Komisjon on algatanud loodusliku keskkonnaga harmoonilisse seisundisse juhtiva majanduse tegevuskava, milles on oluline roll ka muldadel (Montanarella ja Panagos, 2021). Ambitsioonikas rohepööre loodetakse ellu viia suhteliselt lühikese aja jooksul, jõudes kliimanetraalsuseni aastaks 2050 (EK, 2019). Detailsete lahenduste leidmine on jäetud iga eraldiseisva riigi juhtivorganite, teadlaste, asjatundjate, vastavat ressursi majandavate ettevõtete ja kohalike elanike pädevusse. Meie arvates on rohepöördeliste muutmiste üheks võimaluseks reguleerivat mõju taluvate ökoloogiliste protsesside teaduspõhine suunamine loodusele ja inimkonnale võimalikult soodsasse kestlikult toimivasse seisundisse.

Eestile on meie arvates nii looduslike kui kultuurökosüsteemide majandamise edukuse võtmeks lähtumine tänapäevaks väljakujunenud põllu- ja metsamajandusliku maakasutuse praktikast, võttes arvesse ennekõike teiste sarnaste tingimustega regioonide edulood (Valgepea jt, 2021). Oluline on õigete valikute tegemine, suhtudes samas kriitiliselt meile mittesobivate, praktikas tõestamata soovitude kasutamisse. Rohetootmise arendamisel tuleks arvesse võtta lokaalseid mullastiku tingimusi, meile sobivaid tegevusi soovitatud uutest strateegilistest suundadest ning seni hästi toiminud tehnoloogiad ja masinaparke, hõlmates vastava ala asjatundjaid ja andmebaase.

Käesoleva artikli ülesandeks on analüüsida Eesti põllu-, metsa- ja rohumaa-ökosüsteemide seisundite ja majandamise kooskõla mullastiku omadustega (EPP, 1978, 1983, 1985) ning leida uusi võimalusi rohepoliitika edendamiseks. Meie arvates ei ole nutulaul Euroopa looduse halva seisundi kohta samaväärselt kehtiv Eesti maismaaökosüsteemide seisundi kohta.

Käsitluse fookus ja metodoloogilised printsiibid

Fookusse oli võetud rohetootlikud (taimset massi kui primaarset orgaanilist ainet tootvad) maismaa põllu-, metsa- ja rohumaaökosüsteemid ning nende talitlemine. Käsitlusest jäid välja aia- ja linnamullad oma ökosüsteemidega, ehitiste ja maastikurajatistega kaetud muldkatted ning karjääri- ja paljandpinnased ehk mittemullad. Rohetootmist ja selle regulatsiooni käsitlesime ökosüsteemide kui tervikute lõikes ehk ökosüsteemikeskselt, pöörates peatahelepanu ökosüsteemide muld-taim (ala)süsteemidele. Vastastikustes seostes olevad muld- ja taimkatted on oma mõjukuselt domineerivad ökosüsteemide talitlemist käivitavad ja tootlikkuse kulgu suunavad koostisosad. Maakasutuse ja selle muutuste analüüsil lähtusime muldkesksuse printsiibist, mille järgi determineerib muldkate mitte ainult muld-taim süsteemi, vaid kogu ökosüsteemi koostise kujunemist ja talitlemist.

Alternatiivina elurikkusekesksele (elurikkust peateele tõstvale) loodushoiu käsitlusele, eelistasime antud töös muldkatte omadustega harmoniseeritud metsa-, põllu- ja rohumaaökosüsteemide rohetootmise korraldamist. Ökosüsteemide rohetootmise tõhusus sõltub muldkattest, taimkatte koosseisust, inimese toetavast majanduslikust tegevusest ja ettenägematutest häiringutest. Ökosüsteemi talitlemise tõhusust hindasime ühe aasta jooksul produtseeritud taimse biomassi ehk fütomassi järgi, kajastades aastaproduktiivsust rohetoodangu kuivmassis oleva süsiniku kogusega megagrammides ehk tonnides pinnaühiku kohta ($\text{Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Sõltuvalt taimkattest koosneb rohetoodang, erineva koostise, eksisteerimise aja ja ringlemise rajaga komponentidest, milles põhitoodanguna käsitletav saak moodustab üksnes väiksema osa taimkatte kogutoodangust (Kõlli jt, 2022).

Rohetootmise fookuses olid järgmised eesmärgid: (I) saavutada võimalikult parim muld- ja taimkatete sobitumine üksteisega, et iga mullaareaal saaks talitlenda vastavuses tema taimekasvatustliku potentsiaaliga; (II) arendada lokaalse mullastiku produktsioonivõimele vastav rohetootmise struktuur, mis on kooskõlas nii looduse arengu kui ka elanikkonna rohetootangu vajadustega; (III) saada mistahes muld-taim süsteemi kohta muldade viljakusele ja taime liikide potentsiaalile vastav optimaalne aastatoodang ($\text{Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), sidudes süsteemi tema võimsusele vastavad kogused süsihappegaasi ning päikese energiat ökosüsteemist väljavõetavasse saaki ja ökosüsteemi järjepideva toimimise tarbeks; (IV) kompenseeritud peaksid saama aasta jooksul muld-taim süsteemist väljundvoogudega toimunud ainete kulud (saagi tootmiseks) ja kaod (leostumine, erosioon) ja (V) arutleda ökosüsteemispetsiifiliste taimestiku ja mullaelustiku liigirikkuste seaduspärase kujunemise üle.

Arutelu

Muldkatete majandamine. Eesti maismaa rohetootlikud põllu-, metsa- ja rohumaaökosüsteemid levivad muldade koosseisult üksteisest erinevatel muldkatetel. Maakasutuse muutuste loogika on tulenenud ühiskonna majanduslikest ja keskkonnahoiu vajadustest ning olnud seotud teaduslik-tehnoloogiliste arengutega. Muldkatete (sh ka kuivendatud) determineeriv mõju kultuurökosüsteemide taimkatetele võib sõltuvalt muldade taimekasvatustlike omadusi parandavate agro-tehnoloogiliste võtete kasutamisest, olla erineval määral varjutatud. Reguleeritavas ökosüsteemis sõltub muld-taim süsteemi käekäik agro-tehnoloogilisest korrektsusest (harimisvõtete kvaliteet, taimesordi potentsiaal ja sobivus mullale, külvi õige ajastatus jms) ehk agronoomilisest kompetentsusest. Tänapäeva haritavate maade muster on väljakujunenud ligikaudu kahe sajandi jooksul. Üldreeglina on kestliku kasutusega haritavateks maadeks võetud ennekõike piirkonna parimate taimekasvatustlike omadustega parasniisked liivsavi- ja saviliivmullad võimalikult väheste puuetega (kivisus, kallakus, kirjusus jms) maakasutuse aspektist. Haritavate maade piirkondlike mullakoosluste erinevusi Eestimaal kajastab piisava täpsusega agro-mullastiku mikrorajoonide kaart, mille legendis on levikuandmed

116 mikrorajooni kohta (EPP, 1974). Sellest detailsemad muldade leviku andmeid kogu riigi, erinevate administratiivüksuste või üksikute põllumasside kohta on võimalik kätte saada mullastiku kaardistamise andmebaasidest. Kindlaks on tehtud ka riiklikku kaitset vajavate kõrge väärtusega ja erosioonist ohustatud põllumuldade levialad.

Metsaökosüsteemide tasakaalustunud seisundi kujunemise peamiseks põhjuseks on olnud ligikaudu poolteise sajandi vältel toimunud metsade majandamine metsakasvukohatüüpide teooria alusel, mis on taganud muldkesksuse printsiibi rakendumise. Hiljem on muldkesksuse põhimõtte juurdunud heina- ja karjamaade majandamistesse. Maa otstarbekat kasutust Eestis on võimalik nii põllu- kui metsamajanduses kavandada mullaerimite tasemel.

Maakasutusmuutuste põhjused. Erinevatel põhjustel tehtavad marginaalsed muutused maakasutuses on olnud ja on ka edaspidi erinevatel otstarvetel vajalikud ja mõistlikud. Kuna põllupidamiseks said valitud piirkonna muldadest parimad, kaasnes sellega vajadus samadele muldadele hoonete ja teede rajamiseks ehk vähenes haritavaks maaks sobivate muldkatete pindala. Haritava pinna edasise laiendamise vajadusel on põllumaa valgunud vähem viljakatele aladele. Mõistlikuks on osutunud haritava pinna suurendamine väärtuslike omadustega liigniiskete muldade kuivendamise kaudu. Põllumaaks sobivad väga hästi kuivendatud gleistunud mullad, rohumaadeks aga kuivendatud glei-mullad.

Rohepöördeks vajalik teave mullastiku kohta. Aastatel 1958-1991 on „Eesti Põllumajandusprojekti“ töö tulemusena valminud mõõtkavas 1:10000 mullastikukaart ja moodustatud mullaomaduste andmebaas kõigi peamiste mullaliikide horisontide kohta maakasutuse lõikes (EPP, 1978, 1983, 1985). Aastatel 1998-2001 tehti kaart kättesaadavaks digitaliseeritud kujul interneti kaudu. Eesti muldade klassifikatsioonis on eristatud ligi 120 mullaliiki ning määratud nende osakaal praegustes maakasutustes. Mullaerimeid on hinnanguliselt ligi 500.

Piirkondlikud mullastiku erisused nähtuvad maakasutust mõjutavate tingimuste osakaalu vähenevate ridade võrdlustest. Muldkatete veelude reast –

märjad (30%) > turvas- (24%) > parasniisked (22%) > niisked (16%) > turvas-
tunud (6%) ja põuakartlikud (2%) mullad selgub, et põllumajanduse intensiiv-
vistamine ilma maade kuivendamiseteta on mõeldamatu Eesti nendes piirkonda-
des, kus napib universaalse kasutusega parasniiskeid muldi. Muldade lõimiste
vähenev rida - liivsavid (28%) > liivad (27%) > turbad (24%) > saviliivad (17%)
ja savid (4%) näitab suurima rohetootmisvõimega lõimiste (liivsavid ja savi-
liivad erinevates kombinatsioonides) suhteliselt tagasihoidlikku osakaalu (ligi
45%). Pika aja vältel välja valitud haritava maa lõimiste hulgas moodustavad
nad loomulikult enamuse (umbkaudu 77%). Metsamaadele on neid lõimiseid
jäänud vähem (ligi 39%). Kuigi erosioonist mõjutatud muldkatete (erodeeritud
koos deluviaal-muldadega) pindala osakaal (2,1%) on riigi ulatuses tagasihoid-
lik, moodustavad nad põllumajandusmaadest üle 5%, kuid Valga- ja Võrumaal
üle 25%.

Sõltuvalt peale lõimise veel teistest teguritest on väärtuslike põllumuldade
pindala Eestis pigem tagasihoidlik. Vältimaks nende väärkasutamist ja kadu-
mist rajatiste alla peaks nad võtma riikliku kaitse alla, mida kahjuks seni veel
tehtud ei ole. Kesk-Eesti väärtuslikemaks põllumuldadeks on leostunud ja leet-
jad liivsavid, aga Lõuna-Eestis kahkjad saviliivad liivsavidel (EPP, 1978, 1983).
Muidugi on Kesk-Euroopa mustmullad oma taimekasvatusele omadustelt
ja väiksema arvu puuete poolest kordades viljakamad Eesti ideaalmuldadest.

Mulla orgaaniline aine erinevat tüüpi ökosüsteemides ja muldades. Eesti
valdavate mullaliikide kohta on maakasutuste kaupa olemas andmestik mulla
orgaanilise aine (MOA) sisalduse (kontsentratsioon g kg^{-1} ja varu Mg ha^{-1})
kohta, antuna nii kuivmassina kui selles oleva süsinikuna. Piisavat käsitlust
on leidnud pedo-ökoloogilised seaduspärasused MOA sisalduste eripärasuste
kohta nii mulla diagnostiliste horisontide kui maakasutuse lõikes. Ökosüsteemide
muldkatete orgaanilise aine voogude erinevusi selgitavad Eesti metsa- ja
põllumuldade huumuskatte tüüpide (ehk humipledonite) klassifikatsioonid.

Ökosüsteemide MOA mõju käsitlemisel tuleks eristada selle värsket (labiilset)
ja inertset (stabiilset) osa toimet. Mulla värsket varet on mulla elustiku talitlemise
energiaallikas. Elustiku varet lagundava tegevusega kaasneb taimetoitelemen-

tide vabanemine järgneva rohetoodangu tarbeks. Oma iseloomult on need toimed bioloogilised. Lagunemisele vastupidavast varest ja elustiku ekskrementidest moodustub inertne huumus. Mullaelustiku poolt mittesöödav pikema kestlikkusega inertne huumus parandab mulla füüsikalisi ja füüsikalise-keemilisi omadusi, optimeerib mulla õhu-, vee-, hapendus-taandus- ja toiterežiime ning kujundab mullaelustiku elutingimused ja -ruumi. Meie poolt väljatöötatud aeromorfsete põllumullaerimite talitlemiseks vajalikud MOA tasemed (vajakust kuni ülekülluseni) võimaldavad optimeerida maakasutust lähtuvalt mulla olemasolevast huumusseisundist.

Muld-taim süsteemide rohetoodang ja labiilse MOA lagunemine. Ökosüsteemide rohetoodangu koguhulk aasta kohta ($\text{Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) hõlmab endas kõik taimkatte maapealsed ja maa-alused elusosad (Kõlli jt, 2022). Erinevat tüüpi ökosüsteemide (mets, põld, rohumaad) võrreldavuse huvides esitame metsamulla rohetoodangu andmed mulla omadustele sobitunud puistu intensiivse kasvu lõpufaasi (so. valmivate või raieküpsete puistute) kohta. Näiteks on kuusikute aastaproduktiivsus ($\text{Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) leostunud mullal 6,5 ja kahkjäl 6,3 Mg ha^{-1} , sealhulgas tüved vastavalt 1,2 ja 1,5 Mg ha^{-1} . Tunduvalt tagasihoidlikum on männikute aastaproduktiivsus leedemullal 3,9 ja leede-gleimullal 3,2 Mg ha^{-1} , tüvede massiga vastavalt 0,9 ja 0,7 Mg ha^{-1} .

Poole sajandi taguse kolmeväljalise külvikorra (rukis, suvioder, kartul) aastaproduktiivsused olid vastavalt 5,4, 4,2 ja 3,7 Mg C ha^{-1} , mille hulgas põhitoodang (terad, kartuli mugulad) oli vastavalt 1,0, 1,2 ja 1,9 Mg C ha^{-1} . Samas on viimaste aastate suviodra terade rekordsaagiks saadud 3,6 Mg C ha^{-1} , mis koos teiste vajalike osadega moodustas kokku 9,9 $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Suure keskmise aasta kogutoodanguga (8,9 Mg C ha^{-1}) on ka kultuurrohumaad, millest maa-pealne osa aastatoodang ulatub 5,5 Mg C -ni hektari kohta.

Selgelt madalama rohetootmise võimekusega on looduslikud rohumaad. Aasta jooksul kasvanud kogu rohemass ja selle heinaks sobiva osa massid on loorohumaal vastavalt 2,3 ja 1,1 Mg C ha^{-1} , palurohumaal 3,9 ja 1,3 Mg C ha^{-1} ja soostunud rohumaal 2,8 ja 1,0 Mg C ha^{-1} . Produktiivsuse andmetest nähtub, et tänu inimese reguleerivale ja subsideerivale tegevusele võib kultuuröko-

süsteemide aastaproduktiivsus ületada kordades looduslike produktiivsuse, neelates suurema CO₂ koguse atmosfäärist ning eemaldades saagiga suuremas koguses süsinikku.

Mikrobiomide tegevuse läbi toimuvat MOA labiilse osa lagunemise kulgu metsa-, rohumaa- ja agro-ökosüsteemides mõjutavad ennekõike muldkatte omadused, taimestik ja kliimaatilised tingimused. Põllumaadel ja intensiivselt kasutatavatel rohumaaadel, kus valdavateks lagundajateks on kemotroofsed bakterid, on bakterite koosluse kujunemine sõltuv peamiselt mulla omadustest (pH, Ca seisund, lõimis, C:N). Agro-ökosüsteemide MOA lagundajate mulla töötlemisele vastupidavad bakterite kooslused on metsade ja looduslike rohumaaade omast liigirikkamad (Labouyrie jt, 2023). Metsaökosüsteemides on olulisemateks lagundajateks ektomükoriisa mikroseened, milliste kooslused arenevad kooskõlas taimkatte koostisega.

Täielikku heakskiitu väärivad rohepoliitika meetmed

Rohepoliitika tööriistakastis on suur hulk meetmeid maismaa-ökosüsteemide pedo-ökoloogiliselt otstarbekaks majandamiseks. Kuigi suur osa Eesti oludele sobivatest ja vajalikest suunistest on juurdunud rohetootmisse ja loodushoidu, on ka siin arenguruumi (EK, 2019; Valgepea jt, 2021). Suunistest olulisemad on looduslike ressursside kasutuse tõhustamine; ökosüsteemide talitlemise viimine vastavusse muldkatte potentsiaaliga; põllumuldade kestliku ainete ringluse tagamine kulutatud ainekoguste taastamise abil; põllumuldade elurikkuse seire ja MOA-t taastava põllumajanduspraktika rakendamine; väärtusliku põllumajandusmaa ning kultuuristatud turvas- ja erosiooni-ala muldade kaitse tagamine; mahasektori tootlikkuse suurendamine; metsade majandamine teaduslikel alustel; maastike mitmekesistamine kooskõlas lokaalsete pedo-ökoloogiliste tingimustega; fütomassil ja jääkmaterjalidel tugineva biomajanduse arendamine; kohalikel eripäradel sobivate muldkatte majandamise heade tavade kujundamine ning loodushoius põhimõttest – saastaja maksab juhindumine.

Teadmuse osas peetakse vajalikuks teada rohepöördega seotud eesmärke ning olla teadlik integreeritud taimekaitse ja biomajanduse võimalustest. Sellele kõigele aitavad kaasa täiendkoolitused, teadusuuringud ja innovatsioon; kliima- ja keskkonna-alane nõuandeteenistus; interdistsiplinaarne teadus-arendustegevus; rahvusvaheline koostöö ning rohepöörde rakendusuuringute keskuse ja laboratooriumide rajamine. Liialt pretensioonikas on ehk mõte – saada üleilmseks rohekompetentsi keskuseks. Rohepöörde meetmeid toetab valikuline finantseerimine ja investeringud olulisematesse tegevustesse. Suurimad probleemid arvatakse olevat seotud taimekaitsevahendite kasutamisega. Edinemisele võib takistuseks saada ebapiisav andmestik mõjuhinnangute kohta, ebaselgus sihttasemetes osas ja mõõdikute puudumine.

Diskuteerimist vajavad meetmed

Elurikkuse „peavoolustamisega“ on püütud viia elurikkuse idee igasse otsusesse ja selle integreerimine majandusse. Kahjuks ei ole rohepöördega seotud dokumentides elurikkuse maksimeerimise taotlust piisavalt analüüsitud. Näiteks eelmise sajandi teisel poolel levis hoopiski optimaalse liigirikkuse idee ja seisukoht, et maksimaalse liigirikkusega muld-taim süsteemis võib väheneda tootlikkus liikide vahelise konkurentsi tõttu. Ka ei ole taksonoomilise külje käsitluse kõrval eristatud liigirikkuse funktsionaalseid aspekte. Üldsegi ei ole rohepoliitikasse veel jõudnud teadmus kasvukoha- ja taimekooslusspetsiifilise liigirikkuse kohta.

Maade kuivendamise otstarbekusest. Eesti ei tohiks nii mullaressursside rohetootmisvõime tõhususe kui regionaalpoliitika huvides alahinnata maade kuivendamise vajadust. Seda tõestab suur niiskete ja märgade mineraalmuldade osakaal (kokku 46%), millistest esimesed vajavad põllumaana ja teised rohumaana kasutamisel kuivendamist. Turvastumisega hõlmatud ehk tugevasti liigniisked mullad (osakaal 30%) vajavad kuivendamist ka metsakasvatuse seisukohalt. Kuivendust vajavate piirkondade rohkust tõestavad ka agro-mullastikuliste mikrorajoonide muldade koosseisu andmed.

Vastuolud tootmise ja loodushoiu huvides. Kahjuks puudub meil ikka veel vastastikku austav ja pariteetne looduskaitstajate koostöö põllu- ja metsamees- tega. Alati ei pruugi mingi huvirühma loodushoiu ettepanek olla ülimuslik tootmislike huvide üle. Seega peaks taolisi juhtumeid arutama õige seisukoha huvides maa valdajatega. Looduskaitse ametnikud ei tohiks ilma maavaldaja või kohaliku elanikkonna nõustumiseta alustada olulisel määral maastikke muutvaid tegevusi.

Kasvukohal säilitamise strateegia. Turbalasundite ja vanade puistute rohe- toodangu ja selles oleva süsiniku kasvukohal säilitamise strateegia ei ole riski- kindel, sest säilitushingamise kadudega võivad kaasnedä üsna sageli kaod ka maastikupõlengute läbi.

Mitmeotstarbelise maakasutuse (nt elurikkuse säilitamine väljaspool kaits- tavaid maastikke) kõrval peaks rohkemal määral arendama ka looduskaitse all olevate alade mitmeotstarbelist kasutust (nt anda teatud mahus rohetoo- dangut). Esineb suuniseid, milliste rakendamise otstarbekus vajab eksperdi hinnangut selle oludele sobivuse kohta ja kooskõlastamist maavaldajaga (maastikuelementide taastamine ja loomine; põllumajandusmaa, looduslike rohumaade ja niitude metsastamine ehk maakasutuse muutmise; taassoosta- mine jms).

Mullaressursside rohetootmisest tulenevad soovitusel

(1) Rohemajanduse edendamise huvides tuleks lähtuda riigi muldkatte püsi- omadustest (lõimise, koreseliseus, profiili ülesehitus, ala kallakus jt) tingitud tootlikust potentsiaalst, tehes looduse seaduspärasusi arvestavaid otstarbe- kohaseid regulatsioone muutmist võimaldavate mullaomaduste (vee-, õhu- ja toiterežiimid, happesus, huumusseisund, risustatus jt) osas.

(2) Igale rajatistest ja veekogudest vaba maalapi mullale tuleks luua tingimused tema rohetootmise võimekusele vastavaks loodusega kooskõlalise muld-taim süsteemi arenemiseks, mis oleks suuteline siduma võimekusele vastava koguse

atmosfääri süsihappegaasi ja päikeseenergiat fütomassi, mis on vajalik rohemajandusele, ökosüsteemi jätkusuutlikuks talitlemiseks ja muldkatte süsinikuvary täiendamiseks.

(3) Ökosüsteemide taimkatte ja elustiku võimalikult maksimaalse liigirikkuse taotlemise asemel tuleks täiendada teadmisi kasvukoha-spetsiifilise liigirikkuse kohta, mitte ainult taksonoomilisest, vaid ka talitlemise aspektist lähtuvalt, sest ökosüsteemi talitlemise tõhususe tagab ennekõike süsteemi eksisteerimiseks vajalikke funktsioone täitvate organismide optimaalne arvukus, mitte aga maksimaalne liigirikkus.

(4) Selgepiirilisemalt tuleks eristada tootmistegevuses ja looduskaitse all olevate ökosüsteemide majandamise erisusi. Esimeste majandamisel peaks juhtiv roll olema agronoomia või metsanduse eriala spetsialistide käes. Efektive loodust säästva tootmisega kaasneksid vaid traditsioonilised loodushoiu ja produktiivsust marginaalselt minimeerivad meetmed. Looduskaitse all olevate ökosüsteemide puhul peaks juhtiv roll jääma looduskaitsetele, suunamaks majandamist vastavuses ala eesmärgiga, vältides samas ökosüsteemide korrastamatust, risustamist ja degradeerumist.

(5) Taunimist vääriv on Euroopa rohepöörde käskudel ja keeldudel põhinev looduskaitse ülimuslik, kuid detailselt välja töötamata juhtimise strateegia, milles on eelistatud kontrolli (sanktsioneerimise) lihtsustamist, kuid alahinnatud kohalike pedo-ökoloogiliste tingimuste arvestamist ja asjaosaliste heaperemehelikku tahet ning pööratud vähe tähelepanu innovatsioonile.

(6) Eesti erineva otstarbega mullastiku andmebaasid on viimaste aastakümnete jooksul järjepidevalt täienenud uute andmetega põldkatsete, seirete ja uurimisprojektide kohta. Seoses sellega vajab Eesti mullastiku uurimisandmestiku teaduspõhise haldamisega tegelevat juhtivat instantsi, mille vastutusalas võiksid olla pikaaegsete uurimisprogrammide elluviimine ja killustatud teadusliku toormaterjali kogumine ja üldistamine. Samas oleks see instants ka süsteemse nõuandeteenistuse arendamise garant.

Kirjandus

- Eesti Põllumajandusprojekt [EPP], 1974; 1978; 1983; 1985. *Eesti NSV mullastik arvudes*. Osad: 1974, I 3–73; 1978, II 3–66; 1983, III 3–25; 1985, IV 39–52. Tallinn.
- Euroopa komisjon [EK], 2019. *Euroopa roheline kokkulepe (COM(2019) 640 final)*, Brüssel, 24 lk.
- Kõlli, R., Kauer, K., Tõnutare, T., Lutter, R. 2022. Ecosystem carbon stocks and their annual sequestration rate in mature forest stands on the mineral soils of Estonia. *Forests*, 13(5), 784, 1–15.
- Labouyrie, M., Ballabio, C., Romero, F., Panagos, P., Jones, A., Schmid, M.W., Mikryukov, V., Dulya, O., Tedersoo, L., Bahram, M., Lugato, E., van der Heijden, M.G.A., Orgiazzi, A. 2023. Patterns in soil microbial diversity across Europe. *Nature Communications*, 14, 3311, 1–21.
- Montanarella, L., Panagos, P. 2021. The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal. *Land Use Policy*, 100, 104950, 1–6.
- Valgepea, M., Raudsaar, M., Karu, H., Suursild, E., Pärt, E., Sims, A., Kauer, K., Astover, A., Maasik, M., Vaasa, A., Kaimre, P. 2021. *Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektori sidumisvõimekuse analüüs kuni aastani 2050*. Keskkonnaagentuur, Eesti Maaülikool. 164 lk.

Nitraaditundliku ala seire nitraatide sisalduste tulemusi 2016–2023

Results of nitrate sensitive area state monitoring of nitrates concentrations in 2016–2023

Ülle Leisk

Keskkonnauuringute Keskus

✉ ulle.leisk@klab.ee

Artiklis käsitletakse riikliku põhjaveeseire tulemusi, mis kirjeldavad põllumajandusest lähtuvat reostust ja ohustavad meie vee ökosüsteeme.

Põhja- ja pinnavee kaitseks moodustatakse intensiivse põllumajandustootmisega piirkondades nitraaditundlikud alad (edaspidi tekstis NTA). Nitraaditundlikuks loetakse ala, kus põllumajanduslik tegevus on põhjustanud või võib põhjustada nitraatiooni sisalduse tõusu põhjavees üle 50 mg l⁻¹ või mille pinnaveekogud on põllumajanduslikust tegevusest tingituna eutrofeerunud või eutrofeerumisohus. Sellistele aladele on veeseaduse alusel kehtestatud rangemad keskkonnakaitsenõuded. Nii pinna- kui põhjavees kasvab põllumajandusega seotud nitraatioonide sisaldus pidevalt, mistõttu suureneb ka reostusohu. Põllumajandustootmisest pärineva reostuse mõju vähendamiseks pinna- ja põhjavees on koostatud vastavaid meetmeid sisaldav nitraaditundliku ala tegevuskava. Tegevuskava korrigeeritakse vajadusel nelja aasta tagant vastavalt pinna- ja põhjavee seireandmetele, praegune aruandlusperiood on 2020–2023 a. Seirevõrk haarab NTA-l asuvaid allikaid ja pidevas kasutuses olevaid erakaeve, mis kirjeldavad peamiselt reostuse eest kaitsmata või nõrgalt kaitstud ülemise põhjaveekihi seisundit, kuid esindatud on ka NTA sügavamate veekihtide seirepunktid, et selgitada võimaliku nitraadireostuse vertikaalse leviku ulatust. Põhjavee reostumine lämmastikühenditega on määrava tähtsusega Pandivere kõrgustiku nõlvadelt algavate jõgede vee kvaliteedi kujunemisel, sest Pandivere piirkonnas toituvad jõed valdavalt pindmisest põhja-

veekihist. Samas on nii Pandivere kui Adavere piirkonnad intensiivse põllumajandustegevusega alad, kus hajureostuse piiramine on olulise tähtsusega. Seireprogramm on üheks teabe- ja kontrollimehhanismiks nii Pandivere ja Adavere põhjaveekogumite osas veemajanduskavade kui ka nitraaditundliku ala tegevuskava ellurakendamisel ning meetmete edukuse hindamisel. Seirepunktideks on valitud eelistatavalt allikad, kuna allikad iseloomustavad suuremat ala (allika valgla). Nende puudumisel (eeskätt Adavere piirkonnas) on seirepunktideks puurkaevud, mis sõltuvalt veetarbest haaravad vett reeglina palju väiksemalt alalt, lisaks sõltub vee kvaliteet puuraugu konstruktsioonist. Seetõttu on puurkaevude valikul võetud seirekavasse kaevud, mis on kasutuses pidevalt tarbeveena. Põhivõrgu seirejaamadest (kokku 53) on ette nähtud võtta proove neli korda aastas (kord kvartalis, arvestades ilmastikutingimusi ja põllutööde aegu) ja tugivõrgu seirejaamadest (kokku 58) üks kord aastas suvisel madalveeperioodil peale kevadisi põllutöid (juunis-juulis).

Nitraaditundliku ala Pandivere ja Adavere piirkondade nitraadi sisaldusel on olnud erinev tase ja muutuse trend. Adavere-Põltsamaa piirkonnas oli NTA seire algul (1990ndatel) nitraadi sisaldus põhjavees oluliselt suurem, seejärel on olnud üldine trend langusele, viimastel aastatel aga on nitraadisaldus taas tõusmas. Pandivere piirkonnas oli keskmine nitraadisaldus NTA seire algul oluliselt madalam kui Adavere-Põltsamaa piirkonnas ning sisaldus on enam kasvanud viimastel aastatel.

2022. aastal ületas nitraadi sisalduse lubatud piirväärtuse (50 mg l^{-1} aasta keskmise väärtusena) 19 seirepunktis ehk 17,1%. Kogu nitraaditundlikul alal oli nitraadi sisaldus piirväärtuste ületuste arv aastatel 2011–2019 7–14. Maksimumväärtusena ületati 50 mg l^{-1} piirväärtus 2022. a 29 seirepunktis, 2015–2019. aastatel (eelmine aruandlusperiood) 10–25 seirepunktis. Pandivere piirkonna kaevudest ületas 2022. a NO_3 keskmine sisaldus piirväärtuse neli allikat ja neli kaevu, maksimumsisalduse järgi 8 kaevu ja 8 allikat. 2011. a ja 2013. a ei ületanud ühegi Pandivere seirepunkti vesi 50 mg l^{-1} .

Seega on olnud 2022. a nitraatide sisalduse nii aasta keskmiste kui ka maksimumsisalduste ületusi rohkem võrreldes sama seirekava alusel läbi viidud seire tulemusi ajavahemikul 2012–2017, kuid samal tasemel kui 2020 ja 2021. a.

Tabel. Nitraadi aastakeskmise sisalduse jaotus seirepunktides aastatel 2012–2022.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Pandivere allikad ja karst											
25–40 mg l ⁻¹	40,0	36,8	26,3	38,1	33,3	28,6	28,6	28,6	47,6	28,6	52,4
40–50 mg l ⁻¹	0	0	10,5	9,5	23,8	19,0	19,0	19,0	19,0	28,6	14,3
üle 50 mg l ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	4,8	14,3	4,8	19,0
Pandivere kaevud											
25–40 mg l ⁻¹	35,3	22,0	42,0	41,7	39,2	41,2	43,1	39,2	35,3	29,4	41,2
40–50 mg l ⁻¹	5,9	12,0	18,0	4,2	11,8	11,8	9,8	15,7	19,6	17,6	5,9
üle 50 mg l ⁻¹	3,9	0	2,0	2,1	13,7	2,0	2,0	2,0	7,8	7,8	11,8
Adavere allikad											
25–40 mg l ⁻¹	25,0	25,0	0	0	25,0	25,0	0	0	25,0	0	0
40–50 mg l ⁻¹	0	0	50,0	50,0	25,0	25,0	25,0	25,0	0	50,0	25,0
üle 50 mg l ⁻¹	0	25,0	0	0	0	0	0	25,0	25,0	0	0
Adavere kaevud											
25–40 mg l ⁻¹	28,6	20,0	17,1	22,9	22,9	8,6	14,3	22,9	14,3	14,3	14,3
40–50 mg l ⁻¹	14,3	14,3	17,1	8,6	14,3	14,3	22,9	17,1	14,3	17,1	11,4
üle 50 mg l ⁻¹	20,0	22,9	25,7	25,7	20,0	22,9	17,1	25,7	25,7	31,4	25,7

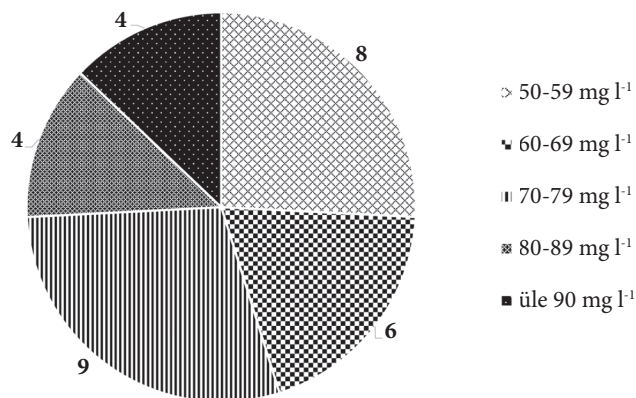
2022. a NTA seire aastakeskmisi nitraadiväärtusi on võrreldud pikaajalise keskmisega (2000–2022), kogu NTA-l nitraadi sisaldus on kasvanud 65% ja vähenenud 26% seirepunktides, Pandivere piirkonnas kasvanud 74% ja vähenenud 21% seirepunktidest, Adavere piirkonnas kasvanud 49% ja vähenenud 36% seirepunktides. Enam on kasvanud nitraatide sisaldus allikates – 92% allikatest/ karstist, sh. 95% Pandivere allikates; 69% sügavates kaevudes ja 58% keskmise sügavusega kaevudes.

Nitraatide sisalduse kasv on täheldatav just talvise ja kevadise proovivõtu ajal, mil sügisel põllule viidud sõnnikust ja vedelsõnnikust leostunud lämmastik on nitraadina jõudnud põhjavette. Seega tuleb ka tunnistada, et kasvavate nitraadisalduste tõttu kehtestatud NTA tegevuskavas rakendatavad meetmed ei tööta.

Võrreldes 2022–2023. a talviseid ja kevadisi seiretulemusi varasemate aastate tulemustega, on nitraatide sisaldus kasvanud. Talvised ja kevadised nitraatide

sisaldused hakkasid kasvama 2018. aastast. Kui 2018. a oli kõrge nitraatide sisaldus talvisel proovivõtul (pikk sajune sügis), 2019. a kevadisel proovivõtul (kuiv sügis, kevadine lumesulamisvesi), siis 2022. ja 2023. a oli nitraatide sisaldus kõrge mõlema proovivõtu ajal. Kevadise proovivõtu 22 piirväärtuse ületust on rekord!

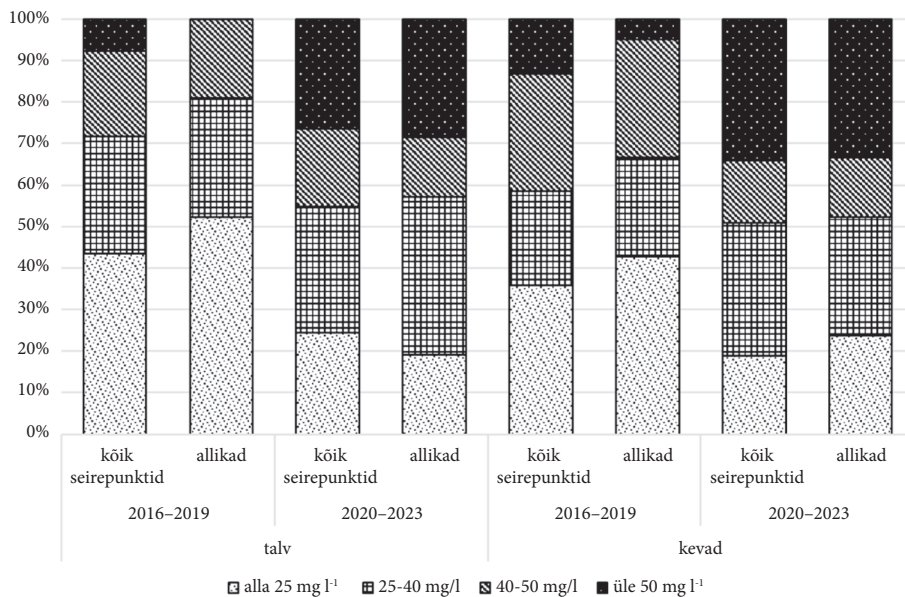
Talvise ja kevadise proovivõtu ajal on 2020–2023. aastal joogiveele lubatud nitraadi sisalduse piirnormi (50 mg l^{-1}) ületanud 30 (kokku 53) seirepunkti vesi (joonis 1) kümnes allikas ja kahekümnes kaevus, seejuures üle poolte sellistest juhtudest on nitraadi sisaldus üle 70 mg l^{-1} . Allikates oli nitraadi sisaldus seitsmes allikas üle 50 mg l^{-1} enam kui pooltes proovides, kaevudes 8 seirekaevus. Kolmes seirekaevus oli kõigi kaheksa proovivõtu ajal nitraatide sisaldus üle piirnormi. Selliste seirepunktide ruumiline jaotus on joonisel 1.



Joonis 1. Joogivee piirnormi ületanud seirepunktide nitraadi sisalduse jaotus talvel/kevel 2020–2023.

2023. aasta on EL nitraadidirektiivi aruandlusperioodi 2020–2023 viimane aasta ja võib teha ka kokkuvõtet talvise ja kevadise nitraatide sisaldusest võrreldes eelmise aruandlusperioodiga 2016–2019.

Joonisel 2 on põhivõrgu seirepunktide talviste ja kevadiste proovide keskmine nitraatide sisaldus 2016–2019 ja 2020–2023. a. Talvised ja kevadised nitraadisaldused on 2020–2023 oluliselt kasvanud võrreldes eelneva aruandlusperioodiga. Kui 2016–2019. a talvedel polnud üheski põhivõrgu seireallika keskmine nitraadi sisaldus üle 50 mg l⁻¹, siis 2020–2023. a ületas piirnormi kuus allikat ehk 28% allikatest. Eelneva perioodi kevadel ületas vaid ühe allika vesi nimetatud normi, 2020–2023. a aga juba seitsme allika vesi (33% allikatest). Ka kaevude osas on piirväärtust ületavate seirepunktide arv kahekordistunud, seda nii talvistes kui kevadistes proovides.



Joonis 2. Põhivõrgu seirepunktide nitraadi keskmine sisalduse jaotus aruandlusperioodidel 2016–2019 ja 2020–2023 talvel ja kevadel.

Kokkuvõtlikult tuleb tõdeda, et sügisel põllule laotatud sõnnik jõuab talvel või kevadel mingil määral nitraadina põhjavette, halvendades oluliselt joogivee kvaliteeti. Siit võime omakorda järeldada, et NTA tegevuskava meetmed ja nende rakendamine nitraatide sisalduse vähendamiseks ei ole olnud seni piisavad.

Kümme aastat salapära Eesti veeseire andmetes: kust pärineb saasteaine kloridasoon-desfenüül?

The mysterious origin of chloridazon-desphenyl in Estonian waters

Rene Freiberg, Arvo Tuvikene

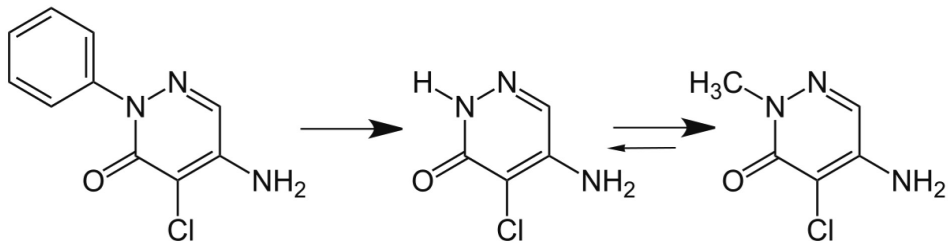
Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

✉ rene.freiberg@emu.ee

Sissejuhatus

Kloridasooni (KL) ja selle peamist laguprodukti, kloridasoon-desfenüüli (KLD, sünonüümina ka metaboliit B; joonis 1), on Eestis mõõdetud alates 2012. aastast peamiselt OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse „Nitraaditundliku ala põhjavee seire” seirelepingute raames. Aastas võetakse pestitsiidijääkide analüüsiks 35–40 proovi. Veeproovid võetakse suvisel madalveeperioodil, reeglina augustis. Nitraaditundliku ala põhjavee seirepunktide veest on aastail 2016–2019 KLD-i leitud peaaegu pooltes proovides ja seni kehtinud põhjavee/joogivee piirsaldust ($0,1 \mu\text{g l}^{-1}$) ületanud proovide osakaal on rohkem kui neljandik (EKUK, 2020). Seda metaboliiti on leitud ka põhjaveekogumite seire käigus.

Lähtuvalt peedikasvatuse hääbumisest pole seda toimeainet Eestis vähemalt 30 aastat laialdasemalt kasutatud. Nüüdseks on selle herbitsiidi tavakasutus keelatud kogu Euroopa Liidus (EL määrus 540/2011).



Joonis 1. Kloridasoon (vasakul) laguneb keskkonda sattudes fenüülrühma eraldumisel esmalt kloridasoon-desfenüülilis (keskel) ja seejärel metüül-kloridasoon-desfenüülilis (paremal). Viimane reaktsioon võib vähesel määral olla ka pöörduv. Need protsessid peaksid toimuma päevade, erandjuhul kuude jooksul.

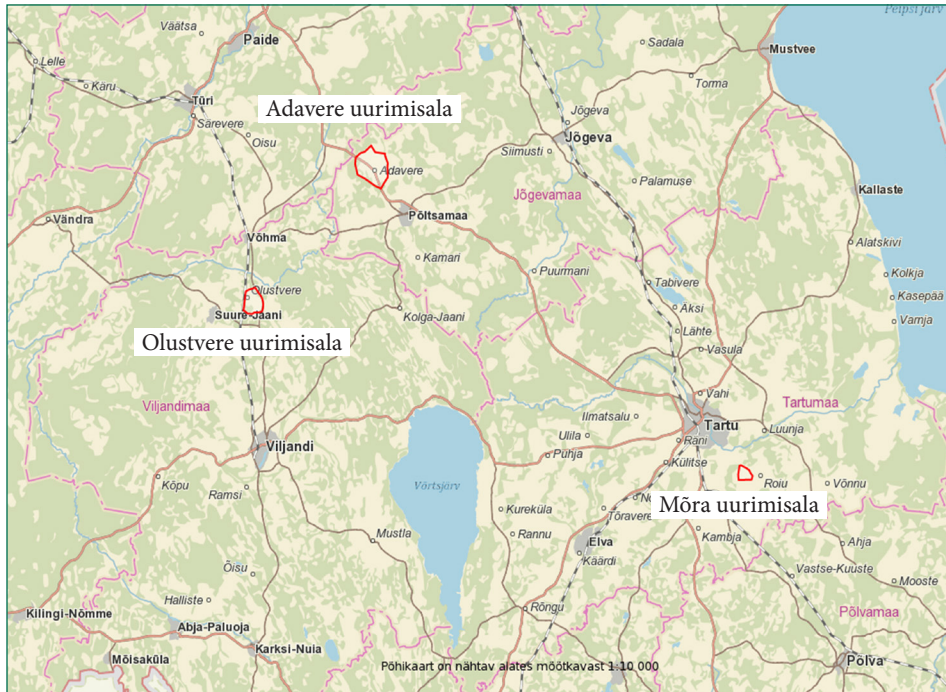
Seni ei olnud selge, milliseid teid pidi KLD põhja- ja pinnavette satub. Meie uuringu kavandamisel olid päevakorras hüpoteesid, kas võib olla tegemist toimeaine väärkasutamisega, kaugkandega, muu tööstus- ja olmekeemiaga või loomasööda-sõnniku reostusahelaga.

Uuringu eesmärgiks oli teha kindlaks toimeaine KL-i ja selle laguprodukti KLD-i võimalik keskkonda sattumise teekond. Tulemuste põhjal andsime hinnangu, kuidas on võimalik vähendada KL-i sattumist veekeskkonda ning kuidas korraldada seiret, järelvalvet ning leevendusmeetmeid.

Siinkohal teeme vaid väga põgusa ülevaate uuringu tulemustest, ettepanekutest ja järeldustest. Täielik eestikeelne aruanne (Freiberg ja Tuvikene, 2022) on vabalt kättesaadav Eesti Teadusagentuuri kodulehel. Uuring viidi läbi aastail 2021–2022 ning selle tellisid ja rahastasid Keskkonna- ja Maaeluministerium ning Eesti Teadusagentuur/RITA 2 meede.

Materjal ja meetodika

KL-i ja KLD-i seiret tehti kord kuus, taimestiku kasvuperioodil ka sagedamini, rohkem kui ühe aasta jooksul ja kolmel eraldi asuval uurimisalal (Olustveres, Adaveres ja Mõral; joonis 2).



Joonis 2. Uurimisalade paiknemine 2021–2022. aastal (Maa-ameti kaardirakendus).

Veeproovide paremaks iseloomustamiseks mõõtsime kohapeal vees lahustunud hapniku sisalduse, elektrijuhtivuse ja pH. Kokku analüüsiti 117 veeproovi, milles mõõdeti OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse kesklaboris 59 taimekaitsevahendi jäägi sisaldus. Uuritavate ainete määramispiirid vees olid KL puhul $0,005 \mu\text{g l}^{-1}$ ja KLD puhul $0,04 \mu\text{g l}^{-1}$.

Samas laboris analüüsiti ka tahkeid proove kõigilt kolmelt alalt (muld, orgaaniline väetis ja söödakultuurid) ning mõõtsime kuni meetri sügavuseni muldprofiliis uuritavate ainete sisaldused. Juhuvalimina määrati uuritavate ainete sisaldused neljas Eestisse imporditud söödaproovis. Kokku analüüsiti 35 tahket proovi, sh 23 pinnase-, 3 sõnniku-, 4 loomasööda ja 5 põldudel kasvanud kultuuri (3 maisi, 1 rapsi ja 1 punapeedi) proovi.

Lähemalt on uurimisalade ja seirepunktide valikut põhjendatud ning nende mullastikku ja hüdrogeoloogilisi omadusi iseloomustatud meie lõpparuandes (Freiberg ja Tuvikene, 2022).

Tulemused ja arutelu

Meie uuringu andmed ei näita toimeaine (KL) jätkuvat keskkonda viimist. Tänapäevaseid põllumajandustootjaid pole põhjust kahtlustada põhjavee saastamises KL-i ja selle lagunemise suhtes. Peamiselt on tegemist jääkreostusega aastakümnetetagusest ajast, ennekõike erinevate peedikultuuride kasvatamise kõrgajast 1970–1990. aastatel. Ka teiste Euroopa riikide uuringute põhjal võib oletada, et põhjavesi on nende ühenditega saastunud veel aastakümneteks ka Eestis.

Aastatevaheline ja sesoonne saasteainete sisalduste kõikumine proovides on tingitud peamiselt hüdroloogilise režiimi muutustest, pinnavee infiltratsioonist ja põhjavee-pinnavee osakaalu muutustest pinnaveekogude toitumisel. See väljendub ilmselt ka põhjavee taseme muutlikkuses, mida selle uuringu raames ei mõõdetud. Sellest järeldub, et pikaajaliste (aastakümneid iseloomustavate) põhjavee kvaliteedi suundumuste kirjeldamiseks tuleb tugevalt saastunud seirepunktidest proove võtta sagedamini kui kord aastas.

Olustvere uuringuala puhul võib väita, et sügavamad põhjaveekihi on jäänud puhtaks ja puurkaevude (sügavus 60–70 m ja rohkem) joogivee kvaliteediga seal probleeme ei ole. Sama saab praegu väita ka Mõra uuringuala kohta. Adavere uuringualal on kohati saastunud pindmisi põhjaveekihte avavad puurkaevud (avatud põhjaveekihi sügavus 10–20 m). Edasise seire käigus tuleks mõõta alale jäävate kõikide kasutuses olevate kaevude KL-i metaboliitide sisaldused vähemalt ühekordselt, et saada laialdasemalt andmeid lagunemise sisaldustest joogivees ja inimeste eksponeerituse tasemest.

Uuringualadelt kuni meetri sügavuselt võetud pinnaseproovid näitasid, et künnisügavusel (kuni 30 cm) leidis kohati toimeaine KL-i jälgi. Võib oletada, et KL või selle isomeer (toimeaine keemilisel sünteesil tekkinud kõrvalsaadus) on olnud aastakümneid seondunud künnikihis oleva orgaanilise ainega ning vabaneb alles proovide ekstraheerimisel orgaaniliste lahustitega. Tavapärased analüüsimeetodid ei võimalda toimeainet isomeerist eristada ja isomeeri leidumise ning osakaalu kohta Eesti keskkonnas praegu andmed puuduvad. KL-i jälje kohatine leidumine aeroobses (hapnikurikkas) ja päikesevalgusele

eksponeeritud pinnakihis on üllatav ja vajab edasist uurimist riikliku mulla-seire käigus. KLD-i künnisügavuses ei leidunud. Sellest sügavamates pinnase kihtides uuritavaid aineid ei leitud.



Joonis 3. Kloridasooni jälgi leitud mõne põllu seirepunkti künnikihis. Põllul kasvanud kultuurid olid uuritavate ainete suhtes kõikjal puhtad.

Võib järeldada, et toimeaine KL (võimalik, et ka selle isomeer) ja tema metaboliidid on peamiselt talletunud savikihtides sügavamal kui üks meeter, kus toimub nende järkjärguline vabanemine põhjavette. KL-i leidumine Olustvere allikakompleksi veeproovides näitab, et need saasteained võivad olla pinnases talletunud nii toimeaine kui selle laguproduktide kujul, samaaegselt võib toimuda ka toimeaine lagunemine ja leostumine.

Sõnnikust uuritavate ühendite jääke ei leitud, samuti olid nendest jääkidest vabad uuringualadel kasvanud põllukultuurid. Seega pole alust arvata, et toimuks muldade taassaastumine sööda-sõnniku ringluse kaudu. Võimalik on, et mulda satuvad vähesel määral KLD-i jäljed põllukultuuride kastmise vee ja taimekaitsetöölde kasutatava vee kaudu. Tugevalt saastunud vee kasutamist peaks vältima (Olustvere allikas, Haaslava allikas jt).

Laguaine KLD-i jälg leiti rapsišrotist, mis ilmselt pärines väljastpoolt Euroopa Liitu. See leid võiks viidata KLD-i jälje esinemise võimalusele ka rapsiõlis. Praegustel andmetel pole alust arvata, et selle ühendi leidumine loomasöödas kujutaks ohtu põllumajandusloomade tervisele või saastaks põllumajandusmaad.

KLD-i laialdane leidumine joogivees ei kujuta praeguste andmete põhjal akuutset (lühiajalist ja tugevatoimelist) ohtu inimese tervisele. Samuti ei ole reaalne tarbitava joogivee ja toiduga ületada nendele ainetele praegu kehtivaid piirnorme, ennekõike päevast aktsepteeritavat kogust. Seire käigus tuli välja, et leidub leibkondi, kellede joogivees on KLD-i sisaldus ligi $3 \mu\text{g l}^{-1}$ (seni kehtis Eestis piirsisaldus joogivees $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$). Sellistel juhtudel tuleks tegeleda nende inimeste teavitamisega ja võimalike leevendusmeetmetega (uute kaevude ja trasside rajamine, vee filtreerimine jmt). Nende saasteainete pikaajalised kroonilised mõjud, isomeeri esinemine ja toksikoloogia ning ohutu piirsisalduse kehtestamine vajab edasist täpsustamist. Joogivee kvaliteedi määrase muutmiseks käesoleval aastal on need küsimused nüüd antud Põllumajandus- ja Toiduameti (PTA) ekspertide pädevusse (RT I, 26.09.2019, 2).

Järeldused

Me teame järjest enam keemiliste ühendite levimisest keskkonnas ning mõjust liikidele, ökosüsteemidele ja inimtervisele. Samuti muutuvad järjest täpsemaks ja tundlikumaks keskkonnaseires kasutatavad analüüsimeetodid. Pidevalt tuleb aga pingutada, et leida tasakaalupunkt konkurentsivõimelise põllumajandustootmise ja keskkonnakaitsete eesmärkide vahel. Vajalik on tegeleda lünkadega, mis meie teadmistes praegu on – me pole veel kaugeltki lõppjaama jõudnud. Samuti ei pruugi kõikide loodusesse viidavate keemiliste ühendite lagunemine vastata meie ootustele või kasutusel olevate mudelite prognoosidele. Saatan peitub detailides, nagu alati.

KLD-i uuring näitas vajadust parandada koostööd regulatsioone väljatöötavate ning järelevalvet ja keskkonnaseiret teostavate asutuste vahel, seda nii Eestis

kui Euroopa Liidus tervikuna. Selliselt on võimalik seiretulemustes esinevate anomaaliate ja ohumärkide põhjustele kiiremini jälile jõuda ning paremini kaitsta mulla, põhja- ja pinnavee ning lauale jõudva toidu puhtust ning seeläbi ka tundlikke liike, ökosüsteeme ja inimtervist.

Tänuavaldused

Täname Keskkonna- ja Maaeluministeeriumi ning SA Eesti Teadusagentuur/ RITA 2 meedet, samuti dr Karin Kauerit ja dr Katrin Ergi nende panuse eest uuringu mullastiku ja hüdrogeoloogilise osa valmimisse. Loodame, et saime anda kasuliku sisendi seisukohtade, normide ja seirekavade kujundamisse ning tuua selgust kümme aastat päevakorral olnud küsimuses.

Kirjandus

- EKUK 2020. Nitraaditundliku ala põhjaveeseire. Tallinn 2020.
- EL määrus 540/2011 eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32011-R0540 (25.10.2023).
- Freiberg, R. ja Tuvikene, A. 2022. Uuringu „Kloridasooni ja selle laguprodukti, kloridasoon–desfenüüli, leviku põhjuste väljaselgitamine“ lõpparuanne: etag.ee/wp-content/uploads/2023/01/KEM-Kloridasooni-lopparuanne-28_12_2022.pdf (25.10.2023).
- RT I, 26.09.2019, 2 www.riigiteataja.ee/akt/126092019002 (muudetud 15.03.2023).

Põllumajandusmaa koondumine Eestis ning jätkusuutliku maakasutuse tagamise võimalused

Agricultural land concentration in Estonia and opportunities for stable land use

Marii Järve, Evelin Jürgenson

Eesti Maaülikool, Metsanduse ja inseneeria instituut, metsa- ja maakorralduse ning metsatööstuse õppetool

✉ marii.jarve@emu.ee

Sissejuhatus

Põllumajandusmaa on väärtuslik ressurss, mis on aluseks meie toidu ja energia tootmisele ning maapiirkondade elujõulisusele. Põllumajandusmaa tagab maapiirkondades elavatele inimestele elamis- ja töövõimalused. Paraku on nii Eestis kui ka teistes Euroopa riikides kujunenud olukord, kus põllumajandustootjate arv väheneb iga aastaga. Samal ajal kasvab aga põllumajandustootjate keskmine maakasutus. Sellised trendid näitavad, et põllumajandusmaa koondub järjest enam väikese arvu tootjate kätte. Põllumajandusmaa koondumine toob kaasa muudatused maapiirkondades, võib ohustada jätkusuutlikku maakasutust ning toidu- ning energiajulgeolekut.

Euroopas on hakatud rohkem tähelepanu pöörama põllumajandusmaa koondumise probleemile ning sellele, kuidas tagada uutele põllumajandussektorisse sisenejatele juurdepääs maale. 2015. aastal tuli Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomitee välja omaalgatusliku arvamusega „Maa hõivamine – häirekell Euroopa jaoks ja otsene oht põllumajanduslikule pereettevõtluks”. Samal aastal ilmus Euroopa Parlamendi Põllumajanduse ja Maaeluarengu Komiteelt uuring põllu-

majandusmaa hõivamise ulatuse kohta Euroopa Liidus (EL). 2017. aastal pani Euroopa Parlament kokku raporti „Põllumajandusmaa koondumise hetkeseis ELis: kuidas soodustada põllumajandustootjate juurdepääsu maale?“. 2017. aastal avaldas EL Komisjon oma tõlgendava teatise põllumajandusmaa omandamise ja EL õiguse kohta.

Põllumajandusliku maakasutuse analüüsimine on põllumajandusmaa koondumise seisukohast oluline, sest põllumajandusliku maakasutuse koondumisega väheste tootjate kätte võib kaasnedä maaomandi koondumine üksikute omanike kätte (Jürgenson ja Rasva, 2020). Põllumajanduslikud tootjad on pikka aega saanud pindala põhiselt EL toetusi. Seega, mida suurem on põllumajandustootjate toetusalusne maakasutus, seda suuremad on toetused, mida tootjale makstakse (Jürgenson ja Rasva, 2020). See omakorda tähendab, et suurematel maakasutajatel on suuremad rahalised võimalused maad juurde osta. Selliselt võib kasvada ka suurte maakasutajate maaomand.

Toidu- ja energiatootmine sõltub põllumajandusmaa olemasolust ja selle kasutamise võimalustest. Maakasutuse võimalused sõltuvad sellest, kes omab kontrolli maaomandi ja kasutamise üle. Käesoleva artikli eesmärk on selgitada, milliseid piiranguid võiks Eestis kehtestada põllumajandusmaa koondumise vähendamiseks ja jätkusuutliku maakasutuse tagamiseks.

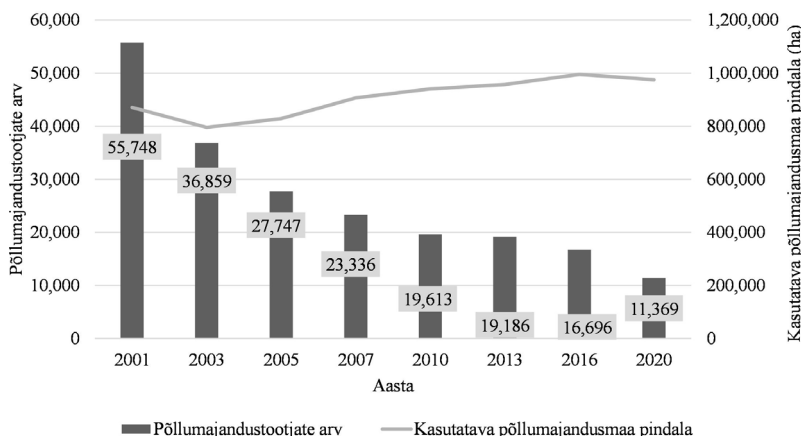
Materjalid ja meetodika

Uuringu koostamisel on läbi viidud dokumendi- ja GIS analüüsid ning kasutatud kirjeldavat statistikat. Eesti Statistikaametist on kasutatud põllumajanduslike majapidamiste põhinäitajaid majapidamise valdaja õigusliku vormi ja kasutatava põllumajandusmaa suurusklassi järgi. Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet (PRIA) toetusalusne maakasutuse andmeid aastatel 2011 ja 2020 analüüsi GIS programmiga ArcGIS Desktop (versioon 10.4). PRIAst on saadud andmed kõikide Eesti põllumajandustootjate kohta, analüüsid kasutati järgmiseid andmeid: tootja ID, toetusalusne maa pindala, maatükkide arvu ning asukoha kohta. Nende andmete põhjal jagati tootjad suurusgruppidesse 0–<2 ha, 2–<40 ha, 40–<100 ha, 100–<400 ha, 400–<1000 ha ja >1000 ha.

Kinnistusraamatu andmete alusel on analüüsitud 49 maakasutaja maaomandi muutuseid aastatel 2001, 2016 ja 2021. Päringu koostamise aluseks olevad tootjad valiti välja 2020. aasta PRIA toetusaluse põllumajandusmaa andmetel. Välja valiti 49 suurimat maakasutajat 2020. aastal, kelle kohta oli äriregistris info olemas aastast 2001 või varem.

Tulemused ja arutelu

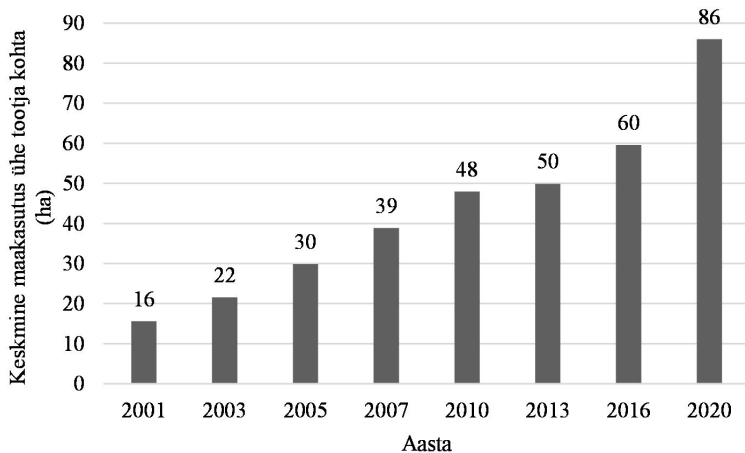
Eesti põllumajanduslikku maakasutust iseloomustab küllaltki stabiilsena püsiv kasutuses oleva põllumajandusmaa pindala ning vähenev põllumajandustootjate arv (joonis 1). Kui 2001. aastal oli Eestis 55 748 põllumajandustootjat, kelle maakasutus kokku oli 871 213 ha, siis aastaks 2020 tegutses Eestis 11 369 põllumajandustootjat ning kogu maakasutus oli kasvanud 975 323 hektarini.



Joonis 1. Põllumajandustootjate arvu ja kasutuses oleva põllumajandusmaa pindala muutus Eestis ajavahemikul 2001–2020 (Eesti Statistikaamet PMS141, PMS424, PMS420).

Viimase 20 aastaga on Eesti põllumajandusmaa koondunud järjest väiksema arvu tootjate kasutusse. Kui 2001. aastal oli ühe põllumajandustootja maakasutuse keskmine pindala 16 ha, siis 2020. aastal oli ühe põllumajandustootja maakasutuse keskmine pindala kasvanud 86 hektarini (joonis 2). Seega kasvas 20 aastaga ühe põllumajandustootja maakasutuse keskmine pindala 70 ha võrra.

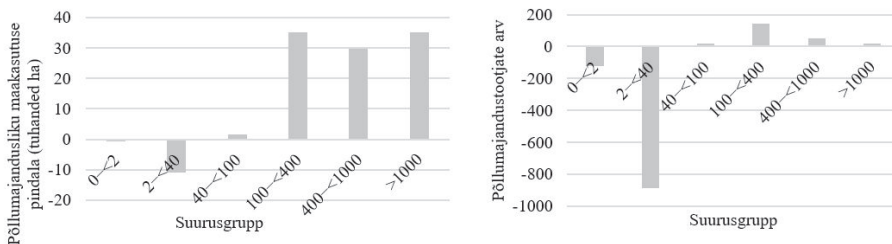
Põllumajandus ja keskkond



Joonis 2. Ühe põllumajandustootja maakasutuse keskmine pindala Eestis aastatel 2001–2020 (Eesti Statistikaamet PMS141, PMS424, PMS420).

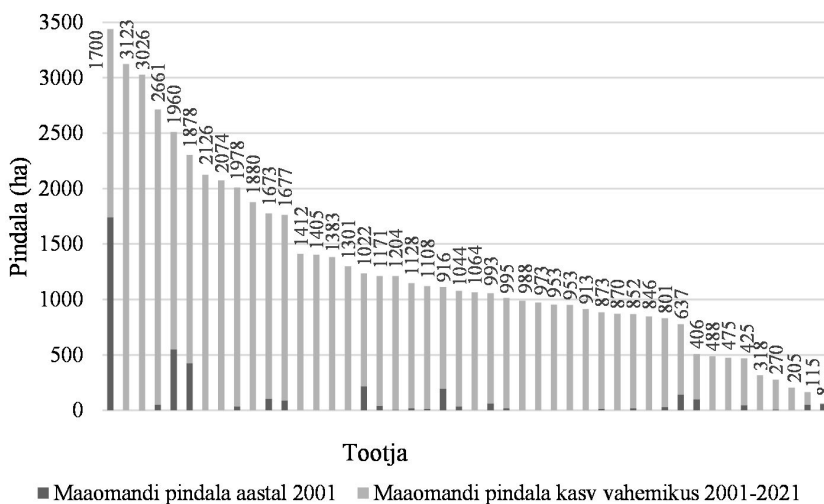
Põllumajanduslik maakasutus on koondunud taas järjest väiksema arvu kasutajate kätte, kellest valdav osa on juriidilised isikud. Põllumajandusliku maakasutuse jagunemise struktuur hakkab üha rohkem sarnanema taasiseseisvumise eelsetele sovhoosidele ja kolhoosidele, erinedes vaid selle poolest, et tänastel suurtootjatel on maakasutus tunduvalt rohkem ruumiliselt tükeldatud (Jürgenson ja Rasva, 2020).

Põllumajandustootjate kasutuses oleva maa pindala on vähenenud just väiksemates suurusgruppides (joonis 3). Suuremates suurusgruppides on tootjate kasutatava põllumajandusmaa pindala kasvanud. Kõige rohkem on kasvanud (50 000 ha võrra) suurusgrupis 100 kuni 400 ha harivate tootjate maakasutus.



Joonis 3. Põllumajandustootjate maakasutuse pindala ja tootjate arvu muutus Eestis ajavahemikul 2011–2020 (PRIA).

Analüüsitud 49 suurima maakasutaja maaomandi muutused näitasid, et kasvanud on ka nende tootjate maaomandi pindala (joonis 4). Seega näitavad uuringu tulemused, et maakasutuse koondumise kõrval toimub Eestis maaomandi koondumine.



Joonis 4. Neljakümne üheksa suurima maakasutaja maaomandi muutused aastatel 2001–2021 (Kinnistusraamat).

Põllumajandusmaa koondumise probleemiga tegelemiseks on Euroopas mitmed riigid ette võtnud juriidilisi samme ning seadnud piirangud põllumajandusmaa omandamisele ja kasutamisele. Selliste piirangute ühine eesmärk on ära hoida põllumajandusmaaga spekulierimist, tagada põllumajandusmaa säästlik ja jätkusuutlik kasutamine ning tagada riigi toidujulgeolek.

Ungaris, Poolas, Lätis ja Leedus on kehtestatud piirangud sellele, kui palju maad üks isik või ettevõtte võib maksimaalselt omandada. Näiteks ei tohi Ungaris omandatava maa pindala ületada 300 ha ning tootja omanduses oleva kogu maa pindala ei tohi ületada 1200 ha (Csák, 2017; Vranken, jt, 2021). Poolas ei tohi ostetud põllumajandusmaa pindala koos omandajale juba kuuluva põllumajandusmaa pindalaga ületada üldjuhul 300 ha (Vranken jt, 2021; Żróbek-Róźńska ja Zielińska-Szczepkowska, 2019). Füüsiline isik või ettevõtte

ei saa 2017. aastast Lätis omada üle 2000 ha maad ning kokku ei saa seotud isikutel olla üle 4000 ha maad (“Par zemes privatizāciju lauku apvidos,” 1992; Vranken jt, 2021). Leedus ei tohi füüsiline või juriidiline isik ja seotud isikud omandada riigilt ja teistelt müüjatelt ega omada üle 500 hektari põllumajandusmaad (*Analüüs Euroopa Liidu lepingu riikides...*, 2019).

Poolas ja Ungaris on põllumajandusmaa ostuks vaja vastavat kvalifikatsiooni (Balogh, 2015; Vranken jt, 2021). Saksamaal, Prantsusmaal, Soomes, Austrias, Poolas ja Eestis on teatud juhtudel nõutud vastava loa taotlemist enne põllumajandusmaa ostu-müügitehingut (*Analüüs Euroopa Liidu lepingu riikides...*, 2019; Riigikogu, 2021; Vranken jt, 2021). Saksamaal on teatud isikutel võimalik kasutada põllumajandusmaa ostul eelisõigust (Vranken jt, 2021). Ungaris, Lätis ja Leedus on kolmandate riikide (väljastpoolt EL) kodanikel põllumajandusmaa ost keelatud (Vranken jt, 2021).

Lisaks põllumajandusmaa omandamist piiravatele kriteeriumitele on oluline, et riigis oleks selge ning läbipaistev ettevõtete struktuur. Hetkel on Eestis keeruline selgeks teha, millised ettevõtted on omavahel seotud ning kui palju maad nende ettevõtete konsortsiumitel kasutuses või omandis on.

Järeldused

Põllumajandusmaa on väärtuslik ressurss, mida tuleb kasutada viisil, mis tagab selle olemasolu ja kasutusvõimaluse ka järeltulevatele põlvedele. Säästliku ja jätkusuutliku toidu tootmise aluseks on kohalik toodang ning vastutustundlik põllumaa majandamine tagab maapiirkondade ellujäämise.

Eestis on aastate jooksul vähenenud põllumajandustootjate arv ning kasvanud ühe tootja keskmine maakasutus. Põllumajandustootjate arvu vähenemine on toimunud peamiselt väikeste tootjate arvelt. Kasvanud on suurte tootjate maakasutus ning maaomand. Suured põllumajandustootjad on küll majanduslikult efektiivsemad, kuid samas on vaja suurtootmise kõrval ka väiketootjaid. Euroopale omane põllumajandus põhineb peretaludel, mitte suurtel põllumajandusettevõtetel.

Eesti vajab põllumajandusmaa omandamise või kasutamise täiendavat reguleerimist. Tagada tuleb võimalikult lai omanike ring, maa kättesaadavus noortele ja uutele tulijatele ning maapiirkondade elujõulisus. Selleks, et peatada ja leevendada põllumajandusmaa koondumise protsessi, võiks Eestis rakendada põllumajandusmaa ostul eelisostuõigust väikestele ja keskmise suurusega ettevõtetele, et neil oleks võimalik konkureerida maaturul suurte ettevõtetega; viia sisse sarnaselt Lätile ja Leedule maaomandi omandamisel piirmäär; luua selge ettevõtete struktuur, mis võimaldaks välja selgitada ettevõtete vahelisi seoseid ja hoiaks ära piirangutest mööda hiilimist. Üksnes majanduslikud huvid ei tohiks üles kaaluda inimeste toimetulekut maapiirkondades, toidu- ja energiajulgeolekut ning põllumajandussektori üldist jätkusuutlikkust.

Kirjandus

- Analüüs Euroopa Liidu lepingu riikides kehtestatud põllumajandusmaa kaitse meetmetest ja põllumajandus- ja metsamaa omandamise kitsendustest. 2019.
- Balogh, T. 2015. Expanded Opportunities for EU Citizens to Acquire Agricultural Land.
- Csák, C. 2017. The Regulation of Agricultural Land Ownership in Hungary After Land Moratorium. *Zbornik Radova Pravnog Fakulteta Novi Sad*, 51 (3–2), 1125–1135.
- Jürgenson, E., Rasva, M. 2020. The changing structure and concentration of agricultural land holdings in Estonia and possible threat for rural areas. *Land*, 9 (2).
- Kay, S., Peuch, J., Franco, J. 2015. *Extent of Farmland Grabbing in the EU*.
- Par zemes privatizāciju lauku apvidos. 1992.
- Riigikogu. 2021. *Kinnisasja omandamise kitsendamise seadus*.
- Vranken, L., Tabeau, E., Roebeling, P. 2021. *Agricultural land market regulations in the EU Members*.
- Źróbek-Róźńska, A., & Zielińska-Szczepkowska, J. 2019. National Land Use Policy against the Misuse of the Agricultural Land—Causes and Effects. *Evidence from Poland. Sustainability*, 11 (6403).

Põllumuldade ja nende muldade metsaanaloogide võrdlus

National Soil monitoring with parallel sites from forests and fields

Elsa Putku, Priit Penu

Maaelu Teadmuskeskus,

Põllumajandusuuringute osakonna mullastiku valdkond

✉ elsa.putku@metk.agri.ee

Sissejuhatus

Eesti riikliku keskkonnaseire mullaseire allprogrammi raames seiratakse Eesti põllumuldad alates 2002. aastast (KAUR, 2023). Tulenevalt vajadusest selgitada, mil määral muutuvad mulla tunnused läbi majandamise, kaasati 2020. aastal põllumuldade seiresse metsaanaloogide seirealad. Juba põllumuldade seire esimesel perioodil (1983–1992. a) rajati osade püsivaatlusalade lähedale metsaanaloogide seirealad, kus oli võimalik jälgida muldade arengut loodusliku protsessina ilma põllumajanduslike häiringuteta. Põllumuldadel vaatleme, kuidas muudetakse mulla arengut ja vastavalt sellele ka mulla tunnused läbi põllumajandusliku majandamise. Koondanalüüs Eesti põllumuldade seire kohta 2002–2022. a kajastab pikemat käsitlust Eesti mullaseirest (Penu ja Putku, 2023).

Materjal ja meetodika

2020–2022. a rajati metsaanaloogid Holtsi, Kiilaspere, Laheva, Langi, Naadimetsa ja Risti seirealadele. Metsaanaloogi asukoht valiti püsivaatlusalaga samalt mullaareaalilt või võimalikult sarnase mullaga alalt vastavalt mullastiku-

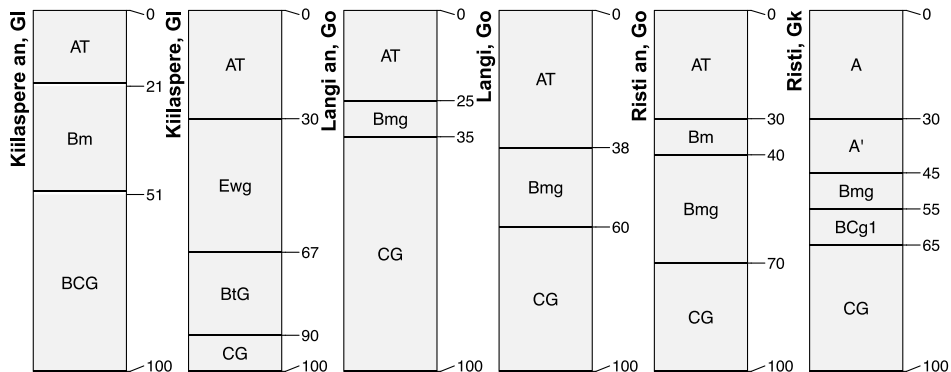
kaardile ja visuaalsele analüüsile. Alade mullastik oli erinev, varieerudes parasiiskettest muldadest gleimuldadeni hüdrokalaaril ning rähksest kuni näivleedunud (kahkj) mullani geneetilis-litoloogilisel skaalal (tabel 1). Nii põllu- kui metsaalalt koguti proovid huumus- ja sügavkaevetest. Mõlemale alale tehti üks sügavkaeve. Huumuskaeveid tehti põllule 10–20 (trassi süsteem) ja metsas 4–8 (sügavkaeve raadiuses huumusringina). Huumuskaevetes mõõdeti huumushorisondi tusedus ja sügavkaevetes geneetiliste horisontide tusedused. Mullaproovidest määrati mulla orgaanilise süsiniku (Corg, %; ISO 10694:1995; EA), makro- ja mikroelementide ning raskmetallide sisaldus, pH_{KCl}, lasuvustihedus ja poorsused. Sügavkaeve proovidest määrati lisaks FAO metoodika järgi (ISO 11277:1998) mulla lõimis. Tegemist oli seni veel suhteliselt väikese valimiga ja antud statistika ei ole kindlasti laiendatav. Andmeanalüüs põhines valimi väiksuse tõttu kirjeldaval statistikal.

Tabel 1. Riikliku mullaseire püsivaatlusalade metsaanaloogide ja vastavate põllualade mullaliigid ja lõimised.

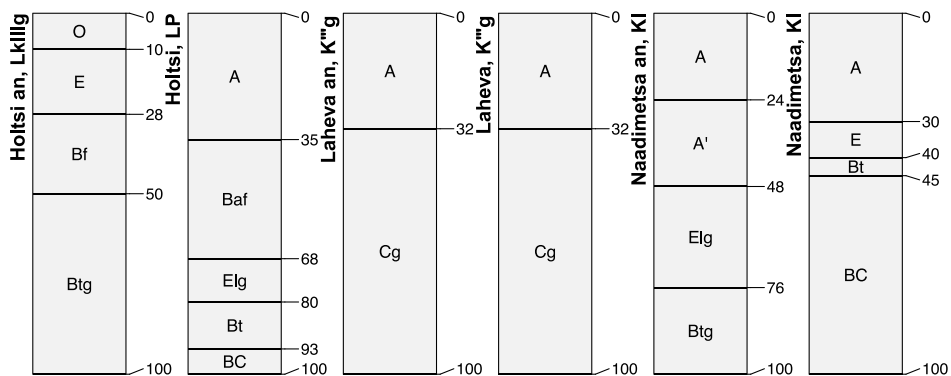
Ala	Maa- kasutus	Mullaliik, Eesti klassifikatsioon	Mullatüüp (WRB, 2015)	Lõimise klass, Eesti	Lõimise klass, FAO
Langi	põld	Go	Mollic Calcaric Eutric Gleysol	ls ₂	L
	mets	Go	Mollic Endocalcaric Eutric Gleysol	tls ₁ , tls ₂ , ls ₂	SiL ja L
Risti	põld	Gk	Mollic Calcaric Eutric Gleysol	ls ₁ ja sl	SL ja LS
	mets	Go	Mollic Eutric Gleysol	sl, s, tls ₁ , tls ₂	LS, C, SiL
Laheva	põld	K ^{mg}	Gleyic Calcaric Regosol	ls ₁	SL
	mets	K ^{mg}	Gleyic Calcaric Regosol	ls ₁	SL
Holtsi	põld	LP	Dystric Stagnic Retisol	ls ₁ ja sl	SL ja LS
	mets	(LkIIIg)	Stagnic Albic Podzol	ls ₁	SL
Naadi- metsa	põld	KI	Albic Abruptic Luvisol	ls ₁ ja ls ₃	SL ja SCL
	mets	KI	Eutric Albic Gleyic Stagnosol	ls ₁ ja ls ₂	SL ja L
Kiilas- pere	põld	GI	Calcaric Gleysol	tls ₁ , tls ₂ , ls ₂	SiL ja L
	mets	GI	Gleyic Cambisol	tls ₁ , tls ₂ , ls ₂	SiL ja L

Tulemused ja arutelu

Metsamuldadel oli huumushorisoni peal kõduhorisont, kuid põldudega võrdlemiseks kasutati kõduhorisoni alla jäävat huumus- või toorhumuslikku horisoni. Võrreldes metsamuldadega oli põllumuldade huumushorisont veidi tüsedam (mediaankeskmine vastavalt 34,5 cm ja 33 cm). Seega, keskmisena ei ole harimine selles valimis oluliselt muutnud huumushorisoni tüsedust. Kiilaspere, Langi, Holtsi ja Naadimetsa aladel oli siiski näha mulla harimisest tulenevat A-horisoni tüsenemist võrreldes samade alade metsaanaloogidega (joonised 1 ja 2). Kuigi valitud alad paiknesid valdavalt samal mullaareaalil, siis reaalsuses on sageli tegemist suhteliselt erineva mullaprofiiliga või hoopis teise mullaerimiga. Kuna mullastikukaart on teatud üldistusastmega, siis arvestades Eesti mullastiku heterogeensust, oli selline tulemus ootuspärane. Sageli näeme mullaharimise tulemusena põllumuldadel huumushorisoni all olevate geneetiliste horisontide kadumist (elluviaalhorisont) või tüseduse vähenemist.

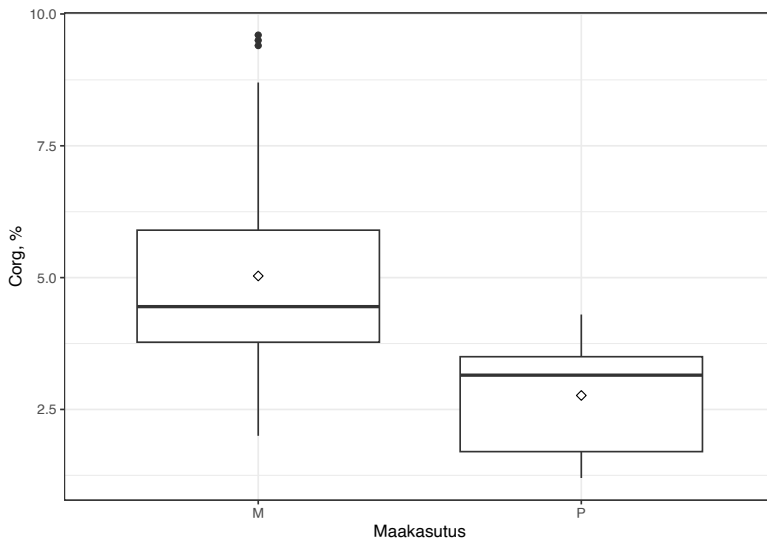


Joonis 1. Gleimuldadel asuvate sügavkaevete mullaprofiilid.



Joonis 2. Parasniisketel ja gleistunud muldadel asuvate sügavkaevete mullaprofilid.

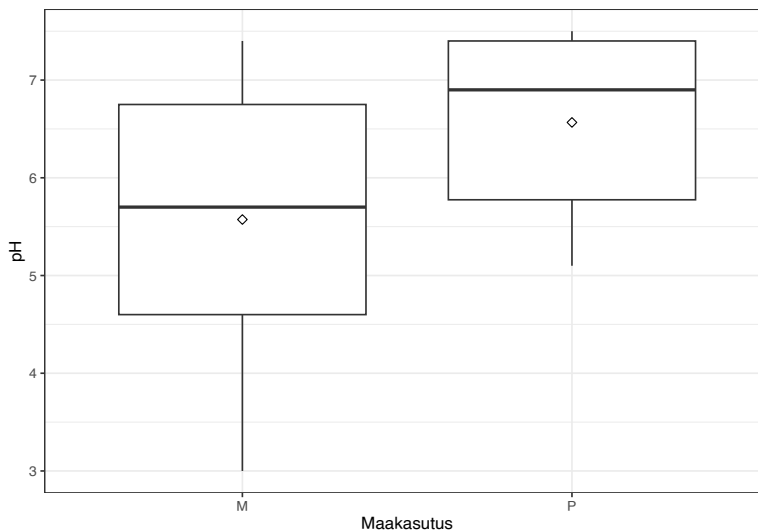
Keskmine Corg sisaldus metsamuldades oli 4,45% ja põllumuldades 3,15% (joonis 3). Tulemus oli ootuspärane, sest põllumuldades on tänu harimisele orgaaniline aine pidevas ringluses, samal ajal kui metsamuldades toimub pidev orgaanilise süsiniku kuhjumine peamiselt mulla pindmisse kihti ja sidumine ka mullaprofilis allapoole, kus orgaanilise aine allikaks on taimede ulatuslik juurestik.



Joonis 3. Põllu- (P) ja metsamuldade (M) orgaanilise süsiniku (Corg, %) sisaldus. Rombidega on tähistatud aritmeetiline keskmine.

Lasuvustihedus oli metsamuldadel võrreldes põldudega oluliselt madalam (vastavalt 1,03 ja 1,33 g/cm³). Huumusseisundi kompleksse näitajana kasutatakse süsinikuvaru, mis sõltub nii huumushorisoni tusedusest, Corg sisaldusest kui lasuvustihedusest. Metsamuldade süsinikuvaru oli 14% võrra suurem (147 t/ha) kui põllumuldadel (126 t/ha). Põllumuldadel on lisaks suuremale lasuvustihedusele, madalamale Corg sisaldusele ja õhemale huumushorisonile oluline meeles pidada ka suurkivisust ja koresust. Põldudelt on suured kivid maaharimisel valdavalt eemaldatud, kuid metsades on need olemas ja nende mahaarvamine vähendab ilmselt metsamuldade Corg varu, mistõttu erinevus võib oluliselt kahaneda.

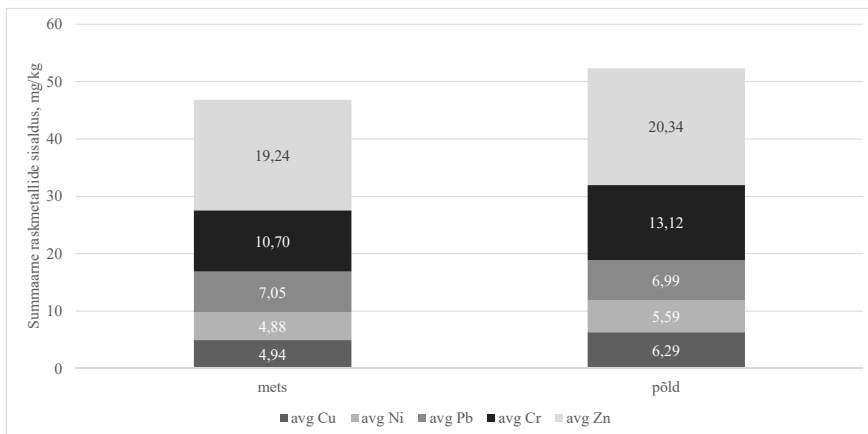
Metsamuldade mullareaktsioon oli üldiselt happelisem kui põllul – keskmine pH vastavalt 5,7 ja 6,9 (joonis 4). Metsamuldade kõrgem Corg sisaldus võis olla seotud happelisema mullareaktsiooniga, millest tulenevalt olid orgaanilise aine lagunemistingimused halvemad ning Corg käive aeglasem. Samuti olid mõned põllud lubjatud, mille tõttu geneetiliselt happeliste muldade pH oli põldudel kõrgem. Kolmandaks põhjuseks oli ilmselt põldudel mullaharimise käigus alustest mullakihtidest üles toodud aluselise materjali mõju.



Joonis 4. Mullareaktsioon erinevatel maakasutustel. Rombid tähistavad aritmeetilist keskmist.

Väetamine mõjutab liikuvate toitelementide sisaldust mullas ja seetõttu olid liikuva P ja K sisaldused põldudel kõrgemad – K sisalduse mediaan oli põllul 100 mg/kg ehk 40 mg/kg võrra kõrgem kui metsas. Liikuva P sisaldus põllul oli 86 mg/kg, mis oli 61 mg/kg võrra ehk ca 3,4 korda suurem kui metsamullal. Mulla liikuva Ca ja Mg sisaldused erinesid põllu- ja metsamuldade vahel, kuid need näitajad sõltusid eelkõige lähtekivimist. Põldude Ca sisaldus karbonaatsel lähtekivimil (4302 mg/kg) oli kõrgem kui metsades (3384 mg/kg). Mittekarbonaatsel lähtekivimil oli olukord vastupidine – metsas 1168 mg/kg ja põllul 1078 mg/kg. Karbonaatsete muldadega põldudel oli kõrgem Ca sisaldus ilmselt seotud eelnevalt mainitud karbonaatse materjali liikumisega mulla ülemisse kihti seoses mullaharimisega. Happelistel põllumuldadel näeme suuresti füsioloogiliselt happeliste väetiste mõju. Metsamuldadel seevastu kuhjub mulla ülemisse ossa pigem taimsest varisest pärit happelisem materjal ning toimub ka karbonaatide leostumine. Sarnaselt saame hinnata Mg sisaldust, kus karbonaatsel lähtekivimil kujunenud muldadel olid selle elemendi sisaldused kõrgemad – metsas 282 mg/kg ja põllul 228 mg/kg. Mittekarbonaatsel lähtekivimil jäi põllumuldade Mg sisaldus alla 100 mg/kg (72 mg/kg) ja metsamuldadel 142 mg/kg. Sarnane tendents esines ka vase, mangaani ja boori osas.

Summaarne raskmetallide sisaldus oli kõrgem põllumuldades (joonis 5). Metsamullad sisaldasid peaaegu kõiki uuritud raskmetalle vähem kui põllumullad. Erandiks oli vaid plii, mida leidis mõnevõrra rohkem metsamuldades.



Joonis 5. Raskmetallide Cu, Ni, Pb, Cr ja Zn sisaldused seirealadel põllu- ja metsaanaloomuldadel.

Järeldused

Põllumuldade ja nende läheduses asuvate looduslike metsamuldade vahel suuri erinevusi ei tuvastatud, kuid siiski olid muldade omadused ja seisund erinev. Osal aladest oli põllumuldade huumushorizont tüsedam, viidates sügavamale harimisele, kuid keskmisena oli väike. Orgaanilise süsiniku sisaldus ja varu oli valdavalt suurem metsamuldadel. Kõige suurem erinevus ilmnes aga fosfori ja kaaliumi osas, mis tulenes põldude pikaajalisest väetamisest. Samuti oli põllumuldade mullareaktsioon neutraalsem ja seega olid need alad taimekasvatuseks soodsamad, võrreldes happelisemate metsamuldadega. Raskmetallide kogusisaldus oli samuti suurem põllumuldades.

Kirjandus

- IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- KAUR (Keskkonnaagentuur). keskkonnaagentuur.ee/keskkonnaseire-ja-analuusid/keskkonnaseire (02.10.2023).
- Penu, P., Putku, E. 2023. Põllumuldade seire 2002–2022. Riikliku keskkonnaseire mulla-seire allprogrammi koondanalüüs. Maaelu Teadmuskeskus.

Külvikorra mitmekesistamine ja maheviljelus soodustavad talituslikku elurikkust põllul

Diversification of crop rotations and organic cropping enhance the functional diversity of fields

Liina Talgre, Viacheslav Eremeev, Anne Luik

Eesti Maaülikool, Põllumajanduse ja keskkonna instituut

✉ liina.talgre@emu.ee

Sissejuhatus

Elurikkus määrab ökosüsteemide, sh põllukoosluste toitainete dünaamika, produktiivsuse ja stabiilsuse (Turner, 2002; Tilman jt, 2014). Üheks juhtivaks teguriks elurikkuse kahanemises praeguse kriisini on maakasutuse muutus, sh põllumajanduse intensiivistamine koos ulatusliku sünteetiliste agrokemikaalide kasutusega (Emmerson jt, 2016; Carmona jt, 2020). Elurikkuse vähenemise tõttu on ohustatud toidusüsteemid ning toiduga kindlustatus (Gordon jt, 2017). Seetõttu tõdeb Euroopa Liidu elurikkuse strateegia aastani 2030 (eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN), et elurikkuse kaitseks on vaja kasutusele võtta kiireloomulisi meetmeid. Toidutootmises tähendab see keskkonnahoidlike viljelusviiside arendamist, mis tagavad põllukoosluste tasakaalustatud kestliku toimimise (Gordon jt, 2017). Kohalikel taastuvate ressursside tasakaalustatud kasutusel põhineva ning kunstväetisi ja taimekaitsevahendeid välistava mahetootmise soodustav mõju mitmetele elurikkuse näitajatele on välja toodud Thüneni instituudi ulatuslikus ülevaate uuringus (Sanders ja Heß, 2019). Ent tuleb selgitada, millised organismide rühmad sõltuvalt viljelusviisist esinevad kohalikes tingimustes, mõistmaks nende võimalikku rolli põllukoosluse

talitlustes. Nii taime tervise kui mullaviljakuse jaoks on oluline mitmekesine elustik (Altieri ja Nicholls, 2018). Kultuurtaimedega seotud kahjurite arvukust aitavad reguleerida mitmesugused röövtoidulised putukad nagu ämblikud ja jooksiklased (Michalko jt, 2019; Boeraeve jt, 2022). Ämblikud on laia toidu-profiliga kiskjad, hävitades erinevaid endast väiksemaid loomi sh putukaid. Jooksiklaste toidulaud on veelgi mitmekesisem. Sõltuvalt liigist ja hooajast hävitatakse putukaid, hooghännalisi, limuseid, nende mune jms kui umbrohu seemneid (Toft jt, 2002). Umbrohuseemnete hävitamisega mõjutatakse umb-rohtude esinemist. Bohan jt (2011) on välja toonud, et umbrohuseemnetest toituvaid jooksiklasi saab kasutada integreeritud umbrohotõrje edendamiseks. Nii ämblike kui jooksiklaste alased uuringud on näidanud nende sõltuvust taimekasvatusest, sh taimekaitsevahendite negatiivsest mõjust neile (Boeraeve jt, 2022; Talgre jt, 2023). Kuivõrd mõlemad eeltoodud rühmad on põllukoos-luste talitlustes olulised, siis oli käesoleva töö eesmärgiks selgitada pikaajalises külvikorrakatses viljelussüsteemide mõju talinisu põllul ämblike arvukusele ning jooksiklaste liigilisele koosseisule ja esinemissagedusele.

Materjal ja meetodika

EMÜ Eerika katsepõllule rajatud külvikorrakatses koosnes seitsmest viljelus-süsteemist, millest antud artiklis analüüsiti viit: kolme mahe- (Mahe 0, Mahe I ja Mahe II) ja kahte tavaviljeluse süsteemi (Tava 0 ja Tava II). Külvikorras oli punase ristiku allakülviga oder, ristik, talinisu, hernes ja kartul. Katsepõllul oli pruun kahkjäs (näivleetunud) liivsavimuld.

Mahe 0 süsteem järgis ainult külvikorda. Mahe I ja II süsteemides kasvatati põhikultuuride vahel talviseid vahekultuure. Mahe II süsteemis anti talinisu külvieelselt kompostitud veisesõnnikut 10 t ha^{-1} . Talvel olid kõik Mahe I ja II väljad kaetud taimikuga. Mahe 0 süsteemis jäi maa talinisu, herne ja kartuli järel talveks taimikuta. Talinisu eelviljaks olevat punast ristikut niideti suve jooksul kaks korda ja künti enne nisu külvi sisse.

Tavaviljeluses oli mahedaga sama külvikord, vaid vahekultuure ei kasvatatud.

Tava 0 süsteemis talinisu ei väetatud, Tava II süsteemis anti talinisu N 150 kg ha⁻¹, P 25 kg ha⁻¹ ja K 95 kg ha⁻¹. Mõlemas tavasüsteemis kasutati keemilisi taimekaitsevahendeid: antud katseaastal puhiti seemned enne külvi Lamardor 400 FS-ga, umbrohutõrje tehti mai keskpaiku Secator OD-ga ja taimehaiguste vastu kasutati mai lõpus fungitsiidi Zantara.

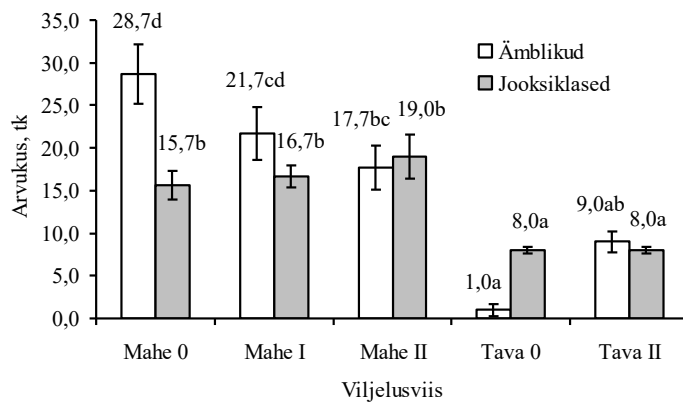
Mulla pinnal elavad lüljalgsed koguti pinnasepüünistega talinisu katselappidelt nisu loomisfaasis (BBCH 51–52) 20–28.06. 2022. a. Keskmine temperatuur sel perioodil oli 21°C. Püünised olid 8,5 cm läbimõõduga ja 10 cm sügavused anumad, mis olid $\frac{3}{4}$ ulatuses täidetud küllastunud soola (NaCl) lahusega. Kõigist püünistest kogutud materjali säilitati 70% etanoolis. Kogutud materjal sorteeriti ja identifitseeriti mikroskoobi all (Haberman, 1968).

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi (ANOVA) meetodil, kasutades andmetöötlusprogrammi Statistica 13 (Quest Software Inc). Variantidevaheliste erinevuste hindamiseks kasutati Tukey HSD testi, $p < 0,001$.

Tulemused ja arutelu

Ämblike kui põllukooslustes oluliste laia toiduspektriga röövtoiduliste organismide arvukus oli suurim mahesüsteemides võrreldes tavaviljeluse süsteemidega (joonis 1). Ämblike arvukuse erinevust süsteemide vahel saab seletada nii saakloomade arvukuse kui ka põllu keemiliste mõjutustega. Ämblikud otsivad toitu nii kultuurtaimedelt kui umbrohtudelt. Tavaviljeluse süsteemides mõjutas keemiline umbrohutõrje olulist osa ämblike saakloomade toidutaimedest – umbrohte. Madseni jt (2023) andmeil oli umbrohtude biomass tavasüsteemides võrreldes mahesüsteemidega enam kui kaks ja pool korda madalam. Mahe 0 süsteemis oli aga umbrohtude biomass 1,2 korda kõrgem kui teistes mahesüsteemides, mis ilmselt tagas ämblikele enam saakloomi ning sellega nende kõrgema arvukuse. Otseselt vähendas ämblike võimalike saakloomade toitumisvõimalusi herbitsiididega umbrohutõrje. Teisalt võis ämblike arvukust mõjuda ka fungitsiidiga töötlemine. Ökotoksikoloogilised uuringud on näidanud, et teisedki taimekaitsevahendid, nii fungitsiidid kui insektitsiidid

toimivad ämblikele pärssivalt (Pekar, 2012). Ka Marc jt (1999) andmetel sõltus ämblike arvukus enim taimekaitsevahendite kasutamisest, kasvatavatest kultuuridest ning põldude ja nende äärealade suurusest.



Joonis 1. Jooksiklaste ja ämblike arvukus talinisus sõltuvalt taimekasvatussüsteemist. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$) on märgitud variantidevahelistes võrdlustes erinevate tähtedega. Vearivad joonisel tähistavad standardhälvet.

Jooksiklaste kui oluliste röövtoiduliste ja umbrohuseemnete hävitajate liigiline koosseis ja arvukus oleneb samuti viljelussüsteemist. Kui mahesüsteemides tehti kindlaks 9 erinevat jooksiklaste liiki, siis tavasüsteemides vaid 6. Tulemus toetab Döring ja Krompi (2003) andmeid, kus mahepõldudel leiti tavapõldudega võrreldes 34% rohkem jooksiklaste liike. Mahesüsteemides Mahe I ja Mahe II esines kaks haruldasemat jooksiklaste liiki: *Acupalpus meridianus* (Linnaeus) ja *Microlestes minutulus* (Goeze). Nii mahe- kui tavasüsteemides olid kõige arvukamalt esindatud ehmesjooksiklaste liigid *Harpalus rufipes* (Degeer), *Harpalus affinis* (Schrank) ja pisijooksiklaste liik *Bembidion properans* (Stephens), kuid oluliselt rohkem esines neid mahesüsteemides. Neist kaks esimest liiki on olulised umbrohu seemnepanga vähendajad ja pakuvad nii olulist ökosüsteemi teenust põllul (Bohan jt, 2011). Kuigi ehmesjooksikud on eelistatult seemnete sööjad, tarbivad nad ka putukaid, seda eriti vegetatsiooni alguses. Samas söövad ka paljud teised eelistatult loomtoidulised jooksiklased seemneid kindlal eluperioodil dieedi mitmekesistamiseks. Lisaks eelistab osa liike oma dieedis

just kindlate umbrohuliikide seemneid (Toft jt, 2002). Schumacher jt (2020) andmeil võib juba kolme kuni kaheksa segatoidulise jooksiklase liigi esinemine tagada usaldusväärse umbrohuseemnete hävitamise looduslähedase viljelusviisi tingimustes.

Võrreldes kasvatusüsteemide mõju jooksiklaste esinemisele oli pinnasepüünise kohta mõlemas tavasüsteemis neid usaldusväärset vähem kui mahesüsteemides (joonis 1). Selle põhjuseks oli ilmselt toidubaasi erinevus, mis mahesüsteemides on tänu umbrohtudele mitmekesisem kui tavasüsteemides. Dassou ja Tixieri (2016) ulatuslik metaanalüüs tõi esile jooksiklaste arvukuse positiivse korrelatsiooni taimiku (ka umbrohtude) mitmekesisusega. Samas leiti, et põllukoosluste taimiku mitmekesistamisega saab tõsta jooksiklaste rolli nii taimtoiduliste putukate kui umbrohtude biotõrjes. Tavasüsteemides oli umbrohtude taimik liigiväesem (Madsen jt, 2023). Lisaks mõjutas keemiline taimekaitse, millel on nii otsene kui kaudne (põllule jäävate jääkide tõttu) pärssiv toime jooksiklastele (Holland ja Luff, 2000). Mõnevõrra enam jooksiklasi esines mahesüsteemis Mahe II, kus külvikord oli mitmekesistatud nii talviste vahekultuuride kui kompostitud sõnniku kasutamisega. Madsen jt (2023) andmeil surusid talvised vahekultuurid umbrohtude biomassi alla, kuid samas suurenes nende liigirikkus. See mitmekesistas jooksiklastele toidulauda. Sarnast vahekultuuride positiivset toimet jooksiklaste esinemisele on tõdenud ka Adikhari ja Menalled (2020). Meie varasemad uuringud on näidanud, et Mahe II süsteemis on ka mitmete teiste elurikkuse indikaatorite nagu mullamikroobide aktiivsus, hooghännaliste ja vihmausside arvukus kõrgemad (Luik jt, 2019, 2022). Nende kui toitainete ringluses väga oluliste lülide arvukus tõsis tänu mulla süsinikuvaru kasvule sõltuvalt vahekultuuride ja kompostitud sõnniku kasutusest (Kuht jt, 2022). Seega soodustas keemiliste häiringute vältimine ja külvikorra mitmekesistamine elurikkuse suurenemist põllukooslustes ja lõi eeldused isereguleeruvate kestlike põllukoosluste kujunemisele. Ära ei tohi unustada umbrohtude mitmekesistamise rolli põldudel. Mitmekesise umbrohu säilitamine põllukooslustes tagab eri taseme toiduaheala lülide (nii selgrootute kui selgroogsete) toimimise looduslikes toiduvõrgustikes (Barbieri jt, 2010).

Järeldused

Põllukoosluste talitluses oluliste lüljalgsete – ämblike ja jooksiklaste esinemise uurimine tava- ja maheviljeluse süsteemides näitas keemiliste häiringute negatiivset mõju nende arvukusele. Selgelt tuli esile maheviljeluse ning vahekultuuride ja sõnniku kompostiga mitmekesistatud külvikorra soodustav mõju nende esinemisele. Sellest järeldus, et keemiliste häiringute vältimine ning külvikorra mitmekesistamine soodustavad elurikkuse suurenemist põllukooslustes, mis on eelduseks kestlike põllukoosluste kujunemisele.

Tänuavaldused

Artikkel on valminud projektide ERA Net Core Organic ALL-Organic ja PRG1949 toel.

Kirjandus

- Adikhari, S., Menalled, F.D. 2020. Supporting beneficial insects for agricultural sustainability: The role of livestock-integrated organic and cover cropping to enhance ground beetle (Carabidae) communities. *Agronomy*, 10, 1210.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 2018. Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecology and Sustainable food systems*, 42 (10), 1–24.
- Barbieri, P., Burgio, G., Dinelli, G., Moonen, A.C., Otto, S., Vazzana, C., Zanin, G. 2010. Functional biodiversity in the agricultural landscape: relationships between weeds arthropod fauna. *Weed Research*, 50, 388–401.
- Boeraeve, F., Vialatte, A., Sirami, C., Caro, G., Thenard, J., Francis, F., Dufrêne, M. 2022. Combining organic and conservation agriculture to restore biodiversity? Insights from innovative farms in Belgium and their impacts on carabids and spiders. *Frontiers in Sustainable Food System*, 6, 1003637.
- Bohan, D.A., Boursault, A., Brooks, D.R., Petit, S. 2011. National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*, 48, 888–898.
- Carmona, C.P., Guerrero, I., Begoña, I., Peco, B., Morales, M.B., Oñate, J.J., Pärt, T., Tscharntke, T., Liira, J., Aavik, T., Emmerson, M., Berendse, F., Ceryngier, P., Bretagnolle, V., Weisser, W.W., Bengtsson, J. 2020. Agriculture intensification reduces plant taxonomic and functional diversity across European arable systems. *Functional Ecology*, 34, 1448–1460.

- Dassou, A.G., Tixier, P. 2016. Response of pest control by generalist predators to local-scale plant diversity: A meta-analysis. *Ecology and Evolution*, 6 (4), 1143–1153.
- Emmerson, M., Morales, M.B., Oñate, J.J., Batary, P., Berendse, F., Liira, J., Aavik, T., Guerrero, V.I., Pärt, T., Tschardtke, T., Weisser, W., Clement, L., Bengtsson, J. 2016. Chapter two - How agricultural intensification affects biodiversity and ecosystem services. *Advances in Ecological Research*, 55, 43–97.
- ELi elurikkuse strateegia aastani 2030. eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN (15.09.2023)
- Gordon, L.J., Bignet, V., Crona, B., Henriksson, P.J.G., Van Holt, T., Jonell, M., Lindahl, T., Troell, M., Barthel, S., Deutsch, L., Folke, C., Haider, J., Rockström, J., Queiroz, C. 2017. Rewiring food systems to enhance human health and biosphere stewardship. *Environment Research Letters*, 12, 100201, 1–12.
- Haberman, H. 1968. Eesti jooksiklased. Valgus, Tallinn, 598 lk.
- Holland, J.M., Luff, M.L. 2000. The effect of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews*, 5, 109–129.
- Kuht, J., Eremeev, V., Talgre, L., Runno-Paurson, E., Loit, E., Luik, A. 2022. Mulla orgaanilise süsiniku sisalduse muutustest mitmesuguste viljelusviisidega külvikorras. Teaduselt mahepõllumajandusele. Toimetised, Tartu, lk 46–52.
- Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. Überarbeitete und ergänzte Auflage. 2019. Sanders, J., Heß, J. (eds). Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 p, Thünen Rep 65.
- Luik, A., Eremeev, V., Madsen, H., Loit, E., Talgre, L. 2019. Mitmekesise külvikorruga mahevilljelus loob eeldusi kestlikuks majandamiseks. Teaduselt mahepõllumajandusele. Toimetised. Tartu, lk 70–75.
- Luik, A., Eremeev, V., Talgre, L. 2022. Hooghännaliste esinemine mullas sõltuvalt viljelusviisist ja kultuurist. Teaduselt mahepõllumajandusele. Toimetised, Tartu, 60–65.
- Madsen, H., Luik, A., Eremeev, V., Mäeorg, E., Talgre, L. 2023. Umbrohtude biomassi, arvukuse ja mitmekesisuse muutused pikaajalise külvikorra katse teises rotatsioonis. *Agraarteadus*, 1, XXXIV, 18–30.
- Marc, P., Canard, A., Ysnel, F. 1999. Spiders (*Araneae*) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 229–273.
- Michalko, R., Pekár, S., Entling, M.H. 2019. An updated perspective on spiders as generalist predators in biological control. *Oecologia*, 189, 21–36.
- Pekar, S. 2012. Spiders (*Araneae*) in the pesticide world: an ecotoxicological review. *Pest Management Science*, 68 (11), 1438–46.
- Schumacher, M., Dietrich, M., Gerhards, R. 2020. Effects of weed biodiversity on ecosystem service of weed seed predation along a farming intensity gradient. *Global Ecology and Conservation*, 24, 1–15.
- Talgre, L., Eremeev, V., Mäeorg, E., Luik, A. 2023. Diversified cropping systems for promoting the beneficial insects – ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*). *Agronomy Research*, 21 (S2), 592–597.

Põllumajandus ja keskkond

- Tilman, D., Forest, I., Cowles, J.M. 2014. Biodiversity and ecosystems functioning. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, 471–493.
- Toft, S., Bilde, T., Holland, J.M. 2002. The Agroecology of Carabid Beetles. 81–110.
- Turner, R.K. 2002. *Environmental and ecological economics perspectives*. Handbook of environmental and resource economics, 1001–1033.

Kartuli kasvuala mulla pH muutused mahe- ja tavaviljeluses olenevalt viljelusviisist

Soil pH changes in the potato growing area in organic and conventional systems, depending on the cultivation method

Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Kalle Margus, Anne Luik, Liina Talgre
Eesti Maaülikool, Põllumajanduse ja keskkonna instituut

✉ jaan.kuht@emu.ee

Sissejuhatus

Taimekasvatus tava- ja maheviljeluse süsteemides oleneb suuresti mullaviljakusest. Selle säilitamiseks tuleks kasutada õiget külvikorda, väetada ala sõnniku ja haljasväetistega (Rasmussen jt, 2006). Mulla pH mõjutab kõiki mulla keemilisi, füüsikalisi ja bioloogilisi omadusi (Aciego Pietri ja Brookes, 2008). Enamikele põllukultuuridest sobivad kõige paremini mineraalmullad, mille pH on 6,5 (FAO Soil Portal). Samas muutuvad mullad mineraalväetiste rohke kasutamise tõttu happelisemaks. Seda kinnitavad FAO (2015) andmed, mille alusel tuuakse muldade degradeerumise ühe põhjusena välja muldade hapestumine. Mitmed antud katse põhjal valminud artiklid on seni käsitlenud viljelusviiside pikaajalist mõju mulla süsiniku- (Kauer jt, 2021), fosfori ja kaaliumisisaldusele ning pH-le (Tein jt, 2014; Esmaeilzadeh-Salestani jt, 2015), kuid vähem on uuritud mulla Ca-sisalduse muutuste mõju seostatuna mulla happesusega.

Antud uurimistöö eesmärk oli selgitada, kuidas erinevad viljelusviisid mõjutavad kartulijärgse mulla happesust (pH) ja milline osa selles on mulla kaltsiumisisaldusel.

Materjal ja meetodika

Pikaajaline mahe- ja tavaviljelusviisi võrdluskatse oli rajatud 2008. aastal Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli Eerika katsepõllule (58°22'N, 26°40'E). Katses kasutati 5-väljalist külvikorda, kus kultuuride järjestus oli järgmine: punase ristiku allakülviga oder (*Hordeum vulgare* L.), punane ristik (*Trifolium pratense* L.), talinisu (*Triticum aestivum* L.), hernes (*Pisum sativum* L.) ja kartul (*Solanum tuberosum* L.).

Katsed tehti keskvalmiva kartulisordiga 'Teele'. Külvikorras olevaid kultuure väetati maheviljelussüsteemis orgaaniliste ja tavaviljelussüsteemis mineraalväetistega. Käesolevas artiklis analüüsiti kolme mahe- ja nelja tavaviljelusviisi. M0 variant järgis ainult külvikorda. Mahe 1 ja 2 süsteemides kasutati põhikultuuride vahel talviseid vahekultuure, mis külvati kohe peale talinisu koristust rukki ja talirüpsi seguna. Pärast hernest kasutati vahekultuuriks talirüpsi. M2 aladele anti kompostitud veisesõnnikut: teraviljadele normiga 10 tonni ha⁻¹ ja kartulile 20 tonni ha⁻¹. Kevadel aprilli lõpus vahetult enne vahekultuuride mulda kündmist väetati ala sõnnikuga. Talvel olid kõik M1 ja M2 väljad roheline katte all. M0 katselappidel jäi maa herne ja kartuli järel talveks taimkatteta.

Tavaviljeluses oli neli kasvatussüsteemi: väetamata kontrollvariant Tava T0 (kontroll, N₀P₀K₀) ning väetatud variandid T1 (N₅₀P₂₅K₂₅), T2 (N₁₀₀P₂₅K₂₅) ja T3 (N₁₅₀P₂₅K₂₅). Tavaviljeluse variantides kasutati taimekaitsevahenditest umbrohtude tõrjeks herbitsiidi Titus (50 g ha⁻¹) ning lehemädaniku tõrjeks kahel korral fungitsiide Ridomil Gold MZ 68 WG (2,5 kg ha⁻¹) ja Ranman 400SC (0,2 l ha⁻¹). Katsed viidi läbi neljas korduses ja katselapi suurus oli 60 m². Katseala mullastik oli WRB 2002 klassifikatsiooni järgi näivleetunud (Stagnic Luvisol; Deckers jt, 1998), lõimiselt kerge liivsavi huumuskihi tusedusega 20–30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

Mulla pH määrati 1M KCl lahuses (vahekord (1:2.5; Soil Survey Laboratory Staff, 1996). Taimedele omastatav Ca määrati AL-meetodil.

Kogutud andmete statistiline analüüs tehti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc) kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Variantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ($p = 0,05 - 0,001$). Käesolevas artiklis käsitleti pH_{KCl} ja Ca-sisalduse andmeid enne kartuli kasvatamist aastatel 2013–2017 ja pärast kartuli kasvatamist aastatel 2014–2018.

Tulemused ja arutelu

Tavaviljeluses langes kartuli järel mulla pH aastate keskmisena vastavalt lämmastikväetise annuse suurenemisele (tabel 1). Võrreldes T0-ga muutus mulla pH enam happeliseks 150 kg ha^{-1} lämmastikku saanud T3 alal, langedes 0,25 ühiku e 4,4% võrra. Kartuli eelvilja (herne) järgselt suurenes mulla pH variantis T1 võrreldes kontrolliga 0,07 ühiku võrra e 1,4%, kuid variantides T2 ja T3 vähenes sama näitaja vastavalt 0,08 (1,5%) ja 0,15 (2,8%) võrra. Et hernele anti T1, T2 ja T3 variantides 20 kg N ha^{-1} , siis võib oletada, et mulla pH väärtus langes herne eelviljale (talinisule) antud lämmastikväetise (NH_4NO_3) kaudse mõju tagajärjel. Lämmastikväetised, mis sisaldavad lämmastikku ammooniumina (NH_4^+), vabastavad pärast oksüdatsiooni vesiniku ioone (H^+), alandades sellega mulla pH-d (Magdof jt, 1997; Imtiaz Rashid jt, 2013).

Lämmastikuga väetatud aladel muutus mulla pH pärast kartulikasvatust 0,8–1,2% võrra happelisemaks võrreldes kartuli eelse olukorraga. Ka meie varasemad uuringud on näidanud, et suures koguses mineraalsete lämmastikväetistega väetamine põhjustab mulla happelisemaks muutumise ja vähendab mikroobide mitmekesisust ja aktiivsust mullas (Talve jt, 2022). Samas on mitmekesine ja rohke mullaelustik vajalik nii toitainete ringlusse jõudmiseks kui ka taimehaiguste tekitajate kontrolli all hoidmiseks. See omakorda vähendab taimekaitsevahendite kasutamise vajadust (Odlare jt, 2008).

Mahealadel tõstsid orgaanilised väetised mulla pH taseme üle 6,0. Talviste vahekultuuridega variantis M1 oli mulla pH 0,11 (1,8%) ja laudasõnnikut lisaks saanud variantis M2 0,15 e 2,5% ühiku võrra kõrgem võrreldes väetamata kontrollalaga M0 (tabel 1). Samas ilmnes variantis M2 kartulijärgse ala pH

tõus 0,11 ühikut (3,6%) võrreldes kartuli eelse olukorraga. Eghball (1999) leidis, et vahekultuurid ja laudasõnnik võivad tõsta mulla pH-d, mis võib kaudselt olla seletatav veiste toitmise ja sellest tuleneva sõnniku keemilise koostisega.

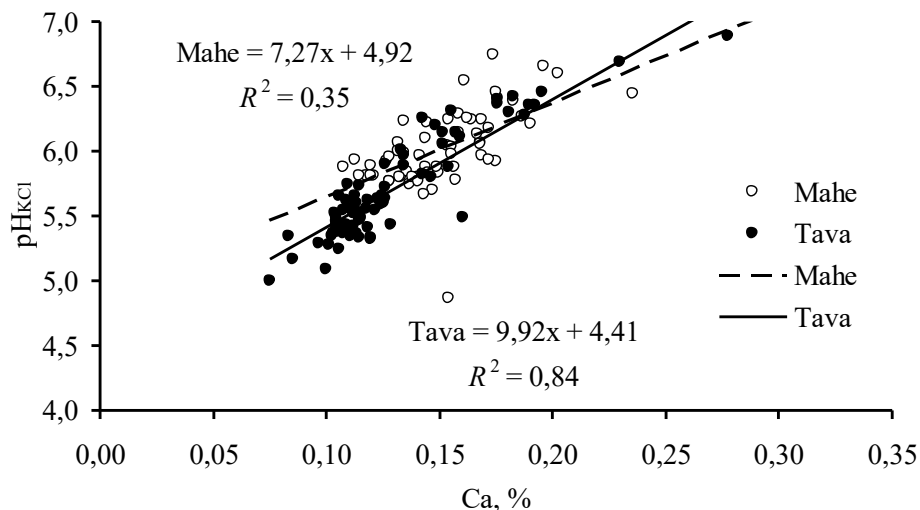
Tabel 1. Mulla pH_{KCl} ja kaltsiumi (Ca, mg kg⁻¹) sisaldus mahe- (M) ja tavaviljelusviisides (T) enne kartuli kasvatamist aastate 2013–2017 ja pärast kartuli kasvatamist aastate 2014–2018 keskmisena

Näitaja	Määramise aeg	M0	M1	M2	T0	T1	T2	T3
pH_{KCl}	Enne kartulit	5,97	6,08	6,02	5,75	5,83	5,67	5,60
	Pärast kartulit	5,96	6,07	6,11	5,80	5,76	5,63	5,55
Ca, mg kg ⁻¹	Enne kartulit	1480	1500	1562	1292	1437	1287	1219
	Pärast kartulit	1436	1543	1591	1315	1450	1298	1219

Kartulijärgse mulla keskmine kaltsiumisisaldus osutus maheviljeluses 202 mg kg⁻¹ võrra suuremaks kui tavaviljeluses. Ka kartulieelses mullas oli Ca-sisalduse näitaja keskmiselt 205 mg kg⁻¹ võrra maheviljeluse kasuks. Sealjuures variantide vahel usutavad erinevused mulla Ca-sisalduses puudusid.

Mulla Ca-sisaldus tavaviljeluses oli suurim T1 alal, seda nii pärast kui ka enne kartulit. Võrreldes kontrolliga olid erinevused vastavalt 75 mg kg⁻¹ (9,3%) ja 139 mg kg⁻¹ (10,1%). Lämmastikuga väetatud tavaaladel puudusid usutavad erinevused variantide ning kartulieelsete ja -järgsete muldade Ca-sisalduste vahel. Väetatud tavavariantides T2 ja T3 oli Ca-sisaldus võrreldes T1-ga kartulijärgses mullas vastavalt 152 mg kg⁻¹ (10,5%) ja 231 mg kg⁻¹ (15,9%) võrra ning kartulieelses mullas vastavalt 150 mg kg⁻¹ (10,4%) ja 218 mg kg⁻¹ (15,2%) väiksemad.

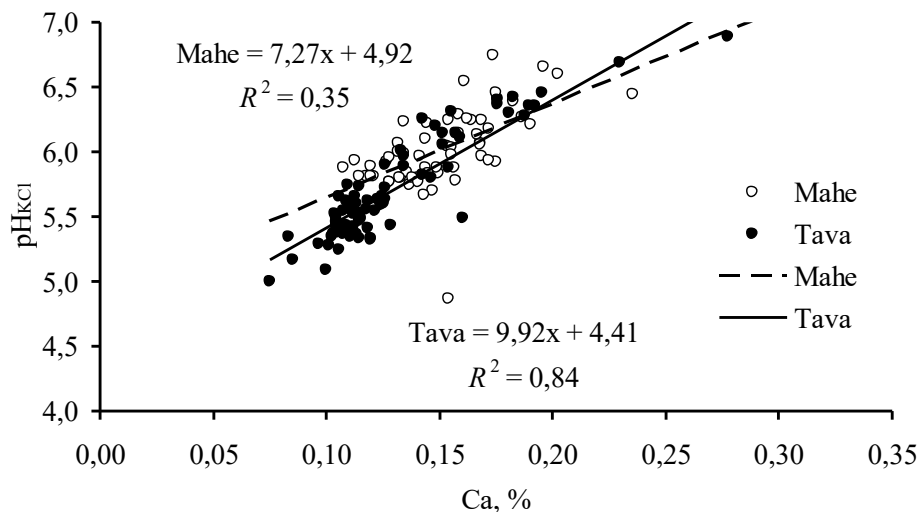
Regressioonanalüüsi tulemuste järgi sõltus mulla pH maheviljeluses mulla Ca-sisaldusest vähem kui tavaviljeluses (joonis 1). Mahealadel näitasid kartulijärgse mulla pH ja kaltsiumisisalduse andmete põhjal arvutatud korrelatsiooni koefitsiendid nendevaheliseks seoseks $r = 0,59$; $p < 0,001$. Tavaviljeluses oli seos aga märksa tugevam – $r = 0,92$, $p < 0,001$. Järelikult olenes mulla happesus mõlemal juhul olulisel määral mulla kaltsiumisisaldusest, kuid nendevahelise seose tugevus varieerus olenevalt variandist.



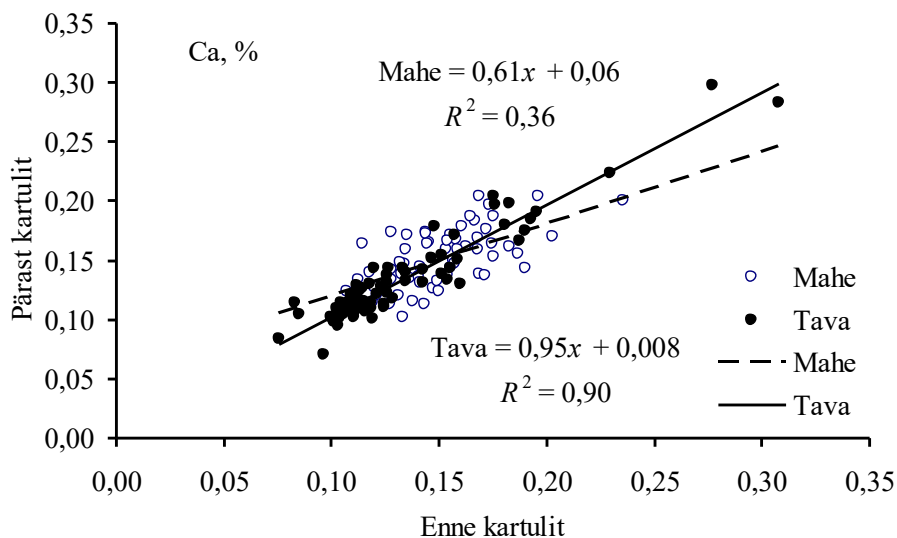
Joonis 1. Regressiooniline seos mulla pH_{KCl} ja mulla Ca sisalduse vahel mahe- ja tavaviljeluses.

Ilmnes, et kartulieelne mulla happesus mõjutas kartulijärgset pH-d tavaviljeluses märksa tugevamini kui maheviljeluses. Kui kartulijärgse ja -eelse mulla pH vaheline korrelatsioon mahevariantides oli $r = 0,63$; $p < 0,001$, siis tavaviljeluses oli seos $r = 0,93$; $p < 0,001$ (joonis 2). Järelikult tuleks kartulieelsete kultuuride kasvatamisel tavaviljeluses seda ka arvesse võtta ning leida võimalusi mulla hapestumise vähendamiseks.

Sarnane seos esines ka mulla Ca-sisalduse osas, kus kartulijärgse ja kartulieelse mulla pH vaheline korrelatsioon oli maheviisides $r = 0,60$; $p < 0,001$ ja tavavii- sides $r = 0,95$; $p < 0,001$ (joonis 3). Ka siin avaldus kartulieelse mulla Ca-sisalduse mõju tavasüsteemis tugevamini kui mahedas.



Joonis 2. Kartulijärgse mulla pH_{KCl} regressiooniline seos kartulieelse mulla pH-ga mahe- ja tava- viljeluses.



Joonis 3. Kartulijärgse mulla Ca-sisalduse regressiooniline seos kartulieelse mulla Ca-sisaldusega mahe- ja tavaviljeluses.

Järeldused

Tavaviljeluses kasutatud lämmastikväetis muutis mulla happelisemaks. Maheviljeluses tõstsid orgaanilised väetised (talvised vahekultuurid ja komposteeritud veisesõnnik) mulla pH taseme üle 6,0.

Eelviljade mõju kartulijärgse mulla pH-le oli tavasüsteemis tugevam kui mahe-
das. Mulla happesus mõlemas viljelusviisis olenes olulisel määral mulla kaltsiumisisaldusest, kuid seda erinevate seoste tugevustega – tavasüsteemis tugevamini kui mahesüsteemis. Ka kaltsiumisisalduses avaldus kartulieelse mulla Ca sisalduse mõju tavasüsteemis rohkem kui mahesüsteemis.

Antud uurimus näitas selgelt, et mahesüsteemis kasutatavad vahekultuurid ja sõnnik muudavad mulla pH kartulikasvatuses soodsamaks. Tavaviljeluses kasutatavad kõrged lämmastikuannused aga muudavad mulla happelisemaks ning kartuli kasvuks ebasoodsamaks. Seega oleks oluline ka tavatootmises kasvatada rohkem vahekultuure ja võimalusel väetada mulda komposteeritud sõnnikuga.

Tänuavaldused

Artikkel on valminud projektide ERA Net Core Organic ALL-Organic ja PRG1949 toel.

Kirjandus

- Aciego Pietri, J.C., Brookes, P.C. 2008. Relationships between soil pH and microbial properties in a UK arable soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (7), 1856–1861.
- 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.
- Eghball, B. 1999. Liming effects of beef cattle feedlot manure or compost. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 30, 2563–2570.

- FAO, 2015. Status of the World Soil Resources. Main report. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, pp. 51–87.
- FAO Soil Portal. www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-classification/numerical-systems/chemical-properties/en
- Imtiaz, M.R., de Goede, M., Brussaard, R.G.L., Lantinga, E.A. 2013. Home field advantage of cattle manure decomposition affects the apparent nitrogen recovery in production grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 320–26.
- Kauer, K., Pärnpuu, S., Talgre, L., Ereemeev, V., Luik, A. 2021. Soil Particulate and Mineral-Associated Organic Matter Increases in Organic Farming under Cover Cropping and Manure Addition. *Agriculture*, 11 (9), 903.
- Magdof, F., Lanyon, L., Liebhardt, B. 1997. Nutrient cycling, transformations, and flows: Implications for a more sustainable agriculture. *Advances in Agronomy*, 60, 1–73.
- Odlare, M., Pell, M., Svensson, K. 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste Management*, 28, 1246–1253.
- 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(1–2), 199–209.
- Sánchez de Cima, D., Reintam, E., Tein, B., Ereemeev, V., Luik, A. 2015. Soil nutrient evolution during the first rotation in organic and conventional farming systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 4 (21), 2675–2687.
- 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.
- Talve, T., Talgre, L., Toom, M., Edesi, L., Karron, E., Koll, B., Ereemeev, V., Luik, A., Loit, E., Börjesson, G. 2022. Composition of the microbial community in long-term organic and conventional farming systems. *Zemdirbyste-Agriculture*, 109 (2), 99–106.
- Tein, B., Kauer, K., Ereemeev, V., Luik, A., Selge, A., Loit, E. 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. *Field Crops Research*, 156, 1–11.

Kartuli kasvuala mulla orgaanilise süsiniku muutused mahe- ja tavaviljeluses olenevalt viljelusviisist

Soil organic carbon changes in the potato growing area depending on the method of cultivation in organic and conventional systems

Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Kalle Margus, Anne Luik, Liina Talgre
Eesti Maaülikool, Põllumajanduse ja keskkonna instituut

✉ jaan.kuht@emu.ee

Sissejuhatus

Mulla orgaaniline süsinik (Corg) mängib keskset rolli ja on mulla toimimise üks põhinäitajatest. Ilma piisava süsiniku sisalduseta on mullad halvemini funktsioneerivad, ja vähem sobivad taimekasvatusele ning ökosüsteemi tervisele. Mulla orgaaniline süsinik mängib olulist rolli ka maapealsete ökosüsteemide kliimakaitstes, viljakuses ja produktiivsuses, samuti mulla ja vee kvaliteedis (Klaus ja Lal, 2016; Lorenz ja Lal, 2016). Kartuli kui vaheltharitava kultuuri viljelemise probleemiks on vaovahede kobestamisega kaasnev mulla süsinikuvahetuse vähenemine. Corg säilimises võib mullas olev kaltsium (Ca) mängida füüsilise eraldamise ja sorptsiooni protsesside kaudu olulist rolli (Muneer ja Oades, 1989a; Oades, 1988; Rasmussen jt, 2018).

Meie uurimistöö eesmärk oli selgitada, kuidas erinevad viljelusviisid mõjutavad kartuli kasvatamisel mulla orgaanilise süsiniku sisaldust ja milline osa selles on orgaanilistel väetistel ja mulla kaltsiumisisaldusel.

Materjal ja meetodika

Katse andmed koguti viieväljaliselt külvikorra katselt, kus kultuuride järjestus oli järgmine: oder (*Hordeum vulgare* L.) punase ristiku allakülviga, punane ristik (*Trifolium pratense* L.), talinisu (*Triticum aestivum* L.), hernes (*Pisum sativum* L.) ja kartul (*Solanum tuberosum* L.).

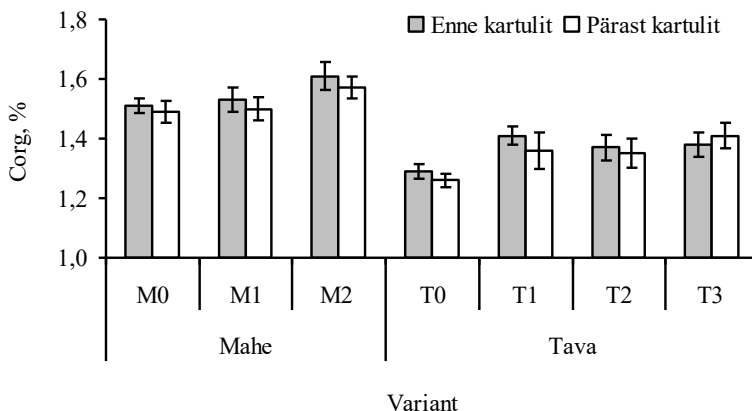
Külvikorras olevaid kultuure väetati maheviljeluses orgaaniliste ja tavaviljeluses mineraalväetistega. Artiklis analüüsiti kolme maheviljelus- ja nelja tavaviljelus-süsteemi (varianti). Maheviljeluses järgis M0 variant ainult külvikorda. M1 ja M2 variantides kasutati põhikultuuride vahel talviseid vahekultuure. Kohe pärast herne koristust (kartuli eelvili) külvati talviseks vahekultuuriks talirüps. M2 alal anti kartulile kompostitud veisesõnnikut 20 tonni ha⁻¹. Talvel olid kõik M1 ja M2 väljad taimkatte all. M0 katselappidel jäi maa herne ja kartuli järel talveks taimkatteta. Katseala mullastik oli näivleetunud (Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi Deckers jt, 1998), lõimiselt kerge liivsavi huumuskihi tusedusega 20–30 cm.

Tavaviljeluses analüüsiti kartuli väetamata kontrollvarianti T0 (kontroll, N₀P₀K₀) ja väetatud variante T1 (N₅₀P₂₅K₂₅), T2 (N₁₀₀P₂₅K₂₅) ning T3 (N₁₅₀P₂₅K₂₅). Nimetatud alal kasutati umbrohtude tõrjeks herbitsiidi Titus (50 g ha⁻¹) ning lehemädaniku tõrjeks kahel korral fungitsiide Ridomil Gold MZ 68 WG (2,5 kg ha⁻¹) ja Ranman 400SC (0,2 l ha⁻¹). Katsed viidi läbi neljas korduses, katselapi suurus oli 60 m². Enne ja pärast kartuli kasvatamist võeti variantide lõikes keskmised mulla proovid, millest määrati Corg sisaldus Dumas' kuivpõletusmeetodil, kasutades VarioMAX CNS analüsaatorit ning taimedele omastatav Ca AL-meetodil. Kogutud andmete statistiline analüüs tehti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Variantidevaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ($p = 0,05 - 0,001$).

Tulemused ja arutelu

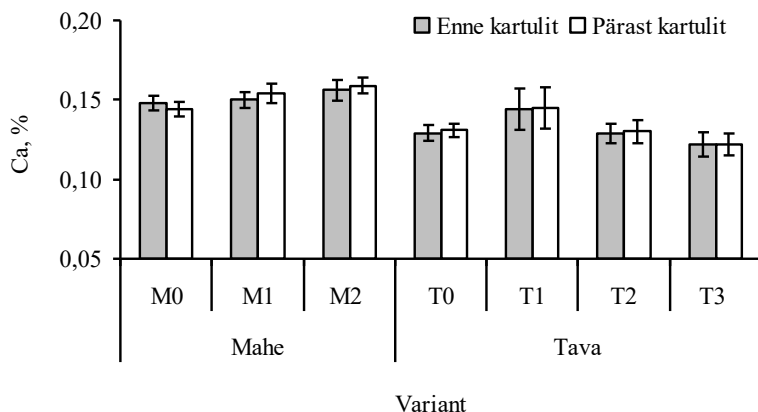
Viljelussüsteemide võrdluses oli maheala mulla Corg sisaldus võrreldes tava-süsteemiga kartulieelses mullas 0,19 ja kartulijärgses mullas 0,18% võrra kõrgem (joonis 1). Mahealal sõltus Corg sisaldus eelkõige sõnnikuga väetamisest. Vahekultuuride mõju oli antud näitajale statistilise analüüsi alusel mitteusutav. Varem on samalaadsetes uurimustes leitud, et kõige enam suurendasid Corg varu vahekultuurid ja laudasõnnik (Kauer jt, 2015), kusjuures Corg varu suurenes 0,30 Mg ha⁻¹ aastas (Kauer jt, 2021). Võrreldes kartulieelse mulla Corg sisaldusega, oli kartulijärgses mullas antud näitaja maheviljeluses olenevalt variandist kuni 0,11% võrra madalam.

Tavaviljeluses oli väetatud variantidel Corg sisaldus üldjuhul kõrgem võrreldes kontrolliga (T0). Võrreldes T0-ga oli kartulijärgse mulla Corg sisaldus T3 mullas 0,09 ja võrreldes kartulieelsega 0,06% kõrgem. Siin võib märgata ka koristamata ja mulda küntud mugulate (keskmiselt 10% mugulatest) osalist mõju Corg sisaldusele. Kätterer jt (2011) pani tähele, et võrreldes maapealsete põllukultuuride jääkidega aitavad maa-alused taimeosad paremini stabiliseerida Corg stabiilsust mullas.



Joonis 1. Mulla süsiniku sisaldus mahe- (M) ja tavaviljeluses (T) enne kartuli kasvatamist aastate 2013–2017 ja pärast kartuli kasvatamist aastate 2014–2018 keskmisena. Vearibad näitavad standardhälvet.

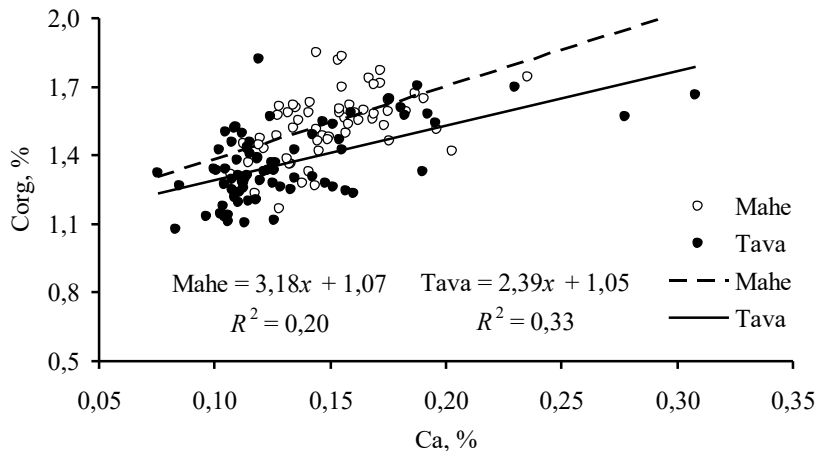
Kaltsium võib mängida mulla orgaanilise süsiniku dünaamikas olulist rolli, olles võtmetähtsusega orgaanilise süsinikuga seotud ensümaatilistes lagunemisprotsessides (Dominguez, 2018; Nava jt, 2020; Dai jt, 2017; Ye jt, 2016).



Joonis 2. Mulla kaltsiumi sisaldus mahe- (M) ja tavaviljeluses (T) enne kartuli kasvatamist aastate 2013–2017 ja pärast kartuli kasvatamist aastate 2014–2018 keskmisena. Veerivad näitavad standardhälvet.

Kartulieelses mullas oli Ca sisaldus mahealal 0,18% kõrgem kui tavaviljeluses (joonis 2). Vahekultuuride ja sõnniku kasutamine maheviljeluses (variantides M1 ja M2) suurendas oluliselt mulla Ca sisaldust võrreldes kontrollvariandiga (M0). Mineraalväetisega väetatud alal usutav erinevus kartulieelse ja -järgse mulla Ca sisalduse vahel puudus, sealjuures kasutatud lämmastikväetise kogus avaldas mulla Ca sisaldusele vastakat mõju. Väikese lämmastiku normi korral (variandis T1) oli mulla Ca sisaldus oluliselt kõrgem kontrollist (T0 variandist). Selle üheks põhjuseks oli ilmselt kartuli toitumistingimuste paranemisega kaasnenud suurem maa-alune biomass, mis rikastas ühtlasi mulda kaltsiumiga. Samas ei saa see olla ainus põhjus, kuna mulla Ca sisaldus tõusis selles variandis juba ka kartuli eelselt. Lämmastikväetise normi suurendamine 100–150 kg ha⁻¹ (variantides T2 ja T3) ei põhjustanud muutusi mulla Ca sisalduses võrreldes variandiga T0.

Paljud erinevatel mullatüüpidel läbiviidud uuringud on näidanud positiivset korrelatsiooni mulla Corg ja Ca sisalduse vahel. Samas aga moodustades erinevaid ühendeid ja sadet (Palani ja Indirani, 2019) takistab kõrge kaltsiumisisaldus teiste makro- ja mikroelementide omastatavust põllukultuuride poolt.

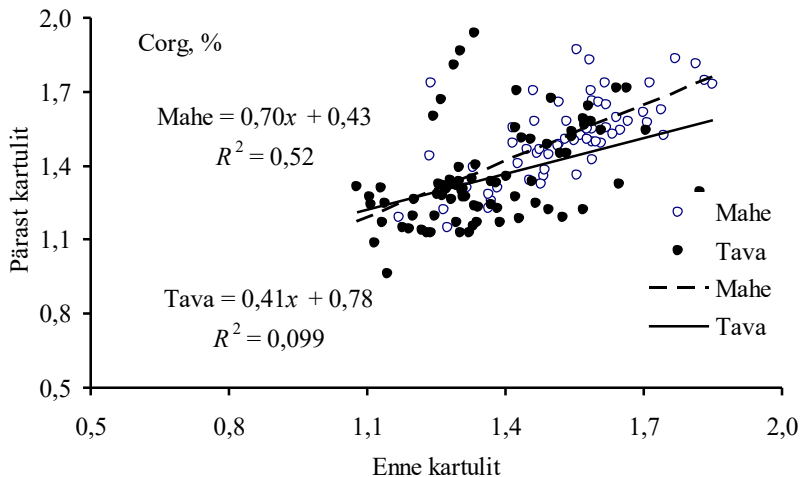


Joonis 3. Regressiooniline seos mulla süsiniku sisalduse ja mulla kaltsiumi sisalduse vahel mahe- ja tavaviljeluses.

Tavaviljeluses sõltus Corg mulla kaltsiumisisaldusest rohkem kui maheviljeluses – korrelatsioonikoefitsiendid vastavalt $r=0,58$ ja $0,45$ ($p < 0,001$; joonis 3).

Sellised Corgi ja Ca vaheliste seoste tugevuste erinevused viitavad sellele, et võrreldes kaltsiumiga avaldavad vahekultuurid ja laudasõnnik mulla orgaanilise süsiniku muutustele suuremat mõju.

Maheviljeluses oli kartulijärgse mulla Corg sisalduse seos võrreldes kartulieelse mulla sama näitajaga tugevam kui tavaviljeluses, korrelatsioonid vastavalt $r=0,72$; $p < 0,001$ ja $r=0,31$; $p < 0,01$ (joonis 4).



Joonis 4. Kartulijärgse mulla süsiniku sisalduse regressiooniline seos kartulieelse mulla süsiniku sisaldusega mahe- ja tavaviiljeluses.

Järeldused

Aastate keskmine maheala mulla Corg sisaldus oli võrreldes tavasüsteemiga kartulijärgses mullas oluliselt kõrgem. Võrreldes kartulieelse mulla Corg sisaldusega oli kartulijärgse mulla süsinikusisaldus mõlema viljelusviisi korral, olenevalt variandist mõnevõrra madalam. Tähelepanuväärne on ka see, et kartuli kasvujärgse mulla keskmine Ca sisaldus käitus sarnaselt Corg sisaldusega. Regressioonanalüüsi tulemused näitasid, et Corg muutustes mängisid vahekultuurid ja laudasõnnik suuremat rolli kui mulla Ca sisaldus. Võrreldes tavaviiljelusviisidega oli mahesüsteemides Corg sisaldus stabiilsem. Katsetulemuste alusel võib väita, et maheviljeluses kasutatud vahekultuurid ja sõnnik suurendasid mulla Corg sisaldust. Mulda lisanduva süsiniku koguse poolest on vahekultuuride kasvatamine oluline keskkonna parandaja ka tavatootmises.

Tänuavaldused

Artikkel on valminud projektide ERA Net Core Organic ALL-Organic ja PRG1949 toel.

Kirjandus

- Dai, H., Wu, Y., Peng, L., Dai, Z., Li, X., Lu, X. 2017. Effects of calcium on the performance, bacterial population and microbial metabolism of a denitrifying phosphorus removal system. *Biores Technol.*, 243, 828–835.
- 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.
- Dominguez, D. 2018. Calcium signaling in prokaryotes. In: Calcium and Signal Transduction (Ed. by J. N. Buchholz and E. J. Behringer). DOI: 10.5772/intechopen.78546
- Kauer, K., Pärnpuu, S., Talgre, L., Ereemeev, V., Luik, A. 2021. Soil Particulate and Mineral-Associated Organic Matter Increases in Organic Farming under Cover Cropping and Manure Addition. *Agriculture*, 11 (9), 903.
- Kauer, K., Tein, B., Talgre, L., Ereemeev, V., Luik, A. 2015. Viljelussüsteemide mõju mulla süsinikuvarule, *Agronoomia* 2015, 16–21.
- Klaus, L. and Lal, R. 2016. Soil Organic Carbon – An Appropriate Indicator to Monitor Trends of Land and Soil Degradation within the SDG Framework? Project No. 55337, Report No. 002413/ENG, pp 52.
- Kätterer, T., Bolinder, M. A., Ande'n, O., Kirchmann, H., Menichetti, L. 2011. Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141, 184–192.
- Lorenz, K. and 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.
- Nava, A. R., Mauricio, N., Sanca, A. J., Domínguez, D. C. 2020. Evidence of calcium signaling and modulation of the LmrS multidrug resistant efux pump activity by Ca₂₊ ions in *S. aureus*. *Front Microbiol.*, 11 (2463). DOI: 10.3389/fmicb.2020.573388
- Oades, J. M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant Soil* 76 (1/3), 319–337.
- Oades, J. M. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5 (1), 35–70.
- Palani, V., Indirani, R. 2019. Synergistic and Antagonistic Interactions of Calcium with Other Nutrients in Soil and Plants. Available at SSRN: ssrn.com/abstract=3503225 or dx.doi.org/10.2139/ssrn.3503225
- Rasmussen, C., Heckman, K., Wieder, W. R., Keiluweit, M., Lawrence, C. R., Berhe, A. A., Blankinship, J. C., Crow, S. E., Druhan, J. L., Hicks Pries, C. E., Marin-Spiotta, E., Plante, A. F., Schädel, C., Schimel, J. P., Sierra, C. A., Thompson, A., Wagai, R. 2018. Beyond clay: towards an improved set of variables for predicting soil organic matter content. *Biogeochemistry* 137 (3), 297–306.

Erinevate tehnoloogiate mõju luste ja liblikõieliste segu saagile ja toiteväärtusele

Effect of different technologies on yield and nutritional
value of brome grass mixture with legumes

**Heli Meripõld, Uno Tamm, Silvi Tamm, Sirje Tamm, Taavi Võsa,
Priit Pechter**

Maaelu Teadmuskeskus

✉ heli.meripold@metk.agri.ee

Sissejuhatus

Täisväärtuslik rohusööt veiste söödaratsioonis peab olema hea söömuse ja seeduvuse ning mõõduka proteiinisaldusega. Liblikõieliste-kõrreliste segukülvide rajamisel on oluline optimaalne liikide valik, et saada suur saak ja bioloogilise lämmastiku efektiivne kasutus (Elgersma ja Søegaard, 2015; Lüscher jt, 2014; Viiralt jt, 2015). Liikide valimisel segudesse tuleb arvestada nende fenoloogilise arengu kiirust, püsivust ja toiteväärtust. Toiteväärtus on kõrgeim siis, kui esimene niide võetakse kõrreliste heintaimede kõrsumise-loomise arengujärgus ja liblikõielistel õiepungade moodustumise faasis või õitsemise alguses. Varasemad uuringud on näidanud, et punase ristiku (*Trifolium pratense* L.) ja lutserni (*Medicago sativa* Lam.) kasvatamine segukülvides kõrrelistega parandab toiteväärtust ja sileerivaid omadusi. Segukülvidega saab pikendada ka rohusööda optimaalset koristusaega (Tamm, 2017). Kõrreliste mõõdukas esinemine liblikõieliste segukülvides tõstab saagi kuivaine- ja kiuisaldust, vähendab proteiinisaldust, kuid muudab seejuures proteiinibilansi mäletsejaliste vatsas soodsamaks (Tamm, 2005). Lutserni proteiini puuduseks on kiire lõhustumine vatsas (rohus 80%), kuna lutserni proteiinis on mittevälguliste lämmastikühendite osakaal suur (Kärt jt, 2002). Kiirekasvulistest suure

saagivõimega ja talvekindlatest kõrrelistest on kasvatajate tähelepanu pälvinud ohtetu luste (*Bromus inermis* Leysser) ja alaska luste (*Bromus sitchensis* Trin.). Viimast on Eestis seni suhteliselt vähe uuritud (Tamm jt, 2018). Käesoleva uuringu eesmärk on võrrelda kaht luste (*Bromus*) liiki, nende saaki ja toiteväärtust puhas- ja segukülvis kasvatamisel lutserni ja punase ristikuga.

Materjal ja meetodika

Uuringud viidi läbi aastatel 2018–2020. Katse rajati Sakus tüüpilisele kamar-karbonaatsele rähksele mullale split-plot asetuses ja neljas korduses. Mulla agrokeemilised näitajad olid järgmised: pH_{KCl} 7,4 (ISO 10390), orgaanilise süsiniku sisaldus 3,0% (Tyurin meetod) ning liikuva fosfori ja kaaliumi sisaldus vastavalt 53 ja 97 mg kg⁻¹ (Mehlich III meetod). Külvisenorm oli alaska luste sordil 'Hakari' ja ohtetu luste sordil 'Lehis' 20 kg ha⁻¹, lutserni sordil 'Karlu' 12 kg ha⁻¹ ja punase ristiku sordil 'Varte' 10 kg ha⁻¹. Katses võrreldi kaheksat erinevat segukülvi ja alaska luste ning ohtetu luste puhaskülvi (tabel 1). Selle käigus võrreldi kahte erinevat tehnoloogiat: väetiseta variant (alaska luste, ohtetu luste puhaskülvis ja segus punase ristiku ja lutserniga) ning väetatud variant (alaska luste, ohtetu luste puhaskülvis ja segus punase ristiku ja lutserniga). Puhaskülve väetati normiga N₂₀₀ kg ha⁻¹ kolmes osas: kevadel kasvu algul 80 ning esimese ja teise niite järel 60 kg ha⁻¹, lisaks anti sügisväetist (N₇P₂₀K₂₈) kogu katsealale normiga 300 kg ha⁻¹. Taimikuid niideti suve jooksul kolm korda. Esimene niide tehti mai lõpul või juuni algul, teine juuli keskel ja kolmas septembri algul. Katsed niideti motoblokiga MF 70, rohusaak kaaluti ja võeti proovid laboratoorseteks analüüsideks ning botaanilise koostise määramiseks. Rohuproovid analüüsiti Van Soesti skeemi järgi METK söötade ja teravilja laboris. Katseproovidest määrati kuivainesaak (KA), toorproteiin (TP), neutraalkiud (NDF), happekiud (ADF), kuivaine seeduvus (DDM), metaboliseeruv energia (ME) ja metaboliseeruv proteiin (MP). Rohusööda metaboliseeruv proteiin arvatati rohu keemilise koostise analüüsitulemuste ja avaldatud koefitsientide alusel (EPMÜ, 2004; Tuori jt, 1998). Efektiivset temperatuuri (üle +5 °C) kogunes kasvuperioodil (aprill-september) 2018. aastal 1729 °C, 2019. aastal 1459 °C ja 2020. aastal 1394 °C. Sademeid oli vastavalt 266, 351 ja 459 mm.

Tulemused ja arutelu

Liblikõieliste kasv ja areng oli kevadel nende soojalembuse tõttu aeglasem. Esimene niide tehti 28. mail 2018, 31. mail 2019 ja 2. juunil 2020 (efektiivse temperatuuri summa oli vastavalt 349, 311 ja 147 °C). Viimane oli katseaastate kõige jahedam kevad. Kolme aasta keskmisena saadi suuremad kuivainesaadid ohtetu luste ja alaska luste puhaskülvidelt N200 väetist kasutades, vastavalt 11,0 ja 10,1 t ha⁻¹ (tabel 1).

Tabel 1. Erinevate luste liikide ja nende segukülvide kuivainesaadid aastatel 2018–2020, t ha⁻¹

Liik/seg	Variant	2018	2019	2020	Keskmine
Alaska luste	Väetamata	3,8	1,6	2,0	2,5
	Väetatud	6,1	7,2	17,0	10,1
Alaska luste + lutsern	Väetamata	4,0	5,8	7,7	5,8
	Väetatud	4,3	6,9	12,2	7,8
Alaska luste + punane ristik	Väetamata	4,5	5,6	4,3	4,8
	Väetatud	4,9	6,3	7,7	6,3
Ohtetu luste	Väetamata	3,5	2,5	2,8	2,9
	Väetatud	6,4	9,5	17,0	11,0
Ohtetu luste + lutsern	Väetamata	3,4	6,1	8,0	5,9
	Väetatud	3,9	7,7	16,1	9,2
Ohtetu luste + punane ristik	Väetamata	3,4	4,3	3,3	3,7
	Väetatud	3,9	5,9	8,1	6,0

Mineraalväetisega väetatud taimed olid põuale vastupidavamad. Varasemad uuringud (Tamm jt, 2018; Tamm jt, 2022; Meripõld jt, 2022) on näidanud, et kõrgeid lämmastikväetise norme kasutades annavad ohtetu luste ja alaska luste suuri kuivainesaake. Kõige suuremad kuivainesaadid saadi alaska luste ja ohtetu luste puhaskülvidelt kolmandal (soodsa vegetatsiooniperioodiga) katseaastal N200 foonil. Väetamata variandi puhaskülvis oli kolme aasta keskmine kuivainesaak ohtetul lustel 2,9 t ha⁻¹ ja alaska lustel 2,5 t ha⁻¹. Ohtetule lustele on iseloomulik väga hea põuataluvus, kuid tema läbilöövus segudes ei ole esimestel kasvuaastatel tugev (Annuk ja Sau, 1971; Parol jt, 2006). Alaska luste on halvema põuataluvusega kui ohtetu luste, kuid ta on hea konkurentsivõimega kaasliik nii liblikõieliste kui ka kõrreliste segukülvides (Olderseeds).

Väetatud ohtetu luste ja lutserni segukülvides oli kolme aasta keskmine kuivainesaak suurem kui alaska luste ja lutserni segus (vastavalt 9,2 ja 7,8 t ha⁻¹). Nii ohtetu luste kui ka alaska luste segukülvide rohusaagi botaaniline koostis oli katseaastate keskmisena suhteliselt sarnane, kuid lämmastikväetis suurendas kõrreliste ja vähendas liblikõieliste osakaalu segus. Sealjuures oli ohtetu luste nõrgema konkurentsivõimega kui alaska luste.

Söödakultuuride proteiinisisaldus ja seeduvus on rohusööda kvaliteedi olulised mõjutajad. Esimeses niites, generatiivsete taimeosade kasvuajal, on sööda kvaliteedi langus kiirem kui rohu vegetatiivsel kasvuperioodil ädalas. Seetõttu on esimese niite täpsel ajastamisel (lutsernil varsumisel, kõrrelistel kõrsumisel) suur tähtsus sööda toiteväärtusele. Lutserni füsioloogiline areng saagikoristuse ajal mõjutab oluliselt sööda toiteväärtust (Frame, 2005; Tamm jt, 2011; Tamm jt, 2020). Väetamine suurendas nii kõrreliste saagikust kui ka toorproteiini sisaldust. Segukülvide saagid olid kõrge toiteväärtusega. Väetamata segudes suurendasid lutsern ja punane ristik toorproteiini sisaldust ka varasemas uuringus (Tamm jt, 2018). Käesolevas uuringus oli nii väetatud kui väetamata alaska luste ja lutserni segukülvi toorproteiini sisaldus kõrgem kui alaska luste ja punase ristiku segus. Väetamata lустete toorproteiini sisaldus oli mõlemas niites oluliselt madalam kui väetatud variantides (vastavalt 97–108 ja 141–145 g kg⁻¹ KA-s; tabel 2).

Tabel 2. Erinevate luste liikide ja nende segukülvide esimese ja teise niite toiteväärtus (TP, NDF, DDM g kg⁻¹ KA, ME MJ kg⁻¹ KA) aastatel 2018–2020

Liik/seg	Variant	Esimene niide				Teine niide			
		TP	NDF	ME	DDM	TP	NDF	ME	DDM
Alaska luste	Väetamata	108	540	9,6	655	97	630	8,9	610
	Väetatud	142	620	9,3	635	144	673	9,0	599
Alaska luste + lutsern	Väetamata	172	447	10,2	679	167	502	9,4	636
	Väetatud	158	477	10,0	671	178	489	9,5	643
Alaska luste + punane ristik	Väetamata	130	474	10,2	677	117	547	9,1	621
	Väetatud	140	505	10,0	666	142	513	9,4	637
Ohtetu luste	Väetamata	102	566	9,3	634	107	601	9,0	617
	Väetatud	145	641	9,1	618	141	662	9,2	609

Liik/seg	Variant	Esimene niide				Teine niide			
		TP	NDF	ME	DDM	TP	NDF	ME	DDM
Ohtetu luste + lutsern	Väetamata	164	482	9,9	665	184	466	9,6	656
	Väetatud	164	475	10,0	666	187	477	9,5	649
Ohtetu luste + punane ristik	Väetamata	136	494	9,9	660	148	477	9,6	652
	Väetatud	135	506	9,8	689	144	499	9,5	644

Rohu seeduvust mõjutavad tselluloosi, hemitselluloosi ja ligniini sisaldus ning nende omavahelised seosed. Kuna kõrrelistel rohumaataimedel on rakuseinad kõrgema ligniini sisaldusega kui liblikõielistel, olid segude NDF väärtused madalamad kui puhaskülvi variantidel. Ohtetu luste NDF oli esimeses niites 566–641, alaska lustel 540–620 g kg⁻¹ KA-s. Kõigis kõrreliste-liblikõieliste segudes oli esimeses niites seeduvus kõrgem DDM (659–679 g kg⁻¹ KA-s). Metaboliseeruva energia väärtus oli mõlemas niites suurem kõrreliste-liblikõieliste segudes.

Metaboliseeruva proteiini (MP) sisaldust kasutatakse mäletsejate söödarsioonides ning söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelites proteiini kvaliteedi hindamiseks (hea tase > 75 g kg⁻¹ KA-s, Kärt jt, 2002). MP arvutati kolme aasta katseandmete põhjal. Esimese niite keskmine MP sisaldus oli suhteliselt sarnane nii alaska kui ka ohtetu luste puhaskülvide mõlemas variandis – väetamata alal vastavalt 84 ja 80 g kg⁻¹ KA-s ning väetatud variandis 82 ja 80 g kg⁻¹ KA-s. Teise niite keskmine MP sisaldus oli alaska luste ja ohtetu luste väetamata variandi puhaskülvides vastavalt 76 ja 68 g kg⁻¹ KA-s ning väetatud variandis vastavalt 83 ja 77 g kg⁻¹ KA-s.

Segukülvide MP oli võrreldes puhaskülvidega kõrgem – esimese niite väetamata alal alaska luste ja lutserni segus 94 ja väetatud variandis 90 g kg⁻¹ KA-s. Ohtetu luste ja punase ristiku segus olid samad näitajad vastavalt 77 ja 89 g kg⁻¹ KA-s. Metaboliseeruva proteiini sisaldus mõlema variandi niidetes vastas mäletsejaliste loomade vajadustele.

Järeldused

Mõlema katses olnud luste liigi puhaskülvide kuivainesaagid olid kolme aasta keskmisena sarnased. Väetamata puhaskülvid jäid segukülvidest väiksemaks. Lutserni segukülvide kuivainesaak oli mõnevõrra suurem võrreldes punase ristiku segudega mõlemas variandis. Väetamine tagas taimedel parema põuakindluse, suurendas kõrreliste kuivainesaaki ja toorproteiini sisaldust. Liblikõielised tagasid mõlemas variandis hea seeduvuse ja kõrge energeetilise väärtusega rohusööda. Täpselt ajastatud esimene niide (liblikõielistel varsumise, kõrrelistel kõrsumise faasis) andis kõrge seeduva ja suure energeetilise väärtusega sööda mõlemas variandis.

Tänuavaldus

Uurimus viidi läbi Maaeluministeriumi poolt rahastatud rakendusüritingu- projekti „Mahepõllumajanduses soovitatavad proteiini- ja energiarikkad kultuurid ja karjamaasegud” (2016–2020) toel.

Kirjandus

- Annuk, K., Sau, A. 1971. *Heintaimede määraja ja rohumaaviljeluse praktikum*. Tallinn, 238 lk.
- Elgersma, A., Søegaard, K. 2015. Productivity and herbage quality in two-species grass-legume mixtures under cutting. Grassland and forages in high output dairy farming systems. *Grassland Science in Europe*, EGF 2015. Wageningen, Netherlands, Vol 20 Proceedings, 401–403.
- Frame, J. 2005. *Forage Legumes for Temperate Grasslands*, Plymouth, UK, ISBNs FAO 92-5-105043-0, 320 pp.
- Kärt, O., Karis, V., Ots, M. 2002. Mäletsejaliste proteiintoitumine ja metaboliseeruv proteiinil põhinev söötade hindamise süsteem. Eesti Põllumajandusülikool Loomakasvatusteaduste instituut, 40 lk.
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J.F., Rees, R.M., Peyraud, J.L. 2014. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4540161 (07.12.2019).

- Meripõld, H., Tamm, U., Tamm, S., Tamm, S., Vösa, T., Pechter, P. 2022. Effects of fertilization on the yield and nutritive value of brome-grass mixture with legumes. In: Meeting Grassland at the heart of circular and sustainable food systems. *Grassland Science in Europe*, EGF 2022 Caen, France, Vol 29 Proceedings, 219–221.
- Parol, A., Geherman, V., Viiralt, R. 2006. Väetamise mõju lühiajaliste liblikõieliste rohete karjamaade saagile ja selle kvaliteedile. *Agronoomia* 2006, 153–156.
- Olderseeds. www.olderseeds.ee/sordid/plant/alaska-lust-hakari 11.01.2023.
- Tamm, U., Lättemäe, P., Tamm, S. 2011. Lutserni segukülvi botaanilise koosseisu mõju rohusööda kvaliteedile. *Agronoomia* 2010/2011, 133–138.
- Tamm, U. 2017. Parema toiteväärtusega rohusööt. taim.etki.ee/taim/public/pdf/Truki-sed/Parema-toitevtusega-rohust-Tamm.pdf (15.11.2019).
- Tamm, U., Meripõld, H., Tamm, S., Edesi, L. 2018. The nutritive value of Alaska brome and tall fescue forage using different growing technologies. – *Grassland Science in Europe* 23. Wageningen, pp. 363–365.
- Tamm, U., Meripõld, H., Tamm, S., Tamm, S., Loide, V. 2020. The effect of fertilization on the yield and nutritive value of organic lucerne pastures. In: *Meeting the future demands for grassland production*. European Grassland Federation 2020, Helsinki, Finland, pp. 354–356.
- Tamm, S., Bender, A., Aavola, R., Meripõld, H., Pechter, P. 2022. Productivity of Alaska brome and smooth brome in pure stand and in mixtures. In: Meeting Grassland at the heart of circular and sustainable food systems. *Grassland Science in Europe*, EGF 2022 Caen, France, Vol 29 Proceedings, 484–486.
- Viiralt, R., Selge, A., Tampere, M., Raave, H., Värnik, R., Kall, K., Roosmaa, Ü. 2015. Eesti ja Hollandi rohumaa seemnesegude võrdlus. *Agronoomia* 2015, 113–118.

Lõhnaküünlad kapsa-tuhktäi biotõrjes

Scent candles against cabbage aphids

Eha Kruus, Angela Ploomi, Luule Metspalu

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

✉ eha.kruus@emu.ee

Sissejuhatus

Kapsa-tuhktäi *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) on üks kolmeteistkümnest lehetäiliigist, keda teatakse asustavat valget peakapsast (Blackman ja Eastop, 2000). Kapsa-tuhktäisid (tuhktäisid) leitakse ristõielistel kultuuridel igal aastal, ehkki arvukuse lained käivad 5–6 aastase intervalliga (Metspalu ja Hiisaar, 2002). Masskahjustus võib pärssida fotosünteesi ja põhjustada taimede kängumist, kuna tuhktäi eritaval mesinestel hakkavad arenema saproobsed seened, mis tekitavad tahmkatte. Suve lõpu poole kapsapea sise- mistele lehtedele tunginud tuhktäid võivad selle muuta köögiviljana tarbimiskõlbmatuks (Metspalu ja Hiisaar, 2002). Isendite katkematut partenogeneetilist sigimist soodustavad soojad aastad, mil nad võivad muutuda rüüstelisteks. Tiivutud valmikud on keskmise suurusega (1,5–2,6 mm) tumedapealised hallikasrohelist kuni rohekashallid mati kehaga lehetäid. Tuhktäide perekonda iseloomustavad lühikesed seljatorukesed e tiklid (*siphunculi*) ja kolmnurkne „saba“ (*cauda*) (Blackman ja Eastop, 2000). Tiivututel isenditel on keha kaetud helehalli tolmla vahakirmega, mistõttu nende kolooniad on muude lehetäide seas hõlpsasti äratuntavad (Nematollahi, 2015). Kahjustavad nii vastne kui valmik, kes imevad taimemahla ning viivad taimesse aineid, mille tulemusena kahjustuskoht muutub kollaseks, mõnikord ka punakaks.

Looduslike vaenlastena reguleerivad tuhktäide arvukust mitmed röövtoidulised liigid nagu sirelaste ja kiilassilmade vastsed, lepatriinud, jooksiklased, paksääsklane *Aphidoletes aphidimyza* ja ämblikud. Tuleb märkida, et tuhktäil on avastatud unikaalne kaitsemehhanism mitmete röövtoiduliste vastu. Nimelt

toodavad ristöielistel toituvad tuhktäid ise ensüüm mürosinaasi. Toitumisel saadakse taimest glükosinolaate, eriti sinigrini. Organismis ühinevad manustatud glükosinolaadid tuhktäi poolt toodetava mürosinaasiga. Selle tagajärjel tekivad ained, mis on röövtoidulistele mürgised (Pratt jt, 2008). Eriti tundlik arvatakse nende suhtes olevat kakstäpp-lepatriinu, samas on leitud, et seitsetäpp-lepatriinu (Pal ja Singh, 2013) ja sirelaste ning kiilassilmade vastsed võivad näiteks süüa tuhktäid ilma igasuguste mürgistusnähtudeta (Paul, 2017). Samuti ei ole leitud, et kapsa-tuhktäi oleks mürgine neile spetsialiseerunud parasitoididele. Paremini uuritud kiletiivaline parasitoid on tuhktäi vastsetel juuluklaste *Braconidae* sugukonda kuuluv lehetäikireslane *Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855), kes on levinud meie kapsa-tuhktäi kolooniates. Sama sugukonna esindajatest on Eestis levinud ka teised liigid *Praon volucre* (Haliday, 1833) ja afiidus *Aphidius matricariae* (Haliday, 1834), kahetiivalistest paksääsklane *Aphidoletes aphidimyza* (Róndani, 1848) (Metspalu ja Hiiesaar, 2002). Parasitoidide valmikud toituvad õietolmust, nektarist ja mesinestest ja toitumisallikatele orienteerumisel on väga tähtsaks stiimuliks lõhnad. Juba väikesed kogused meelitisi panevad nad lõhnaallika suunas liikuma.

Meie poolt aasta varem läbi viidud pilootprojekti käigus testisime hüpoteesi, et kommertslikes lõhnaküünaldes olevad lenduvad ühendid võivad mõjutada lähikonna putukafaunat. Selle katse käigus selgitasime lavendli ja kaneeli lõhna sisaldavate küünalde mõju kapsakahjuritele. Ilmnes tugev seos suur-kapsaliblika röövikute arvukusele ja ellujäämisele (E. Kruus ja A. Ploomi ettekanne „Taimekaitse põldkatsed Eerikal“, EMÜ taimetervise õppetoolis, 24.01.2023). Samuti leidsime, et aladel kus paiknesid lõhnaküünlad, esines kollastes liimipüünistes kontrollist enam antofiilseid e öielembeseid putukaid: ripslasi, kahetiivalisi ja parasitoidseid kiletiivalisi. Lehetäide arvukuses katsevariantide vahel me olulisi erinevusi ei täheldanud. Meetodi tõhususe ja mõju ulatuse uurimiseks kordasime sellel aastal katset teises asetuses ja modifitseeritud meetodikaga. Eesmärgiks oli, kasutades integreeritud taimekaitseüsteemi, teha kindlaks, kui kaugemale lõhnadispenseritena rakendatavatest süütamata kommertsküünaldest lenduva lõhnapilve mõju ulatub ja kas põlluserva kaugus mõjutab parasitoidide levimist. Loomuliku putukafauna häirimise vältimiseks ei kasutanud me parasitoidide väljapüügi meetodit (nt liimipüünised, valguspüük, kahapüük), vaid loendasime parasitoididega nakatunud kapsa-tuhktäide muumiate arvu kapsastel.

Materjal ja meetodika

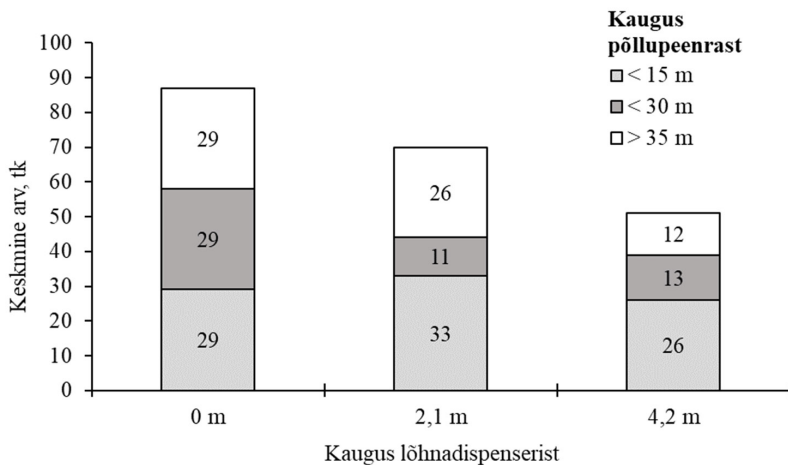
Katse rajati 18. mail 2023. aastal Eerikal Eesti Maaülikooli taimetervise õppetooli katsealal 3x3 plokkasetuses üheksas variandis, iga variant kaheteistkümnes korduses. Kuna uuritav e funktsioontunnus avaldub kahe ristuva argumenttunnuse koosmõjus, ei olnud võimalik katsed randomiseerida. Iga variant erines ülejäänutest distantsilt põllupeenra ja lõhna-allika suhtes. Taimede istutuskaugus reas oli standardne. Plokkide vahel kasvatati põlduba (5 m laiuse ribana) ja punapeeti (2 m laiuse ribana). Esimesed kolm varianti olid <15m, keskmised <30 m ja kaugeimad >35m kaugusel katsemaa lõunapoolses servas asuvast põllupeenrast. Kõikides variantides asetati kohe taimede istutamise järel äärmise, katse kõige läänepoolsema rea kõikide korduste vahele ühekaupa lõhnaallikateks jaekaubandusest ostetud lavendilõhnalised teeküünlad (Bolsius, „*True scents, lavender*“). Neljandale vaole (2,1 m kaugusele) istutati järgmised kolm varianti ning viimane rida seitsmendale vaole (4,2 m kaugusele lõhnadispenseritest), mõlemad jäid ilma küünaldeta. Kahjureid kontrolliti kapsastel visuaalselt iganädalase hoolduse käigus. Tuhktäi kolooniate ilmumise järel ja arvukuse tõusul > 50 tk taimede kohta pritsiti kapsaid roheline seebi lahusega kaks korda: 7. ja 11. juulil. Kapsa-tuhktäi kolooniates loendati parasiteeritud isendid (muumiad) 20. juulil kõikides katsevariantides. Andmed korrastati ja töödeldi statistiliselt. Seose tugevust sõltuva tunnuse ja sõltumatu tunnuse vahel hinnati regressioonanalüüsiga.

Tulemused ja arutelu

Tulemustest selgus, et kapsataimedel, mis paiknesid vaheldumisi lõhnaküünaldega, oli rohkem lehetäimuumiaid kui lõhnaallikatest kaugemal kasvavatel kapsastel. Katseandmete statistiline analüüs näitas, et lavendli lõhna mõju kapsa-tuhktäi parasiteeritusele katse kõige kaugemas osas, kaheksandas katsevariandis, oli oluliselt madalam kui esimeses variandis ($F_{2,33} = 3,04$; $p = 0,031$). Katsevariandis, mis oli lõhnaküünalde variandist 2,1 m kaugusel, statistiliselt olulist erinevust parasiteeritud lehetäide arvus ei olnud, kuigi ka selle variandi keskmisena oli mõningane tendents arvukuse vähenemise suunas (joonis 1).

Seos parasiteeritud lehetäide arvu ja lõhnadispenserite kauguse vahel osutus mõõdukalt tugevaks ($R = 0,5$). Põllupeenra lähedusse jäävates plokkides lõhnaatraktandi positiivne mõju ei avaldunud. Siin osutus valmikute valikul mõjukamaks kirju taimekooslusega põlluserv. Rohumaaservadel ja rohtsetel põllupeenardel on kirjanduse andmeil oluliselt suurem parasitoidide arvukus, võrreldes servast kaugemale, põllu keskele jäävate aladega (Sosare, 2017; Pritson, 2017). Näiteks oli põllupeenrast kahe meetri kaugusel rapsipõllus vesipüünistega kogutud parasitoidide keskmine arvukus 2014. aastal Tartumaal üle kahe korra suurem, kui 25 m kaugusel ja üle kolme korra suurem, kui 75 m kaugusel (Pritson, 2017). Sellegipoolest võivad tiivuliste kahjurite kolded hajuda üle põllu, mistõttu oleks kasulik soodustada parasitoidide edasi kandumist põllupeenrast kaugemale. Piirkonniti võib parasitoidide mitmekesisus oluliselt erineda. See asjaolu loob lõhnadispenserite kasutamise efektiivsusele rakendusliku konteksti.

Meie tulemused tõestasid, et lõhnaatraktandiga on võimalik meelitada parasitoidide siirduma kaugemale põllu sisse (joonis 1). Parasitoidide eluea ja sigivuse suurendamiseks ilmselt ei piisa nende kohalemeelitamisest, vaid tuleks tagada ka nektari vm suhkrute kättesaadavus, et rahuldada nende energiavajadust (Pritson, 2017).



Joonis 1. Tuhktäi muumiate keskmine arv korduses, e parasitoidide efektiivsuse seos kapsaste ja lavendli lõhnaküünalde vahelise kaugusega EMÜ Eerika katsepõllul 20.07.2023. a.

Tabel 1. Vegetatsiooniperioodi ilmastik Eestis 2023. aastal (Ilmateenistus, 2023)

Kuu	Keskmine õhutempe- ratuur T_{Avg} (°C)	Hälve pal- juaastasest keskmisest ΔT (°C)	Keskmine sajuhulk SAD (mm)	% SAD normist	Päikese- paiste kestus PäiK (h)	% PäiK normist
Märts	0,4	+1,0	46	131	118,2	84
Aprill	6,2	+1,3	24	69	262,1	129
Mai	10,7	+0,2	12	28	372,1	131
Juuni	16,5	+1,7	28	40	388,7	141
Juuli	16,6	-1,2	87	130	284,9	98
August	18	+1,3	99	122	182,1	75
September	15,6	+3,4	64	111	196,9	125

Pikale jahedale kevadele vahetult järgnenud põuane suve algus soodustas lehetäide arvukuse kasvu mitmetel kultuuridel: kartulil, põldoal, aga ka valgel peakapsal. Tuhktäi kolooniad ilmusid kapsapeadele alates juuni lõpust. Samal ajal olid kartulil suur kartulilehetäi, *Macrosiphum euphorbiae*, virsiku-lehetäi, *Myzus persicae* ja harilik kartuli (pelargooni) lehetäi *Aulacorthum solani*. Põldoale saabusid oa-lehetäi *Aphis fabae* esimesed tiivulised isendid. Järgnevate nädalate jooksul hakkasid kartulile koonduma lepatriinud ja teised röövtoidulised putukad, kes suutsid lehetäide rüüste sellel kultuuril peatada. Sellepärast piirdusime seal kartulimardika kontrollimisega. Seevastu põldubadel ja kapsastel oli lehetäide arvukus niivõrd kõrge, et taimede päästmiseks viisime läbi pritsimised roheline seebiga. Edasised vaatlused näitasid, et kapsa-tuhktäi kolooniad sisaldasid arvukalt lehetäimuumiaid, mis näitas liigispetsiifiliste parasitoidide kohalolekut. Soodsates tingimustes suudavad lehetäid populatsiooni kahekordistada kolme päevaga (Kruus, 2016). Pikaajast keskmisest soojem mai ja juuni soodustas tuhktaide arvukuse kasvu kevadtoidutaimedel. Seda näitas massiline ränne kapsastele, kus moodustus arvukalt paljuisendilisi kolooniaid. Kahjuri arvukuse tõusu pidurdamiseks olime sunnitud katsetama pritsima. Hoolimata sellest, et valisime võimalikult mitteagressiivse preparaadi, ei oleks seetõttu parasiteerimata kahjurite loendus ja sedaviisi parasiteerituse määra kalkuleerimine andnud objektiivseid tulemusi. Samuti oli loenduse ajaks jõudnud kätte tänavuse kliimaatilise kesksuve algust edasi lükanud jahe periood, mil keskmine õhutemperatuur langes oluliselt alla 20 °C (tabel 1).

Muumiad aga püsivad mõnda aega taimedel pritsimisest ja ilmastikust hoolimata. Nii on katseplokkide vahel lehetäimuumiate arvu võrdlus robustsem ja stabiilsem indikaator, võrreldes dünaamilisema ja kordades töömahukama parasiteerituse määra jooksva hindamisega. Teadusuuringud keemiliste taimekaitsevahendite vähem keskkonnaohtlike alternatiivide leidmiseks on jõudnud parafinõli emulsioonide ja -vaha kasutusvõimaluse katsetamiseni. Näiteks on leitud, et nad on perspektiivikad putukate suguferomoonide biolagundatavate pritsitavate kandurainetena (Atterholt jt, 1999) või pritsimislahuse vihmaskindluse suurendamiseks (Teixeira jt, 2009). Parafiin vabastab lõhnaaineid pikema aja jooksul ja muutub seega stabiilseks orientiiriks, millega on võimalik meelitada kasureid taimedele.

Järeldused

Kommertslike lõhnaküünalde kasutamine köögiviljanduses taimekaitsevahendina on uus ja innovaatiline meetod. Meetodi potentsiaal avaldub komplekselt nii füüsikaliste omaduste (sulamine ja lõhna emiteerimise tugevnemine paralleelselt putukate aktiivsuse tõusuga kõrgematel temperatuuridel ning hangumine jahedamatel; materjali vett-hülgavus) kui bioaktiivsete tegurite koosmõjus. Uus meetod võimaldab vältida vajadust taimi pärast igat vihmahoogu taimeekstraktidega pritsida. Meetodi eelised keemiliste insektitsiidide kasutamise ees vajavad veel täpsustamist, aga oluline on ka see, et kui sügisel küünlad kokku korjata, siis ei jää keskkonda püsivaid jälgi. Ringmajanduse põhimõtteid järgides ei tohiks küünlajäänuseid sorteerida prügiks, vaid võiks võtta kasutusele nt süüteainena tahkekütuse kolletes. Nagu meie katsest selgus, võimaldab süütamata lavendliküünalde paigutamine kapsataimede vahele parasitoidide lõhnaatraktandina edukalt täiendada olemasolevat integreeritud taimekaitse süsteemi.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetasid HPKTE, PPKTE, T220104. Täname Rõhu Katsejaama.

Kirjandus

- Atterholt, C.A, Delwichel, M.J, Rice, R.E, Krochta, J.M. 1999. Controlled release of insect sex pheromones from paraffin wax and emulsions. *Journal of Controlled Release*, 57/3, 233–247.
- Blackman, R.L., Eastop, V.F. 2000. *Aphids on the World's Crops – An Identification and Information Guide*. The Natural History Museum. John Wiley and Sons, Ltd., New York.
- Ilmateenistus. 2023. www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted (10.10.2023. a).
- Kruus, E. 2016. Lehetäide matemaatika. *Maakodu*, 7, 52–54.
- Metspalu, L., Hiiesaar, K. 2002. Ristõieliste kultuuride kahjurid. Eesti Põllumajandus-ülikool, Taimekaitse Instituut. Tartu. 102 lk.
- Nematollahi, M.R. 2015. *Brevicoryne brassicae* (cabbage aphid). in: CABI Compendium. Published online: 07.11.2015.a www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.10169 (12.10.2023. a).
- Pal, M., Singh, R. 2013. Biology and ecology of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linn.) (Homoptera:Aphididae). *A Review. Journal of Aphidology*, 27, 59–78.
- Paul, V.H. 2017. *Raps, haigused, kahjurid, umbrohud*. Rapool-Ring GmbH, 200 lk.
- Pratt, C., Pope, T.W., Powell, G., Rossiter, J.T. 2008. Accumulation of glucosinolates by the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* as a defense against two coccinellid species. *Journal of Chemical Ecology*, 34, 3, 323–329.
- Pritson, M. 2017. Kiletiivaliste parasitoidide (Apocrita: Parasitica) arvukus ja taksonoomiline mitmekesisus talirapsi põllul ja sellega piirneval maastikuelemendi. Magistritöö. EMÜ, 49 lk.
- Sosare, K. 2017. Parasitoidsete kiletiivaliste arvukus ja taksonoomiline koosseis erinevatel kultuurpõlluga piirnevatel maastikuelementidel. Magistritöö. EMÜ, 54 lk.
- Teixeira, L.A.F., Wise, J.C., Gut, L.J., Isaacs, R., 2009. Paraffin wax emulsion for increased rainfastness of insecticidal bait to control *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 102/3, 1108–1115.

Mesilaste korjealade soovitusliikide testimine

Testing flower crops for bee-forage areas

Katleen Schmeiman

Põlva Gümnaasium;

Tartu Ülikool, loodus-reaalainete õpetamine põhikoolis õppekava bakalaureuseõpe

Jaan Liira

Tartu Ülikool, Ökoloogia ja maateaduste instituut

✉ katleenschmeiman@gmail.com

Sissejuhatus

Põllukultuuride olulisemateks tolmeldajateks peetakse erinevaid mesilaste sugukonna liike (Klein jt, 2007; Garibaldi jt, 2013). Eestis on kuus mesilaste sugukonda, kuhu kuulub 280 erinevat liiki (Soon, 2019). Nende seas on kõige tähtsamad ühisperelise eluviisiga liigid, sest oma suure pere tõttu peavad nad teistest tolmeldajatest rohkem koguma õietolmu ja nektarit. Meile kõige nähtavamal on kodustatud meemesilased (*Apis mellifera*), nende tegevus ja tervis. Mesilaste ja teiste looduslike tolmeldajate arvukuse langust on täheldatud viimastel aastakümnetel nii Euroopas kui ka Ameerikas (Neumann ja Carreck, 2010), kuid on märgata muutuseid seisundi paranemise suunas (Osterman jt, 2021). Vähenemist põhjustavateks teguriteks on inimtegevus ja eelkõige taime-mürkide kasutamine põllumajanduses, kuid ka erinevate haiguste ja parasiitide levik (Karise ja Mänd, 2017; Raimets, 2022). Üheks oluliseks põhjuseks peetakse korjeks sobivate looduslike õistaimede arvukuse vähenemist, seda nii lilledega avakoosluste muutmise tõttu põldudeks, kultuur-rohumaadeks ja metsaks, kuid ka rohumaade ja teiste avakooslust (nt teeäärte) liigsagedast

niitmist ja intensiivset karjatamist (Fluri ja Frick, 2002; Sjödin, 2007). Rohumaade ja viljapõldude peamised liigid on kõrrelised, mis on tuultolmlejad ning neilt ei saa nektarit koguda. Taimed, millelt mesilased koguvad endale toitu, nimetatakse korjetaimedeks. Mesilased koguvad õitelt peamiselt nektarit ja õietolmu, mida kasutatakse järglaste toitmiseks ja omaenda toiduvarudeks ebasoodsate ilmaoludega aegadel. Paljud meie kliimaga kohanenud aia- ja põllukultuurid õitsevad lühikest aega, mis jätab mesilastele korjeks väga lühikese perioodi. Mesilaste arvukuse ja tervise (heaolu) säilitamiseks tuleb tavaliste põllukultuuride kõrval kasvatada ka erinevaid õistaimi, mis pakuvad mesilastele mitmekesist korjet, ning parimal juhul just neil aegadel, kui suurepinnalised õiskultuurid ja looduslikud korjeliigid ei õitse. Mesilasperede tervise ja korje toetamiseks on põllumehel võimalik külvata erinevaid korjetaimi ning saada selle eest korjealade toetust (www.riigiteataja.ee/akt/118042023011). Korjetaimi tuleb külvata kas mitme liigi monokultuurina või liikide seguna eesmärgiga tagada korje võimalikult pikal perioodil. Käesoleva töö eesmärgiks oli leida mesilastele hästitoimivaid korjetaimi aias ja põllul kasvatamiseks. Selleks tuli hinnata taimede korjeatraktiivsust mesilaste jaoks kogu õitsemisperioodi jooksul.

Materjal ja meetodika

Korjetaimede atraktiivsuse hindamiseks rajati katsepeenrad ja jälgiti mesilaste korjeaktiivsust taimede kogu õitsemisperioodi jooksul. Katse toimus 2021. ja 2022. aasta suvel Põlvamaal Viiari talus. Korjetaimede liikide valikul lähtuti korjetaimede meetme lisas esitatud nimekirjast (www.pria.ee/toetused/MESI_2023), nende liikide sobivusest antud koha oludesse, võimalikult kõrgest nektari tootlikkusest ning pikast õitsemise perioodist. Katseks valiti 15 erinevat korjetaime liiki (tabel 1). Iga liik külvati üheksa-meetrise peenrana, jaotatuna kolmele reale ja reavahega pool meetrit. Korjetaimede efektiivsuse hindamiseks vaadeldi mesilaste korjeaktiivsust, mõõdetuna isendite arvuna peenras. Vaatlusi tehti vähemalt ühel päikeselisel päeval nädalas keskpäeval või varasel pärastlõunal ajal.

Tulemused ja arutelu

Vaatluste tulemuste põhjal olid mesilastele eelistatumad taimeliigid teelehtjas ussikeel (*Echium plantagineum*), rukkilill (*Centaurea cyanus*), keerispea (*Phacelia tanacetifolia*) ja kurgirohi (*Borago officinalis*) (tabel 1). Ussikeel ja rukkilill on pika öitsemisperioodiga ja kõrge nektarisisaldusega taimed. Katses kasutati üheaastast teelehtjat ussikeelt, kuid Eestis kasvab ja on võimalik ka põllul kasvatada harilikku ussikeelt (*Echium vulgare*), mis samamoodi on väga hea korjeliik, kuid kaheaastase elutsükliga. Keerispea ja kurgirohi on traditsioonilised põllumaadel kasvatatavad korjetaimed (Rohtla, 2001). Nende öitsemisaeg oli veidi lühem, kuid nad eritasid aktiivse korje võimaldamiseks piisavalt nektarit. Kõik neli liiki suutsid edukalt konkureerida umbrohtudega.

Ülejäänute taimede seas oli liike, mis tunduvad olevat head korjetaimed öitsemise ajastuse poolest, kuid nad ei ole niivõrd atraktiivsed korjeks või nendega võib tulla probleeme kultuuris kasvatamisega. Näiteks päine giilia (*Gilia capitata*) oli küll hea korjetraktiivsusega, st ta öitses pikalt ja mesilased külastasid teda pidevalt, kuid ta vajab intensiivset umbrohtõrjet ning tema tegelik nektaritootlikkus ei ole teada. Tatar (*Fagopyrum esculentum*) on samuti tuntud ja kasvatajate seas populaarne korjetaim. Tal on pikk öitsemisaeg, kuid probleemiks on nektarierituse sõltuvus ilmaoludest – põua ajal ning jaheda ilma korral on nektari eritus vähene ja mesilased pole taimest eriti huvitatud (Rohtla, 2001). Katses jäi mesilaste huvi tatra suhtes kasinaks, sest suved olid põuaeed. Mets-kassinaeris (*Malva sylvestris*) ja saialill (*Calendula officinalis*) on samuti pika öitsemisperioodiga taimed, kusjuures saialille öitsemine algab teistest hiljem ja võib kesta külmadeni. Saialille öitsemisaega saab hooldusega pikendada, kui öitsemist lõpetavad õied ära lõigata. Kahjuks on saialill vähese nektaritootlikkusega, mistõttu mesilaste huvi taime vastu oli väike ning pigem käidi õietolmu korjel. Samas on õietolm mesilaste jaoks peamine valgualikas, sisaldades ka lipiide, vitamiine ning mineraalaineid (Ellis jt, 2020). Mets-kassinaeri öitsemise alguses puudus mesilastel huvi tema vastu, kuid teiste taimede öitsemise lõpul hakkasid mesilased ka seda liiki külastama. Päevalill (*Helianthus annuus*) ja moldaavia tondipea (*Dracocephalum moldavicum*) olid eriti hilise öitsemise ajastusega, võimaldades pikendada korjeperioodi. Moldaavia tondi-

pea on suure nektarieritusega korjetaim, mida mesilased külastasid meeleldi. Samuti konkureeris liik hästi umbrohtudega. Mesilaste huvi päevalille vastu oli küll väike, kuid õitevaesel perioodil võis näha mesilasi ka päevalillede õitel, võimalik, et õietolmukorjel. Värske uuring näitab, et päevalille õietolm ei ole mesilastele kasulik ainult toiduna, vaid ka varroa lesta peletava abivahendina (Palmer-Young jt, 2022).

Ülejäänud liigid ei olnud katses edukad. Esparsett (*Onobrychis viciifolia*), pärsia ristik (*Trifolium resupinatum*) ning põld-varesjalg (*Consolida regalis*) ei olnud konkurentsivõimelised ja umbrohtusid kiiresti. Põldsinepi (*Sinapis arvensis*) õitsemine oli lühiaegne, kuid väga varajane, mistõttu sellel perioodil külastasid mesilased õisi aktiivselt.

Paljude korjetaimede probleemiks oli vähene ilmastikukindlus. Tugevama vihma korral mitmed liigid lamandusid või murdusid.

Tabel 1. Taimede õitsemise aktiivsus ja mesilaste korjeaktiivsus 2021. ja 2022. aastal. Tabeli legend: Mesilaste arv õitel: * – 1...10; ** – 10...20; * üle 20 mesilase 9 m peenra kohta. Tausta tumedus iseloomustab õitsemise aktiivsust.**

2021/2022	Kasvupäev					
	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Esparsett	-	-	-	*	-	-
	-	-	*	*	*	-
Keerispea	***	***	**	*	-	-
	-	*	**	**	**	-
Klarkia	-	*	*	*	-	-
	-	-	-	*	**	***
Kurgirohi	*	**	***	-	-	-
	-	**	**	**	**	-
Mets-kassinaeris	-	*	*	-	-	-
	-	*	*	*	**	**
Moldaavia tondipea	-	-	*	**	*	-
	-	-	-	*	**	***
Põld-varesjalg	-	-	*	*	*	-
	-	-	-	-	-	-

2021/2022	Kasvupäev					
	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Päevalill	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	*	*	**
Päine giilia	-	***	**	*	•*	-
	-	*	*	*	*	**
Pärsia ristik	-	-	-	-	-	-
	-	*	*	*	*	-
Rukkilill	*	***	**	*	-	-
	-	**	**	**	**	**
Saialill	-	-	*	*	*	-
	-	*	*	*	*	*
Tatar	***	*	*	-	-	-
	-	**	***	**	*	*
Teelehtjas ussikeel	*	***	**	*	-	-
	-	*	**	***	***	**
Valge sinep	**	-	-	-	-	-

Järeldused

Mesilaste toetamiseks on loodud riiklik nügin korjealade rajamiseks. Selle eesmärgiks on luua mesilasperede lähedusse mitmekesine ja pikaajaline korjeala, mis täiendaks tolmeldajate toiduressurssi ja heaolu. Toetatud liikide nimekirja kuuluvate liikidega katsetamisel selgus, et keerispea, ussikeel, kurgirohi, rukkilill ja mets-kassinaeris olid antud oludes kasvatamiseks sobivad, nad olid piisavalt agressiivsed umbrohtude suhtes ning atraktiivsed mesilastele. Samas oli ka neid liike, mis antud oludesse ei sobinud või nende väärtus jäi mesilastele kasinaks – kuid see ei tähenda, et nad võivad olla toimivad teistes kohtades. Mesilaste ja teiste tolmeldajate tugialade rajamiseks soovitatud taimeliike võiks igas konkreetses piirkonnas eelnevalt testida pedokliimaatiliste tegurite suhtes mõnel väiksemal pinnal. Antud katsetega ei uuritud, kui hästi saab korjeperioodi kestust pikendada külvates sama liiki mitmel erineval ajal, kuid mõnedes oludes võiks ka see olla toimiv lahendus.

Kirjandus

- Ellis, A., Ellis, D., O'Malley, M.K., Zettel Nalen, C.M. 2020. *The benefits of pollen to honey bees*. edis.ifas.ufl.edu/publication/IN868.
- Fluri, P., Frick, R. 2002. Honey bee losses during mowing of flowering fields. *Bee World*, 83, 109–118. doi.org/10.1080/0005772X.2002.11099550.
- Karise, R., Mänd, M. 2017. Tolmeldajate kriis: müüt või tegelikkus? *Eesti loodus*, 4, 12–18. www.eestiloodus.ee/arhiiv/Eesti_Loodus04_2017.pdf.
- Klein, A.M., jt. 2017. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, 274, 303–313.
- Neumann, P., Carreck, N.L. 2010. Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research*, 49, 1–6. doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.01.
- Osterman, J., jt. 2021. Global trends in the number and diversity of managed pollinator species. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322, 107653. doi.org/10.1016/j.agee.2021.107653.
- Palmer-Young, E.C., jt. 2022. Sunflower-associated reductions in varroa mite infestation of honey bee colonies. *Journal of Economic Entomology*, 196, 68–77. doi.org/10.1093/jee/toac196.
- Raimets, R. 2022. Pestitsiidid võivad liikuda ühest mesindussaadusest teise. novaator.err.ee/1608476336/pestitsiidid-voivad-liikuda-uhest-mesindussaadusest-teise (27.01.2022).
- Rohtla, A. 2001. *Meetaimed ja mesi*. Valgus, Tallinn.
- Sjödin, N.E. 2007. Pollinator behavioural responses to grazing intensity. *Biodiversity & Conservation*, 16, 2103–2121. www.proquest.com/docview/366304395.
- Soon, V. 2019. Eesti mesilased. *Eesti loodus*, 6, 24–28. www.eestiloodus.ee/arhiiv/Eesti_Loodus06_2019.pdf.

MaaeluGIS – tööriist põllumehe ja mesiniku ühisteadmuse edendamiseks

CountrysideGIS – a common GIS-tool for farmer and beekeeper

Jaan Liira

Tartu Ülikool, Ökoloogia ja maateaduste instituut

✉ jaan.liira@ut.ee

Sissejuhatus

Eesti maaharijatel on olemas põlluraamat, e-PRIA, erinevad eraarendustel baseeruvad tugisüsteemid ja samuti igamehe oma teadmine. Mesinikud teavad või arvavad teadvat, kus nende mesilased võiksid korjel käia ja millise taime nektarit koguvad, peamine, et korje oleks ökoloogiliselt puhas ning mesilaste tervis korras. Mahemärgis põllul ja põllumajandustoodetel, sh meel, kuid tihti-peale on mesiniku kirjeldus oma mee päritolust piisav kliendi rahulolu tagamiseks. Samas saaks kõike teha tõhusamalt ja kestlikumalt, kui põllumehel oleks olemas parem ülevaade mesitarude paiknemisest, mesinikul aga teadmised kasvatatavatest kultuuridest ja maastiku struktuurist ning kõigil tootjatel oleks võimalus panna oma tootele peale asukoha märgis koos kliendile lihtsasti leitava ülevaatliku taustainfoga. Tänapäeva klient soovib olla üha enam teadlik oma toidu päritolust ja koostisest. Tähtis on arvestada, et meemesilased ja suuremad looduslikud tolmeldajad suudavad liikuda maastikus mitme kilomeetri ulatuses, st nende maastikukasutus on laiem kui põlluservast vaadates võiks tunduda. Meie looduslikud ja kultuur-õiekooslused on aastakümnetega muutunud, kuna nii maakasutusstiil kui ka põllumajanduses kasvatatavate kultuuride nomenklatuur on vahetunud. Mitmes Eesti piirkonnas annavad taliraps ja -rüps kevadise mee põhimassi, suvel on olulisteks korjetaimeks ristik ja suve teisel poolel maitsestab ja lõhnastab mett tatrahektar. Viimaste suvedega

on muutnud ka looduslike taimede õitsemise ajastus ja juba jaanipäeval võib leida põdrakanepit õitsemas. Selleks et kohaneda muutuvate oludega, on vaja rohkem ja täpsemat infot maastikus toimuva kohta. Probleemiks on, et kust leida ülevaatliku infot?

Uus metoodiline vahend

Üheks teadmise tõstmise võimaluseks on käia ringi avatud silmadega, kuid see meetod ei ole efektiivne ega täpne ning on tarbijale raskesti edastatav. Kui maaharijal on kümneid põlde ja mesinikul mitu või mitusada tarugruppi, siis on vaja tõhusamat töövahendit. Selleks on arendatud erinevaid kaardiandmebaase, mida rahvusvahelise lühendina märgitakse lühendiga GIS. Ametlikuks infokanaliks on PRIA kaardirakendus (kls.pria.ee/kaart), kuhu on koondatud palju infokihte põllumaade, poollooduslike alade ja mesitarude kohta. Keskkonnaportaali (register.keskkonnaportaali.ee/register) on tore katsetus, kus on püütud põllu ja metsa kohta käivat infot visualiseerida. Metsamesinik leiab metsade koosseisu ja planeeritavate raiete kohta infot Metsaregistri kaardirakendusest (register.metsad.ee/) ning toimunud raiete kohta saab teada Maa-ameti Metsamuutuste teemakaardilt ja maakatte kõrgusmudelit uurides (xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/metsamuutused). Teistsugune töövahend on Sentinel-2 satelliidipilte ja nende tuletisi vahendav Maa-ameti rakendus Satiladu (satiladu.maaamet.ee). Neil kõigil on omad head ja vead, kuid peamiseks ebamugavuseks on info killustatus. Maastikult toimuvast kiire ülevaate saamiseks on vaja, et võimalikult palju olulist teavet oleks korraga nähtav ja kergesti hoomatav. Maa-ameti XGIS-teemakaardirakendustes on nüüd olemas uus töövahend, mis võiks parandada praegust teabevahetuse piiratust. Selle nimeks on MaaeluGIS (xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maaeluGIS). Sinna on koondatud kasulik info nii maaharijale, mesinikule kui ka metsaomanikule ning see on kuvatud võimalikult kergesti hoomatavas stiilis.



Joonis 1. MaaelugIS teemakaardi kuvatõmmis Maa-ameti XGIS rakendusest. Helekollased alad on põllud tolmeldajatele võimalike korjekultuuridega, valge öietähistusega on kevadõitsejad ja siniste öitega suviõitsejad. Mesitarude grupid on tähistatud mesilinnu-sümboliga. Metsaregistri eraldiste kiht on kahevärviline – tumesinine on RMK hallatav mets, helesinine eramets; hallid alad on kehtiva metsateatise eraldised. Kaardi vasakus pooles on kaht tüüpi pool-looduslike koosluste alad (loopeasad ja sooniit), mille kooslustüübi märgis tuleb nähtavale edasisel kaardivaate suurendamisel. Kõik kihid on häärega klikkides täiendavaks teabeks avatavad. See vaade on avatav järjehoidja lingist xgis.maaamet.ee/xgis2/page/link/IYf2gdn3.

Teemakaardi toimimine

MaaelugIS rakenduse avalink asub Maa-ameti kaardirakenduste nimekirjas, kuid sama hästi toimib ka rakenduse nime kirjutamine mõnda otsingumootoris. Nagu teisigi Maa-ameti XGIS-vahendeid, saab MaaelugIS kaardirakendust kasutada igas veebilehitsejas, nii suures arvutis kui mobiilis. Võimalus on sisse lülitada GPS-asukohamäärang, mis lihtsustab rakenduse kasutamist põldude keskel. Olulise asukoha ja kihtide seadistuse saab salvestada järjehoidjalina (viisnurgaga nupp) ja linki saab edastada teistele huvilistele.

MaaelugIS avaneb kihtide seadistuses, mis võiks olla oluline nii mesinikule kui ka teistele mesilastest hoolivatele inimestele. Kaardil kuvatakse kevad- ja suviõitsejad kultuurid eraldi, mesitarude grupid (allikaks PRIA) ja pool-looduslikud kooslused (allikaks KAUR ja EELIS). Vasakus ülanurgas on noolega nupp, millest avaneb kihtide ja teemagruppide valik. Sealt saab sisse

lülitada ka mahekultuuride ja mahekorjealade infokihid, metsaga seotud kaardimaterjalid ja palju erinevaid aluskaarte nagu katastrikaart, mullastiku kaart, maakatte mudel ja vaatamist lihtsustavad maastikumaskid. Üleval keskel asub otsinguriba, eelkõige koha ja põllu kirotsinguks, aga sealtkaudu saab teha päringuid ka kihtide sees, nagu näiteks otsida teatud põllukultuuri oma lähiümbrusest.

MaaeluGIS esitab PRIAsse üles antud võimalike korjetaimedena toimivaid põllukultuure, jagades nad kevadisteks ja suvisteks õitsejateks. Kahjuks tuleb kevadõitsejate info hilinemisega, sest kultuurid tuleb PRIAsse registreerida alles juuni keskpaigaks, ehk kevadiste korjekultuuride jaotumine on valdavalt tagantjärele teadmine. Siiski saab mesinik kevadkorjet planeerida ja arvestada talirapsi/-rüpsi alade paigutusega tänu sügisestele satelliitpiltidele. Selleks tuleb menüüs 'Lisainfo' grupis aktiveerida sügiseste satelliitpiltide pealt tuletatud rapsi ennustuskaart kevadeks, kus kollased alad viitavad rapsile, rohekad rüpsile. Arvestama peab, et kosmosest ennustamise täpsus sõltub siiski sügisestest ilmadest ja rapsile sarnase lehespektriga kultuuride olemasolust (tali-oder, rukis, sügisene katekultuur hernes). Kevadel ja suvel saab põllukultuuri kasvuedukust hinnata satelliitpildilt arvatava rohelisuse indeksi (NDVI) või NRG-värvilahenduse abil (satelliitinfot saab valida allserva nurgas oleva Aluskaartide nupu alt). Sügisest kultuuri kasvuedukust saab hinnata ka sellesamuse rapsiennustuskihi pealt – lilla viitab mullapinnale ning lillasegune värv sinise või teiste toonidega hõredale taimikule.

Kui on vaja mõista oma põllu, rohumaa või metsa olemust, nt miks mõnes põllosas kultuurid kipuvad vinduma või ikalduma, siis võib abi olla ajaloolistest kaartidest, vanadest aerofotodest ja fotoplaanidest. Neid on palju, sellepärast on nad erinevate grupivalikutena Aluskaartide nupu all. Täpsema valiku saab teha paremast valikuribast. Eriti palju vihjeid võib saada 'üheverstaselt' kaardilt ajalooliste kaartide grupis, vanadelt detailsematelt NL-kaartidelt ning vanadelt o42-fotoplaanidelt.

Metsamesinik leiab raiesmikerikkaid korjealasid, kui kaardiakna allservas aluskaartidest valib satelliitpiltide vaelevärvilahendusi metsanduslikus stiilis

(NRG) või häiringute kohta (PDB või siis mõni selle vaevärvilahenduse naabervalikust). Näiteks, NRG-värvilahenduse puhul on häiritud alad sinised, PDB puhul on värsked raiesmikud punased ja kuni paar aastat vanad raiealad rohe-punasegused. Satipiltide mugavamaks vaatamiseks tasub vasakust 'Taus-taandmestiku' kihtide menüüs sisse lülitada mustvalge põhikaart ja 'Lisainfo' grupis aktiveerida 'puittaimestiku mask' (vaikimisi toimib avamaastike mask). Satipiltide kuupäevade valikus on kahe viimase kuu vaated. Kui on vajadus varasemate piltide järele, siis tuleb minna Satilattu (satiladu.maaamet.ee), mis on samuti lihtsale kasutajale suunatud tööriist.

Mesinikule soovitaks katsetada taru ümbrusest põllukultuuride otsingut. Selleks tuleb klikkida üleval oleval otsingumenüü kaksiknoolele (paremas otsas), valida sobiv infokiht, täita sisupäring ning määrata otsingu keskkoh (nt tarugrupi asukoht) ja siis otsingu ulatus kaardil. Näiteks on sedasi võimalik leida, kas ja mitu rapsi- ja rüpsipõldu või ristikupõldu on korjelennu ulatuses. Neid saab kuvada ka tabelina ja eksportida täpsemaks analüüsiks või kokkuvõtte jaoks (nt meepurgile).

XGIS-keskkonna osaks on võimalus lisada omal soovil täiendavaid kaardikihte Maa-ameti põhjatust varamust, avalikest wms-teenustest. Näiteks, kirjutades otsingureale osalise märksõna „kaitsea“, on Maa-ameti kihivalikust leitav nii erinevate kaitsealuste liikide kui kaitsealade kaardikihte, mille nimele klikkides saab neid „oma kihtidesse“ lisada.

Lisaks olemasolevatele kaardikihtidele on igaühel võimalus tekitada oma kaardikiht, kuhu saab märkida endale vajalikke objekte koos kaasalisatava andmetabeliga. Selleks tuleb vaadata menüüriba alla vasakusse nurka. Jällegi, järjehoidja tähekesele vajutades ja loodud linki kasutades saab endale sobiva kihivaliku edasise töö jaoks salvestada.

Kokkuvõtvalt

Maaelu efektiivsemaks toimimiseks on vaja kõigile osapooltele ühist infovälja. Selleks on loodud Maa-ameti XGIS-süsteemis avalik teemakaardilahendus MaaeluGIS. XGIS keskkond on dünaamiline ja võimalusterohke, kus igaüks võib leida endale vajalikku teavet, edastada ruumiga seotud infot teistele või kasutada seda kui tarka abimeest taskus.

Tänu sõnad

MaaeluGIS valmis koostöös Maa-ametiga ja on toetatud Euroopa Liidu teadus-uuringute ja innovatsiooni programmist Horisont 2020 projektiga EFFECT (nr 817903) ja ETAG uurimistoetus PRG-1223.

Põllulinnunäitajad haritaval maal sõltuvad kultuurigrupist

Farmland bird indicators of arable land depend on the type of agricultural culture

Eneli Viik

Maaelu Teadmuskeskus

✉ eneli.viik@metk.agri.ee

Sissejuhatus

Põllulinnud on üks levinumaid indikaatoreid keskkonnamuutuste tuvastamiseks põllumajandusmaal. Euroopa põllulinnustiku kompleksindeks langes perioodil 1980–2021 60% (PECPMS, 2023) ja Eestis aastatel 1984–2021 33,5% (KAUR, 2022). Eesti maaelu arengukava (MAK) põllulindude seire 2010.–2022. aasta andmed näitavad samuti langust (METK, 2023). Seega on põllulindude käekäik halvenemas nii Euroopas kui Eestis. Põllulinde negatiivselt mõjutavate tegurite nimekiri on pikk, sh nt suurenenud mehhaniseeritus, väetiste ning taimekaitsevahendite laialdane kasutamine, põldude pindala suurenemine, maastikuelementide kaotamine, muutused maakasutuses, sh põllukultuuride mitmekesisuse vähenemine, maaparandus, rohumaade ülesharimine, niitmisaegade- ja sageduse muutused, pesarüüste. Antud töö eesmärk oli selgitada põllulinnunäitajate sõltuvust kultuurigrupist, sh lähtuvalt toetustüübist.

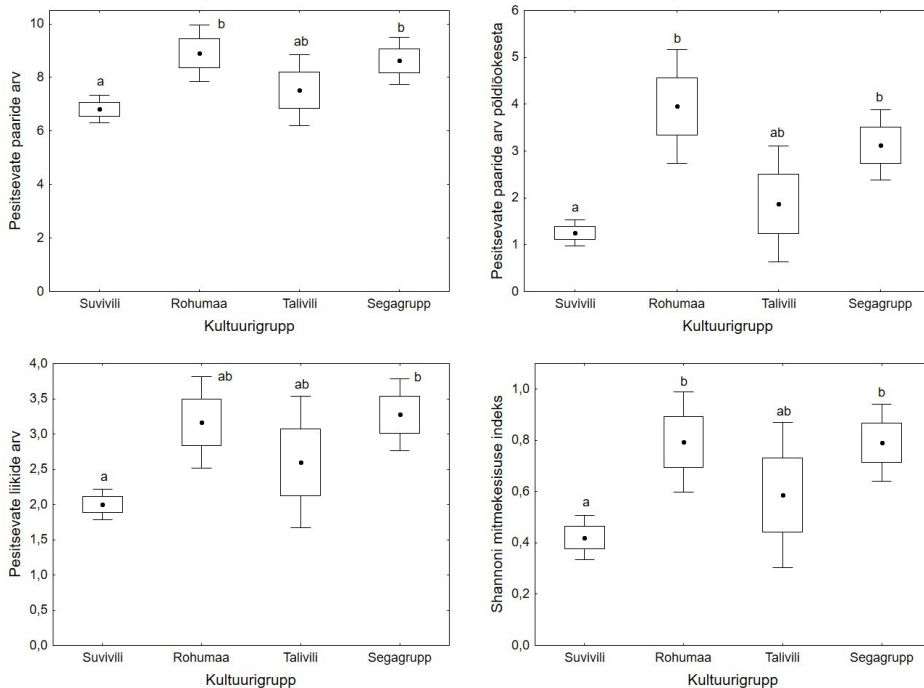
Materjal ja meetodika

Andmed koguti Põllumajandusuuringute Keskuse (alates 01.01.2023 Maaelu Teadmuskeskus) koordineerimisel MAK keskkonnameetmete hindamise raames aastatel 2013, 2017 ja 2021. Valim koosnes 66 seirealast, millest 22 olid

mahepõllumajandusliku tootmise toetusega (MAHE), 22 keskkonnasõbraliku majandamise toetusega (KSM) ja 22 olid kontrollgruppi kuuluvate põllumajandustootjate kasutuses, kes taotlesid küll ühtset pindalatoetust (ÜPT), aga ei olnud liitunud MAK MAHE ja KSM toetustega. Igal alal valiti välja haritava tel põldudel asuv 1 km pikkune transekt (loendusrada), millest 50 m mõlemale poole keskjoont pandi kirja kõik kuulnud-nähtud linnud, kes võisid olla potentsiaalsed pesitsejad. Loendused toimusid varahommikul ajavahemikus kella neljast kümneni kolm korda perioodil aprilli lõpust juuni keskpaigani. Välitöid tegi Eesti Ornitoloogiaühing. Kasvatatavate kultuuride andmed saadi Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Ametist (PRIA). Kõik loendusradad jaotati nende puhvrites (1 km x 100 m) asuvate kultuuride järgi nelja kultuurigruppi: suvivilja, talivilja, lühiajaline rohumaal (edaspidi ka rohumaal) ja segagrupp (sisaldas rohkem kui ühte kultuurigruppi). Seejärel analüüsiti linnunäitajate kultuurigruppide kaupa võimalike erinevuste tuvastamiseks kõigi kolme aasta tulemusi Kruskal-Wallis testiga. Taliteravilja valim oli võrreldes teiste kultuurigruppidega üsna väike, kolme aasta peale kokku 15 loendusrada; suviviljal 79; rohumaadel 42 ja segagruppis 62 loendusrada.

Tulemused ja arutelu

Linnunäitajate analüüsil leiti, et pesitsevate paaride üldine arv, pesitsevate paaride arv põldlookeseta ja pesitsejate Shannoni mitmekesisuse indeks olid rohumaal ja rohkem kui ühe kultuurigrupiga (segagrupp) loendusradadel oluliselt kõrgemad kui ainult suviviljaga loendusradadel. Pesitsevate liikide arv oli segagrupiga loendusradadel oluliselt kõrgem kui ainult suviviljaga loendusradadel (joonis 1). Seega olid linnunäitajad kõige madalamad suviviljas ning kõrgeimad rohumaadel ja rohkem kui ühe kultuurigrupiga loendusradadel. Taliviljas asuvad linnunäitajad ühelgi juhul teiste kultuurigruppide omadest oluliselt ei erinenud.



Joonis 1. Linnunäitajad sõltuvalt kultuurigrupist 2013., 2017. ja 2021. aastal. Loendusala arv valimis: suivilili 79, rohumaa 42, talivilili 15 ja segagrupp 62. Tähed näitavad olulist erinevust tasemel $p < 0,05$, mis on leitud Kruskal-Wallis testiga. Punkt – keskmine, kasti piirid – keskmine \pm standardviga, vurrud – keskmine $\pm 1,96 \cdot$ standardviga.

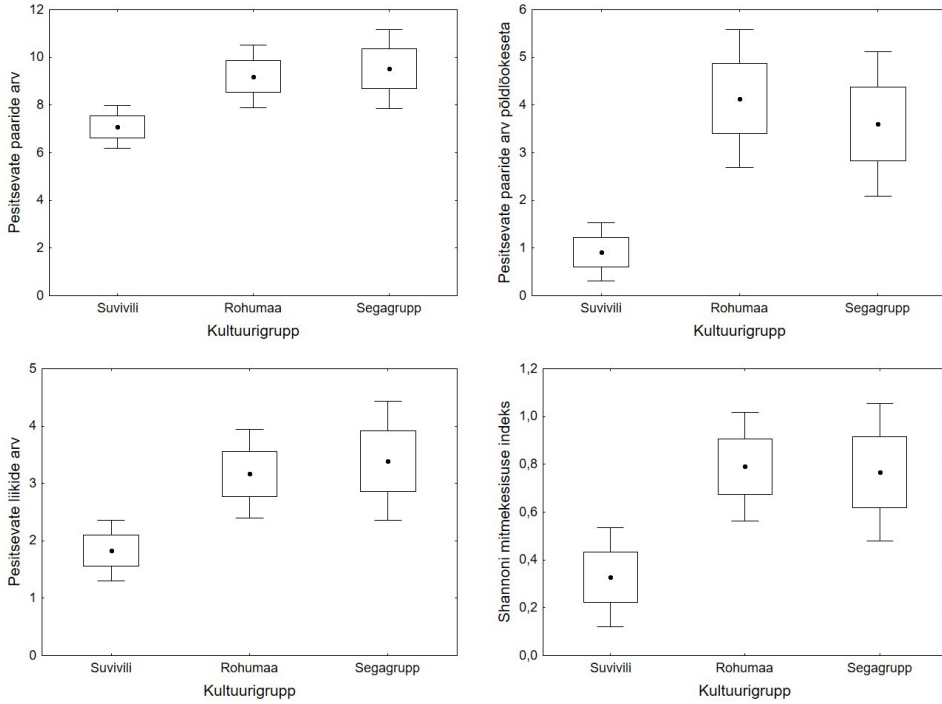
Kõrgemad linnunäitajad rohumaadel tulenevad ilmselt sellest, et need on üldjuhul ekstensiivsemalt majandatud nii põllutööde arvu kui ka kemikaalide kasutamise poolest, mistõttu seal on vähem häiringuid ja leidub rohkem lindudele sobivat toitu. Segagrupi loendusradade kõrgemad linnunäitajad on seletatavad sellega, et rohkem kui üks kultuurigrupp rahuldab rohkemate liikide vajadusi, mis suurendab liigirikkust ja arvukust. Suivililja majandatakse aga üldjuhul intensiivsemalt ning häiringud pesitsusajal on suuremad kui teistes kultuurigruppides – mitmed põllutööd toimuvad vahetult enne pesitsust ja pesitsusajal. Lisaks võib suivililjas olla põllulindudele suurem risk kiskjate ohvriks langeda, sest madal kultuur ei paku pesale ja vanalindudele piisavalt varjet.

Eestis on PRIA andmetel hakatud viimastel aastatel üha enam talivilja kasvatama ning suivililja pind ja selle osakaal on külvikorras vähenenud. 2012. aastal

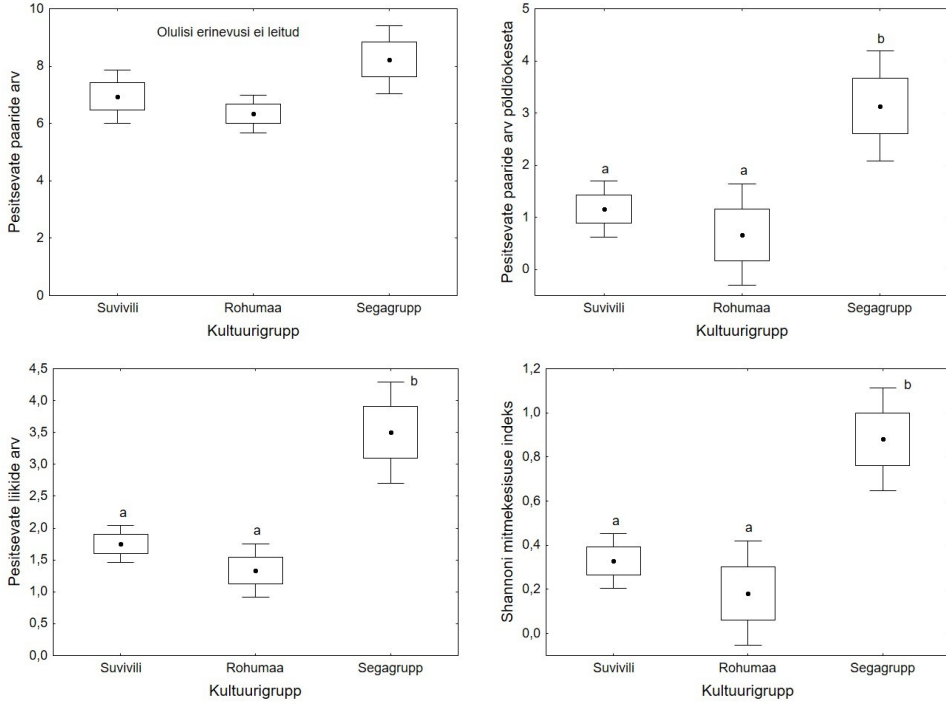
moodustas talivili Eestis kogu teravilja ning õli- ja kiukultuuride pinnast 22%, 2021. aastal aga 50%. TÜ põllulindude pesitsusuuringus (Tilgar jt, 2021) leiti, et suvi- ja taliviljade võrdluses eelistavad põllulinnud pesitseda suvivilja põldudel. Käesolevas analüüsis suviviljaga ja taliviljaga loendusradade vahel olulisi erinevusi ei leitud. Samas võis TÜ uuringu tulemuse põhjuseks olla hoopis fakt, et taliviljast oli pesi raskem üles leida kui suviviljast. Seega vajab antud teema veel täiendavat uurimist, sest kultuuride eelistus oleneb paljus konkreetsest linnuliigist, nagu leiti 2011. aastal läbiviidud kultuuride eelistuste analüüsist (Elts, 2011).

Lähtuvalt kultuurigruppidest uuriti linnunäitajate erinevusi toetustüüpide kaupa eraldi, kusjuures talivilja väikese valimi tõttu ei kaasatud. Leiti, et MAHE aladel olid linnunäitajad küll rohumaade ja segagrupiga loendusradadel mõnevõrra kõrgemad kui suviviljaga loendusradadel, kuid erinevused ei olnud siiski statistiliselt olulised (joonis 2).

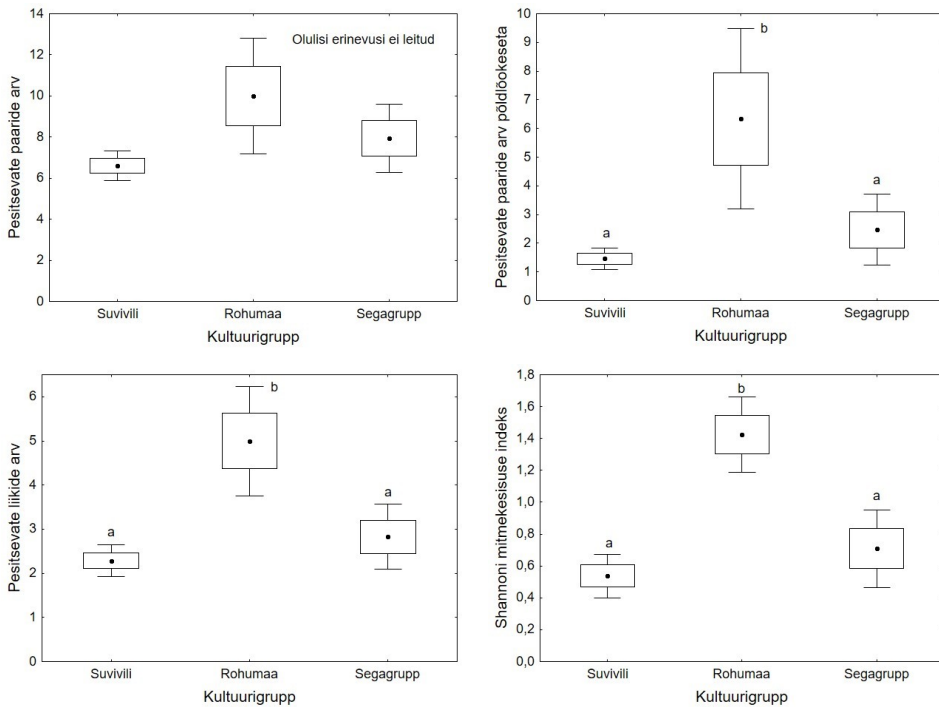
KSM aladel olid linnunäitajad segagrupiga loendusradadel kõrgemad kui suvivilja ja rohumaaga loendusradadel (joonis 3), ÜPT aladel rohumaadega loendusradadel oluliselt kõrgemad kui segagrupi ja suviviljaga loendusradadel (joonis 4). Kõigi pesitsevate lindude näitajate puhul olid peale pesitsevate paaride arvu erinevused ka statistiliselt olulised. Seega oli MAHE, KSM ja ÜPT aladele ühine, et linnunäitajad olid kõrgeimad rohumaaga ja/või rohkem kui ühe kultuurigrupiga loendusradadel, mitte kunagi aga suviviljaga loendusradadel. Lisaks selgus, et rohumaad olid lindudele soodsad MAHE ja ÜPT aladel, aga KSM aladel mitte. Viimasel juhul eelistasid linnud segagrupiga alasid, mille üheks põhjuseks võis olla asjaolu, et KSM tootjad majandavad oma lühiajalisi rohumaid kõige intensiivsemalt. Põllumajandusuuringute Keskuse poolt 2021. aastal läbiviidud e-küsitluse põhjal tegi lühiajalistel rohumaadel aastas keskmiselt 3 ja enam niidet 19% KSM, 3% MAHE ja 7% ÜPT tootjatest (PMK, 2022). Samuti väetavad KSM tootjad e-küsitluse põhjal lühiajalisi rohumaid enam kui MAHE ja ÜPT tootjad.



Joonis 2. Linnunäitajad sõltuvalt kultuurigrupist 2013., 2017. ja 2021. aastal MAHE aladel. Loendusalade arv valimis: suivili 12, rohumaa 30, segagrupp 23. Kruskal-Wallise testiga olulisi erinevusi ei leitud. Punkt – keskmine, kasti piirid – keskmine \pm standardviga, vurrud – keskmine \pm 1,96*standardviga.



Joonis 3. Linnunäitajad sõltuvalt kultuurigrupist 2013., 2017. ja 2021. aastal KSM aladel. Loenduslade arv valimis: suivili 32, rohumaa 6, segagrupp 22. Tähed näitavad olulist erinevust tasemel $p < 0,05$, mis on leitud Kruskal-Wallis testiga. Punkt – keskmine, kasti piirid – keskmine \pm standarddviga, vurrud – keskmine $\pm 1,96$ *standarddviga.



Joonis 4. Linnunäitajad sõltuvalt kultuurigrupist 2013., 2017. ja 2021. aastal ÜPT aladel. Loendusarvade arv valimis: suvivilli 35, rohumaa 6, segagrupp 17. Tähed näitavad olulist erinevust tasemel $p < 0,05$, mis on leitud Kruskal-Wallis testiga. Punkt – keskmine, kasti piirid – keskmine \pm standardviga, vurrud – keskmine $\pm 1,96 \cdot$ standardviga.

Järeldused

Analüüsi tulemusel selgus, et linnunäitajad olid enamasti kõrgemad lühiajalistel rohumaadel ja rohkem kui ühe kultuurigrupiga loendusradadel ning madalaimad ainult suviviljaga loendusradadel. Seega on haritaval maal põllulindude heaolu tagamisel oluline rohumaade olemasolu ja kultuuride mitmekesisus. Kahjuks on aastatel 2009–2020 Eestis lühiajaliste rohumaade osakaal põllukultuuridest vähenenud (PMK, 2021). Lisaks selgus uuringust, et KSM rohumaadega loendusradadel olid linnunäitajad sama madalad kui suviviljaga loendusradadel, mis tuleneb ilmselt nende intensiivsemast majandamisest. Seega sõltub rohumaade kasu põllulindudele majandamise intensiivsusest.

Kultuurigruppide mitmekesisust haritavaal maal aitavad aga otseselt või kaudselt soodustada mõned ühise põllumajanduspoliitika strateegiakava 2023–2027 maa heas põllumajandus- ja keskkonnaseisundis hoidmise ja ökokavade nõuded (nt talvise taimkatte nõue, põhikultuuride järgnevuse piirangud, teatud maa-ala tootmisest kõrvale jätmise nõue, KSM viljavahelduse nõue, mesilaste korjeala toetus).

Tänuavaldused

Seiret rahastati Eesti maaelu arengukava 2009–2013 ja 2014–2020 tehnilise abi vahenditest. Tänan linnuseire välitöö tegijaid.

Kirjandus

- Elts, J. 2011. Põllukultuuride kasutamine lindude territooriumitel aastatel 2007 ja 2009. Pataste, 9 lk.
- KAUR. 2022. Haudelinnustiku gildiindeksid 2021. a. 19 lk.
- METK. 2023. Põllulindude arvukuse ja liigirikkuse uuring 2010.–2022. aasta kohta. Tartu, 29 lk.
- PECPMS. 2023. PanEuropean Common Bird Monitoring Scheme. pecbms.info (22.08.2023).
- PMK. 2021. Eesti maaelu arengukava 2014–2020 4. ja 5. prioriteedi meetmete ja 3. prioriteedi loomade heaolu meetme hindamisaruanne 2020. aasta kohta. 197 lk.
- PMK. 2022. Eesti maaelu arengukava 2014–2020 4. ja 5. prioriteedi meetmete ja 3. prioriteedi loomade heaolu meetme hindamisaruanne 2021. aasta kohta. 201 lk.
- Tilgar, V., Elts, J., Tätte, K., Marja, R. 2021. Põllulindude pesitsusuuring, lõpparuande lisa (2020–2021). Tartu Ülikool, 53 lk.

