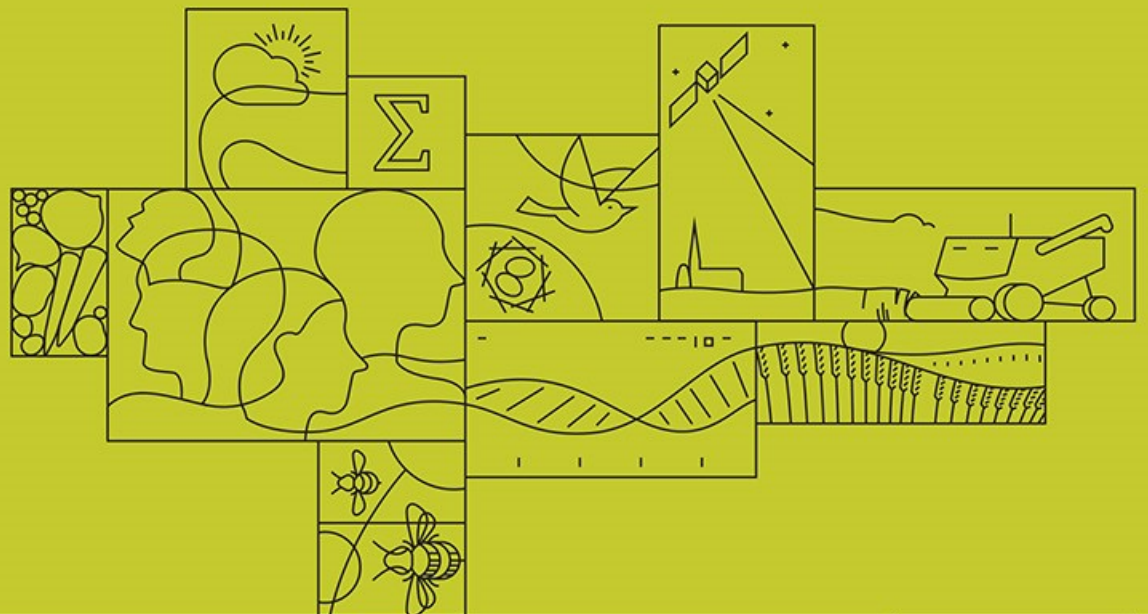


# Kompleksuuring mahe- ja tavaviljelusest 2020.–2023. aastal



2025



Tellija: Regionaal- ja põllumajandusministeerium

Uuringu teostaja: Maaelu Teadmuskeskus

Vastutav läbiviija: Karli Sepp

Antud töö andmete kasutamisel või tsiteerimisel tuleb viidata allikale.

#### LISAINFO JA KONTAKT

Maaelu Teadmuskeskus

Põllumajandusuuringute osakond

Agroökoloogia valdkond

Kohtu 10, Kuressaare, 48309 Saare maakond

E-post: [karli.sepp@metk.agri.ee](mailto:karli.sepp@metk.agri.ee)



Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeeringud  
maapiirkondadesse

## Sisukord

Jooniste loetelu.....	3
Tabelite loetelu.....	3
Lisade loetelu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Kasutatud kirjanduse loetelu.....	4
Kompleksuuringu lühikokkuvõte .....	5
Kompleksuuring ja selle eesmärgid.....	8
Kompleksuuringu meetodika .....	8
Umbrohtumuse, saagi, nitraatide leostumise, kattetulu, NPK-üldbilansi, mulla omastatava P ja K, orgaanilise C ja mullaorganismide näitajad külvikordade võrdluskatses .....	11
Talinisu umbrohtumus ja saaginäitajad.....	13
Suvinisu umbrohtumus ja saaginäitajad.....	17
Kaera umbrohtumus ja saaginäitajad .....	21
Põldherne ja suviadra umbrohtumus ning saaginäitajad .....	27
Punase ristiku saaginäitajad.....	30
Vahekultuuride saagikuse ja seotud toiteelementide ning nitraatide leostumise näitajad .....	32
Kultuuride kattetulu .....	36
NPK-üldbilanss külvikordades 2020.–2023. aastal.....	40
Mulla künnikihi P, K ja C sisaldused 2019. ja 2024. aastal .....	42
Katsefaktorite mõju seente, üldeukariotide (ümarussid, ämblikulaadsed) liigirikkusele ja mitmekesisusele .....	46
Kokkuvõtte kompleksuuringust.....	50

## Jooniste loetelu

Joonis 1. Õhutemperatuur ja sademete hulk Kuusikul dekaadide kaupa aprillist novembrini 2021.–2023. aastal .....	13
Joonis 2. Talinisu keskmine terasaak erinevates külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal .....	14
Joonis 3. Suvinisu keskmine terasaak erineval mullaharimisel mahe- ning tavaviljeluses 2021.–2023. aastal .....	19
Joonis 4. Kaera keskmine umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel mahe- ja tavaviljeluses 2021. ja 2023. aastal.....	22
Joonis 5. Kaera keskmine umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel külvikordades maheviljeluses 2021. ja 2023. aastal .....	23
Joonis 6. Kaera keskmine terasaak külvikordades erineval mullaharimisel mahe- ning tavaviljeluses 2021.–2023. aastal .....	25
Joonis 7. Põldherne umbrohtumus ja terasaak mahe- ning tavaviljeluses teraviljade-vahekultuuri külvikorras 2023. aastal .....	28
Joonis 8. Põldherne keskmine terasaak mahe- ning tavaviljeluses erineval mullaharimisel teraviljade-vahekultuuri külvikorras 2021.–2023. aastal.....	29
Joonis 9. Suviadra keskmine terasaak mahe- ning tavaviljeluses teravilja-mono külvikorras 2021.–2023. aastal .....	30
Joonis 10. Punase ristiku maapealse massi keskmised saaginäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2020.–2023. aastal .....	31
Joonis 11. Vahekultuuride segu maapealne kuivmass mahe- ja tavaviljeluses 2020.–2023. aastal....	33

Joonis 12. Vahekultuuride segu maapealse massiga seotud keskmised toiteelementide ja süsiniku kogused 2020.–2023. aastal .....	35
Joonis 13. Keskmise kattetulu ilma toetusteta külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal .....	39
Joonis 14. Keskmise kattetulu koos toetustega külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal .....	40
Joonis 15. Külvikordade keskmine NPK-üldbilanss mahe- ja tavaviljeluses 2020.–2023. aastal.....	41
Joonis 16. Künnikihi (20 cm) omastatava P (Mehlich-3) sisaldus mahe- ja tavaviljeluses 2019. ja 2024. aastal .....	43
Joonis 17. Künnikihi (20 cm) omastatava K (Mehlich-3) sisaldus mahe- ja tavaviljeluses 2019. ja 2024. aastal .....	44
Joonis 18. Külvikordade künnikihi (20 cm) orgaanilise C (EA-ga) sisaldus mahe- ja tavaviljeluses 2024. aastal .....	45
Joonis 19. Arbuskulaar-mükoriisete seente liigirikkus mahe- ja tavaviljeluses .....	46
Joonis 20. Arbuskulaar-mükoriisete seente mitmekesisus mahe- ja tavaviljeluses .....	47
Joonis 21. Patogeenete seente mitmekesisus mahe- ja tavaviljeluses .....	47
Joonis 22. Üldseente liigirikkus erinevatel mahe- ja tavaviljeluses .....	48
Joonis 23. Klassi Chromadorea kuuluvate ümarusside mitmekesisus erinevatel mullaharimisviisidel	49
Joonis 24. Klassi Enoplea kuuluvate ümarusside mitmekesisus erinevate viljavaheldustega külvikordades.....	49
Joonis 25. Ämblikulaadsete (klass Arachnida) mitmekesisus erinevatel mullaharimisviisidel .....	50

## Tabelite loetelu

Tabel 1. Kultuuride väetamine põhiväetistega.....	12
Tabel 2. Talinisu terasaagi keskmised kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal	16
Tabel 3. Suvinisu terasaagi keskmised kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal	20
Tabel 4. Kaera terasaagi keskmised kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal ...	27

## Fotode loetelu

Foto 1. Vahekultuurid (põldrõigas, valge sinep) Kuusiku katsepõllul 1. novembril 2022. aastal (autori foto) .....	34
Foto 2. Vahekultuurid (põldrõigas, valge sinep) Kuusiku katsepõllul 27. oktoobril 2021. aastal (autori foto) .....	34

## Kasutatud kirjanduse loetelu

- Baltic Agro, 2022. (kuupäev puudub). [http://viljahinnad.balticagro.ee/files/Viljaleping\\_2022\\_Kvaliteet.pdf](http://viljahinnad.balticagro.ee/files/Viljaleping_2022_Kvaliteet.pdf). Allikas: <http://www.balticagro.ee/>.
- Baltic Agro, 2024. (kuupäev puudub). [http://viljahinnad.balticagro.ee/files/Viljaleping\\_2023\\_Kvaliteet.pdf](http://viljahinnad.balticagro.ee/files/Viljaleping_2023_Kvaliteet.pdf). Allikas: <https://www.balticagro.ee/>.
- EKI, 2022-2024. (kuupäev puudub). *Teravilja, rapsi, söödakultuuride kokkuostuhinnad*. Allikas: <http://www.ki.ee/>
- Kanger, J., jt, 2014. (kuupäev puudub). *Väetamise ABC*. Saku: Põllumajandusuuringute Keskus.
- Older, H., 1999. (kuupäev puudub). *Teraviljakasvatuse käsiraamat*. Saku: Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium, Eesti Maaviljeluse Instituut.
- Scandagra, 2022. (kuupäev puudub). <https://scandagra.ee/viljainfo/vastuvott/vilja-kvaliteeditingimused/>. Allikas: <https://scandagra.ee/>.
- Vettik, Tamm, 2021-2023. (kuupäev puudub). Masintööde kalkulatsioonid kompleksuuringus. Saku.



## Kompleksuuringu lühikokkuvõte

Aruandes käsitletakse Maaelu Teadmuskeskuse Kuusiku katsekeskusse rajatud mahe- ja tavaviljeluse kompleksuuringu külvikordade esimese rotatsiooni (2020.–2023. a) tulemusi. Uuringu eesmärgiks on hinnata maaelu arengukava (MAK) põllumajandusliku keskkonnatoetuse (PKT) keskkonnasõbraliku majandamise (KSM) ja mahepõllumajandusliku tootmise (MAHE) meetmete ja Eesti Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika (ÜPP) strateegiakava 2023–2027 keskkonnaga seotud sekkumiste rakendumist ja mõju (ökokavad KSM ja MAHE). Katset teostatakse varasema pikaajalise agrotehnoloogilise külvikorrauuringu alal, kus eelnev katse lõppes 2019. a.

Uuringu eesmärgiks on mahetaimekasvatuse ja KSM toetuse nõuetele vastava viljavahelduse mõjude selgitamine. Uuringu jaoks viidi sisse kaks maheviljeluse ja KSM miinimumnõuetele vastavat (teravilja-ristiku ja teravilja-vahekultuuri) külvikorda ja võrdluseks üks nõuetele mittevastav, üksnes teraviljade viljavaheldusega külvikord (teravilja-mono). Kõik külvikorrad on 4-väljalised ja taimekasvatussuunitlusega.

Külvikorra rotatsiooni jooksul selgitati uurimisfaktorite mõju kultuuride umbrohtumuse, saagi, selle kvaliteedi, kattetulu, mulla toiteelementide ja orgaanilise aine sisaldusele, mulla NPK üldbilansile, nitraatide leostumisele ja mullaorganismidele (seeded jm).

Teravilja-vahekultuuri külvikorras oli järgmine viljavaheldus: põldhernes-talinisu/vahekultuurid-suviniisu/vahekultuurid-kaer. Teravilja-ristiku külvikorra viljavaheldus oli selline: punane ristik (haljasväetiseks)-talinisu-suviniisu-kaer punase ristiku allakülviga. Teravilja-mono külvikorras oli aga järgnev viljavaheldus: suviuder-talinisu-suviniisu-kaer. Teravilja-vahekultuuride külvikorras kasvatati sügisperioodil tali- ja suviniisu järele külvatud vahekultuuridena tatra, keerispea, kesaredise või põldrõika ja valge sinepi segu.

Kuna 2020. a jooksul viidi katsefaktorid külvikordades sisse, käsitletakse aruandes teraviljade saagi ja selle kvaliteedi 2021.–2023. a keskmisi tulemusi. Kõigi kultuuride saagikust ja väetiste tõhusust vähendasid sellel perioodil tugevasti mai ja juunikuu põuaperioodid.

Talinisu terasaagid jäid maheviljeluses vahemikku 2200–2700 kg/ha ja tavaviljeluses hoolimata tugevamast kevadisest pealtväetamisest (N-152, S-39 kg/ha) 3600–3800 kg/ha. Haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku järel kasvanud talinisu terasaak oli maheviljeluses keskmiselt 21% (454 kg/ha) suurem kui teravilja-mono ja 11% (254 kg/ha) suurem kui teravilja-vahekultuuri külvikorras. Tavaviljeluses aga saagi suurenemist polnud. Umbrohtumus oli talinisuus väike nii mahe- kui tavaviljeluses ja saagikust praktiliselt ei mõjutanud.

Talinisu terade toorproteiini ja kleepvalgusisaldus oli maheviljeluses madal, gluteenindeks aga liiga kõrge. Teravilja-ristiku külvikorras punase ristiku järel kasvatatud mahetalinisu toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus oli kõrgem kui teistes külvikordades kasvanud mahetalinisel. Tavaviljeluses olid toorproteiini ja kleepvalgusisaldus kõrged, gluteenindeks aga oluliselt madalam (kuid optimaalne) kui maheviljeluses.

Külvikorras talinisu järgnenud suviniisu terasaak oli maheviljeluses vahemikus 1300–2000 kg/ha. Tavaviljeluses jäid suviniisu terasaagid hoolimata tugevamast väetamisest (N-141, P-25, K-56, S-13 kg/ha) vahemikku 2600–2900 kg/ha. Kusjuures pindmisel mullaharimisel oli saagitõus oluliselt suurem kui tüükoorimisel koos künniga. Maheviljeluses suurenes suviniisu

terasaak väetamisel orgaanilise mahevätisega Monterra Bio 10-7-1 (N-58, P-18, K-5, S-10) pindmisel harimisel keskmiselt 27% (369 kg/ha) ja tüükoorimisel koos künniga 12% (208 kg/ha). Eelneval sügisel pindmiselt haritud põlluosal suurenes väetamata maheviljeluses oluliselt vegetatiivselt levivate umbrohtude (põldohakas, võilill, orashein, põld-piimohakas) maapealne mass. Põlluosal, kus tehti tüükoormist koos künniga, oli umbrohtumus minimaalne ega erinenud oluliselt umbrohtumuse tasemest tavaviljeluses, kus lisaks pritsiti ka herbitsiidiga. Vahekultuuride kasvatamisel teravilja-vahekultuuri külvikorras võis olla mõningane mõju terasaagi suurenemisele tavaviljeluses. Maheviljeluses jäid vahekultuurid haljasväetisena kiduraks ega suurendanud terasaaki.

Suvinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus oli maheviljeluses Monterra Bio-ga väetamisel kõrgem, vastates aastate keskmisena ka toidunisu nõuetele. Teravilja-ristiku külvikorras kasvanud mahenisu terade proteiini- ja kleepvalgusisaldus oli mõnevõrra kõrgem kui teravilja-vahekultuuri ja teravilja-mono külvikorras kasvanud mahenisul. Tavaviljeluses oli terade toorproteiini- ja kleepvalgusisaldus väga kõrge.

Suvinisule järgnenud kaer umbrohtus teravilja-vahekultuuri külvikorras maheviljeluses pindmisel harimisel vahekultuuride järgselt tugevalt vegetatiivselt levivate umbrohtudega (VLU), põhjustades märkimisväärse terasaagi languse. Vahekultuuride kasvatamise tõttu ei saanud sügisese mullaharimisega umbrohte kurnata ja see soodustas nende levikut. Tüükoorimisel koos künniga oli umbrohtumus selles külvikorras aga kontrolli all. Kaera terasaak jäi maheviljeluses vahemikku 1800–3000 kg/ha. Teravilja-vahekultuuri külvikorras Monterra Bio-ga väetamisel (N-47; P-21; K-47; S-8) suurenes kaera terasaak pindmisel harimisel keskmiselt 24% kg/ha (498 kg/ha) ja tüükoorimisel koos künniga, kus umbrohte oli vähe, 31% (706 kg/ha). Tavaviljeluses anti teravilja-ristiku külvikorras toiteelemente ristiku allakülvi tõttu oluliselt vähem (keskmiselt N-78, P-21, K-47 ja S-8 kg/ha), kui teravilja-vahekultuuri ja teravilja-mono külvikorras (keskmiselt N-100, P-23, K-52 ja S-15 kg/ha). Kuid terasaagid teiste külvikordadega võrreldes oluliselt ei erinenud. Kaera terasaagid jäid tavaviljeluses vahemikku 3700–4000 kg/ha.

Toitainete puudusel maheviljeluses jäi kaera eelsete vahekultuuride mass kiduraks ja mõju kaera terasaagile olematuks või väikeseks. Tavaviljeluses, kus vahekultuurid kasvasid suvel kasutamata jäänud väetise toiteelemente sidudes oluliselt suuremaks, suurendasid nad mulda küntud haljasväetisena ka kaera terasaake. Vahekultuurid takistasid maa kaetuse korral selgelt nitraatioonide (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) leostumist. Kui nad aga sügisperioodil mulda künti, hakkasid nad külmumata mullas lagunema ja nitraatioonid leostuma.

2022. a üle kahe korra kallinenud mineraalväetiste hinnad ei langenud märkimisväärselt ka enne 2023. kevadist külviperioodi. Mahevätised isegi kallinesid. 2023. aastal langesid aga märgatavalt teravilja kokkuostuhinnad. Kasvuaegse põuaperioodi tulemusel jäi väetiste mõju terasaagi suurenemisele oodatust väiksemaks ega kompenseerinud väetamisele tehtud kulutusi ei mahe- ega tavaviljeluses. MAK 2014–2020 ja ÜPP strateegiakava 2023–2027 toetuste mitteamistamisest jäi külvikordade kattetulu väetiste andmisel mahe- ja tavaviljeluses negatiivseks. Toetuste juurde arvestamine muutis tootmise selgelt kasumlikuks aga maheviljeluses teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikordades, kus viljavahelduse nõuetele vastavuse tõttu, sai taotleda ka erinevaid keskkonnatoetusi. Tavaviljeluses jäi

kattetulu kõrgete väetise hindade ja väikeste saakide, ning madalamate toetusmäärade tõttu suhteliselt väikeseks, teravilja-mono külvikorras keskkonnatoetuste mittesaamise tõttu isegi negatiivseks.

Suurim külvikorra keskmine kattetulu saadi nii mahe- kui tavaviljeluses teravilja-ristiku külvikorras, kus haljasväetise kasvatamisel olid harimis- ja sisendite kulud väiksemad ja talinisu saagikus suurem. Kui kahel külvikorraväljal asendati künnipõhine harimine (tüükoorimine ja künd) pindmise harimisega, oli külvikorra keskmine kattetulu mõnevõrra suurem kui ainult kallimat künnipõhist harimist (tüükoorimine ja künd) kasutades.

Tavaviljeluses oli külvikorrarotatsiooni N bilanss tugevalt positiivne e suure ülejäägiga, mis osutab sellele, et põua tingimustes jäi suur osa väetistega antud N kasutamata, mis taimestikuga katmata põllul võis ka leostuda. Teravilja-ristiku külvikorras oli punase ristiku haljasväetiseks kasvatamise tõttu N ülejääk nii mahe- kui tavaviljeluses suurim. Väetamata maheviljeluses oli P ja K bilanss negatiivne. Lisaks jäi teravilja-mono külvikorras ka N bilanss negatiivseks, kuna seal ei kasvatatud liblikõielisi. K märkimisväärne ülejääk tavaviljeluses tulenes ilmselt suures osas põllule jäetud põhust, mitte väetiste poolt kasutamata jäänud K-st. Põhk on K rikas ja kuna ta laguneb mullas aeglaselt, takistab see K kiiret leostumist.

Omastatava K vähenemist põhjustas arvatavasti osaliselt see, et väetistega antud K oli suures osas kevadeks lagunemata põhus. Samuti põhjustas seda ka sõnnikuga väetamine lõpetamine 2019. a alates. Sõnnikuga väetamisel suurenes omastatava K sisaldus varem mullas märkimisväärselt, kuid selle mitteandmine põhjustas vähenemise. Maheviljeluses oli omastatava K sisaldus 2024. a langenud keskmise ja suure väetustarbe klassi piirile, tavaviljeluses oli aga endiselt keskmisel tasemel.

Künnikihi omastatava P sisaldus vähenes maheviljeluses natuke, tavaviljeluses aga suurenes pisut. Maheviljeluses oli P väetustarbevajadus suur, tavaviljeluses keskmine.

Künnikihi org-C sisaldus on külvikorrakatsete sisseviimisest alates (2003. a) katsealal suurenenud. Künnikihi orgaanilise C sisaldus oli väetatud maheviljeluses suurem kui väetamata maheviljeluses ja tavaviljeluses veel suurem. See tulenes arvatavasti väetiste toimel saadud suurema põhu koguse tagastamisest mulda. Teravilja-ristiku külvikorras oli künnikihi C sisaldus suurim. Seda võis suurendada punase ristiku kasvatamine haljasväetiseks. Teravilja-mono külvikorras jäi orgaanilise C sisaldus väiksemaks, mida võis soodustada intensiivsema mullaharimisega kiirenenud mineraliseerumine.

Maheviljeluses oli mulla pindmises kihis (15 cm) oluliselt suurem arbuskulaar-mükoriisete seente liigirikkus ja mitmekesisus võrreldes tavaviljelusega. Need seened on taimede toitumises tähtsad, kuna aitavad juurekarvade kaudu mullast toiteelemente omastada. Patogeensete e taimahaigusi tekitavate seente mitmekesisus oli suurem tavaviljeluses ja väetatud maheviljeluses, väetamata maheviljeluses aga väiksem. Ämblikulaadsete mitmekesisus oli suurem pindmises harimisel.

## Kompleksuuring ja selle eesmärgid

Kompleksuuringu eesmärgiks on hinnata maaelu arengukava (MAK) põllumajandusliku keskkonnatoetuse (PKT) keskkonnasõbraliku majandamise (KSM) ja mahepõllumajandusliku tootmise (MAHE) meetmete ja Eesti Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika (ÜPP) strateegiakava 2023–2027 ökokavade KSM ja MAHE sekkumiste rakendumist ja mõju. Uuringuga selgitatakse KSM miinimumnõuetele vastavate viljavahelduste mõjusid. Uuringu tulemusi kasutatakse ÜPP keskkonna eesmärkidega seotud sekkumiste seire ja hindamise taustinformatsioonina. Samuti saab täpsustada põllumajandustoetustega toetatavate tegevuste valikut ja põhjendatust, selgitada erinevate agrotehnoloogiate toimimist ning koolitada põllumajandustootjaid.

2020. aastal alustati Põllumajandusuuringute Keskuse (2021. a-st Maaelu Teadmuskeskus e METK) Kuusiku katsekeskuses kompleksuuringu ühe osana uue külvikordade viljavahelduse võrdluskatsega. Uuringu jaoks viidi sisse kaks mahetaimekasvatuse ja KSM nõuetele vastavat (teravilja-ristiku ja teravilja-vahekuultuuride) külvikorda ja võrdluseks üks toetuse nõuetele mittevastav, üksnes teraviljade viljavaheldusega külvikord (teravilja-mono). Kõik külvikorrad on 4-väljalised ja taimekasvatussuunitlusega.

Külvikorra rotatsiooni jooksul selgitati uurimisfaktorite mõju kultuuride umbrohtumuse, saagi, -kvaliteedi, kattetulu, mulla toiteelementide ja orgaanilise aine sisaldusele, nitraatide leostumisele, mulla NPK-üldbilansile ja mullaorganismidele (seened, nematoodid, ämblikulaadsed).

## Kompleksuuringu meetodika

Uuringuala asub keskmise liivsaviõimisega rähk- ja leostunud mullal METK Kuusiku katsekeskuses.

Uuringuga alustati 2020. aastal. Selleks, et ühtlustada katsealal uue katse alustamiseks vegetatiivselt levivate umbrohtude osakaal, pritsiti kogu katsela 2019. aasta sügisel glüfosaadiga ja hiljem kogu katseala künti.

Katses on kolm uurimisfaktorit:

1. faktor - viljavaheldus külvikorras
  - a) teravilja-ristiku viljavaheldus (punane ristik-talinisu-suvinisu-kaer allakülviga)
  - b) teravilja-vahekuultuuride viljavahedus (põldhernes-talinisu/vahekuultuurid-suvinisu/vahekuultuurid-kaer)
  - c) teravilja-mono viljavaheldus (suvioder-talinisu-suvinisu-kaer);
2. faktor - viljelusviis
  - a) maheviljelus väetamata (mahe väetamata)
  - b) maheviljelus väetisega (mahe väetisega)
  - c) tavaviljelus väetisega (tava väetisega);

3. faktor - mullaharimine
  - a) tüükoorimine koos künniga
  - b) pindmine mullaharimine.

Katsefaktorite sisseviimine toimus 2020. aasta jooksul.

Katse alguse mullanalüüsidenä kasutatakse 2019. aasta kevadel iga katselapi kohta künnikihist (20 cm) võetud mullaproove, kus määrati pH ja omastatava N, P, K, Ca ja Mg ja orgaanilise C sisaldus. Uued mullaproovid võeti kõigilt katselappidelt 2024. a kevadel.

Katseala künnikihi omastatava fosfori ning kaaliumi sisaldus (Mehlich-3 järgi) oli 2019. a mullaproovide alusel madal kuni kõrge. Selline vahe kujunes katsealal välja seal eelnevalt teostatud mahe- ja tavaviljeluse pikaajalise külvikorrakatse (2003.–2019. a) erineva väetamise tulemusel. Mikroelementide sisaldus oli madal, pH neutraalne. Orgaanilise C sisaldus oli (Tjurini järgi) on keskmine või üle keskmise.

Katse asub neljal kõrvuti asetseval massiivil, millest igal ühel on omakorda kõrvuti kolme eraldi külvikorra üks väli. Sisse viidavad katsekülvikorrad on seega neljaväljalised, mille vahel kultuurid aastate lõikes vahelduvad. Katses on kokku 18 varianti. Iga katsevariant on neljas korduses. Seega on ühel massiivil kokku 72 katselappi ja katses kokku 288 katselappi. Ühe katselapi suurus on 50 m<sup>2</sup>.

Teraviljade puhaskülvis kasutati 2020.–2023. a maheviljeluses põhiliselt täiskülvinorme - keskmiselt 500 idanevat tera/m<sup>2</sup>. Tavaviljeluses külvati sõltuvalt kultuurist ka väiksema normiga.

Tavaviljeluses väetati kultuure NPK põhiväetistega 1–3 korda kasvuperioodi jooksul ja väetiste külvinorm arvestati iga kasvatatava kultuuri vajadustest ja mullaanalüüsidenä tulemustest lähtuvalt, tuginedes Väetamise ABC (Kanger, *et al.*, 2014) soovitustele ning Veeseadusega kehtestatud väetamispiirangutele. Mikroväetisi ja bioloogilisi preparaate pritsiti vastavalt vajadusele kultuuridenä kasvuajal. Kasutatavad väetistenä liigid ja külvinormid erinesid aastatenä lõikes teataval määral.

Maheviljelusenä ühes variandis väetati kasutada lubatud maheväetistega. Väetistenä liik ja külvinorm erinesid aastatenä lõikes mõnevõrra. Külvinormidenä kalkuleerimisenä arvestati ka mullaanalüüsidenä tulemusi ja Väetamisenä ABC (Kanger, J.; jt, 2014) soovitusi. Teises maheviljelusenä variandis ei väetatud üldse.

Igal aastal tehti tavaviljelusenä variantidenä kultuuridenä kasvuaegset keemilist umbrohutõrjet. Pritsimisenä intensiivsus ja tegemisenä aeg ning kasutatavatenä herbitsiididenä valik sõltus kasvatatavast kultuurist ja umbrohtutenä levikust. Vastavalt taimehaigusteenä ja kahjuritenä levikulenä, pritsiti kultuurenä ka fungitsiididenä ja insektitsiididenä.

Poolenä tali- ja suvinisunä kasvualast teostati sügisel tüükoorimist (5–10 cm) ja künni (18–20 cm), pool kasvualanä hariti pindmisel (5–10 cm). Talinisu alla minevatenä külvikorraväljadenä hariti tervikunä tüükoorimisenä ja künni abil. Sügisel jäi täies mahus harimata teravilja-ristikunä külvikorrassenä kaeralenä allakülvatunä punasenä ristikunä väli. Tüükoorimist koos künnigenä tehti ka tervel suviodranä ja põldhernenä kasvualal.

Umbrohu proovid koguti 2020.–2022. a kahelt väljalt juuni lõpus või juuli alguses 50x50 cm raamiga katsevariantidelt neljas korduses. 2023. a määrati umbrohtumus aga kõigi terakultuuride põldude katselappidelt. Umbrohud loendati liikide või perekondade kaupa ning määrati toor- ja kuivmass.

Kaerale allakülvatud punane ristik kasvatati järgneval aastal haljasväetiseks. 2020.–2022. a hekseldati ristik kasvuajal põllule ning ädal või tüü künti peale randaalimist talivilja külvielselt mulda. 2023. a ristikut põuast tingitud kehva kasvu tõttu ei hekseldatud. Iga hekseldamise ja künni eel määrati katselapidel ristiku maapealne biomass (haljas- ja kuivmass) ning selle toiteelementide ning süsiniku sisaldus. Vegetatsiooniperioodi lõpus koguti 50x50 cm raamiga haljasmassi proovid ka kaerale allakülvatud punasest ristikust.

Terakultuurid koristati katsekombainiga, kuivatati ja puhastati katsesorteeriga. Põhk hekseldati põllule. Katselt kogutud taimsed analüüsid tehti Maaelu Teadmuskeskuse (METK) laborites. Aruandes väljendatakse terakultuuride saagikus 13% teraniiskuse juures.

Teravilja-vahekultuuri külvikorras külvati talinisu ja suvinisu järele eelnevalt rullrandaaliga kooritud põldudele vahekultuuride segu. 2020. a kasvatati tatra, keerispea ja kesaredise segu (24 kg/ha), 2021.–2023 a põldrõika ja valge sinepi segu (15–16 kg/ha). Vahekultuuride külviaeg sõltus põhikultuuri valmimisest ja koristamisest.

Kultuuride kattetulude arvestamisel korrutati nende terasaak (väljaarvatud oma tarbeks jäetud seeme) müügihindadega ja liideti võimalikud toetussummad (2023. a ÜPP SK 2023–2027 toetused, varem MAK 2014–2020 toetused), millest lahutati muutuv- ning masinatöökulud. Masinatöökulude leidmisel võeti aluseks R. Vettiku ja K. Tamme (METK agrotehnoloogia valdkond) poolt tehtud (Vettik, Tamm, 2021–2023) mahe- ja tavaviljeluse kuluarvutused 400 ha suurusele põllumaa pinnale kohandatud taimekasvatuseettevõttele. Teraviljade kattetus võeti arvestuse aluseks Eesti Konjuktuuriinstituudi (EKI, 2022–2024) poolt avaldatud keskmised septembri või oktoobri kokkuostuhinnad. Suvinisu ja kaera määramisel toidu- või söödaviljana kasutati 2021. a Scandagra AS (Scandagra, 2022) ja 2022. ning 2023. a Baltic Agro AS teravilja kvaliteedinõudeid (Baltic Agro, 2022), (Baltic Agro, 2024).

Nitraatide leostumise määramiseks tehti suvinisu põllul 2021.–2023. a vahetult enne vahekultuuride sisseküündi oktoobri lõpus või novembri alguses vastavalt katseplaanile kaeved 30–50 cm sügavusele. Mullaproovid leostumise määramiseks võeti sealt 5–10 ja 30–35 või 40–50 cm sügavuselt. 2021. ja 2022. a võeti ka kordusproovid ligikaudu kuu aega hiljem. Nitraadisaldus määrati METK laboris.

Külvikorra rotatsiooni NPK üldbilansis on väljundina arvesse võetud kultuuride saagiga (terad, puhastusjäätgid) põllult eemaldatav NPK. Kuna põhk jäeti põllule, siis seda bilansis ei arvestatud. Sisendina arvestati mineraalväetiste ja külvisemnega põllule antud NPK ning liblikõieliste (punane ristik, põldhernes) maapealse osa ja juurtega seotud õhulämmastiku ning sademete ja azotobakteritega põllule juurdetoodavad N kogused. N bilanssi pole üldiselt võimalik väga täpselt arvutada. Keeruline on täpselt arvestada punase ristiku ja põldherne maapealse massiga seotud õhu-N kogust ja juurte osakaalu maapealsest massist ning juurtega seotud õhu-N kogust. Samuti pole teada azotobakterite ja sademetega mulda toodud õhu-N kogused aastas. Seetõttu võeti aluseks kirjanduses avaldatud näitajad. Arvestati, et punase ristiku maapealse massi ja juurte kuivaines olevast N-st pärineb 80% õhust ja

põldhernel 65%. Punase ristiku juurte osakaaluks võeti 40% ja põldherne juurte osakaaluks 20% maapealsest massist. Veel arvestati, et azotobakterid seovad õhu-N 15 kg/ha ja sademetega tuuakse N juurde 5 kg/ha aastas.

Mullaproovid mullas olevate seente ja nematoodide ning ämblikulaadsete määramiseks võeti 15 cm pindmisest mullakihist suvinisu põllu kõigilt katselappidelt 2023. a oktoobris. Proovidest sekveneeriti organismide DNA Asper Biogen OÜ poolt. Organismid määras ja andmetöötluse teostas Tartu Ülikool (T. Vahter).

## Umbrohtumuse, saagi, nitraatide leostumise, kattetulu, NPK-üldbilansi, mulla omastatava P ja K, orgaanilise C ja mullaorganismide näitajad külvikordade võrdluskatses

Aruandes analüüsitakse külvikorratse esimese rotatsiooni (2020.–2023. a) tulemusi. Külvikordades kasvatatud teraviljade (tali- ja suvinisu, kaer, põldhernes, suviuder) terasaake ja selle kvaliteedinäitajaid käsitletakse 2021.–2023. a keskmiste tulemuste alusel. 2020. a tulemusi siin analüüsi ei kaasatud, kuna selle aasta jooksul toimus katses külvikorrafaktorite sisseviimine. Haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku ja sügiseste vahekultuuride analüüsimisel on arvesse võetud ka 2020. a tulemused, kuna nende kultuuride kasvatamine mõjutas järelkultuuride kasvatamist.

Katsevariantides väetati kultuure erinevate põhiväetiste kogustega või ei väetatud üldse (

**Tabel 1).** Maheviljeluses lähtuti haljasväetiseks kasvatatava punase ristiku väetusnormi määramisel sellest, et väetamisel oleks ligikaudu kaetud teravilja K vajadus 3 t/ha terasaagi jaoks keskmise K tarbega mullal (Kanger *et al.*, 2014). Mahesuvininisu ja -kaera väetati orgaanilise väetise Monterra Bio 10-7-1 mõõdukate N-normidega. Tavaviljeluses väetati kultuure suuremate toiteelementide normidega, kusjuures püüti järgida ka Väetamise ABC-s toodud soovitusi (Kanger *et al.*, 2014).



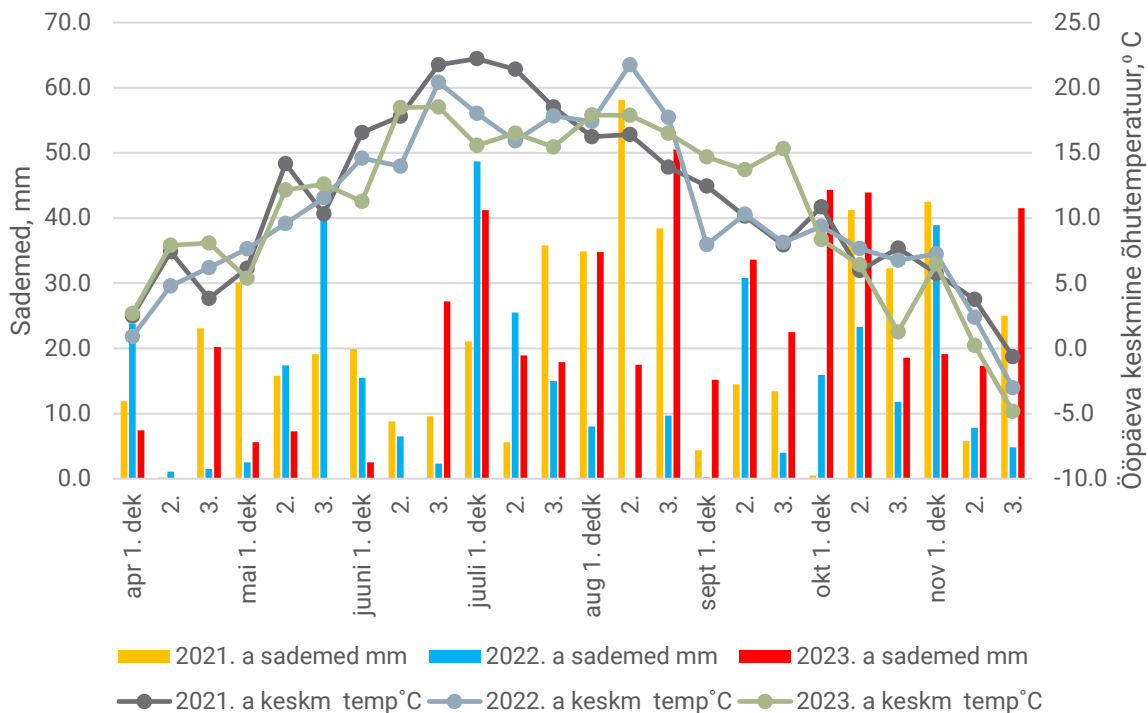
Tabel 1. Kultuuride väetamine põhiväetistega

Viljelusviis	Kultuurid	Väetise nimetus või liik	Väetamise periood	Väetise keskmine kogus kg/ha	Väetise toiteelementide keskmine kogus kg/ha
Mahe väetamata	Punane ristik haljasväetiseks, põldhernes, suvioder, talinisu, suvinisu, kaer	-	-	-	-
Mahe väetisega	Punane ristik haljasväetiseks	Patentkali (2020. a) või Ecoplant Humi	2020–2023	137	P-4, K-28, S-8, Ca-13, Mg-10
	Suvinisu	Monterra Bio 10-7-1	2021–2023	584	N-58, P-18, K-5, S-10, Ca-29, Mg-2
	Kaer	Monterra Bio 10-7-1	2021–2023	467	N-47, P-14, K-4, S-8, Ca-23, Mg-1
Tava väetisega	Punane ristik haljasväetiseks	NPK mineraalväetis (2020. a) ja Ecoplant Humi (2022. a)	2020 ja 2022	146 (2020. a) 133 (2022. a)	N-13, P-8, K-30 (2020. a) ja P-5, K-25, S-3, Ca-17, Mg-10 (2022. a)
	Talinisu	NPKS mineraalväetised	2020–2023	197 (sügisel) 587 (kevad)	N-19, P-15, K-42, S-7 (sügisel) ja N-152, S-39 (kevad)
	Suvinisu	NPKS mineraalväetised	2021–2023	680	N-141, P-23, K-52, S-20

Kaer, suvioder	NPKS mineraalväetised	2021–2023	530	N-100, P-23, K-52, S-15
Kaer ristiku allakülviga	NPKS mineraalväetised	2021–2023	433	N-78, P-21, K-47, S-8
Põldhernes	NPKS mineraalväetised	2021–2023	239	N-31, P-20, K-38, S-14

Talinisu põhiväetis anti mulda (2 cm külvisseemnest sügavamale) vahetult külvi eel. Teine põhiväetis (N ja S) laotati tavaviljeluses talinisule kevadise kasvu alguses. Suvinisule, kaerale, suvioderale ja põldhernele anti kevadine NPKS põhiväetis vahetult külvi eel ja hiljem anti ka kasvuaegset täiendavat N ja S väetist. 2023. a. anti aga kogu põhiväetis enne külvi mulda, kasvuaegsest pealtväetisest aga põua tõttu loobuti. Olenevalt aastast ja kultuurist, pritsiti taimi ka kasvuaegsete leheväetistega.

2021.–2023. a olid mai ja juuni suhteliselt sademetevaesed (Joonis 1). Sel ajal lisandusid ka kuumaperioodid, mis põhjustasid üsnagi tugeva põua. Kuna põua perioodi ajal läbisid kultuurtaimed ka aktiivset vegetatiivse ja generatiivse kasvu perioodi (võrsumine, kõrsumine, pea loomine, õitsemine) ja arenguks vajati rohkesti sademeid, vähendas nende puudus saagikust olulisel määral.



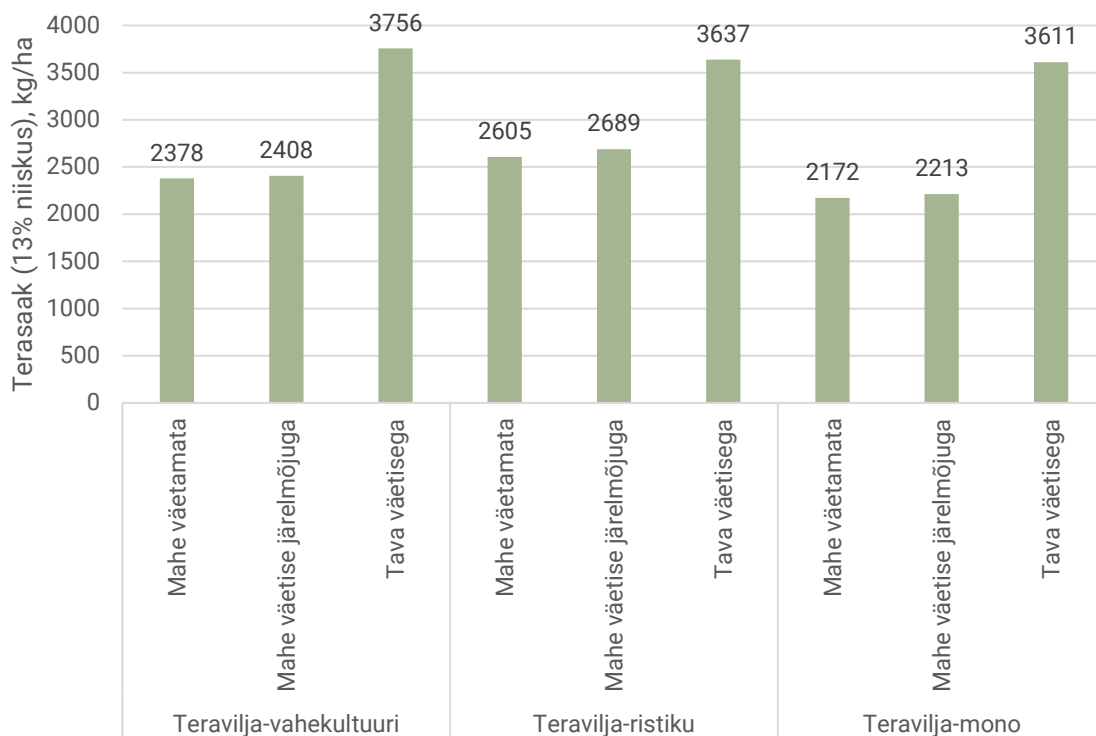
Joonis 1. Öhutamperatuur ja sademete hulk Kuusikul dekaadide kaupa aprillist novembrini 2021.–2023. aastal

Põua periood takistas ka umbrohtude arengut. Suur osa umbrohtudest tärkas ja jätkas aktiivsemalt kasvu alles juulis ja augustis, kui sademeid tuli rohkem. Nende umbrohtude biomass uuringu analüüsid ei kajastu, kuna umbrohuproovid võeti katsealalt juuni lõpus ja juuli alguses. Juulis ja augustis areneval umbrohtude biomassil pole siiski enam suurt mõju terasaagile, kuna terakultuuridel on loomisfaas selleks ajaks üldiselt läbitud.

## Talinisu umbrohtumus ja saaginäitajad

Katses kasvatatud talinisu sortideks olid olenevalt aastast 'Fredis', 'Ada' või 'Perenaise'. Talinisu eelviljaks oli teravilja-vahekultuuri külvikorras põldhernes, teravilja-ristiku külvikorras kaera allakülvina külvatud punane ristik ja teravilja-mono külvikorras suvioder. Talinisu külvati septembri 1. dekaadis.

Talinisu areng kevadel võrsumisest kuni kõrsumiseni oli üldiselt korralik, kuid põuaperioodid mais ja juunis pidurdasid taimede arengut katseaastate jooksul siiski oluliselt, vähendades ka terasaaki. Hea talvitumise ja võrsumise tõttu kasvas talinisu taimik siiski piisavalt tihedaks nii mahe- kui tavaviljeluses ja surus umbrohte alla. Lisaks takistasid umbrohtude arengut ka mai ja juuni põuaperioodid. Talinisu külvieelselt tehti ka tüükoorimist koos künniga, mis on suhteliselt tõhus vegetatiivselt levivate umbrohtude (VLU) allasurumisel. Kõigi eeltoodud tegurite toimel oli umbrohtumus talinisuus suhteliselt väike nii mahe- kui tavaviljeluses ja selle mõju terasaagile ei ilmnenud. Tavaviljeluses oli umbrohtumus kõige väiksem, kuna herbitsiidi pritsimisega neist enamus hävitati.



Joonis 2. Talinisu keskmine terasaak erinevates külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal

Teravilja-ristiku külvikorras haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku järel oli talinisu terasaak maheviljeluses keskmiselt 21% (454 kg/ha) suurem kui teravilja-mono ja 11% (254 kg/ha) suurem kui teravilja-vahekultuuri külvikorras (**Error! Reference source not found.**). Kusjuures ristiku järgsete mahevariantide terasaagid ületasid teravilja-mono külvikorra mahevariantide terasaake ka statistiliselt usutavalt ( $p < 0,05$ ).

Punase ristiku haljasväetis suurendas teravilja-ristiku külvikorras talinisu terasaaki maheviljeluses keskmiselt 21% võrreldes teravilja-mono külvikorras suviokra järel kasvatatud talinisuga ja 11% teravilja-vahekultuuride külvikorras põldherne järel kasvatatud talinisuga. Tavaviljeluses saagi erinevused külvikordade vahel sisuliselt puudusid.

Tavaviljeluses, kus talinisu antakse suuremas koguses mineraalväetiseid, polnud külvikordade vahel märgatavaid terasaakide erinevusi. Mineraalväetiste toimel oli talinisu terasaak siiski oluliselt suurem kui tavaviljeluses. Kuid katseaastate mai ja juuni põuaperioodid vähendasid väetiste tõhusust ja terasaagid jäid oodatust oluliselt väiksemaks.

Omavahel ei erinenud praktiliselt üldsegi ristiku järgse talinisu terasaagid väetamata mahe ja mahevätise järelmõju variantides. Haljasväetiseks kasvatatud punast ristikut väetati 2020.–2022. a kevadel maheviljeluses kaaliumirikaste mahevätistega Ecoplant Humi või Kalisop, millega anti keskmiselt P-3, K-26, S-9, Ca-10, Mg-8 kg/ha. Väetise mõjul suurenes ristiku maapealne kuivmass 1,5 t/ha (34%). Selle massiga seoti N 66 kg/ha (63%), P 4 kg/ha (33%) ja K 37 kg/ha (36%) rohkem kui väetamata ristiku massiga. Sellele lisandusid veel juurtega seotud toiteelemendid. Eeldati, et väetatud ristiku järgselt suureneb märkimisväärselt ka järgneva talinisu terasaak, kuna nisu saab kasutada rohkem ristiku lagunemisel vabanevaid toiteelemente. Kuid saagitõusu paraku ei ilmnenud. Üheks põhjuseks võis olla kevadise põuaperioodi mõju, kus ristiku lagunemine kuivas mullas oli aeglane ja vabanenud toiteelementide omastamine seetõttu pärsitud.

Varem tehtud katsetes on allakülvina rajatud punase ristiku või ristikurohke põldheina järel kasvatatud heintaimede mass sisse küntud külviaasta kevadel. Neil katseaastatel suurenes väetatud ristiku maapealne mass ligikaudu kaks korda ja sellele järgneva suvinisu terasaak samuti kuni kaks korda. Võimalik, et väetatud ja suurema biomassiga punase ristiku mõju talinisu saagikusele ongi väiksem kui suvinisu. Kuna talinisu eelselt küntakse ristik sisse augustis, hakkab see mullas kiiresti lagunema. Tärgranud talinisu ei suuda lagunened ristiku biomassist vabanevat suurt hulka toiteelemente piisavalt siduda, kuna tema enda areng ja biomass on sügisperioodil väike. Seetõttu võib osa ristikust vabanevatest toiteelementidest sügisperioodil ka leostuda ja kevadel polegi neid enam kasutada, mille arvelt talinisu saagikust piisavalt suurendada. Seda kõike oleks vaja siiski katsetega selgitada. Kuna ka kasvuperiood oli sageli põuane, jäi ristiku biomass ka väetamise korral oluliselt väiksemaks ja sellega seoti palju vähem toiteelemente kui varasematel sademeterohkematel kasvuaastatel. See aga vähendas ilmselt samuti haljasväetise mõju terasaagile.

Mullast toiteelementide omastamise puudulikkusele viitab selgelt ka väike talinisu terasaak tavaviljeluses. Kuigi mineraalväetistega väetati talinisu suhteliselt korralikult (N sügisel keskmiselt 19 kg/ha ja kevadel pealtväetisena 152 kg/ha, lisaks sügisel veel P-15, K-42, S-7 ja kevadel S-39 kg/ha, saadi terasaagiks vaid 3600–3800 kg/ha. Maheviljeluse variantide suhtes

suurenes terasaak sel juhul keskmiselt 52% (1257 kg/ha). Täiendavast N-pealväetamisest 2023. a tugeva põua tõttu ka loobuti. Nimelt võib vee defitsiidi korral liigne väetamine saagikust isegi vähendada, sest taimedes suureneb sel juhul osmootne rõhk, mis takistab füsioloogiliste protsesside loomulikku kulgu. Taimekasvatuses on aga keeruline ette näha sademete pikemat jaotust kasvuperioodil. Seetõttu pole väetamise planeerimine selle järgi sugugi lihtne.

Talinisu haiguste tõrjeks fungitsiidiga (Prosaro) pritsimine kutsus 2023. a põuasel kasvuperioodil esile ka taimede tipmise leheosa kolletumise. Selline kahjustus vähendas taime fotosünteesivat pinda ja võis samuti saagikusele negatiivselt mõjuda.

Talinisu terade toorproteiini ja kleepvalgusisaldus oli maheviljeluses madal ega vastanud

**Talinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus oli maheviljeluses mitteväetamisel ja väetamisel liiga madal ega vastanud kvaliteetse toidunisu nõuetele. Gluteenindeks oli aga kõrge. Tavaviljeluses olid toidunisu kvaliteedinäitajad üldiselt nõuetekohased tänu suurematele väetisekogustele.**

**Punane ristik haljasväetisena suurendas maheviljeluses terade toorproteiini- ja kleepvalgusisaldust.**

kvaliteetse toidunisu nõuetele, kuid tavaviljeluses kõrge (Tabel 2). Teraviljaristiku külvikorras oli haljasväetiseks kasvatatud ristiku järel mahetalinisu terade toorproteiini- ja kleepvalgusisaldus suurem kui teistes külvikordades. 2022. a oli aga mahevariantide terade kleepvalgusisaldus suures osas proovides nii madal, et polnud laboris määratav. Kvaliteetse toidunisu terade toorproteiinisaldus peaks olema vähemalt 12% ja kleepvalgu sisaldus optimaalsena 25–32% (Older, H., 1999).

Tavaviljeluses oli terade kleepvalgusisaldus isegi liiga kõrge (üle 32%), mis võib takistada taigna kerkimist. Samas gluteenindeks, millest oleneb kleepvalgu kvaliteet, oli maheviljeluses liiga kõrge e üle 90%. Optimaalseks loetakse vahemikku 60–90%. Tavaviljeluses oli talinisu gluteenindeks oluliselt väiksem, kuid samas optimaalsel tasemel.

Tabel 2. Talinisu terasaagi keskmised kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal

Külvikord	Viljelusviis	Toorproteiin kuivaines, %	Kleepvalk, %	Gluteen- indeks, %	Lange- misarv, sek287	Mahu- mass, g/l
Teravilja- vahekultuuri	Mahe väetamata	9,0	16,6	96	287	789
	Mahe väetisega	9,0	18,0	95	287	790
	Tava väetisega	15,5	34,9	61	359	749
Teravilja-ristiku	Mahe väetamata	9,7	17,9	96	328	793
	Mahe väetisega	9,7	19,4	94	316	792
	Tava väetisega	15,7	36,5	64	360	749
Teravilja-mono	Mahe väetamata	9,2	17,7	93	299	789
	Mahe väetisega	9,1	17,3	94	309	787
	Tava väetisega	15,6	36,2	69	367	743

Teadu on, et korraliku toidunisu kvaliteedi saamiseks peab nisu kasvuajal saama lisaks teistele toiteelementidele piisava koguse kergesti omastatavat lämmastiku. Loomulikult peab olema ka toidunisuks sobiv sort. Samuti ei tohiks kasvuperiood olla liiga sademeterikas, jahe ja vähese päikesepaistega. Kuna talinisu väetamine lämmastiku ja muude toiteelementidega oli tavaviljeluses suhteliselt korralik, suur osa suveperioodist põuane ja päikesepaisteline ning sort samuti sobiv, tagas see arvatavasti ka nisu terade kõrgema toorproteiini ja kleepvalgusisalduse. Maheviljeluse variantides aga kevadel ei väetatud. Teravilja-ristiku külvikorras ei piisanud ka haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku biomassi lagunemisel vabanevast lämmastikust, et tõsta toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus toidunisu sobivale tasemele.

Talinisu terade langemisarv oli kõrge nii mahe- kui tavaviljeluses, kuigi tavaviljeluses mõnevõrra kõrgem kui maheviljeluses. Kusjuures teravilja-ristiku külvikorras ristiku järel kasvatades oli terade langemisarv maheviljeluses isegi natuke suurem kui ülejäänud külvikordade mahevariantides teiste eelviljade järel. Terade langemisarv iseloomustab tärglise seisundit terades. Koristusperioodiga hilinemisel ja vihmaste ilmadega hakkab tärglis hüdrolüüsuma ja langemisarv vähenema. Kui see langeb alla 160 sekundi, ei sobi teradest saadav jahu küpsetamiseks (Older, H., 1999). Kuna talinisu koristati kohe peale valmimist, tagas see ka terade normaalse langemisarvu.

Terade mahumass oli maheviljeluses kõrgem, kuid tavaviljeluses. Mahumassist oleneb jahu väljatulek teradest. Suurema mahumassi korral saadakse rohkem jahu. Toidunisu mahumass peaks olema vähemalt 730 g/l, (soovitavalt 780 g/l). Kõigi külvikordade maheviljeluse variantides oligi mahumass suurem kui 780 g/l, kuid tavaviljeluses oli sellest väiksem. Kõrgema toidunisu kategooriale vastamiseks ongi vaja suuremat terade mahumassi.

Katseandmed näitasid, et talinisu terasaak suurenes KSM-meetme ja mahetaimekasvatuse viljavahelduse nõuetele vastavates külvikordades (teravilja-ristiku ja teravilja-vahekultuuri) just maheviljeluse tingimustes, võrreldes nõuetele mittevastava külvikorraga (teravilja-mono). Ristiku järgselt suurenes ka maheviljeluses kasvatatud talinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus. Teravilja-ristiku külvikorras oli see positiivne mõju suurim, kuna punane ristik kasvatati otseselt talinisu haljasväetiseks. Tavaviljeluses, kus talinisu väetati suuremate mineraalväetisenormidega, selline viljavahelduste mõju terasaagile aga puudus.

## Suvinisu umbrohtumus ja saaginäitajad

Katses kasvatatud suvinisu sortideks olid olenevalt aastast 'Mooni' või 'Hiie'. Suvinisu eelviljaks oli kõigis külvikordades talinisu. Kuigi on teada, et sama liiki teraviljade üksteisele järgnemine soodustab taimehaiguste, kahjurite jm negatiivsete mõjurite levikut, valiti selline järgnevus just KSM meetme viljavahelduse miinimumnõuetest tulenevalt, mis lubab sama teraviljaliigi üksteisele järgnemist kahe aasta jooksul. Eesmärgiks oli selgitada, kas sellise agronoomiliselt ebasobiva järgnevuse korral kompenseerivad näiteks liblikõieliste ja vahekultuuride kasvatamine need negatiivsed mõjurid ja annavad külvikorras parema saagikuse kui nõuetele mittevastavas teravilja-mono külvikorras. Teravilja-vahekultuuride

külvikorras kasvatati peale talinisu koristamist sügisperioodil suvinisu eelselt ka vahekultuure (2020. a keerispea, tatra, kesaredise segu ja 2021.–2023. a põldrõika, valge sinepi segu).

Mai ja juuni tugeva põua tõttu oli suvinisu areng katseaastatel kehv ja keskmised terasaagid olid maheviljeluses vaid 1300–2000 kg/ha. Ka tavaviljeluses jäi saagikus hoolimata korralikust väetamisest (keskmiselt N-141, P-23, K-52, S-20 kg/ha) alla 3000 kg/ha. Saagikust võis vähendada ka talinisu kui sama liiki teravilja eelnemine suvinisule.

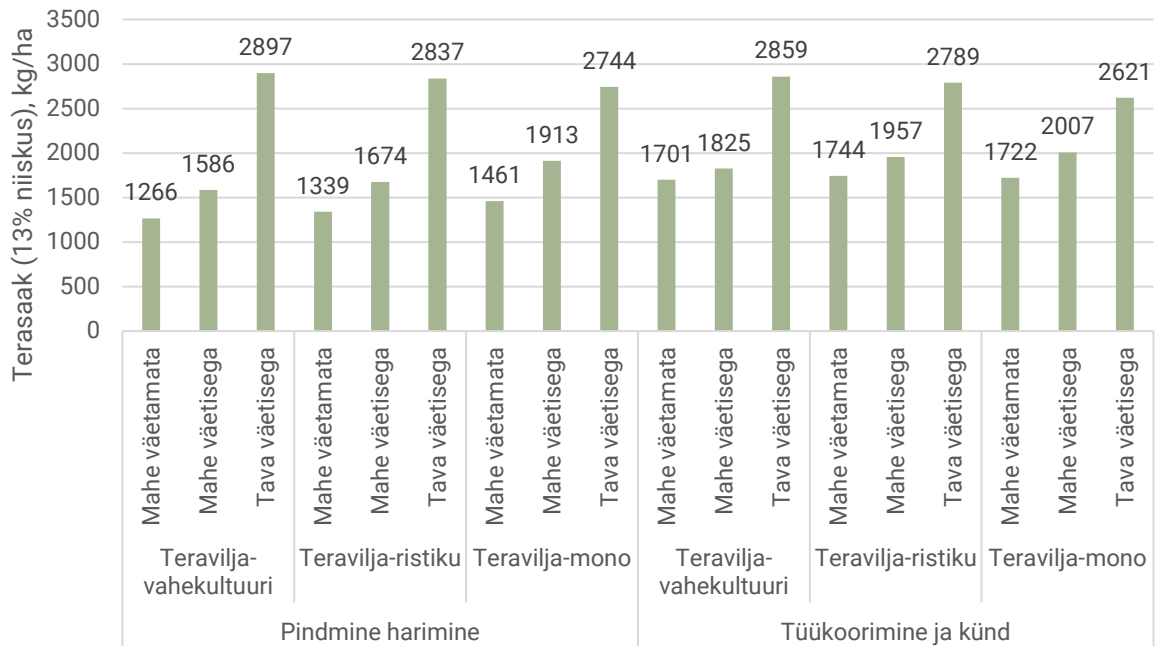
Põua tõttu loobuti 2023. a tavaviljeluses ka täiendava lämmastik-väävelväetise andmisest pealtväetisena, mida varasematel aastatel anti. Samuti ei pritsitud sel aastal haiguste tõrjeks fungitsiidiga, kuna taimehaigused kuivuse tõttu ei levinud ja pritsimine sellistes tingimustes võinuks soodustada taimede kemikaali stressi ja pärssida nende arengut veelgi.

Suvinisu umbrohtumust 2021. ja 2022. a otseselt ei hinnatud. Visuaalsel hinnangul oli see maheviljeluses siiski suurem kui tavaviljeluses, kus tehti keemilist umbrohutõrjet. Umbrohtumus polnud maheviljeluses neil aastatel siiski suur ja umbrohtude arengut pärssis ka mai-juuni põua periood.

2023. a määrati umbrohtude maapealne biomass katsevariantides juba otseselt. Kuna talinisu järgselt hariti sügisel osa põllust üksnes pindmiselt (5–10 cm) ja teisel osal tehti nii tüükoorimist kui kündi, mõjutas erinev harimine märgatavalt ka 2023. a suvinisu umbrohtumust ja seda peamiselt maheviljelusel. Nimelt suurenesid pindmisel harimisel väetamata maheviljeluses vegetatiivselt levivate umbrohtude (VLU) maapealne osakaal ja biomass (põldohakas, võilill, orashein, põld-piimohakas) võrreldes tüükoorimise ja künniga. Suurim VLU mass moodustus maheviljeluses pindmisel harimisel teravilja-ristiku külvikorras, kus domineerisid võilill ja põldohakas. Tavaviljeluses oli selles külvikorras mõnevõrra rohkem hariliku orasheina, mida kasutatud herbitsiid Ariane ei hävita. Varasemad katsed on näidanud, et ristiku või ristikurohke põldheina kasvatamine külvikorras võib soodustada orasheina levikut, kuna orashein heintaimena suudab nende kultuuride kasvutingimustega paremini kohaneda. Kuna ristikupõllul oli ka tühikuid, soodustas see aga maheviljeluses võilille levikut ja seda eriti just pindmisel harimisel. Avaldus ka statistiliselt usutav seos umbrohtude maapealse toormassi suurenemise ja terasaagi vähenemise vahel ( $r=-0,53$ ). Tugevaim oli see seos vegetatiivselt levivate umbrohtude (VLU) ja terasaagi vahel. Lühiealiste umbrohtude puhul jäi see seos aga nõrgaks, kuna nende biomass oli liiga väike, et suvinisu arengut pidurdada.

Tüükoorimise koos künniga oli VLU biomass maheviljeluse väike, kuna korduva ja eri sügavuses mullaharimisega kurnati need umbrohud välja.

Perioodi 2021–2023 keskmisena olid suvinisu terasaagid maheviljeluses tüükoorimisel koos künniga märgatavalt suuremad kui pindmisel harimisel (Joonis 3). Selle põhjuseks võis olla nii väiksem umbrohtumus, kui ka toiteelementide suurem vabanemine tänu intensiivsemale mullaharimisele. Tavaviljeluses, kus umbrohtumus oli väike, ei erinenud terasaagid oluliselt harimisviiside vahel.



Joonis 3. Suvinisu keskmine terasaak erineval mullaharimisel mahe- ning tavaviljeluses 2021.–2023. aastal

Külvikordade võrdluses ei erinenud keskmised terasaagid maheviljeluses oluliselt. Teravilja-ristiku külvikorras talinisule haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku positiivset järelmõju suvinisu terasaagile sisuliselt ei ilmnenu. Teravilja-mono külvikorras, kus oli väiksem umbrohtumus, olid terasaagid pigem isegi natuke suuremad, kui teistes külvikordades. Teravilja-vahekultuuri külvikorras jäid terasaagid väetamata mahe- ja väetatud maheviljeluses siiski mõnevõrra väiksemad kui teistes külvikordades. Maheviljeluses jäi suvinisu eelsete sügiseste vahekultuuride kasv katseaastatel kiduraks, kuna mullas oli ilmselt vähe omastatavaid toiteelemente, mida siduda. Osal katseaastatest oli sügisel ka taimekasvuts vähe sademeid. Seetõttu polnud maheviljeluses vahekultuuridel haljasväetisena sisuliselt mingit mõju suvinisu terasaagile.

**Pindmisel harimisel olid kasutatud väetised nii mahe- kui tavaviljeluses suvinisu terasaagi suurendamisel tõhusamad kui tüükoorimise ja künni puhul.**

**Vahekultuuride kasvatamisel võis olla mõningane mõju terasaagi suurenemisele tavaviljeluses. Maheviljeluses jäid vahekultuurid haljasväetisena kiduraks ega suurendanud terasaaki.**

Tavaviljeluses jäi märkimisväärne osa väetistega antud toiteelementidest aga põhikultuuri (talinis) poolt kasutamata ja vahekultuurid sidusid need ning selle arvelt moodustasid ka oluliselt suurema biomassi kui maheviljeluses. Kuna teravilja-

vahekultuuri külvikorras saadi perioodi keskmisena natuke suurem terasaak kui teistes külvikordades (teravilja-mono külvikorraga võrreldes näiteks 196 kg/ha e 7%), võis see tuleneda osaliselt ka vahekultuuride lagunemisel vabanenud toiteelementide omastamisest suvinisu poolt.

Orgaanilise maheväetisega Monterra Bio 10-7-1 väetamine (keskmiselt N-58, P-18, K-5, S-10 kg/ha) suurendas suvinisu terasaaki pindmisel harimisel külvikordade keskmisena 27% (369

kg/ha) ja tüükoorimisel koos künniga 12% (208 kg/ha). Seega polnud see väetis ja seda ilmselt ka põua tõttu, kuigi tõhus. Tavaviljeluses suurendas väetamine (keskmiselt N-141, P-23, K-52, S-20 kg/ha) pindmisel harimisel terasaaki keskmiselt 108% (1470 kg/ha) ja tüükoorimisel koos künniga 60% (1034 kg/ha). Pindmisel harimisel oli väetis seega nii mahe- kui tavaviljeluses tõhusam.

Suvinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus oli sarnaselt talinisule maheviljeluses kõrgeim teravilja-ristiku külvikorras. Mahevätise Monterra Bio-ga väetamine suurendas eeltoodud näitajaid kõigi külvikordade nisu terades (

**Tabel 3).** Korraliku toidunisu nõuetele vastas mahenisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus mahevätisega väetamisel ja seda kõigis külvikordades ja teravilja-ristiku külvikorras ka mittevätamisel. Seega võis talinisule haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku järelmõju suurendada ka suvinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldust. Tavaviljeluses oli proteiini ja kleepvalgusisaldus terades aga tänu korralikule väetamisele väga kõrge. Kusjuures kleepvalgusisaldus oli juba nii kõrge (üle 40%), et võib takistada taigna kerkimist (optimaalne vahemikku 25–32%). Terade gluteenindeks oli maheviljeluse variantides optimaalsel ja tavaviljeluses rahuldaval tasemel. Kusjuures väetamisel ja väetisekoguste suurenedes gluteenindeks vähenes.

**Teravilja-ristiku külvikorras oli suvinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus suurem kui ülejäänud külvikordades teiste eelkultuuride järel. Väetamine suurendas terade proteiini ja kleepvalgusisaldust ning tavaviljeluses ka mahumassi, vähendas aga gluteenindeksit.**

**Tabel 3.** Suvinisu terasaagi keskmised kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal

Külvikord	Viljelusviis	Toorproteiin kuivaines, %	Kleepvalk, %	Gluteen- indeks, %	Langemisarv, sek	Mahumass, g/l
Teravilja- vahe- kultuuri	Mahe väetamata	11,4	22,5	71	352	757
	Mahe väetisega	12,4	26,3	64	349	757
	Tava väetisega	17,2	43,6	47	326	768
Teravilja- ristiku	Mahe väetamata	12,1	25,6	66	343	763
	Mahe väetisega	13,2	29,5	61	333	761
	Tava väetisega	17,2	44,5	53	323	777
Teravilja- mono	Mahe väetamata	11,8	24,5	66	343	756
	Mahe väetisega	12,6	27,5	64	363	764
	Tava väetisega	17,1	44,3	54	357	775

Tänu õigeaegsele koristamisele oli suvinisu terade langemisarv kõrge nii mahe- kui tavaviljeluses. Väetamine suurendas mahumassi tavaviljeluses. Kuna mahumass oli nii mahe- kui tavaviljeluses suurem kui 730 g/l, vastas ka see näitaja toidunisu nõuetele. Baltic Agro AS 2023. a teravilja kvaliteedi kokkuostunõuete järgi vastanuks tavanisu 2. kategooria ja mahenisu 3.–4. kategooria toidunisu nõuetele (Baltic Agro, 2024).

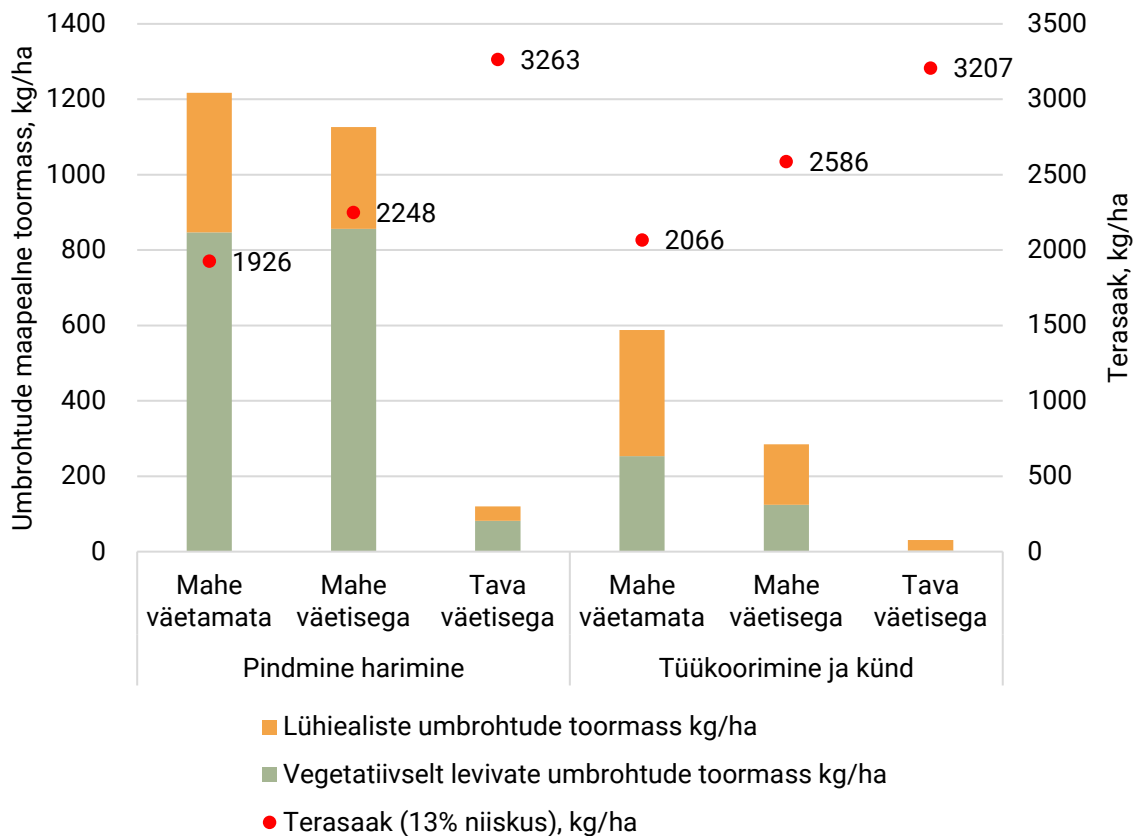
## Kaera umbrohtumus ja saaginäitajad

Katses kasvatatud suvinisu sortideks olid olenevalt aastast 'Steinar', 'Kusta' või 'Kalle'. Kaera eelviljaks oli suvinisu. Teravilja-vahekultuuride külvikorras kasvatati peale suvinisu koristamist ja kaerale eelnevalt ka vahekultuure. Teravilja-vahekultuuride ja teravilja-mono külvikorras külvati kaer puhaskülvinä. Teravilja-ristiku külvikorras külvati kaerale veel lisaks allakülvinä punane ristik 'Varte' või 'Ilte'. Tugeva kevadise põua tõttu see aga 2023. a ei tärnanud.

Nagu teistelgi teraviljadel pärssis kaera arengut katseperioodi mai ja juuni pöud. Samas pole varakult külvatud kaer suurema juurestiku tõttu põuaperioodile nii tundlik kui suvinisu. Pöua tõttu loobuti 2023. a tavaviljeluses täiendava lämmastik-väeveltäetise andmisest pealtvätisena, mida varasematel aastatel anti. Samuti ei pritsitud sel aastal haiguste tõrjeks fungitsiidiga, kuna taimehaigused kuivuse tõttu ei levinud ja pritsimine sellistes tingimustes võinuks soodustada taimedel kemikaali stressi ja pärssida nende arengut veelgi.

Kuna 2022. a võeti katses umbrohuproove kaerast vaid osaliselt, käsitletakse siin vaid 2021. ja 2023. a keskmisi umbrohunäitajaid.

Sellel külvikorralväljal mõjutas sügisene mullaharimisviis ja vahekultuuride eelnev kasvatamine umbrohtumust ja terasaaki külvikorras tugevasti. Nimelt umbrohtus põlluosa, kus maheviljeluses oli eelneval kahel aastal mulda pindmiselt haritud, võrdlemisi tugevalt vegetatiivselt levivate (VLU) umbrohtudega (Joonis 4). Nendeks umbrohtudeks olid põhiliselt põldohaks, põld-piimohakas ja orashein. Põlluosal, kus maheviljeluses oli eelnevalt tehtud tüükoorimist ja kündi jäi VLU maapealne toormass aga suhteliselt väikeseks. Vätatud mahekaer suutis tihedama seisu tõttu ka lühiealseid umbrohte (LEU) alla suruda. Tüükoorimisel koos künniga oli ka kaera terasaak maheviljeluses suurem. Kusjuures mahevätise (Monterra Bio) mõju terasaagile oli suurem just tüükoorimisel koos künniga, kus VLU umbrohud olid alla surutud. Nii suurenes kaera terasaak eeltoodud mullaharimisviisi juures vätamisel mahevätisega 25% (520 kg/ha), mis oli ka statistiliselt usutav muutus ( $p < 0,05$ ). Pindmisel harimisel suurenes terasaak 17% (322 kg/ha). VLU maapealse toormassi suurenemise ja terasaagi vähenemise vahel avaldus maheviljeluses ka statistiliselt usutav seos ( $p < 0,05$ ;  $r = -0,42$ ). LEU-ga selline seos puudus, kuna nende mass ja osakaal kogu umbrohtumusest oli katsevariantides üldiselt väike. Tavaviljeluses, kus umbrohutõrjet tehti herbitsiidiga, jäi umbrohtumus üldiselt väikeseks ja kaera saagikust praktiliselt ei mõjutanud.



Joonis 4. Kaera keskmine umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel mahe- ja tavaviljeluses 2021. ja 2023. aastal

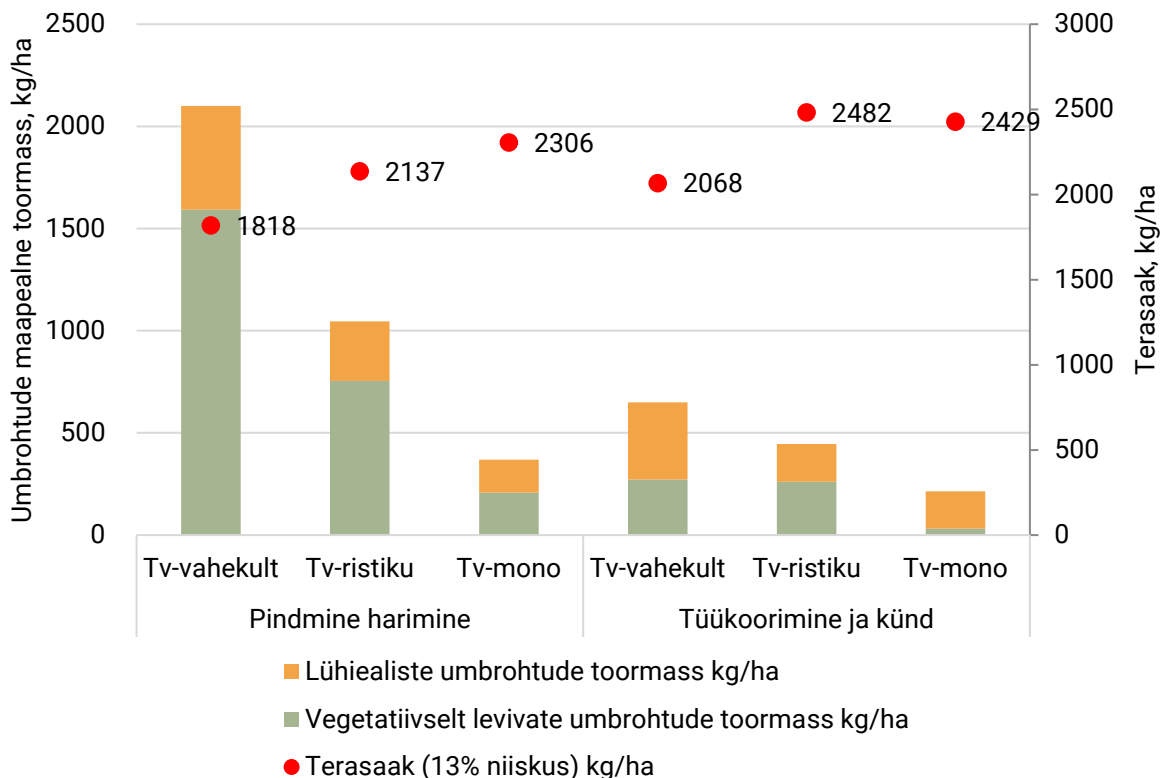
Teraviljade-vahekultuuri külvikorras oli maheviljeluses VLU toormass pindmisel harimisel oluliselt suurem (statistiliselt usutav,  $p < 0,05$ ) kui teistes külvikordades (Joonis 5). Nii paradoksaalne kui see ka pole, olid sellise suure umbrohtumuse üheks põhjustajaks teraviljade-vahekultuuri külvikorras sügiseste vahekultuuride eelneva kasvatamisega kaasnevad agrotehnilised probleemid umbrohtude tõrjumisel. Nimelt ei saanud samal põllul kahel aastal järjest vahekultuuride kasvatamise tõttu teha sügisperiodil pindmisel mullaharimisel korralikku mehhaanilist umbrohutõrjet. Enne vahekultuuride külvi hariti pool põllust vaid üks kord pindmiselt rullrandaaliga ja siis külvati kohe vahekultuur, mis jäi kevadeni mulda katma. Nagu katseaastad on näidanud, soodustab see aga VLU mullasiseste organite tükeldamisega nende paljunemist ja umbrohtumuse olulist suurenemist ning terasaagi vähenemist maheviljelusel. Poolel põlluosal, kus vahekultuurid künti novembri alguses mulda, kurnati eelneva tüükoorimise ja künni koosmõjul VLU suhteliselt edukalt välja ja seal oli VLU mass maheviljeluses oluliselt väiksem ning terasaak suurem.

Teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras, kus sügisesi vahekultuure ei kasvatatud, sai eelnevatel aastatel sügisel aga mulda intensiivsemalt harida. Poolel põllul hariti pindmiselt kaks korda ja teisel poolel tehti kaks pindmist tüükoorimist ning lõpuks künti. Kuigi ka nendes külvikordades oli maheviljeluses pindmisel harimisel VLU mass oluliselt suurem kui tüükoorimisel koos künniga, jäi see siiski tänu kahekordsele pindmisele harimisele

**Teraviljade-vahekultuuri külvikorras, kus eelneva aasta sügisel kasvatati vahekultuure ja mulda hariti sügisel enne vahekultuuride külvi pindmiselt, umbrohtus kaer maheviljeluses tugevalt vegetatiivselt levivate umbrohtudega, mis põhjustas ka terasaagilanguse. Kui vahekultuuride külvi eelselt tehti tüükoorimist ja novembri alguses künti vahekultuurid mulda, oli umbrohtumus oluliselt väiksem. Teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras, kus vahekultuure ei kasvatatud ja sügisperioodil sai mulda rohkem harida, oli umbrohtumus väiksem ja kaera terasaak suurem.**

väiksemaks kui teravilja-vahekultuuri külvikorras, kus hariti vaid üks kord. Teravilja-mono külvikorras oli VLU mass väiksem, kuna siin sai teraviljade vaheldumise tõttu mulda kõige intensiivsemalt harida. Teravilja-ristiku külvikorras ei saanud punase ristiku allakülvi tõttu ühe aasta sügisel mulda harida ja see vähendas mõningal määral ka

mullaharimise mõju VLU väljakurnamisele. Lisaks soodustasid siin VLU levikut ka tühikud ristiku põllul.



Joonis 5. Kaera keskmine umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel külvikordades maheviljeluses 2021. ja 2023. aastal

Kuna külvikordades olid erineva mullaharimise tõttu suured erinevused umbrohtumuses, mõjutas see ka kaera terasaake. Nii oli pindmisel harimisel teravilja-mono külvikorras, kus umbrohtumus kõige väiksem, mahekaera terasaak teravilja-vahekultuuri külvikorra kaera

terasaagist 488 kg/ha (27%) ja teravilja-ristiku külvikorra terasaagist 169 kg/ha (8%) suurem. Tüükoorimisel koos künniga, kus VLU olid alla surutud ja terasaagid suuremad, tuli aga paremini välja teravilja-ristiku külvikorras haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku positiivne järelmõju külvikorras. Nimelt saadi selles külvikorras suurim mahekaera terasaak.

Vahekultuuride kasvatamist propageeritakse kui vahendit toiteelementide leostumise vältimiseks sügis-talve perioodil, kultuuride saagikuse ja mulla orgaanilise C varu suurendamisel ning isegi umbrohtude allasurumisel. Väited umbrohtude allasurumise kohta põhinevad enamasti uuringutel, mis on tehtud tüükoorimise ja künnipõhise mullaharimise foonil. Selle uuringu tulemused näitavad, et kui pindmise mullaharimise kasutamisel maheviljeluses hakata teraviljade vahel kasvatama sügisperioodil vahekultuure, ei saa VLU umbrohte tõhusalt tõrjuda ja umbrohtumus võib kujuneda tõsiseks probleemiks. Kui suureks see probleem kujuneb, seda aitabki selgitada pikem külvikorrotatsioonide võrdlus.

Tavaviljeluses suurenes 2023. a. teravilja-vahekultuuri külvikorras hariliku orasheina levik. Orasheina hävitavat herbitsiidi aga katseaastatel ei kasutatud ja seetõttu leviski see umbrohi siin rohkem. Kui aga samas külvikorras tehti tüükoorimist koos künniga, orasheina katsevariandis peaaegu polnudki. Orasheina suurem levik pindmises harimises vähendas ilmselt ka tavakaera terasaaki, mis oli 474 kg/ha (15%) väiksem kui ülejäänud külvikordades. Orasheina tõrjumiseks oleks siin juba vaja edaspidi teha lisapritsimine kas glüfosaadiga vm orasheina hävitava herbitsiidiga. Keemilise taimekaitse suurendamine vähendaks aga sel juhul ka tootmise keskkonnasõbralikust pindmises harimises.

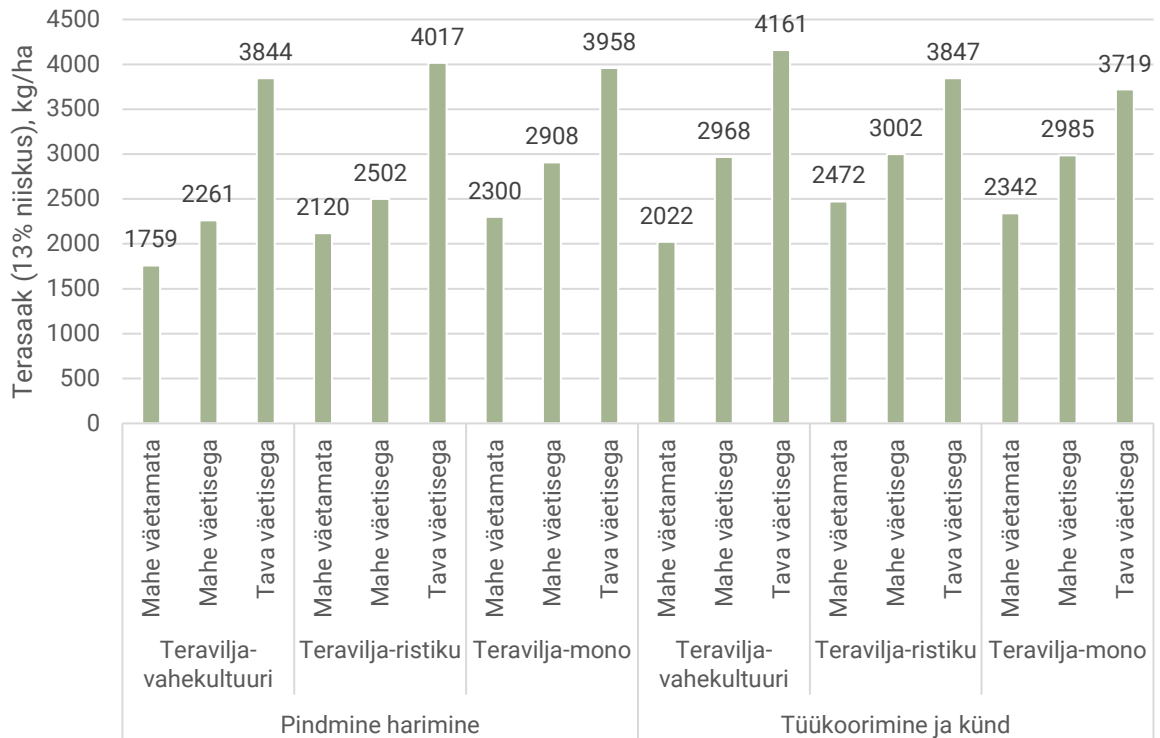
Kolme aasta keskmisena (2021.–2023. a) olid mahekaera terasaagid tüükoorimisel koos künniga suuremad kui pindmises harimises (Joonis 6). Lisaks väiksemale umbrohtumusele võis terasaaki tüükoorimisel koos künniga suurendada ka intensiivsema mullaharimise tõttu toiteelementide kättesaadavamaks muutmine ja haigustekitajate vähendamine mullas.

**Mahevätise (Monterra Bio) mõju kaera terasaagile suurenes tüükoorimise ja künni korral, kus vegetatiivselt levivad umbrohte oli vähe ja see saagikust ei mõjutanud. Umbrohtumuse kasv pindmises harimises vähendas aga väetise tõhusust.**

Suuremast umbrohtumusest pindmises harimises teravilja-vahekultuuri külvikorras tulenevalt jäi kaera keskmine terasaak maheviljeluses oluliselt väiksemaks kui teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras. Teravilja-mono külvikorras oli aga terasaak väikseima umbrohtumuse juures suurim. Mahevätise Monterra Bio 10-7-1 andmisel

(keskmiselt N-47, P-14, K-4, S-8 kg/ha) suurenes kaera terasaak pindmises harimises külvikordade keskmiselt 24% kg/ha (498 kg/ha) ja tüükoorimisel koos künniga 31% (706 kg/ha). Märkimisväärseim saagitõus oli teravilja-vahekultuuri külvikorras, kus pindmises harimises oli see 29% (502 kg/ha), kuid tüükoorimisel koos künniga koguni 47% (946 kg/ha).

Seega oli vastupidiselt suvinisule siin hoopis tüükoorimisel koos künniga saagitõus suurem kui pindmises harimises. Suurem saagitõus võis tuleneda sellest, et VLU saadi kombineeritud mullaharimisega kontrolli alla ja need saagikust sel juhul ei mõjutanud.



Joonis 6. Kaera keskmine terasaak külvikordades erineval mullaharimisel mahe- ning tavaviljeluses 2021.–2023. aastal

Tavaviljeluses olulisi saagierinevusi enamuse variantide vahel aastate keskmisena polnud. Kuigi teravilja-ristiku külvikorras anti N ristiku allakülvi tõttu oluliselt vähem (keskmiselt N-78, P-21, K-47 ja S-8 kg/ha), kui teravilja-vahekultuuri ja teravilja-mono külvikorras (keskmiselt N-100, P-23, K-52 ja S-15 kg/ha), ei erinenud terasaagid külvikordades oluliselt. Teravilja-ristiku külvikorras ei antud ka täiendavat pealtväetist. See osutab ilmselt sellele, et põuase kasvuperioodi tingimustes polnud suurem väetisekogus kaera saagi suurendamiseks vajalik.

Siiski on näha, et teravilja-vahekultuuri külvikorras oli tüükoorimisel koos künniga kaera terasaak teiste tavavariantidega võrreldes suurem, mis ületas teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras kasvanud kaera terasaaki sama mullaharimisviisi juures vastavalt 8% (314 kg/ha) ja 12% (442 kg/ha). Siin võis saagikust suurendada ka kaera eelselt kasvatatud sügiseste vahekultuuride mõju haljasväetisena.

Sügisel külvatavate vahekultuuride kasv oleneb aga väga palju sellest, kui varakult saab need peale põhikultuuri koristamist külvata ja milline on sademete hulk ja temperatuur nende kasvu perioodil. Samuti mõjutab nende kasvu see, kui palju on mullas põhikultuurist kasutamata jäänud toiteelemente, mida siduda. Näiteks 2022. a oli august, september ja oktoober suhteliselt sademetevaene (Joonis 1) ja veepuudus mullas takistas tugevalt vahekultuuride tärkamist ning nende edasist arengut. Seetõttu jäi nende biomass ja mõju terasaagile väikeseks. Seevastu 2021. a tuli juuli lõpus ja augustis aga sademeid korralikult. Varase põhikultuuri valmimise ja koristamise tõttu sai vahekultuurid (põldrõika ja valge sinepi segu) külvata suhteliselt varakult (juuli lõpus) ja niiskesse mulda, mis soodustas tärkamist. Lisaks jäi tavaviljeluses kaerale eelneva suvinisu poolt põuaperioodi tõttu suur hulk väetistega antud toiteelementidest kasutamata, mida niiskes mullas vahekultuurid ka sidusid. Selle arvelt

**Peale põhikultuuri koristamist külvatud vahekultuuride mõju mulla toiteelementide sidumisele ja järgnevale kaera terasaagile olenes tugevalt nende külvamise ajast ja sügisperioodi sademete hulgast. Tavaviljeluses moodustasid vahekultuurid mullas eelkultuuri poolt kasutamata jäänud toiteelementide omastamise arvel oluliselt suurema biomassi kui maheviljeluses. Tüükoorimise ja künni variandis, kus vahekultuurid künti novembri alguses mulda, suurendasid nad haljasväetisena ka järgneva tavakaera terasaaki. Väetamata maheviljeluses, kus vahekultuuride kasv oli toiteelementide puuduse tõttu kidur, mõju terasaagile puudus.**

moodustasid vahekultuurid mitu korda suurema biomassi kui teistel aastatel. Tüükoorimise ja künni variandis sai novembris sisseküntud vahekultuuride lagunemisel 2022. a külvatud tavakaer neid toiteelemente kasutada ning terasaak suurenes teravilja-mono ja teravilja-ristiku külvikorras kasvanud kaeraga võrreldes

märkimisväärselt (ligikaudu 1000 kg/ha e 20%). Vahekultuuride võimsam kasv ilmnas 2021. a ka väetatud mahevariandis, kus VLU umbrohud olid tüükoorimise ja künni mõjul alla surutud ning kaera terasaak suurenes teravilja-mono ja teravilja-ristiku külvikorras kasvanud mahekaeraga võrreldes üle 450 kg/ha e ligikaudu 13%.

Ülejäänud võrdlusaastatel, kus vahekultuuride mass oli ka tavaviljeluses oluliselt väiksem, jäi nende mõju järgneva aasta terasaagi suurendamisel oluliselt tagasihoidlikumaks või puudus üldse. Pindmisel harimisel jäid 1-aastased vahekultuurid küll kevadeni mulda katma. Kuid talvekülma tõttu nad hävisid. Mujal tehtud uuringud on näidanud, et sellisel juhul võivad nad kaotada ka suure hulga kuivainest ja orgaanilisest C-st, millest osa kaob emissiooni käigus. Kuigi järelejäänud biomass hariti kevadel kultivaatoriga pindmiselt mulda, polnud sellel massil siiski sellist mõju kaera terasaagile, kui massi sügisesel muldaviimisel. Kas see tendents ka edaspidi säilib, vajab järgmises külvikorrotatsioonis selgitamist.

Väetamata maheviljeluses oli aga vahekultuuride kasv mulla toitainepuuduse tõttu kõigil aastatel kidur ja seetõttu nad ühelgi aastal kaera terasaaki ei suurendanud.

Kaera terasaak suurenes väetatud tavaviljeluses teravilja-vahekultuuri ja teravilja-mono külvikorras väetamata maheviljelusega võrreldes pindmisel harimisel keskmiselt 1872 kg/ha e 92% ja tüükoorimisel koos künniga 1758 kg/ha e 81%. Teravilja-ristiku külvikorras, kus väetist anti ristiku allakülvi tõttu vähem, oli terasaagi suurenemine väetamata maheviljelusega võrreldes pindmisel harimisel keskmiselt 1897 kg/ha e 89% ja tüükoorimisel koos künniga 1375 kg/ha e 56%. Pindmisel harimisel oli saagitõus ilmselt suurem seetõttu, et võrreldavas maheviljeluses vähendas suurem umbrohtumine selle harimisviisi korral ka terasaake, kuid tüükoorimisel koos künniga umbrohtumus saagikust oluliselt ei mõjutanud.

Kaera terasaak oli tavaviljeluses katseaastate jooksul siiski märgatavalt suurem kui tali- ja suvinisul, kuigi lämmastikku anti väetistega vähem. Maheviljeluses ületasid kaera terasaagid nisu terasaake sel juhul, kui umbrohtumus suudeti hoida kontrolli all. Kui kaer külvata varakult, mil mullas on veel parajalt niiskust, areneb tal teistest teraviljadest võimsam ja sügavamale tungiv juurestik, mis võimaldab ka mullas olevaid toiteelemente tõhusamalt omastada. Külviga hilinemise ja kuiva mulla suhtes on aga kaer isegi tundlikum, kui teised teraviljad ja tugevat juurekava tal sel juhul ei moodustu.

Kaera terade toorproteiinisaldus suurenes väetamisel tavaviljeluses maheviljelusega võrreldes märgatavalt (Tabel 4). Mahevätisega väetamine suurendas proteiinisaldust vaid pisut. Teravilja-ristiku külvikorras oli maheviljeluses terade proteiinisaldus natuke suurem kui ülejäänud külvikordades. Võimalik, et siin ilmnes ka (talinisule) haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku järelmõju. Teravilja-ristiku külvikorras oli tavaviljeluses terade proteiinisaldus mõnevõrra väiksem kui teistes külvikordades, mis või tuleneda sellest, et allakülvi tõttu anti vähem lämmastikväetist. Terade mahumass jäi väikeseks nii mahe- kui tavaviljeluses (alla 500) ega vastanud toidukaera nõuetele.

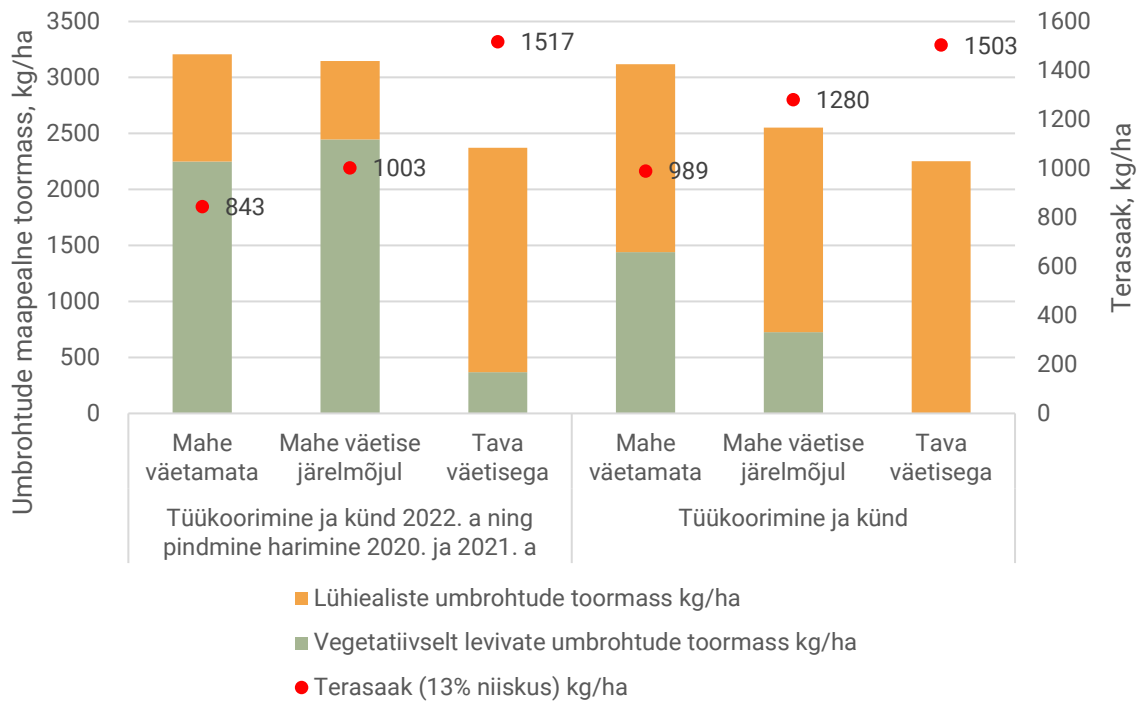
Tabel 4. Kaera terasaagi keskmised kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal

Külvikord	Viljelusviis	Toorproteiin kuivaines, %	Mahumass, g/l
Teravilja-vahekultuuri	Mahe väetamata	11,2	485
	Mahe väetisega	11,3	482
	Tava väetisega	13,9	483
Teravilja-ristiku	Mahe väetamata	11,4	482
	Mahe väetisega	11,6	476
	Tava väetisega	13,2	482
Teravilja-mono	Mahe väetamata	11,2	487
	Mahe väetisega	11,3	490
	Tava väetisega	13,9	479

### Põldherne ja suviadra umbrohtumus ning saaginäitajad

Põldhernest 'Aurelia' kasvatati vaid teravilja-vahekultuuride külvikorras. Tema eelviljaks oli kaer.

Katseaastate põud pärssis põldherne kasvu tugevalt. Maheviljeluses ei ole hernes katseperioodil suutnud umbrohtudega konkureerida, mistõttu ta on olnud üldiselt kõigil aastatel tugevasti umbrohtunud. Umbrohtumust määrati põldhernes otseselt 2023. a. Sellel aastal oli põua mõju herne saagikuse pärssimisele kõige tugevam. Põlluosal, kus eelneval aastal tehti tüükoorimist koos künniga, kuid kahel varasemal aastal (2020. a tali- ja 2021. a suvinisu järgselt) hariti vaid pindmiselt, oli VLU toormass oluliselt suurem võrreldes põlluosaga, kus igal aastal tehti tüükoorimist koos künniga (Joonis 7). Seega ei suudetud ühe aastase kombineeritud mullaharimisega VLU kontrolli alla saada. Jooniselt on selgelt näha ka tendents, et kui tüükoorimisel koos künniga VLU mass vähenes, siis lühiealiste umbrohtude (LEU) mass suurenes. Sellele osutas ka statistiliselt usutav negatiivne korrelatsioon VLU ja LEU toormassi vahel ( $r=-0,60$ ). Seega hõivasid lühiealised umbrohud VLU-de allasurumisel hõredas ja madalas hernes vaba kasvupinna. Tavaviljeluses jäi põua tingimustes herbtsiidi Corum mõju LEU umbrohtudele nõrgaks ja nende mass oli isegi oluliselt suurem kui maheviljeluses. Arvatavasti soodustas väetamine tavaviljeluses ka LEU arengut. VLU umbrohtude mass oli tavaviljeluses, kus varem oli ka pindmiselt haritud, siiski väike. Variandis, kus oli tehtud vaid tüükoorimist ja kündi, neid katselappidel polnudki.



Joonis 7. Põldherne umbrohtumus ja terasaak mahe- ning tavaviljeluses teraviljade-vahekultuuri külvikorras 2023. aastal

Tüükoorimisel koos künniga, kus VLU mass jäi väiksemaks, oli samas ka herne terasaak suurem. VLU ja LEU maapealse toormassi suurenemise ja terasaagi vähenemise vahel avaldus ka selge statistiliselt usutav seos (vastavalt  $r=-0,68$  ja  $r=-0,58$ ). Seega mõjutas nii VLU kui ka LEU umbrohtumus herne terasaaki märgatavalt.

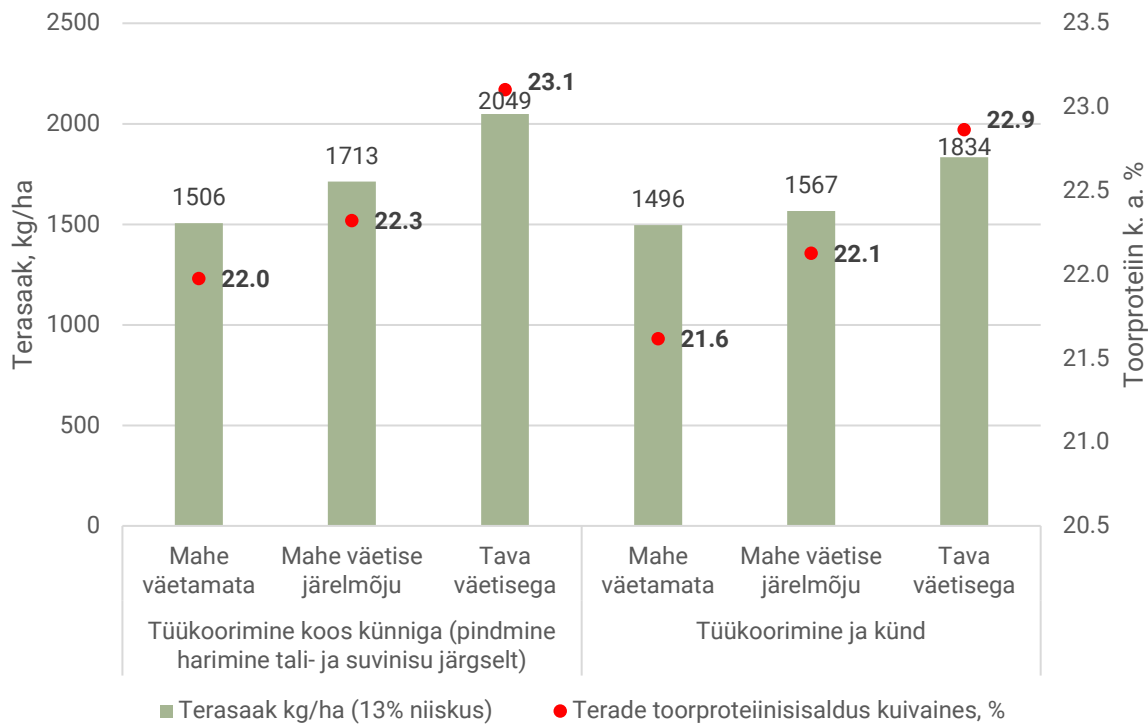
Probleemiks on aga põldhernes kujunenud tuulekaera levik. Tuulekaer tärkab kogu vegetatsiooniperioodi jooksul ja suudab teraviljadega edukalt konkureerida. Tärgranud tuulekaera hävitamine äestamisega pole kuigi tõhus. See teeb tema tõrjumise maheviljeluses keeruliseks.

**Põldhernes pole maheviljeluses suutnud umbrohtudega konkureerida ja on katseaastate jooksul tugevasti umbrohtunud ning herne terasaagid on jäänud väikeseks. Varasema pindmise mullaharimise asendamine tüükoorimise ja künniga herne kasvatamise eelsel sügisel polnud piisav vegetatiivselt levivate umbrohtude kontrolli alla saamiseks.**

Kolme aasta keskmisena (2021–2023) ei erinenud mahe- ja tavaviljeluses põldherne terasaagid harimisviiside vahel siiski oluliselt, kuigi olid pindmise harimise järelmõjul natuke suuremad (Joonis 8). Nii mahe- kui tavaviljeluses oli terasaak väike. Maheviljeluses põldhernele väetist otse ei antud. Väetise järelmõjul olid terasaagid siiski natuke suuremad kui mitteväetamisel. Tavaviljeluses anti väetist igal aastal (keskmiselt N-31, P-20, K-

38, S-14 kg/ha), kuid terasaagitõus jäi väetamata maheviljelusega võrreldes siiski pigem tagasihoidlikuks. Nii suurenes põlluosal, kus tali- ja suvinisu järgselt oli põldu varem pindmiselt haritud, terasaak tavaviljeluses 36% (543 kg/ha) ja kus oli kõigil aastatel tehtud tüükoorimist koos künniga 23% (338 kg/ha).

Väetamine suurendas ka herne terade toorproteiinisaldust. Tavaviljeluses oli see suurim. Kuid ka maheväetise järelmõju variandis oli terade proteiinisaldus suurem kui väetamata maheviljeluses.



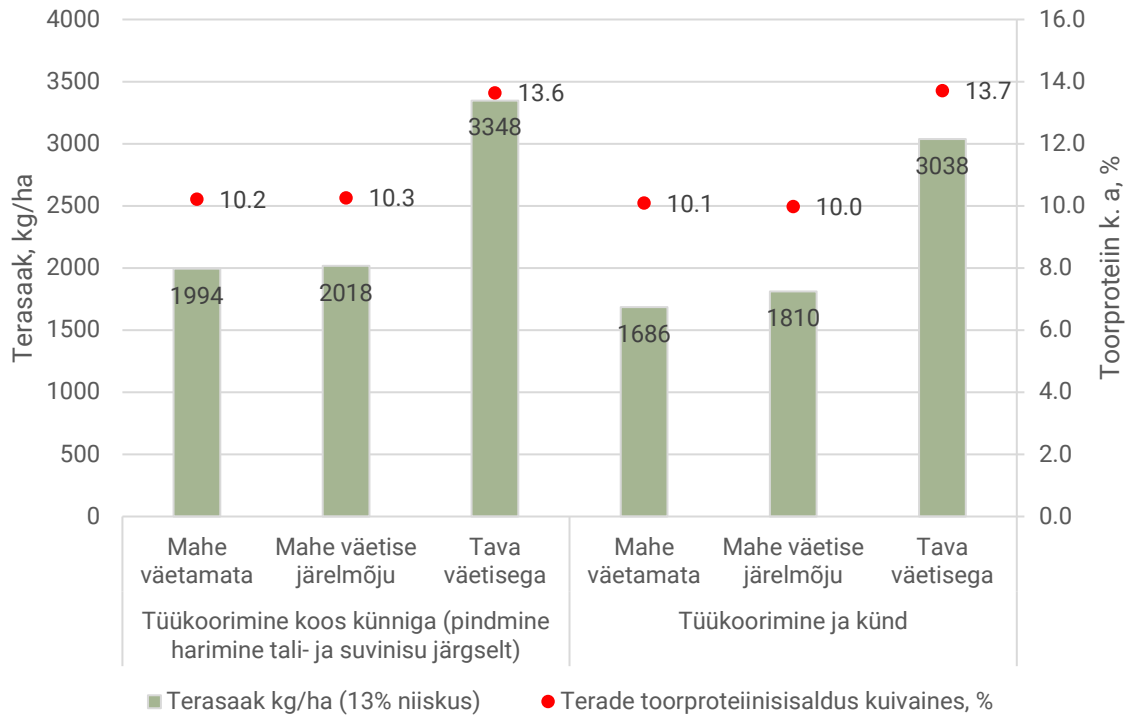
Joonis 8. Põldherne keskmine terasaak mahe- ning tavaviljeluses erineval mullaharimisel teraviljade-vahekultuuri külvikorras 2021.–2023. aastal

Suviotra kasvatati vaid teravilja-mono külvikorras ja eelviljaks oli kaer. Odra sortideks olid katseaastatel 'Maali' või 'Tuuli'.

Suviotra umbrohtumus jäi katseaastate jooksul külvikorras siiski suhteliselt väikeseks. Umbrohtude levikut võis siin takistada ka mõnevõrra intensiivsem sügisene mullaharimine külvikorrarotatsiooni jooksul võrreldes teiste külvikordadega. Suvioter tärkab ja kasvab kevadel teistest kultuuridest mõnevõrra kiiremini ja hea võrsumise tõttu on ta suutnud ka LEU alla suruda. Sarnaselt põldhernega on ka suviotras levima hakanud tuulekaer. Kõrrelisena suudab ta teraviljadega edukalt konkureerida ja tema tõrjumine mahevilljeluses on keeruline.

**Teravilja-mono külvikorras kasvanud suviotra põllul oli umbrohtumus põllu osal, kus varasematel aastatel kasutati ka pindmist harimist, suurem, kui põlluosal, kus igal aastal tehti tüükoorimist koos künniga. Tervikuna oli aga umbrohtumus väike ja odra terasaaki ei mõjutanud.**

Suviotra umbrohtumust määrati otseselt samuti 2023. a. Kuid siingi, sarnaselt põldhernele, oli põlluosal, kus eelneval aastal tehti tüükoorimist koos künniga, aga kahel varasemal aastal (2020. ja 2021. a) hariti vaid pindmiselt, VLU toormass suurem, kui põlluosal, kus igal aastal tehti tüükoorimist koos künniga. Sarnaselt põldhernega, avaldus ka suviotras statistiliselt usutav seos, et kui VLU maapealne toormass vähenes, siis LEU massi suurenes ( $r=-0,60$ ). Kuna umbrohtumus oli põllul tervikuna väike, ei mõjutanud see siiski suviotra terasaaki.



Joonis 9. Suviotra keskmine terasaak mahe- ning tavaviljeluses teravilja-mono külvikorras 2021.-2023. aastal

Sarnaselt põldhernele ei väetatud ka suviotra mahevätisega. Mahe väetiste järelmõju variandis oli odra terasaak vaid natuke suurem kui väetamata maheviljeluses (Joonis 9). Tavaviljeluses väetati mineraalväetisega (keskmiselt N-100, P-23, K-52, S-15) ja terasaak suurenes väetamata maheviljelusega võrreldes keskmiselt 74% (1352 kg/ha). Harimisviiside võrdluses olid terasaakide vahel väikesed erinevused. Sarnaselt põldhernele olid terasaagid natuke suuremad variantides, kus tali- ja suvinisu järgselt oli külvikorras pindmiselt haritud. Kusjuures väetamata mahe- ja tavaviljeluses olid saagierinevused harimisviiside vahel ka statistiliselt usutavad ( $p < 0,05$ ).

Väetamine tavaviljeluses suurendas märgatavalt ka odra terade toorproteiinisaldust.

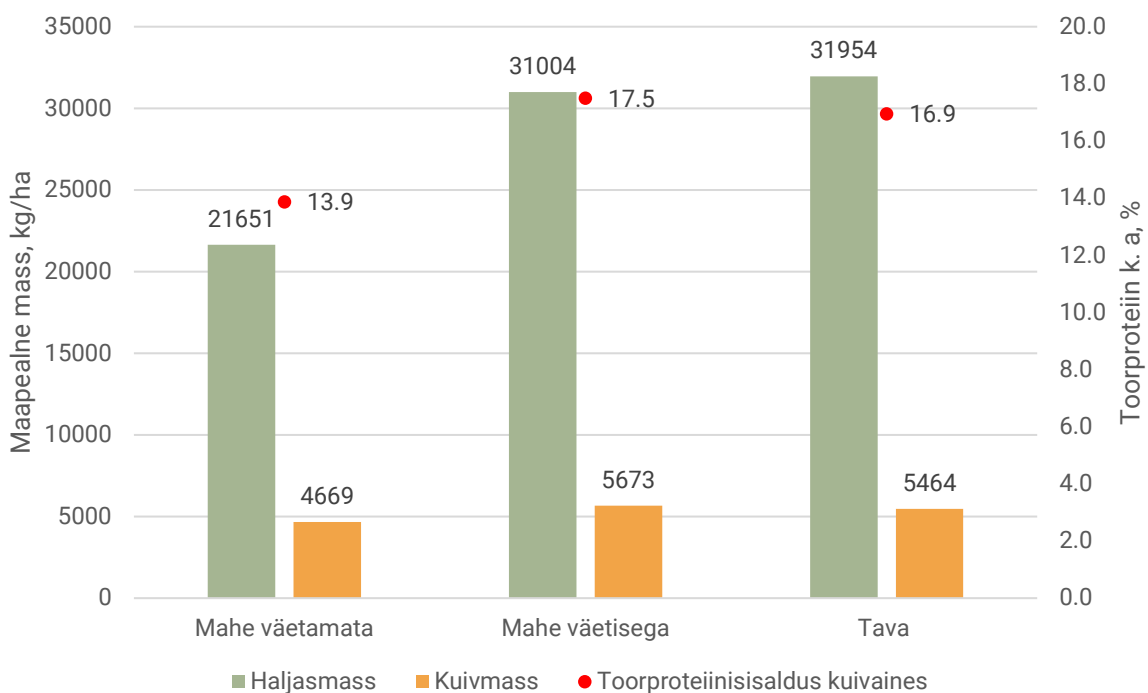
### Punase ristiku saaginäitajad

Teravilja-ristiku külvikorras kasvatati haljasväetiseks kas varast punast ristikut 'Varte' (2020. ja 2021. a) või hilist punast ristikut 'Ilte' (2022. ja 2023. a). 2020. a külvati ristik katse rajamise tõttu aprilli 3. dekaadi ja hariti samal aastal enne talinisu külvi mulda. Edaspidi külvati ristik aga eelneva aasta kevadel kaera allakülvina ja kasvatati järgneval aastal haljasväetiskultuurina. Haljasmass purustati põllule, randaaliti ja künti haljasväetiseks mulda enne talinisu külvi.

Punast ristikut eelneva aasta teraviljale alla külvates katab see peale teravilja koristust sügisel ja talvel põllu ja seob mulla liikuvaid toiteelemente, takistades leostumist. Järgneval aastal ristikut haljasväetiseks kasvatades tagastatakse selle biomassiga mulda aga suurem hulk toitelemente, mida järgnev kultuur saab kasutada. Samuti suureneb ristiku biomassi süsiniku arvelt mulla orgaanilise süsiniku sisaldus.

Sarnaselt teraviljadele pidurdas ristiku arengut katseaastatel tugevasti mai ja juuni pöud. 2023. a oli pöud nii tugev, et taimede areng mais ja juunis isegi seiskus ega jõudnud isegi öitsemisfaasi ja jätkus alles juulis ja augustis, kui sademeid uuesti tuli. Seetõttu jäi suve esimesel perioodil ristiku maapealne mass nii väikseks, et jäi tegemata ka massi tavapärase hekseldamine. Varasematel aastatel, kui sademeid on olnud rohkem, on ristik moodustanud suve esimesel poolel ka korraliku maapealse biomassi, mis on põllule hekseldatud. Seejärel on ädal lastud uuesti kasvama ning augusti lõpus või septembri alguses see mulda küntud. Sellistes tingimustes jäi allakülviga rajatud punase ristiku maapealne mass täiskasvuaastal (2023) oluliselt väiksemaks kui tavaliselt.

Kevadel antud mahevätise Ecoplant Humi või Patentkali (keskmiselt P-4, K-28, S-8, Ca-13, Mg-10 kg/ha) mõjul oli punase ristiku maapealne haljasmass maheviljeluses 43% (9353 kg/ha) ja kuivmass 22% (1004 kg/ha) suurem (Joonis 10). Tavaviljeluses väetati ristikut üksnes 2020. (NPK mineraalväetisega N-13, P-8, K-30 kg/ha) ja 2022. a (Ecoplant Humi P-5, K-25, S-3, Ca-17, Mg-10 kg/ha). Ülejäänud aastatel kasutas ristik eelnevate aastate väetamise järelmõju. Ristiku maapealne keskmine kuivmass oli tavaviljeluses natuke väiksem kui väetatud maheviljeluses kuid haljasmass natuke suurem.



Joonis 10. Punase ristiku maapealse massi keskmised saaginäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2020.–2023. aastal

Väetamine suurendas ka ristiku maapealse massi kuivaine toorproteiinisisaldust. Kui mitteväetamisel oli maheviljeluses ristiku keskmine toorproteiinisisaldus 13,9%, siis väetatud maheviljeluses 17,5% ja tavaviljeluses väetiste otse- ja järelmõju tulemusel 16,9%. 2023. a oli ristiku toorproteiinisisaldus juunikuise hekseldamise ära jätmise tõttu tunduvalt väiksem, kui ülejäänud aastatel.

Ristiku maapealse massiga seoti väetamata maheviljeluses N-104, P-11, K-98, C-1988 kg/ha, väetatud maheviljeluses N-154, P-14, K-126, C-2425 kg/ha ja tavaviljeluses N-153, P-14, K-136, C-2329 kg/ha. Võttes arvesse ka juurtes (arvestuslikult 40% haljasmassist) sisalduvad toiteelemendid, saab öelda, et punase ristiku haljasväetise väetusväärtus võib olla päris märkimisväärne, mis annab võimaluse vähendada ka mineraalväetise normi järgnevale kultuurile. Kuigi järgnev kultuurtaim omandab neist elementidest vaid osa ja osa neist seotakse püsivamalt mulla orgaanilise ja mineraalse varu koostisesse, siis ristiku kiire

**Haljasväetiseks kasvatatava punase ristiku biomass ja seotud NPK ning C kogus suurenesid mahevätiste Ecoplant Humi või Patentkaliga kevadisel väetamisel märkimisväärselt. See suurendas ka haljasväetise väetusväärtust.**

lagunemise tõttu teatav kogus neist elementidest (põhiliselt N) mulda kündmisel arvatavasti ka leostub. Seetõttu ei oleks leostumise vähendamiseks alati mõttekas haljasväetist sisse künda, kui maa jääb sügis-talvisel perioodil kultuurideta. Talivili aitab neid liikuvaks muutunud

toiteelemente paremini siduda. Suviteraviljade kasvatamisel on mõistlikum haljasväetis sisse künda aga järgneval kevadel.

Maheviljeluse ilmnes suhteliselt selgelt eelmise katse ajal põllule antud tahesõnniku mõju ristiku saagikusele. Sõnnikuga väetamine lõpetati katsealal 2019. aastal. Varem sõnnikut saanud katselappidel oli ristiku haljasmass väetamata maheviljeluses keskmiselt 28% (5378 kg/ha) ja kuivmass 12% (543 kg/ha) suurem kui sõnnikut mittesaanud lappidel. Väetatud maheviljeluses oli sõnniku järelmõju lappidel ristiku haljasmass 17% (4903 kg/ha) ja kuivmass 11% (608 kg/ha) suurem.

### **Vahekultuuride saagikuse ja seotud toiteelementide ning nitraatide leostumise näitajad**

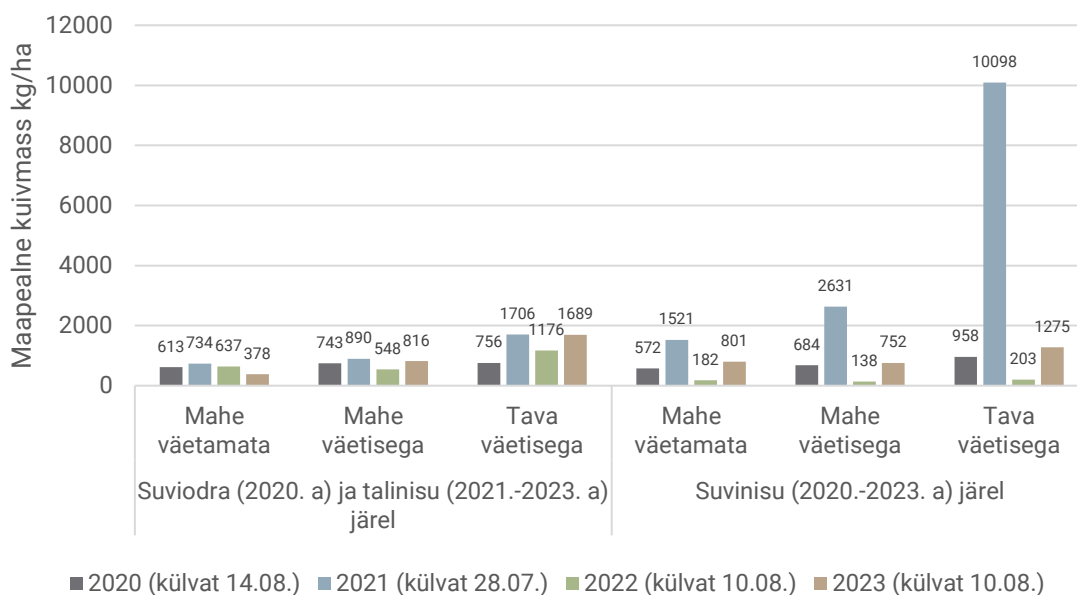
Vahekultuuride segu külvati mulla toiteelementide ja süsiniku sidumiseks teravilja-vahekultuuri külvikorda tali- ja suvinisu koristamisjärgselt. 2020. a kasvatati külvikorra sisseviimise tõttu talinisu asemel suviotra ja vahekultuur külvati selle järele. 2020. a külvati tatra, kesaredise ja keerispea segu (24 kg/ha), ülejäänud aastatel põldrõika ja valge sinepi segu (15–16 kg/ha). Enne külvi tehti põldudel tüükoorimine rullrandaaliga. Vahekultuuride maapealne biomass määrati oktoobri lõpus või novembri alguses. Biomassi hulka on lisaks külvatud kultuuridele arvestatud ka varisest tärganud teraviljataimede ja umbrohtude biomass, kuna need seovad liikuvaid toiteelemente, vähendades leostumist. Pool vahekultuuride pinnast künti mulda novembri alguses. Teine pool jäeti aga põldu katma kevadeni.

**Vahekultuuride kasv olenes tugevalt külviajast ja mullaniiskusest ning mullas kasutamata jäänud toiteelementide hulgast. Tavaviljeluses moodustus vahekultuuridel oluliselt suurem maapealne biomass ja sellega seoti ka suurem hulk NPK ning C kui maheviljeluses. See osutab sellele, et tavaviljeluses võis jääda teatud kogus väetistega antud toiteelemente kasutamata, mille vahekultuurid endaga sidusid, takistades nende leostumist.**

Vahekultuuride kasvutingimused olid külvikorrarotatsiooni (2020–2023) jooksul küllaltki erinevad. Kui august ja september oli sademetevaesed, tõrkasid vahekultuurid ebahühtlaselt ja jäid kasvult kiduraks (Foto 1). Sel juhul ka põllud umbrohtusid sügisel tugevamalt. Maheviljeluses (eriti väetamata maheviljeluses) oli vahekultuuride kasv enamusel

aastatest kidur ja maapealne mass jäi väikeseks (Joonis 11). Tavaviljeluses jäi mullas põhikultuuri väetamisel kasutamata ka teatud hulk toiteelemente, mida vahekultuurid sidusid ja tänu sellele suurema biomassi moodustasid, takistades nii liikuvate toiteelementide leostumist.

2021. a külvati tali- ja suvinisu varase valmimise tõttu vahekultuurid juba juuli lõpus. Kuu lõpp oli sademeterohke ja soe ning sellistes tingimustes tõrkasid vahekultuurid kiiresti. August oli samuti sademeterohke ja see soodustas vahekultuuridel suurema biomassi moodustamist. Väga head tingimused vahekultuuride arenguks olid sellel aastal suvinisu põllul tavaviljeluses. Nimelt jäi mai ja juuni tugeva põuaperioodi tõttu suur osa väetistega suvinisule antud toiteelementidest kasutamata. Varakult külvatud vahekultuurid sidusid need niiskes mullas tõhusalt, moodustades nende abil väga suure maapealse massi (Joonis 11 ja Foto 2). Selles massis sisaldus N-276, P-32, K-239 ja C-3957 kg/ha. Ka väetatud maheviljeluses moodustasid vahekultuurid tavapärasest suurema biomassi ja sidusid märkimisväärse koguse toiteelemente ning süsinikku (N-56, P-9, K-59, C-1015 kg/ha). Nagu eespool välja toodud, suurendas selline mulda haritud vahekultuuride suur mass haljasväetisena järgmisel aastal märkimisväärselt kaera terasaaki.



Joonis 11. Vahekultuuride segu maapealne kuivmass mahe- ja tavaviljeluses 2020.–2023. aastal



Foto 1. Vahekultuurid (põldrõigas, valge sinep) Kuusiku katsepõllul 1. novembril 2022. aastal (autori foto)



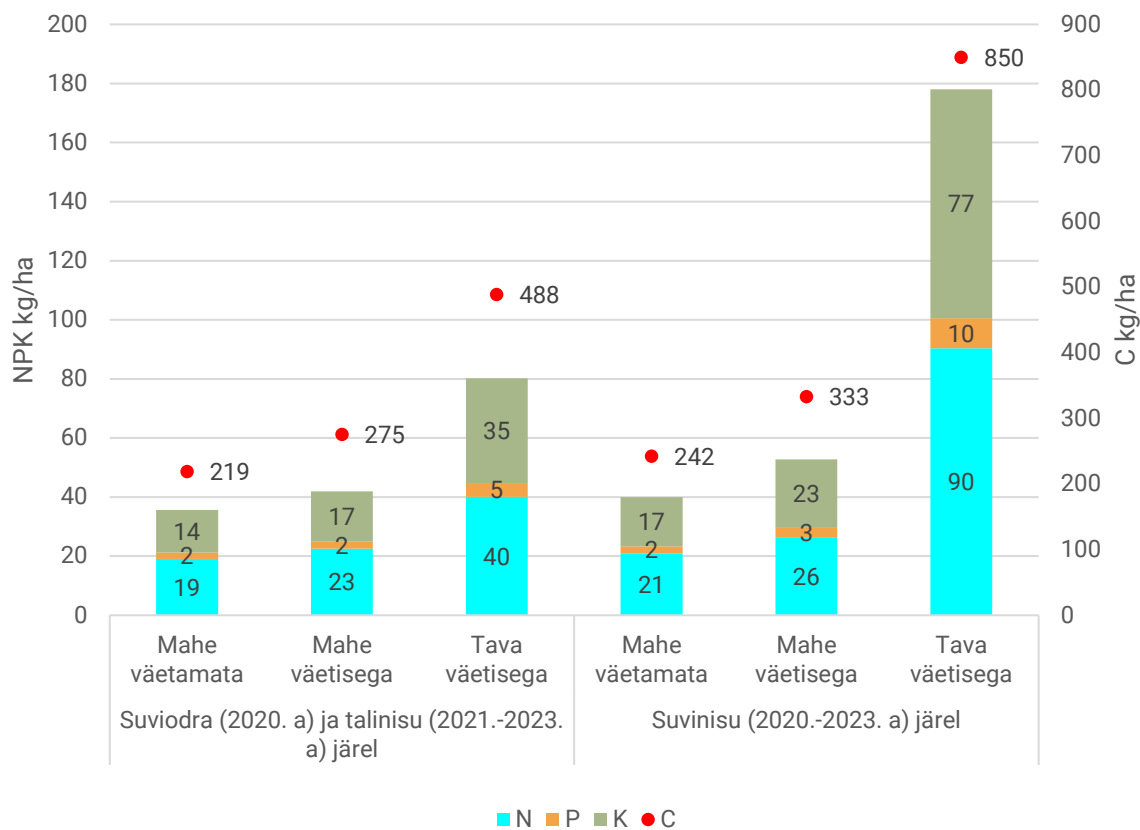
Foto 2. Vahekultuurid (põldrõigas, valge sinep) Kuusiku katsepõllul 27. oktoobril 2021. aastal (autori foto). Paremal pool tavaviljelus ja vasakul maheviljelus.

Seevastu talinisu järele külvatud vahekultuuridel suurt biomassi 2021. a ei moodustunud. Talinisu suutis eelneval sügisel väetisega antud P ja K ning kevadel varakult antud N suures osas omastada ning nii kasutamata toiteelementide suurt ülejääki mullas arvatavasti ei tekkinud. Talinisu hekseldatud ja randaaliga mulla pindmisse kihti segatud põhukogus oli oluliselt suurem kui suvinisul ja see takistas ka vahekultuuride seemnetel mullaga kontakti

saavutamist, põhjustades ebaühtlast tärkamist. Tõenäoliselt olidki need põhjuseks, miks sellel põllul jäi vahekultuuride biomass palju väiksemaks.

Ülejäänud aastatel jäi vahekultuuride biomass palju väiksemaks, kuna seeme külvati ligikaudu paar nädalat hiljem, muld oli väheste sademete tõttu sageli kuiv ja pindmiselt mulda randaalitud nisu põhk takistas seemnetel ka idanemiseks ja tärkamiseks mullaga kontakti saavutamist.

Külvikorrarotatsiooni keskmisena sidusid tavaviljeluses kasvatatud vahekultuurid suurema maapealse massiga oluliselt rohkem NPK ja C kui maheviljeluses (Joonis 12). Suvinisu järgsetes vahekultuurides oli seotud NPK ja C hulk tavaviljeluses suur tänu eelpool väljatoodud 2021. a, kus vahekultuurid moodustasid väga suure biomassi, kuid järgnevatel aastatel enam mitte. Suvinisu järgsed vahekultuurid sidusid mõnevõrra rohkem NPK ja C ka maheviljeluses, kuna nende keskmine maapealne biomass oli suurem ja seda ka tänu paremale tärkamisele.



Joonis 12. Vahekultuuride segu maapealse massiga seotud keskmised toiteelementide ja süsiniku kogused 2020.-2023. aastal

Katsepõllul uuriti 2021.-2023. a ka nitraatioonide (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sisaldusi 30–35 või 40–50 cm sügavusel mullas mahe- ja tavaviljeluses vahekultuuridega ning ilma vahekultuurideta katselappidel. Esimesed mullaproovid selleks võeti vahetult enne kündi oktoobri lõpus või novembri alguses ja kordusproovid ligikaudu kuu aega hiljem. Kuna nitraatioonid on väga liikuvad lämmastikuühendid mullas, siis põhiline osa lämmastiku leostumisest toimub nende ühendite abil.

Enne kündi vahekultuuridega põlluosalt võetud mullaproovides oli nitraatioonide sisaldus sügavamal mullakihis oluliselt väiksem (minimaalsel tasemel) kui vahekultuurideta põlluosal, kus oli eelnevalt rullrandaaliga tehtud ka tüükoorimine (pindmine harimine) ja seda nii mahe- kui tavaviljeluses.

**Katsetulemused näitasid, et vahekultuurid takistasid selgelt nitraatioonide (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) leostumist. Kui nad aga sügisperioodil mulda künti, hakkasid nad külmumata mullas lagunema ja nitraatioonid leostuma.**

Kuu aega hiljem võetud mullaproovides oli sisseküntud vahekultuuridega katselappidel nitraatioonide sisaldus sügavamal mullakihis aga oluliselt suurenenud, kuid vahekultuurideta põlluosal oluliselt vähenenud. Seega olid

sisseküntud vahekultuurid hakanud novembris külmumata mullas ilmselt lagunema ja sellest massist pärinevad nitraatioonid leostuma, kuid vahekultuurideta põlluosal oli suurem leostumine selleks ajaks juba toimunud. Mõlemad tendentsid ilmnesisid nii mahe- kui tavaviljeluses. Kuid tavaviljeluses oli nitraatioonide sisaldus siiski suurem. Sellel põlluosal, kus vahekultuurid jäeti põldu katma kevadeni, oli nitraatioonide sisaldus sügavamal mullakihis minimaalne ja ilma sisuliste muutusteta. Seega takistasid mulda katvad vahekultuurid leostumist ka edaspidi.

Katsetulemuste põhjal võib öelda, et seni kuni põld on vahekultuuridega kaetud, seovad need mullas liikuvat N ning takistavad leostumist, kuid sügisperioodil mulda harides hakkavad vahekultuurid külmumata mullas lagunema, põhjustades ka lämmastikuühendite leostumist.

ÜPP SK 2023–2027 keskkonnasõbraliku majandamise (KSM) meetmes toetatakse alates 2024. aastast ka põllukultuuride vahel vahekultuuride kasvatamist. Vahekultuurid võib aga peale 2. novembrit mulda harida. Seega võivad nad külmumata mullas sügis-talvisel perioodil ikkagi lagunema hakata ja nitraatioonid pinnavette leostuda. Seetõttu tuleks kaaluda, kas oleks mõistlikum vähemalt tavatootmises, kus põllukultuure väetatakse üldjuhul oluliselt suuremate väetisekogustega, seada toetuse saamisel tingimuseks, et vahekultuurid peavad maad katma kevadeni. Kuna vahekultuuride biomass sõltub nii sügisperioodi sademetest kasvatatavatest liikidest, vegetatsiooniperioodi pikkusest, mullatüübist ja kasvukohast, tuleks nende muldharimisjärgset lagunemist ja toiteelementide leostumist ehk ka toetust saanud ettevõtete põldudel uurida.

## Kultuuride kattetulu

Kultuuride kattetulude arvestamisel korrutati kultuuride terasaak (väljaarvatud oma tarbeks jäetud seeme) müügihindadega ja liideti võimalikud toetused (MAK 2014–2020 või ÜPP SK 2023–2027), millest lahutati muutuv- ning masinatöökulud. Aruandes analüüsitakse 2021.–2023. a keskmisi kattetulu tulemusi.

Teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikorras kasvatatud kultuuridele arvestati sõltuvalt kultuurist 2021. ja 2022. a kehtinud MAK toetustest ÜPT, nn. rohestamise, MAHE ja KSM toetust ja MAHE sertifitseeritud seemne kasvatamise lisatoetust. 2023. a arvestati kehtima hakanud ÜPP SK toetustena põhisissetulekutoetust, täiendavat ümberjaotavat sissetulekutoetust, tera- ja kaunvilja kasvatamise otsetoetust, KSM põhitegevuse toetust, KSM

lisategevuse toetust glüfosaadi mittekasutamise eest, MAHE toetust, MAHE sertifitseeritud seemne kasvatamise lisatoetust ja punasele ristikule ka ökoala toetust haljaskesa eest. Kuna täiendavat ümberjaotavat sissetulekutoetust määrati täisühikumääraga ettevõtte kohta vaid 130 ha ning tera- ja kaunvilja kasvatamise otsetoetust 100 ha, siis saadi nende toetuste arvestuslikud määrad hektarile, jagades saadava toetuse kogusumma 400 hektariga, mis oli käesolevas arvestuses tingliku ettevõtte põllumaa pind. Teravilja-mono külvikorras arvestati MAK toetusena vaid ühtset pindala (ÜPP) toetust ja ÜPP SK toetusena põhisissetulekutoetust, täiendavat ümberjaotavat sissetulekutoetust ning tera- ja kaunvilja kasvatamise otsetoetust, kuna sealne viljavaheldus ei vastanud teiste toetuste saamise tingimustele.

Masinatöökulude leidmisel võeti aluseks METK agrotehnoloogia valdkonna töötajate R. Vettiku ja K. Tamme tehtud mahe- ja tavaviljeluse kuluarvutused 400 ha haritava maa pinnaga taimekasvatuse ettevõttele (Vettik, Tamm, 2021-2023). Toodangu müügihindadena võeti arvestuse aluseks Eesti Konjunktuuriinstituudi poolt avaldatud keskmised septembri, oktoobri või novembri kokkuostuhinnad 2021.–2023. aastal (EKI, 2024). Kui suvinisu seemne kvaliteedinäitajad vastasid toiduvilja nõuetele, arvestati ka müügihind kattetuluarvestuses toiduviljana, kui kvaliteet oli madalam, siis söodaviljana. Kaer ja oder arvestati söodavilja hinnaga. Põldhernel kasutati ühte EKI poolt avaldatud keskmist hinda. Kvaliteedi määramisel toidu- või söodaviljana võeti aluseks 2021. a aluseks Scandagra AS (Scandagra, 2022) ja 2022. ning 2023. a Baltic Agro AS poolt kokku ostetava teravilja kvaliteedinõuded (Baltic Agro, 2022), (Baltic Agro, 2024).

Toidunisu müügihinnaks oli 2021.–2023. a. keskmiselt 263,81 €/t, söödanisul 238,47 €/t, söödakaeral 203,32 €/t, söödaodral 224,39 €/t ja põldhernel 290,88 €/t.

Punast ristikut kasvatati haljasväetiseks ja sellele arvestati tulupoolena vaid võimalikud toetused (MAK toetustest ÜPP, rohestamise, KSM ja MAHE toetus ja ÜPP SK toetustest põhisissetulekutoetus, täiendavat ümberjaotavat sissetulekutoetus, KSM põhitegevuse toetus, KSM lisategevuse toetus glüfosaadi mittekasutamise eest tavaviljeluses, MAHE toetus ja ökoala toetus haljaskesa eest), millest lahutati muutuv- ning masinatöökulud.

Toetusi arvestati teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikorras maheviljeluses tali- ja suvinisule ning kaerale kokku keskmiselt 283,34 ning põldhernele 311,01 ning tavaviljeluses teraviljadele ja põldhernele 183,85. Punasele ristikule arvestati maheviljeluses toetusi kokku 291,31 ja tavaviljeluses 191,82 €/ha. Teravilja-mono külvikorras arvestati kõigile kultuuridele nii mahe- kui tavaviljeluses põllumajanduse keskkonnatoetuste mittedaamist tõttu toetust vaid 122,80 €/ha.

2022. a üle kahe korra kallinenud ja katses kasutatud mineraalväetiste hinnad ei langenud kahjuks märkimisväärselt ka enne 2023. kevadist külviperioodi. Maheväetiste Monterra ja Ecoplant Humi hinnad isegi tõusid (vastavalt 5% ja 47%). Taimekaitsevahendite hinnad oluliselt ei muutunud.

Kokkuostuhinnad olid 2022. a oluliselt kõrgemad kui 2021. ja 2023. aastal.

Ilma toetusteta jäi kultuuride keskmine kattetulu väetatud mahe- ja tavaviljeluses kõigis külvikordades tugevalt negatiivseks (Joonis 13). Vaid väetamata maheviljeluses saadi enamusel juhtudel ilma toetusteta väike kasum. Katseperioodi mai ja juuni põua tõttu jäi kultuuride saagikus suhteliselt väikeseks ja madalate kokkuostuhindade juures polnud väetiste andmine väetamata maheviljelusega võrreldes külvikorra keskmisena tasuv. Otsetoetuste ja keskkonnatoetuste juurde arvestamisel muutus kattetulu teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikorras nii mahe- kui tavaviljeluses selgelt positiivseks (Joonis 13). Suurim kattetulu saadi maheviljeluses, kus väetisi ei antud. Külvikordade võrdluses oli üldiselt suurim kattetulu (väljaarvatud väetatud maheviljeluses pindmises harimises) teravilja-ristiku külvikorras. See tulenes suures osas haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku väiksematest tootmiskuludest teraviljadega võrreldes ja haljasväetise otse- ja järelmõjust teraviljade terasaagi suurendamisel. Toetused võimaldasid haljaskesana kasvatatud punasel ristikul katta nii majandamiskulud, kui saada ka kasumit.

Paremini tuli teravilja-ristiku külvikorra positiivne mõju kattetulule välja tüükoorimise ja künni koosmõju foonil. Maheviljeluses mõjutas siin seda kindlasti ka umbrohtumuse kontrolli alla saamine kombineeritud mullaharimisega.

Teravilja-mono külvikorra kattetulu vähenes oluliselt väiksema toetussumma tõttu, kuna selle külvikorra kultuuridele ei saa nõuetele mittevastava viljavahelduse tõttu keskkonnatoetusi määrata.

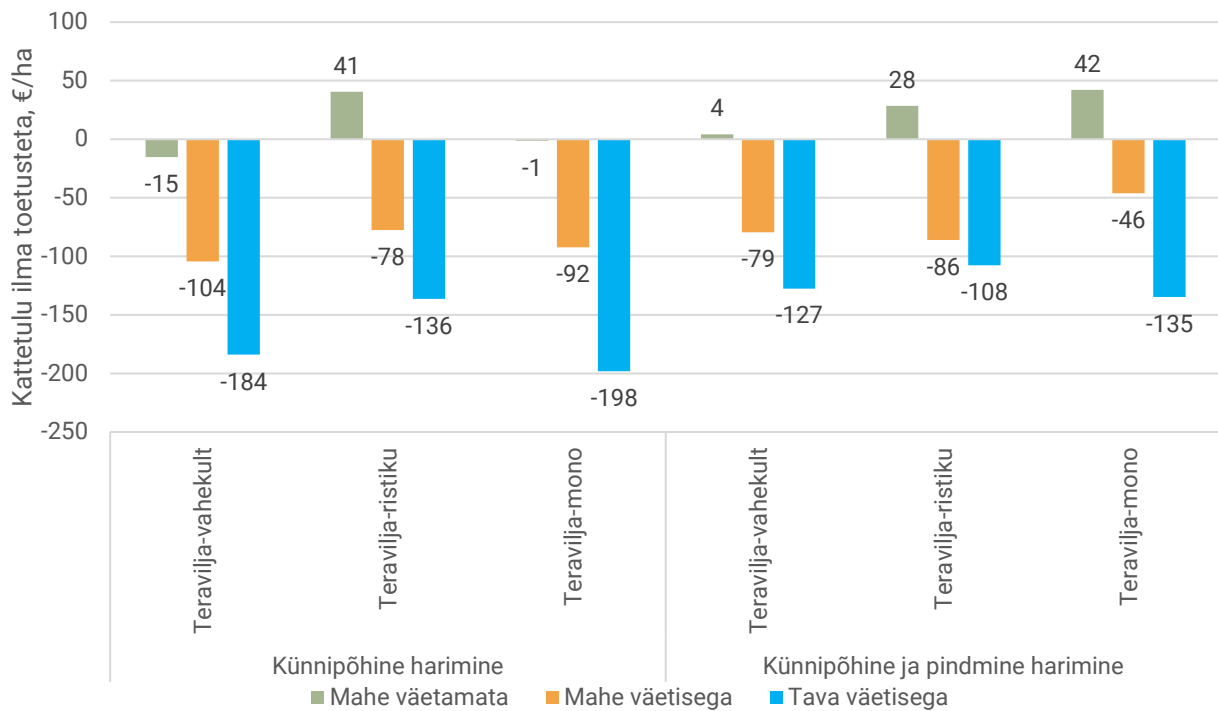
Enamuses mahe- ja tavaviljeluse variantidest, kus kahe kultuuri (tali- ja suvinisu) järgselt hariti mulda pindmiselt ja ülejäänud kultuuride puhul tehti künnipõhist

**Ilma toetusteta jäi külvikordade kattetulu maheviljeluses ja tavaviljeluses väetiste andmise korral kahjumisse. Toetuste juurde arvestamine muutis tootmise selgelt kasumlikuks maheviljeluses teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikordades, kus viljavahelduse nõuetele vastavuse tõttu, sai taotleda ka erinevaid keskkonnatoetusi.**

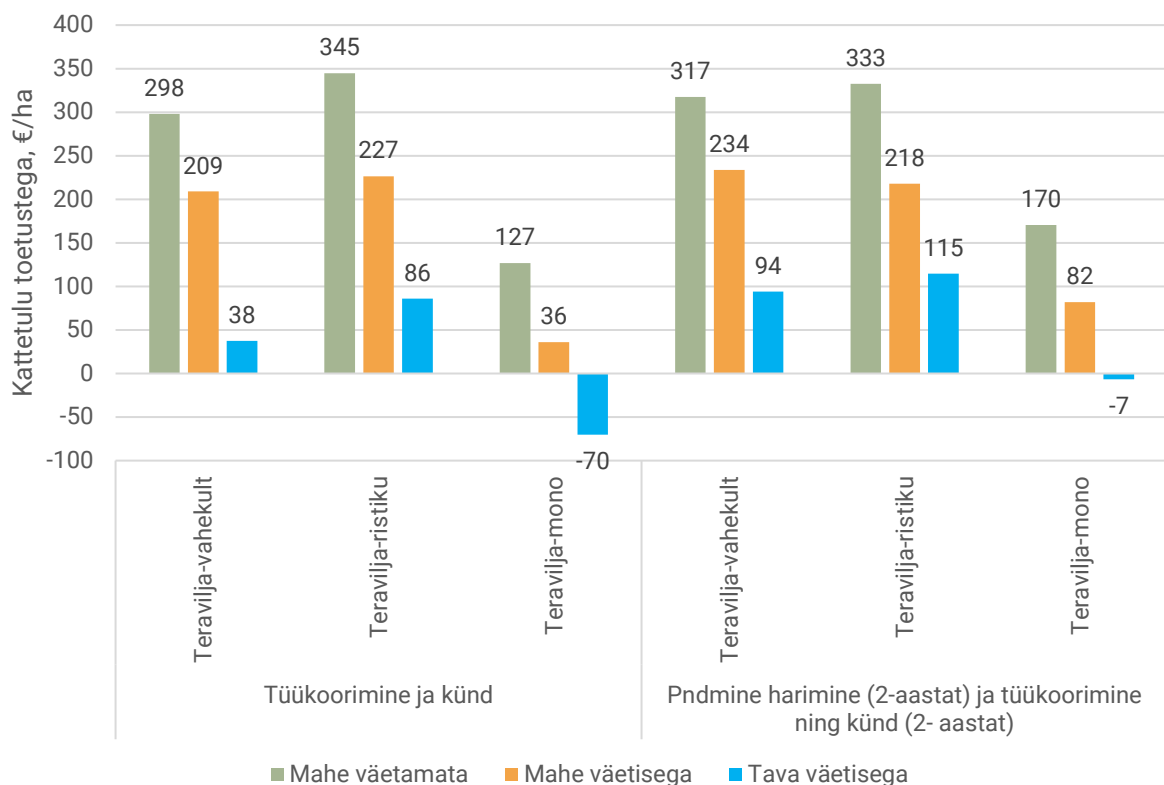
**Tavaviljeluses jäi kattetulu kõrgete väetise hindade ja väikeste saakide, ning madalamate toetusmäärade tõttu suhteliselt väikeseks, teravilja-mono külvikorras keskkonnatoetuste mittedaamist tõttu isegi negatiivseks.**

**Suurim külvikorra keskmine kattetulu saadi nii mahe- kui tavaviljeluses teravilja-ristiku külvikorras. Kui kahel külvikorra väljal asendati künnipõhise harimine (tüükoorimine ja künd), pindmise harimisega, vähenesid masinakulud märgatavalt ja kattetulu oli mõnevõrra suurem, kui ainult künnipõhiselt haritud põldudel.**

mullaharimist (tүүkoorimine koos künniga), oli keskmine kattetulu külvikordades mõnevõrra suurem, kui variantides, kus kultuuride koristusjärgselt kasutati ainult künnipõhist harimist. Nimelt on tүүkoorimine koos künniga oluliselt kulukam kui pindmine harimine.



Joonis 13. Keskmine kattetulu ilma toetusteta külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal



## Joonis 14. Keskmise kattetulu koos toetustega külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2021.–2023. aastal

Teravilja-vahekultuuri külvikorras suurendas sügiseste vahekultuuride kasvatamine suvinisu ja kaera eelselt külvikorras kulusid. Kui sügisperiood oli vahekultuuride kasvuks soodne nagu 2021. a, moodustasid nad näiteks tavaviljeluses mullas kasutamata jäänud toiteelemente sidudes suure massi ja nende mõju sügisel sisse küntud haljasväetisena oli järgneva kaera terasaagi suurendamisel märkimisväärne. Teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras kasvatatud kaeraga võrreldes oli saadud enamasaagi (ligikaudu 1000 kg/ha) müügiväärtus ligikaudu 150 €/ha suurem kui vahekultuuride kasvatamise (seeme, külv ja purustamine) kulud (80 €/ha). Vahekultuuride seemnekulu oli katses kokku 30–37 €/ha.

**Sügiseste vahekultuuride kasvatamisega kahe põhikultuuri vahel suurenesid teravilja-vahekultuuri külvikorras kulud. Vahekultuuride kasvatamise tasuvus haljasväetisena olenes sellest, kui suure massi nad sügisel moodustasid ja kui suured olid nende kasvatamise kulud. Tavaviljeluses moodustasid nad suurema massi, mis suurendas nende tõhusust haljasväetisena ja selle mõjul teraviljalt saadud enamsaagi müügiväärtus ületas mõnel korral vahekultuuride kasvatamise kulusid.**

**Maheviljeluses vahekultuurid väikese biomassi tõttu haljasväetisena end üldjuhul ära ei tasunud.**

Tavaviljeluses tasus vahekultuuride kasvatamine end ära ka mõnel teisel korral, kuigi sel juhul oli enamtulu oluliselt väiksem. Maheviljeluses vahekultuuride kasvatus väikese biomassi ja väetusvõime tõttu üldjuhul ära ei tasunud. Vahekultuuride kasvatamise kulud on võimalik muuta oluliselt väiksemaks, kui need külvata näiteks samaaegselt tüükoorimisega masinale monteeritud peenseemne külvikuga. Kui nad külvata teraviljaseemne külviks kasutatava liht- või kombikülvikuga, oleksid külvamise kulud 3-5 korda suuremad. Suur vahekultuuride mass vajab mulda viimiseks tihti ka üpris kulukat eelnevat purustamist. Alternatiivina võiks selle asendada ka oluliselt odavama maapealse massi künnieelse maharullimisega.

Eeltoodud katsetulemused näitavad, et vahekultuuride biomass ja sellega seotud väetusväärtus võib olenevalt aastast olla väga erinev. Seetõttu pole nende kasvatamine sageli otseselt kasumlik, kuid toiteelementide leostumise vähendamiseks ja mulla C sisalduse suurendamiseks võib vahekultuuride kasvatamine olla meie tingimustes siiski otstarbekas. Nende kasvatamisega seotud kulusid oleks ehk mõistlik keskkonnameetmetega tootjatele kompenseerida.

### **NPK-üldbilanss külvikordades 2020.–2023. aastal**

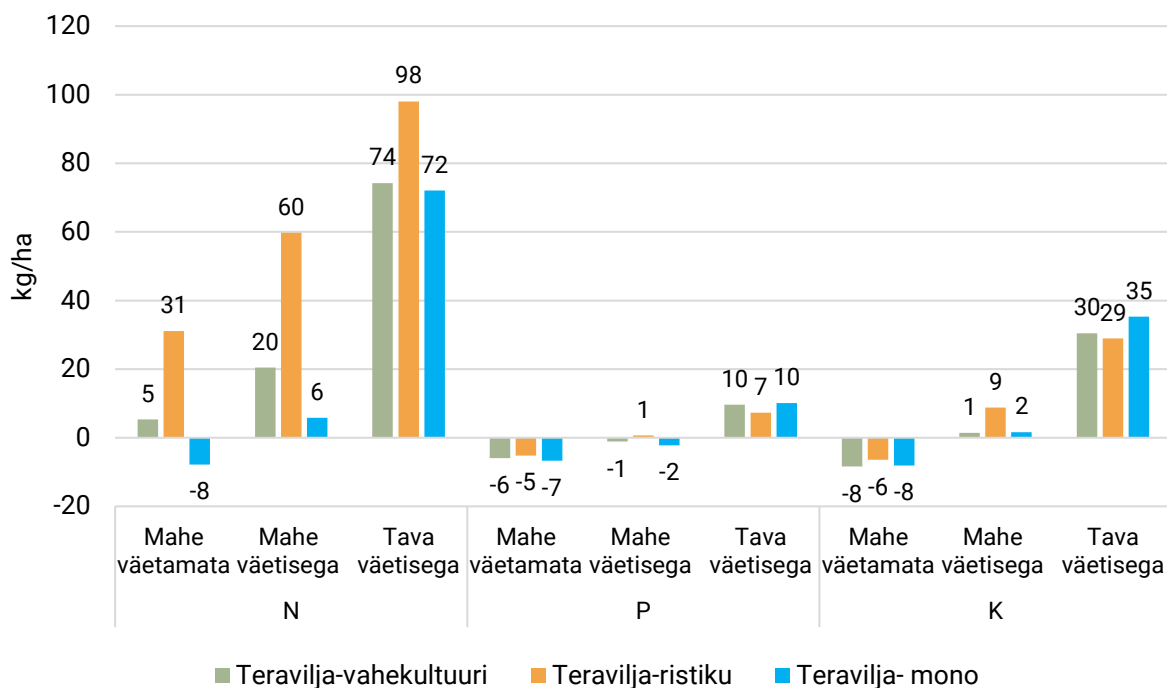
Külvikorra rotatsiooni NPK üldbilansis võeti väljundina arvesse kultuuride saagiga (terad, puhastusjäädid) põllult eemaldatav NPK. Sisendina arvestati mineraalväetiste ja külviseemnega põllule antud NPK ning libliköieliste (punane ristik, põldhernes) maapealse osa ja juurtega seotud õhulämmastiku ning sademete ja azototobakteritega põllule juurdetoodavad N kogused (täpsemalt kirjeldatud meetodika osas).

Külvikorra rotatsiooni (keskmise põllu) NPK üldbilanss peaks olema vähemalt tasakaalu lähedal või mõõdukalt positiivne. Kui see on märgatavalt negatiivne, eemaldatakse NPK

mullast saagiga liialt mullavarude arvelt ja see viib pikema aja jooksul mulla NPK sisalduse vähenemisele ja võimalikule saagilangusele. Negatiivse, tasakaalustatud või mõõdukalt positiivse NPK bilansi korral on ka toiteelementide leostumine põllul sageli väike. Tugevalt positiivse NPK bilansi juures võib NPK juba märkimisväärselt leostuda.

Bilansiarvestused tehti külvikorra rotatsiooni kohta vahemikus 2020–2023 nii mahe- kui tavaviljeluses. Bilansi arvutuste tulemused esitatakse külvikordade võrdluses mahe- ja tavaviljeluse kohta. Harimisviiside vahel bilansis sisulisi erinevusi polnud, seetõttu neid siin eraldi ei esitata.

Maheviljeluses oli N bilanss teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikorras positiivne e ülejäägis ja seda nii väetamata mahe- kui väetatud maheviljeluse korral (Joonis 15). Teravilja-mono külvikorras jäi N bilanss väetamata maheviljeluses aga negatiivseks, kuna külvikorras ei kasvatatud liblikõielisi, mis oleks õhu-N sidunud. N ülejääk suurenes märgatavalt ka orgaanilist N sisaldava maheväetisega (Monterra Bio 10-7-1) väetamisel. Nendega väetamisel oli N bilanss ka teravilja-mono külvikorras kergelt positiivne. Selgelt suurim oli N ülejääk maheviljeluses teravilja-ristiku külvikorras, ületades teiste külvikordade N bilanssi mitu korda. Ka tavaviljeluses oli N ülejääk suurim teravilja-ristiku külvikorras. See tulenes sellest, et külvikorras kasvatati õhu-N siduvat punast ristikut haljasväetiseks. Seega ühel aastal N põllumullast ei eemaldatud, vaid lisati juurde ja see suurendas ka ülejääki külvikorras võrreldes teiste külvikordadega.



Joonis 15. Külvikordade keskmine NPK-üldbilanss mahe- ja tavaviljeluses 2020.–2023. aastal

Tavaviljeluses oli N ülejääk kõigis külvikordades suhteliselt suur. Väiksem osa sellest N jäi põllule purustatud põhku, kust ta vabaneb aeglasemalt. Kuid suur osa väetisega antud N jäi põuase kasvuperioodide tõttu ilmselt siiski kasutamata. See aga suurendab N leostumise riski. Leostumisele osutas ka nitraationide sisalduse suurenemine sügisperioodil 30–50 cm

sügavusel, juhul kui põllul puudus roheline taimestik (vahekultuurid). Põllu vahekultuuridega kaetuse korral aga nitraatioonide leostumist sisuliselt polnud.

Katsetulemuste põhjal võib öelda, et tavaviljeluses võib suur osa väetistega antud N jääda kasutamata, mille tulemuseks on märkimisväärse N-bilansi ülejääk ja N leostumise suurenemine. Seetõttu on KSM meetmes vahekultuuride kasvatamise toetamine N sidumiseks vähemalt tavaviljeluses põhjendatud.

**Tavaviljeluses oli külvikorrarotatsiooni N bilanss tugevalt positiivne e suure ülejäägiga, mis osutas sellele, et põua tingimustes jäi suur osa väetistega antud N kasutamata, mis taimestikuga katmata põllul ka leostus.**

P ja K bilanss oli väetamata maheviljeluses väetiste mitteandmise tõttu selgelt negatiivne. Seega võeti puuduv osa P ja K mullavarude arvelt. Väetatud maheviljeluses oli P bilanss kergelt negatiivne või tasakaalu lähedal. P bilanssi aitas siin parandada ilmselt see, et kasutatud maheväetis Monterra Bio sisaldab ka fosforit. K bilanss oli väetatud maheviljeluses tasakaalu lähedal ja kergelt positiivne kõigis külvikordades, kuna siin anti külvikorras ka K sisaldavaid maheväetisi. Samas anti K suuremas koguses kõigile kultuuridele Patentkaliga vaid 2020. a. Ülejäänud aastatel anti K maheväetise Monterra Bio-ga palju vähem ja teraviljadest vaid suvinisule ning kaerale, kas ligikaudu sama palju kui terasaagiga eemaldati või isegi vähem. Teravilja-ristiku külvikorras oli K ülejääk mõnevõrra suurem, kuna siin väetati ka haljasväetiseks kasvatatud punast ristikut kaaliumirikaste maheväetistega (Ecoplant Humi või Patentkali).

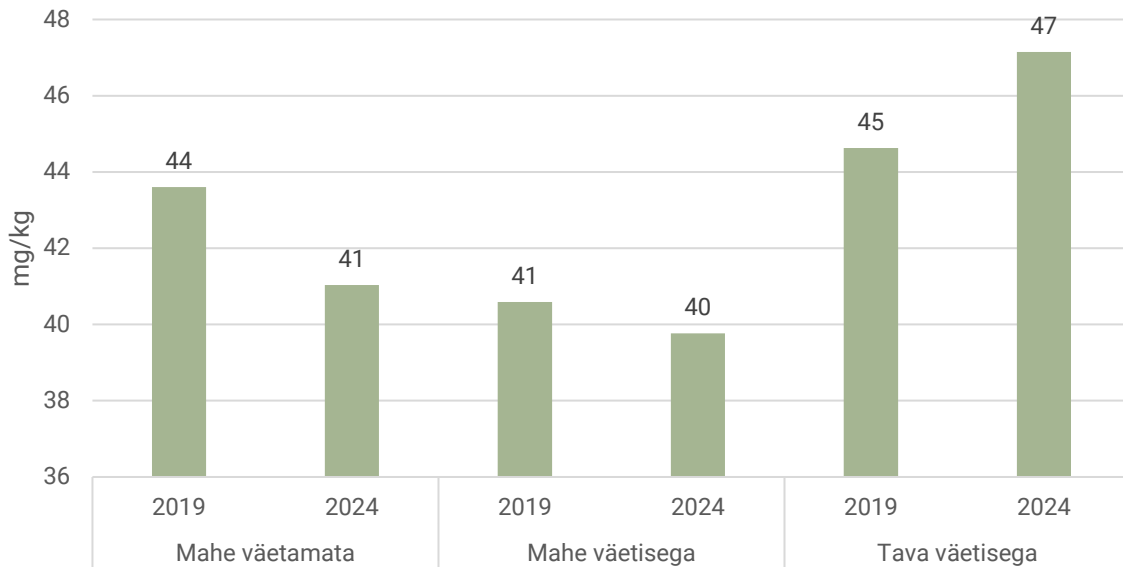
Tavaviljeluses oli P bilanss selgelt positiivne. Samas polnud P ülejääk suur (7–10 kg/ha) ja osa mineraalväetistega antud omastatavast P seoti ka ilmselt põhu poolt. K ülejääk oli bilansi arvutuste järgi aga märkimisväärne. Teravilja põhk sisaldab K rohkem kui terad, seega tõenäoliselt oli suur osa väetistega antud omastatavast K seotud põhu polt ja kuna see laguneb aeglaselt, siis takistab see K kiiret leostumist sügisperioodil taimestikuga katmata põllult.

### **Mulla künnikihi P, K ja C sisaldused 2019. ja 2024. aastal**

Mullaproovid võeti mõlemal aastal aprillis künnikihist 20 cm sügavuseni.

Mulla künnikihi (20 cm) omastatava P-sisaldus on 2024. a väetamata maheviljeluses natuke langenud, väetatud maheviljeluses püsinud aga sisuliselt samal tasemel ja tavaviljeluses pisut tõusnud (Joonis 16). Samas polnud need erinevused aastate vahel statistiliselt usutavad. Nende näitajate alusel on mulla P väetise vajadus suur, tavaviljeluses aga keskmine. Need tendentsid sarnanevad ka P üldbilansi tulemusega, kus väetamata maheviljeluses oli P-bilanss negatiivne, väetatud maheviljeluses tasakaalu lähedal ja tavaviljeluses positiivne.

Varasemal katseperioodil (2003–2019) sõnnikut saanud mahe- ja tavaviljeluse katselappide künnikihis oli 2024. a endiselt märgatavalt suurem (keskmiselt 21%) omastatava P sisaldus. Need erinevused olid ka statistiliselt usutavad ( $p < 0,05$ ).



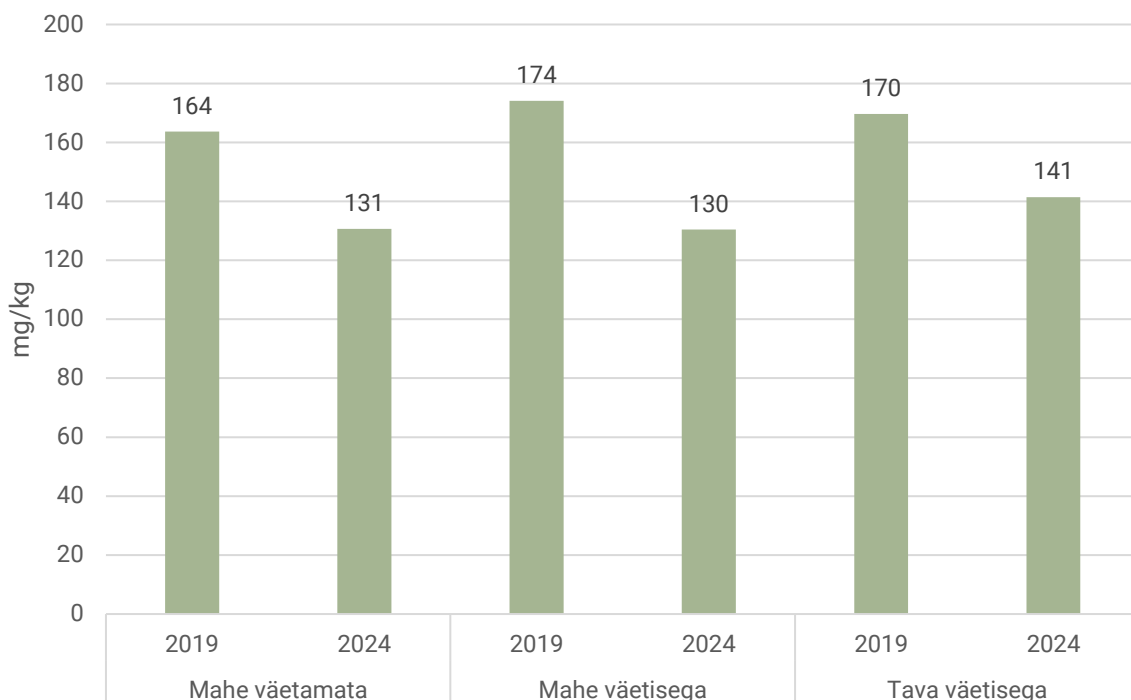
Joonis 16. Künnikihi (20 cm) omastatava P (Mehlich-3) sisaldus mahe- ja tavaviljeluses 2019. ja 2024. aastal

Omastatava K sisaldus langes 2024. a nii mahe- kui tavaviljeluses märkimisväärselt (**Error! Reference source not found.**). Tavaviljeluses jäi see langus siiski natuke väiksemaks kui maheviljeluses. Maheviljeluses oli omastatava K sisaldus 2024. a langenud keskmise ja suure väetustarbe klassi piirile, tavaviljeluses aga endiselt keskmisel tasemel. Väetatud mahe- ja

**Künnikihi omastatava P sisaldus vahemikus 2019–2024 maheviljeluses vähenes natuke, tavaviljeluses aga suurenes. Omastatava K sisaldus vähenes märkimisväärselt kõigil viljelusviisidel. Kuigi tavaviljeluses oli K bilansis ülejääk ja väetatud maheviljeluses jäi bilanss tasakaalu lähedale, võis omastatava K vähenemist osaliselt põhjustada põhu tagastamine põllule ja selle aeglane lagunemine, mistõttu suur osa väetistega antud ja põhku seotud K ei vabanenud kevadeks piisavalt kiiresti. Varasemal katseperioodil põhk eemaldati ja sõnniku andmine suurendas omastatava K sisaldust põllul märkimisväärselt.**

tavaviljeluses pole muutused aga sarnased K üldbilansi tulemusega, kus maheviljeluses oli bilanss tasakaalus ja tavaviljeluses märgatavas ülejäägis. Seda võis põhjustada K rikka teraviljapõhu aeglane lagunemine mullas, mistõttu K muutub sealt ka aeglaselt omastatavaks. Kuigi enne 2020. teraviljapõhk põllult eemaldati, anti pooltele katselappidele sõnnikut, mis K sisaldust mullas märkimisväärselt suurendas. Kuid 2020. a enam sõnnikut ei anta ja seetõttu on hakanud omastatava K sisaldus ka vähenema. Kuna K on mullas ka liikuvam kui P, ei saa välistada ka K osalist

leostumist kevadeks. Kas omastatava K sisaldus ka järgmise külvikorrarotatsiooni jooksul langeb, seda peaks näitama tulevased uuringud. Teravilja-ristiku külvikorras oli K sisaldus 2024. a natuke suurem kui teistes külvikordades. See võit tuleneda sellest, et ristikut kasvatati haljasväetiseks ja seetõttu ei eemaldatud ühel aastal põllult ka K.



Joonis 17. Künnikihi (20 cm) omastatava K (Mehlich-3) sisaldus mahe- ja tavaviljeluses 2019. ja 2024. aastal

Varasemal katseperioodil (2003–2019) sõnnikut saanud mahe- ja tavaviljeluse katselappide künnikihis oli 2024. a endiselt märgatavalt suurem (keskmiselt 23%) mulla künnikihi omastatava K sisaldus. Need erinevused olid ka statistiliselt usutavad ( $p < 0,05$ ).

Künnikihi orgaanilise C (org-C) sisaldus on katseaastate jooksul suurenenud. See on suurenenud 2003. a alates, kui külvikorrakatsed sisse viidi. Org-C määramise meetodika muutuste tõttu 2024. a, kus varasem Tjurini meetod asendati Dumas meetodiga (EA), ei võimalda neid muutusi siin siiski võrreldaval kujul esitada. Seetõttu esitatakse künnikihi org-C tulemused üksnes 2024. a kohta (Joonis 18).



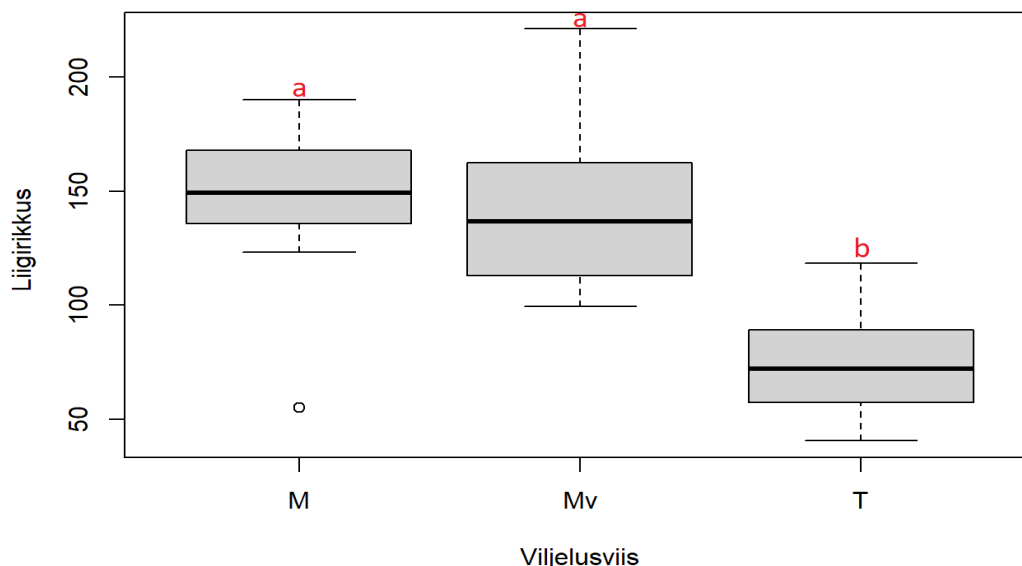
Varasemal katseperioodil (2003–2019) sõnnikut saanud mahe- ja tavaviljeluses oli 2024. a endiselt märgatavalt suurem (keskmiselt 6%) mulla künnikihi org-C sisaldus. Need erinevused olid ka statistiliselt usutavad ( $p < 0,05$ ).

### Katsefaktorite mõju seente, üldseente (ümarussid, ämblikulaadsed) liigirikkusele ja mitmekesisusele

Uuring viidi läbi Tartu Ülikooli (T. Vahter) poolt ühe külvikorraldaja katselappidel. Mullaproovid seente, ümarusside ja ämblikulaadsete määramiseks võeti huumushorisondis 15 cm sügavuseni 2023. a oktoobris. Liigiline koosseis ja mitmekesisus määrati spetsiaalsete DNA meetodite abil.

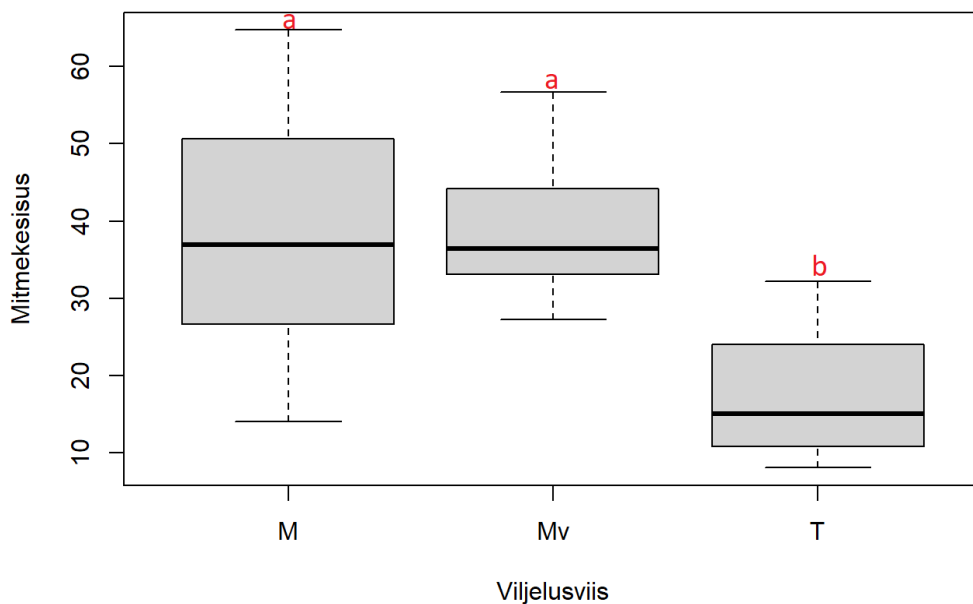
Bioinformaatilise andmetöötluse järel mullaproovidest tuvastatud seened klassifitseeriti troofilisuse alusel kolme rühma: arbuskulaar-mükoriissed seened (edaspidi AM-seened), patogeensed seened ning saprotroofsed seened. Arbuskulaar-mükoriissed seente mükoriisa (seenniidistik) tungib taimede juurerakkudesse, aidates taimedel niimoodi omastada mulla toiteelemente. Patogeensed seened põhjustavad taimahaigusi. Saprotroofsed seened omastavad toitaineid osmoosi teel surnud orgaanilisest ainest. Lisaks analüüsiti ka töötluste mõju kõigi seente ehk üldseente liigirikkusele ja mitmekesisusele.

Seente liigirikkuse ja mitmekesisuse puhul ei osutunud oluliseks mullaharimisviis ja viljavaheldus. Väetamata maheviljeluses ja maheviljeluses väetisega oli seente liigirikkus (Joonis 19) ja mitmekesisus (Joonis 20) oluliselt kõrgem kui tavaviljeluses ( $p < 0,001$ ). Patogeensete seente mitmekesisus tavaviljeluses ja maheviljeluses väetisega oli aga oluliselt suurem ( $p < 0,01$ ) kui väetamata maheviljeluses (Joonis 21). Üldseente liigirikkus oli maheviljeluse mõlemas variandis oluliselt kõrgem ( $p < 0,05$ ) kui tavaviljeluses (Joonis 22).



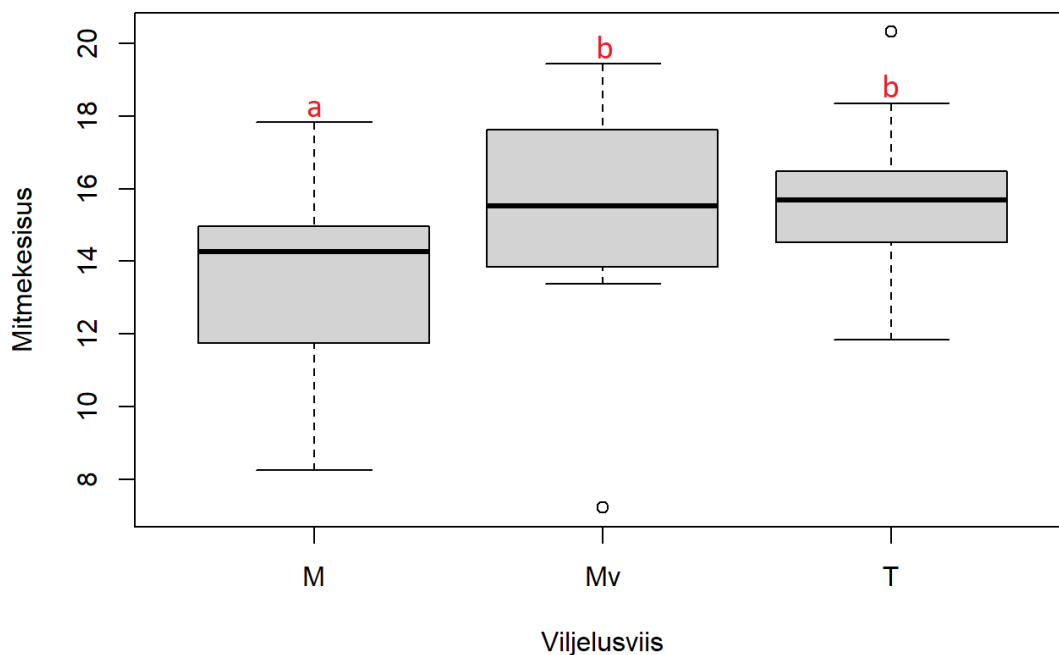
Joonis 19. Arbuskulaar-mükoriissete seente liigirikkus mahe- ja tavaviljeluses

Erinevad tähed viitavad olulistele erinevustele ( $p < 0,001$ ; Tukey test). Viljelusviis: M – väetamata maheviljelus, Mv – maheviljelus väetisega, T – tavaviljelus väetisega.



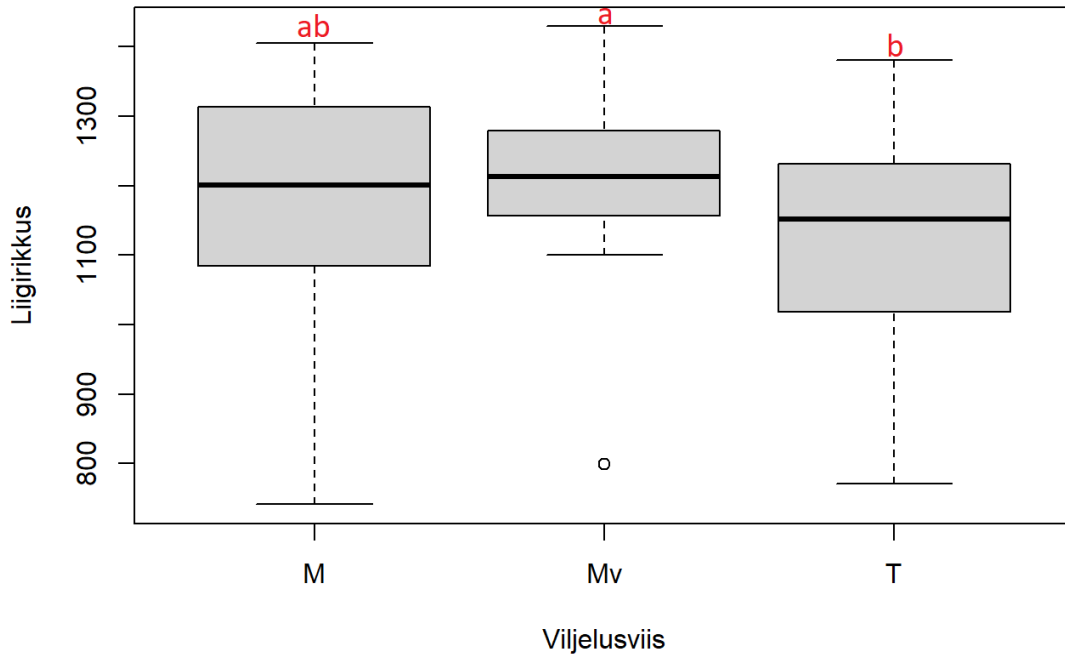
Joonis 20. Arbuskulaar-mükoriisete seente mitmekesisus mahe- ja tavaviljeluses

Erinevad tähed viitavad olulistele erinevustele ( $p < 0,001$ ; Tukey test). Viljelusviis: M – väetamata mahevilljelus, Mv – mahevilljelus väetisega, T – tavaviljelus väetisega.



Joonis 21. Patogeensete seente mitmekesisus mahe- ja tavaviljeluses

Erinevad tähed viitavad olulistele erinevustele ( $p < 0,01$ ; Tukey test). Viljelusviis: M – väetamata mahevilljelus, Mv – mahevilljelus väetisega, T – tavaviljelus väetisega.



Joonis 22. Üldseente liigirikkus erinevatel mahe- ja tavaviljeluses

Erinevad tähed viitavad olulistele erinevustele ( $p < 0,01$ ; Tukey test). Viljelusviis: M – väetamata maheviljelus, Mv – maheviljelus väetisega, T – tavaviljelus väetisega.

Bioinformaatilise andmetöötleses järel tuvastatud üldeukarüoodid (ümarussid, ämblikulaadsed) määrati statistilises andmeanalüüsis kasutatavateks rühmadeks taksonoomilise klassi alusel. Erinevalt seentest, kus tasemete vahelise erinevuse oluliseks faktoriks osutus viljelusviis, oli üldeukarüootide klasside puhul oluliseks mullaharimisviis ja viljavaheldus.

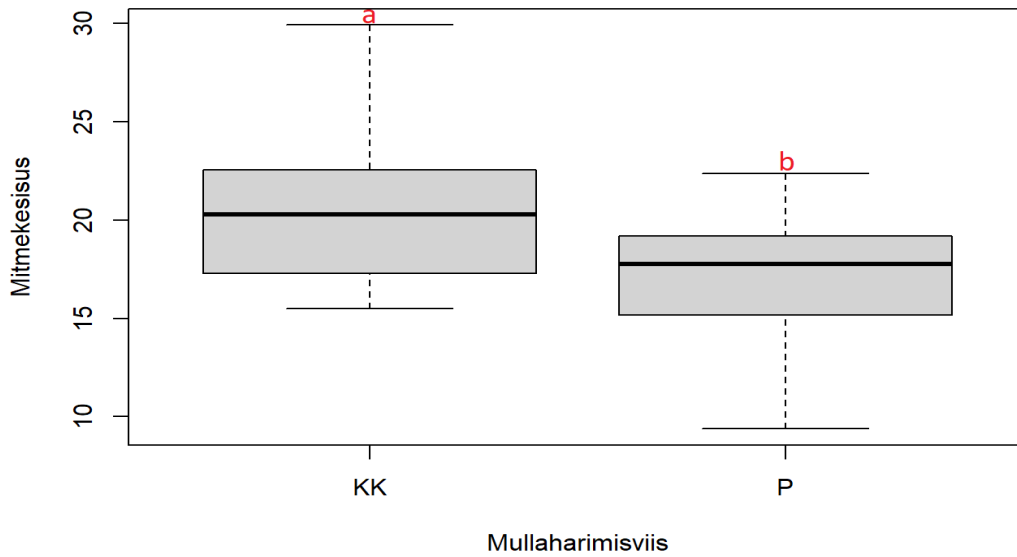
**Maheviljeluses oli oluliselt suurem arbuskulaar-mükoriisete seente liigirikkus ja mitmekesisus võrreldes tavaviljelusega. Need seened aitavad taime juurekarvade kaudu mullast toiteelemente omastada. Patogeensete seente mitmekesisus oli suurem tava- ja väetatud maheviljeluses, väetamata maheviljeluses aga väiksem.**

Ümarusside e nematoodide hulgas on taimekasvatuse seisukohast nii kahjulikke kui kasulikke liike. Kahjulikud liigid toituvad taimede juurtest või lehtetest ja vartest. Kasulikud liigid toituvad kas kahjurputukatest, aitavad lagundada mulla orgaanilist materjali või sümbioosis taimejuurtega toiteelemente omastada. Taimekasvatuses on siiski tuntumad juuri kahjustavad nematoodide liigid.

Klassi *Chromadorea* kuuluvate ümarusside e nematoodide mitmekesisus oli oluliselt madalam pindmisel mullaharimisel võrreldes tüükoorimise ja künniga ( $p < 0,001$ ; Joonis 23). Klassi *Enoplea* kuuluvate ümarusside mitmekesisus oli oluliselt madalam ( $p < 0,05$ ) teraviljade-mono külvikorras võrreldes teravilja-vahekultuuri külvikorraga (Joonis 24).

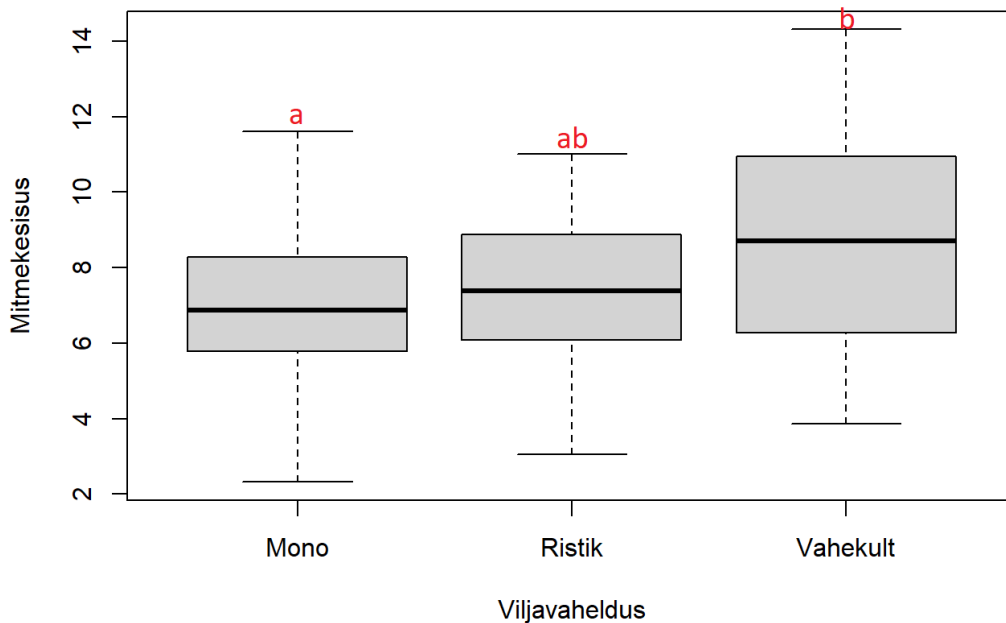
Ämblikulaadsed võivad samuti sõltuvalt liigist olla kas kasurid või kahjurid. Kasurid toituvad teistest kahjurputukatest, kahjurid imevad aga taimede mahla. Taimekasvatuses on ämblikulaadsed rohkem tuntud kasuritena.

Ämblikulaadsete (klass *Arachnida*) mitmekesisus oli oluliselt kõrgem pindmise mullaharimisviisi korral ( $p < 0,05$ ; Joonis 25).



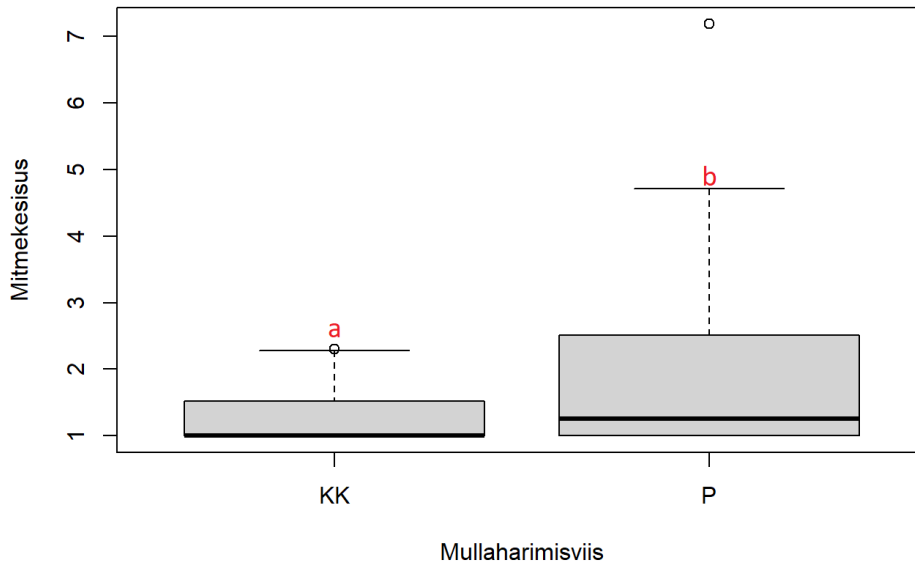
Joonis 23. Klassi *Chromadorea* kuuluvate ümarusside mitmekesisus erinevatel mullaharimisviisidel

Erinevad tähed viitavad olulistele erinevustele ( $p < 0,001$ ; Tukey test). Mullaharimisviis: P – pindmine mullaharimine, KK – tüükoorimine ja künd.



Joonis 24. Klassi *Enoplea* kuuluvate ümarusside mitmekesisus erinevate viljavaheldustega külvikordades

Erinevad tähed viitavad olulistele erinevustele ( $p < 0,05$ ; Tukey test). Viljavaheldus: Mono – teravilja-mono, Ristik – teravilja-ristiku, Vahekult – teravilja-vahekultuuride.



Joonis 25. Ämblikulaadsete (klass *Arachnida*) mitmekesisus erinevatel mullaharimisviisidel

Erinevad tähed viitavad olulistele erinevustele ( $p < 0,05$ ; Tukey test). Mullaharimisviis: P - pindmine, KK – töökoorimine ja künd.

## Kokkuvõte kompleksuuringust

- Nelja-aastase külvikorratatsiooni kolmel aastal (2021–2023) oli mais ja juunis märkimisväärne sademetevaegus. See põuaperiood pidurdas oluliselt kultuurtaimede (ka umbrohtude) arengut ja vähendas väetiste tõhusust ning kultuuride saake.
- Talinisu umbrohtumus oli põllu eelneva töökoorimise ja künni koosmõju, talinisu hea talvitumise ja kultuuri tihedamast seisust tuleneva survetõrje ning mai ja juuni põua tõttu suhteliselt väike ega mõjutanud talinisu saagikust. Põud vähendas siiski nisu terasaake märkimisväärselt. Maheviljeluses jäid terasaagid 2021.–2023. a keskmisena vahemikku 2200–2700 kg/ha ja tavaviljeluses hoolimata tugevamast pealtväetamisest (N-152, S-39 kg/ha) vahemikku 3600–3800 kg/ha.
- Teravilja-ristiku külvikorras haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku järel oli talinisu terasaak maheviljeluses keskmiselt 21% (454 kg/ha) suurem kui teravilja-mono ja 11% (254 kg/ha) suurem kui teravilja-vahekultuuri külvikorras. Tavaviljeluses aga saagisuurenemist polnud. Punase ristiku väetamine eelneval aastal mahevätisega Ecoplant Humi või Patentkaliga suurendas küll oluliselt selle massi ja seotud toitaineid, kuid talinisu terasaaki see aastate keskmisena maheviljeluses ei suurendanud. Põua mõjul jäi ristikust vabanevate toiteelementide omastamine kevadel-suvel ilmselt tagasihoidlikuks.

- Talinisu terade toorproteiini ja kleepvalgusisaldus oli maheviljeluses madal, gluteenindeks aga liiga kõrge. Teravilja-ristiku külvikorras punase ristiku järel kasvatatud mahetalinisu toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus oli kõrgem kui teistes külvikordades kasvanud mahetalinisel. Tavaviljeluses olid toorproteiini ja kleepvalgusisaldus kõrged, gluteenindeks aga oluliselt madalam (kuid optimaalne) kui maheviljeluses. Langemisarv oli soodsa koristusaja tõttu kõrge nii mahe- kui tavaviljeluses. Terade mahumass oli maheviljeluses kõrgem, kuid tavaviljeluses madalam, vastates siiski toidunisu kvaliteedi nõuetele.
- Talinisu järgnenud suvinisu suurenes eelneval sügisel pindmiselt haritud põlluosal väetamata maheviljeluses vegetatiivselt levivate umbrohtude (põldohakas, võilill, orashein, põld-piimohakas) maapealne mass. Põlluosal, kus tehti tüükoormist koos künniga, jäi umbrohtumus minimaalseks ega erinenud oluliselt umbrohtumise tasemest tavaviljeluses, kus lisaks pritsiti ka herbitsiidiga. Tüükoorimisel koos künniga oli terasaak maheviljeluses märgatavalt suurem kui pindmisel harimisel. Tavaviljeluses, kus umbrohtumus oli herbitsiidiga pritsimise tõttu väike, olulisi saagierinevusi polnud.
- Suvinisu terasaak oli maheviljeluses katseperioodi keskmisena vahemikus 1300–2000 kg/ha. Väetamisel orgaanilise maheväetisega Monterra Bio 10-7-1 (N-58; P-18; K-5; S-10) suurenes mahenisu terasaak pindmisel harimisel keskmiselt 27% (369 kg/ha) ja tüükoorimisel koos künniga 12% (208 kg/ha). See väetis polnud (ilmselt ka põua tõttu) kuigi tõhus. Tavaviljeluses oli suvinisu terasaak hoolimata tugevamast väetamisest (N-141, P-25, K-56, S-13 kg/ha) põua tõttu väike (2600–2900 kg/ha). Pindmisel harimisel suurenes terasaak väetamisel 108% (1470 kg/ha) ja tüükoorimisel koos künniga 60% (1034 kg/ha). Seega oli suvinisu väetamine pindmisel mullaharimisel nii mahe- kui tavaviljeluses tõhusam. Vahekultuuride kasvatamisel teravilja-vahekultuuri külvikorras võis olla mõningane mõju terasaagi suurenemisele tavaviljeluses. Maheviljeluses jäid vahekultuurid haljasväetisena kiduraks ega suurendanud terasaaki.
- Suvinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus oli maheviljeluses Monterra Bio-ga väetamisel kõrgem, vastates aastate keskmisena ka toidunisu nõuetele. Teravilja-ristiku külvikorras kasvanud mahenisu terade proteiini- ja kleepvalgusisaldus oli mõnevõrra kõrgem kui teravilja-vahekultuuri ja teravilja-mono külvikorras kasvanud mahenisel. See osutab haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku positiivsele järelmõjule proteiini- ja kleepvalgu sisalduse suurendamisel. Tavaviljeluses oli terade toorproteiini- ja kleepvalgusisaldus väga kõrge. Terade gluteenindeks oli maheviljeluses optimaalne ja tavaviljeluses rahuldav. Väetamisel ja väetisekoguste suurenedes gluteenindeks vähenes. Terade langemisarv oli kõrge nii mahe- kui tavaviljeluses. Terade mahumass oli tavaviljeluses kõrgem kui maheviljeluses. Mõlemal juhul vastas mahumass toidunisu nõuetele.
- Suvinisu järgnenud kaer umbrohtus maheviljeluses pindmisel harimisel tugevalt vegetatiivselt levivate umbrohtudega (VLU) nagu põldohakas, põld-piimohakas ja orashein, põhjustades ka märkimisväärse kaera terasaagilanguse. Oluliselt tugevam oli VLU levik ja suurem terasaagi langus teravilja-vahekultuuri külvikorras pindmisel

harimisel maheviljeluses, kus kahel eelneval aastal enne kaera oli kasvatatud vahekultuure. Vahekultuuride kasvatamise tõttu ei saanud sügise mullaharimisega umbrohte kurnata ja see soodustas nende levikut. Toitainete puudusel maheviljeluses jäi vahekultuuride mass kiduraks ja mõju kaera terasaagile olematuks või väikeseks. Tavaviljeluses, kus vahekultuurid kasvasid suvel kasutamata jäänud väetise toiteelemente sidudes oluliselt suuremaks, suurendasid nad mulda küntud haljasväetisena ka kaera terasaake.

- Kaera terasaak jäi katseperioodi keskmisena maheviljeluses vahemikku 1800–3000 kg/ha, tavaviljeluses 3700–4200 kg/ha. Maheväetise Monterra Bio 10-7-1 andmisel (keskmiselt N-47, P-14, K-4, S-8 kg/ha) suurenes kaera terasaak pindmisel harimisel külvikordade keskmiselt 24% kg/ha (498 kg/ha) ja tüükoorimisel koos künniga, kus umbrohte oli vähe, 31% (706 kg/ha). Seega paranes maheväetise mõju väiksema umbrohtumuse korral märgatavalt. Kuigi tavaviljeluses anti teravilja-ristiku külvikorras väetistega N ristiku allakülvi tõttu oluliselt vähem (keskmiselt N-78, P-21, K-47 ja S-8 kg/ha), kui teravilja-vahekultuuri ja teravilja-mono külvikorras (keskmiselt N-100, P-23, K-52 ja S-15 kg/ha), ei erinenud terasaagid teiste külvikordadega võrreldes oluliselt. Väetamine suurendas tavaviljeluses kaera terade proteiinisisaldust märkimisväärselt. Väikese mahumassi tõttu ei vastanud mahe- ja tavakaer aga toidukaera nõuetele.
- Teravilja-vahekultuuri külvikorras kaerale järgnenud põldherne terasaak jäi põua tõttu väikeseks. Maheviljeluses umbrohtus hernes nõrga konkurentsivõime tõttu väga tugevalt, mis põhjustas omakorda ka märkimisväärse terasaagilanguse. Varasema pindmise mullaharimise asendamine tüükoorimise ja künniga herne kasvatamise eelsel sügisel polnud piisav vegetatiivselt levivate umbrohtude kontrolli alla saamiseks. Probleemiks on mahehernes kujunenud tuulekaera levik, mida on maheviljeluses keeruline tõrjuda. Maheviljeluses oli herne terasaak katseperioodi keskmisena vahemikus 1500–1700 kg/ha ja tavaviljeluses (N-31, P-20, K-38, S-14 kg/ha) 1800–2000 kg/ha. Seega oli väetise mõju terasaagi suurendamisel väike. Väetamine suurendas herne terade proteiinisisaldust.
- Teravilja-mono külvikorras kasvanud ja kaerale järgnenud suviodras oli umbrohtumus põllu osal, kus varasematel aastatel (2020. ja 2021. a) hariti põldu pindmiselt, suurem, kui põlluosal, kus igal aastal tehti tüükoorimist koos künniga. Sarnaselt hernega muutus odras probleemseks tuulekaera levik. Tervikuna oli aga umbrohtumus nii mahe- kui tavaviljeluses väike ja odra terasaaki ei mõjutanud. See võis tuleneda ka varasemate aastate intensiivsemast sügisesest mullaharimisest selles külvikorras. Maheviljeluses jäid terasaagid katseperioodi keskmisena vahemikku 1700–2000 kg/ha ja tavaviljeluses (N-100, P-23, K-52, S-14 kg/ha) 3000–3300 kg/ha. Väetamine suurendas odra terade proteiinisisaldust märgatavalt.
- Teravilja-ristiku külvikorras kaera allakülvinä külvatud ja järgmisel aastal haljasväetiseks kasvatatud punane ristik kannatas põua tõttu samuti tugevalt. Kusjuures 2023. a jäi ristiku areng kevadel sademete puudusel isegi seisma ja jätkus alles juulis-augustis, kui sademeid uuesti tuli. Sellel aastal ei tärganud kuivas mullas ka ristiku allakülv. Kevadel antud maheväetise Ecoplant Humi või Patentkali (P-4, K-28, S-

8, Ca-13, Mg-10 kg/ha) mõjul oli punase ristiku maapealne haljasmass maheviljeluses katseperioodi keskmisena 43% (9353 kg/ha) ja kuivmass 22% (1004 kg/ha) suurem kui väetamata maheviljeluses. Selle massiga seoti N 49, P 3 ja K 28 ja C 341 kg/ha rohkem kui väetamata maheviljeluses. Tavaviljeluses anti punasele ristikule NPK mineraalväetist või Ecoplant Humi kahel aastal ja saagikus väetatud maheviljelusega võrreldes oluliselt ei erinenud.

- Teravilja-vahekultuuri külvikorras tali- ja suvinisu järele sügisperioodiks külvatud vahekultuurid (tatra, keerispea ja kesaredise segu või põldrõika ja valge sinepi segu) kasv sõltus tugevalt eelneva põhikultuuri väetamisest ja väetistega antud, kuid taimede poolt mullas kasutamata jäänud toiteelementide kogusest, vahekultuuride külvi ajast ja sügisperioodi sademetest. Tavaviljeluses moodustasid vahekultuurid mullas kasutamata toiteelementide sidumisel oluliselt suurema biomassi kui maheviljeluses. Varasem külviaeg (juuli lõpus) ja sademeterohkem sügis soodustasid mitu korda suurema vahekultuuride biomassi moodustamist kui ligikaudu paar nädalat hilisem külv sademetevaeguse korral. Maheviljeluses jäi aga vahekultuuride kasv mullas olevate toiteelementide puudusel kiduraks ja nad umbrohtusid rohkem.
- Vahekultuurid takistasid maa kaetuse korral selgelt nitraatioonide ( $\text{NO}_3^-$ ) leostumist. Kui nad aga sügisperioodil mulda künti, hakkasid nad külmumata mullas lagunema ja nitraatioonid leostuma. Kusjuures nitraatioonide sisaldus oli tavaviljeluses suurem kui maheviljeluses. Seetõttu tuleks kaaluda, kas oleks mõistlikum vähemalt tavatootmises, kus põllukultuure väetatakse üldjuhul oluliselt suuremate väetisekogustega, seada toetuse saamisel tingimuseks, et vahekultuurid peavad maad katma kevadeni. Kuna vahekultuuride biomass sõltub nii sügisperioodi sademetest kasvatatavatest liikidest, vegetatsiooniperioodi pikkusest, mullatüübist ja kasvukohast, tuleks nende muldharimisjärgset lagunemist ja toiteelementide leostumist ehk ka toetust saanud ettevõtete põldudel uurida.
- 2022. a üle kahe korra kallinenud mineraalväetiste hinnad ei langenud märkimisväärselt ka enne 2023. kevadist külviperioodi. 2023. aastal langesid aga märgatavalt teravilja kokkuostuhinnad. Maheväetised isegi kallinesid. Kasvuaegse põuaperioodi tulemusel jäi väetiste mõju terasaagi suurenemisele oodatust väiksemaks ega kompenseerinud väetamisele tehtud kulutusi ei mahe- ega tavaviljeluses. MAK 2014–2020 ja ÜPP strateegiakava 2023–2027 toetuste mitteamistamisel jäi külvikordade keskmine kattetulu (2021–2023) väetiste andmisel mahe- ja tavaviljeluses negatiivseks. Toetuste juurdearvestamine muutis tootmise selgelt kasumlikuks aga maheviljeluses teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikordades, kus viljavahelduse nõuetele vastavuse tõttu, sai taotleda ka erinevaid keskkonnatoetusi. Tavaviljeluses jäi kattetulu kõrgete väetise hindade ja väikeste saakide, ning madalamate toetusmäärade tõttu suhteliselt väikeseks, teravilja-mono külvikorras keskkonnatoetuste mittedaamise tõttu isegi negatiivseks.
- Suurim külvikorra keskmine kattetulu saadi nii mahe- kui tavaviljeluses teravilja-ristiku külvikorras. Haljaskesaks kasvatatud ristiku põllul olid harimis- ja sisendite kulud väiksemad, samas toetused suhteliselt korralikud. Järelikult talinisu saagikus oli ka

mõnevõrra suurem, kui teiste külvikordade talinisul. Kõik see aitaski siin külvikorras tulukust suurendada. Teravilja-mono külvikorras ei vastanud viljavaheldus keskkonnatoetuste nõuetele. Seetõttu olid siin toetused väiksemad, mis vähendas märgatavalt ka kattetulu. Kui kahel külvikorraväljal asendati tüükoorimine ja künd pindmise harimisega, oli külvikorra keskmine kattetulu üldiselt mõnevõrra suurem kui ainult kallimat tüükoorimist ja kündi kasutades.

- Sügiseste vahekultuuride kasvatamisega suurenesid teravilja-vahekultuuri külvikorras kulud. Vahekultuuride kasvatamise tasuvus haljasväetisena olenes sellest, kui suure massi nad sügisel moodustasid ja kui suured olid nende kasvatamise kulud. Tavaviljeluses moodustasid nad suurema massi, mis suurendas nende tõhusust haljasväetisena ja selle mõjul teraviljalt saadud enamsaagi müügi väärtus ületas mõnel korral vahekultuuride kasvatamise kulusid. Maheviljeluses vahekultuurid väikese biomassi tõttu haljasväetisena end üldjuhul ära ei tasunud.
- Tavaviljeluses oli külvikorroratsooni N bilanss tugevalt positiivne e suure ülejäägiga, mis osutab sellele, et põua tingimustes jäi suur osa väetistega antud N kasutamata, mis taimestikuga katmata põllul võis ka leostuda. Teravilja-ristiku külvikorras oli punase ristiku haljasväetiseks kasvatamise tõttu N ülejääk nii mahe- kui tavaviljeluses suurim. Väetamata maheviljeluses oli P ja K bilanss negatiivne. Seega viidi neid elemente mullast saagiga rohkem ära, kui tagastati. See viib aga P ja K sisalduse vähenemisele mullas ja osutab sellele, et kui sõnnikut pole kasutada, peaks maheviljeluses siiski P ja K väetisi andma, kui ei soovita, et mullaviljakus väheneks. Lisaks oli teravilja-mono külvikorras ka N bilanss negatiivne, kuna seal ei kasvatatud liblikõielisi. K märkimisväärne ülejääk tavaviljeluses tulenes ilmselt suure osas põllule jäetud põhust, mitte väetiste poolt kasutamata jäänud K-st. Põhk on K rikas ja kuna ta laguneb mullas aeglaselt, takistab see ka K kiiret leostumist.
- Künnikihi omastatava K sisaldus langes katseperioodi jooksul märkimisväärselt nii mahe- kui tavaviljeluses. Tavaviljeluses ei ole see proportsioonis K bilansi märgatava ülejäägiga. Kuid viitab samuti sellele, et väetiste poolt antud omastatav K oli suure osa seotud kevadeks lagunemata põhku. Seda tuleb aga edasiste uuringutega täpsustada. Omastatava K vähenemist põhjustas arvatavasti ka sõnnikuga väetamise lõpetamine 2019. a alates. Sõnnikuga väetamisel suurenes omastatava K sisaldus varem mullas märkimisväärselt, kuid selle mitteandmine põhjustas vähenemise. Maheviljeluses oli omastatava K sisaldus 2024. a langenud keskmise ja suure väetustarbe klassi piirile, tavaviljeluses aga endiselt keskmisel tasemel. Künnikihi omastatava P sisaldus vähenes maheviljeluses natuke, tavaviljeluses aga suurenes pisut. Maheviljeluses oli P väetustarbevajadus suur, tavaviljeluses keskmine.
- Künnikihi orgaanilise C sisaldus on külvikorrakatsete sisseviimisest alates (2003. a) katsealal suurenenud. Künnikihi orgaanilise C sisaldus oli väetatud maheviljeluses suurem kui väetamata maheviljeluses ja tavaviljeluses veel suurem. See tulenes arvatavasti väetiste toimel saadud suurema põhu hulga tagastamisest mulda. Teravilja-ristiku külvikorras oli orgaanilise C sisaldus suurim. Seda võis suurendada punase ristiku kasvatamine haljasväetiseks. Teravilja-mono külvikorras oli orgaanilise

C sisaldus väiksem, mida võis põhjustada ka intensiivsemast mullaharimisest tulenev kiirem mineraliseerumine.

- Maheviljeluses oli mulla pindmises kihis (15 cm) oluliselt suurem arbuskulaar-mükoriisete seente liigirikkus ja mitmekesisus võrreldes tavaviljelusega. Need seened on taimede toitumises tähtsad, kuna aitavad juurekarvade kaudu mullast toiteelemente omastada. Patogeensete e taimahaigusi tekitavate seente mitmekesisus oli suurem tavaviljeluses ja väetatud maheviljeluses, väetamata maheviljeluses aga väiksem. Ämblikulaadsete mitmekesisus oli suurem pindmisel harimisel.