

TEADUSELT

mahepõllumajandusele

Toimetised 2025

Teaduselt

mahepõllumajandusele

Toimetised 2025

Tartu 2025

Hea ja kvaliteetne tervist toetav toit on üks meie olulisemaid põhivajadusi. Selleks vajame aga üha rohkem teavet, kuidas toitu võimalikult loodushoidlikult toota hoides nii mulda, vett kui kõike elavat. Selles, juba kuuendas, mahetootjatele suunatud eelretsenseeritud artiklite kogumikus tutvustatakse aastatel 2022–2025 läbi viidud mahepõllumajanduse alaste uuringute tulemusi.

Toimetus: Rein Lillak, Merili Toom, Liina Talgre, Anne Luik, Elen Peetsmann

Kujundus: Vali Press

Kaanefoto: Elen Peetsmann

Väljaandja: Eesti Maaülikool, SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, 2025

ISSN 2806-187X (võrguväljaanne)

Kogumik valmis Maaelu Teadmiskeskuse tellimusel. Kõik autoriõigused on kaitstud. Väljaandmist toetas Eesti põllumajanduse teadmussiirde- ja innovatsioonisüsteem (AKIS) ning Euroopa Liit.



Eesti
Maaülikool



Eesti Maaülikool
mahekeskus



Teadmised
on põllu
ramm



Kaasrahastanud
Euroopa Liit

Sisukord

- 5 **Sissejuhatus**
- 7 **Kartulikasvatuse mõju mulla happesusele mahe- ja tavaviljeluses**
Effect of potato cultivation on soil acidity under organic and conventional management
Viacheslav Eremeev, Jaan Kuht, Kalle Margus, Evelin Loit-Harro, Rein Lillak, Liina Talgre, Anne Luik
- 13 **Üheteranisu kasvatamise ja kasutamise võimalusi Eestis**
Opportunities for the cultivation and utilization of Einkorn wheat in Estonia
Reine Koppel, Riinu Kaasik
- 19 **Taliherne kasvatamisest segukülvis maheviljeluse tingimustes**
Winter peas cultivation in organic mixed cropping systems
Tiia Kangor
- 26 **Mõningate musta sõstra sortide saagikuse võrdlus masinkorjel maheviljelusel**
Comparison of yields of some blackcurrant cultivars in organic farming using machine harvesting
Ave Kikas, Asta-Virve Libek
- 32 **Õunapuu haiguskindlate sortide aretamine**
Breeding disease-resistant apple tree cultivars
Toivo Univer
- 37 **Vahelmine nisuhein kui potentsiaalne mahekultuur**
Intermediate wheatgrass as a potential organic crop
Maarika Alaru, Mailiis Korge, Katrin Tõruvere, Evelin Loit-Harro
- 44 **Talirukis teenuskultuurina, selle umbrohtu tõrjuv toime ja mõju mulla tervisele**
Winter rye as a service crop, its weed-suppressing effect and impact on soil health
Ülevaateartikkel
Silvia Pihu, Kadri Sohar

- 51 Agroökoloogiliste umbrohutõrje võtete mõju kaera umbrohtumisele**
The effect of agroecological weed management practices on oat weediness
 Merili Toom, Viacheslav Eremeev, Helena Madsen, Merrit Shanskiy, Liina Talgre
- 57 Sügisese mullaharimise tõhususest umbrohu tõrjel teraviljarohkes mahekülvikorras kaera näitel**
The effectiveness of autumn tillage in weed control in an organic cereal-rich crop rotation using an example of spring oat
 Karli Sepp, Jaan Kanger
- 64 Eesti mesilaste kogutud õietolmude värv räägib korjemaa kvaliteedist**
The colour of pollen collected by Estonian honey bees reflects the quality of the foraging area
 Reet Karise, Margret Jürison, Risto Raimets, Vivika Väli
- 71 Ristikupõllud kui väärtuslik toidulaud kimalastele Eesti põllumajandusmaastikes**
Clover fields as a valuable foraging resource for bumblebees in Estonian agricultural landscapes
 Virve Sõber, Mari-Liis Viljur, Villu Soon, Ants Kaasik, Tsipe Aavik, Tiit Teder
- 83 Mahajäetud põllumaa – juhtumiuuringute kogemused ja suunised**
Abandoned farmland – Case study results and guidelines
 Silva Vilumets, Riina Kaasik, Anna-Camilla Moonen, Raja Imran Hussain, Daniela Ablinger, Virginia Bagnoni, Tiziana Sabbatini, Eve Veromann
- 90 Ettepanekud ringbiomajanduse edendamiseks Eesti esmases toidutootmises**
Recommendations for promoting the circular bioeconomy in Estonia's primary food production
 Kristiina Kerge, Kadi Kenk

Sissejuhatus

Kuues kogumik „Teaduselt mahepõllumajandusele 2025“ koondab 13 artiklit, mis annavad läbilõike sellest, millistel teemadel Eestis mahepõllumajanduse valdkonnas uuringuid tehakse – alates mulla tervisest ja umbrohutõrjest kuni uute kultuuride, tolmeldajate ja ringbiomajanduseni.

Esimene artiklite teemaplokk keskendub mulla omadustele ja viljelusviisidele. Kartulikasvatuse uuringus võrreldakse mahe- ja tavaviljeluse mõju mulla happesusele, et mõista paremini pH muutusi ja mulla puhverdusvõimet. Talirukki käsitletult teenuskultuurina näitab, kuidas vahekultuurid ja allakülvid aitavad ühtaegu tõrjuda umbrohtu ja parandada mulla tervist. Kaera uuringute fookus on agroökoloogiliste umbrohutõrje võtete rakendamisel: üks artikkel käsitleb kasvuaegse äestamise ja külvitiheduse mõju umbrohtumusele minimeeritud mullaharimise tingimustes, teine sügisese mullaharimise rolli umbrohtude ohjamisel teraviljarohkes mahekülvikorras. Need tööd annavad praktilise arusaama, millised sekkumised aitavad umbrohtusid kontrolli all hoida ja samal ajal mulla elurikkust säilitada.

Teine suurem teemadering on seotud kultuuride mitmekesistamisega mahetootmises. Üheteranisu uuringus vaadeldakse selle iidse nisu liigi kasvatamisvõimalusi Eestis: talvekindlust, saagikust ja terade toiteväärtust, sh potentsiaali tervisesõbraliku nisutoorainena. Taliherne ja talinisu segukülvi katse keskendub sellele, kuidas segukülv aitab tõsta nisu proteiini- ja terakvaliteeti maheviljeluses ning mida see tähendab külvi- ja koristusaja sobivuse seisukohalt. Vahelmist nisuheina käsitletakse kui potentsiaalset mitmeaastast kultuuri, mille sügav juurestik seob süsinikku, vähendab nitraatide leostumist ja pakub samaaegselt nii sööta kui teravilja ja mis omaduste poolest sobib ka maheviljelusse.

Aianduse maheuuringud annavad ülevaate sellest, kuidas sordivalik aitab arendada keskkonnasõbralikku tootmist. Musta sõstra puhul uuritakse, millised sordid sobivad masinkorjeks mahetingimustes. Selleks hinnatakse saagikust, marjade suurust, õite varisemist ja seda, kui palju saaki jääb põõsasse. Võrdluses on nii Eesti kui ka välismaised sordid. Õunapuu puhul keskendutakse haiguskindlate sortide aretusele, millel on Eestis pikk traditsioon. Eriti rõhutatakse kärntõvekindlate sortide loomist ja aretusfondi ülesehitust, mis aitab

hoida geneetilist mitmekesisust ja arendada uusi sorte. Pakutakse mahetootmisele sobivaid lahendusi, mis toetavad jätkusuutlikku ja tervislikku tootmist.

Kolmas fookus on tolmeldajatel ja elurikkusel. Eesti mesilaste kogutud õietolmu värvi ja botaanilise päritolu uuring aitab seostada õietolmu värvispektri korjemaa kvaliteedi ja taimeliikide mitmekesisusega. Ristikupõldude rolli käsitlev töö vaatleb punase ristiku põlde kui olulist toidulauda kimalastele ning analüüsib kimalaste arvukust ja liigirikkust põllu servast selle keskosa suunas erinevates maastikutüüpides. Need kaks artiklit aitavad paremini mõista, kuidas põllumajandusmaastik toetab või piirab tolmeldajate tegevust ning seeläbi ka saagikust.

Mahajäetud põllumaa kohta koondatud juhtumiuuringud näitavad, kuidas tootmisest välja jäänud põllud võivad olla korraga nii riskialad umbrohtudele ja invasiivsetele liikidele kui ka olulised elupaigad kasuritele ja tolmeldajatele. Töö pakub suuniseid, kuidas vaadata mahajäetud põlde mitte ainult probleemina, vaid ka potentsiaalse ressursina elurikkuse ja ökosüsteemiteenuste seisukohalt.

Kogumiku lõpetab artikkel ringbiomajanduse edendamise ettepanekutest Eesti esmases toidutootmises. Artikkel keskendub sellele, kuidas vähendada toidukadu ja tootmisjääkide mahtu, kasutada jääke ressursina ning skaleerida juba toimivaid lahendusi nii, et väheneks sektori kliima- ja keskkonnajälg ja paraneks ettevõtete majanduslik jätkusuutlikkus.

Koos moodustavad need 13 artiklit tervikliku pildi sellest, kuidas teadus toetab tootjat mahepõllumajanduse arendamisel – alates üksiku põllu mullast kuni maastiku ja väärtusahelate korralduseni.

Varasemate mahekogumikega saab tutvuda siin: <https://www.emu.ee/valjaanded>

Toimetus

Kartulikasvatuse mõju mulla happesusele mahe- ja tavaviljeluses

Effect of potato cultivation on soil acidity under organic and conventional management

Viacheslav Eremeev, Jaan Kuht, Kalle Margus,
Evelin Loit-Harro, Rein Lillak, Liina Talgre, Anne Luik

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, viacheslav.eremeev@emu.ee

Märksõnad: kartul; viljelussüsteemid; väetamine; vahekultuurid; pH_{KCl}

Sissejuhatus

Mulla pH mõjutab taimetoitainete kättesaadavust ja mullamikrobioota toimimist ning on kartuli puhul oluline saagi stabiilsuse tegur. Pikaajaline lämmastikuga väetamine langetab mulla pH taset nitrifikatsiooni kaudu (Tian ja Niu, 2015; Reeves ja Liebig, 2016). Mahetootmisesse sobivad agrotehnilised võtted, nagu vahekultuuride kasvatamine ja komposteeritud veisesõnniku kasutamine, suurendavad aga mulla puhverdusvõimet ning aitavad pH taset stabiliseerida (Tein jt., 2014). Käesolevas töös võrreldi mulla pH dünaamikat mahe- ja tavaviljeluses enne ning pärast kartulikasvatust ning hinnati lämmastikunormi mõju mulla happesusele tavasüsteemis. Mulla happesust mõõdeti ühemolaarse KCl meetodil ning tulemused esitati pH_{KCl} kujul (Eremeev jt., 2025).

Materjal ja metoodika

Pikaajaline komplekskatse rajati Eesti Maaülikooli Eerika katsejaama ($58^{\circ}21'52,4''$ N; $26^{\circ}39'57,3''$ E) 2008. aastal. Käesolev artikkel kajastab andmeid aastatel 2014–2018. Katsealal on näivleetunud muld, mille lõimiseks oli liivsavi (56,5% liiva, 34,0% tolmu ja 9,5% savi) ning huumuskihi keskmiseks paksuseks 30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

Katse koosnes mahe- ja tavaviljeluslikust blokist, kus rakendati neljas korduses 5-väljalist külvikorda (oder punase ristiku allakülviga -> punane ristik -> talinisu -> hernes -> kartul). Maheviljeluslik ala jagunes kolmeks variandiks: Mahe 0 koosnes üksnes külvikorrast; Mahe I kasvatati pärast põhikultuuri koristamist talviseid vahekultuure (talirukki ja talirüpsi segu), mis künti mulda ning Mahe II, mis järgis Mahe I põhimõtet, kuid enne kartulit anti mulda komposteeritud veisesõnnikut normiga 20 t ha^{-1} , mis samuti künti mulda. Tavasüsteemis

rakendati neljavariandilist skeemi: N0 (väetisi ei kasutatud), N50 (N50P25K95), N100 (N100P25K95) ja N150 (N150P25K95). Lämmastikväetistena kasutati ammoniumnitraati. Tavasüsteemis tehti vajaduse korral suve jooksul 2–4 taimekaitse pritsimist.

Katses kasvatati kartuli sorti 'Maret' (2018. a sorti 'Teele'), mis pandi maha mai alguses ja koristati septembri alguses. Enne kartuli mahapanekut maa künti ja kultiveeriti kaks korda. Vaod moodustati vahetult enne kartuli mahapanekut. Vagude vahe oli 70 cm ja seemnemugulate vahe reas 25 cm. Kartuli vagusid äestati kaks korda ning mullati kolm korda.

Mulla happesuse määramiseks võeti igal aastal aprilli keskpaigas enne põllutöid 0–25 cm mullakihist proovid (iga katselapi kohta 8 osaproovi, mis koondati komposiitprooviks). Need kuivatati toatemperatuuril, sõeluti läbi 2 mm sõela ja määrati mulla pH, kasutades ühemolaarset KCl lahust suhtega 1 : 2,5 (muld : lahus) (Soil Survey Laboratory Staff, 1996).

Andmeid analüüsiti Statistica 13 programmis (TIBCO Software Inc., 2018). Selleks kasutati faktoriaalset ANOVA testi. Usutava seose korral ($P < 0,05$) rakendati andmete Tukey HSD järeltöötlust. Seoseid hinnati kahepoolse Pearsoni korrelatsiooniga ($\alpha = 0,05$).

Tulemused ja arutelu

Katsetulemused näitasid usutavat seost viljelussüsteemi ja mulla happesuse vahel, samas kui aastate mõju oli väike ning nende koostoime puudus (Tabel 1). Kui mahealal oli mulla pH_{KCl} aastate ja variantide keskmisena 6,02 ja 6,05 ühikut (vastavalt enne ja pärast kartuli kasvatamist), siis mineraalväetise kasutamisel olid samad näitajad 5,71 ja 5,68 (joonis 1).

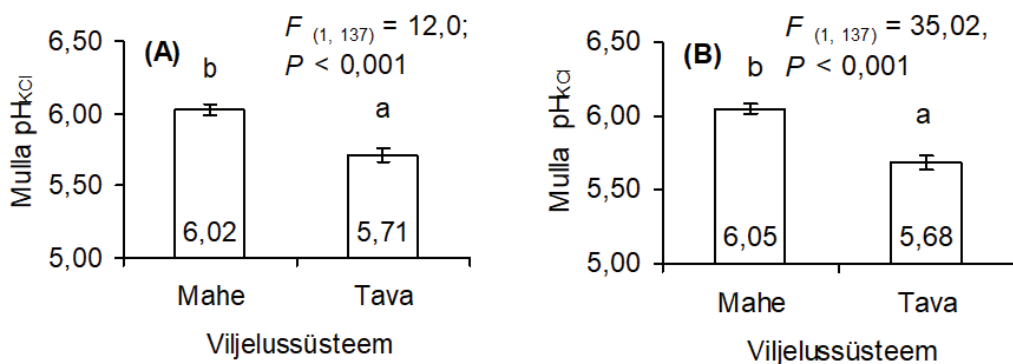
Ilmnenud seaduspärasus kattub täiel määral varasemate pikaajalistes viljelussüsteemides kartuli väetamist käsitlevate katsete tulemustega, kus rotatsioon, vahekultuurid ja orgaanilised sisendid parandasid mulla omadusi ning aitasid hoida mulla pH stabiilsemana (Larkin, 2024). Juurvilja- ja kartulikatsete tulemused on näidatud, et orgaanilise väetise andmine hoiab mulla pH-d kõrgemal tasemel ning aitab tasakaalustada mineraalväetiste negatiivset mõju mullale (Zhang jt., 2024).

Tabel 1. Katsetegurite mõju mulla happesusele pärast kartulikasvatust aastatel 2014–2018.

Faktor	Mulla pH _{KCl}
Aasta (Y)	$F_{(4, 135)} = 0,40$ (ns)
Viljelussüsteem (FS)	$F_{(6, 133)} = 12,53$ (***)
Y × FS	$F_{(24, 105)} = 0,50$ (ns)

Märkused: ns = mitteoluline; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$. Esitatud on F-statistika koos vabadusastmetega sulgudes: $F(df_1, df_2)$.

Tavasüsteemides võis kartuli kasvatamise järel täheldada mulla happesuse mõningast suurenemist, kuid need muutused olid liialt väikesed, et olla statistiliselt usutavad ($P > 0,05$). Mineraalväetiste pidev kasutamine tõi aga kaasa mulla hapestumise. See oli eriti täheldatav väetiste suuremate normide (N100 ja N150) korral. Kui kartuli eelselt oli mulla PH_{KCl} erinevus väetist mitteraanud kontrollvariandi ja N150 vahel 0,15 ühikut, siis kartuli järel oli see suurenenud 0,25 ühikuni (N50 variandi puhul kõikusid samad näitajad vahemikus 0,04-0,08; Tabel 2). See on seletatav ammooniumit sisaldavate lämmastikväetiste mulda hapestava mõjuga, kus nitrifikatsiooni käigus vabaneb H^+ (Tian ja Niu, 2015; Reeves ja Liebig, 2016) ning tulemused ühtivad Euroopas mineraalse lämmastiku poolt põhjustatud mulla hapestumise kohta läbiviidud uuringute tulemustega (Zamanian jt., 2024).



Joonis 1. Viljelussüsteemi mõju mulla pH_{KCl}-le enne (A) ja pärast (B) kartulikasvatust. Tulbad kujutavad keskmist ± SE. Samas paneelis erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulisi erinevusi (ühesuunaline ANOVA, järgnevalt Tukey HSD, $P < 0,05$).

Maheüsteemis hoidsid Mahe I ja Mahe II variantides kasutatud talvised vahekultuurid ja vahekultuurid koos veisesõnnikuga mulla pH_{KCl} suurusjärgus 6,02–6,11, seda nii enne kui ka pärast kartulit (tabel 2). Sealjuures võis võrreldes kontrollvariandiga (Mahe 0) Mahe I ja Mahe II väljal täheldada isegi mulla pH mõningast suurenemist. Nimetatud muutus oli aga suhteliselt väike (0,08–0,15 ühikut) ja pigem saab rääkida tendentsist, mis statistilise analüüsi käigus võib osutuda mitteusutavaks.

Tabel 2. Mulla keskmine pH_{KCl} ($\pm$ SE) mahe- ja tavaviljeluses enne kartulikasvatust (2013–2017) ja pärast kartulikasvatust (2014–2018).

Viljelusviis	Mulla pH_{KCl}	
	Enne kartulit	Pärast kartulit
Mahe 0	$5,97 \pm 0,05^{bc}$	$5,96 \pm 0,05^{bc}$
Mahe I	$6,08 \pm 0,06^c$	$6,07 \pm 0,05^{bc}$
Mahe II	$6,02 \pm 0,09^c$	$6,11 \pm 0,07^c$
N0	$5,75 \pm 0,06^{abc}$	$5,80 \pm 0,07^{abc}$
N50	$5,83 \pm 0,12^{abc}$	$5,76 \pm 0,12^{ab}$
N100	$5,67 \pm 0,09^{ab}$	$5,63 \pm 0,09^a$
N150	$5,60 \pm 0,10^a$	$5,55 \pm 0,09^a$

Märkused: sama veeru piires tähistavad erinevad tähed olulisi erinevusi variantide vahel (ühesuunaline ANOVA, järgnevalt Tukey HSD, $P < 0,05$).

Paljud uurimisandmed kinnitavad, et suured lämmastikunormid langevad mulla pH arvulist väärtust ja kiirendavad sellega hapestumist, samal ajal kui mahevõtted stabiliseerivad mulla reaktsiooni selle puhvervõime suurenemise kaudu (Bulluck jt., 2002; Liu jt., 2007; Tein jt., 2014).

Järeldused

Intensiivne kartulikasvatust koos rohke lämmastikväetise kasutamisega muudab mulla happelisemaks. Mahetootmises, kus kasutatakse vahekultuure ja sõnnikut, püsis mulla pH enamasti $\geq 6,0$ nii enne kui ka pärast kartulit. Sealjuures ulatus mulla happesuse erinevus mahe- ja tavaviljeluse vahel kuni 9,2%-ni (Mahe II *contra* N150).

Seega peaks põllumees kasvatama talviseid vahekultuure ning kasutama komposteeritud veisesõnnikut, et suurendada mulla puhvervõimet.

Tänuavaldused

Autorid tänavad Eesti Maaülikooli Eerika katsejaama põllu- ja laborimeeskonda abi eest proovide võtmisel ja analüüsimisel. Uuringut toetasid ERA-NET projektid Core Organic “FertilCrop” ja “ALL-Organic”, Euroopa Liidu Horisondi projekt “OrganicYieldsUP”, Eesti Teadusagentuur (grant PRG1949) ja Eesti Maaülikool baasfinantseerimise kaudu.

Kasutatud kirjandus

- Bulluck, L.R.; Brosius, M.; Evanylo, G.K. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19(2):147–160.
- Enesi, R.O.; Dyck, M.F.; Thilakarathna, M.S.; Strelkov, S.E.; Gorim, L.Y. 2024. Calibrated SoilOptix® estimates of soil pH and exchangeable cations in three agricultural fields in western Canada—implications for managing spatially variable soil acidity. *Heliyon* 10(17):e37106.
- Eremeev, V.; Kuht, J.; Margus, K.; Loit-Harro, E.; Talgre, L.; Luik, A. 2025. Effects of potato cultivation on soil pH_{KCl} and exchangeable calcium under organic and conventional management. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 75(1):2577425.
- IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. FAO, Rome.
- Larkin, R.P. 2024. Potato cropping system and variety impacts on soil properties, soilborne diseases, and tuber yield in a long-term field trial. *Agronomy* 14(12):2852.
- Liu, B.; Gumpertz, M.; Hu, S.; Ristaino, J.B. 2007. Effect of organic, sustainable, and conventional management strategies in grower fields on soil physical, chemical, and biological factors and the incidence of Southern blight. *Applied Soil Ecology* 37(3):202–214.
- Quispe, K.; Mejía, S.; Carbajal, C.; Alejandro, L.; Verástegui, P.; Solórzano, R. 2024. Spatial variability of soil acidity and lime requirements for potato cultivation in the Huánuco Highlands. *Agriculture* 14(12):2286.
- Reeves, J.L.; Liebig, M.A. 2016. Soil pH and exchangeable cation responses to tillage and fertilizer under dryland cropping systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 47(21):2396–2404.
- 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.
- Soil Survey Laboratory Staff. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. USDA-NRCS, Washington, DC.

- 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.
- TIBCO Software Inc. 2018. Statistica (Data Analysis Software System), v13.4.0.
- Tian, D.; Niu, S. 2015. A global analysis of soil acidification caused by nitrogen addition. *Environmental Research Letters* 10(2):024019.
- Zamanian, K.; Taghizadeh-Mehrjardi, R.; Tao, J.; Fan, L.; Raza, S.; Guggenberger, G.; Kuzyakov, Y. 2024. Acidification of European croplands by nitrogen fertilization: consequences for carbonate losses and soil health. *Science of the Total Environment* 920:171631.
- Zhang, H.; jt. 2024. Combined application of chemical fertilizer and organic amendment improved soil quality in a wheat–sweet potato rotation system. *Agronomy* 14(9):2160.

Üheteranisu kasvatamise ja kasutamise võimalusi Eestis

Opportunities for the cultivation and utilization of Einkorn wheat in Estonia

Reine Koppel, Riinu Kaasik

Maaelu Teadmuskeskus, reine.koppel@metk.agri.ee

Märksõnad: Üheteranisu, kasvatamine, küpsetusomadused, tervislikkus

Sissejuhatus

Nisu on liikiderohke perekond. Üheteranisu, emmernisu ja spelta on ühed esimesed *Triticeae* ehk nisu perekonna esindajaid, mida inimkond kodustas ja kasvatama ning tarvitama hakkas (Feldman, 1976). Väga tähis toidutaim on harilik nisu (*Triticum aestivum*). Kuid toiduks kasvatatakse ka iidsemat diploidset nisu liiki – *Triticum monococcum* ehk eesti keeles üheteranisu. Kirjanduses on see levinud ka saksakeelse nimega einkorn.

Kui harilik nisu on levinud üle maailma väga mitmekesistes tingimustes, siis üheteranisu kasvatatakse tänapäeval intensiivseks kasvatuseks vähesobivatel muldadel Türgi lääneosas, Balkani riikides, Itaalias, Hispaanias, Šveitsis ja Saksamaal (Wieser jt., 2009). Üheteranisul on leitud mitmeid tervisele kasulike bioaktiivseid aineid.

Üheteranisu talub teadaolevalt põuda ja on vastupidav sellistele teravilja-haigustele nagu rooste ja jahukaste (Anker jt., 2001). Selle nisuliigi teradel on kõrge valgu- ja mineraalainete sisaldus, eriti kaltsiumi, mangaani ja väävli osas ja palju kõrgem kollaste pigmentide ja karotenoidide sisaldus kui harilikul nisul (Brandolini jt., 2008). Hiljutised uuringud on näidanud, et üheteranisu gliadiinivalgud säilitasid tsöliaakiahaigetele vähem immunogeenseid peptiide ja on vähem toksilised kui teised uuemad nesusordid. Mõned katsed on näidanud, et üheteranisust tehtud tooted on kergemini ja paremini seeditavad (Di Stasio jt., 2020).

Üheteranisu on sökalteraline. Enne kasutamist toiduks tuleb tera sökalde vahelt eraldada nii nagu speltanisulgi.

Antud töö eesmärkideks oli selgitada üheteranisu kasvatamise võimalikkust Eestis. Selgitati välja sortide talvekindlus, saagipotentsiaal ning teised praktikutele vajalikud agronoomilised ning majanduslikud omadused.

Materjal ja metoodika

Üheteranisu põldkatsed viidi läbi METK Jõgeva Sordiaretusosakonna mahekatse alal 2021/2022., 2022/2023. ja 2023/2024. aastal. Katsepõld asus keskmise liivsaviilõimisega leetjal mullal. Eelviljaks oli punane ristik. Külvl toimus septembri alguses. Katsevariantideks olid erinevad külvisenormid (edaspidi KN) – 100–600 idanevat tera ruutmeetrile. Kui 2021/2022. aastal olid variandid 100–500 idanevat tera, siis järgnevatel katseaastatel oli väikseim KN 200 ja suurim 600 idanevat tera ruutmeetrile. Katses kasutati Saksa sorti 'Terzino'

Mahekatses uuriti üheteranisu KN mõju talvekindlusele, saagile, tera suurusele, sõklasusele, proteiini sisaldusele, langemisarvule. Talvekindlust hinnati visuaalselt pallides, kus 1 pall tähendas, et talvekahjustust ei esinenud ning 9 palli, et kogu katselapp oli talvekahjustuse tõttu hävinenud. Katselappidelt korjatud näidistaimedel analüüsiti üheteranisu võrsumisvõimet erinevatel KN variantidel ning saagistruktuuri elementidest peavõrse pähikute arvu.

Saagi andmed toodi koos sõklaga, st tera ei puhastatud sõkalde vahelt. Tera suurus ehk 1000 tera mass arvutati samuti sõkalteradena. Sõklasuse väljaselgitamiseks eraldati terad sõkalde vahelt ning mõlemad osad kaaluti eraldi ja arvutati sõklasuse protsent. Laboris määrati proteiinisaldus ning langemisarv.

Võrsumisvõime ja saagistruktuuri elementide kindlaks tegemiseks korjati erinevate variantide katselappidelt näidistaimed, millest 5 analüüsiti – loeti võrsed, mõõdeti peade pikkused ja loeti peadel pähikute arv.

Dispersioonanalüüsi tulemusel leiti uuritavate omaduste varieerumise seos külvisenormist ning statistiliselt usutav piirdiferents (PD95%).

Tulemused ja arutelu

Üheteranisu talivormide kasvatamise üheks riskifaktoriks on talvekahjustused. 2022. ja 2024. aastal saadi METK Jõgeva Sordiaretuse mahemaale külvatud katsest saak, kuid 2023. a üheteranisu katse prakeeriti kuna taimik oli halvast talvitumisest ning naksurlase kahjustusest tingituna liiga hõre. 2022. a oli 'Terzino' külvisenormi katses keskmine talvekahjustus 2,0–5,0 palli (tabel 1) ja kuigi esines tendents, et suurema külvisnormiga külvatud lappidel on talvekahjustus suurem, siis statistiline andmetöötlus seda ei kinnitanud. 2023. a oli 'Terzino' erinevate külvisnormidega külvatud lappide talvitumine mahekatses vahemikus 4–8 palli. Hõreda taimiku ja umbrohtude tugeva levimise tõttu tuli katse prakeerida. 2024. a oli talvekahjustus vahemikus 3,7–4,7 palli, kuid sarnaselt 2022. a ei sõltunud see külvisenormist. Üheteranisu võib kahjustada nii ilma lumeta külm kui ka lumiseen.

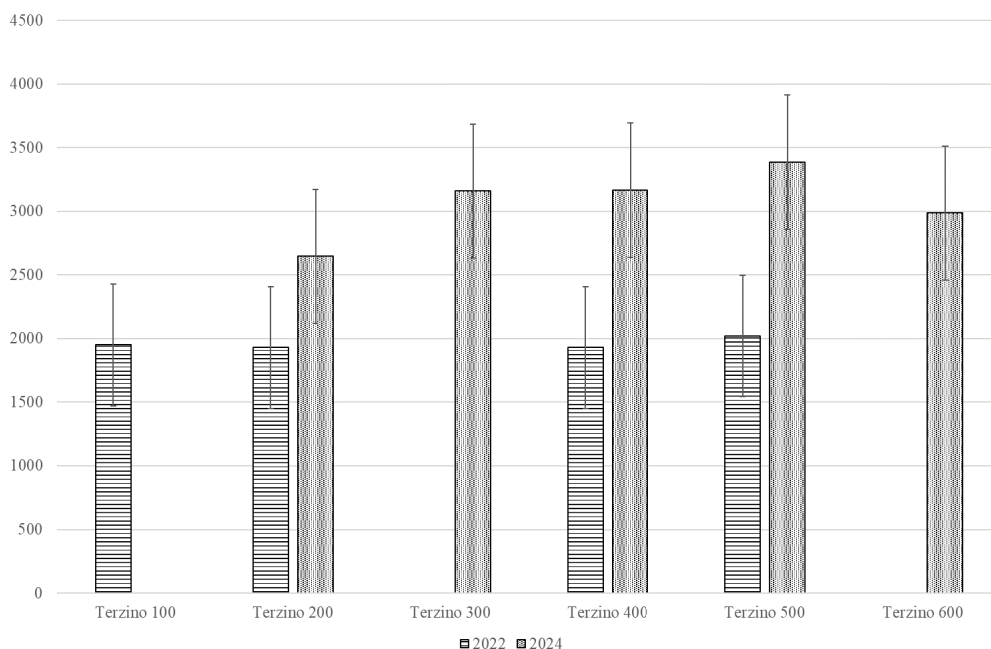
Tabel 1. Üheteranisu omadused 2022. ja 2024. aastal METK Jõgeva Sordiareetuse mahekatses.

Külvse- norm	Talvekahjustus, palli*		Peavõrse pikkus, cm		1000 tera mass, g		Sõkla- sus, %	Proteiini sisaldus, %	Langemis- arv, sek
	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2024
KN100	2,0	X	112	X	33,5	X	31,4	X	X
KN200	2,0	4,3	114	111	32,7	27,1	34,7	12,7	392
KN300	3,0	3,7	111	111		25,7		11,9	369
KN400	3,5	4,7	115	109	32,7	26,5	30,7	12,2	367
KN500	5,0	3,7	111	100	32,9	25,9	30,7	11,5	361
KN600	X	4,3	X	106	X	26,4	X	12,7	398
PD95%0	2,7	1,63	7,0	8,4	0,77	1,05	3,6	1,68	45,7

*1–9 palli, kus 1=kahjustust ei ole, 9=maksimaalne kahjustus

Saak oli 2022. a mahekatses vahemikus 1930–2020 kg ha⁻¹ (joonis 1) ning 2024. aastal 2647–3387 kg ha⁻¹. Saagi suurus ei sõltunud külvisenormist kummalgi katse aastal, st külvisenorm saagi taset usutavalt ei mõjutanud. Kui talvekahjustused ja muud kahjustused on suured, siis külvisenormi mõju ei saa esile tulla. Vaatamata sellele on soovitatav üheteranisu külvata meie kliimas suurema külvisenormiga, eriti mahetingimustes ja hilisema külvi aja puhul. Eesti tingimustes võiks külvata 500 idanevat tera ruutmeetrile. Sama külvisenormi soovitatakse kasutada ka Saksamaal – tavaviljeluse puhul 400 ja mahetingimustes 500 idanevat tera (www.suedwestsaat.de). Mahetingimustes on tihedama külvi eesmärk põhikultuuriga pinna katmine, et jääks vähem võimalust umbrohtudel kasvada.

Samas katses olid ka speltanisud ning harilik nisu. Speltanisude keskmine saak (koos sõklaga) oli 5090 kg ha⁻¹ (sõklasus oli speltanisudel keskmiselt 25%), hariliku nisu keskmine saak oli 5089 kg ha⁻¹. Antud numbrid näitavad, et üheteranisu on speltast ja harilikust nisust väiksema saagi tasemega. Kirjanduse andmetel on saak üheteranisul usutavalt madalam kui harilikul nisul. Ostrowska ja Porębska (2017) ning Lacko-Bartošova ja Otepka (2001) hinnangul on sõkalteraliste saak väiksem harilikul nisul, Biel jt. (2021) uuringu tulemusel lausa 58,4% madalam. Meie katses moodustas ühetera nisu saak mahekatses 2024. a hariliku nisu saagist 44%. Kuid Biel jt. (2021) andmetel olid sõkalteraliste nisude saagi tase stabiilsem erinevates agro-kliimaatilistes tingimustes võrreldes hariliku nisuga.



Joonis 1. Üheteranisu saak (kg ha⁻¹) 2022. ja 2024. aastal METK Jõgeva Sordiaretuse mahekatses Terzino 100 – külvisenorm 100 idanevat tera ruutmeetrile.

Sõklasust analüüsiti ainult 2022. a ja see oli vahemikus 30,7–34,7%. Sõklasus ei sõltunud üheteranisu külvisenormist.

2022. ja 2024. a analüüsiti 1000 tera massi (TTM) sõltuvust külvisenormist. Külvisenorm tera suurust ei mõjutanud. Üheteranisu on väiksema teraga kui harilik nisu. TTM oli variantide keskmisena 33,0 ja 23,0 g. Saksamaal tehtud uurimuses, mis hõlmas 148 üheteranisu genotüüpi, oli üheteranisu keskmine TTM 25,3 g (Afzal ja Longin, NA).

Üheteranisu on pika kõrrega. Kõikidel külvisenormi variantidelt võetud taimede analüüsil mõõdeti peavõrse pikkust, mis varieerus 2022. a vahemikus 111–115 cm ning 2024. a 100–111 cm. Kõrre pikkus ei sõltunud taimiku tihedusest, st külvisenormist. Olenevalt aastast võib pika kõrrega nisu kalduda lamandumisele. Katseaastatel oli lamandumiskindlus üheteranisul hea, kuid mõnedel teistel aastatel on mingil määral lamandumist siiski esinenud.

Projekti käigus uuriti üheteranisu küpsetusomadusi. 2022. a tehti proteiini ja langemisarvu analüüs ainult ühest külvisenormi variandist ja seepärast ei ole

esitletud tulemusi tabelis 1. Proteiini sisaldus oli siis üheteranisul 13,2%. Võrdluseks oli hariliku nisu sortide keskmine proteiinisaldus mahekatses sel aastal 11,2% (andmed METK aruannetest). 2024. a tehti proteiinisalduse määramised kõikidest külvisvariantidest. Proteiinsisaldus ei sõltunud külvisenormi suurusest ja oli kõikide variantide keskmisena 12,2%. Samuti ei sõltunud külvisenormist langemisarv, mis oli variantide keskmisena 377 sek. Hohenheimi Ülikooli uuringutulemustes nähtub, et 148 üheteranisu genotüübi keskmine proteiinisaldus oli 17,1% ja langemisarv 371 sek (Afzal ja Longin, NA).

Üheteranisu võrsumisvõime uurimiseks tehti kõikidest külvisnormi variantidest võetud 5 taime struktuuri analüüs. Võrsete arv taimel oli 2022. a vahemikus 2,8–3,6 (tabel 2) ja 2024. a 3,8–6,0. Kuigi külvisenormi ja võrsete arvu andmeid vaadates tundub, et suurema KN puhul on taimedel vähem võrseid, siis statistiline andmetöötlus seose usutavust ei kinnitanud. Loeti ka pähikute arv taimel ning seal näitas statistiline andmetöötlus 2024. a kohta, et suurema külvisenormi puhul oli ühe taime pähikute koguarv usutavalt väiksem, st külvisenorm mõjutas tulemust.

Tabel 2. Üheteranisu taimede struktuuri analüüsi tulemused 2022. ja 2024. a METK Jõgeva Sordiaretus mahepõllul.

Külvisenorm	Võrseid taimel, tk		Pähikuid peavõrsel, tk		Pähikuid taimel, tk	
	2022	2024	2022	2024	2022	2024
KN100	3,6	X	28,6	X	93	X
KN200	2,8	5,6	29,4	29,6	78	161
KN300	3,0	6,0	25	29	70	164
KN400	3,2	4,4	26	30,2	80	123
KN500	3,2	3,8	27,2	29	82	105
KN600	X	4,6	X	30,8	X	139
PD0,05	0,79	1,33	1,6	2,27	22,4	33,7

Järeldused ja soovitused tootjatele

Üheteranisu on sõkalteraline nisu liik, mida saab kasvatada ka Eesti tingimustes. Talivormi kasvatades on oluline valida hea talvekindlusega sort. Üheteranisu on aeglasema algarenguga kuid küpsuse faasi jõuab vähemalt koos talinisu hilisemate sortidega. Saagi tase võib olla harilikust nisust enam kui poole väiksem. Seda nisu liiki tasub kasvatada pigem mahetingimustes. Sel juhul on tähtis veidi suurem külvisenorm (500 idanevat tera ruutmeetrile),

et vältida umbrohtude levikut. Kevadel võib umbrohutõrjeks teha äestamist. Koristatakse koos sõkaldega ja enne kasutamist tuleb terad sõkaldest eraldada sarnaselt speltanisule.

Tänuavaldused

Üheteranisu uurimise projekti (“Üheteranisu Eestis kasvatamine ning nisu ja rukki kasutamise mitmekesistamine”) rahastas Eesti maaelu arengukava (MAK) 2014–2020 meede „Uute toodete, tavade, protsesside ja tehnoloogiate arendamine“.

Kasutatud kirjandus

- Anker, C.C., Niks, R.E. 2001. Prehaustorial resistance to the wheat leaf rust fungus, *Puccinia triticina*, in *Triticum monococcum* (ss). *Euphytica*, 117, 209–215.
- Afzal, N., Longin, C.F.H. (NA). Agronomy and processing quality of 148 einkorn varieties compared to wheat. https://www.uni-hohenheim.de/uploads/media/GrossesEinkornProjekt_engl.pdf (30.09.2025)
- Biel, W., Jaroszewska, A., Stankowski, S. jt. 2021. Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains. *European Food Research and Technology*, 247, 1525–1538.
- Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S. 2008. Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour. *Journal of Cereal Science*, 47(3), 599–609.
- Di Stasio, L., Picascia, S., Auricchio, R., Vitale, S., Gazza, L., Picariello, G., Gianfrani, C., Mamone, G. 2020. Comparative analysis of in vitro digestibility and immunogenicity of gliadin proteins from durum and einkorn wheat. *Frontiers in Nutrition*, 7, 56.
- Feldman, M. 1976. Wheats. In: *Evolution of Crop Plants* (Simonds, N.W., toim.). Longman, London, lk 121.
- Lacko-Bartošova, M., Otepka, P. 2001. Evaluation of chosen yield components of spelt wheat cultivars. *Journal of Central European Agriculture*, 2, 279–284.
- Ostrowska, A., Porębska, G. 2017. The content of calcium and magnesium and the Ca:Mg ratio in cultivated plants in the context of human and animal demand for nutrients. *Journal of Elementology*, 3, 995–1004.
- Wieser, H., Mueller, K.J., Koehler, P. 2009. Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines. *European Food Research and Technology*, 229, 523–532.
- Südwestsaat. Monoverde – cereals. <https://www.suedwestsaat.de/en/cereals/monoverde.html> (30.09.2025)

Taliherne kasvatamisest segukülvis maheviljeluse tingimustes

Winter peas cultivation in organic mixed cropping systems

Tiia Kangor

Maaelu Teadmuskeskus, Sordiaretuse osakond, tiia.kangor@metk.agri.ee

Märksõnad: taliherne, segukülv, maheviljelus, proteiini sisaldus

Sissejuhatus

Segukülvidel on maheviljeluses mitmeid eeliseid, milleks on parem umbrohtude allasurumisvõime, parem vastupidavus taimehaiguste ja -kahjurite rünnakule, laialdasem toiteelementide olemasolu ja efektiivsem kasutamine mullas, suurem majanduslik kasumlikkus jms (Malezieux jt., 2008; Böhm, 2017).

Hernest on teraviljade segukülvides Eestimaal kasutatud ka varem, kuid tavapäraselt on see olnud põldherne suvitüüp koos suviteraviljade või teiste kultuuridega (vahekultuurid). Talihernest on segukülvides viljeletud vähem või peaaegu üldse mitte. Talikultuuri viljelemise edukus sõltub sageli talve tingimustest ja kultuuri või sordi talvekindlusest.

Meie kliima on olnud muutuste pöörises ning sellega on kaasnenud võimalus järjest enam viljeleda pehmemas kliimas kasvavaid kultuure. Nii on olnud ka talihernega, mis on soojematel talvedel edukalt talvitunud, mil keskmine õhutemperatuur on jäänud lumikatte korral -18°C piiridesse ja taimikut ei ole kahjustanud varakevadised külmad, kui lumi on põldudelt läinud (Ess jt., 2020; Kangor, 2025).

Nisu kui eelkõige saiavilja kasvatamine maheviljeluses, on olnud probleemiline madalama küpsetuskvaliteedi tõttu. Proteiini- ja kleepevalgu sisaldused on need näitajad, mis võivad sageli maheviljeluses kasvanud viljal jääda madalamaks kui tavaviljeluses (Ingver, 2007; Koppel, 2018).

Antud töö eesmärgiks oli välja selgitada taliherne kasvatamise võimalikkus segus talinisuga, et tõsta nisu proteiinisaldust ja teisi terakvaliteedi omadusi maheviljeluse tingimustes. Samuti uuriti taliherne külviaega ning nisu ja herne omavahelist sobivust koristuseks nagu kasvuaja pikkus, taime pikkus jms.

Materjal ja meetodika

Põldkatse rajati Maaelu Teadmuskeskuse (METK) Jõgeva mahealale 2024. a sügisel kolmes korduses 5 m^2 katselappidele kahe külviajaga. Varasem külv

tehti 5. septembril, hilisem aga 10 päeva hiljem – 15. septembril. Kylvati talinisu sorti 'Fredis' segus talihernega 'Arkta', mõlemad olid segus 50% täiskülvi normist (nisul 400, hernel 120 idanevat seemet m²). Võrdluseks kylvati nisu puhaskülvilapid (100% külvisenormist). Kõik katselapid randomiseeriti. Eelviljaks oli punane ristik, mis künti mulda kuu enne külvi. Herne puhaskülvilappe ei külvatud, kuna antud sort on leheline ja vajab tugikultuuri.

Kuigi lumi tuli külmumata maale, olid talvised ilmaolud taliviljadele soodsamad (tabel 1). Samuti oli sügis pikk ja soe, mistõttu nii nisu kui ka hernes võrsusid hästi, eriti varase külvi korral. Suurema külma ajal (13.01 õhus –18,5, 16.02 –18,7 ja 20.02 –19,9 °C) kattis taimikut lumi, kuigi veebruaris oli see küllalt õhuke. Kevadel oli taimik lumikatte sulades roheline. Nii nagu teistele taliteraviljadele, on ka talihernele teine kõige kriitilisem aeg pärast lumikatte sulamist. Öised külmad ning külmade ja soojemate perioodide vaheldumine, mil päeval võib õhutemperatuur olla tugevalt plusspoolel, kuid öisel ajal tugevas miinuses, ei mõju talihernele hästi. Mullapinna vahelduv sulamine ja külmumine võivad vigastada herne juurestikku. Taim ei saa enam toitaineid ja vett kätte ning sureb. Käesoleval aastal esines nn mulla kergitust vähem, kõige kriitilisem aeg oli aprillikuu alguses. Üldiselt oli kevad kliimanormist (aastate 1991–2020 keskmisest) tunduvalt soojem ning taimik alustas püsivalt kasvu 15. aprillil.

Tabel 1. 2024/2025. a ilmaandmed (Keskkonnaagentuur) võrrelduna kliimanormiga 1991–2020 (Saue, T. Ilmablogi)

Kuu	Keskmine õhutemperatuur, °C		Sademete summa, mm	
	2024/2025	1991–2020	2024/2025	1991–2020
September	15,1	11,3	35	52
Oktoober	7,3	5,6	42	69
November	3,5	0,9	101	55
Detsember	-0,9	-2,3	28	52
Jaanuar	-0,2	-4,5	103	50
Veebruar	-4,2	-5,1	7	39
Märts	2,8	-1,3	43	36
Aprill	6,2	5,1	63	34
Mai	9,4	10,7	57	45
Juuni	14,0	14,9	137	84
Juuli	19,5	16,9	71	76
Keskm. summa	6,6	4,7	687	592

Kasvuaeg kujunes jahedaks ja niiskeks, v.a juuli. Mais, juunis sadas tunduvalt rohkem ja keskmine õhutemperatuur oli madalam kui kliimanorm. Jahe-damad ja märjemad ilmaolud soodustasid taimede vegetatiivset kasvu. Juuli oli kliimanormiga võrreldes soojem ja kuivem, eriti kuu esimene pool ja keskpaik, mil sademeid oli kokku vaid 34 mm. Kuu viimasel päeval esines tugev sadu (36,6 mm), kuid selleks ajaks oli hernes juba koristatud (28.07).

Pärast koristust seemnesaagid kuivatati, sorteeriti, kaaluti ja arvutati 13% niiskusega hektarisaakideks. Jõgeva laboris määrati nisu seemnekvaliteet. Herne ja nisu toorproteiinid määrati FossNIR meetodiga ja nisu mahukaal Foss Infratec aparaadiga.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil. Statistiliselt usutavad erinevused leiti 95% usalduspiiri juures kasutades andmetöötlus-programmi Agrobaze.

Tulemused ja arutelu

Segukülvide seemnesaagid kujunesid usutavalt suuremaks kui nisu puhaskülvide omad (tabel 2). Selliste tulemusteni on jõudnud ka teised autorid (Malezieux jt, 2008). Taliherne 'Arkta' saak oli segukülvides hea, varieerudes 2884–3602 kg ha⁻¹. Kuigi varane külv andis usutavalt suurema herne seemnesaagi kui hiline, olid segukülvi kogusaagid samal tasemel ja usutavad erinevused puudusid. Hernesaagi osatähtsus jäi kogusaagis vastavalt varasel külvil 77% ja hilisel 63% piiridesse. Varasel külvil võrsus hernes rohkem (keskmiselt viis võrset) kui hilisel (kolm võrset) ning see võis olla saagierinevuse üheks põhjuseks. Kasvuaja jooksul valitsenud soodsad ilmaolud, piisav niiskus ja jahedam ilm, aitasid kaasa saagi kujunemisele. Samas saadi talinisult 'Fredis' usutavalt suurem saak nii puhaskülvis (2640 kg ha⁻¹) kui ka segukülvis (1721 kg ha⁻¹) just hilisemal külvil (nisule optimaalsel ajal).

Nisu proteiinisaldus jäi mõlema külviaja korral segukülvides samaks, vastavalt varasel külvil 14,1 ja hilisel 13,9%, kuid võrreldes puhaskülviga saadi hilisel segukülvil nisul usutavalt suurem proteiinisaldus, mis ümmardamisel läheks I kategooria toidunisu alla (Scandagra). Nisu puhaskülvil oli külviaegade vahel proteiinisalduses statistiliselt usutav erinevus, varasema külvi nisul oli kõrgem, I kategooria toidunisu proteiinisaldus (14,1%). Hilisema külvi proteiinisaldus jäi nisul II kategooria tasemele (13,4%). Üldiselt on sort 'Fredis' üks kõrgeima proteiinisaldusega sorte maheviljeluse tingimustes (Koppel, 2018). Taliherne proteiinisaldus jäi mõlemal külviajal keskmisele tasemele (24,4 ja 24,3%) ning statistilised erinevused puudusid.

Proteiinisaaki saadi enam segukülvidest (varasel külvil 1301, hilisel 940 kg ha⁻¹) kui nisu puhaskülvist (varasel 269, hilisel 354 kg ha⁻¹). Selle põhjuseks oli segukülvides suurem herne seemnesaagi osatähtsus ja ka kõrgem proteiini-sisaldus. Statistiliselt usutavalt suurim proteiinisaak oli varasel segukülvil, kus herna saagi osatähtsus segus oli suurem kui hilisel.

Tabel 2. Talinisu 'Fredis' ja taliherne 'Arkta' seemne-, proteiinisaak ja proteiini sisaldus puhaskülvis ning segus kasvatamisel olenevalt külviajast 2024/2025

Külvi-aeg	Külv	Seemnesaak kg ha ⁻¹			Proteiini sisaldus %		Proteiinisaak kg ha ⁻¹		
		nisu	hernes	kokku	nisu	hernes	nisu	hernes	kokku
Varane	puhas	1908 ^{Bb}		1908 ^{Cc}	14,1 ^{Aa}		269		269 ^{Cb}
	segu	1081 ^{Cc}	3602 ^A	4683 ^{Aa}	14,1 ^{Aa}	24,4 ^A	152	879	1301 ^{Aa}
Hiline	puhas	2640 ^{Aa}		2640 ^{Bb}	13,4 ^{Bb}		354		354 ^{Cd}
	segu	1721 ^{Bb}	2884 ^B	4605 ^{Aa}	13,9 ^{ABa}	24,3 ^A	239	701	940 ^{Bc}

Erinevad suured tähed veerus näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p \leq 0,05$) külviaegade vahel; erinevad väikesed tähed veerus näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p \leq 0,05$) puhaskülvi ja segukülvi vahel;

Talvekindlus oli talinisu 'Fredis' hea või väga hea, kuigi varasel külvil esines veidi lumiseene kahjustust, sest sooja sügise tõttu oli võrseid ja lehemassi rohkem kui hilisemal külvil (tabel 3). Lumiseen hakkaski levima pärast taimiku lume alt välja tulekut. Tegelik taimehaigusesse nakatumine toimus juba varem sügisel, kui lumi tuli sulale maale. Ka taliherne talvekindlus oli varasel külvil veidi väiksem, kuid statistiliselt usutavad erinevused talvekindluses mõlemal kultuuril puudusid.

Kasvuaeg kujunes nii hernel kui ka nisul varasel külvil pikemaks (hernel 322, nisul 326 päeva) kui hilisel (hernel 312, nisul 318 päeva) ning külviaegade vahel oli neil usutav erinevus. Jahedam ja niiskem mai ja juuni mõjutasid ka kasvuaja pikkust mõlemal kultuuril, kasvuaeg venis pikemaks. Kangori (2025) andmetel on hernes 'Arkta' valminud ka lühema ajaga. Hernes sai koristusküpseks olenevalt külviajast neli kuni kuus päeva varem kui talinisu 'Fredis'.

Nagu eespool mainitud, suurendavad jahedamad ja niiskemad ilmaolud taime pikkust ja vegetatiivset massi. Antud aastal kasvasid nii talinisu kui ka -hernes küllalt pikaks, 'Fredis' segukülvis olenevalt külviajast 73–74, puhaskülvis

74–76 cm ja ‘Arkta’ segukülvis 133–150 cm. Kirjanduse andmetel on need sordid jäänud Eesti mahetingimustes ka lühemaks (Koppel, 2018; Kangor, 2025). Statistiliselt usutavaid erinevusi taime pikkuses antud töös ei ilmnenud. Pikk hernetaimik kasvas nisust üle ja põhjustas osaliselt ka lamandumist (andmeid ei ole toodud). Katsest selgus, et koos talinisuga kasvatamisel oleks ‘Arktale’ sobilikum pikema kõrrega veel varajasem sort.

Tabel 3. Talinisu ‘Fredis’ ja taliherne ‘Arkta’ omadused puhaskülvis ja segus kasvatamisel olenevalt külviajast 2024/2025

Külviaeg	Külv	Talvekindlus palli, 9 v hea		Kasvuaeg päevi		Taime pikkus cm	
		nisu	hernes	nisu	hernes	nisu	hernes
Varane	puhas	8,7 ^{Aa}		326 ^{Aa}		76 ^{Aa}	
	segu	8,0 ^{Aa}	5,7 ^A	326 ^{Aa}	322 ^A	73 ^{Aa}	150 ^A
Hiline	puhas	9,0 ^{Aa}		318 ^{Bb}		74 ^{Aa}	
	segu	8,7 ^{Aa}	6,7 ^A	318 ^{Bb}	312 ^B	74 ^{Aa}	133 ^A

Erinevad suured tähed veerus näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p \leq 0,05$) külviaegade vahel; erinevad väikesed tähed veerus näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p \leq 0,05$) puhaskülvi ja segukülvi vahel

Talinisu 1000 tera mass oli oluliselt suurem varase külvi segukülvis hernega (42,0 g) kui puhaskülvis (37,3 g) (tabel 4). Arvatavasti aitas herne poolt seotud õhulämmastik kasvatada antud kvaliteedinäitajat. Samas hilisel külvil seda ei ilmnenud. Statistiliselt usutav erinevus 1000 tera massis oli erinevate külviaegade vahel nisu puhaskülvis, kus hilisemal külvil jäi nisutera raskemaks (41,0 g). Hilisel külvil võis nisul olla vähem võrseid ja need jõudsid kasvatada suurema 1000 tera massiga terad.

Nisu mahukaal oli küllalt hea, puhaskülvis hilisemal külviajal läks see I kateooria toidunisu alla ja erines usutavalt varasema külvi puhaskülvi mahukaalust. Segukülvides jäid nisu mahukaalud erinevatel külviaegadel samale tasemele.

Tabel 4. Talinisu 'Fredis' kvaliteedinäitajad kasvatamisel puhaskülvis ja segus talihernega 'Arkta' olenevalt külviajast 2024/2025

Külviaeg	1000 tera mass, g		Mahukaal, kg hl ⁻¹	
	puhas	segu	puhas	segu
Varane	37,3 ^{Bb}	42,0 ^{Aa}	76,0 ^{Bb}	76,7 ^{Bb}
Hiline	41,0 ^{Aa}	42,3 ^{Aa}	77,7 ^{Aa}	76,3 ^{Bb}

Erinevad suured tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p \leq 0,05$) külviaegade vahel; erinevad väikesed tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p \leq 0,05$) puhaskülvi ja segukülvi vahel

Järeldused ja soovitused tootjatele

Kui talve- ja varakevadised tingimused on talihernele soodsad, siis võib see kultuur anda Eesti mahetingimustes korraliku seemne- ja proteiinisaaagi ning segus nisuga parandada varasel külvil nisu 1000 tera massi, kuid hilisel külvil (nisule optimaalsel ajal) tõsta nisu proteiinisaldust.

Taliherne 'Arkta' on soovitatav kasvatada segus talinisust 'Fredis' pikema kõrrega ja mõni päev varajasema sordiga. Kui eesmärgiks ei ole nisu kasvamine, siis võib hernest viljeleda ka koos pikemakörrelise taliodra sordiga.

Tänuavaldused

Uuringut toetas Eesti Haridus- ja Teadusministeerium (Tippkeskus AgroCropFuture „Agroökoloogia ja uued kultuurid tulevikukliimas“, TK200). Suurimad tänud Sordiaretuse osakonna õlikultuuride- ning kaunviljade rühma töötajatele.

Kasutatud kirjandus

- Böhm, H. 2017. Legumes as mix partner make a perfect organic crop. Plantenkongress 2017, Herning, Denmark. https://www.researchgate.net/publication/312576333_Legumes_as_mix_partner_make_a_perfect_organic_crop (11.09.2025)
- Ess, M., Tamm, I., Narits, L., Vetemaa, A. 2020. Innovatsiooniklastri toetus (MAK 2014–2020 meede 16), Maheklaster MTÜ projekt „Vähetuntud valgurikkad söödakultuurid“ lõpparuanne. <https://maheklaster.ee/wp-content/uploads/2023/05/maheklaster-lopparuanne-P7.pdf> (17.01.2025)
- Ingver, A. 2007. Suvinisu saagi ja kvaliteedi erinevus mahe- ja tavakatses. *Põllukultuuride ja nende sobivus maheviljeluseks*, Jõgeva, lk 10–15.
- Kangor, T. 2025. Taliherne katsetulemustest maheviljeluses 2023–24. a. *Agronomia* 2025, 126–132. https://metk.agri.ee/sites/default/files/documents/2025-04/Agronomia_2025.pdf (11.09.2025)

Keskonnaagentuur. Ilm. <https://www.ilmateenistus.ee> (11.09.2025)

Koppel, R. 2018. Talinisu sordid maheviljeluses. https://www.maheklubi.ee/upload/Editor/MAHE%20talinisu%20sordid_2018_koppel.pdf (18.09.2025)

Malezieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tourdonnet, S., Valantin-Morison, M. 2008. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. *A review. Agronomy for Sustainable Development*, 29, 43–62. <https://link.springer.com/article/10.1051/agro:2007057> (25.09.2025)

Saue, T. Ilmablogi. <https://agrometeoroloogia.blogspot.com/> (25.09.2025)

Scandagra. Vilja kvaliteeditingimused. <https://scandagra.ee/viljainfo/vastuvott/vilja-kvaliteeditingimused/> (25.09.2025)

Mõningate musta sõstra sortide saagikuse võrdlus masinkorjel maheviljelusel

Comparison of yields of some blackcurrant cultivars in organic farming using machine harvesting

Ave Kikas, Asta-Virve Libek

Eesti Maaülikool, Polli aiandusuuringute keskus, ave.kikas@emu.ee

Märksõnad: *Ribes nigrum* L., saagikus, marja mass, varisemine, sordid

Sissejuhatus

Must sõstar on kogunud populaarsust viljade, aga ka lehtede ja pungade rikkaliku inimorganismile kasuliku biokeemilise koostise tõttu (Lister jt., 2002; Krüger jt., 2011; Strautina jt., 2020). Must sõstar sobib kasvatamiseks meie kliimaatilistesse oludesse. Ka on võimalik musta sõstra kasvatamise kogu tootmisprotsess suures osas, istutamisest, hooldamisest kuni saagi koristamiseni, mehhaniseerida. Siinjuures on oluline õige sortide valik. Masinkoristuseks sobivad sordid peaksid olema püstise kasvulaadiga ja nõtkete okstega. Viljad peaksid olema ühtlase valmivusega ja piisavalt tugeva kestaga, üksikmarjana korjamisel ei tohiks kest rebeneda. Sordi omadused on geneetiliselt määratletud, kuid kasvuolud võivad neid oluliselt mõjutada (Opstad jt., 2007). Samas võivad erinevad sordid käituda sarnastes kasvuoludes erinevalt. Eelistada võiks sorte, mille omadused oleksid stabiilsemad. Musta sõstart saab edukalt kasvatada maheviljeluses, kuna tal ei ole palju ohtlikke kahjustajaid. Siingi mängib olulist rolli õige sortide valik. Eestis on olemas positiivseid näiteid juba rajatud ja hästi toimivate musta sõstra maheistandike näol. Et istandikud pikka aega korralikku saaki annaksid, on oluline õigete sortide valik. Käesolevas töös püüti 2019. aastal rajatud katse põhjal selgitada Eesti sortide 'Albos', 'Alli', 'Elmar', 'Karri', 'Mairi' ja mujal levinud sortide 'Gofert' ja 'Pamjat Vavilova' saagikust masinkoristusel, peale koristust põõsasse jäänud saagi osakaalu ja marja suurust, viimane omadus on eriti oluline dessertmarjade tootmisel. Hinnati õite ja viljahakatiste varisemist, kuna see on oluline saagikust limiteeriv faktor, millele olulist negatiivset mõju avaldab õitsemisaegne öökülm. Katsetulemustest selgusid maheviljeluse tingimustes masinkorjeks sobivamad sordid.

Materjal ja metoodika

Uurimisobjektiks oli viis Eesti sorti: 'Albos' (vana sort kelle kasvatamist toetatakse), 'Alli', 'Elmar', 'Karri', 'Mairi' ja kaks introductseeritud sorti: 'Gofert' (Poola) ja 'Pamjat Vavilova' (Valgevene). Uurimistöö viidi läbi EMÜ Polli aiandusuuringute keskuse 2019. aasta sügisel rajatud istandikus. Põõsad olid istutatud vahekau-gustega 0,6x4,0 m kolmes korduses a' 50 taime. Istutamine toimus istutusma-sinaga eelviljana kasutati rukist ning istutuseelselt anti istutusalele komposti. Alates teisest istutusjärgsest aastast väetati istandikku igal kevadel maheväe-tisega. Esimesel istutusjärgsel aastal hoiti reavahed mustad, seejärel külvati heintaimede segus valge ristik ja lasti kasvada rohukamar, mida niideti vastavalt vajadusele. Põõsa ümbrusi ja ridade ääri freesiti, et hoida umbrohud kontrolli all ja õhustada mulda. Lõikustööd teostati käsitsi. Istandikus ei toimunud kunst-likku niisutust ega tehtud taimekaitsepritsimisi. Saak koristati marjakombainiga Joanna 3, mis koristab ühe töökäiguga pool rida. Pärast masinkorjet tehti käsitsi järelikorje. Iga katselapi saak koguti eraldi kastidesse ja kaaluti, millest arvutati hiljem saak põõsa kohta. Keskmine marja mass saadi 100 marja kaalu jagamisel 100-ga. Katsesortide igal kordusel loendati õitsemise ajal 30 juhuslikult valitud kobara õite arv ning kolm nädalat peale õitsemise lõppu viljade arv kobaras. Saadud andmete põhjal arvutati õite ja marjahakatiste varisemise protsent.

Ilmastiku andmed saadi Polli aiandusuuringute keskuse ilmajaamast. 2022. aasta kevadel õitsemise ajal tugevaid öökülmasid ei esinenud. 2023. aasta aprillikuu miinimum õhutemperatuur oli -3,85 °C ja maikuus -7,58 °C. 2024. aasta aprillikuu miinimum õhutemperatuur oli -5,11 °C ja maikuus -3,62 °C. Külmemad ööd olid 19.–21. aprillil ja 9. mail. 2025. aasta aprillikuu miinimum õhutemperatuur oli -8,61 °C ja maikuus -2,18 °C. Külmemad ööd olid 7. ja 25.04–27. aprillil ja 5.–7. mail.

Katsetulemused ja arutelu

Sortide saagikus sõltub suurel määral genotüübist, kuid arvestatav mõju selle kujunemisel on ka kasvutingimustel, sealhulgas ilmastikuoludel. Nelja aasta keskmisena oli kõige suurem saak sordil 'Elmar' ja kõige väiksem roheli-seviljalisel sordil 'Alli' (tabel 1). Ka 'Gofert' andis päris hea saagi, temaga samale tasemele jäi sortide 'Karri' ja 'Pamjat Vavilova' saak. 'Elmar' andis kõigil katse-aastatel arvestatavalt hea saagi olenemata 2023. aasta õitsemisaegsetest tuge-vatest öökülmadest. Ilmselt on sordi 'Elmar' õied teiste sortidega võrreldes öökülmale parema vastupidavusega. Ka 'Gofert' on üsna stabiilse saagiga, välja

arvatud 2023. aastal. Varasemates katsetes üsna stabiilse saagikusega sordiks osutunud 'Pamjat Vavilova' oli ebastabiilse saagiga. Sortide 'Mairi' ja 'Albos' küpsed viljad kipuvad varisema, mis avaldas mõju nende sortide saagile. Aastati oli sortide keskmine saak üsna erinev. Esimese katseaasta saagile avaldas mõju põõsaste vanus (põõsad olid veel väikesepoolsed).

Tabel 1. Musta sõstra sortide saagikus 2022.–2025. aastal.

Sort	Saak, kg põõsalt				
	2022	2023	2024	2025	Sordi mõju
Pamyat Vavilova	1,4	0,6	1,4	0,3	0,9 ^{bc*}
Gofert	1,3	0,5	1,5	1,1	1,1 ^b
Albos	0,6	0,4	0,6	1,3	0,7 ^c
Alli	0,3	0,3	0,7	0,3	0,4 ^d
Elmar	1,5	1,3	2,2	1,0	1,5 ^a
Karri	1,0	0,5	1,4	0,7	0,9 ^{bc}
Mairi	0,5	0,5	1,5	0,6	0,8 ^c
Aasta mõju	0,9 ^b	0,6 ^c	1,3 ^a	0,8 ^b	

* Erinevad tähed näitavad sortide keskmise saagikuse statistiliselt usutavaid erinevusi sortide ja aastate lõikes 95% usaldusnivool.

Kõige väiksemaks jäi saak 2023. aastal, mis oli tingitud õitsemisaegsetest tugevatest öökülmadest. Sortide keskmisena saadi parim saak 2024. aastal, hoolimata sellest, et esines arvestatav õite ja marjahakatiste varisemine. Sellel aastal oli õitsemine väga rikkalik.

Katseaastate keskmisena jäi peale masinkorjet põõsasse enam marju sordil 'Albos', teistel sortidel jäi see samale tasemele (tabel 2). Aastati oli põõsasse jäänud marjade osakaal saagis üsna erinev. Kõige suurem oli see 2024. aastal mil saagikus oli suur ja marjade valmimine võrdlemisi ebaühtlane. Kõige vähem jäi põõsasse marju esimesel saagiaastal, samale tasemele jäi põõsasse jäänud marjade osakaal ka 2025. aastal. Aastal 2024 oli põõsasse jäänud marjade osakaal liialt suur, teistel aastatel oli sama näitaja üsna väike ega mõjutanud saagi suurust olulisel määral.

Tabel 2. Musta sõstra sortide masinkorje järgne põõsasse jäänud marjade osakaal 2022.–2025. aastal.

Sort	Põõsasse jäänud marju, %				Sordi mõju
	2022	2023	2024	2025	
Pamyat Vavilova	2,9	6,7	18,9	10,0	9,6 ^{b*}
Gofert	5,9	9,3	18,8	17,0	12,8 ^b
Albos	7,2	35,7	31,9	15,0	22,4 ^a
Alli	9,8	7,7	17,6	12,3	11,8 ^b
Elmar	13,5	5,0	15,8	6,0	10,1 ^b
Karri	4,5	19,2	17,8	10,0	12,9 ^b
Mairi	19,4	9,3	10,5	10,0	12,3 ^b
Aasta mõju	9,0 ^c	13,3 ^b	18,7 ^a	11,5 ^{bc}	

* Erinevad tähed näitavad sortide põõsasse jäänud marjade keskmise osakaalu statistiliselt usutavaid erinevusi sortide ja aastate lõikes 95% usaldusnivool.

Marja suurus on oluline kvaliteedinäitaja turu- ja dessertmarja tootmisel. Töötlemismarja puhul pole see eriti oluline. Kõige suuremate marjadega oli 'Karri' (tabel 3). Ka sordi 'Elmar' marjad olid suured. Need sordid sobivad ideaalselt dessertmarjaks, sest nende maitseomadused on head ja viljakest piisavalt tugev. Kõige väiksemad olid sordi 'Pamjat Vavilova' marjad. Sortide keskmine marja mass oli aastate lõikes sarnane ja vaid 2023. aastal oli marjad mõnevõrra väiksemad. Sortide 'Mairi' ja 'Pamjat Vavilova' marjad on üsna õhukese viljakes- taga, mistõttu peab neid õigeaegselt koristama, vastasel juhul kipub viljakest purunema.

Igal aastal kaotatakse osa musta sõstra saagist õite ja marjahakatiste varisemise tõttu. Katseaastate keskmisena esines suurim varisemine sortidel 'Albos' ja 'Karri' ning väiksem sordil 'Pamjat Vavilova' (tabel 4). Seega läks vari- semise tõttu kaduma ca` neljandik kuni viiendik saagist. Aastati oli varisemine väga erinev. Esimesel katseaastal, kui kevadel öökülmi ei esinenud, oli varise- mine suhteliselt väike. Suurimaks kujunes varisemine 2023. aastal, kui esines tugev ja kestav öitsemisaegne öökülm (-7,58 °C). Ka 2024. aastal oli varisemine ulatuslik, kuid tänu rikkalikule öitsemisele ei avaldanud see saagile erilist mõju.

Tabel 3. Musta sõstra sortide marja mass 2022.–2025. aastal.

Sort	Marja mass, g				Sordi mõju
	2022	2023	2024	2025	
Pamyat Vavilova	1,0	0,9	0,8	0,7	0,8 ^e
Gofert	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0 ^d
Albos	0,9	1,2	1,0	1,1	1,1 ^c
Alli	1,0	1,0	1,0	1,3	1,1 ^c
Elmar	1,5	1,4	1,0	1,4	1,3 ^b
Karri	1,6	1,9	1,4	1,8	1,7 ^a
Mairi	1,3	1,2	0,9	1,0	1,1 ^c
Aasta mõju	1,2 ^a	1,2 ^a	1,0 ^b	1,2 ^a	

* Erinevad tähed näitavad sortide keskmise marja massi statistiliselt usutavaid erinevusi sortide ja aastate lõikes 95% usaldusnivool.

Saagikuse ja varisemise vahel esines mõõduka tugevusega negatiivne seos, $r = -0,3$. Varasemates katsetes on see olnud mõnevõrra tugevam (Kikas jt., 2010; Libek ja Kikas, 2021).

Tabel 4. Musta sõstra sortide õite ja marjahakatiste varisemine 2022.–2025. aastal.

Sort	Õite ja marjahakatiste varisemine, %				Sordi mõju
	2022	2023	2024	2025	
Pamyat Vavilova	2,0	32,4	17,2	14,1	16,4 ^{c*}
Gofert	8,5	43,9	26,2	9,4	22,0 ^b
Albos	19,2	46,1	32,7	20,5	29,6 ^a
Alli	5,4	48,4	26,9	14,9	23,9 ^b
Elmar	12,7	33,1	22,9	24,9	23,4 ^b
Karri	14,6	37,4	26,0	23,8	25,4 ^{ab}
Mairi	5,0	39,4	22,2	13,4	20,0 ^b
Aasta mõju	9,6 ^d	40,1 ^a	24,9 ^b	17,3 ^c	

* Erinevad tähed näitavad sortide keskmise õite ja marjahakatiste varisemise % statistiliselt usutavaid erinevusi sortide ja aastate lõikes 95% usaldusnivool.

Järeldused

Katsetulemustest selgus, et katses olnud sordid sobivad masinkoristuseks. Erinevate sortide kombainiga koristuse puhul tuleb jälgida iga sordi õiget koristusküpsust. Sordi 'Albos' põõsasse jäänud marjade kogust võis mõjutada

liiga varane koristus. Maheviljeluse tingimuses annab väga hea saagi 'Elmar' ja üsna hea saagi 'Gofert', 'Karri' ja 'Pamjat Vavilova'. 'Mairi' saagi potentsiaal on hea, kuid valminud marjad kipuvad varisema ja marjade õhukese kesta tõttu kipuvad marjad koristamisel katki minema. 'Mairi' sobib rohkem koduaeda, kus saab teda õigeaegselt korjata. 'Alli' saak jäi tagasihoidlikuks, kuid roheliseviljalise sordina sobib ta hästi veinivinteeridele. 'Karri' ja 'Elmar' on suureviljalised head dessertsordid.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud "Sordiaretusprogramm aastatel 2020–2030" ja uurimisprojekt "Kestlikku ja kliimamuutustega arvestavat põllumajandustootmist toetavad asukohapõhised kliima/ilmastiku teenuste prototüübid (RITA-AGROMET3)". Suur tänu kõigile marjakultuuride aretusrühma katsetehnikutele Polli aiandusuuringute keskusest!

Kasutatud kirjandus

- Kikas, A., Kaldmäe, H., Libek, A. 2010. Genotype and climate conditions influence the drop off of flowers and premature berries of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 61(6), 551–558.
- Krüger, E., Dietrich, H., Hey, M., Patz, C. 2011. Effects of cultivar, yield, berry weight, temperature and ripening stage on bioactive compounds of black currants. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 84, 40–46.
- Libek, A.-V., Kikas, A. 2021. Musta sõstra saagikust mõjutavatest teguritest. *Põllumajandus ja keskkond. Toimetised 2021*. SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, 53–58.
- Lister, C.E., Wilson, P.E., Sutton, K.H., Morris, S.C. 2002. Understanding the health benefits of blackcurrants. *Acta Horticulturae*, 585, 443–449.
- Opstad, N., Nes, A., Mage, F., Hageberg, B. 2007. Effect of fertilization and climatic factors in a long-term experiment with blackcurrant cultivar 'Ben Tron' (*Ribes nigrum* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 57, 313–321.
- Strautiņa, S., Lācis, G., Kampuss, K. 2020. Phenotypical variability and diversity within *Ribes* genetic resources collection of Latvia. *Acta Horticulturae*, 1277, 81–88.

Õunapuu haiguskindlate sortide aretamine

Breeding disease-resistant apple tree cultivars

Toivo Univer

Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Polli aiandusuuringute keskus, toivo.univer@emu.ee

Märksõnad: õunapuu, haiguskindlus, kärntõbi

Sissejuhatus

Aiandusentusiastide hulgas on tekkinud huvi originaalsete sortide aretamiseks. Mitmete dekoratiivtaimede puhul on saadud häid tulemusi, kuid viljapuude osas on uudissortide ilmumine ja kasutuselevõtmine tagasihoidlik. Möödunud poolesaja aasta jooksul on viljapuude hobiaretajate sorte registreeritud 15. Kõik nende uute sortide viljad nakatuvad mingil määral seenhaigustesse. Uno Kivistik on registreerinud 11 õunasorti, Asta Kask ja Jaan Kivistik ühe õunapuu sordi. Asta Kase aretatud maitsva suviõunana 'Kasper' on võetud soovitatavate sortide nimekirja. Eesti Maaülikooli poolt avaldatud sordivaramu nimekirjas on Uno Kivistikul üheksa sorti, Asta Kasel kaks sorti.

Eesti esimese professionaalse õunapuude aretaja Aleksander Siimoni töö jätkamisel koostas Kalju Kask õunapuusortide kirjeldused ja esitas sortideks 'Tiina' ja 'Lembitu'. Iseseisvalt aretas K. Kask 17 uut sorti, kahjuks kõikide uute sortide viljad nakatuvad mingil määral seenhaigustesse. Kalju Kask aretas ka viis kärntõvekindlat õunapuusorti: 'Virve', 'Kalju' ja väikeseviljalised 'Kuku', 'Ritika' ning 'Ruti' (Univer, 2021).

Õunapuid kahjustab ligi paarkümmend seenhaigust. Õunapuu kärntõbi (*Venturia inaequalis*, Cooke (Wint)) on nende hulgas ohtlikum ja majnduslikult arvestatavaim seenhaigus õunapuudel, kahjustades nii lehti kui ka vilju (Pärtel, 1988). Tuginedes 23 aastase vaatlusperioodi andmetele järeldeb Pärtel, et haiguse arengut limiteerivaks teguriks on õhuniiskus ja sademete hulk vegetatsiooniperioodil. Kärntõvele vastupidavamate viljadega tuntumad õunasordid on: 'Talvenauding', 'Tiina' ja 'Liivi kuldrenett'. Aastakümnete jooksul Eestisse kogutud viljapuusortide geenvaramus leidub kärntõvekindlaid sorte, mis sisaldavad genoomis immuunsust tagavaid geene. Haiguskindlate sortide uurimine ja uute aretamine ning nende ulatuslik kasutamine tootmises, sh mahepuuvil-

jade kasvatamisel on reaalne samm ära hoidmaks meie elukeskkonna saastamist pestitsiididega. Uusi kärntõvekindlaid sorte on tutvustanud juba varem (Univer jt., 2017).

Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudis on õunapuude kärntõvekindlate õunapuusortide aretusfondi suurus 4,8 ha. Aretustöö protsessis oli 2024. aastal 3 447 puud.

Käesolevas töös tutvustatakse õunapuude aretusprotsessi ja lähemalt 2014. a tehtud sortidevahelise ristamise tulemusi Polli aiandusuuringute keskuses.

Materjal ja metoodika

Tuginedes varasematele vaatlustele valiti ristamiseks haiguskindlad lähtevanemad. Emakomponendiks kasutati kärntõvekindlaid sorte ‘Dace’, ‘Imant’, ‘Gita’, ‘Belorusskoje sladkoje’ ja varasematest ristlustest saadud aretisi. Õietolm võeti Tšehhi päritolu kauasäilivate viljadega õunapuusordilt ‘Rubinola’. Kunstlikku risttolmlemist tehti 14 kombinatsioonis (tabel 1).

Tabel 1. Õunapuude tolmeldamine sordi ‘Rubinola’ õietolmuga 2014. a kevadel ja aretustöö järgnevatel etappidel saadud tulemused.

Ristlus- kombinatsiooni emavorm	Tolmeldatud õisi, tk	Saadud vilju, tk	Seemnete arv, tk	Seemikuid kasvas, tk		Vääristatud pooke- alustele, tk	Andsid saaki, tk
				2015	2018	2019	2025
Dace	56	37	157	122	110	11	9
Dace	42	25	122	100	80	11	10
Bel.sladkoje	45	19	112	91	61	7	7
Imant	107	13	82	53	48	6	6
Gita	100	22	162	102	63	13	12
15–120	50	30	145	67	63	11	10
4–25	56	8	49	33	15	3	3
9–75	118	54	177	146	121	22	16
99–10–5	20	5	49	43	24	7	6
99–13–1	14	8	41	12	7	0	X
99–13–6	120	43	340	164	118	8	8
VII–27	60	18	63	48	38	8	3
Kokku	788	282	1781	981	748	107	90

Sügisel, septembri keskel koguti viljad ja pandi õunahoidlasse. Valminud õunad poolitati ja eraldati seemned. Kevadtalvel saadud seemned stratifitseeriti plastmasstopides filterpaberi vahel. Seemikud kasvatati kilehoones. Paisunud ja pisikese idujuureotsaga seemned pikeeriti 5×5 cm kassetitesse ja paari nädala vanused väikesed 10–15 cm kõrgused seemikud istutati turbaseguga pottidesse. Üheaastased taimed istutati seemikute kooli 2015. a oktoobrikuus paigutusega 1,2×0,5 m. Alates teisest kasvuaastast algas seemikute prakeerimine kärntõvesse nakatunud lehtede ja taimede talvekahjustuse alusel. Puukoolis lõigati väljapraagitud seemikud mullapinnani maha. Viieaastaste seemikute hulgast valiti välja silmapaistva puu kasvu ja lehestikuga isendid. 2019. a paljundati puukoolis 107 valitud seemikut. Iga valitud seemik silmastati kolmele pookealusele B9. Valitud aretised istutati üheaastaste okulaatidena 2021. aasta mai lõpul katseaeda paigutusega 5×4 m. 2023. aasta kevadel, kaheaastase kultuurosaga puukestel puhkesid esimesed õied. Alates 2024. aastast, s.o nelja aasta vanuse kultuurosaga puud jõudsid kandeikka.

Tulemused ja arutelu

Õunapuu kärntõbi kahjustab õunapuu lehti, vilju ja võrseid. Kärntõve arengutsüklis on kaks arengujärku: kott- ja lülieoste järk. Haigustekitaja talvitub varisenud lehtedel peiteostena. Varakevadel algab seene kotteosjark, viljakehades tekib hulgaliselt piklikke läbipaistvaid eoskotte, milles moodustuvad kotteosed ja mille abil toimub kevadel esmane nakkus. Eoste levik algab juba mai esimesel dekaadil ja saavutab maksimumi õunapuude õitsemise ajal (Juurikas, 1964). Kärntõve kotteoste areng kevadel algab temperatuuril 2–3 °C, kuid idanemiseks optimaalne temperatuur on 19–25 °C (Pärtel, 1974). Suur õhuniiskuse tase ja tilkvee olemasolu soodustavad eoste levikut (Lõiveke ja Tammaru, 1995). 2025. a oli kasvuperiood sademeterikas ja eriti soodne õunapuu kärntõve arenguks ja levikuks. Vaadeldavas noorte õunapuuaretiste katseaias leiti 7 kärntõvest nakatunud viljadega aretist. See näitab, et lehel olevad helerohelised laigud võivad jääda märkamata samal ajal on haigusest tabandunud viljad hästi tuvastatavad. Lisaks leiti 15 õunapuu jahukaste kahjustusega aretist.

Kunstlikult tolmeldati 788 õit. Ristamise tulemusena moodustus 282 vilja ehk viljastus 35,7% õitest (tabel 1). Paremates kombinatsioonides viljastus 57–66% õitest. Looduslikul, putukate abil tolmllemisel on viljade hulk keskmiselt 10–15% õite arvust. Kunstlikul tolmeldamisel õite arvu õisikus normeeriti, jättes viieõielises õisikus alles 2–3 ühesuguses arenguastmes õit. See soodustas vilju-

mise edukust. Ristamisel saadud viljadest eraldati 1781 seemnetera ehk keskmiselt 6,3 tükki vilja kohta, paremas kombinatsioonis 9,8 tükki. Peale seemnete stratifitseerimist tärkasid ja kasvasid koolitusealisteks 981 taime ehk 55,1% seemnetest. Elujõulisemates kombinatsioonides oli tärganud taimi 81–87% seemnete kogusest.

Tabel 2. Õunapuu 2014. a ristluste järglaskonnast valitud aretiste arv (tk), puu saak (kg) ja vilja mass, (g).

Ristluskombinatsioon	Aretise nr	Puude arv, tk	Keskmine			
			2024. a		2025. a	
			Saak, kg	Vilja mass, g	Saak, kg	Vilja mass, g
Dace × Rubinola	1–5	3	1,5	92	6,8	94
Dace × Rubinola	1–8	3	0,9	280	7,2	213
Dace × Rubinola	2–6	3	2,7	270	10,1	187
Dace × Rubinola	2–7	2	4,5	180	8,7	137
Gita × Rubinola	6–3	3	0	0	2,4	154
Gita × Rubinola	6–6	2	1,8	144	8,4	104
9–75 × Rubinola	10–1	3	2,5	189	3,3	148
9–75 × Rubinola	10–6	3	2,5	227	4,2	146
99–10–5 × Rubinola	11–5	1	2,2	227	2,3	233
99–10–5 × Rubinola	11–1	2	1,7	103	6,3	155
99–13–6 × Rubinola	13–4	2	2,4	219	3,3	137
99–13–6 × Rubinola	13–5	1	4,3	138	8,2	104

Üheaastased seemikud istutati seemikute puukooli. Kolme vegetatsiooniperioodi jooksul (2016–2018. a) prakeeriti puukoolis istutatud seemikutest 23,8% puukeste lehtede kärntõve nakkuse ja talvekahjustuse alusel. 2023. aastal kevadel kaheaastase kultuurosaga puukestel puhkesid esimesed õied. Alates 2024. aastast, s.o nelja aasta vanuse kultuurosaga puud jõudsid kandeikka.

2025. aastal valdav enamik aretisi õitses ja kandsid vilja (tabel 2). 2024. aastal koguti suurem saak aretisel 2–7 (4,5 kg) ja 13–5 (4,3 kg) ning 2025. aastal aretistel 2–6 (10,1 kg) ja aretistel 2–7, 6–6, 13–5 (8,2–8,7 kg). Noortel puudel olid kasvanud viljad suhteliselt suured, küündides üle 200 g, suurim 382 g.

Järeldused ja soovitused tootjatele

1. Kärntõbi on õunapuu ohtlikum seenhaigus. Valdav osa Eestis kasvatatavatest õunapuusortidest kahjustub kärntõvest vähemal või suuremal määral.

2. Käesoleval ajal paljundatakse kärntõvekindlaid õunapuusorte 'Virve', 'Kalju', 'Dace', 'Imrus' veel vähesel määral. Nende ulatuslikum kasvatamine võimaldaks laiendada maheviljeluse tehnoloogiaga õunapuu istandusi.

3. Seemikute kasvatamine kasvuhoones ja valitud seemikute vääristamisega puukoolis nõrgakasvulisele pookealusele B9 võimaldab kiirendada õunapuu sordiaretuse protsessi. Kärntõvekindlate õunapuusortide aretamisel on seemikute viljade nakatumine või mittenakatumine paremini eristatav kui lehetunnuste abil.

Tänuavaldus

Uuringuid finantseerib Eesti Regionaal- ja Põllumajandusministeerium.

Kasutatud kirjandus

Juurikas, P. 1964. Õunapuu kärntõve (*Venturia inaequalis*/Cooke/ Aderh.) areng ja tõrjevõtted Eesti NSV-s. *Autoreferaadi kokkuvõte kand. dissertatsioonist*. Tartu, 28 lk.

Lõiveke, H., Tammaru, I. 1995. Põllumajanduskultuuride haigused ja kahjurid. *Taimekaitse käsiraamat*. Tallinn, lk 220–221.

Pärtel, E. 1974. *Viljapuude ja marjakultuuride kahjustajad*. Valgus, 328 lk.

Pärtel, E. 1988. Õunasortide kärntõvekindlus. *Puuvilja- ja marjasordid Eestis. Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teadustööde kogumik LXI*, 64–75.

Univer, T. 2019. Õunapuu kärntõveresistentsed sordid on maheviljeluses uus võimalus. *Teaduselt mahepõllumajandusele 2019*, lk 147–152. Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus. <http://hdl.handle.net/10492/4755> (16.10.2025)

Univer, T. 2021. Uus kärntõvekindel õunasort 'Virve'. *Põllumajandus ja keskkond. Toimetised 2021*, lk 88–91. Tartu: Eesti Maaülikooli Mahekeskus. <http://hdl.handle.net/10492/7069> (16.10.2025)

Univer, T., Univer, N., Tiirmaa, K. 2017. Õunasortide vastupidavus kärntõvele ja sortide valik maheaias. *Teaduselt mahepõllumajandusele 2017. Konverentsi toimetised*, lk 149–153. Tartu. https://www.maheklubi.ee/upload/Editor/Mahekogumik_2017.pdf (16.10.2025)

Vahelmine nisuhein kui potentsiaalne mahekultuur

Intermediate wheatgrass as a potential organic crop

Maarika Alaru, Mailiis Korge, Katrin Tõruvere, Evelin Loit-Harro

Eesti Maaülikool, maarika.alaru@emu.ee

Märksõnad: Kernza, keskkonnahoid, loomasööt, mitmeaastased kultuurid, terasaak

Sissejuhatus

Toiduga kindlustatuse tagamine ja ökoloogiliste ning majanduslike ressurside säilitamine nõuab uusi lähenemisi. Tera- ja söödakultuuride tootmine üheaastaste kultuuridega on ressursimahukas ning seotud mitmete negatiivsete keskkonna mõjudega. Lisaks sõltub üheaastaste kultuuride saagikus kliimamuutustest. Probleemi aitaks leevendada mitmeaastaste kultuuride kasvatamine. Üheks selliseks kultuuriks on vahelmine nisuhein (*Thinopyrum intermedium*), mille maapealset biomassi saab kasutada loomasöödaks ja sügisel koristatud terasaaki inимtoiduks (Franco jt., 2021). Vahelmine nisuhein kuulub taksonoomiliselt kõrreliste (*Poaceae*) sugukonda ja nisuheina perekonda (*Thinopyrum*). See mitmeaastane rohttaim kasvab sõltuvalt tingimustest ja genotüübist 90–120 cm kõrguseks. Lehed on tal 4–8 mm laiad ning värvuselt rohelist kuni sinakasrohelised (Tautges jt., 2023). Nisuheina liitähkõisikud võivad olla 10–20 cm pikkused ning kanda kuni seitsmeõielisi pähikuid (Heineck jt., 2002) (Foto 1).

Nisuheinal on lühikesed risoomid ja sügavale ulatuv juurestik, mis hakkab intensiivsemalt arenema teisel kasvuaastal (Duchene, 2020). Selle pikkus võib ulatuda 3 meetrini ning on oluliselt ulatuslikum kui hariliku nisu juurestik (Glover jt., 2010). Tänu sügavale juurekavale on ta paremini veega varustatud (Clément jt., 2022) ja väga hea põuakindlusega. Üleujutatud või liigniisketel muldadel kasvab nisuhein halvasti, tuues kaasa saagikuse tunduva vähenemise (Tautges jt., 2023). AURI (*Agricultural Utilization Research Institute*; 2025) projekti tulemuste põhjal paranes vee kvaliteet Minnesota selle piirkonna põldudel, kus kasvatati nisuheina, kuna ta sügav juurestik vähendas tõhusalt nitraatide leostumist võrreldes üheaastaste teraviljadega. Juurte lagunemisel rikastub muld orgaanilise ainega (Culman jt., 2013), suureneb mikrobioloogiline kooslus ja aktiivsus, seda eriti pinnase ülemistes kihtides (Duchene jt., 2020).



Foto 1.

Vahelmine nisuhein EMÜ Eerika katsepõllul 2025. aasta suvel (autor Mailiis Korge)

Püsilikultuurid toetavad seente, sh arbuskulaarsete mükoriisaseente olemasolu, mis omakorda parandab mullast toitainete ja vee omastamist ning mulla struktuuri ja viljakust (Mårtensson jt., 2020). Kõige selle tõttu võib nisuhein pidada keskkonda taastavaks või toetavaks kultuuriks (Crain jt., 2024).

Nisuhein toiduviljana

2006. aastal sai USA-s alguse nisuheina aretusprojekt, mille eesmärk oli nisuheina seemne suurendamine ja nisuheina mitmeotstarbelise (söödaks ja teraks) kasutuse arendamine (Crain jt., 2024). 2011. aastal registreeriti nisuhein kaubamärgina „Kernza®“, et rõhutada tema sobivust inimtoiduks. Nimi Kernza tuleneb inglise keelsest sõnast *kernel* ehk “tuum” (KernzaCAP, 2023). Esimest maailmas aretatud inimtoiduks mõeldud nisuheina sorti *MN-Clearwater* hakati kasvatama 2020. aastal (Bajgain jt., 2020). AURI (2025) andmetel sisaldab nisuhein, võrreldes hariliku nisuga, rohkem valku, kiudaineid ja bioaktiivseid ühendeid. Nisuheinas leidub küll gluteeni, kuid puudub suurima molekulmassiga

gluteniin. Toiteväärtus on nisuheinal silmapaistvalt kõrge: 100 g kuivaine kohta on proteiini 19,2 g, kiudaineid 18 g ja kaltsiumi 120 mg (nisul samad näitajad 9,2 ja 10,6 g ning 25 mg). Vaid süsivesikute poolest edestab nisu nisuheina (vastavalt 73,3 ja 67,3 g). Nisuheina jahu sisaldab tuhka 2,6–3,8 g; rasva 2,8–4,8 g; proteiini 18,0–23,5 g ja süsivesikuid 70,8–75 g 100 g kohta (Bharathi jt., 2022).

Kirjandusest nähtub, et nisuheina tera saagikus jääb märgatavalt alla teistele teraviljadele, olles reeglina vahemikus 300–1200 kg ha⁻¹. Madala terasaagi peamiseks põhjuseks on väike 1000 tera mass, mis erinevates katsetes on varieerunud 3,2–10,2 g vahel (Crain jt., 2024; Sukhomud jt., 2018) (Foto 2).



Foto 2. Vahelmise nisuheina *MN-Clearwater* (vasakul) ja suvinisu *Mireete* terad (paremal) (autor Mailiis Korge)

Sarnane tulemus saadi ka EMÜ Eerika põllule 2023. a rajatud katsest, kus nisuheina sort *MN-Clearwater* külvati nii puhaskülvis kui ka segus ristikuga. Kernza 1000 tera massid puhas- ja segukülvis ristikuga olid vastavalt 6,4–8,1 ja 6,2–7,7 g, keskmine terasaak aga 154±26 ja 104±17 kg ha⁻¹. Nii madala saagita-seme peamiseks põhjuseks oli Kernza taimede ebaühtlane tärkamine esimesel kasvuaastal ja väike 1000 tera mass.

Aretustöö käigus on suudetud sort *MN-Clearwater* omadusi parandada: tera saagikus on tõusnud, olles keskmiselt 700 kg ha⁻¹, seemne varisemine ja laman-dumine on vähenenud ning valmimisaeg muutunud ühtlasemaks (Bajgain jt., 2020). Täiendavat tööd vajab nisuheina saagikuse stabiliseerimine saagiaastate

lõikes. Hunter jt. (2020) andmetel oli nisuheina esimese aasta terasaak 877 kg ha^{-1} , langedes kolmandaks aastaks 276 kg ha^{-1} . Nisuhein vajab igal aastal vähemalt $60\text{--}100 \text{ kg ha}^{-1}$ lämmastikku (Jungers jt., 2017). Kasvatades nisuheina segus liblikõielistega ja andes orgaanilist väetist on terasaagiks saadud $280\text{--}550 \text{ kg ha}^{-1}$ (Mårtensson jt., 2020).

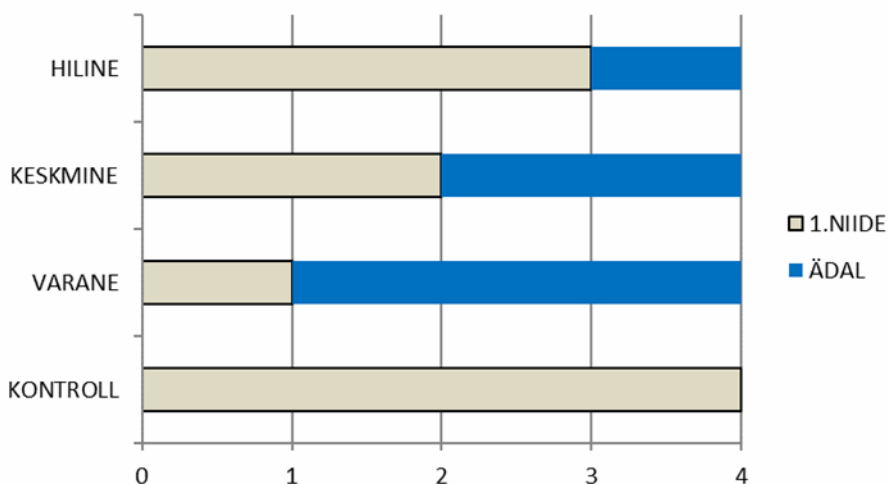
Nisuhein söödana

Nisuhein Kernza on suure saagikuse, kõrge söödaväärtusega ning hea külmataluvusega liik (Bajgain jt., 2020). Kasvatades teda segus liblikõielistega saab tema saagikust stabiliseerida ja rohusööda toiteväärtust tõsta (Favre jt., 2019; Dimitrova Mårtensson jt., 2022). Nisuheina võib külvata koos lutserni, punase ristiku või teiste liblikõielistega, mis võimaldab saada suve jooksul 2–3 niidet loomasöödaks ja koristada viimane niide teraks (Culman jt., 2023; Cetiner jt., 2023). Varasemad uuringud Rootsis on näidanud, et Kernza heina ja silo kuivaine aastane saagikus on olnud $5400\text{--}8200 \text{ kg ha}^{-1}$, kuid kasvatades teda koos lutserniga jäi see vahemikku $4600\text{--}5300 \text{ kg ha}^{-1}$ (Dimitrova Mårtensson jt., 2022).

Puka-Beals jt. (2022) toovad välja, et esimese niite aeg mõjutab märkimisväärselt nii kogu saaki kui ka selle kvaliteeti. Suurimad saagid saadi juhul, kui esimene niide tehti nisuheina õitsemise või terade varase vahaküpsuse faasis. Eerikale rajatud nisuheina söödakatses võrreldi saagikust Kernza puhaskülvis ja segus lutserniga. 2024. aastal, st esimesel kasvuaastal tehti esimene niide neljal erineval ajal (varane: juuni alguses, keskmine: juuli alguses, hiline: juuli lõpus ja kontroll: septembris; Joonis 1).

Varase niite puhul oli nisuheina puhaskülvi saagikus statistiliselt võrdne segukülviga (vastavalt $1335\pm358 \text{ kg ha}^{-1}$ ja $1316\pm331 \text{ kg ha}^{-1}$). Samas oli see usutavalt madalam võrreldes keskmise, hilise ja kontrollniite aja saagiga. Kolmel järgneval koristusajal varieerus esimese niite biomass Kernza puhaskülvis ja segus lutserniga vastavalt $2700\text{--}4861$ ja $2458\text{--}4722 \text{ kg ha}^{-1}$ piirides. Vegetatsiooniperioodi kogubiomass (I niide + ädal) oli Kernza puhaskülvis statistiliselt usutavalt kõrgeim ($6676\pm719 \text{ kg ha}^{-1}$) variandil, kus esimene niide tehti õitsemisfaasi lõpus-piimküpsuse alguses (03.07.2024) (Joonis 2A). Kernza ja lutserni segukülvis oli suve kogubiomass suurim variantidel, kus esimene niide tehti juulis, Kernza õitsemis- ja vahaküpsuse faasis (Joonis 2B).

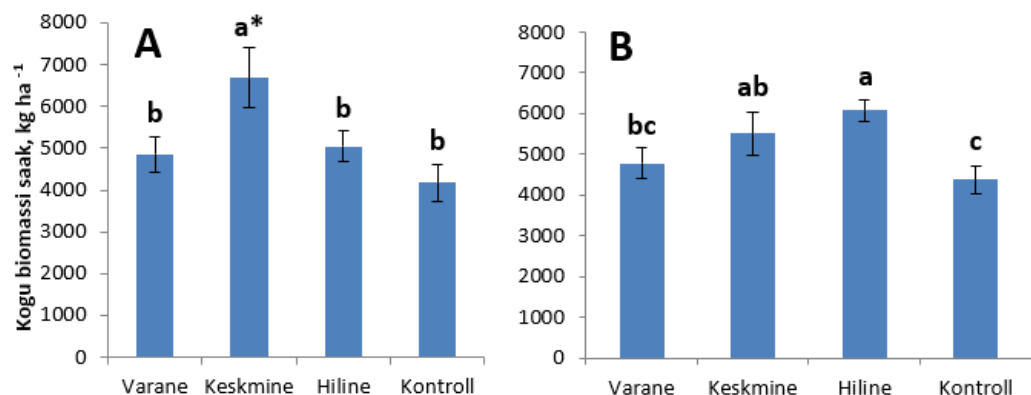
Favre jt. (2019) leidsid, et nisuheina suhteline söödaväärtus oli kevadel 175%, suvel 65% ja sügisel 116% ning tema kvaliteet vastas nii lakteerivate ja kinnislehmade kui ka noorloomade vajadustele.



Joonis 1. Nisuheina esimese niide ajad EMÜ põldkatses.

*X-telje numbrite tähendus: 1 – niide tehti 10.06.2024 (loomisfaas); 2 – niide tehti 03.07.2024 (õitsemisfaasi lõpp-piimküpsuse algus); 3 – niide tehti 31.07.2024 (vahaküpsus); 4 – niide tehti 24.09.2024 (koristusküpsus).

**Viimane, 4. niide oli kontrollvariant, samal ajal tehti teistel variantidel teine niide e ädala koristus.



Joonis 2. Kogu biomassi saak Kernza puhaskülvis (A) ja segukülvis lutserniga (B) 2024. aastal

*Erinevad tähed tulpadel tähistavad usutavat erinevust niidete vahel; jooned tulpadel on $\pm$ SE.

**Varane – I niide tehti 10.06; keskmine – I niide tehti 03.07; hiline – I niide tehti 31.07; kontroll – kasvuperioodil tehti 1 niide 24.09.

Järeldused

Mitmeaastane nisuhein omab potentsiaali maheviljeluses, eriti kui seda kasvatada loomasöödaks segus liblikõieliste rohumaataimedega. Mitmeaastase/püsilikultuurina ja sügava juurestiku tõttu soodustab ta toitainete ja vee efektiivset kasutust, vähendab toitainete leostumist ning aitab tõhustada mulla struktuuri ja viljakust. Seetõttu võib nisuheina käsitleda keskkonda taastava või toetava kultuurina.

Tänuõnad

Uuring sai rahastuse Eesti Teadusnõukogult projektinumbriga T220082PKTT alusel. Projekt kuulub NordForsk programmi ning on osa VIKING konsortsiu-
mist, kuhu kuuluvad Rootsi, Norra, Taani, Soome, Leedu ja Eesti.

Kasutatud kirjandus

- AURI (Agriculture Utilization Research Institute). <https://auri.org/wp-content/uploads/2021/02/Kernza-as-a-Cereal-Grain.pdf> 12.10.2025
- Bajgain, P., Zhang, X., Jungers, J.M., DeHaan, L.R., Heim, B., Sheaffer, C.C., Wyse, D.L., Anderson, J.A. 2020. 'MN-Clearwater', the first food-grade intermediate wheatgrass (Kernza perennial grain) cultivar. *Journal of Plant Registrations*, 14(3), 288–297.
- Bharathi, R., Muljadi, T., Tyl, C., Annor, G.A. 2022. Progress on breeding and food processing efforts to improve chemical composition and functionality of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for the food industry. *Cereal Chemistry*, 99(2), 235–252.
- Cetiner, B., Shamanin, V.P., Tekin-Cakmak, Z.H., Pototskaya, I.V., Koksel, F., Shepelev, S.S., Aydarov, A.N., Ozdemir, B., Morgounov, A.I., Koksel, H. 2023. Utilization of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) as an innovative ingredient in bread making. *Foods*, 12(11).
- Clément, C., Sleiderink, J., Svane, S.F., Smith, A.G., Diamantopoulos, E., Desbrøll, D.B., Thorup-Kristensen, K. 2022. Comparing the deep root growth and water uptake of intermediate wheatgrass (Kernza®) to alfalfa. *Plant and Soil*, 472(1–2), 369–390.
- Crain, J., Wagoner, P., Larson, S.R., DeHaan, L. 2024. Origin of current intermediate wheatgrass germplasm being developed for Kernza grain production. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71, 4963–4978.
- Culman, S.W., Snapp, S.S., Ollenburger, M., Basso, B., DeHaan, L.R. 2013. Soil and water quality rapidly responds to the perennial grain Kernza wheatgrass. *Agronomy Journal*, 105(3), 735–744.
- Dimitrova Mårtensson, L.-M., Barreiro, A., Li, S., Steen Jensen, E. 2022. Agronomic performance, nitrogen acquisition and water-use efficiency of the perennial grain crop *Thinopyrum intermedium* in a monoculture and intercropped with alfalfa in Scandinavia. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(2), 45.

- Duchene, O., Celette, F., Barreiro, A., Mårtensson, L.M.D., Freschet, G.T., David, C. 2020. Introducing perennial grain in grain crops rotation: the role of rooting pattern in soil quality management. *Agronomy*, 10(9).
- Favre, J.R., Castiblanco, T.M., Combs, D.K., Wattiaux, M.A., Picasso, V.D. 2019. Forage nutritive value and predicted fiber digestibility of Kernza intermediate wheatgrass in monoculture and in mixture with red clover during the first production year. *Animal Feed Science and Technology*, 258, 114298.
- Franco, J.G., Berti, M.T., Grabber, J.H., Hendrickson, J.R., Nieman, C.C., Pinto, P., van Tassel, D., Picasso, V.D. 2021. Ecological intensification of food production by integrating forages. *Agronomy*, 11(12).
- Glover, J.D., Reganold, J.P., Bell, L.W., Borevitz, J., Brummer, E.C., Buckler, E.S., Cox, C.M., Cox, T.S., Crews, T.E., Culman, S.W., DeHaan, L.R., Eriksson, D., Gill, B.S., Holland, J., Hu, F., Hulke, B.S., Ibrahim, A.M.H., Jackson, W., Jones, S.S., ... Xu, Y. 2010. Increased food and ecosystem security via perennial grains. *Science*, 328(5986), 1638–1639.
- Heineck, G.C., Schlautman, B., Law, E.P., Ryan, M.R., Zimbric, J.W., Picasso, V., Stoltenberg, D.E., Sheaffer, C.C., Jungers, J.M. 2022. Intermediate wheatgrass seed size and moisture dynamics inform grain harvest timing. *Crop Science*, 62(1), 410–424.
- Hunter, M.C., Sheaffer, C.C., Culman, S.W., Jungers, J.M. 2020. Effects of defoliation and row spacing on intermediate wheatgrass I: grain production. *Agronomy Journal*, 112(3), 1748–1763.
- Jungers, J.M., DeHaan, L.R., Betts, K.J., Sheaffer, C.C., Wyse, D.L. 2017. Intermediate wheatgrass grain and forage yield responses to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 109(2), 462–472.
- Kernza CAP. 2023. Celebrating 40 years – the story of Kernza® perennial grain in 40 milestones. <https://kernza.org/celebrating-40-years-kernza-perennial-grain-in-40-milestones/>
- Mårtensson, D., Barreiro, L.-M., Duchene, A., Jensen, O.S. 2020. Perennial crops for sustainable soil management – symbiotic fungi benefit from cultivation of a model crop for perennial cereal grain production in Europe. *Global Symposium on Soil Biodiversity*. <https://isara.hal.science/hal-03653259v1>
- Puka-Beals, J., Sheaffer, C.C., Jungers, J.M. 2022. Forage yield and profitability of grain-type intermediate wheatgrass under different harvest schedules. *Agrosystems, Geosciences and Environment*, 5(3).
- Sukhomud, O.H., Adamenko, D.M., Kravets, I.S. 2018. Growth and development of Kernza® in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Presentation at the 2019 Kernza® Conference, Madison, WI, USA. The Land Institute. <https://landinstitute.org/news/2019-kernza-conference-presentations/>
- Tautges, N., Detjens, B., Jungers, A., Cureton, J., DeHaan, L., Fernholz, C., Forcella, F., Kraus, A., Nesser, S., Peters, T., Peterson, L., Schlautman, B., Skelly, S., Reilly, E. 2023. Kernza® Grower Guide. https://kernza.org/wp-content/uploads/Grower-guide_final.pdf

Talirukis teenuskultuurina, selle umbrohtu tõrjuv toime ja mõju mulla tervisele

Winter rye as a service crop, its weed-suppressing effect and impact on soil health

Ülevaateartikkel

Silvia Pihu, Kadri Sohar

Maaelu Teadmuskeskus, silvia.pihu@metk.agri.ee

Märksõnad: talirukis, teenuskultuur, allelopaatia, muld

Sissejuhatus

Kahjuritõrje (sh umbrohutõrje) ja mulla tervis on kestliku põllumajanduse võtmetähtsusega aspektid kogu maailmas, sealhulgas Euroopas ja ka Eestis. Mahekasvatuse laienemine ja järjest rangemaks muutuvad keskkonnanõuded suurendavad vajadust alternatiivsete keskkonnasõbralike taimekaitse lahenduste järele.

Mahedas taimekasvatuses on umbrohtude tõrje üks raskemaid probleeme. Tavaviljeluses on herbitsiidid Eestis enim kasutatud pestitsiidid (Statistikaameti andmetel), kuid kogu maailmas ja nüüd ka Eestis on esile kerkinud umbrohtude resistentsuse probleemid (Pihu jt., 2025). See tingib vajaduse leida alternatiivseid lahendusi ka selles valdkonnas.

Üheks tänapäeval kasutusele võetud alternatiivseks umbrohutõrje ja ühtlasi mulla parandamise meetodiks on teenuskultuurid: vahekultuurid ja allakülvid. Teenuskultuuri (*service crop*) all mõeldakse taimi, mida kasvatatakse saagipotentsiaaliga taimede kasvu toetamiseks.

Rukis teenuskultuurina

Rukis (*Secale cereale*) on oma tugeva kasvu ja suure biomassi, hea kohanemisvõime ja umbrohute tõrjuvate omaduste tõttu tõusnud maailmas esile lisaks teravilja tootmisele ka teenuskultuurina, olles USA põllumajanduses üks enamlevinud teenuskultuure (Grint jt., 2022; Rebong jt., 2024; Gitonga jt., 2025; Hamberg jt., 2025; Pandit jt., 2025). Rukki kasutamine vahekultuurina on levinud

tema mitmekülgse toime tõttu: mulla tervise parandamine ning umbrohtude tõrje multšina, valguskonkurendina ja juureeritiste kaudu. Talirukist kasutatakse ka suvise allakülvatava teenuskultuurina, eriti laiema reavahega kasvatavate kultuuride puhul nagu mais ja sojauba (Koehler-Cole ja Elmore, 2020). Rukkimultši kasutades on leitud, et see vähendab üheaastaste umbrohtude idanemist ja kasvu ning nende koosluste mitmekesisust (Menalled jt., 2021). Rukki kasutamine multšina võib parandada ka mullastiku mikrokliimat: mullaniiskus on kõrgem ning temperatuur madalam ja stabiilsem (Dix jt., 2024).

Rukki umbrohte tõrjuvad omadused

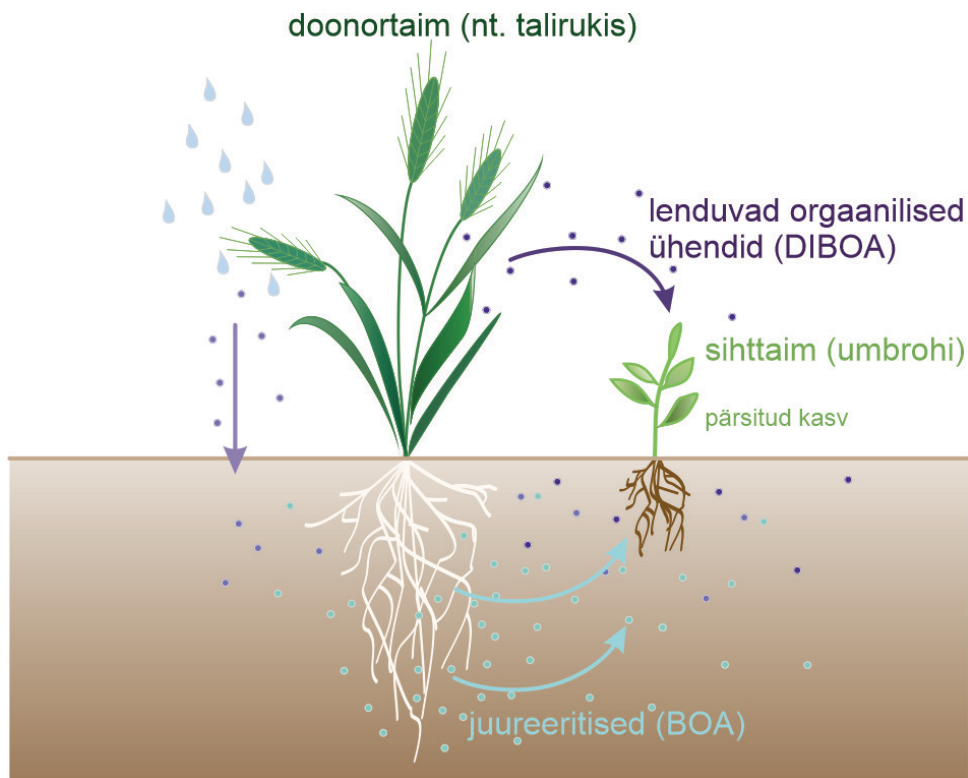
Rukis tõrjub umbrohte nii oma suure biomassi ja ruumi hõivamise, valgus- ja mullasisese konkurentsi pakkumise kui ka märkimisväärse allelopaatia tõttu (Rebong jt., 2024).

Allelopaatiaks nimetatakse nähtust, kus taimed mõjutavad teiste organismide kasvu, arengut ja paljunemist spetsiifiliste keemiliste ühendite ehk allelokemikaalide eritamisega (Jabran jt., 2015). Umbrohutõrjes on allelopaatia eeskätt seotud teiste taimede kasvu pärssivate eritistega. Need võivad mõjutada teiste taimede rakkude struktuuri ja takistada rakkude pooldumist ning kasvu, takistada taimede kasvu taimehormoonide mõjutamise kaudu, mõjutada ensüümide kaudu mitmesuguseid eluprotsesse nagu hingamine, vee ja toitainete omastamine ning valkude süntees (Cheng ja Cheng, 2015).

Rukkitaim eritab umbrohte tõrjuvaid allelokemikaale nii juurte kui ka lehtede kaudu (joonis 1). Keemiliselt on need bensoksasiinoidid nagu BOA (bensoksasiin-2-üks), DIBOA (2,4-dihüdoksü-1,4-bensoksasiin-3-üks) ja HMBOA (2-hüdoksü-7-metoksü-1,4-bensoksasiin-3-üks). Nimetatud ained pärssivad eelkõige umbrohtude seemnete idanemist ja noortaimede kasvu (Boselli jt., 2021; Rice jt., 2022; Rebong jt., 2024).

Rukki allelopaatilist toimet on hinnatud tugevaks, kuid see sõltub keskkonatingimustest (mullatüüp, ilmastik jm), aga samuti rukki sordist ja külvi ning sissekülmise või multšimise ajast (Vincent-Caboud jt., 2019; Rice jt., 2022). Rukkitaimede allelokemikaalide sisaldus on kõrgem võrsumise lõpus, kasvufaasis 24-30 (Meier, 2001; Reberg-Horton jt., 2005; Rice jt., 2022). Rukki niitmine või rullimine sellel perioodil suurendab allelokemikaalide eritumist mulda. Hili- semates kasvufaasises rukkitaimede multšiks kasutamine tagab küll suurema biomassi, kuid madalama allelokemikaalide kontsentratsiooni (Boselli jt., 2021).

Itaalias läbiviidud põldkatsetes vähendas rukki multš oluliselt umbrohu biomassi, potikatsetes vähenes teatud umbrohuliikide biomass isegi kuni 84% (Boselli jt., 2021). Rukki multš pärssis selles katses oluliselt näiteks valge hanemaltsa (*Chenopodium album*, 76%) ja hariliku rebasheina (*Amaranthus retroflexus*) kasvu (Boselli jt., 2021). Uuritud on ka rukki juureekstraktide allelopaatilist mõju Euroopas laialt levinud herbitsiidiresistentsele umbrohule – põld-rebasesabale (*Alopecurus myosuroides*) ja leitud, et üks rukki sort oli selle tõrjes efektiivne (Hickman, 2025).



Joonis 1. Peamiste allelokemikaalide jaotus agroökosüsteemis.

Kvantitatiivseid andmeid konkreetsete umbrohuliikide tundlikkuse kohta rukki allelokemikaalidele on aga väga vähe nagu ka rukki erinevate sortide mõju kohta umbrohtudele. Ei USA-s ega Euroopas ei ole seni rukki aretustöös pööratud tähelepanu selle liigi allelopaatilistele omadustele ega sobivusele teenuskultuurina kasvatamiseks (Rebong jt., 2024).

Rukki mõju mulla tervisele

Mulla tervist mõjutab halvemuse suunas rohke kunstväetiste ja pestitsiidide, sh herbitsiidide kasutamine, vähendades näiteks oluliselt taimedele vajalike sümbiontsete mullaseente ja muude mullamikroobide hulka (Vahter jt., 2022). Umbrohutõrje heaks alternatiiviks ei ole ka kündmine, sest võrreldes minimeeritud harimise ja teenuskultuuride kasvatamisega halvendab see mulla pindmises kihis mitmeid parameetreid. Sügavkünni puhul on pindmises kihis väiksem orgaanilise süsiniku ja lämmastiku kogus, madalamad on mulla elustikuga seotud näitajad nagu mikroobide arvukus, proteiini hulk ja mullahinngamine (Nunes jt., 2020).

Rukki kasutamine teenuskultuurina suurendab mulla veevaru (Basche jt., 2016) ning vähendab erosiooni (Hudek jt., 2021). Minimaalse harimise või otsekülviga põldudel võib rukist vahekultuurina kasvatades mulla ülemises (ca 30 cm) kihis üldsüsiniku sisaldus suureneda 12,53% ja üldlämmastiku sisaldus 10,47% (Schmidt jt., 2018). Stabiilse mullavee osakaal võib tõusta koguni 66,1%, parandades mulla struktuuri ja veesäilitusvõimet (Schmidt jt., 2018).

Rukis mõjutab ka mulla organisme. Mikroorganismide mass ja liigirikkus oli suurem rukkiga põldudel, eriti otsekülvi korral (Schmidt jt., 2018). Rukki teenuskultuuriga põldudel on täheldatud kõrgemat orgaanilise aine sisaldust ning ensüümide aktiivsust, mis on seotud mikroorganismide ja toitainete ringega (Galindo jt., 2020).

Rukis võib aidata tõrjuda mullas elavaid kahjureid. USA-s tehtud katsed on näidanud, et lisaks umbrohtude vähendamisele toimib rukis efektiivselt vähemalt kahele nematoodiliigile (*Meloidogyne incognita*, *Nanidorus minor*) (Gitonga jt., 2025). Seega on rukis teenuskultuurina perspektiivne kartuli- ja köögiviljakasvatuses.

Rukis perspektiivse vahekultuurina Eestis

Rukki umbrohutõrjuva, sh allelopaatilise mõju toimemehhanismide, tõhususe ning mõju mullale mõistmine on hädavajalik, et suurendada selle kasutamist Eestis ja kogu Euroopas ning optimeerida vastavat agrotehnikat. Erinevat maailma piirkondades läbiviidud uuringute tulemuste varieeruvus nõuab enam kohapealseid katseid, et optimeerida umbrohutõrjet ja parandada mulla tervist. Samuti võiks Eestis mõelda rukki aretuses allelopaatiliste omaduste eelistamisele ja teenuskultuurina kasutamisele.

Maaelu Teadmuskeskusel on algamas katsed rukki kasutamiseks teenuskultuurina (Sohar, 2025) ning selle mõju hindamiseks mulla omadustele ning mullamikroobidele 2025. aastal alanud Horizon Europe rahvusvahelise projekti *MultiSoil (Multifunctional Soil Biodiversity: Unlocking Potential for Healthy Cropping Systems)* raames. Esialgu on plaanis välja selgitada Eestis kasvatatavate Euroopa sortide hulgast parimate umbrohte tõrjuvate omadustega talirukki sordid. Võimaluse korral soovitakse läbi viia täpsemad rukki allelopaatia uuringud ning pilootkatsed rukki kasutamiseks teenuskultuurina mahekasvatuses. Edasi jätkuksid katsed juba tootjate põldudel rukki kasutamisel nii talvise vahekultuurina kui ka suvise allakülvatava teenuskultuurina kartuli- ja maisikasvatuses.

Järeldused ja soovitused

Julgustame põllumajandustootjaid METKi rukki katsetes osalema, kuid ka ise katsetama rukki kui teenuskultuuriga, eriti mahekasvatuses. Rukist võib kasutada talvise vahekultuurina ja multšina, kuid proovida võib ka allakülvatava teenuskultuurina.

Kasutatud kirjandus

- Basche, A.D., Kaspar, T.C., Archontoulis, S.V., Jaynes, D.B., Sauer, T.J., Parkin, T.B., Miguez, F.E. 2016. Soil water improvements with the long-term use of a winter rye cover crop. *Agricultural Water Management*, 172, 40–50.
- Boselli, R., Anders, N., Fiorini, A., Ganimede, C., Faccini, N., Marocco, A., Schulz, M., Tabaglio, V. 2021. Improving weed control in sustainable agro-ecosystems: Role of cultivar and termination timing of rye cover crop. *Italian Journal of Agronomy*, 16(4), 1807.
- Cheng, F., Cheng, Z. 2015. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1020.
- Dix, B.A., Hauschild, M.E., Niether, W., Wolf, B., Gatteringer, A. 2024. Regulating soil microclimate and greenhouse gas emissions with rye mulch in cabbage cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 367, 108951.
- Galindo, F.S., Delate, K., Heins, B., Phillips, H., Smith, A., Pagliari, P.H. 2020. Cropping system and rotational grazing effects on soil fertility and enzymatic activity in an integrated organic crop-livestock system. *Agronomy*, 10(6), 803.
- Gitonga, D., Li, X., Hajihassani, A. 2025. Effect of termination timing and incorporation of winter cover crop on the suppression of plant-parasitic nematodes and weeds. *Crop Protection*, 193, 107205.

- Grint, K.R., Arneson, N.J., Oliveira, M.C., Smith, D.H., Werle, R. 2022. Cereal rye cover crop terminated at crop planting reduces early-season weed density and biomass in Wisconsin corn-soybean production. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 5, e20245.
- Hamberg, R.C., Dearden, E.S., Yadav, R., Owen, M.D.K. 2025. Responses of waterhemp and horseweed to cereal rye cover crop termination timing in soybean. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 8, e70034.
- Hickman, D.T., Withall, D.M., Caulfield, J.C., Comont, D., Ritz, K., Neve, P., Rasmussen, A., Birkett, M.A. 2025. Variation in suppression of black-grass by modern and ancestral cereal root exudates. *Plant Biology*, 27(5), 802–817.
- Hudek, C., Putinica, C., Otten, W., De Baets, S. 2022. Functional root trait-based classification of cover crops to improve soil physical properties. *European Journal of Soil Science*, 73(1), e13147.
- Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., Chauhan, B.S. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72, 57–65.
- Koehler-Cole, K., Elmore, R.W. 2020. Seeding rates and productivity of broadcast interseeded cover crops. *Agronomy*, 10(11), 1723.
- Meier, U. 2001. *Ühe-ja kaheiduleheliste taimede kasvufaasid*. Föderaalne Põllumajanduse- ja Metsanduse Bioloogiliste Uuringute Keskus, 112 lk.
- Menalled, U.D., Adeux, G., Cordeau, S., Smith, R.G., Mirsky, S.B., Ryan, M.R. 2022. Cereal rye mulch biomass and crop density affect weed suppression and community assembly in no-till planted soybean. *Ecosphere*, 13(6), e4147.
- Nunes, M.R., Karlen, D.L., Veum, K.S., Moorman, T.B., Cambardella, C.A. 2020. Biological soil health indicators respond to tillage intensity: A U.S. meta-analysis. *Geoderma*, 369, 114335.
- Pandit, S., Reicks, G.W., Moriles-Miller, J., Joshi, D.R., Clay, S.A., Clay, D.E. 2025. Prior to termination, the rye cover crop increased the soil methane sink. *Agronomy Journal*, 117, e70118.
- Pihu, S., Mäe, A., Kennedy, H.J.V., Hamouzova, K. 2025. The first recorded case of herbicide resistance in Estonia: Common chickweed (*Stellaria media*) resistant to sulfonylureas. *Agricultural and Food Science*, 34(1), 51–60.
- Rebong, D., Henriquez Inoa, S., Moore, V.M., Reberg-Horton, S.C., Mirsky, S., Murphy, J.P., Leon, R.G. 2024. Breeding allelopathy in cereal rye for weed suppression. *Weed Science*, 72(1), 30–40.
- Rice, C.P., Otte, B.A., Kramer, M., Schomberg, H.H., Mirsky, S.B., Tully, K.L. 2022. Benzoxazinoids in roots and shoots of cereal rye (*Secale cereale*) and their fates in soil after cover crop termination. *Chemoecology*, 32(3), 117–128.

- Schmidt, R., Gravuer, K., Bossange, A.V., Mitchell, J., Scow, K. 2018. Long-term use of cover crops and no-till shift soil microbial community life strategies in agricultural soil. *PLOS ONE*, 13(2), e0192953.
- Sohar, K. 2025. Kevadel külvatud talirukis teenuskultuurina. *Agronomia*, 197–200.
- Vahter, T., Sepp, S.-K., Astover, A., Helm, A., Kikas, T., Liu, S., Oja, J., Öpik, M., Penu, P., Vasar, M., Veromann, E., Zobel, M., Hiiesalu, I. 2022. Landscapes, management practices and their interactions shape soil fungal diversity in arable fields–Evidence from a nationwide farmers’ network. *Soil Biology and Biochemistry*, 168, 108652.
- Vincent-Caboud, L., Casagrande, M., David, C., Ryan, M.R., Silva, E.M., Peigné, J. 2019. Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(5), 45.

Agroökoloogiliste umbrohutõrje võtete mõju kaera umbrohtumisele

The effect of agroecological weed management practices on oat weediness

Merili Toom, Viacheslav Eremeev, Helena Madsen,
Merrit Shanskiy, Liina Talgre

Eesti Maaülikool, liina.talgre@emu.ee

Märksõnad: äestamine, külvisenorm, kasvufaas, lühiealised- ja mitmeaastased umbrohud

Sissejuhatus

Agroökoloogilised umbrohutõrje praktikad on kestliku põllumajanduse lahutamatu osa, aidates vähendada sõltuvust sünteetilisest herbitsiididest ning toetades mulla tervise ja elurikkuse säilimist. Nende praktikate rakendamine sõltub mitmetest teguritest, sealhulgas sobiva tehnika olemasolust ja alternatiivsete meetodite tundmisest. Mahepõllumajanduses, kus keemiliste taimekaitsevahendite kasutamine on keelatud, on mehaaniline umbrohutõrje, sh teravilja kasvuaegne äestamine, üks olulisemaid umbrohtude kontrolli all hoidmise võtteid. Äestamine mitte ainult ei vähenda umbrohtude survet, vaid aitab parandada mulla õhustatust, veesisaldust ja läbilaskvust, mis omakorda soodustab kultuurtaimede kasvu (Beiküfner jt., 2024). Lisaks on äestamine osa laiemast agroökoloogilisest lähenemisest, kus umbrohtude täieliku hävitamise asemel keskendutakse nende populatsioonide kontrolli all hoidmisele. Vähene umbrohtumus põllul aitab säilitada agroökosüsteemi tasakaalu, parandades tolmeldajate toitumistingimusi ja pakkudes elupaiku erinevatele kasuritele ja mulla mikroorganismidele (Luik, 2012; Bretagnolle ja Gaba, 2015).

Kasvuperioodil teostatav teravilja äestamine võimaldab sekkuda just siis, kui umbrohud on kasvu alles alustanud ja tõrjele kõige paremini alluvad. Uuringud on näidanud, et äestamine on kõige tõhusam umbrohtude idulehe faasis, mil hävib 60–70% taimedest. Kui umbrohud on jõudnud 2–4 pärislehe faasi, väheneb tõrje efektiivsus 30–50%-ni ning 6–8 pärislehe faasis on äestamise mõju juba minimaalne (Lauringson ja Talgre, 2005; Rasmussen jt., 2009). Seetõttu on äestamise õige ajastamine otsustava tähtsusega, et saavutada maksimaalne tõrje efekt ilma kultuuri kahjustamata. Ka äestamisele vastupida-

vamate umbrohtude puhul tasub seda töövõtet kasutada, sest see vähendab seemnesaagi võimet ja on ühtlasi investeering järgnevate aastate umbrohutõrjesse.

Et äestamisele vastupidavamaid liike tõhusamalt kontrolli all hoida, tuleks mehaaniliste võtete kõrval rakendada ka teisi meetmeid, mis suurendavad konkurentsivõimet umbrohtudele.

Üheks võtteks on teraviljade külvitiheduse suurendamine. Katse suvinisuga näitas, et külvisenormi poole võrra suurendamine vähendas oluliselt umbrohtumust ja suurendas nisu biomassi (Wu jt., 2021). Choudhary jt. (2025) uurin-gust selgus, et riisi külvisenormi suurendamine 100 seemnelt 200 seemnele m^{-2} vähendas umbrohu biomassi sõltuvalt liigist 40–72%.

Käesolevas uuringus keskenduti erinevate agroökoloogiliste umbrohutõrje võtete (kasvuaegne äestamine ja külvitiheduse suurendamine) efektiivsusele minimeeritud mullaharimise tingimustes, tootmissuunas, mis on kasvav trend mahetootjate seas. Kuigi minimeeritud mullaharimine aitab vähendada mulla-harimise intensiivsust ja säilitada mulla elurikkust, muudab see umbrohutõrje eriti aktuaalseks, sest pindmise harimise korral võivad umbrohud kergemini levima hakata.

Materjal ja metoodika

Uuring viidi läbi Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaamas aastatel 2024 ja 2025. Katse eesmärk oli hinnata agroökoloogiliste umbrohutõrje võtete tõhusust kaera (sort 'Symphony') umbrohtumuse vähendamisel. Agroökoloogilisi tõrje-võtteid võrreldi herbitsiidi kasutatud kontrollvariantidega. Umbrohutõrje variandid olid järgmised: 1) tavapärane künd + herbitsiid; 2) minimeeritud mullaharimine + herbitsiid; 3) minimeeritud mullaharimine + äestamine nädal pärast külvi; 4) minimeeritud mullaharimine + äestamine kaera kolme lehe faasis; 5) minimeeritud mullaharimine + äestamine nädal pärast külvi + 10% suurem külvisenorm; 6) minimeeritud mullaharimine + äestamine kaera kolme lehe faasis + 10% suurem külvisenorm.

Künnivariandis künti ja kultiveeriti katseala enne kaera külvi, minimeeritud harimisega variandis kasutati kahvelfreesi. Kaera eelviljaks oli mõlemal aastal teravili. Vili külvati mai alguses, sõltuvalt variandist normiga 500 ja 550 seemet m^{-2} . Äestamine viidi läbi kas nädal pärast külvi, vahetult enne kaera tärkamist või kaera kolme lehe faasis. Kontrollvariandis kasutati juuni alguses herbitsiidi MCPA normiga 2 l ha^{-1} . Enne proovide kogumist hinnati umbrohtude katvust

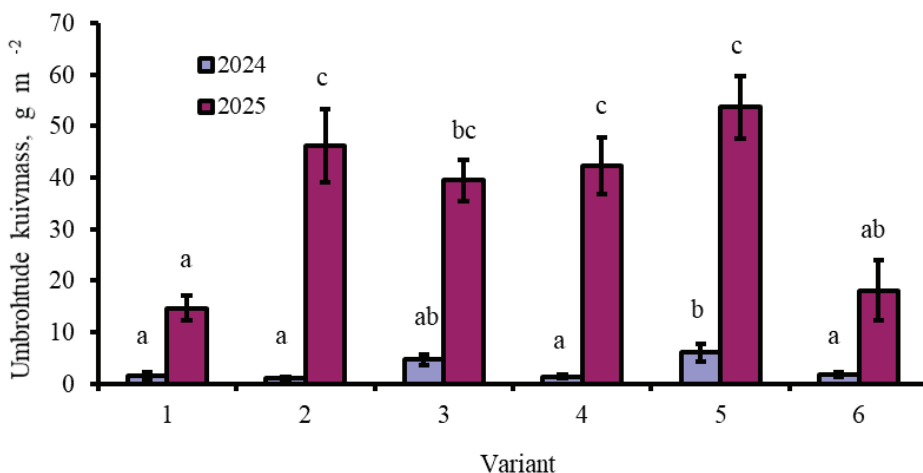
(%). Umbrohud koguti 0,25 m² suuruse raamiga juuli esimeses pooles. Määrati umbrohtude liigiline koosseis, arvukus ja biomass kuivainena (KA) m² kohta.

2024. aasta kaera kasvuperioodi iseloomustasid vahelduvad põuaerioodid ja intensiivsed sajud, 2025. aasta oli jahe ja vihmane.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Statistica 13. Joonistel on tulemused esitatud keskmisena koos standardveaga.

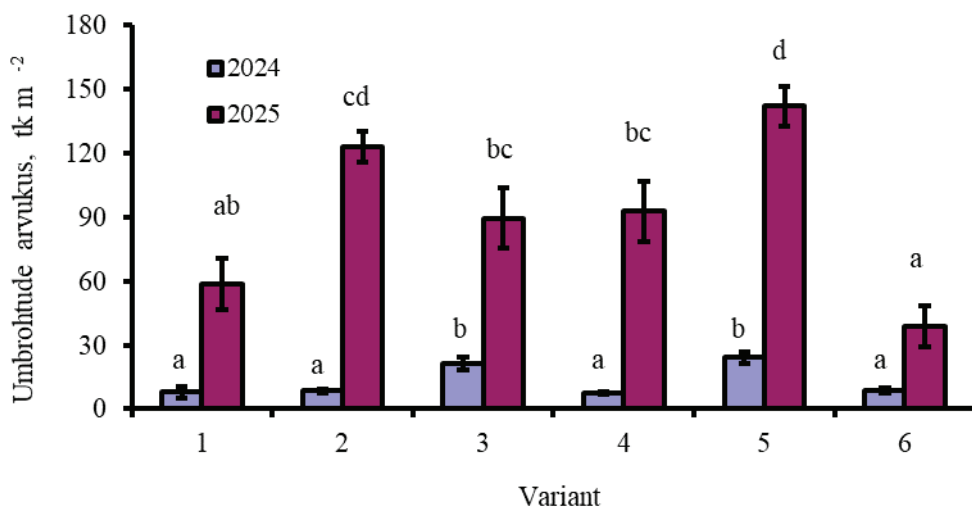
Tulemused ja arutelu

Kaer on umbrohtude suhtes tugeva konkurentsivõimega teravili. Seda kinnitasid ka antud katse tulemused. 2024. aastal jäi umbrohtude biomass vahemikku 1,0–6,1 g KA m⁻² ja arvukus 7–24 taime m⁻² (joonis 1 ja 2). Äestamise efektiivsus oli võrreldav herbitsiidiga pritsimisega, mis näitab, et keemiline tõrje ei andnud lisatulemust. Ka külvisenormi suurendamine ei mõjutanud sellel aastal umbrohtumust. Tärgamiseelselt äestatud variantides oli umbrohtude biomass mõnevõrra suurem, mis võib olla seotud mulla niiskuse ja idanevate



Joonis 1. Umbrohtude biomass kuivainena 2024. ja 2025. aastal. Erinevad tähed joonisel tähistavad variantide vahelisi erinevusi ja vearibad tähistavad standarddviaga.

1 - tavapärane künd + herbitsiid, 2 - minimeeritud mullaharimine (MH) + herbitsiid, 3 - MH + äestamine nädal pärast külvi, 4 - MH + äestamine kaera kolme lehe faasis, 5 - MH + äestamine nädal pärast külvi + 10% suurem külvisenorm, 6 - MH + äestamine kaera kolme lehe faasis + 10% suurem külvisenorm.



Joonis 2. Umbrohtude arvukus (tk m⁻²) 2024. ja 2025. aastal. Erinevad tähed joonisel tähistavad variantide vahelisi erinevusi ja vearibad tähistavad standarddiga.

1 - tavapärane künd + herbitsiid, 2 - minimeeritud mullaharimine (MH) + herbitsiid, 3 - MH + äestamine nädal pärast külvi, 4 - MH + äestamine kaera kolme lehe faasis, 5 - MH + äestamine nädal pärast külvi + 10% suurem külvisenorm, 6 - MH + äestamine kaera kolme lehe faasis + 10% suurem külvisenorm.

liikide eripäraga. Lauringson ja Talgre (2005) on soovitanud suviteraviljadel just tärkamiselset äestamist, sest siis on teravilja idud veel kaetud mullaga ja umbrohtude areng on jõudnud nende hävitamiseks soodsale tasemele. Umbrohtude katvus oli siiski kõigis variantides 0%, mis näitab, et umbrohud olid väga väikesed ja jäid alarindesse ning kaera saagile mõju ei avaldanud. Liikidest esines sel aastal kõige rohkem põldkannikest, konnatatart ja valget hanemaltsa. Ilmselt idanesid valge hanemaltsa seemned teistest hiljem, sest seda esines ainult variantides, kus äestamine tehti nädal pärast külvi. Külviti-hedus mõjutas umbrohtumust ainult variandis 5, kus äestamine tehti teravilja tärkamise eelselt. Poolas läbiviidud katsed kanepiga näitasid, et suurem taimiku tihedus vähendas oluliselt umbrohu populatsiooni (Ambroziak jt., 2023).

2025. aasta ilmastikutingimused olid umbrohtude kasvuks ja arenguks väga soodsad, mistõttu umbrohtumus oli oluliselt suurem kui eelnenud aastal. Umbrohtude biomass jäi vahemikku 14,7–53,7 g KA m⁻² ja arvukus oli sõltuval variandist 38–142 taime m⁻². Kui võrrelda erinevaid umbrohutõrje võtteid mini-

meeritud harimise tingimustes, siis selgus, et veidi madalamaks jäi nii umbrohtude biomass kui ka arvukus variandis 6, kus kaer külvati suurema normiga ja äestati kolme lehe faasis. Samas jäi keemiline umbrohutõrje väheefektiivseks (joonis 1 ja 2). 2025. aasta märgades tingimustes osutus umbrohutõrje seisukohalt otstarbekaks kündmine. Kui teistes variantides oli kõige arvukamateks umbrohtudeks orashein ja tähkjas kukehirss, siis künnivariandis orasheina ei esinenud. Kukehirss jäi kõikides variantides alarindesse ja teraviljale konkurentsi ei pakkunud. Lisaks orasheinale oli kõigis minimeeritud harimisega variantides mitmeaastastest umbrohtudest esindatud harilik puju ja põld-pii-mohakas. 2025. a tulemused näitasid, et mitmeaastaste umbrohtude kontrollimiseks on vajalik kündmine, sest minimeeritud harimise tingimustes ainult äestamisest ei piisa (Melander jt., 2012).

Järeldused ja soovitused tootjatele

Kaera kasvatamisel ei ole tootjatel vaja kasutada herbitsiide, vaid umbrohtu saab edukalt kontrolli all hoida agroökoloogilisi võtteid kasutades. Äestamine on tõhus ja keskkonnasäästlik viis umbrohtude kontrollimiseks ka minimeeritud mullaharimise tingimustes. Oluline on jälgida umbrohtude liigilist koosseisu ja kohandada tõrjemeetmeid vastavalt nende arengule. Arvestada tuleb sellega, et mitmeaastaste umbrohtude vastu ei ole äestamine efektiivne. Samuti näitasid katsed, et külvisenormi suurendamine on tulemuslik võrreldes üksnes äestamisega vaid juhul, kui äestamine toimub kaera kolme lehe faasis.

Tänuavaldused

Uuring on valminud Euroopa Liidu teadus- ja innovatsiooniprogrammi Horizon projekti „Agroökoloogilised strateegiad säästva umbrohutõrje jaoks Euroopa võtmekultuurides (AGROSUS)” toel.

Kasutatud kirjandus

- Ambroziak, K., Wenda-Piesik, A., Kozera, W. 2023. Regulating the plant density influences weed infestation, productivity and chemical composition of seeds of true hemp *Cannabis sativa* L. *Journal of Elementology*, 28(3), 619–631.
- Beiküfner, M., Kühling, I., Vergara, M., Broll, G., Trautz, D. 2024. Impact of mechanical weed control on soil N dynamics, soil moisture, and crop yield in an organic cropping sequence. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 129(2), 223–238.

- Choudhary, V.K., Sahu, M.P., Dubey, R.P., Singh, R., Mishra, J.S. 2025. Assessment of seed rate and weed management practice on weed control, crop productivity and profitability of dry direct-seeded rice. *Journal of Agriculture and Food Research*, 22, 102110.
- Cover crop effects on the growth of perennial weeds in two long-term organic crop rotations. https://www.researchgate.net/publication/384916956_Cover_crop_effects_on_the_growth_of_perennial_weeds_in_two_long-term_organic_crop_rotations (16.10.2025)
- Lauringson, E., Talgre, L. 2005. Põllukultuuride kasvuaegne mehaaniline umbrohutõrje. *Mahe põllumajanduse leht*, talv 2005, lk 2–5.
- Luik, A. 2012. *Looduslikud vahendid mahepõllumajanduslikus taimekaitstes* (toim. A. Vetemaa). Ecoprint, 32 lk.
- Melander, B., Holst, N., Rasmussen, I.A., Hansen, P.K. 2012. Direct control of perennial weeds between crops — implications for organic farming. *Crop Protection*, 40, 36–42.
- Rasmussen, J., Nielsen, H.H., Gundersen, H. 2009. Tolerance and selectivity of cereal species and cultivars to postemergence weed harrowing. *Weed Science*, 57, 338–345.
- Wu, Y., Xi, N., Weiner, J., Zhang, D.-Y. 2021. Differences in weed suppression between two modern and two old wheat cultivars at different sowing densities. *Agronomy*, 11(2), 253.

Sügisese mullaharimise tõhususest umbrohu tõrjel teraviljarohkes mahekülvikorras kaera näitel

The effectiveness of autumn tillage in weed control in an organic cereal-rich crop rotation using an example of spring oat

Karli Sepp, Jaan Kanger

Maaelu Teadmuskeskus, karli.sepp@metk.agri.ee

Märksõnad: pindmine harimine, tüükoorimine koos künniga, vegetatiivselt levivad umbrohud, lühiealised umbrohud, saagikus

Sissejuhatus

Mahetaimekasvatuses on üheks keerukamaks väljakutseks umbrohtumuse vähendamine tasemeni, kus nad kultuuride saagikust oluliselt ei pärsiks. Kui külvikorras loobutakse mitmeaastase niidetava põldheina viljelemisest ja kasvatatakse rohkelt nõrgema konkurentsivõimega teravilju, võib see kiiresti viia mitmete tülikate umbrohtude domineerimiseni. Sel juhul võib mullaharimisviisil olla suur mõju umbrohtumusele.

Maaelu Teadmuskeskuse uuringu alusel kasutas küsitlusele vastanud Eesti mahetootjatest 94% oma üheaastaste põllukultuuride põldudel künnipõhist ja 29% pindmist mullaharimist (Keskkonnateadlikkuse e-küsitlus põllumajandustootjatele, 2017. ja 2021. aasta võrdlus). Sama tootja võis sealjuures kasutada oma ettevõttes mõlemat mullaharimisviisi. Kui palju künnipõhine mullaharimine oli kombineeritud tüükoorimisega ja kas mullaharimisviisi valikut võis mõjutada umbrohtumuse suurenemine või vähenemine, küsitlusest ei selgunud.

Seda, kas sobiva mullaharimise ja viljavaheldusega on võimalik umbrohtumust teraviljarohkes mahekülvikorras kontrolli all hoida ja saagikust suurendada, selgitatakse käesolevas artiklis külvikordade agrotehnoloogilises katses kaera näitel.

Materjal ja meetoodika

Katseala paikneb Maaelu Teadmuskeskuse (METK) Kuusiku katsekeskuses. Maa- ja ruumiameti mullastiku kaardi järgi asub katseala rähkmullal (K, Kr) ja leostunud mullal (Ko, Korg). Mulla huumuskihi lõimiseks on WRB (2006) järgi

keskmine liivsavi (ls_2). Uuringuga alustati 2020. aastal. Kõik katsevariandid on neljas korduses. Katselapi suurus on 50 m². Kuna katsealal oli eelnevalt teostatud pikaajalist külvikorrakatset, pritsiti kogu ala 2019. a sügisel umbrohtumuse ühtlustamiseks glüfosaadiga ja künti novembri alguses.

Artiklis käsitletakse kaera umbrohtumust ühe katses oleva külvikorra viljavahelduse (teravilja-vahekultuuri) näitel. Viljavaheldus on selles külvikorras järgmine: põldhernes - talinisu/vahekultuurid - suvinisu/vahekultuurid - kaer. Katsealal asuvad külvikorraväljad üksteise lähedal kõrvuti. Igal väljal kasvab korraga üks vastava külvikorra kultuuridest, mis ringlevad aastate jooksul väljade vahel.

Teravilja-vahekultuuri külvikord moodustab ühe osa kogu katsealal olevast kolmest külvikorra viljavaheldusest. Need külvikorrad on rajatud põllumajanduse keskkonnatoetuste KSM meetme ja maheviljeluse viljavahelduse nõuete mõjude uurimiseks ning hindamiseks. Uurimisülesannete eripärast lähtuvalt ei ole külvikordade viljavaheldus ideaalilähedane, vaid pigem planeeriti need vastama KSM ja mahetaimekasvatuse miinimumnõuetele.

Artiklis käsitletava teravilja-vahekultuuri külvikorra katsefaktoriteks on kaera põllul sügisene mullaharimisviis (pindmine mullaharimine ja tüükoorimine koos künniga) ning viljelusviis (väetamata maheviljelus, väetatud maheviljelus).

Tüükoorimist ja pindmist harimist tehti katses põhiliselt rullrandaaliga. Vähem kasutati hanijalgkultivaatorit. Harimissügavus oli vahemikus 5–10 cm. Künti 20–21 cm sügavuselt. Teravilja-vahekultuuri külvikorras tehti vahekultuuride külvamise tõttu tali- ja suvinisu järel sügisel vaid üks tüükoorimine või pindmine harimine vahetult peale teravilja koristamist. Vahekultuuridena kasvatati valge sinepi (20%) ja õlirõika (80%) segu, ühel aastal ka keerispea, tatra ning kesaredise segu. Pool põlluosast koos vahekultuuridega künti novembri alguses. Pindmiselt haritud põlluosal jäid vahekultuurid maad katma kevadeni. Kaerale järgneva põldherne koristamise järel tehti põllul kaks tüükoorimist ja kogu põld künti novembri alguses. Harimiste vahe oli ligikaudu neli nädalat. Talinisu külvi eelselt kogu põld randaaliti, vajadusel kultiveeriti ja seejärel künti.

Pooltel maheviljeluse katselappidel anti kaerale 2021. a alates kevadel otse mulda orgaanilist maheväetist Monterra Bio 10-7-1 või 9-7-1. Nende väetistega anti N keskmiselt 60, P 19, K 5 kg ha⁻¹.

Umbrohuproovid korjati katseaastatel vahemikus 26. juunist–10. juulini 50x50 cm raami abil. Iga katsevariandi kohta võeti neli kordust. Umbrohtude

maapealsed osad sorteeriti liikide või perekondade kaupa, loendati ja kaaluti toormass. Toormassist võeti proovid, mis kuivatati ja määrati kuivainesisaldus. Umbrohtude liigid või perekonnad jaotati vegetatiivselt levivasse ja peamiselt seemnetega paljunevate, lühiealiste umbrohtude rühma ning arvutati nende keskmine kuivmass hektari kohta.

Terasaak koristati arvestuslappidelt 4-korduses katsekombainiga, kuivatati, puhastati katsesorteeriga ning kaaluti. Terade niiskus määrati iga katselapi proovi kohta METK laboris ja selle alusel arvutati terasaak hektari kohta 14% niiskuse juures.

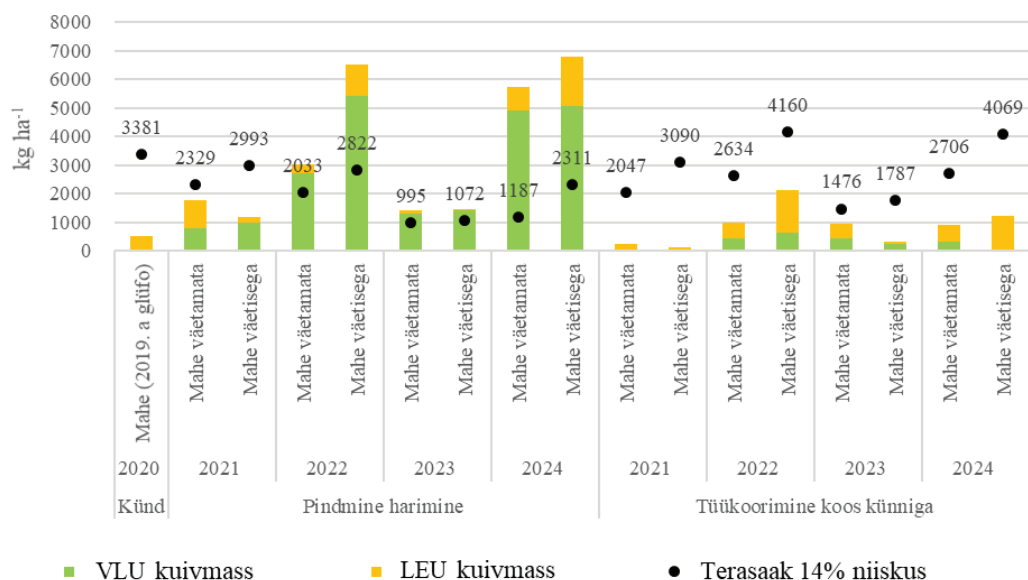
Tulemused ja arutelu

Katse eelselt pritsiti kogu ala 2019. a sügisel umbrohtumuse ühtlustamiseks glüfosaadiga ning künti. See oli metoodiliselt vajalik katsealal ühtlase algse umbrohufooni tekitamiseks, et selgitada umbrohtumuse muutusi mullaharimisviiside ja külvikordade vahel ning seda ei saa soovitada mahepõllumajanduse ülemineku eelseks kasutamiseks tootjate põldudel. Pritsimise mõjul vegetatiivselt levivaid umbrohte (VLU) 2020. a, kui jätkati maheviljelusega, kaera põllul sisuliselt polnudki (joonis 1). Põllul levisid siiski lühiealised (seemnetega paljunevad) umbrohud (LEU), mille maapealne mass polnud siiski kuigi suurega mõjutanud kaera saagikust.

2020. a sügisel hariti pool põllust pindmiselt ja teisel poolel tehti tüükoorimist koos künniga. Harimisviiside vahel ilmneseid juba järgneval, 2021. a märgatavad vahed kaera umbrohtumuses. Pindmiselt haritud põllul suurenes VLU maapealne kuivmass. Domineerisid vegetatiivselt hästi levivad põldohakas (*Cirsium arvense*) ja põld-piimohakas (*Sonchus arvensis*). Suurima kuivmassiga oli põldohakas. Samal põlluosal, kus oli eelmisel aastal tehtud nii tüükoorimist kui kündi, jäi VLU mass minimaalseks.

2022. a suurenes ohakate mass pindmisel harimisel järsult ning VLU maapealne kuivmass oli mitu korda suurem kui eelneval aastal. Sealjuures oli maheväetise Monterra Bioga väetamisel VLU mass peaaegu kaks korda suurem kui mitteväetamisel. Sellest aastast hakkas põllul levima ka harilik orashein (*Elymus repens*). VLU kiiret levikut soodustas arvatavasti seegi, et 2021. a sügisest alates hariti sama põldu pindmiselt juba teist aastat järjest.

2023. a jäi nii VLU kui ka LEU mass pindmisel harimisel oluliselt väiksemaks kui 2022. a. Selle üheks põhjuseks võis olla mai 1. dekaadist juuni 3. dekaadini kestnud põuaperiood, kus sadas erakordselt vähe (kokku 15,4 mm). See



Joonis 1. Vegetatiivselt levivate (VLU) ja lühiealiste umbrohtude (LEU) maapealne kuivmass ning kaera terasaak erineval sügisesel mullaharimisel ning väetamisel aastate lõikes.

omakorda takistas oluliselt nii umbrohtude kasvu kui vähendas kaera arengut ja terasaaki. VLU kasv juuli kuu jooksul küll jätkus, kuid see ei mõjutanud kaera saaki oluliselt, kuna loomisfaasi läbis kaer siiski põuaperioodil. Umbrohtumus mõjutabki saagikust enim just teraviljade tärkamisest loomiseni. Nende hilisem areng ja massi suurenemine raskendab siiski koristustingimusi, suurendab puhastuskulusid ning võib terade kvaliteeti halvendada.

2024. a suurenes VLU kuivmass pindmisel harimisel põhiliselt ohakate tõttu mitu korda. Suurem oli ka LEU kuivmass. Pindmisel harimisel hakkas sellel aastal põllul üksikute taimedena levima harilik võilill (*Taraxacum officinale coll.*). Kuusiku varasemas ristikurohkes külvikorrakatses levis võilill maheviljeluses põllule samuti just pindmise harimise korral ja mitte künnipõhisel harimisel (Sepp jt., 2009). Kuigi võilill levib põhiliselt seemnetega, omab ta mullaharimise käigus juurte tükeldamisel ja nende liigutamisel teatavat vegetatiivse paljune-mise võimet (Karmin ja Lepajõe, 1991).

Pindmisel harimisel võis umbrohtumust tegelikult soodustada vahekultuuride kasvatamine kaera eel tali- ja suvinisu koristamise järel. Nimelt jäi vahekultuuride kasv mullast seotavate toiteelementide puudusel ja osal katseaastatest ka kuiva sügise tõttu maheviljeluses suhteliselt kiduraks. Seetõttu ei pakkunud

vahekultuurid täiendavat survet umbrohtude allasurumiseks. Nende kasvata-mise tõttu ei saanud põldu sügisel korduvalt koorida ja umbrohud said sügisel võimaluse areneda. Sellele osutas asjaolu, et teravilja-vahekultuuride külvi-korras oli kaera VLU ja LEU umbrohtude kuivmass suurem kui teistes (teravil-ja-ristiku ja teravilja-mono) külvikordades (Sepp jt., 2025).

Seda, kas maheväetiste andmine ka VLU ja LEU kuivmassi suurendab, ei õnnestunud kasutatud uurimismetoodikaga kindlalt välja selgitada. Tulemused varieerusid aastati ning erinevused ei olnud reeglina statistiliselt usutavad.

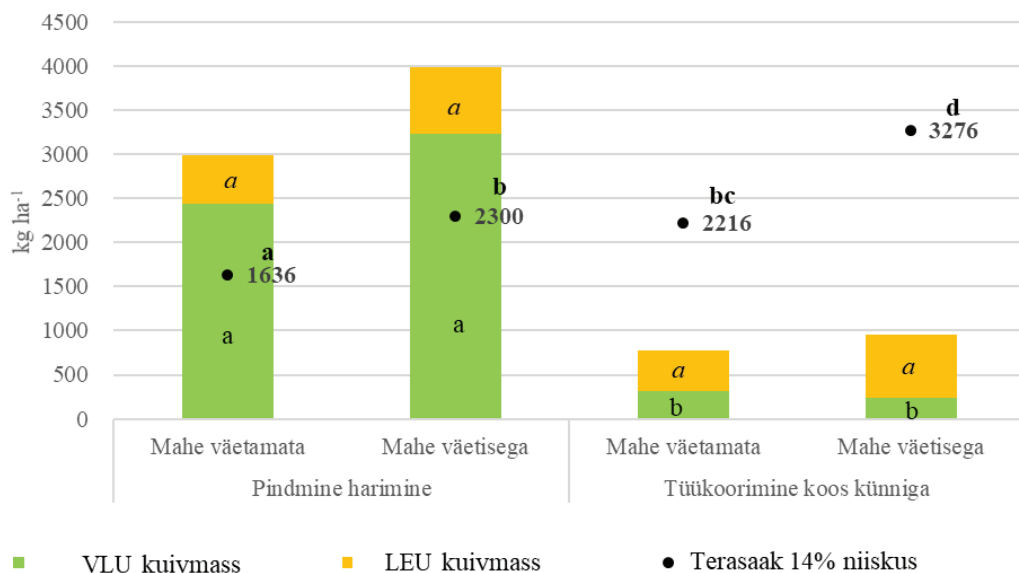
Tüü koorimisel koos künniga jäi VLU kuivmass kõigil võrdlusaastatel väike-seks. Kaera terasaak oli alates 2022. a oluliselt suurem kui suure umbrohtu-musega pindmise mullaharimise korral. Kuusikul tehtud varasemas ristiku-rohke mahekülvikorra katses jäi põld-piimohaka ja põldohaka levik teraviljades samuti väikeseks vaid tüü koorimise ja künni koosmõjul (Sepp jt., 2009).

Pindmine mullaharimine soodustab VLU mullasiseste (või -väliste) vege-tatiivosade tükeldamisega nende levikut. Sellisele VLU levimisele aitab kaasa ka see, kui põldu ainult küntakse. Kui kasutada kombineeritult pindmist hari-mist (tüü koorimist) ja sügavamat kündi, kurnatakse umbrohud aga korduva ja erinevas sügavuses harimisega välja ning järgneva aasta kultuuris nad nii suurt probleemi enam ei tekita. Maheviljeluses levinud umbrohtude äestamisega ei saa vegetatiivselt levivaid umbrohke hävitada ja seetõttu tulebki neid tõrjuda just sügisese kombineeritud mullaharimisega.

LEU kuivmass oli maheväetist saanud variandis sarnaselt pindmisele hari-misele 2022. ja 2024. a. märgatavalt suurem kui väetamata variandis. See ei mõjutanud siiski oluliselt kaera saagikust. Üldiselt oli nende mass VLU kuiv-massist isegi suurem, mis näitab kombineeritud mullaharimine tõhusust VLU allasurumisel. Maheviljeluses saab LEU umbrohke teataval määral hävitada õigeaegse kevadise äestamisega, kuid seda antud katses ei uuritud. Viimastel aastatel on külvikorras rohkem levima hakanud tuulekaer (*Avena fatua*). Tuule-kaer on võimeline tärkama kogu vegetatsiooniperioodi jooksul, mis teeb tema tõrjumise keeruliseks. Nii tärganud kui suuremaks kasvanud tuulekaera ei saa aga umbrohtude äestamisega hävitada.

Katseperioodi jooksul ilmnes samuti tendents, et tüü koorimine koos künniga suurendas väetise kasutamise efektiivsust terasaagi kujunemisele.

2021.–2024. a keskmisena oli pindmisel harimisel kaera VLU maapealne kuivmass väetamata maheviljeluses ligikaudu kaheksa ja väetatud mahe-viljeluses 14 korda suurem kui tüü koorimisel koos künniga (joonis 2). Kaera



Joonis 2. Vegetatiivselt levivate umbrohtude (VLU) ja lühiealiste umbrohtude (LEU) maapealne kuivmass ning kaera terasaak erineval sügisesel mullaharimisel ja väetamisel maheviljeluses 2021.–2024. aastal keskmiselt. Erinevad tähed joonisel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, $p < 0,05$, Ficheri test) VLU ja LEU kuivmasside ning terasaakide vahel.

terasaak suurenes tüü koorimisel koos künniga pindmise mullaharimisega võrreldes väetamata alal 35% (580 kg ha^{-1}) ja väetatud alal 42% (976 kg ha^{-1}).

Mõningal määral võis saagikust suurendada tüü koorimise ja künni koostööl kiirenev orgaanilise aine mineraliseerumine mullas, mille tõttu vabaneb taimedele kättesaadavasse vormi rohkem toitaineid. Pindmises harimises mulda nii palju ei harita ja mineraliseerumine on aeglasem.

Kokkuvõtte ja järeldused

Kaer umbrohtus teraviljarahkes mahekülvikorras pindmises harimises tugevalt vegetatiivselt levivate umbrohtudega, millest põhilise osa moodustasid põldohakas (*Cirsium arvense*) ja põld-piimohakas (*Sonchus arvensis*). Suur umbrohtumus vähendas aga märkimisväärselt kaera terasaaki. Tüü koorimisel koos künniga jäi vegetatiivselt levivate umbrohtude maapealne mass väikeseks ja kaera terasaak suurenes ning maheväetise Monterra Bio tõhusus kasvas.

Kidura kasvu tõttu polnud sügisel teraviljade koristusjärgselt külvatavad vahekultuurid umbrohtude suhtes konkurentsivõimelised ja pigem soodustasid umbrohtude arengut.

Uurimistulemustele tuginedes võib väita, et kui kasutada teraviljarohkete külvikordade põldudel teraviljade koristusjärgselt iga-aastaselt kombineeritud sügisest mullaharimist (tüü koorimine koos künniga) on võimalik vegetatiivselt levivad umbrohud maheviljeluses alla suruda ja suuremat terasaaki saada. Järjestikune pindmine harimine soodustab vegetatiivselt levivate umbrohtude kiiret levikut, vähendab märkimisväärselt terasaaki ega sobi seetõttu maheviljelusse.

Edasise uurimisega oleks vaja selgitada, kas järjestikuse sügisese pindmise mullaharimise asendamisel vahelduva mullaharimisega (ühel aastal pindmine, teisel aastal tüü koorimine koos künniga) on võimalik teraviljarohkes külvikorras umbrohtumust paremini kontrollida.

Tänuavaldused

Uuring on rahastatud PKT toetuste hindamise ÜPT tehnilise abi vahenditest. Täname Rut Kaevalit, Livi Roomat, Marje Särekannot, Maila Eranurme, Rita Nuiamäed, Sandra Poomi, Siret Saanküllit, Helen Vesikut, Maris Kruuset, Piia-Liisa Randmäed, Andres Kaljumetsa, Allar Pärti, Riho Veskimäed, Mait Teiverlauli, Mihkel Kosobenkot, Viktor Lepikut, Merilin Hindperet, Merili Toomi, Jelena Arivat ja Madis Hauslerit, kes on aidanud katsetöid läbi viia.

Kasutatud kirjandus

- Karmin, M., Lepajõe, J. 1991. Paiksed ehk vegetatiivselt vähelevivad umbrohud, lk 78–100. In: *Umbrohud ja nende tõrje*. Valgus, Tallinn.
- Keskkonnateadlikkuse e-küsitlus põllumajandustootjatele, 2017. ja 2021. aasta võrdlus. <https://metk.agri.ee/teadus-uuringud-projektid/maaelu-arengukava-hindamine/mak-2014-2020#eesti-maaelu-arengukava> (03.02.2025)
- Mullastiku kaart. <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/mullakaart> (04.02.2025)
- Sepp, K., Putku, E., Kanger, J. 2025. Kas umbrohtumust saab teraviljarohkes külvikorras kontrollida keemilist taimekaitset kasutamata? *Agronoomia* 2025, 57–65.
- Sepp, K., Kanger, J., Särekanno, M. 2009. Influence of soil tillage methods on the weediness and yields of spring wheat, spring barley and field pea in organic crop rotation. *Agronomy Research*, 7(Special issue 1), 477–484.
- WRB. 2006. *World Reference Base for Soil Resources*. 2nd edition. World Soil Resources Reports 103. FAO, Rome. 128 lk.

Eesti mesilaste kogutud õietolmude värv räägib korjema kvaliteedist

The colour of pollen collected by Estonian honey bees reflects the quality of the foraging area

Reet Karise, Margret Jürison, Risto Raimets, Vivika Väli

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, reet.karise@emu.ee

Märksõnad: meemesilaste kogutud õietolm, värv, korjeressurss

Sissejuhatus

Meemesilased on väärtuslikud nii tolmeldajatena kui mee tootjatena. Mesinikule on oluline, et korjeala pakuks piisavalt nektarit hea meesaagi tagamiseks. Põllumehele on tähtis, et mesinikud ja mesilased tunneksid huvi nende kultuurtaimede vastu. Eesti piirkonnad erinevad taimestiku, õitsemissaja ja põllurikkuse poolest, mistõttu mesinikul on sageli keeruline hinnata, kas korjeala toetab mesilaspere arengut piisavalt.

Arvestades meemesilaste suurte perede toiduvajadust, eelistavad nad korjeks massiliselt õitsvaid alasid, nagu kultuurtaimede põllud. Ühesuguste ja tihedalt paiknevate õite eelistamine suurendab korjeedukust (Xie jt., 2019). Kuigi meemesilane on toidueelistustes paindlik, on olemas nii sobivamaid kui vähem sobivaid taimeliike (Brodtschneider ja Crailsheim, 2010; Vaudo jt., 2015). Massilise õitsemise korral võivad aga ka vähem sobilikud taimeliigid kompenseerida üksikute kõrgemakvaliteediliste taimede otsimise vaeva (Pamminger jt., 2019). Lisaks tuleb arvestada, et mesilased vajavad nii nektarit kui õietolmu, millest ühe kvaliteet võib olla kõrge, teise oma madal (Tepedino ja Parker, 1982). Kui nektari kogumist on mesinikul võimatu otseselt jälgida, siis õietolmu kogumist saab iga mesinik oma silmaga näha. Mesilasi vaadeldes torkab silma, et nende korjejalgal asuvad tolmutohubud on kord ühte värvi kord teist värvi. See on mesinikes tekitanud huvi teada saada, kas õietolmutombu värvi järgi oleks võimalik hinnata, milliselt taimelt see pärineb.

Õietolmu värvus varieerub kõrvõimalikes toonides. Tuultolmlejate taimede õietolm on hele-kollane, putuktolmlejate oma värvilisem. Õietolmule annavad värvi erinevad pigmendid, mille kujunemist mõjutab taimede geneetiline taust, mulla omadused aga ka elukeskkond ise (Koski jt., 2020). Pigmendid kaitsevad õietolmutera nii päikesekiirguse, temperatuuri kui ka oksüdatiivse stressi

eest (Lunau, 2000). Näiteks vajab kuumemas ja kuivemas kasvukohas õietolm rohkem kaitset kui jahedamas (Jorgensen ja Andersson, 2005), mistõttu on selliste kasvukohtade õietolm tugevamalt värvunud. Samuti kasutavad taimed õiekrooni ja õietolmu värvikontrasti, et muuta õietolm tolmeldajatele paremini nähtavaks (Xiong jt., 2019).

Õietolmu määramine värvi järgi on võimalik, mistõttu mesinikele kasutamiseks on paljudes piirkondades koostatud õietolmu värvikaarte. Nende kasutamisel tuleb silmas pidada mitmeid aspekte: 1) värvile ei ole alati antud liigi nime, mõnikord ka taimeperekonna või koguni sugukonna nime, mis tuleneb asjaolust, et antud grupi õietolmuterad on ühesuguse välimusega ning pole seetõttu liigini määratavad; 2) iga liigi õietolm varieerub keskkonnatingimustest tulenevalt rohkemal või vähemal määral; 3) inimeste silmad on erineva tundlikkusega, valgustingimused, kus neid vaadeldakse on erinevad ning võrdlusfotode tegemise tingimusedki muutlikud (Hornby jt., 2022). Nende aspektide tõttu tuleb õietolmu botaanilise päritolu määramisse värvi järgi suhtuda teatud ettevaatlikkusega. Mõned uurimused on näidanud, et meemesilaste kogutud õietolmutompudest on vaid pooled ühelt taimeliigilt pärit tolmuaga (Brodschneider jt., 2021). Tolmutompude värviline mitmekesisus peegeldab korjetaimede rohkust (Brodschneider jt., 2021) ning värvide esinemise proportsioonid vihvavad, kas korjealas esineb domineerivaid taimi, mis tagaksid piisava korjevaru (Bontšutšnaja jt., 2021). Arvestades õietolmu piirkondlikku varieeruvust, ei ole võimalik üks-üheselt üle kanda teistes riikides koostatud õietolmu värvimäärajaid ning seetõttu ei saa neid ka kasutada.

Käesoleva uuringu eesmärgiks on: a) välja selgitada Eesti mesilaste kogutava õietolmu taimeliigiline päritolu ja selle seostamine õietolmutompude värvidega; b) milline on õietolmutaimede liigirikkus ja selle varieeruvus Eesti piires.

Materjal ja meetodika

Proovide kogumine

Proove koguti kokku 10 mesilagrupist Eesti erinevatest piirkondadest – Lõuna-, Lääne- ja Kesk-Eestist. Õietolmu koguti seitse korda suve jooksul iga kahe nädala järel (mais, juunis ja juulis kaks korda, augustis üks kord) kuiva ilmaga ühe päeva jooksul ja hoiti sügavkülmas kuni EMÜ laborisse saatmiseni.

Õietolmuproovid kuivatati 40 °C juures liikuva õhuga kuivatis. Igast proovist eraldati 15 g materjali, mis sorteeriti värvi järgi ja kaaluti, et määrata värvirühmade osakaal. Edasiseks analüüsiks valiti igast proovist kolm värvi. Kolme värvi

valiku aluseid oli kaks: 1) enim esinenud värvid ühes proovis 2) värv, mida esines rohkem kui kuues proovis ühe kogumiskorra proovidest (võimaldas uurida üksikute värvide varieeruvust Eesti erinevates piirkondades).

Valitud värvirühmadest valiti kolm eri tonaalsusega õietolmutompu, mille digitaalse värvi määramiseks kasutati ühtseid valgustingimusi võimaldavat skannerit Overhead Scanner OS 15000 ja mille tehniline värvikood (RGB-kood) määrati programmi Pollenalyzer abil (Borlinghaus jt., 2023). RGB kood moodustub kolme põhivärvi abil R – *red* (punane), B – *blue* (sinine) ja G – *green* (roheline), mille osakaalude varieeruvus defineerib konkreetse värvi.

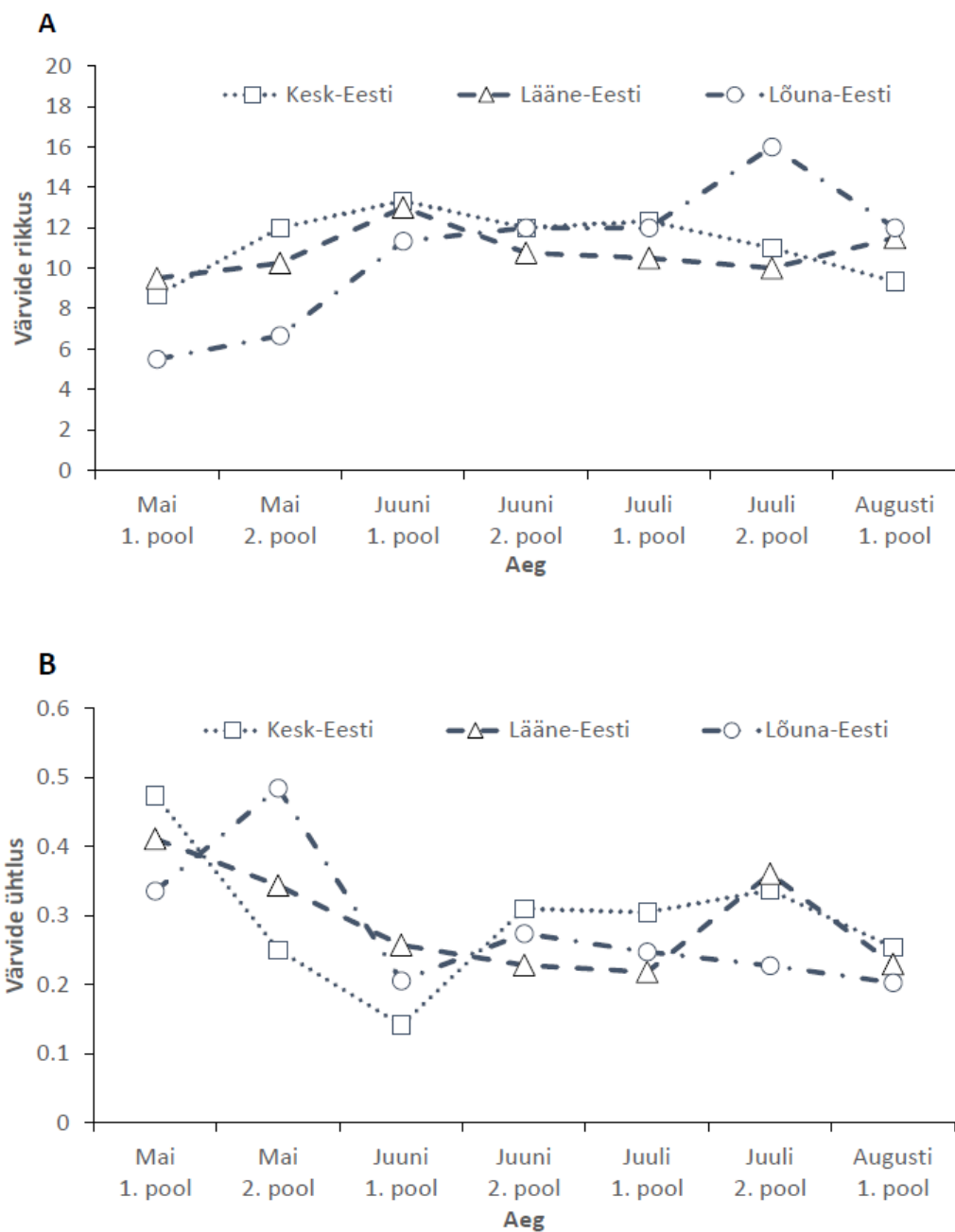
Taimeliigi määramiseks lahustati õietolmutombud atsetüleerimise meetodil (Erdtman, 1960). Õietolmuterade botaaniline kuuluvus määrati valgusmikroskoobi ja määraja abil (Beug, 2004) kõrgeima võimaliku taksonoomilise tasemeni, st liigi, perekonna või sugukonnani.

Õietolmutompude värvide mitmekesisuse hindamiseks arvutati kaks näitajat. Esiteks *õietolmu värvide rikkus* ehk värvide arv – loeti kokku erinevad värvid. Teiseks *õietolmu värvide ühtluse indeks* – erinevat värvi õietolmutombud kaaluti ning arvutati nende osakaal kogu õietolmu kogumist. Saadud osakaalu põhjal arvutati õietolmu värvide ühtlust kasutades Simpsoni ühtluse indeks, kus väärtus 1 näitab, et värvide osakaalud on jagunenud ühtlaselt ning väärtus 0 tähistab ühe värvi domineerimist (Simpson, 1949).

Tulemused ja arutelu

Uuringu käigus määrati õietolmu 69 proovist värve kõikvõimalikes värvitoonidest mustast valgeni. Kõige enam esines kollakaid, oranžikaid ja rohekaid toone. Arvestades, et ristõielisi ja roosõielisi taimi on raske liigini määrata, oli nendes gruppides kõige enam värvivariatsioone. Aga varieeruvad olid ka paju-lilled (milleks Eestis on enamasti põdrakanep) ja harilik tatar, mille värvi variatsioonid ei tulenenud geograafilisest piirkonnast.

Minimaalselt leiti kolm ja maksimaalselt 18 värvi õietolmu ühe proovi kohta. Maikuu esimeses pooles olid kogutud õietolmuproovid pigem väiksema värvide arvuga (keskmiselt seitse värvi proovi kohta), mai teisest poolest kuni juuli lõpuni keskmiselt 12 värvi. Kui Lääne-Eestis oli värvide rikkus ajas püsiv, siis Kesk- ja Lõuna-Eestis oli mai esimesel poolel värve vähem. Eriti paistis silma Lõuna-Eesti, kus värvide rikkus vegetatsiooni perioodi edenedes kasvas, samas kui Lääne-Eestis see pigem kahanes (Joonis 1A).



Joonis 1. Meemesilaste kogutud õietolmutompude värvide rikkus (A) ja jaotumise ühtlus (Simpsoni indeks) (B) Eesti erinevates piirkondades.

Kogutud õietolmu proovides domineeris enamasti kolm värvi, mõnikord ka viis. Teisi värve esines vaid vähesel määral. Mõnevõrra ühtlasema värvijaotusega proovid saadi maikuus (Joonis 1B). Samas olid juuni esimese poole proovid kõige ebaühtlasema värvijaotusega, seda eriti Kesk- ja Lõuna-Eesti piirkonnas. Statistiliselt oluline seos oli õietolmu värvide ühtluse ja rikkuse vahel ($r=0,53$; $p<0,001$), st mida ühtlasemalt mesilased erinevate liikide õietolmusid korjasid, seda vähem liike nad külastasid. Kui õietolmuproovis on vähem erinevaid liike ja need esinevad võrdsetes proportsioonides, näitab see meemesilastele sobilikku korjeala (Bontšutšnaja jt., 2021) ning neil pole tarvidust vähem arvukaid üksikult paiknevaid õisi otsida. Kui kogutud õietolm on väga liigi- ehk värvirikas, näitab see, et mesilased peavad piisava korjemahu leidmiseks külastama enamvähem kõiki kättesaadavaid taimeliike, mis suurendab korjele kuluvat aega (Van Nest ja Moore, 2012).

Uuringu käigus määrati kokku 42 erinevat õietolmutaksonit. Sagedamini esinesid ristõielised (14,8%), pajulill (7,7%), võilill (7,0%), harilik tatar (6,7%) ja pihlaka tüüp, kuhu kuuluvad viljapuud (6,7%). 1–5% esindatusega olid valge ristiku tüüp, angervaks, hiireherne tüüp (põlduba), harilik rukkilill, sarikõielised, aasristiku tüüp, ohakas, harilik keerispea, harilik hobukastan, marana tüüp, tulikalised, pajud, ida-kitsehernes, põldkannike, puju, kanarbik, täpsustamata roosõielised, arujumika tüüp, harilik ussikeel ja kummeli tüüp. Alla 1% esinesid veel soojumika tüüp, nelgilised, harilik kukesaba, mesikas, harilik türnpuu, verev kontpuu, kuslapuu, lutsern, kuldvits, hundihamba tüüp, põldjumikas, lõikheinalised, harilik kadakas, kukemagun ja kõrrelised.

Järeldused ja soovitused tootjatele

Mitmete taimede õietolmu tunneb värvi järgi kergesti ära. Viimaste kohta on koostatud mesilaste peamiste korjetaimede, korje aega ja õietolmutombu värvi käsitlev taskuabiline (Väli jt., 2025), mille abil saab mesinik hinnata, kas tema mesilastel on piisavat korjeressurssi läbi kogu hooaja. Samas tuleb meeles pidada, et värvi järgi taimeliigi määramisel võib tekkida vigu. Kui mesinikul on vaja täpselt teada õietolmu või mee päritolu, tuleb selleks ikkagi pöörduda vastavat teenust pakkuvate laborite poole.

Tänuavaldused

Projekt valmis Eesti Mesinduskogu ja Eesti Maaülikooli koostöös ja põhineb Euroopa Liidu Põllumajanduse Tagatisfondi kaasrahastusel (L240010PKEL). Suur tänu ka uuringus vabatahtlikult osalenud mesinikele ja õietolmu sorteerinud abilistele.

Kasutatud kirjandus

- Beug, H.J. 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Verlag Friedrich Pfeil, München, 542 pp.
- Bontšutšnaja, A., Karise, R., Mänd, M., Smagghe, G. 2021. Bumble bee foraged pollen analyses in spring time in southern Estonia shows abundant food sources. *Insects* 12, 922.
- Borlinghaus, P., Jung, J., Odemer, R. 2023. Introducing Pollenzyzer: An app for automatic determination of colour diversity for corbicular pollen loads. *Smart Agricultural Technology* 5, 100263.
- Brodschneider, R., Crailsheim, K. 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie* 41, 278–294.
- Brodschneider, R., Kalcher-Sommersguter, E., Kuchling, S., Dietemann, V., Gray, A., Božič, J., Briedis, A., Carreck, N.L., Chlebo, R., Crailsheim, K., Coffey, M.F., Dahle, B., González-Porto, A.V., Filipi, J., de Graaf, D.C., Hatjina, F., Ioannidis, P., Ion, N., Jørgensen, A.S., Kristiansen, P., Lecocq, A., Odoux, J.-F., Özkirim, A., Peterson, M., Podrižnik, B., Rašić, S., Retschnig, G., Schiesser, A., Tosi, S., Vejsnæs, F., Williams, G., van der Steen, J.J.M. 2021. CSI Pollen: diversity of honey bee collected pollen studied by citizen scientists. *Insects* 12, 987.
- Erdtman, G. 1960. The acetolysis method – a revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54, 561–564.
- Hornby, S., Benn, J., Vinkenoog, R., Goldberg, S., Pound, M.J. 2022. Methods in melissopalynology: colour determination of pollen pellets for colour vision deficient individuals. *Palynology* 46, 1–7.
- Jorgensen, T.H., Andersson, S. 2005. Evolution and maintenance of pollen-colour dimorphisms in *Nigella degenii*: habitat-correlated variation and morph-by-environment interactions. *New Phytologist* 168, 487–498.
- Koski, M.H., Berardi, A.E., Galloway, L.F. 2020. Pollen colour morphs take different paths to fitness. *Journal of Evolutionary Biology* 33, 388–400.
- Lunau, K. 2000. The ecology and evolution of visual pollen signals. *Plant Systematics and Evolution* 222, 89–111.

- Pamminger, T., Becker, R., Himmelreich, S., Schneider, C.W., Bergtold, M. 2019. Pollen report: quantitative review of pollen crude protein concentrations offered by bee-pollinated flowers in agricultural and non-agricultural landscapes. *PeerJ* 7, e7394.
- Simpson, E. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163, 688.
- Tepedino, V.J., Parker, F.D. 1982. Interspecific differences in the relative importance of pollen and nectar to bee species foraging on sunflowers. *Environmental Entomology* 11, 246–250.
- Van Nest, B., Moore, D. 2012. Energetically optimal foraging strategy is emergent property of time-keeping behavior in honey bees. *Behavioral Ecology* 23, 649–658.
- Vaudo, A.D., Tooker, J.F., Grozinger, C.M., Patch, H.M. 2015. Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science* 10, 133–141.
- Väli, V., Jürison, M., Raimets, R., Karise, R. 2025. *Eesti õietolmu värve. Taskuabiline mesinikele*. Eesti Mesinduskogu, 46 pp.
- Xie, Z., Wang, J., Pan, D., An, J. 2019. Landscape-modified concentration effect and waylaying effect of bees and their consequences on pollination of mass-flowering plants in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 280, 24–34.
- Xiong, Y.-Z., Jia, L.-B., Zhang, C., Huang, S.-Q. 2019. Color-matching between pollen and corolla: hiding pollen via visual crypsis? *New Phytologist* 224, 1142–1150.

Ristikupõllud kui väärtuslik toidulaud kimalastele Eesti põllumajandusmaastikes

Clover fields as a valuable foraging resource for bumblebees in Estonian agricultural landscapes

Virve Sõber, Mari-Liis Viljur, Villu Soon, Ants Kaasik, Tsiipe Aavik, Tiit Teder

Tartu Ülikool, Ökoloogia ja maateaduse instituut, mari-liis.viljur@ut.ee

Märksõnad: kimalased, tolmeldajad, punane ristik, põllumajandusmaastik, korjekäitumine

Sissejuhatus

Põllumajanduse intensiivistamine ja sellega kaasnev maakasutuse muutus on oluliselt vähendanud elurikkust (Ramankutty jt., 2008; Jaureguberry jt., 2022). See mõjutab mitmeid ökosüsteemide toimimiseks vajalikke funktsioone, sealhulgas tolmeldamist. Tolmeldajate arvukuse ja liigirikkuse vähenemise oluliseks põhjuseks on toidupuudus. Intensiivselt majandatavates põllumaastikes pole tolmeldajatele piisavalt toidutaimi (Potts jt., 2010; Dupont jt., 2011; Goulson jt., 2015). Kui tolmeldajaid on vähe, kannatab putuktolmlevate põllukultuuride saagikus (Garibaldi jt., 2009; Jing jt., 2021).

Põllumajandusmaastikes püsijäämiseks vajavad tolmeldajad sobivaid pesitsus- ja toitumispaiku, mida intensiivselt majandatud põldudel sageli napib. Probleemi leevendamiseks tuleks mitmekesistada põllumajandusmaastiku elupaiku, pakkudes tolmeldajatele ressursse, parandades "tolmeldamisteenus" kättesaadavust (Potts jt., 2016; Garibaldi jt., 2021). Põllumajandusmaastikku võib mitmekesistada põlluäärsete niidu- või puisturibade rajamise, looduslike maastikuelementide säilitamise ning õitsevate põllukultuuride kasvatamisega.

Üks levinumaid tolmeldajate toetamise viise on õitsevate kultuurtaimede kasvatamine. Sellistel põldudel kohtab sageli liblikõielisi taimi, nt ristikuid ja ube, mis pakuvad rikkalikku toitu paljudele tolmeldajatele. Lisaks parandavad need taimed õhulämmastikku sidudes mullaviljakust ning on kasutatavad loomasööda või inimtoidu toorainena.

Mõned õiterohked põllukultuurid, nt punane ristik, kujutavad olulist toiduallikat kimalastele, kes on parasvöötmes tähtsateks tolmeldajateks. Kimalased on liikuvad ja tolmeldavad efektiivselt erinevaid taimeliike (Goulson, 2010). Punane ristik on kimalastele eriti sobiv, kuna ta õitseb kaua, õied on nektari- ja õietolmurikkad ning kergesti ligipääsetavad (Free, 1965). Ristik on kimalastele kasulik ka sellepärast, et õitseb suve teises pooles, mil muud toiduallikad on juba otsakorral (Timberlake jt., 2019; 2020; Bishop jt., 2024). Kasu on sealjuures mõlemapoolne, kuna punane ristik vajab tõhusaks seemnetootmiseks tolmeldamist. Kui enamik kimalasi tuleb põldudele ümbritsevatest looduslikest või poollooduslikest elupaikadest, võib kehva seemnesaagi põhjuseks saada tolmeldamise ebaühtlane jaotus põllul (Hanley jt., 2011; Montero-Castaño jt., 2016; Woodcock jt., 2016), seda eriti juhul, kui põllu keskosa jäävad kimalaste korjeraadiusest välja (Brosi jt., 2008).

Teadmisi kimalaste korjekäitumise kohta ristikupõldudel napib. Eriti vähe on teada, kuidas see sõltub põllu suurusest ja ümbritsevast maastikust. Et mõista paremini tolmeldamisteenuste ruumilist jaotust põllumajandusmaastikes, on vaja rohkem andmeid kimalaste korjekäitumise mustrite kohta erinevates maastiku- ja maakasutusoludes (Senapathi jt., 2017).

Käesoleva uuringu eesmärk oli seda teadmiste lünka täita, hinnates kimalaste korjekäitumise mustreid punase ristiku põldudel. Selleks viidi läbi kimalaste loendused 27 õitseval ristikupõllul, mis paiknesid erinevates põllumajandusmaastikes üle Eesti. Punane ristik on meil laialdaselt kasutatav mitmeaastane rohumaa kultuur, mida kasvatatakse nii söödaks kui seemnetoodangu saamiseks, ning mis kuulub sageli põllukülvikorda rapsi ja teraviljade vahel. Uuringus analüüsiti kimalaste arvukuse ja liigirikkuse muutust põllu servast keskpaiga suunas kulgeval gradiendil, võttes lisaks arvesse põldude suurust ja ümbritseva maastiku koosseisu. Samuti uuriti erinevate kimalaseliikide korjekäitumise mustrid sellel gradiendil. Tööhüpotees oli järgmine: „Kimalaste arvukus ja liigirikkus vähenevad põllu keskosa suunas, mis võib viia ebapiisava tolmeldamiseni põllu keskosas, seda eriti suurematel põldudel.“ Artiklis käsitletakse samuti võimalikke mehhanisme, mis võivad selgitada täheldatud korjekäitumise mustreid. Põhjalikum ülevaade uuringust ilmus ajakirjas *Landscape Ecology* (Söber, 2025).

a)



b)



c)



Joonis 1. a) Uuritud 27 punase ristiku põllu asukohad Eestis. b) Näide ristikupõllust viie transektiga, kus loendati kimalasi (transekti pikkus 50 m). Kaardil on kujutatud ka põldu ümbritsev maastik. c) Ortofoto samast põllust (Eesti Maa-amet, 2020).

Materjal ja metoodika

Välitööd viidi läbi 27 punase ristiku (*Trifolium pratense*) põllul, mis paiknesid erinevates põllumajandusmaastikes üle Eesti (joonis 1 a). Põldude pindala varieerus vahemikus 4,2 kuni 58,2 hektarit (keskmiselt 19,4 ha). Põllud valiti Eesti Põllumajanduse Registre ja Informatsiooni Ameti (PRIA) GIS-andmebaasi alusel, tagades vähemalt 1,5 km kauguse teistest putuktolmlevatest kultuuridest. Uuritud põldudest 24 põllul kasvatati ristikut loomasöödaks ja kolmel põllul seemnete tootmiseks (põllumeestelt pärit suuline info).

Kimalasi loendati igal põllul üks kord punase ristiku õitsemise kõrgajal, juulis 2021. a. Enamikul põldudest oli ristik külvatud kas üks või kaks aastat varem. Uuringu fookuses olid ainult päriskimalased, kuna kägukimalased on ristiku-

põldudel haruldased (Bommarco jt., 2012). Igale põllule paigutati paralleelselt põlluservaga 2–7 transekti pikkusega 50 m, mis paiknesid põllu servast keskpäiga suunas 50-meetriste vahedega (joonis 1 b ja c). Esimene transekt paiknes 2 m kaugusel põllu servast, viimane põllu keskel. Igal transektil loendati kimalasi 10 minuti jooksul, vajadusel peatati taimer kimalaste püüdmiseks ja määramiseks. Loendused viidi läbi niitmata põldudel, põllumeeste loal. Kaitsealuste liikide püügiks andis loa Keskkonnaamet.

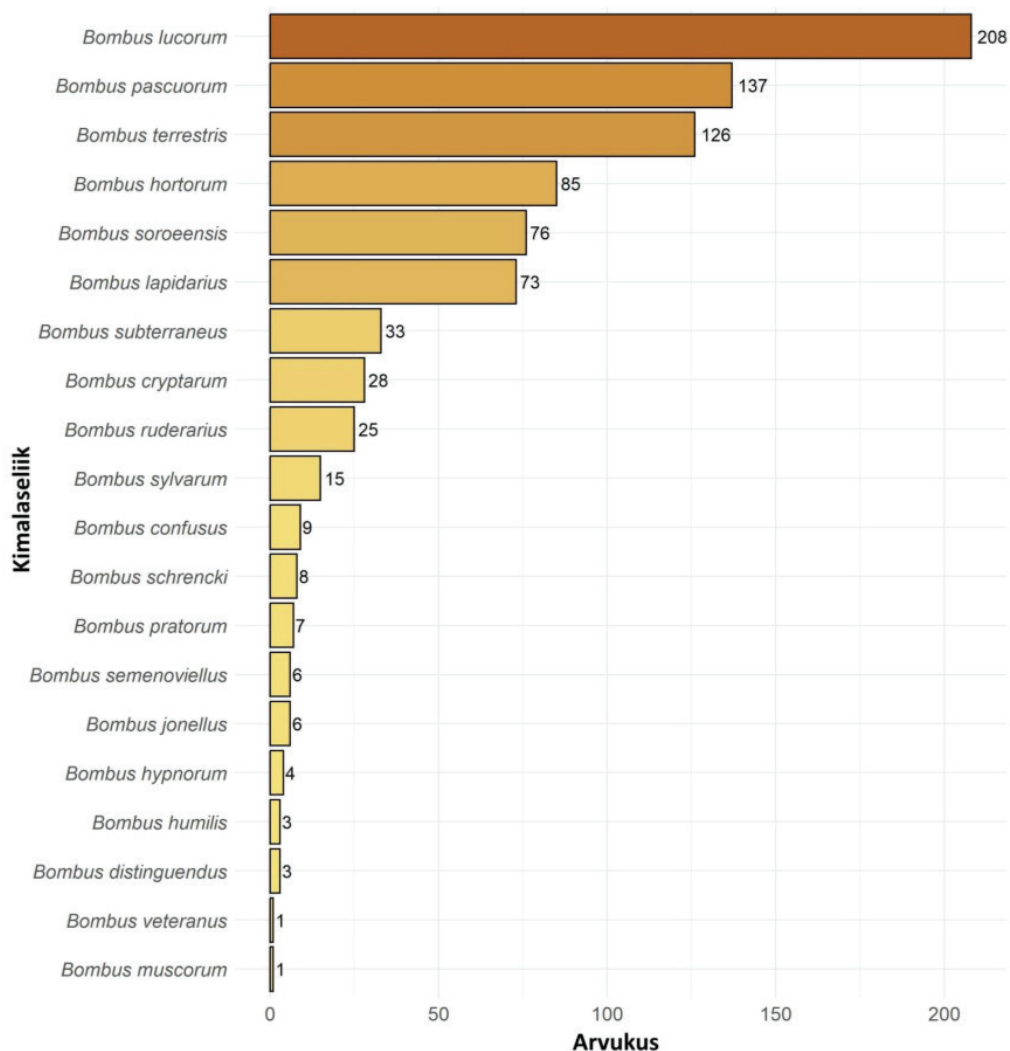
Iga transekti ümbruses hinnati maastikuelementide (rohumaade, metsade, ristiku- ja muude põldude) osakaalu viies erinevas raadiuses: 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m ja 2000 m. Samuti määrati erinevate maakattetüüpide servade tihedus, mis peegeldab maastiku heterogeensust.

Kimalaste liikide arvu (st liigirikkuse) ja arvukuse mustreid põldude sees analüüsiti kahes etapis. Esmalt koostati iga põllu kohta eraldi Poisson'i regressioonimudel, kus sõltuvateks muutujateks olid liigirikkus ja arvukus ning sõltumatuks muutujaks transekti kaugus põllu servast. Seejärel hinnati transekti asukoha keskmist mõju kõigi põldude lõikes meta-analüütiliste meetoditega, kasutades iga põllu mudelist saadud parameetreid ja standardvigu. Lisaks uuriti transekti asukoha mõju sõltuvust põllu suurusest või maastiku omadustest. Selleks kasutati meta-analüütilisi mudeleid, kus moderaatoriteks olid põllu pindala ja erinevad maastiku tunnused. Samal viisil analüüsiti üksikute kimalaseliikide arvukuse mustreid põldude sees nende liikide puhul, kelle kohta oli selleks piisavalt andmeid. Analüüs viidi läbi statistikatarkvara R versioonis 4.3.3 (R Core Team, 2024), kasutades paketi „metafor“ versiooni 4.6.0 (Viechtbauer, 2010).

Tulemused ja arutelu

Uuringus loendati ühtekokku 854 kimalast, kes esindasid 20 Eesti päris-kimalase liiki 21-st. Kimalaste liigirikkus ei muutunud põllu servast keskpäiga suunas ning seda ei mõjutanud ei põllu suurus ega ümbritseva maastiku struktuur (joonis 3 a). Kimalaste üldarvukus põllu keskosa suunas mõnevõrra isegi suurenes, aga vastav tendents jäi napilt alla statistilise olulisuse lävendi (joonis 3 b). See näitab, et kimalaste korjel käimine ei ole piiratud vaid põllu servadega, vaid liigutakse ka keset põldu.

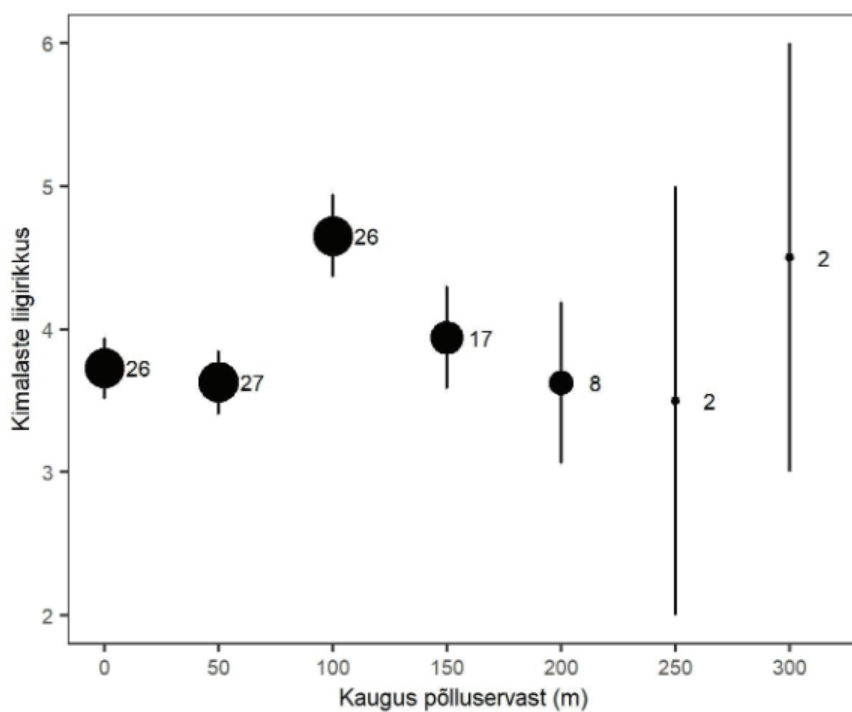
Liigipõhised analüüsid näitasid, et põldkimalase (*B. pascuorum*) arvukus vähenes põllu keskosa suunas (joonis 3 c), mis viitab sellele, et nad tulevad põllule looduslikest elupaikadest. Ehkki liiginimi viitab seosele põldudega,



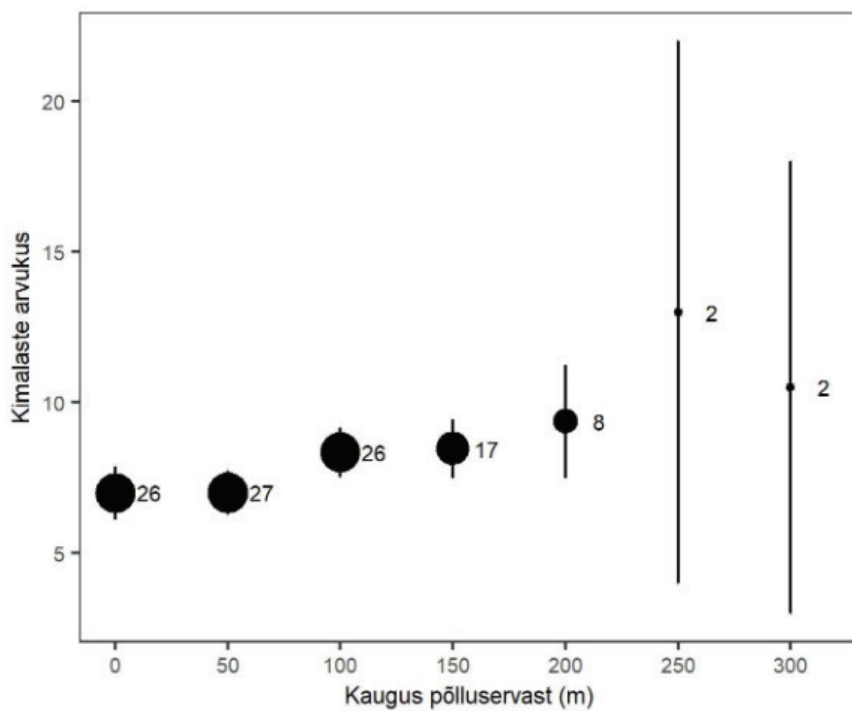
Joonis 2. Isendite arvud liikide kaupa 27 uuritud punase ristiku põllul.

on põldkimalane teadaolevalt seotud pigem metsade ja rohumaadega ning pesitseb sageli maapinnal (Rasmont jt., 2021). Seevastu maakimalase (*B. lucorum*) ja karukimalase (*B. terrestris*) arvukus põllu keskosa suunas oluliselt ei muutunud. Mõlemad liigid on seotud avamaastikega ja pesitsevad maa sees, tehes pesa näiteks näriliste urgudesse. Arvestades, et need liigid on punase ristiku peamised tolmeldajad (Hederström jt., 2021), on nende isendite ühtlane jaotus põllul seemnesaagi tagamiseks oluline. Ülejäänud liikide arvukus oli liigipõhiste analüüside tegemiseks liiga madal.

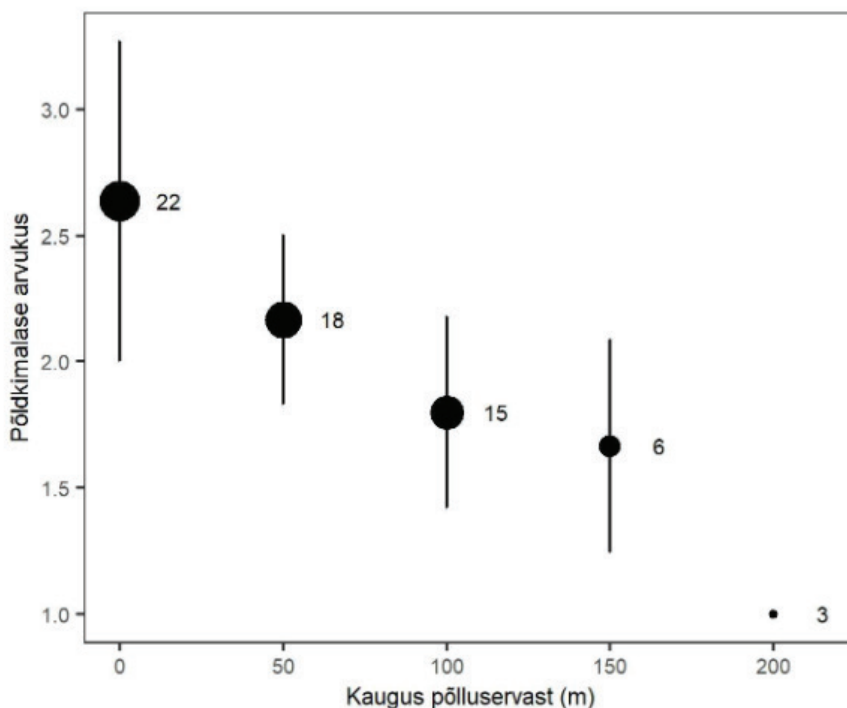
a)



b)



c)



Joonis 3. Gradiendid uuritud ristikupõldudel servast keskosa suunas:

- a) liigirikkuse gradient, b) kõigi kimalaseliikide arvukuse gradient,
- c) põldkimalase (*B. pascuorum*) arvukuse gradient. Kimalasi loendati 50 m pikkustel transektidel, mis paiknesid paralleelselt põlluservast keskosa suunas üksteisest 50 m kaugusel. Punktid ja vurrud tähistavad vastava muutuja keskväärtusi ja standardvigu; punkti suurus ning selle kõrval olev arv näitavad, mitmelt põllult vastavad andmed pärinevad. Viimaselt graafikult puuduvad need põllud, kus põldkimalast ei kohatud.

Uuringu tulemused erinevad mitmest varasemast tööst, kus on täheldatud kimalaste arvukuse ja liigirikkuse vähenemist põllu keskosa suunas (Morandin & Kremen, 2013; Woodcock jt., 2016; Rundlöf jt., 2018). Üheks võimalikuks põhjuseks on asjaolu, et uuritud põllud olid mõõduka suurusega (keskmiselt ~19 ha), mis ei ületa kimalaste tüüpilist lennuraadiust. Sarnaseid tulemusi on varem täheldatud just väiksematel ristikupõldudel (Wermuth & Dupont, 2010).

Lisaks põllu suurusele võib kimalaste korjekäitumise mustreid mõjutada ümbritsev maastik. Uuritud põldude ümber oli suhteliselt palju looduslikke ja poollooduslikke elupaiku (keskmiselt 51% ümbritsevast maastikust). Sellistes tingimustes on looduslikku toiduressurssi kimalastele rohkem, mistõttu põldu-

dele toituma ja korjele lendab vähem kimalasi ja serv-keskosa gradient isendite arvus ei pruugi selgelt välja joonistuda. See on oluline tähelepanek, kuna paljud varasemad uuringud on toimunud maastikes, kus looduslikke elupaiku on oluliselt vähem.

Kuigi uuring ei olnud suunatud pesitsuspaikade hindamisele, leiti uuritud põldudel juhuseks kaks kimalaste pesa ning veel üks pesa ristikupõllult väljaspool uurimisala. See viitab võimalusele, et punase ristiku põllud võivad pakkuda teatud kimalaseliikidele mitte ainult toitumis-, vaid ka pesitsuskohti. Arvestades, et kimalased eelistavad pesitseda toiduallikate läheduses (Darvill jt., 2004; Knight jt., 2005; Goulson, 2010), võib ristikupõldude roll olla seni arvatust suurem.

Samas on oluline märkida, et punase ristiku kasvatamine on mitmel pool Euroopas, sealhulgas Eestis, viimastel aastakümnetel märgatavalt vähenenud (Bommarco jt., 2012; Jing jt., 2021; Eesti Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet). Selle põhjuseks on peamiselt põllumajanduse intensiivistamine ja spetsialiseerumine, mis on mõjutanud ka teiste liblikõieliste kultuuride kasvatamist (Zander jt., 2016). Selline suundumus võib negatiivselt mõjutada eriti kimalaseliike, kes eelistavad toitumiseks just punast ristikut või teisi liblikõielisi taimi (Scheper jt., 2014).

Õiterohked kultuurid pakuvad tolmeldajatele toitu siiski vaid lühiajaliselt. Tolmeldajakoosluste püsimise oluliseks eelduseks põllumajandusmaastikes on ajas püsiv, mitmekesine ja looduslik taimestik (Bäckman & Tiainen, 2002; Timberlake jt., 2019; Söber jt., 2020; Dicks jt., 2021; Milberg jt., 2024).

Järeldused

Punase ristiku põldudel leiti pea kõiki Eestis elavaid kimalaseliike, näidates punase ristiku olulisust kimalaste toidutaimena põllumajandusmaastikes. Kimalaste liigirikkus ja arvukus põllu servast põllu keskosa suunas ei vähenenud. Tulemus viitab sellele, et mõõduka suurusega põldudel võivad "tolmeldamisteenused" olla suhteliselt ühtlaselt jaotunud. Küll aga näitasid kolme arvukama liigiga tehtud liigipõhiste analüüside tulemused, et samu korjekäitumise mustreid ei saa üle kanda ökoloogiliste tunnuste poolest erinevatele liikidele. Erinevate elupaiga- ja pesitsuskoha eelistustega liigid erinevad tõenäoliselt ka oma korjekäitumiselt. Kuna punase ristiku kasvatamine on vähenenud, on oluline pöörata tähelepanu selle kultuuri olulisele rollile tolmeldajate toetamisel ning kaaluda ristiku kasvatamise laiendamist elurikkuse toetamiseks põllumajandusmaastikes.

Tänuavaldused

Autorid avaldavad sügavat tänu põllumeestele, kes andsid lahkelt loa kasutada oma ristikupõlde käesoleva uuringu tarbeks. Samuti täname Eesti Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ametit abi eest sobivate uurimis põldude leidmisel, Grete Arrot abi eest välitöödel ning Emma Lauku GIS-andmete käsitlemise eest. Uuringut toetasid Eesti Teadusagentuuri grantid PRG1751 (V. Sõber, M.-L. Viljur, T. Aavik), PRG2618 (A. Kaasik, T. Teder) ja PRG1504 (V. Soon). Täiendav toetus saadi Tšehhi Maaülikooli Keskkonnateaduste teaduskonna sisemisest grantidest (grant nr 42900/1312/3141; T. Teder), tippkeskuselt AgroCropFuture (T. Aavik) ning Euroopa elurikkuse partnerluselt Biodiversa+ projekti „Biodiversity Protection“ raames (GAN101052342), kaasrahastatud Euroopa Komisjoni ja Eesti Keskkonnaministeeriumi poolt (T. Aavik).

Kasutatud kirjandus

- Bäckman, J.P.C., Tiainen, J. 2002. Habitat quality of field margins in a Finnish farmland area for bumblebees (Hymenoptera: Bombus and Psithyrus). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89, 53–68.
- Bishop, G.A., Fijen, T.P.M., Raemakers, I., van Kats, R.J.M., Kleijn, D. 2024. Bees go up, flowers go down: increased resource limitation from late spring to summer in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 61, 431–441.
- Bommarco, R., Lundin, O., Smith, H.G., Rundlöf, M. 2012. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279, 309–315.
- Brosi, B.J., Armsworth, P.R., Daily, G.C. 2008. Optimal design of agricultural landscapes for pollination services. *Conservation Letters*, 1, 27–36.
- Dicks, L.V., Breeze, T.D., Ngo, H.T., Senapathi, D., An, J., Aizen, M.A., Basu, P., Buchori, D., Galetto, L., Garibaldi, L.A., Gemmill-Herren, B. 2021. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution*, 5, 1453–1461.
- Dupont, Y.L., Damgaard, C., Simonsen, V. 2011. Quantitative historical change in bumblebee (Bombus spp.) assemblages of red clover fields. *PLOS ONE*, 6, e25172.
- Free, J.B. 1965. The ability of bumblebees and honeybees to pollinate red clover. *Journal of Applied Ecology*, 2, 289–294.
- Garibaldi, L.A., Aizen, M.A., Cunningham, S., Klein, A.M. 2009. Pollinator shortage and global crop yield: looking at the whole spectrum of pollinator dependency. *Communicative & Integrative Biology*, 2, 37–39.

- Garibaldi, L.A., Oddi, F.J., Miguez, F.E., Bartomeus, I., Orr, M.C., Jobbágy, E.G., Kremen, C., Schulte, L.A., Hughes, A.C., Bagnato, C., Abramson, G. 2021. Working landscapes need at least 20% native habitat. *Conservation Letters*, 14(4), e12773.
- Goulson, D. 2010. *Bumblebees: Behaviour, Ecology, and Conservation*. Oxford University Press, Oxford.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347, 1255957.
- Hanley, M.E., Franco, M., Dean, C.E., Franklin, E.L., Harris, H.R., Haynes, A.G., Rapson, S.R., Rowse, G., Thomas, K.C., Waterhouse, B.R., Knight, M.E. 2011. Increased bumblebee abundance along the margins of a mass flowering crop: evidence for pollinator spill-over. *Oikos*, 120, 1618–1624.
- Hederström, V., Rundlöf, M., Börjesson, G., Larsson, M.C., Balkenius, A., Lankinen, Å. 2021. Do plant ploidy and pollinator tongue length interact to cause low seed yield in red clover? *Ecosphere*, 12, e03416.
- Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D.E., Coscieme, L., Golden, A.S., Guerra, C.A., Jacob, U., Takahashi, Y., Settele, J., Díaz, S. 2022. The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, 8, eabm9982.
- Jing, S., Kryger, P., Boelt, B. 2021. Review of seed yield components and pollination conditions in red clover (*Trifolium pratense* L.) seed production. *Euphytica*, 217, 69.
- Knight, M.E., Martin, A.P., Bishop, S., Osborne, J.L., Hale, R.J., Sanderson, R.A., Goulson, D. 2005. An interspecific comparison of foraging range and nest density of four bumblebee (*Bombus*) species. *Molecular Ecology*, 14, 1811–1820.
- Milberg, P., Bergman, K.O., Fjellander, G., Tälle, M., Westerberg, L. 2024. Bumblebee abundance in species-rich grasslands in southern Sweden decreases with increasing amount of arable land at a landscape level. *Insects*, 15, 982.
- Montero-Castaño, A., Ortiz-Sánchez, F.J., Vilà, M. 2016. Mass flowering crops in a patchy agricultural landscape can reduce bee abundance in adjacent shrublands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223, 22–30.
- Morandin, L.A., Kremen, C. 2013. Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecological Applications*, 23, 829–839.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 345–353.
- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J., Vanbergen, A.J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540, 220–229.
- Ramankutty, N., Evan, A.T., Monfreda, C., Foley, J.A. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22, GB1007.

- Rasmont, P., Ghisbain, G., Terzo, M. 2021. *Bumblebees of Europe and neighbouring regions*. Hymenoptera of Europe 3. NAP Editions.
- Rundlöf, M., Persson, A.S., Smith, H.G., Bommarco, R. 2014. Late-season mass-flowering red clover increases bumblebee queen and male densities. *Biological Conservation*, 172, 138–145.
- Rundlöf, M., Lundin, O., Bommarco, R. 2018. Annual flower strips support pollinators and potentially enhance red clover seed yield. *Ecology and Evolution*, 8, 7974–7985.
- Scheper, J., Reemer, M., van Kats, R., Kleijn, D. 2014. Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in The Netherlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111, 17552–17557.
- Söber, V., Leps, M., Kaasik, A., Mänd, M., Teder, T. 2020. Forest proximity supports bumblebee species richness and abundance in hemiboreal agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 298, 106961.
- Söber, V., Viljur, M.-L., Soon, V., Kaasik, A., Aavik, T., Teder, T. 2025. No evidence of decline in bumblebee abundance and species richness from edge to interior in moderately-sized red clover fields. *Landscape Ecology*, 40, 185.
- Timberlake, T.P., Vaughan, I.P., Memmott, J. 2019. Phenology of farmland floral resources reveals seasonal gaps in nectar availability for bumblebees. *Journal of Applied Ecology*, 56, 1585–1596.
- Timberlake, T.P., Vaughan, I.P., Baude, M., Memmott, J. 2020. Bumblebee colony density on farmland is influenced by late-summer nectar supply and garden cover. *Journal of Applied Ecology*, 58, 1006–1016.
- Viechtbauer, W. 2010. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36, 1–48.
- Wermuth, K.H., Dupont, Y.L. 2010. Effects of field characteristics on abundance of bumblebees (*Bombus* spp.) and seed yield in red clover fields. *Apidologie*, 41, 657–666.
- Woodcock, B.A., Bullock, J.M., McCracken, M., Chapman, R.E., Ball, S.L., Edwards, M.E., Nowakowski, M., Pywell, R.F. 2016. Spill-over of pest control and pollination services into arable crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 231, 15–23.
- Zander, P., Amjath-Babu, T.S., Preissel, S., Reckling, M., Bues, A., Schläfke, N., Kuhlman, T., Bachinger, J., Uthes, S., Stoddard, F., Murphy-Bokern, D. 2016. Grain legume decline and potential recovery in European agriculture: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1–20.

Mahajäetud põllumaa – juhtumiuuringute kogemused ja suunised

Abandoned farmland – Case study results and guidelines

Silva Vilumets¹, Riina Kaasik¹, Anna-Camilla Moonen², Raja Imran Hussain³, Daniela Ablinger⁴, Virginia Bagnoni², Tiziana Sabbatini², Eve Veromann¹

¹Eesti Maaülikool, silva.vilumets@emu.ee

² Scuola Superiore Sant'Anna

³ Universität für Bodenkultur Wien

⁴ Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein

Märksõnad: bioloogiline mitmekesisus, maakasutusmuutused, põllumajanduse jätkusuutlikkus, ökoloogiline tasakaal

Sissejuhatus

Kogu Euroopas leidub hüljatud põllumajandusmaid (st põllumaad, mida enam ei harita ja ei kasutata toidutootmiseks), kuid eriti suureks probleemiks on põllumaa tootmisest välja jätmine Vahemeremaades, kus on mõjutatud nii maastike struktuur, toidujulgeolek kui ka kohalike kogukondade jätkusuutlikkus. Euroopa Teadusuuringute Ühiskeskuse (JRC) aruanne toob välja, et aastatel 2015–2030 on ligikaudu 11% Euroopa Liidu põllumajandusmaast suure hülgamise riskiga (Perpiña Castillo jt., 2018). Tegemist ei ole pelgalt maakasutuse muutumisega, vaid sügavama sotsiaalmajandusliku ümberkujundamise ja maapiirkondade vaesumisega. EIP-AGRI (EU CAP Network, 2023) fookusgrupp tõi välja, et põllumajandustootmisest loobumine Euroopas juhtub harva järsult ja toimub pigem mitme teguri koosmõjul, mille hulgas on põllumajandustootjate vananemine ja noorema põlvkonna vähene huvi põllumajanduse vastu, aga ka toodete madal tulusus. EIP-AGRI töörühm rõhutas, et põllumajandusmaade tootmisest väljajätmist tuleb vähendada ning nende taaselustamine sõltub kohaliku kogukonna koostööst ja arengustrateegiatest. Töörühm rõhutas, et olulised on sihipärased toetusmeetmed, tugev nõustamisteenus ja taastamisprotsessi lihtsam õigusraamistik.

Horisont 2020 projekti „Põllumeeste ühendused elurikkuse haldamiseks agroökosüsteemides“ (FRAMEwork) üheks eesmärgiks oli uurida tootmisest väljajäetud külvikorras olnud põldude entomofaunat ning selgitada välja kas

ja kuidas hüljatud põllud mõjutavad nendega piirnevate põldude lüljalgsete kooslusi. Mahajäetud põllumaade roll põllumajandusmaastikul on keeruline ning tulemused ei ole alati ühtsed. Uuringud näitavad, et mahajäetud põllumaad võivad süvendada mõnede kahjurite tekitatavaid probleeme või vastupidi, pakkuda elupaiku kasulikele organismidele, kes toetavad looduslikku kahjuritõrjet ja tolmeldamist. Ungaris läbiviidud uuringus leiti, et hüljatud põllumaad võivad muutuda invasiivsete või kahjulike umbrohtude, nt pujulehise ambroosia (*Ambrosia artemisiifolia*) ja kuldvitsa (*Solidago* spp.) kasvukohtadeks ning mõjutada nendega piirnevaid majandatavaid alasid (Valkó jt., 2016). Samas näitavad Hispaanias ja Portugalis läbiviidud teadustööd, et hüljatud oliivisalud on liigirikkamad ja neis leidub rohkem olulisi kahjurite looduslikke vaenlasi nagu ämblikke ja parasitoide (De Paz jt., 2025). Need tulemused viitavad, et mahajäetud põllumaad võivad panustada elurikkuse säilitamisse, toetades loodusliku kahjuritõrje hüve kättesaadavust põllumajandusmaastikul. Maastiku tasandil tehtud uuringutes on leitud, et maakasutuse struktuur mõjutab oluliselt kahjurite arvukuse dünaamikat. Austraalias asustavad kahjurid varem põlde, mis asetsevad lihtsa struktuuriga maastikel, kus on vähem poollooduslikke ja mahajäetud alasid, samuti on nende arvukus seal kõrgem, mis vähendab oluliselt saaki (Gagic jt., 2018). Uuringute tulemused näitavad, et mahajäetud põllud mõjutavad põllumajandusmaastike. Ühelt poolt võivad need suurendada riske (nt umbrohtude levikut ja laiendada invasiivsete liikide elupaiku), teisalt toetada põllumajanduslikku tootmist läbi suurenenud hüvede kättesaadavuse (nt elupaikade pakkumise kasuritele).

Mahajäetud põllumaade metsastumise mõju on uuritud Jaapanis, kus leiti, et nendel maadel oli lindude arvukus ja liigirikkus suurem võrreldes looduslike märgaladega, haritavate põldude, karjamaade või riisipõldudega (Kitazawa jt., 2021). Queiroz jt. (2014) näitasid oma ülevaateartiklis, et Euroopas on põllumajandusmaa pindala vähenenud enam kui teistel mandritel. Kui põllu- ja rohumaa elavate liikide osakaal on sealjuures jäänud samale tasemele või suurenenud, siis metsades elavate liikide osakaal on võrreldes teiste mandritega madalam (Newbold jt., 2015). Euroopas läbiviidud uuringud näitavad sagedamini maa hülgamise negatiivset mõju kui teistel kontinentidel tehtud teadustööd. Liigirikka põllumajandusmaastiku kadumine võib ohustada kõrge loodusväärtusega (*High Nature Value*) elupaiku, mistõttu on oluline hinnata selliste alade mõju ökoloogilisele tasakaalule (Lomba jt., 2020).

Eestis ei ole mahajäetud põllumaade probleemi eriti palju uuritud. Mõningad läbiviidud uuringud on käsitlenud põllumaa hülgamise mõju mulla omadustele või maa potentsiaali biokütuse tootmiseks (Astover jt., 2006), kuid mõju bioloogilisele mitmekesisusele on jäänud tähelepanuta. Seevastu hüljatud rohumaad ja nende mõju bioloogilisele mitmekesisusele on pärvinud rohkem tähelepanu (Prangel jt., 2023). Süstemaatiline ülevaade mahajäetud põllumaa ressursside, struktuuri ja asukohtade kohta avaldati Eesti Arengufondi poolt 2014. aastal, mis on viimane ülevaatlik raport antud teema kohta (Vohu, 2014). Aastatel 1990–2018 vähenes Eestis põllumaa pindala 69 000 hektari võrra, peamine vähenemine toimus enne 2004. aastat, millele järgnes järkjärguline taas kasutusse võtmine. Põllumajandusmaa kasutuse muutused olid valdavalt seotud põllumaa kasutusotstarbe muutumisega rohumaaks ning vastupidi, kuid 7–25% muutusest oli tingitud põllumaa muutusest mõneks teiseks maakasutustüübiks, näiteks elamumaaks (Viira jt., 2023). Eesti inimarengu aruanne 2019/2020. a tõi välja, et sellised maakasutuse muutused toimuvad endiselt aktiivselt: 12,2% uutest elumupiirkondadest paikneb põllumajandusmaadel, eriti maakonnakeskuste ümbruses (Oja, 2020).

Kuigi Eestis on enamike põllumajandusettevõtete kasutuses olev põllumajandusmaa pindala kuni 20 hektarit, on keskmine pindala ettevõtte kohta siiski Euroopa Liidu üks suurimaid (91 ha) peegeldades maa koondumist suuremate tootjate kätte (Rasva ja Jürgenson, 2022; ERR, 2024). Põllumajandusettevõtte suurus võib oluliselt mõjutada põllumajanduse jätkusuutlikkust ning avaldada negatiivset mõju keskkonnale ja elurikkusele (Ren jt., 2019). Samuti mõjutab maa koondumine suurinvestorite kätte negatiivselt maapiirkondade arengut (Rasva ja Jürgenson, 2022). Maakasutuse muutused ja põllumaade koondumine mõjutavad oluliselt põllumajanduse jätkusuutlikkust, samamoodi ka maahülgamine. Näiteks on leitud, et raskesti ligipääsetavate või majandatavate põllumaade pindala suurenemine on üks peamisi ohutegureid kogu Euroopas, mis mõjutab põllumaade hülgamist (Pawlewicz ja Pawlewicz, 2023). Kuigi võib tunduda, et haritavate maade hülgamine võib omada negatiivset mõju põllumajandusele, on selle mõju elurikkusele suures osas ebaselge ja vajab täiendavat uurimist, sest need alad võivad pakkuda väärtuslikku võimalust looduse taastamiseks (Fayet jt., 2022).

Juhtumiuuringute tulemused

Projekti käigus viidi läbi kolm juhtumiuuringut: Eestis külvikorras olevatel põldudel, Itaalias oliivi terrassistandustes ja Austrias Alpi rohumaadel. Uuringute eesmärgiks oli selgitada tootmisest väljajäetud alade mõju elurikkusele ja looduse hüvedele. Juhtumiuuringute põhjalikum ülevaade on leitav Vilumets jt. (2025) koostatud raportis. Uuringus leiti, et Alpi rohumaadel mõjutab majandamisviisi oluliselt putukate liigirikkust ja nende koosluste struktuuri. Ekstensiivselt majandatud rohumaadel esines võrreldes hüljatud aladega oluliselt rohkem lutikaid (*Heteroptera*) ja sirelasi (*Syrphidae*), samas kui hüljatud rohumaad pakkusid elupaiku mitmetele haruldastele liikidele. Seega ei kujuta hooldamata rohumaad Alpides ohtu putukate mitmekesisusele, vaid võivad hoopis seda suurendada, lisades täiendavaid elupaiku. Selleks et paremini säilitada putukate koosluste tasakaal piirkonnas on oluline säilitada ekstensiivne rohumaa viljelemine ning võtta kasutusele liikide ja nende vajadusepõhised lähenemised (*trait-based approach*).

Eestis külvikorras olevate põldudega alal läbiviidud uuring keskendus mahajäetud põldude mõjule erinevatele putukagruppidele. Uuringust selgus, et mahajäetud põllumaad, mis piirnesid külvikorras oleva põlluga, võivad toetada tolmeldajate ja röövtoiduliste putukate (jooksiklaste (*Carabidae*) ja lühitiiblaste (*Staphylinidae*)) kooslusi, suurendades seeläbi maastiku tasandil elurikkust, samas suurendamata kahjurputukate arvukust. Mahajäetud põllumaade mõju oli liikide kaupa erinev ning varieerus ajas. Lähtudes üldisest soovitusel, on oluline säilitada ja luua poollooduslikke alasid ning mitmekesiseid rohumaad põllumajandusmaastikus selleks, et tugevdada looduse hüvede kättesaadavust, sealhulgas looduslikku kahjuritõrjet ja tolmeldamist. Uuring rõhutab vajadust pikaajaliste uuringute järele, et mõista paremini võimalikku mõju elurikkusele.

Kolmas juhtumiuuring keskendus Itaalia oliivisaludele ja hülgamisest tulevale loodusliku kahjuritõrje hüve muutusele, eelkõige oliivikärbse (*Bactrocera oleae*) populatsiooni vähendamisele. Tulemused näitasid, et hüljatud oliivisalud ei ole kärpse looduslike vaenlaste (nt parasitoidide) elupaikadeks sobivad ning seetõttu ei suurenda loodusliku kahjuritõrje hüve. Uuring leidis, et mahajäetud oliivisalud võivad soodustada kahjuri populatsiooni suurenemist, sest on ideaalsed alad kahjuri paljunemiseks. Loodusliku kahjuritõrjet oliivikärbse vastu toetasid hoopis läheduses asunud metsad, rõhutades mitmekesise maastiku olulisust oliivisalude ümbruses.

Kõigi kolme juhtumiuuringu tulemused kinnitavad, et maa hülgamise mõju elurikkusele ja loodusehüvedele on tugevasti seotud nii piirkonnaga, kus uuring läbi viidi, seal kasvatatava kultuuriga kui ka uuritavate putukagruppidega. Ühtset positiivset ega negatiivset mõju ei saa uuringu tulemustest lähtuvalt välja tuua, sest oluline on mõista iga elupaiga eripära ja nendes toimivaid ökoloogilisi seoseid. Kokkuvõttes näitavad uuringud, et tasakaalu leidmine põllumajandusliku tootmise ja elurikkuse säilitamise vahel on võtmetähtsusega kõigis piirkondades. Piirkonnapõhised, liikide ökoloogilisi vajadusi arvesse võtvad lahendused ning ekstensiivsete ja poollooduslike elupaikade säilitamine aitavad tagada, et põllumajandusmaastikud jäävad ökoloogiliselt toimivateks ja jätkusuutlikeks.

Järeldused ja soovitused tootjatele

Eelnevalt kirjeldatud juhtumiuuringute põhjal viidi läbi fookusgruppide arutelud, mille eesmärk oli analüüsida projektis FRAMEwork läbiviidud tegevusi. Põhjalik ülevaade fookusgruppide aruteludest on leitav Moonen (2025) raportist. Fookusgrupi arutelud tõid esile mitmeid omavahel seotud probleeme: väiketootjate majanduslik haavatavus, maapiirkondade sotsiaalse sidususe nõrgenemine, põllumeeste alahindamine maastike hooldajatena ja raskused jätkusuutlike väärtusahelate loomisel.

Aruteludest joonistusid välja ühtsed soovitused nii riiklikele kui Euroopa Liidu poliitikakujundajatele:

Tugevdada väiketootjate majanduslikku elujõulisust, luues riiklikke toetusi liigse põllumajandusmaa koondumise vältimiseks.

Lua mehhanisme, mis tunnustavad ja tasustavad ökosüsteemiteenuseid ning nende säilitamist, tunnustades seejuures põllumehi kui looduse ja kultuurimaastike hooldajaid, mitte ainult toidutootjaid.

Tugevdada kohalikke väärtusahelaid ja toetada ühistegevust ning ligipääsu kõrge lisandväärtusega turgudele, eriti äärealadel.

Kaitsta maapiirkondade kogukondi põllumajanduspoliitika kaudu, mis toetab sotsiaalset sidusust.

Mahajäetud põllumaad võivad mõjutada põllumajandustootjatele olulisi loodusehüvesid, seetõttu on vajalik rakendada kontekstipõhist elurikkuse poliitikat, mis arvestab piirkondlike erinevustega maa hülgamise mõjude osas. Lisaks on oluline teaduspõhise teabe integreerimine otsustusprotsessidesse, et paremini mõista maa kasutuse muutuste ökoloogilisi tagajärgi. Oluline on

siduda poliitikakujundamisel elurikkuse kaitse ja põllumajanduse elujõulisus, käsitledes ökosüsteemiteenuseid ressursina, mitte piiranguna ning võimaldades põllumeestele toetusi nende panuse eest maastike hooldamisel. Oluline on rakendada meetmeid, mis toetavad Euroopas jätkusuutliku tulevikku, mis ei õõnesta elurikkust, kultuuripärandit ja maaelu püsimist.

Tänuavaldused

Töö valmis Euroopa Liidu teadus- ja innovatsiooniprogrammi Horizon 2020 toetuslepingu no. 822314 (FRAMEwork) toetusel.

Kasutatud kirjandus

- Astover, A., Roostalu, H., Lauringson, E., Lemetti, I., Selge, A., Talgre, L., Vasiliev, N., Mõtte, M., Tõrra, T., Penu, P. 2006. Changes in agricultural land use and in plant nutrient balances of arable soils in Estonia. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 52(2), 223–231.
- De Paz, V., Tobajas, E., Rosas-Ramos, N., Tormos, J., Asís, J.D., Baños-Picón, L. 2022. Effect of organic farming and agricultural abandonment on beneficial arthropod communities associated with olive groves in western Spain: implications for *Bactrocera oleae* management. *Insects*, 13(1), 48.
- ERR, E.N. 2024. Estonia's utilized agricultural area per holding among largest in Europe. ERR. <https://news.err.ee/1609251582/estonia-s-utilized-agricultural-area-per-holding-among-largest-in-europe> (12.10.2025)
- EU CAP Network (EIP-AGRI). 2023. Report: EU CAP Network Focus Group – Recovery of abandoned agricultural lands. Euroopa Komisjon, Brüssel. https://eu-cap-network.ec.europa.eu/publications/report-eu-cap-network-focus-group-recovery-abandoned-agricultural-lands_en (12.10.2025)
- Fayet, C.M.J., Reilly, K.H., Van Ham, C., Verburg, P.H. 2022. What is the future of abandoned agricultural lands? A systematic review of alternative trajectories in Europe. *Land Use Policy*, 112, 105833.
- Gagic, V., Holding, M., Venables, W.N., Hulthen, A.D., Schellhorn, N.A. 2021. Better outcomes for pest pressure, insecticide use, and yield in less intensive agricultural landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(12), e2018100118.
- Kitazawa, M., Yamaura, Y., Kawamura, K., Senzaki, M., Yamanaka, S., Hanioka, M., Nakamura, F. 2021. Conservation values of abandoned farmland for birds: a functional group approach. *Biodiversity and Conservation*, 30, 2017–2032.
- Lomba, A., Moreira, F., Klimek, S., Jongman, R.H., Sullivan, C., Moran, J., Poux, X., Honrado, J.P., Pinto-Correia, T., Plieninger, T., McCracken, D.I. 2020. Back to the future: rethinking socioecological systems underlying high nature value farmlands. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(1), 36–42.

- Moonen, C. 2025. *D4.5 Policy and practice guidelines for management of land abandonment in English and in local language of case study regions*. Zenodo.
- Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A., Börger, L., Bennett, D.J., Choimes, A., Collen, B., Day, J. 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520(7545), 45–50.
- Oja, T. 2020. Maakasutuse muutused – linna ja maa tähenduse moondumine, lk 34–43. *Eesti inimarengu aruanne 2019/2020* (Sooväli-Sepping, H., toim.). SA Eesti Koostöö Kogu, Tallinn. <https://2020.inimareng.ee/en/changes-in-land-use-distortion-of-the-meaning-of-urban-and-rural.html> (14.10.2025)
- Pawlewicz, A., Pawlewicz, K. 2023. The risk of agricultural land abandonment as a socioeconomic challenge for the development of agriculture in the European Union. *Sustainability*, 15(4), 3233.
- Perpiña Castillo, C., Kavalov, B., Diogo, V., Jacobs, C., Batista e Silva, F., Lavallo, C. 2018. *Agricultural land abandonment in the EU within 2015–2030*. JRC Research Reports JRC113718, Joint Research Centre.
- Prangel, E., Kasari-Toussaint, L., Neuenkamp, L., Noreika, N., Karise, R., Marja, R., Ingerpuu, N., Kupper, T., Keerberg, L., Oja, E., Meriste, M. 2023. Afforestation and abandonment of semi-natural grasslands lead to biodiversity loss and a decline in ecosystem services and functions. *Journal of Applied Ecology*, 60(5), 825–836.
- Queiroz, C., Beilin, R., Folke, C., Lindborg, R. 2014. Farmland abandonment: threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12, 288–296.
- Rasva, M., Jürgenson, E. 2022. Agricultural land concentration in Estonia and its containment possibilities. *Land*, 11(12), 2270.
- Ren, C., et al. 2019. The impact of farm size on agricultural sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 220, 357–367.
- Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kelemen, A., Miglécz, T., Tóth, K., Tóthmérész, B. 2016. Abandonment of croplands: problem or chance for grassland restoration? Case studies from Hungary. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(2), e01208.
- Viira, A.-H., et al. 2023. Põllumajandusliku maakasutuse muutuse analüüs sõltuvalt tulevikutsenaariumitest. Eesti Maaülikool, Tartu. <http://hdl.handle.net/10492/8049> (14.10.2025)
- Vilumets, S., Kaasik, R., Moonen, A.C., Imran Hussain, R., Marini, S., Caselli, A., Dellapiana, M., Veromann, E. 2025. *Report D4.4 on land abandonment for the EU-H2020 funded project FRAMEwork under Grant Agreement Number 862731*. EU-H2020 FRAMEwork project report.
- Vohu, V. 2014. Kasutusest väljas oleva põllumajandusmaa ressurss, struktuur ja paiknemine. Eesti Arengufond, Tallinn. https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/8/8b/Vohu%2C_V._Kasutusest_v%C3%A4ljas_olev_p%C3%B5llumajandusmaa_Eestis.pdf (14.10.2025)

Ettepanekud ringbiomajanduse edendamiseks Eesti esmases toidutootmises

Recommendations for promoting the circular bioeconomy in Estonia's primary food production

Kristiina Kerge, Kadi Kenk

Eesti Maaülikool, kristiina.kerge@emu.ee, kadi.kenk@emu.ee

Märksõnad: ringbiomajandus, toidutootmine, kliimaneutraalsus, jäätmed

Sissejuhatus

Euroopa rohelepp (EK, 2019) eesmärk on saavutada kliimaneutraalsus aastaks 2050. Selleks on vaja vähendada süsinikuheidet energeetikas, kaupade tootmises ja kasutamises. Energeetika dekarboniseerimise strateegiline meede on ulatuslik taastuvate energiaallikate arendamine ja energiatõhususe suurendamine (EL, 2021/1119; EK, 2022; EL, 2024/1735; Fir for 55 pakett). Tootmise ja tarbimise süsiniku jalajälge saab vähendada ressursside säästliku kasutamise ja jäätmetekke vähendamisega majanduses (COM, 2020), sealhulgas toidu, vee ja toitainete kasutamises. Eesti kliimaeesmärkide saavutamine sõltub energeetikasektori kõrval olulisel määral ringbiomajandusest. Eestis on maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus (nn LULUCEF-sektor) muutunud viimastel aastatel süsiniku sidujast selle emiteerijaks (Ringbiomajanduse teekaart, 2023). Üheskoos põllumajandusega (EKUK) moodustavad need majandusharud energeetika järel teise suurima süsinikuemissiooni allika. Põllumajandus ja LULUCF-sektor, mis hõlmab ka toidutoomiseks kasutatavat maad, seisavad silmitsi väljakutsega tagada toidujulgeolek kasvava toidunõudluse juures (EUCO 169/14) ja ühtlasi toidutootmine planeedi taluvuspiirides (Stockholm Resilience Centre), vähendades selle käigus tekkivaid kliimamõjusid. Mahetootjate tegevus on välja toodud kui teedrajav keskkonnasõbraliku, ringmajanduse põhimõtteid rakendava ja loomade heaolu arvestava põllumajanduse suunas (COM, 2021). Siin artiklis keskendutakse ringbiomajanduslikele lahendustele. Nende lahenduste skaleerimine (suuremal skaalal rakendamine) esmases toidutootmises aitaks kaasa nii Eesti kliima- ja ressursikasutuse eesmärkide saavutamisele kui ka toetaks sektori ettevõtjate jätkusuutlikkust.

Eestis on peamiseks põllumajanduslikul bioressursil põhinevaks tootanguks toit ja loomasööt. Eesti Teadusagentuuri läbiviidud uuring (ADDVAL-BIOEC, 2021) leidis, et Eesti biomajanduse lisandväärtuse tõstmiseks on vajalik põllumajanduses toodetud ressursse oluliselt rohkem vääridada, kasutades muuhulgas praegu väärimata jääke ja kaassaadusi. Eesti hiljutise toidutarneahela toidukao ja toidujäätmete uuringu kohaselt tekib meil esmatootmises 14% toidujäätmeid, millest 82% moodustab toidukadu (Piirsalu jt., 2021), Euroopas aga hinnanguliselt 25% (Caldeira jt., 2019). Ringbiomajandusele üleminek toob kaasa muutusi maakasutuses, väärtusahelates ja ärimudelites (ADDVAL-BIOEC, 2021), mis eeldab tehnoloogilisi ja organisatsioonilisi muudatusi (Värnik jt., 2021) ning võib olla takistatud, kui tootmisjääkide kasutamine lähtub vaid jäätmete ringlussevõtu loogikast. Kuna sektor on väga haavatav ning innovatsioonivõimekus selles madal (ADDVAL-BIOEC, 2021), on kiire kasu saavutamiseks kasulik skaleerida lihtsaid, juba sektori sees rakendust leidnud lahendusi, mis aitavad suurendada tootlikkust läbi jääkide mahu vähendamise ning tekkivate jääkide kõrgemal tasemel väärimise.

Sellest lähtudes uuriti, kas ja millises ulatuses kasutavad Eesti toidutootmise ettevõtted tootmisjääke ressursina. Eesmärk oli kaardistada praktilisi näiteid, mis aitaks ilma ressursimahuka sekkumiseta jääke materjalina vääridada, vältida nende jäätteks muutumist ja pakkuda lahendusi sektori keskkonna- ja kliimamõju vähendamiseks.

Materjal, mõisted ja metoodika

Biomajandus on ringmajanduse põhimõtetest lähtuv taastuva biomassi tootmine ja toiduks, söödaks, biotoodeteks ning bioenergiaks muutmine (METK). Artiklis kasutatakse biomajandusest rääkimiseks mõistet ringbiomajandus. Käsitletav toidu esmatootmine hõlmab kõiki tegevusi alates saagikoristusest kuni toiduainete ladustamiseni enne nende töötlemist või turustamist. Jäätteks muutumise eeldus seaduse (Jäätmeseadus, 2024) mõistes on asja ära viskamine, kavatsus seda teha või kohustus seda teha.

Ringmajanduslike näidete kaardistamiseks kasutati CIRCLE projekti raames tehtud meediaanalüüsi (CIRCLE, 2022), mis kajastas ühiskondlikku arusaama ringmajandusest. Huvi pakkus ringmajanduslike äripraktikate kajastus – milliseid teemasid käsitleti, milliseid soovitusi anti ja teadmisi jagati peavoolumeedias ajavahemikul 2018 kuni 2022. Lisaks pöörati tähelepanu puuduolevatele või kõige vähem mainimist leidnud ringmajanduse terminitele.

Meediaanalüüsi tegemiseks otsiti kolme suurima uudisteportaali – err.ee, delfi.ee, postimees.ee – kajastustest märksõnu „ringmajandus” ja „rohepööre”. Valimi laiendamiseks kasutati Eesti Ringmajanduse Ettevõtete Liidu 2019. a meediaülevaadet otsisõnadega:

„ringmajandus” – teemakohaste leidude tuvastamiseks;

„bio” – et leida viiteid biopõhistele teemadele;

„sini” – et leida võimalikke viiteid sinimajandusele, mis hõlmab endas esmase toidutootmise sektoreid nagu kalandus ja vesiviljelus.

Analüüsitav valim koostati otsingusõnu sisaldanud 20-st juhuslikult valitud artiklist. Meediaanalüüsis uuriti, kas sisu kirjeldab ringseid ärimudeleid või toob nende kohta näiteid (jah/ei) ning milline on seejuures jäätmekäitluse teema osakaal (osakaal protsentides kõigist märksõnadega seotud kajastustest). Tulemuste täpsustamiseks viidi CIRCLE projekti raames (CIRCLE, 2021–2024) läbi juhtumianalüüsid. Kaardistati 30 Eestis tegutsevat ringbiomajanduse ettevõtet, kes suunavad põhitoodangust ülejäävaid materjale ringlusse. Nende seast valiti kolm kõige terviklikumat näidet, mille ärimudel ning koostöö- ja juhtimispraktikad olid otseselt suunatud jääkide kasutamisele tootmise sisendmaterjalina. Iga juhtumi kohta viidi läbi poolstruktureeritud intervjuud, kus keskenduti jäätmete ja kõrvalsaaduste tekkele ja käitlemisele ettevõttes ning põhitootetootmise jääkide väärimdamisele tulu teenimise või kulude vältimise eesmärgil (Kenk ja Kerge jt., 2024).

Lähtuti eeldusest, et kliimamõjude mõõtmine on seotud ettevõtte taotlusega vähendada kliimamõjusid ning võib osutada sisulistele tegevustele, mida selle tarbeks rakendatakse. Kuna kliimamõjude hindamine on osa ettevõttele mõeldud keskkonnamõjude hindamise metoodikast (Moorra jt., 2023), tehti koostööd Eesti Maaeluministeeriumi innoprojektiga ning lisati põllumajandussektori ettevõtetele saadetud ankeeti küsimus: “Kas teie ettevõttes on kavas teha või on juba tehtud kliimamõjude mõõtmist (süsiniku jalajälje hindamist)?” ja võimaluse anda vastusele täiendav selgitus. Küsimustik oli avatud ajavahemikus 14.06.2022 kuni 31.12.2023. Selle ajaga laekus 34 vastust.

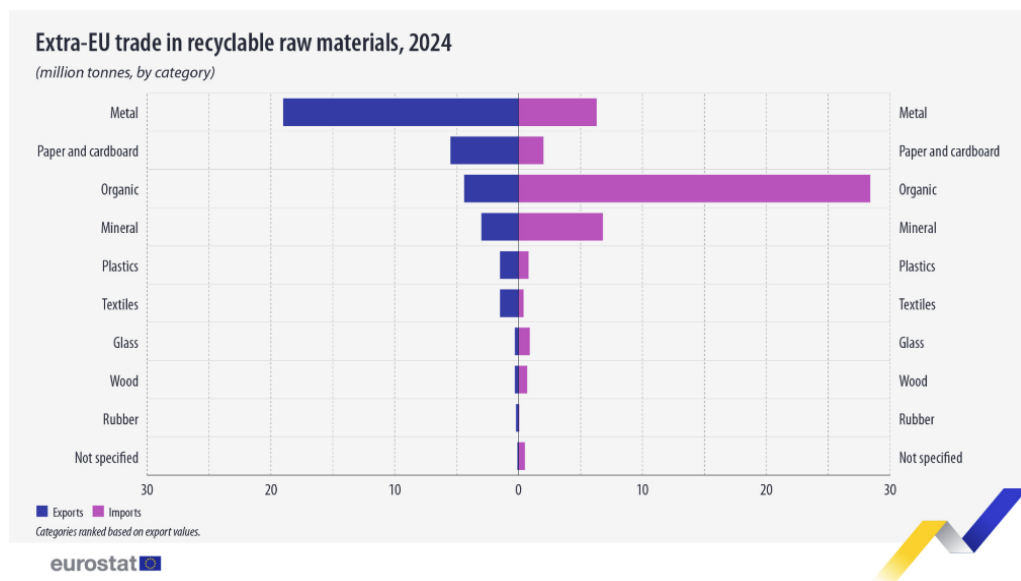
Tulemused

Analüüsi tulemusel leiti, et Eestis käsitletakse terminit ringmajandus peamiselt seoses jäätmekäitlusega, järgnevad taastuvenergia ja äriinnovatsioon. Alakajastatud on ringsed ärimudelid, jäätmete ja kõrvalsaaduste eristamine ning nõuanded kõrvalsaaduste väärimdamiseks. Domineerivad teemad

olid taaskasutus (*recycling*), korduskasutus (*reuse*), taastuvus (*renewability*) ja vähendamine (*reduction*). Inglisekeelsed terminid on siinkohal mainitud, et luua seos inglise- ja eestikeelsete terminite vahel, tuua selgelt välja erinevus sõnade “taaskasutus” ja “korduskasutus” vahel. Meediakajastuste pinnalt ei ole seega võimalik kaardistada parimaid praktikaid ega soovitusi. Samuti ei selgu, kas põhjus väheseks kajastuseks on ringbiomajanduse näidete puudumine või terminoloogiliselt oskamatus selliseid näiteid esile tõsta.

Seda järeldust toetavad ka juhtumiuuringud, kus äriloogikate kirjeldamises ei kasutanud intervjueeritavaid ringbiomajandusele viitavaid termineid. Küll aga selgus, et ettevõtete motivatsioon ringsete ressursside kasutamisel on erinev. Esines ettevõtteid, kus oli tugev kestlikkuse motiiv, kuid valdavalt kujutas ringmajandus endas ärivõimalust. Jääkide väärimist käsitleti kui praktilist ja majanduslikult motiveeritud valikut. Keskenduti küsimusele, millist kasu võiks ressursiringlus pakkuda ettevõtte seisukohalt, selmet hinnata ka nende tegevuste keskkonna- ja kliimamõju.

Kaardistatud näited tootmisjäätiste kasutamise kohta toorainena lõpptoodete valmistamiseks, müügiks kolmandatele osapooltele sisendmaterjalina või energeetilise väärtuse eesmärgil loovad pretsedente teistele oma sektori ettevõtetele. Väärib uurimist, millistel rakendust leidnud praktikatel oleks skaleerimise potentsiaali ning võimalust konkureerida importturuga. 2024. aastal oli



Joonis 1. Euroopa Liidu kaubavahetus taaskasutatavate toorainetega väljaspool EL-i, 2024 (Eurostat, 2024a).

suurim Euroopa Liidu impordiartikkel taaskasutatavate toorainete kategoorias loomse- ja taimse päritoluga jäätmed (Eurostat, 2024a; 2024b), mis viitab, et ELi esmase toidutootmise sektoris leidub märkimisväärne seni kasutamata lisandväärtuse potentsiaal.

Intervjuudest selgus, et ettevõtetel ei ole oma jäätmete ja kõrvalsaaduste üle eraldi arvepidamissüsteemi, kui seda seadus otseselt ei nõua (nt sõnniku kohta). See tekitab praktikas mitmeid riske. Kui jääkide väärimine on pigem juhuslik ning pole juhitud protsess, võib tekkida ettevõtte tegevusel vastuolu ametliku käsitluse ja jäätmearuandluse nõuetega.

Põllumajandussektori ettevõtete küsitlusest selgus, et kliimamõjusid on mõõtnud või kavatseb seda teha enamik vastanuid. Samas ei selgu, kas ettevõtjad seostavad kliimamõju ressursikasutuse ja ringmajanduse praktikatega – see vajaks edasist uurimist. Kuna 71% vastanud ettevõtetest, kes mõõdavad kliimamõju, kasutavad taastuenergiat enda päikesepargist, siis võib eeldada, et nendes ettevõtetes seostatakse kliimamõju vaid energiakasutusega. Võib arvata, et teadlikkuse kasvatamine ringbiomajanduslike praktikate seosest kliimamõjuga vajaks täiendavat tähelepanu.

Ettevõttepõhise kliimamõju mõõtmise puuduseks on ringsete lahenduste rakendamisel võimetus toodangu mahu kasvades hinnata konkreetse toote kliimamõju muutumist. Ringbiomajanduse edenemisele aitaks kaasa, kui ettevõtted hakkaks mõõtma toote kliimamõju (nt heitmeid ühe tootekilogrammi kohta). Tootetasandi süsinikujalajälje arvutamine oleks täpsem – see annaks aimu ettevõttetasandi kliimamõjust, kuna need andmed on ka toote süsinikujalajälje arvutuse sisendiks (OECD, 2025), ning tagaks parema ülevaate, kuidas muudatused tootmises mõjutavad konkreetse toote kliimamõju ja tootmisprotsessi ringbiomajanduslikke aspekte.

Järeldused ja soovitused tootjatele

Ringbiomajanduse praktikad panustavad keskkonna- ja kliimamõjude vähendamisse läbi säästlikuma maakasutuse, keemilise reostuse vältimise, toodete parema kvaliteedi, toodete pikema eluea, jäätmetekke vältimise ja bioenergia tootmise. Ettevõtted, mis ei ole oma ärimudelid seadnud selliseid eesmärke, võivad majanduslikel kaalutlustel olla siiski teinud otsuseid, mis mõnda neist täidavad. Kuna juhtimisotsuseid tehakse valdavalt välistest teguritest lähtudes, võib järeldada, et isegi elementaarne sisemine juhtimisraamistik jääkide käsitlemiseks ettevõttes võib anda kohese ja mõõdetava mõju.

Bioressursside ringse kasutuse maksimeerimiseks peaks tootjad seadma eesmärgid juhtimisotsuste tasandil. Läbipaistev juhtimissüsteem võib toimida mehhanismina, mille kaudu ettevõtte juhid saavad informatsiooni ringmajanduse äriliste eeliste kohta. Bioressursside ringse kasutuse eesmärkide seadmine eeldab teadmisi ringmajanduse põhimõtetest. Oluline on et juhtimistasandil oleks nõudlus omada täpset ülevaadet tootmises kasutatavast biomassist ning taotlus seda väärindada. Ettevõtjate toetamine selliste juhtimissüsteemide juurutamiseks saaks kasvatada lisandväärtust.

Näiteks on toidutootmises oluline selgelt eristada jäätmeid ja kõrvalsaadusi, et tootmisprotsessis tehtavad muudatused minimeeriks jäätmeteket ning võimaldaks kõrvalsaadusi ja jäätmeid kasutada ressursina. Selle eristuse tegemise tagajärjel saaks vältida regulatiivseid piiranguid, mis kaasnevad materjalide liigitamisega jäätmeteks. Jäätmestaatus vähendab bioressursi kasutusvõimalusi (ringlussevõttu, osapooltevahelisi tehinguid ja innovatsiooni) sõltumata selle kvaliteedist. Regulatsioon loob selgust ja välistusi ainult mõnele materjalivoole, nt teatud tüüpi biomassi või kõrvalsaaduste kasutamiseks energiatootmises (WFD).

Esmases toidutootmises tekib palju jääke, mille määratlemine jäätmena või kõrvalsaadusena ei ole juriidiliselt korrektne ega mõistlik. Siinkohal esineb vajadus esmases toidutootmises käsitleda prioriteedina igasugust jääki tootmise sisendina ehk ressursina ja mitte jäätmete ringlussevõtuna. Täna põllumajandusliku bioressursi väärindamist ja tööstuslikuks kasutamiseks nt keemia-, farmaatsia-, tekstiili- ja muude toodete tootmiseks olulises mahu ei toimu.

Tänuavaldused

Täname CIRCLE projekti meeskonda, projekti rahastusallikaks oli Balti teaduskoostööprogramm (Euroopa Majanduspiirkonna (EMP) toetused), projekti nr EEZ/BPP/VIAA/2021/9 ja projekti nimi „Koostöö edendamine bioressursside jätkusuutlikuks ja ringmajandavaks kasutamiseks põllumajanduses, metsanduses ja vesiviljeluses (CIRCLE)“.

Täname Maaeluministeeriumi ja Innovatsiooniprogrammis (projektis „Kuidas teha nii, et aastaks 2035 oleks toidutootmine Eestis kliimaneutraalne?“) osalenud kliimaneutraalse toidutootmise tiimi.

Kasutatud kirjandus

- ADDVAL-BIOEC (2021). Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine Eesti biomajanduses.
- ADDVAL-BIOEC uuringu lõppraport, Tallinn & Tartu. https://haldus.taltech.ee/sites/default/files/2021-11/ADDVAL-BIOEC%20loppraport_FINAL.pdf (16.10.2025)
- Caldeira, C., De Laurentiis, V., Corrado, S., van Holsteijn, F., Sala, S. 2019. Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 479–488.
- Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK). <https://kasvuhoonegaasid.ee/#/inventory/?level=sector> (24.07.2025)
- Euroopa Komisjon (COM 2020). Uus ringmajanduse tegevuskava – puhtama ja konkurentsivõimelisema Euroopa nimel. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098> (25.07.2025)
- Euroopa Komisjon (COM 2021). Komisjoni teatis mahetootmise arendamise tegevuskava kohta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0141> (07.10.2025)
- Euroopa Liidu jäätmete direktiiv (WFD). Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2008/98/EÜ, 19.11.2008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0098> (25.07.2025)
- Euroopa kliimamäärus ((EL) 2021/1119). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R1119> (24.07.2025)
- Euroopa roheline kokkulepe (COM (2019) 640 final, 11.12.2019). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640> (25.07.2025)
- Euroopa Ülemkogu. 2014. EUCO 169/14. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST%20169%202014%20INIT/EN/pdf>(24.07.2025)
- Eurostat (2024a). Exports in recyclable raw materials decreased in 2024. 24. aprill 2025. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250424-2> (25.07.2025)
- Eurostat (2024b). List of CN-codes used to approximate imports and exports of waste destined for recycling. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/cei_srm030_esmsip2_an_1.pdf (25.07.2025)
- Fit for 55 pakett. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_en (24.07.2025)
- Jäätmeseadus. RT I, 31.12.2024, 7. <https://www.riigiteataja.ee/akt/114062013006?leiaKehtiv> (24.07.2025)

- Kenk, K., Kerge, K., Kriipsalu, M., Grīviņš, M., Brobakk, J., Värnik, R. 2024. No such thing as waste in primary food sector. *Waste Management & Research*. Advance online publication.
- METK. Eesti ringbiomajanduse sotsiaalne, tehnoloogiline ja majanduslik hetkevõimekus. <https://www.pikk.ee/eesti-ringbiomajanduse-sotsiaalne-tehnoloogiline-ja-majanduslik-hetkevõimekus/?cookie-state-change=1750324095945> (19.06.2025)
- Moora, H., Kuldna, P., Martin, K. 2023. KHG jalajälje hindamise juhend. SEI Tallinn. <https://kliimaministeerium.ee/sites/default/files/documents/2023-11/KHG%20jalajälje%20hindamise%20juhend%202023.pdf> (16.10.2025)
- Net-Zero Industry Act ((EL) 2024/1735). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401735 (24.07.2025)
- OECD. 2025. *Measuring Carbon Footprints of Agri-Food Products: Eight Building Blocks*. OECD Publishing, Paris.
- Piirsalu, E., Moora, H., Väli, K., Aro, K., Värnik, R., Lillemets, J. 2021. Toidujäätmete ja toidukao teke Eesti toidutarneahelas. SEI Tallinn. <https://keskkonnaportaali.ee/sites/default/files/2024-05/Toiduj%C3%A4%C3%A4tmete%20ja%20toidukao%20teke%20Eesti%20toidutarneahelas%20%282021%29.pdf> (16.10.2025)
- Promoting collaboration for sustainable and circular use of bioresources across agriculture, forestry, and aquaculture (CIRCLE 2022). Meediaanalüüs. <https://circle-eea.eu/results/media-analysis/> (16.10.2025)
- Promoting collaboration for sustainable and circular use of bioresources across agriculture, forestry, and aquaculture (CIRCLE 2021–2024). <https://circle-eea.eu/> (16.10.2025)
- Regionaal- ja Põllumajandusministeerium. 2023. Ringbiomajanduse teekaart. <https://www.agri.ee/sites/default/files/documents/2023-08/teekaart-ringbiomajandus-2023.pdf> (16.10.2025)
- REPowerEU Plan (EK, 2022). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0230> (24.07.2025)
- Stockholm Resilience Centre. Planetary boundaries. <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html> (24.07.2025)
- Värnik, R., Aro, K., Kiisk, T., Kriipsalu, M., Orupõld, K. 2021. Põllumajanduses ja kalanduses tekkivad kõrvalsaadused, toidujäätmed, toidukadu ja tootmiskadu: Eesti vajadused ja võimalused biomajanduse arengu toetamiseks. RITA ADDVAL-BIOEC, teemakokkuvõte. https://haldus.taltech.ee/sites/default/files/2021-10/J%C3%A4%C3%A4gid%20ja%20kaassaadused%20teemakokkuv%C3%B5te_EST_21-10-2021_A4-2.pdf (16.10.2025)

ISSN 2806-187X (võrguväljaanne)



Eesti
Maaülikool



Eesti Maaülikool
mahekeskus



Teadmised
on põllu
ramm



Kaasrahastanud
Euroopa Liit