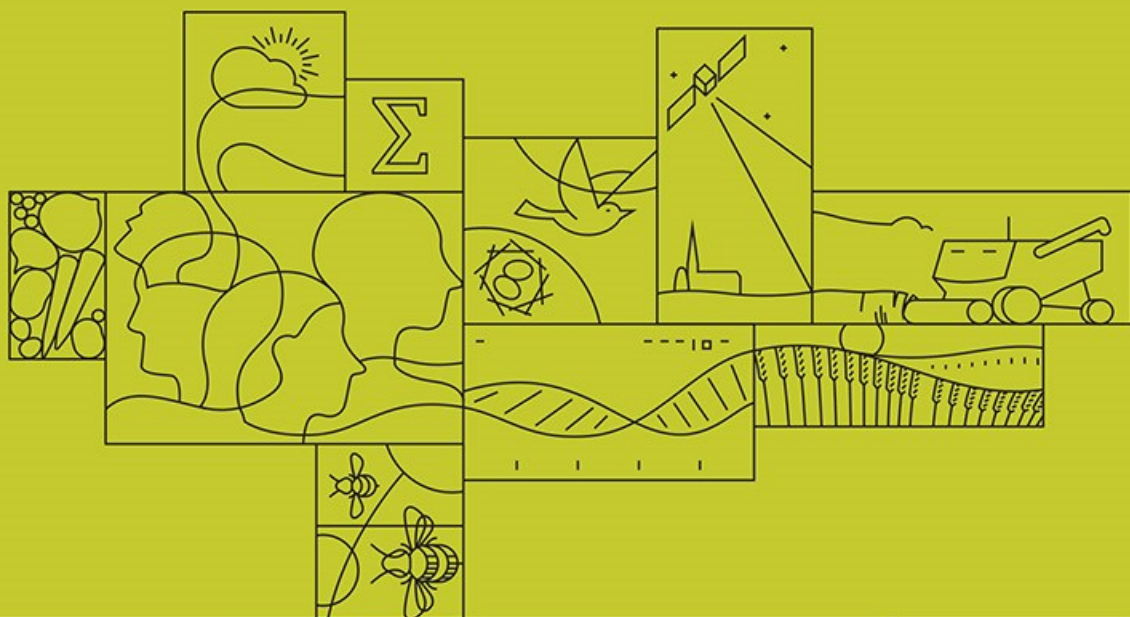
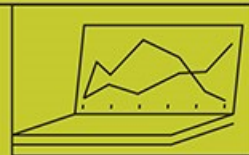


Kompleksuuring mahe- ja tavaviljelusest 2023. aastal



2024



Tellijä: 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



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse

Eesti maaelu arengukava 2014-2020 4. ja 5. prioriteedi hindamine

ÜPP Strateegiakava 2023-2027 hindamine

Sisukord

Jooniste loetelu.....	3
Tabelite loetelu.....	4
Lisade loetelu	4
Kasutatud kirjanduse loetelu.....	4
Kompleksuuringu lühikokkuvõte.....	5
Kompleksuuring ja selle eesmärgid.....	7
Kompleksuuringu metoodika	7
Väetamise, umbrohtumuse, saagi, kattetulu näitajad külvikordade võrdluskatses	10
Talinisu umbrohtumus ja saaginäitajad	12
Suvinisu umbrohtumus ja saaginäitajad	15
Kaera umbrohtumus ja saaginäitajad	19
Põldherne ja suviadra umbrohtumus ning saaginäitajad	24
Punase ristiku saaginäitajad	27
Vahekultuuride saagikuse ja toiteelementide ning ühendite leostumise näitajad	29
Kultuuride kattetulu.....	32
Kokkuvõte kompleksuuringust.....	37

Jooniste loetelu

Joonis 1. Õhutemperatuur ja sademete hulk Kuusikul dekaadide kaupa aprillist novembrini 2023. aastal	11
Joonis 2. Talinisu 'Perenaise' terasaak erinevates külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal.....	12
Joonis 3. Suvinisu 'Hiie' umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel mahe- ning tavaviljeluses 2023. aastal	16
Joonis 4. Suvinisu 'Hiie' terasaak erinevates külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal	18
Joonis 5. Kaer 'Kalle' umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal	20
Joonis 6. Kaera umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel külvikordades maheviljeluses 2023. aastal.....	22
Joonis 7. Kaer 'Kalle' terasaak terade toorproteiinisisaldus külvikordades erineval mullaharimisel mahe- ning tavaviljeluses 2023. aastal	24
Joonis 8. Põldhernes 'Aurelia' umbrohtumus ja terasaak mahe- ning tavaviljeluses teraviljade-vahekultuuri külvikorras 2023. aastal	25

Joonis 9. Suvioder 'Tuuli' umbrohtumus ja terasaak mahe- ning tavaviljeluses teraviljade-mono külvikorras 2023. aastal.....	26
Joonis 10. Punase ristiku 'Ilte' maapealse massi saaginäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal.....	28
Joonis 11. Vahekultuuride segu (põldrõigas, valge sinep) maapealse massi saaginäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal.....	30
Joonis 12. Nitraatioonide (NO_3^-) sisaldus vahekultuuridega ja vahekultuurideta põlluosa mullas mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal	32
Joonis 13. Keskmise kattetulu ilma toetusteta külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal.....	34
Joonis 14. Keskmise kattetulu koos toetustega külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal.....	35

Tabelite loetelu

Tabel 1. Kultuuride väetamine 2022. ja 2023. aastal	10
Tabel 2. Talinisu 'Perenaise' terasaagi kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal.....	14
Tabel 3. Suvinisu 'Hiie' terasaagi kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal	19
Tabel 5. Vahekultuuride segu (põldrõigas, valge sinep) maapealse massiga seotud toiteelementide ja süsiniku kogused 2022. ja 2023. aastal.....	31

Lisade loetelu

[Lisa 1. Katseala K-1 katseskeem](#)

Kasutatud kirjanduse loetelu

Baltic Agro, 2024. http://viljahinnad.balticagro.ee/files/Viljaleping_2023_Kvaliteet.pdf. Allikas: <https://www.balticagro.ee/>.

EKI, 2024. *Teravilja, rapsi, söödakultuuride kokkuostuhinnad*. Allikas: <http://www.ki.ee/>

Kanger, J., jt, 2014. *Väetamise ABC*. Saku: Põllumajandusuuringute Keskus.

Older, H., 1999. *Teraviljakasvatuse käsiraamat*. Saku: Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium, Eesti Maaviljeluse Instituut.

Vettik, R., 2023. *Masintööde kalkulatsioonid kompleksuuringus*. Saku.

Kompleksuuringu lühikokkuvõte

Maaelu Teadmuskeskuse Kuusiku katsekeskuses jätkati 2023. aastal kompleksuuringu 2020. a rajatud uues külvikordade võrdluskatses. Katset teostatakse varasema pikaajalise agrotehnoloogilise külvikorrauringu alal, kus eelnev katse lõppes 2019. a.

Uuringu eesmärgiks on MAHE ja KSM toetuse nõuetele vastava viljavahelduse mõjude selgitamine. Uuringu jaoks viidi sisse kaks MAHE ja KSM nõuetele vastavat (teravilja-ristiku ja teravilja-vahekultuuride) külvikorda ja võrdluseks üks nõuetele mittevastav, üksnes teraviljade viljavaheldusega külvikord (teravilja-mono). Kõik külvikorrad on 4-väljalised ja taimekasvatussuunitlusega (Lisa 1).

Külvikorra rotatsiooni jooksul selgitatakse uurimisfaktorite mõju kultuuride umbrohtumuse, saagi, selle kvaliteedi, kattetulu, mulla toiteelementide ja orgaanilise aine sisaldusele, mulla NPK üldbilansile, mullaorganismide tegevusele jm.

Kultuuridest kasvatati 2023. a. aastal katses tali- ja suvinisu, kaera, suviotra, põldhernest ja punast ristikut haljasväetiseks. Teravilja-vahekultuuride külvikorras kasvatati sügisperioodil ka tali- ja suvinisu järele külvatud vahekultuure (põldrõika ja valge sinepi segu).

Kõigi kultuuride saagikust ja väetiste tõhusust vähendas 2023. a tugevasti tugev mai ja juunikuu pööd. Pööa tõttu loobuti suviteraviljade kasvuaegsest pealtväetamisest. Kuusikul on kevade ja suve esimese perioodi pööd katsetetegevust tugevalt mõjutanud juba sisuliselt kolmel aastal külvikorra nelja aastases rotatsioonis.

Talinisu ('Perenaise') terasaagid jäid maheviljeluses vahemikku 1800–2000 kg/ha ja tavaviljeluses hoolimata tugevamast pealtväetamisest (N-128, S-32 kg/ha) kevadise kasvu alguses 2900–3000 kg/ha. Pööa tingimustes punase ristiku haljasväetis talinisu saagikust ei suurendanud. Umbrohtumus oli talinisu väike nii mahe- kui tavaviljeluses ja saagikust samuti praktiliselt ei mõjutanud.

Talinisu terade toorproteiini ja kleepvalgusisaldus oli maheviljeluses madal, gluteeniindeks 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, gluteeniindeks aga oluliselt madalam kui maheviljeluses.

Külvikorras talinisu järgnenud suvinisu 'Hiie' terasaak oli maheviljeluses vahemikus 1400–1900 kg/ha. Tavaviljeluses olid suvinisu terasaagid hoolimata tugevamast väetamisest (N-94, P-25, K-56, S-13 kg/ha) vaid 2000–2300 kg/ha. Maheviljeluses suurenes suvinisu terasaak väetamisel orgaanilise maheväetisega Monterra Bio (N-30; P-9; K-3; S-7) keskmiselt 22% (336 kg/ha). Eelneval sügisel pindmiselt haritud põlluosal suurenes väetamata maheviljeluses oluliselt vegetatiivselt levivate umbrohtude (põldohakas, võilill, orashein, põldpiimohakas) maapealne mass. Põlluosal, kus tehti tüükoormist koos künniga, oli umbrohtumus minimaalne ega erinenud oluliselt umbrohtumuse tasemest tavaviljeluses, kus lisaks pritsiti ka herbitsiidiga. Umbrohtumuse suurenemisel suvinisu terasaak vähenes.

Väetamata maheviljeluses oli suvinisu terasaak vahekultuuride muldakülmise järgselt 11% ja pindmisel harimisel, kus nad jäid mulda katma kevadeni, 33% suurem kui ilma

vahekultuurideta teravilja-mono külvikorras kasvanud suvinisul. Tavaviljeluses oli vahekultuuride järgse suvinisu terasaak vastavalt 5% ja 23% suurem.

Kuigi maheväetis suurendas ka suvinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldust, vastasid need korraliku toidunisu nõuetele vaid maheväetise andmisel teravilja-ristiku külvikorras. Tavaviljeluses oli terade toorproteiini ja kleepvalgusisaldus suhteliselt kõrge.

Suvinisule järgnenud kaer 'Kalle' umbrohtus teravilja-vahekultuuri külvikorras maheviljeluses pindmisel harimisel vahekultuuride järgselt väga tugevalt vegetatiivselt levivate umbrohtudega (VLU), põhjustades märkimisväärse kaera terasaagi languse. Tüükoorimisel koos künniga oli umbrohtumus selles külvikorras aga kontrolli all ja terasaak väetamata maheviljeluses 35% (474 kg/ha) suurem. 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. Kaera terasaak jäi maheviljeluses vahemikku 1200–2100 kg/ha, tavaviljeluses (N-94, P-25, K-56, S-13 kg/ha) 2900–3100 kg/ha. Teravilja-vahekultuuri külvikorras Monterra Bio-ga väetamisel (N-30; P-9; K-3; S-17) suurenes mahekaera terasaak keskmiselt 191 kg/ha e 16%. Teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras, kus oli väiksem umbrohtumus, suurenes aga terasaak maheväetise mõjul rohkem (vastavalt 311 kg/ha e 21% ja 564 kg/ha e 38%).

Kaera eel (2022. a) kasvatatud vahekultuuride mass ja seotud toiteelementide hulk jäi kuiva sügise tõttu väikeseks ja ilmselt seetõttu polnud neil ka mõju terasaagi suurenemisele isegi neis variantides, kus umbrohtumus suudeti kontrolli all hoida.

Enne vahekultuuride massi sisseküündi 30–35 cm sügavuselt võetud mullaproovid talinisu põllul näitasid, et nitraatioonide (NO_3^-) sisaldus oli vahekultuuridega põlluosal minimaalne, kuid vahekultuurideta põlluosal, mida oli eelnevalt pindmiselt haritud, oluliselt suurem nii mahe- kui tavaviljeluses. Ilmselt sidusid vahekultuurid mullast osa talinisu poolt kasutamata jäänud toiteelementidest (eriti lämmastikust), mis ilma vahekultuure kasvatamata oleks leostunud.

2023. aastal langesid märgatavalt teravilja kokkuostuhinnad, kuid eelmisel aastal järsult (2-3 korda) kallinenud mineraalväetiste hinnad oluliselt ei muutunud. Maheväetised isegi kallinesid. Kasvuaegse põuaperioodi tulemusel jäi väetiste mõju terasaagi suurenemisele oodatust väiksemaks ega kompenseerinud väetamisele tehtud kulutusi ei mahe- ega tavaviljeluses. Ilma toetusteta jäi kõigi kultuuride kasvatamise kattetulu tugevalt negatiivseks nii mahe- kui tavaviljeluses. ÜPP strateegiakava 2023–2027 toetuste juurdearvestamisel muutus külvikorra keskmine kattetulu selgelt positiivseks vaid maheviljeluses, kus ostetavaid maheväetisi ei antud. Tavaviljeluses jäi kattetulu tugevalt negatiivseks ka toetuste juurdearvestamisel.

Suurim külvikorra keskmine kattetulu saadi nii mahe- kui tavaviljeluses teravilja-ristiku külvikorras. 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.

Kompleksuuring ja selle eesmärgid

Kompleksuuringu eesmärgiks on MAHE ja KSM toetuse nõuetele vastava viljavahelduse mõjude selgitamine, mida põllumajanduse keskkonnatoetuste (PKT) hindamise raames pole veel uuritud. Uuringu tulemusi kasutatakse põllumajanduslike keskkonnatoetuste hindamise ja seire 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 MAHE ja KSM nõuetele vastavat (teravilja-ristiku ja teravilja-vahekultuuride) külvikorda ja võrdluseks üks nõuetele mittevastav, üksnes teraviljade viljavaheldusega külvikord (teravilja-mono). Kõik külvikorrad on 4-väljalised ja taimikasvatussuunitlusega ([Lisa 1](#)).

Külvikorra rotatsiooni jooksul selgitatakse uurimisfaktorite mõju kultuuride umbrohtumuse, saagi, -kvaliteedi, kattetulu, mulla toiteelementide ja orgaanilise aine sisaldusele, toiteelementide leostumisele, mulla NPK-üldbilansile, mullaorganismide tegevusele jm.

Kompleksuuringus tehakse erinevatel aastatel ka teisi, lühemaajalisi katseid, mis aitavad täpsustada külvikordade viljavahelduse võrdluskatse e põhikatse jaoks vajalikke näitajaid, mida eeltoodud katsesse pole võimalik sisse viia. Nende katsete tulemusi käsitletakse aruandes vastavalt tulemuste laekumisele, kuid mitte igal aastal. Selles aruandes käsitletakse vaid külvikordade viljavahelduse põhikatse tulemusi.

Kompleksuuringu metoodika

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

Katsealal K-1 teostatakse külvikordade viljavahelduse võrdlusuuringut mahe- ja tavaviljeluses. 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
 - b) teravilja-vahekultuuride viljavaheldus
 - c) teravilja-mono viljavaheldus;
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.

Kõik uurimisfaktorid rakenduvad esimese nelja aastase külvikorrarotatsiooni jooksul.

Katse alguse mullanalüüsidenä kasutatakse 2019. aasta kevadel iga katselapi kohta künnikihist võetud mullaproove, kus määrati pH ja omastatava N, P, K, Ca ja Mg sisaldus. Uued mullaproovid võetakse nelja aasta järel.

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 on madal, pH neutraalne. Huumusesisaldus (Tjurini järgi) on keskmine või üle keskmise.

Katse asub neljal kõrvuti asetseval massiivil, millest igal ühel on omakorda kõrvuti kolme eraldi külvikorra üks väli ([Lisa 1](#)). Sisse viidavad katsekülvikorrad on seega neljaväljalised, mille vahel kultuurid aastate lõikes vahelduvad. Külvikordades kasvatatakse punast ristikut, taliteravilja, suvinisu, suviotra, kaera ja põldhernest. Teraviljade puhaskülvis kasutatakse maheviljeluses põhiliselt täiskülvinorme - keskmiselt 500 idanevat tera/m². Tavaviljeluses külvatakse sõltuvalt kultuurist ka väiksema normiga. Sõltuvalt külvikorra tüübist on kultuuride koosseis külvikordades erinev. Igal massiivil on eraldi 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 m².

Tavaviljeluses väetatakse kultuure NPK põhiväetistega 1–3 korda kasvuperioodi jooksul ja väetiste külvinorm arvestatakse iga kasvatatava kultuuri vajadustest ja mullanalüüsidenä tulemustest lähtuvalt, tuginedes Väetamise ABC (Kanger, et al., 2014) soovitudele ning Veeseadusega kehtestatud väetamispirangutele. Mikroväetisi ja bioloogilisi preparaate pritsitakse vastavalt vajadusele kultuuridenä kasvuajal. Kasutatavad väetistenä liigid ja külvinormid võivad aastatenä lõikes teataval määral erineda.

2023. aastal anti NPK põhiväetis suviteraviljadele ja põldhernele tavaviljeluses külvieelselt mulda (2 cm külviseemnest sügavamale). Talinisule anti 2022. a sügisel tavaviljeluses külvieelselt mulda NPK põhiväetis. Kevadel (2023. a) külvati lämmastik-väävelväetis kevadenä kasvu alguses pealtväetisena. Tugeva mai ja juunikuise põua tõttu suvinisule, kaerale, suviotrale ja põldhernele tavaviljeluses pealtväetist ja leheväetisenä 2023. a ei antud.

Maheviljelusenä ühes variandis väetatakse kasutada lubatud maheväetistega. Väetistenä liik ja kasutamine võivad sõltuvalt kultuurist ja tõhususest erineda. 2023. a väetati suvinisu ja kaera põldu maheväetisega Monterra Bio 10-7-1, mis viidi teraviljade külvieelselt mulda. Punasele ristikule anti maheväetis Ecoplant Humi kevadenä kasvu alguses pealtväetisena. Külvinormidenä kalkuleerimisel arvestatakse ka mullaanalüüsidenä tulemusi ja Väetamisenä ABC (Kanger, J.; jt, 2014) soovitusi. Teises maheviljelusenä variandis ei väetata üldse.

Kasutatud väetised, nende külvinormid ja väetamise ajad on esitatud aruande üldosa vastavas tabelis (Tabel 1).

Igal aastal tehakse tavaviljeluse variantides kultuuride kasvuaegset keemilist umbrohutõrjet. Pritsimise intensiivsus ja tegemise aeg ning kasutatavate herbitsiidide valik sõltub kasvatatavast kultuurist ja umbrohtude levikust. Vastavalt taimehaiguste ja kahjurite levikule, pritsitakse kultuure ka fungitsiidide ja insektitsiididega. 2023. a insektitsiide ei kasutatud ja ka fungitsiide pritsiti põua tõttu vaid talinisle ja suviodrale.

Poolal tali- ja suvinisu kasvualast teostatakse sügisel tüükoorimist (5–10 cm) ja kündi (18–20 cm), pool kasvuala haritakse pindmiselt (5–10 cm). Talivilja alla minevad külvikorraldajad haritakse tervikuna tüükoorimise ja künni abil. Sügisel jääb täies mahus harimata teravilja-ristiku külvikorras kaerale allakülvatud punase ristiku väli. Tüükoorimist koos künniga tehakse ka tervel suviodra ja põldherne kasvualal.

Umbrohu proovid kogutakse igal aastal vähemalt kahelt väljalt juuni lõpus või juuli alguses 50x50 cm raamiga neljas korduses. 2023. a määrati umbrohtumus aga kõigi terakultuuride põldude katselappidelt. Umbrohtude liigid või perekonnad loendatakse ning määratakse umbrohtude toor- ja kuivmass. Kaerale allakülvatud punane ristik kasvatatakse järgneval aastal haljasväetiseks ja hekseldatakse põllule 1–2 korda kasvuajal ning küntakse talivilja külveelselt mulda. 2023. a ristikut põuast tingitud kehva kasvu tõttu ei hekseldatud. Iga hekseldamise ja künni eel määratakse katselappidel ristiku maapealne biomass (haljas- ja kuivmass) ning selle toiteelementide ning süsiniku sisaldus. Vegetatsiooniperioodi lõpus kogutakse 50x50 cm raamiga haljasmassi proovid ka kaerale allakülvatud punasest ristikust.

Terakultuurid koristatakse katsekombainiga, kuivatatakse ja puhastatakse katsesorteeriga. Põhk hekseldatakse põllule. Katselt kogutud taimsed analüüse tehakse Maaelu Teadmuskeskuse (METK) laborites. Aruandes väljendatakse terakultuuride saagikus 13% teraniiskuse juures.

Teravilja-vahekultuuri külvikorras külvatakse talivilja ja suvinisu järele eelnevalt rullrandaaliga kooritud põldudele vahekultuuride segu. 2023. a külvati vahekultuuride (põldrõigas 80% ja valge sinep 20%) segu 10. augustil külvisenormiga 16 kg/ha. Nende maapealne biomass (haljas- ja kuivmass), NPK ja süsiniku sisaldus määrati 2. novembril 50x50 cm raamiga võetud proovidest. Samal päeval pool vahekultuuride katsealast künti, teisel poolel jäid vahekultuurid mullapinda kevadeni katma.

Kultuuride kattetulude arvestamisel korrutati nende terasaak (väljaarvatud oma tarbeks jäetud seeme) müügihindadega ja liideti võimalikud toetussummad (2023. a ÜPP SK 2023–2027 toetused), millest lahutati muutuv- ning masinatöökulud. Masinatöökulude leidmisel võeti aluseks Raivo Vettiku (METK agrotehnoloogia valdkond) poolt tehtud (Vettik, 2023) mahe- ja tavaviljeluse kuluarvutused 400 ha suurusele taimekasvatuseettevõttele. Teraviljade kattetulus võeti arvestuse aluseks Eesti Konjunkturiinstituudi (EKI, 2024) poolt avaldatud keskmised septembri või oktoobri kokkuostuhinnad. Suvinisu ja kaera määramisel toidu- või söödaviljana kasutati Baltic Agro AS 2023. aasta teravilja kvaliteedinõudeid (Baltic Agro, 2024).

Väetamise, umbrohtumuse, saagi, nitraatide leostumise ja kattetulu näitajad külvikordade võrdluskatses

Uurimisfaktoritest rakendus 2023. aastal neljandat aastat viljelusviiside (MAHE väetamata, MAHE väetisega, TAVA väetisega) võrdlus. Erineva mullaharimise (pindmine harimine ja tüükoorimine koos künniga) faktor viidi külvikorraväljadel sisse nelja aasta jooksul. Kusjuures ühel külvikorraväljal (taliniisu järel) rakendus erineva mullaharimise faktor esimest korda alles 2023. a sügisest. Esimene nelja-aastane külvikorrarotatsioon, kus kõik külvikorras olevad kultuurid on kasvanud üks kord kõigil külvikorras olevatel väljadel (põldudel), sai läbi 2023. aastal. Külvikordade rotatsioonide (2020.–2023. a) tervikmõju kultuuride saaginäitajatele, umbrohtumusele, mulla toiteelementide sisaldusele, bilansile, kattetulule jm hinnatakse põhjalikumalt siiski 2024. aasta aruandes, kuna mullaproovid võetakse kõigilt katselappidelt alles 2024. a kevadel. Käesolev aruanne aga käsitleb eelkõige 2023. a katsetulemusi.

Katsevariantides väetati 2023. a 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). Mahesuviniisu ja -kaera väetati orgaanilise väetise Monterra Bio 10-7-1 mõõdukate N-normidega (N-30 kg/ha). Tavaviljeluses väetati kultuure suuremate toiteelementide normidega, kusjuures püüti järgida ka Väetamise ABC-s toodud soovitusi (Kanger et al., 2014).

Tabel 1. Kultuuride väetamine 2022. ja 2023. aastal

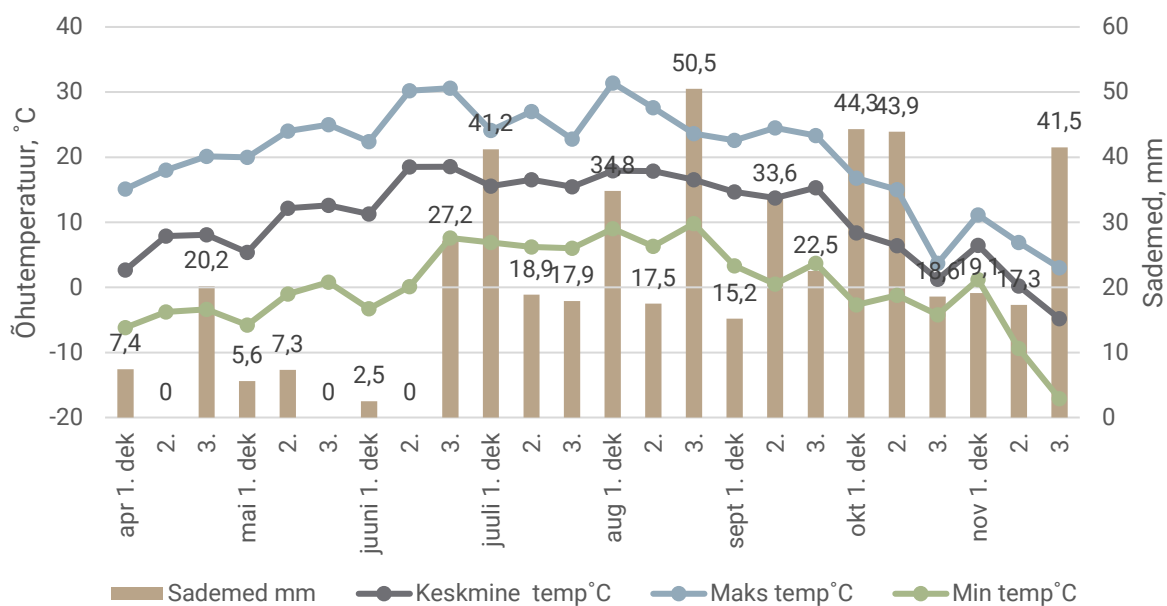
Viljelusviis	Kultuurid	Väetise kaubanduslik nimetus	Väetamise aeg	Väetise kogus kg/ha	Väetise toiteelementide kogus kg/ha
Mahe väetamata	Punane ristik haljasväetiseks, põldhernes, suvioder, taliniisu, suvinisu, kaer	-	-	-	-
Mahe väetisega	Punane ristik haljasväetiseks	Ecoplant Humi	19.04.2023	170	P-7, K-32, S-4, Ca-21, Mg-13
	Suviniisu, kaer	Monterra Bio 10-7-1	20.04.2023	302	N-30, P-9, K-3, S-7, Ca-15, Mg-1
Tava väetisega	Põldhernes	NPK 13-19-19+6S	19.04.2023	204	N-27, P-17, K-32, S-12
	Taliniisu	NPK 6-18-34+2S + Yara Bela Sulfan 24+6S	08.09.2022 + 11.04.2023	215 + 534	N-13, P-17, K-61, S-4 ja N-128, S-32
	Suviniisu, kaer, suvioder	YaraMila NPK(S) 18-11-13 (7)	19.04.2023	520	N-94, P-25, K-56, S-13, Mg-5, B-0,1

Põhiväetis anti mulda (2 cm külviseemnest sügavamale) vahetult külvi eel. Teine põhiväetis (N ja S) laotati tavaviljeluses taliniisule kevadise kasvu alguses. Suviniisule, kaerale, suviadrile ja põldhernele anti kogu põhiväetis korraga vahetult külvi eel. Mai ja juuni tugeva põua tõttu ei antud suviteraviljadele 2023. a täiendavalt pealt- ja leheväetiseid.

Suvised viljade tärkamist ja kultuuride algset arengut pidurdasid öökülmad mai 1. dekaadil. Maist kuni juuni 3. dekaadini oli äärmuslik sademetevaegus (Joonis 1). Mai 2. ja juuni 1. dekaadis aga polnud üldse sademeid. Põua mõju tugevdasid veel 15.–21. juuni kõrged päevased (ligi 30°C) õhutemperatuurid. 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. 2023. a maist juuni 2. dekaadi lõpuni tuli sademeid kokku vaid 15,4 mm. Kuigi ka eelneval (2022. a) oli mais ja juunis mitu põuast dekaadi, sadas siis maist juuni 2. dekaadi lõpuni rohkem (kokku 64,8 mm).

Põua periood takistas oluliselt ka umbrohtude arengut. Suur osa umbrohtudest tärkas ja jätkas aktiivsemalt kasvu alles juulis ja augustis, kui sademeid tuli rohkem. Nende umbrohtude biomass uuringu analüüsides 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 üldiselt läbitud.

Suhteliselt sademetevaesed olid ka septembri 1. ja 2. dekaad. Kuigi päevased õhutemperatuurid olid septembris suhteliselt kõrged, takistas just sademetevaegus eeltoodud dekaadides peale tali- ja suvinisu koristamist külvatud vahekultuuride arengut.



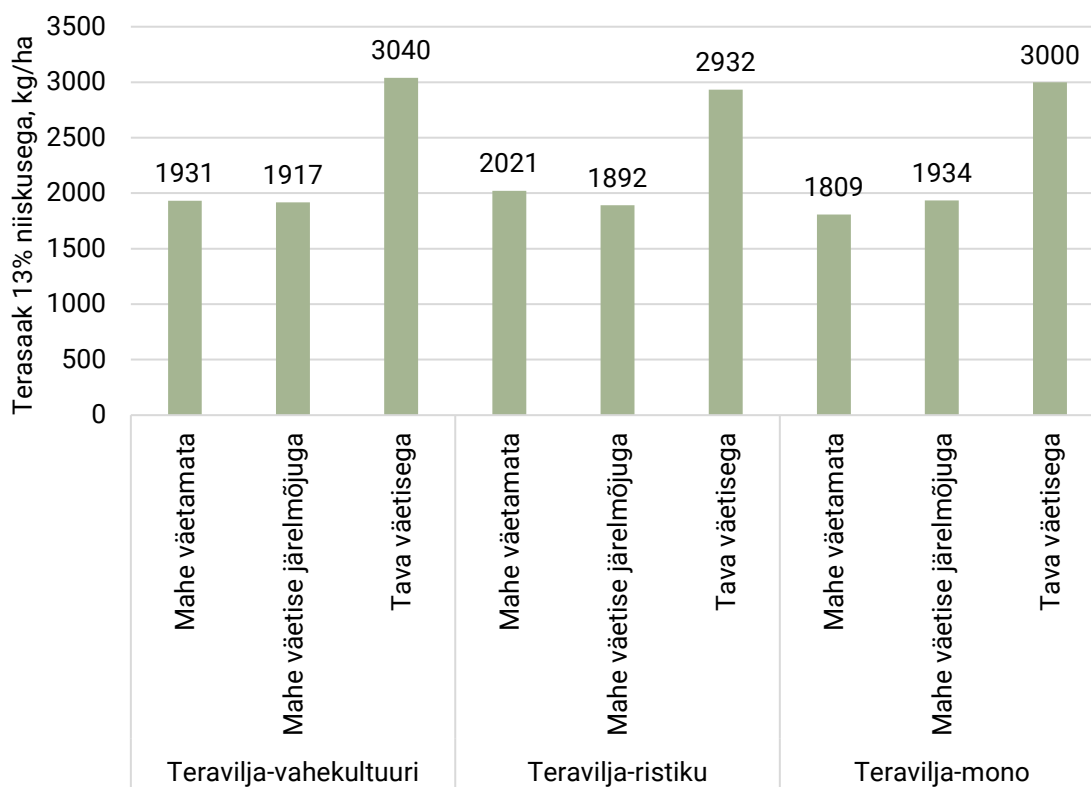
Joonis 1. Õhutemperatuur ja sademete hulk Kuusikul dekaadide kaupa aprillist novembrini 2023. aastal

Eelneval katseperioodil (2003-2019) väetati katsealal pool katselappidest ka tahesõnnikuga, mida anti korraga aastas kahele väljale normiga 30 t/ha. Selle sõnniku järelmõju ilmnas katses veel ka 2023. a. Nimelt oli varem sõnnikut saanud lappidel teraviljade (tali- ja suvinisu ning suviõra) terasaak maheviljeluses keskmiselt 150 kg/ha (8 %) suurem ja punase ristiku kuivmass maheviljeluses keskmiselt 622 kg/ha (13%) suurem kui sõnnikut mittesaanud katselappidel.

Talinisu umbrohtumus ja saaginäitajad

Talinisu 'Perenaise' eelviljaks oli teravilja-vahekultuuri külvikorras põldhernes, teravilja-ristiku külvikorras kaera allakülvina külvatud punane ristik ja teravilja-mono külvikorras suvioder. Talinisu külvati 8. septembril 2022. a. Tärnanud talinisu talvitus suhteliselt korralikult ja koristati 9. augustil 2023. a., mis oli 7 päeva hiljem kui eelneval aastal. Teravilja-vahekultuuride külvikorras kasvatati peale talinisu koristamist sügisperioodil ka vahekultuure (segus põldrõigas 80%, valge sinep 20%).

Talinisu areng kevadel võrsumisest kuni kõrsumiseni oli küll korralik, kuid tugev põud mais ja juunis pidurdas pea arengut ja saagikust oluliselt. Hea talvitumise ja võrsumise tõttu kasvas talinisu taimik piisavalt tihedaks nii mahe- kui tavaviljeluses ja surus umbrohte alla. Lisaks takistas umbrohtude arengut mai ja juuni põud. Pealegi oli sellel põllul eelnevate aastate sügisperioodil tehtud tüükoorimist koos künniga, mis on suhteliselt tõhus vegetatiivselt levivate umbrohtude (VLU) allasurumisel. Kõigi eeltoodud tegurite toimele oli umbrohtumus talinisis suhteliselt väike nii mahe- kui tavaviljeluses ja selle mõju terasaagile ei ilmnenud. Umbrohtumus on talinisis olnud väike ka eelnevatel aastatel. Tavaviljeluses oli umbrohtumus kõige väiksem, kuna herbitsiidi (Rexade 440) pritsimisega neist enamus hävitati.



Joonis 2. Talinisu 'Perenaise' terasaak erinevates külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

Kui varasematel aastatel on talinisu terasaak teravilja-ristiku külvikorras olnud maheviljeluses haljasmassiks kasvatatud ristiku järgselt suurem kui ülejäänud külvikordades muude eelviljade järel, siis 2023. a seda sisuliselt ei ilmnenud (Joonis 2). Arvatavasti tulenes see põua mõjust. Veepuudus mullas takistas ristiku lagunemisel vabanevate toiteelementide omastamist ja ilmselt vähendas ka muid soodsa eelvilja mõjusid järelkultuuri saagile.

Punase ristiku haljasväetis talinisu terasaaki 2023. a sisuliselt ei suurendanud, kuna tugeva mai ja juuni põua tõttu oli ristiku lagunemisel vabanevate toiteelementide omastamine ja taimede areng tugevasti pärsitud.

Tavaviljeluses, kus talinisule antakse suuremas koguses mineraalväetiseid, pole ristiku haljasväetise mõju terasaagile olnud nii märgatav kui maheviljeluses. Mineraalväetiste toime oli talinisu terasaak siiski oluliselt suurem kui tavaviljeluses.

Sarnaselt eelmisele aastale ei erinenud omavahel praktiliselt üldsegi ristiku järgse talinisu terasaagid väetamata mahe- ja maheväetise järelmõju variantides. 2022. aastal väetati ühes variandis haljasväetiseks kasvatatud punast ristikut kevadel maheviljeluses kaaliumirikka maheväetisega Ecoplant Humi (P-5, K-25, S-3, Ca-17, Mg-10 kg/ha), mille mõjul suurenes ristiku maapealne kuivmass 1 t/ha (20%). Selle massiga seoti N 57 kg/ha (47%), P 3 kg/ha (25%) ja K 33 kg/ha (23%) 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. Aga põua tingimustes sellist mõju ei ilmnenud. Samas 2021. a oli väetatud punase ristiku järgselt talinisu terasaak maheviljeluses siiski märgatavalt suurem e 341 kg/ha (14%), kuigi ristiku biomass ja selle toiteelementide kogus oli ristiku kevadisest otsekülvist tulenevalt väiksem.

Varem tehtud katsetes on allakülvina rajatud punase ristiku järel kasvatatud suvinisu ja ristik sisse küntud külviaasta kevadel. Sel juhul suurenes väetatud ristiku maapealne mass ligikaudu kaks korda ja suvinisu terasaak kuni kaks korda. Võimalik, et väetatud ja suurema biomassiga punase ristiku mõju talinisule saagikusele ongi väiksem kui suvinisule. Kuna talinisu eelselt küntakse ristik sisse augustis, hakkab see mullas kiiresti lagunema. Tärgranud talinisu ei suuda lagunenu ristiku biomassist vabanevat suurt hulka toiteelemente piisavalt siduda, kuna tema enda areng ja biomass on sügisperioodil väike. Seetõttu võib osa ristikust vabanevatest toiteelementidest sügisperioodil ikkagi leostuda ja kevadel polegi neid enam kasutada, mille arvelt talinisu saagikust piisavalt suurendada. Seda kõike oleks vaja siiski katsetega selgitada.

Mullast toiteelementide omastamise puudulikkusele 2023. a viitab selgelt ka väike talinisu terasaak tavaviljeluses. Kuigi lämmastikku anti 2023. a talinisule mineraalväetistega kokku suhteliselt korralikult (128 kg/ha), lisaks veel P, K, S (Tabel 1), jäi terasaak vahemikku 2900–3000 kg/ha. Maheviljeluse variantide suhtes suurenes terasaak sel juhul keskmiselt 1074 kg/ha (56%). Teisest lämmastikuga pealtväetamisest põua tõttu loobuti. Nimelt võib vee defitsiidi korral liigne väetamine saagikust isegi vähendada, sest taimedes suureneb osmootne rõhk, mis takistab füsioloogiliste protsesside loomulikku kulgu. Taimekasvatases

on aga keeruline ette näha sademete pikemat jaotust kasvuperioodil. Seetõttu pole väetamise planeerimine selle järgi sugugi lihtne.

Talinisu haiguste tõrjeks fungitsiidiga (Prosaro 11. mail) pritsimine kutsus põuasel kasvuperioodil esile 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 ning mahumassi.

kvaliteetse toidunisu nõuetele, kuid tavaviljeluses jäi enam-vähem optimaalsele tasemele (Tabel 2). Sarnane olukord oli ka eelneval aastal, kuigi siis oli proteiini ja kleepvalgusisaldus veelgi kõrgem. Teravilja-ristiku külvikorras oli haljasväetiseks kasvatatud ristiku järel mahetalinisu terade toorproteiini- ja kleepvalgusisaldus siiski suurem kui teistes külvikordades. Kvaliteetse toidunisu terade toorproteiinisaldus peaks olema vähemalt 12% ja kleepvalgu sisaldus optimaalsena 25–32% (Older, H., 1999). 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. Ka eelnevatel aastatel oli tavaviljeluses gluteenindeks oluliselt väiksem kui maheviljeluses.

Tabel 2. Talinisu 'Perenaise' terasaagi kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

Külvikord	Viljelusviis	Toorproteiin kuivaines, %	Kleepvalk, %	Gluteen- indeks, %	Lange- misarv, sek	Mahu- mass, g/l
Teravilja- vahekultuuri	Mahe väetamata	9,5	17,8	97	287	756
	Mahe väetisega	9,5	18,1	96	293	756
	Tava väetisega	14,1	32,5	74	326	738
Teravilja-ristiku	Mahe väetamata	10,4	20,6	94	332	760
	Mahe väetisega	10,1	20,0	94	315	754
	Tava väetisega	13,7	32,0	73	329	742
Teravilja-mono	Mahe väetamata	9,1	16,0	98	280	753
	Mahe väetisega	8,9	15,4	98	291	752
	Tava väetisega	13,4	31,2	78	307	736

Teadagi on, et korraliku toidunisu kvaliteedi saamiseks peab nisu kasvuajal saada 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 nisu 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.

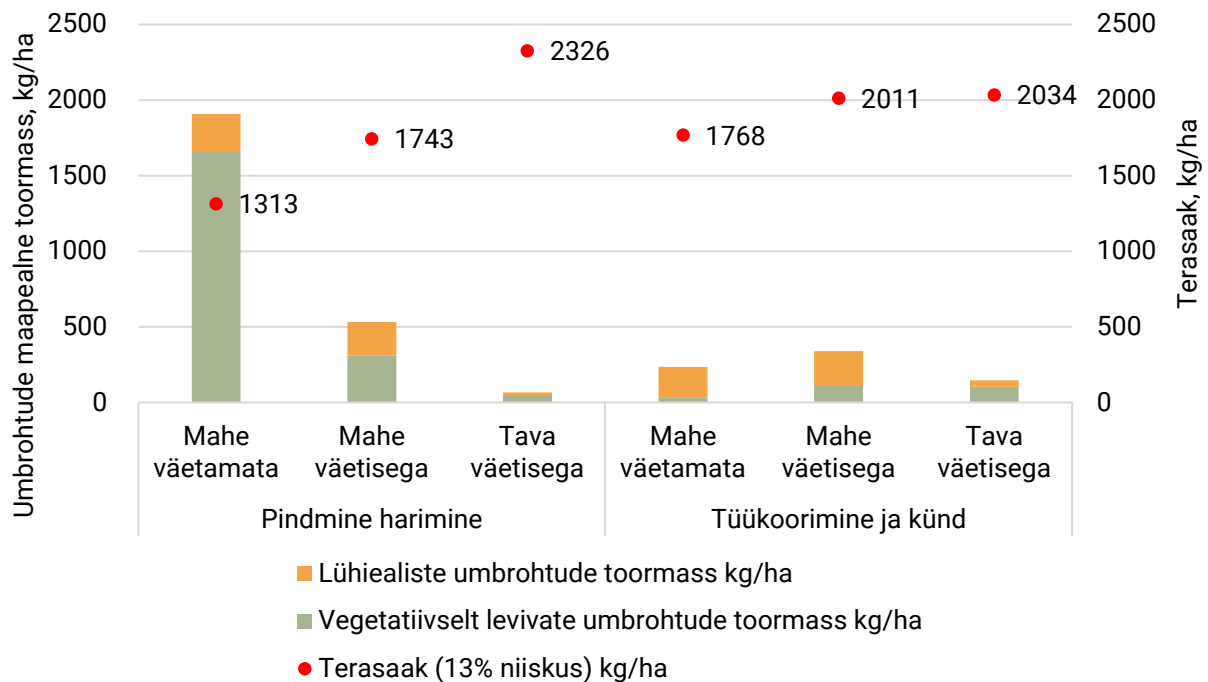
Talinisu terade langemisarv oli suhteliselt kõrge nii mahe- kui tavaviljeluses. Kusjuures teravilja-ristiku külvikorras ristiku järel kasvatades oli terade langemisarv isegi mõnevõrra suurem kui ülejäänud külvikordades teiste eelviljade järel. Terade langemisarv iseloomustab tähtsuse seisundit terades. Koristusperioodiga hilinemisel ja vihmaste ilmadega hakkab tähtsuse 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.

Mahumass oli sarnaselt eelmisele aastale maheviljeluses kõrgem, kuid tavaviljeluses. Mahumassist oleneb jahu väljatulek teradest. Suurema mahumassi korral saadakse rohkem jahu. Toidunisu mahumass peaks olema vähemalt 730 g/l. Kuid kõrgemale toidunisu kategooriale vastamiseks peaks mahumass olema veelgi kõrgem.

Suvinisu umbrohtumus ja saaginäitajad

Suvinisu 'Hiie' eelviljaks oli eelneval aastal talinisu. Teravilja-vahekultuuride külvikorras kasvatati peale talinisu koristamist sügisperioodil ka vahekultuure (segus põldrõigas 80%, valge sinep 20%). Suvinisu külvati teravilja-vahekultuuride, teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorra põldudele 20. aprillil ja koristati 9. augustil 2023. e samal päeval kui eelneval aastal. Teraviljade-vahekultuuride külvikorras külvati peale suvinisu koristamist sügisperioodiks uuesti sama vahekultuuride segu, mis eelneval aastal.

Mai ja juuni tugeva põua tõttu oli suvinisu areng kehv. Kõrs jäi lühikeseks ja terasaak maheviljeluses alla 2000 kg/ha. Ka tavaviljeluses jäi saagikus hoolimata väetamisest (N-94 kg/ha + P, K ja S) alla 2500 kg/ha (Joonis 4). Põua tõttu loobuti tavaviljeluse ka täiendava lämmastik-väetise andmisest pealtväetisena, mida varasematel aastatel on igal aastal antud. Samuti ei pritsitud haiguste tõrjeks fungitsiidiga, kuna taimehaigused kuivuse tõttu ei levinud ja pritsimine sellistes tingimustes võinuks soodustada taimede kemikaali stressi ja pärssida nende arengut veelgi.



Joonis 3. Suvinisu 'Hiie' umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel mahe- ning tavaviljeluses 2023. aastal

Kuna talinisu järgselt hariti 2022. a sügisel osa põllust üksnes pindmiselt (8–10 cm) ja teisel osal tehti nii tüükoorimist kui kündi, mõjutas erinev harimine märgatavalt ka 2023. a suvinisu umbrohtumust maheviljelusel. Nimelt suurenes pindmisel harimisel väetamata maheviljeluses vegetatiivselt levivate umbrohtude (VLU) maapealne toormass (põldohakas, võilill, orashein, põld-piimohakas) võrreldes tüükoorimise ja künniga (Joonis 3). Väetatud maheviljeluses oli see suurenemine pindmisel harimisel siiski väike. Suurim VLU mass moodustus maheviljeluses pindmisel harimisel teravilja-ristiku külvikorras, kus domineerisid võilill ja põldohakas. Tavaviljeluses oli selles külvikorras mõnevõrra rohkem 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.

Kuigi mai ja juuni pöud pidurdas lisaks terasaagile tugevalt ka umbrohtude arengut, avaldus siiski statistiliselt usutav seos umbrohtude maapealse toormassi suurenemise ja terasaagi vähenemise vahel ($r=-0,53$). Tugevaim oli see seos vegetatiivselt levivate umbrohtude ja terasaagi vahel. Lühiealiste umbrohtude puhul jäi see seos aga nõrgaks. Tüükoorimisel koos künniga, kus VLU intensiivsema sügisese mullaharimisega alla suruti, oli maheviljeluses suvinisu terasaagikus märgatavalt suurem (keskmiselt 362 kg/ha e 24%). Tavaviljeluses, kus umbrohtõrjeks pritsiti ka herbitsiidiga (Ariane), jäi umbrohtude mass väga väikeseks.

Teravilja-mono külvikorras jäi suvinisu terasaak väiksemaks kui ülejäänud mitmekesisema viljavaheldusega külvikordades. Vahekultuuride kasvatamisel või olla mõningane mõju terasaagi suurenemisele väetamata mahe- ja tavaviljeluses.

Teravilja-mono külvikorras oli nisu terasaak väetamata maheviljeluses ja tavaviljeluses väiksem kui ülejäänud mitmekesisema viljavaheldusega külvikordades (teravilja-vahekultuuri külvikorraga võrreldes keskmiselt 196 kg/ha e 10% ja teravilja-ristiku külvikorras 117 kg/ha e 6%). Seega võis nisu saagilangust siin mõjutada ka

ebasoodsam viljavaheldus. Samas väetatud maheviljeluses olid saagierinevused külvikordade vahel minimaalsed. Siin väetati orgaanilise maheväetisega Monterra Bio 10-7-1 ja sellega anti N-30 kg/ha ning lisaks veel muid toiteelemente. Väetamine maheväetisega suurendas terasaaki külvikordade keskmisena 336 kg/ha (22%) ja tavaviljeluses mineraalväetisega 639 kg/ha (41%).

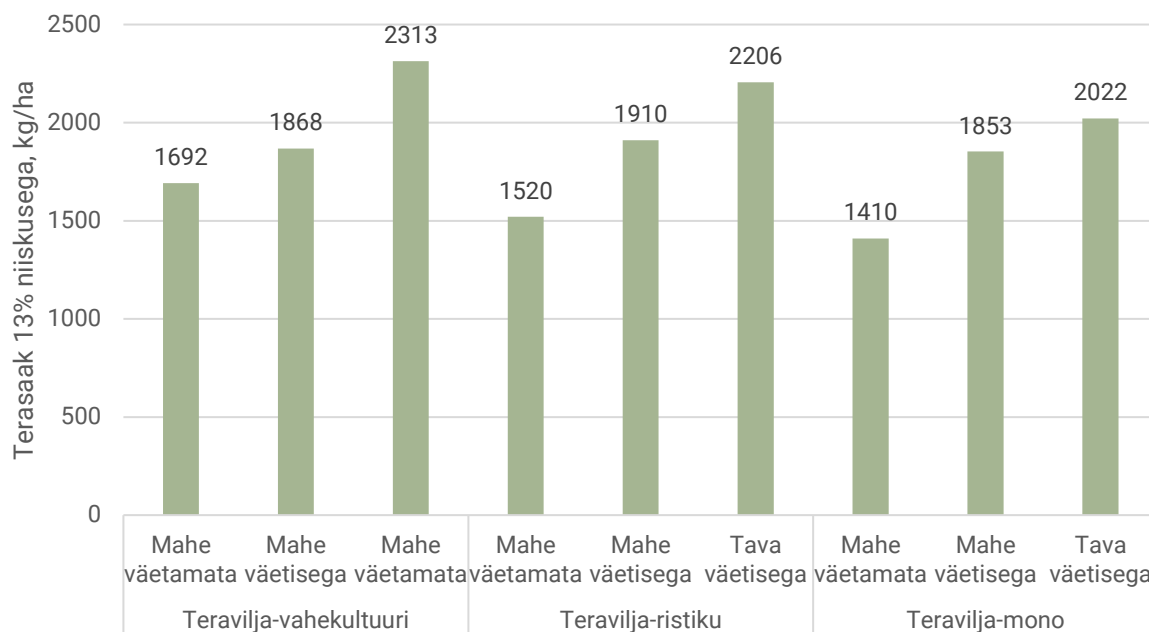
Teravilja-vahekultuuri külvikorras kasvatati eelneva aasta sügisel ka vahekultuure (põldrõika ja valge sinepi segu), kuid kuiva sügise tõttu jäi nende maapealne mass ja seotud toiteelementide kogus oodatust väiksemaks. Mingisugune mõju järgneva suvinisu terasaagile võis vahekultuuride massi lagunemisel vabanevatel toiteelementidel siiski olla, kuid kuna saagikusele avaldavad mõju ka muud eelkultuuri ja külvikorra viljavahelduse mõjud, siis puhtalt vahekultuuride massist vabanevate toiteelementide osa saagi suurendamisel on keeruline eraldi välja tuua. Siiski oli mahenisu terasaak väetamata maheviljeluses vahekultuuride mulda kündmise järgselt 181 kg/ha e 11% ja pindmisel harimisel, kus nad jäid mulda katma kevadeni, 383 kg/ha e 33% suurem kui ilma vahekultuurideta teravilja-mono külvikorras kasvanud suvinisul. Tavaviljeluses oli vahekultuuride järgse suvinisu terasaak vastavalt 91 kg/ha e 5% ja 490 kg/ha e 23% suurem.

Teravilja-mono külvikorras on olnud teraviljade üksteisele järgnemise (suviuder – talinisu – suvinisu) tõttu ebasoodsam viljavaheldus. See soodustab pikema perioodi jooksul haiguste, kahjurite, toiteelementide kättesaadavuse jm saagikust vähendavate tegurite mõju. Ebasoodsama viljavaheldusega külvikorra võrdlemine soodsamate viljavaheldusega külvikordadega võimaldabki KSM ning MAHE meetme nõuetele vastava viljavahelduse nõuete mõjusid ja kasulikkust hinnata.

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

Suvinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus oli sarnaselt talinisule maheviljeluses kõrgeim teravilja-ristiku külvikorras. Maheväetise Monterra Bio-ga väetamine suurendas eeltoodud näitajaid kõigi külvikordade nisu terades (Tabel 3). Korraliku toidunisu nõuetele vastas mahenisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus siiski vaid teravilja-ristiku külvikorras maheväetisega väetamisel. Tavaviljeluses oli proteiini ja kleepvalgusisaldus terades aga tänu

korralikule väetamisele suhteliselt kõrge. Terade gluteenindeks oli teravilja-vahekultuuri ja teravilja-mono külvikorra mahenisu terades liiga kõrge, kuid ülejäänud mahe- ja tavaviljeluse variantides optimaalsel tasemel. Kusjuures väetamisel ja väetisekoguste suurenedes gluteenindeks vähenes.



Joonis 4. Suvinisu 'Hiie' terasaak erinevates külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

Tänu õigeaegsele koristamisele jõi suvinisu terade langemisarv üldiselt optimaalsele tasemele nii mahe- kui tavaviljeluses, kuid väetamisel ja väetisekogu suurenedes langemisarv vähenes. Mahesuviniisu terade mahumass oli oluliselt väiksem teravilja-vahekultuuri külvikorras mitteväetamisel, vastates madalaima kategooria (5.) toidunisu nõuetele. Ülejäänud mahevariantides vastas mahumass 2.-4. kategooria toidunisu nõuetele, olles kõrgeim teravilja-ristiku külvikorras. Väetamine suurendas mahumassi ja kõrgeim oli see tavaviljeluses, kus kõigis külvikordades vastas suvinisu mahumass 2. kategooria toidunisu nõuetele.

Tabel 3. Suvinisu 'Hiie' terasaagi kvaliteedinäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

Külvikord	Viljelusviis	Toorproteiin kuivaines, %	Kleepvalk, %	Gluteenindeks, %	Langemisarv, sek	Mahumass, g/l
Teravilja- vahekultuuri	Mahe väetamata	9,7	17,3	95	296	748
	Mahe väetisega	10,9	21,3	88	270	767
	Tava väetisega	14,8	34,5	65	217	771
Teravilja- ristiku	Mahe väetamata	10,8	22,0	87	282	764
	Mahe väetisega	12,0	25,5	80	245	779
	Tava väetisega	14,2	33,1	71	208	778
Teravilja- mono	Mahe väetamata	9,7	17,6	95	272	758
	Mahe väetisega	11,1	22,6	85	252	774
	Tava väetisega	14,4	33,3	69	224	775

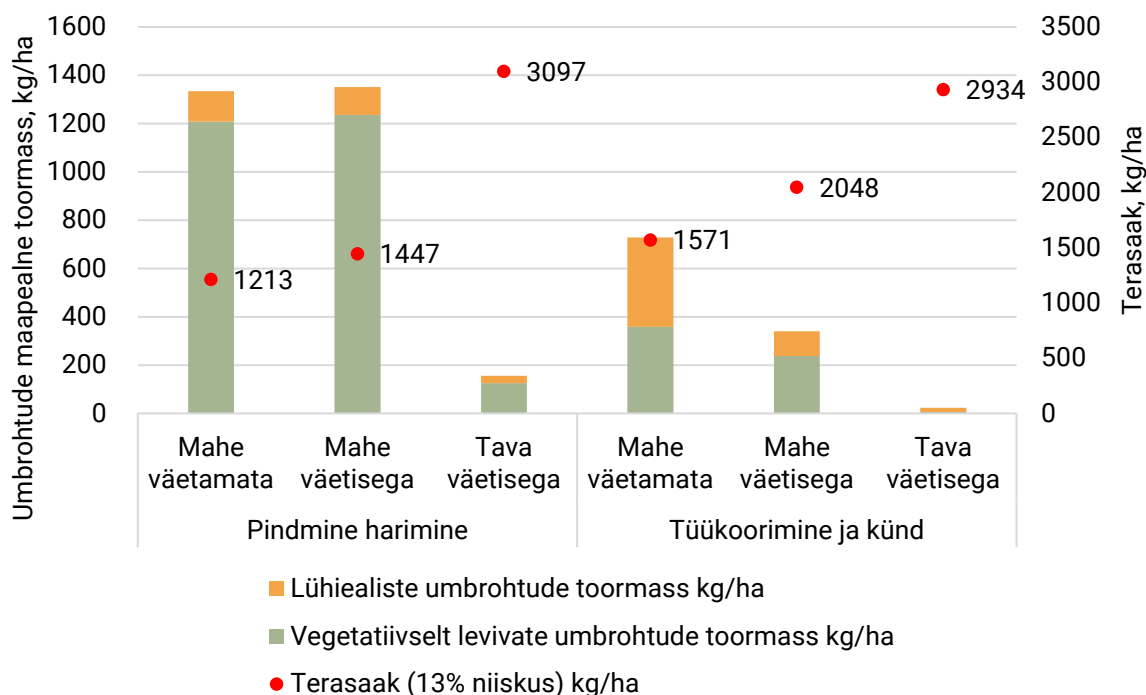
Kaera umbrohtumus ja saaginäitajad

Kaera 'Kalle' eelviljaks oli eelneval aastal suvinisu. Teravilja-vahekultuuride külvikorras kasvatati peale suvinisu koristamist ja kaerale eelnevalt ka vahekultuure (põldrõigas, valge sinep). Teravilja-vahekultuuride ja teravilja-mono külvikorras külvati kaer puhaskülvinä. Teravilja-ristiku külvikorras külvati kaerale veel lisaks allakülvinä punane ristik 'Varte', kuid tugeva põua tõttu see 2023. a ei tärganud. Nii kaer kui ristik külvati 20. aprillil. Kaer koristati 4. septembril. Koristusaeg oli 19 päeva hilisem kui 2022. a.

Nagu teistelgi teraviljadel pärssis kaera arengut tugevasti mai ja juuni põud, mis põhjustas terasaagi languse. Põua tõttu valmisid kevadel võrsunud kaera taimed küll kiiremini, kuid juulis ja augustis järgnenud sademed kutsusid esile ka tugeva hilisvõrsumise. Hilisvõrsetest arenenud peades küpsesid terad aga mitu nädalat hiljem ja seetõttu nihkus ka koristusaeg tavapärasest hilisemale ajale.

Sellel külvikorraväljal mõjutas sügisene mullaharimisviis ja vahekultuuride eelnev kasvatamine umbrohtumust ja terasaaki külvikorras kõige enam. Nimelt umbrohtus põlluosa, kus maheviljeluses oli eelneval kahel aastal mulda pindmiselt haritud võrdlemisi tugevalt vegetatiivselt levivate (VLU) umbrohtudega (Joonis 5). Nendeks umbrohtudeks olid põhiliselt põldohaks, põld-piimohakas ja orashein. Põlluosal, kus maheviljeluse oli eelnevalt tehtud tüükoorimist ja kündi jäi VLU maapealne toormass aga suhteliselt väikeseks. Samas suurenes väetama maheviljeluses VLU kontrolli alla saamisel lühiealiste umbrohtude (LEU) toormass. Väetatud mahekaer suutis aga tihedama seisu tõttu omakorda LEU alla suruda. Tüükoorimisel koos künniga oli ka kaera terasaak maheviljeluses keskmiselt 474 kg/ha (35%) suurem. Tavaviljeluses, kus umbrohutõrjet tehti herbitsiidiga (Ariane), jäi umbrohtumus üldiselt

väikeseks ja kaera saagikust praktiliselt ei mõjutanud. Umbrohtude maapealse toormassi suurenemise ja terasaagi vähenemise vahel avaldus ka statistiliselt usutav seos ($r=-0,54$). Tugevaim oli see seos vegetatiivselt levivate umbrohtude ja terasaagi vahel. Lühiealiste umbrohtude maapealse massiga oli seos aga nõrk, kuna nende mass ja osakaal kogu umbrohtumusest oli katsevariantides üldiselt väike.



Joonis 5. Kaer 'Kalle' umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

Teraviljade-vahekultuuri külvikorras oli maheviljeluses VLU toormass pindmisel harimisel ja tegelikult ka tüükoorimisel koos künniga oluliselt suurem kui teistes külvikordades (Joonis 6). Nii paradoksaalne kui see ka pole, on sellise suure umbrohtumuse üheks peamiseks põhjustajaks teraviljade-vahekultuuri külvikorras sügiseste vahekultuuride eelneva kasvatamisega kaasnevad agrotehnilised probleemid umbrohtude tõrjumisel. Nimelt ei saa samale põllule kahel aastal järjest vahekultuuride kasvatamise tõttu teha sügisperioodil pindmisel mullaharimisel korralikku mehhaanilist umbrohtutõrjet. 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 2. novembril mulda, kurnati eelneva tüükoorimise ja künni koosmõjul VLU suhteliselt edukalt välja ja seal oli VLU mass maheviljeluse oluliselt väiksem ning terasaak suurem (591 kg/ha e 58%). Umbrohtumuse sõltuvust mullaharimisest näitab ilmekalt ka see, et kui pindmisel harimisel moodustas umbrohtude maapealne kuivmass teraviljade-vahekultuuri külvikorras kaera terade ja põhu kuivmassist maheviljeluses ligikaudu 47%, siis tüükoorimisel koos künniga 15%. Teada on, et tüükoorimine koos künniga intensiivistab ka taimse materjali ja mulla orgaanilise osa mineraliseerumist, seetõttu vabaneb toitelemente järgnevale kultuurile

rohkem kui pindmisel harimisel. Väheneb ka mullas olevate taimehaiguse tekitatajate ja kahjurite hulk. Needki tegurid võisid lisaks umbrohtumusele terasaagikust mõjutada.

Teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras, kus sügisese vahekultuure ei kasvatatud, sai kolmel eelneval aastal sügisel aga mulda intensiivsemalt harida. Poolel põllul hariti

Teraviljade-vahekultuuri külvikorras, kus eelneva aasta sügisel kasvatati vahekultuure ja mulda hariti sügisel enne vahekultuuride külvi pindmiselt, umbrohtus kaer maheviljeluses väga tugevalt vegetatiivselt levivate umbrohtudega, mis põhjustas ka märkimisväärse terasaagilanguse. Kui vahekultuuride külvi eelselt tehti tüükoorimist ja oktoobri lõpus 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.

maheviljeluses 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 väiksemaks kui teravilja-vahekultuuri külvikorras, kus hariti vaid üks kord.

Kuna külvikordades olid erineva mullaharimise tõttu suured erinevused umbrohtumuses,

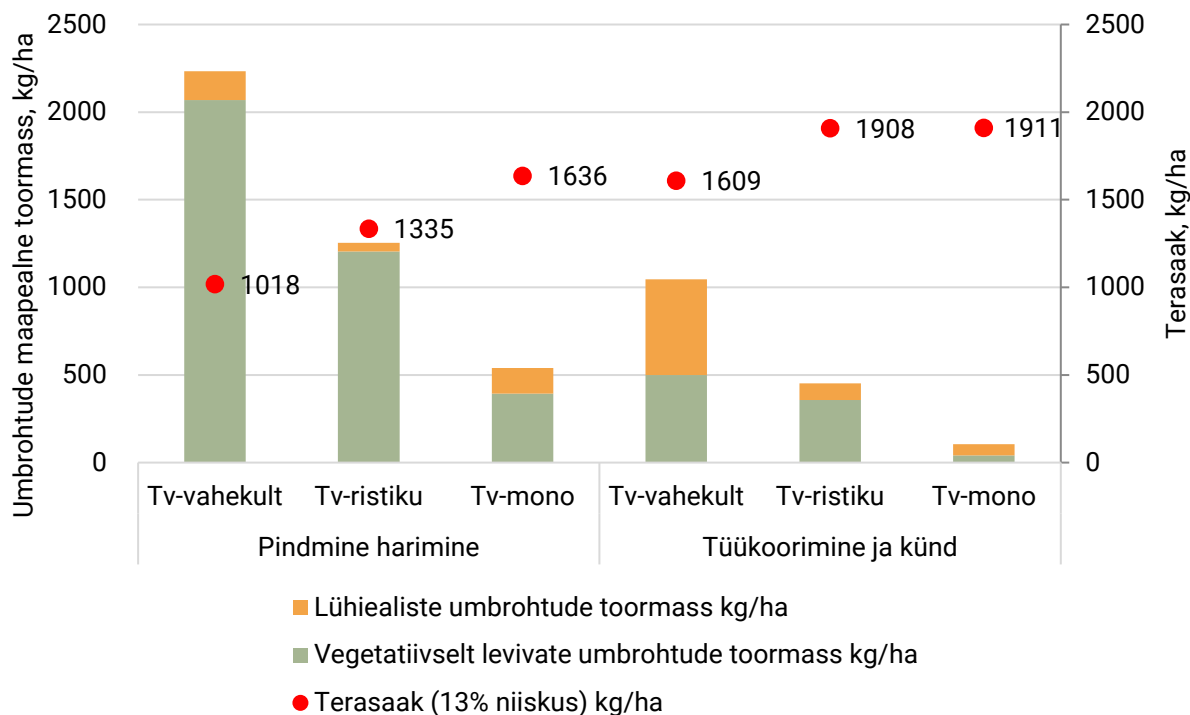
mõjutas see ka kaera terasaake. Nii oli pindmisel harimisel teravilja-mono külvikorras, kus umbrohtumus kõige väiksem, mahekaera terasaak teravilja-vahekultuuri külvikorra kaera terasaagist 618 kg/ha (61%) ja teravilja-ristiku külvikorra terasaagist 301 kg/ha (23%) suurem. Tüükoorimisel koos künniga, kus umbrohtumus polnud nii suur, jäid ka kaera saagierinevused külvikordade vahel väiksemaks. Nii oli selle mullaharimise korral mahekaera terasaak teravilja-mono külvikorras 299 kg/ha (19%) suurem kui suurema umbrohtumusega teravilja-vahekultuuri külvikorras. Samas teravilja-ristiku külvikorras kasvanud kaera terasaagiga vahesid praktiliselt polnudki, kuna umbrohtumus jäi mõlemas külvikorras suhteliselt väikeseks.

Vahekultuuride kasvatamist propageeritakse kui tõhusat vahendit toiteelementide leostumise vältimiseks sügis-talve perioodil, kultuuride saagikuse ja mulla orgaanilise C varu suurendamisel ning isegi umbrohtude allasurumisel eeskätt maheviljeluses. 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 uuring.

Tavaviljeluses oli teravilja-vahekultuuri külvikorras selgelt suurem VLU mass pindmisel harimisel tänu orasheina domineerimisele. Kaheidulehelisi VLU katsevariandis peaaegu polnudki, need olid hävitatud ilmselt herbitsiidiga (Ariane). Orasheina aga Ariane ei hävita ja kuna ühekordse pindmise harimisega pole orasheina võimalik ka välja kurnata, leviski see umbrohi siin rohkem. Kui aga samas külvikorras tehti tüükoorimist koos künniga, orasheina katsevariandis polnudki. Orasheina suurem levik pindmisel harimisel 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 pindmisel harimisel.

Mõnevõrra üllatuslikult oli teravilja-ristiku külvikorras mahekaera VLU mass suurem kui teravilja-mono külvikorras. Siin võis seda mõjutada ka enne 2020. a antud katsealal VLU väljakurnamiseks tehtud intensiivsema sügisese mullaharimise järelmõju. Kas see olukord järgmises külvikorrasrotatsioonis muutub, seda peaks näitama järgnevad katseaastad.



Joonis 6. Kaer 'Kalle' umbrohtumus ja terasaak erineval mullaharimisel külvikordades mahevilljeluses 2023. aastal

Vahekultuuride biomassi moodustamise ja toiteelementide sidumise võimet ning nende mõju järelkultuuri terasaagile on eri aastatel väga tugevalt mõjutanud vahekultuuride külvamise ja kasvuaegse perioodi ilmastikutingimused. 2022. aastal oli vahekultuuride külvi ajal ja nende aktiivsema kasvuperioodi ajal suur sademetevaegus (augustis vaid 17,7 ja septembris 35,0 mm sademeid) ja muld pikka aega kuiv. Kuigi ööpäevane keskmine õhutemperatuur oli augustis taimekasvuks soodne (18,9°C), siis septembris sagedaste madalate öiste temperatuuride ja öökülmade tõttu juba vähem

Peale põhikultuuri koristamist külvatud vahekultuuride mõju mulla toiteelementide sidumisele ja järgnevale kaera terasaagile olnes tugevalt nende külvamise ajast ja sügisperioodi ilmatingimustest. Sademeterohkel sügisperioodil (2021. a) ja varasemal külvil moodustasid vahekultuurid suure biomassi ja sidusid hulgaliselt toiteelemente ning suurendasid ka kaera terasaaki (2022. a). Kuival sügisperioodil (2022. a) oli vahekultuuride areng kesine ja seotud toiteelementide hulk väike ning mõju kaera terasaagile (2023. a) praktiliselt olematu.

soodne (8,8°C). Selle tõttu oli kaera eelsete vahekultuuride tärkamine kuivas mullas väga ebaühtlane ja areng kesine (maapealne kuivmass väetamata maheviljeluses vaid 182, väetatud maheviljeluses 138 ja tavaviljeluses 203 kg/ha). Nii jäi ka maapealse massiga seotud toiteelementide hulk väga väikeseks (väetamata maheviljeluses N-8, P-1, K-6 kg/ha, väetatud maheviljeluses N-4, P-0, K-3 kg/ha ja tavaviljeluses N-10, P-1, K-7 kg/ha). Seetõttu ei mõjutanud 2022. a sügisel mulda küntud vahekultuurid praktiliselt üldse neile järgneva kaera terasaaki. Arvatavasti polnud vahekultuurid sel juhul ka eriti tõhusad mullas kasutamata jäänud toiteelementide sidumisel.

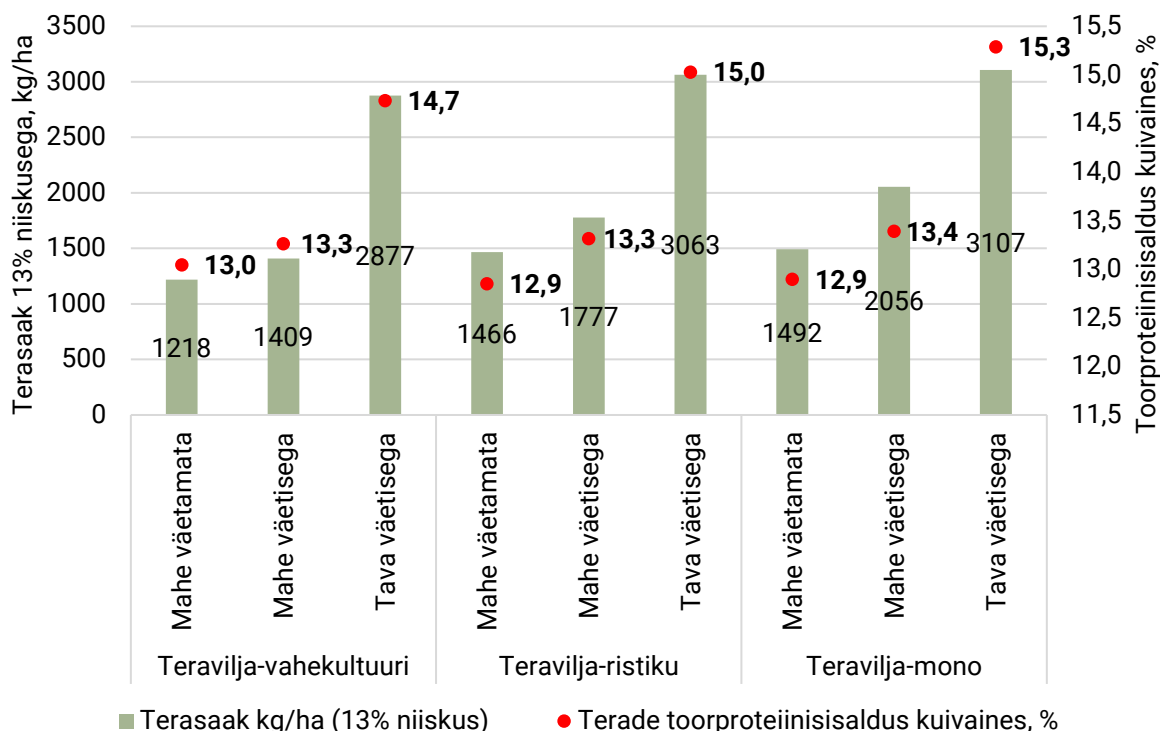
2021. a sai vahekultuurid külvata 13 päeva varem (28. juulil). Vahetult külvi eel sadas ja seetõttu külvati vahekultuuride seemne idanemiseks soodsasse niiskesse mulda. Vahekultuuride tärkamise aegne ja aktiivse kasvu periood oli suhteliselt sademeterohke (28. juulist.-31 augustini kokku 167,2 mm) ja mõõdukalt soe (ööpäevane keskmine õhutemperatuur 15,8°C). Septembris oli sademeid vähem (32,3 mm) ja ööpäevane keskmine temperatuur oluliselt madalam (10,3°C). Ööpäevased miinimumtemperatuurid olid võrreldes 2022. a kõrgemad ja öökülma esines septembris vaid paaril päeval. Suve esimese perioodi tugeva põua tõttu jäi suur osa väetistega antud toiteelementidest (eriti N) jäänud suvinisu poolt omastamata ja vahekultuurid suutsid need elemendid sügisperioodil tõhusalt siduda ning moodustada ka suurema maapealse massi väetatud maheviljeluses (kuivmassina 2631 kg/ha) ja eriti suure biomassi tavaviljeluses (10 098 kg/ha). Selle massiga seoti ka suurem kogus toiteelemente (vastavalt N-56, P-9, K-59 kg/ha ja N-275, P-32, K-237 kg/ha). Vahekultuuride lagunemisel sai 2022. a külvatud kaer neid toiteelemente kasutada ning terasaak suurenes näiteks teravilja-mono külvikorras kasvanud kaeraga võrreldes märkimisväärselt just tüükoorimise ja künni kooskasutamise variandis, kus umbrohud olid eelnevalt suhteliselt hästi alla surutud (mahe väetisega variandis 466 kg/ha e 13% ja tavaviljeluses 1019 kg/ha e 21%). Väetamata maheviljeluses, kus mullas oli vähe kasutamata toiteelemente ja vahekultuuride areng jäi 2021. a sügisel pigem kesiseks, polnud neil ka märgatavat mõju järgneva aasta kaera terasaagile.

Suuremast umbrohtumisest teravilja-vahekultuuri külvikorras tulenevalt jäid kaera terasaagid nii mahe- kui tavaviljeluses väiksemaks kui teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras (Joonis 7). Maheväetise (Monterra Bio 10-7-1) andmisel (N-30 kg/ha) suurenes ka kaera terasaak (teravilja-vahekultuuri külvikorras keskmiselt 191 kg/ha e 16%, teravilja-ristiku külvikorras 311 kg/ha e 21% ja teravilja-mono külvikorras 564 kg/ha e 38%). Nagu näha, oli suurema umbrohtumusega teravilja-vahekultuuri külvikorras kasvanud mahekaera terasaagitõus märgatavalt väiksem kui teistes külvikordades.

Maheviljeluses avaldus ka (erineva) külvikorra otsemõju kaera terasaagile statistiliselt usutavalt. Tavaviljeluses usutavat mõju ei ilmnenu.

Sarnaselt varasematele katseaastatele kasutas kaer tavaviljeluses mineraalväetistega antud toiteelemente terasaagi suurendamisel tõhusamalt kui tali- ja suvinisu. Nii suurendas väetamine (N-94 kg/ha + P, K ja S) siin kaera terasaaki keskmiselt 1624 kg/ha e 117%. Kui kaer külvata varakult, mil mullas on veel parajalt niiskust, areneb tal teistest teraviljadest võimsam ja sügavamale tungiv juurestik, mis võimaldabki 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.



Joonis 7. Kaer 'Kalle' terasaak ja terade toorproteiinisaldus külvikordades erineval mullaharimisel mahe- ning tavaviljeluses 2023. aastal

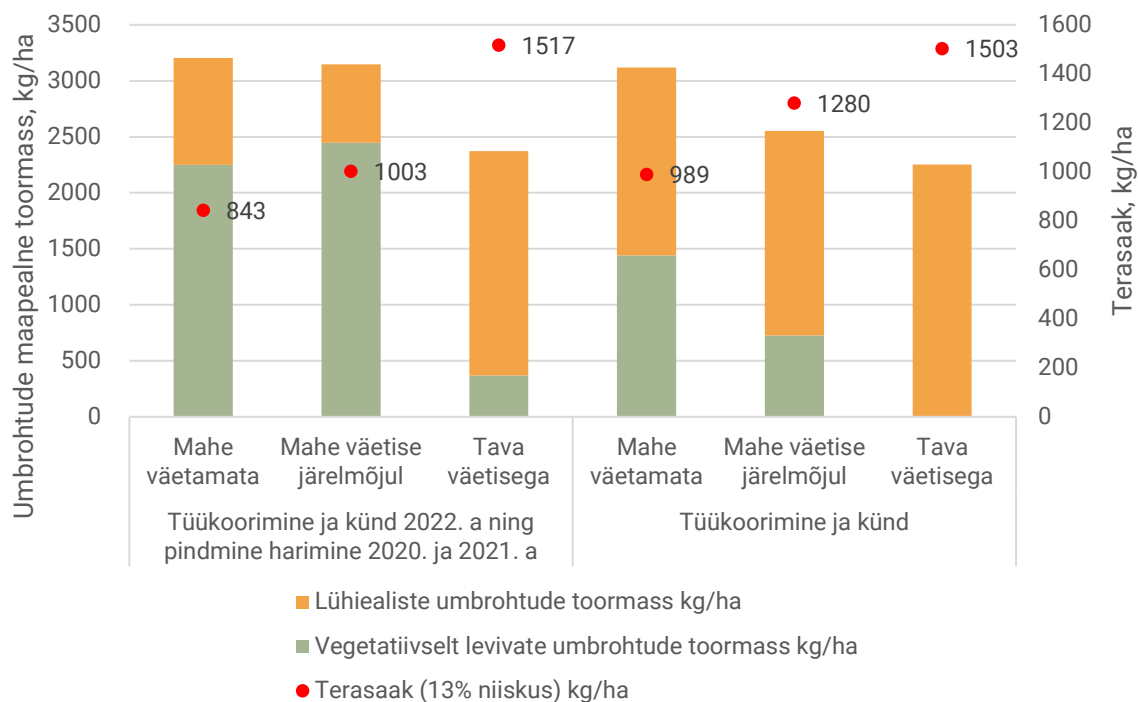
Kaera terade toorproteiinisaldus suurenes väetamisel nii mahe- kui tavaviljeluses ja oli 2023. a suhteliselt kõrge (eriti tavaviljeluses). Väikese tera tõttu jäi kaera mahumass väikeseks nii mahe- kui tavaviljeluses (alla 500) ega vastanud toidukaera nõuetele. Selle põhjuseks võis olla tugev hilisvõrsumine ja terade sundvalmimine tugeva mai ja juuni põua ja sellele järgneva sademeterikkama perioodi tõttu.

Põldherne ja suviadra umbrohtumus ning saaginäitajad

Põldherne 'Aurelia' ja suviadra 'Tuuli' eelviljaks oli eelneval aastal kaer. Nii põldhernes teravilja-vahekultuuride külvikorras kui suviader teravilja-mono külvikorras külvati põllule 20. aprillil ja koristati 14. augustil. Herne koristusaeg oli 12 päeva ja suviadral 5 hilisem kui 2022. a. Mai ja juuni põua tõttu jäi herne vars väga lühikeseks (10-20 cm) ja tugevalt pidurdus kaunte areng ning suviadral eelkõige pea ja terade areng. Seetõttu jäid terasaagid ka siin oodatust väiksemaks.

Eriti väikeseks jäid põldherne terasaagid (Joonis 8). Lühike ja hõre taimik ei suutnud konkureerida umbrohtudega ja väga madalavarrelist hernest oli ka kombainiga keeruline koristada. Põlluosal, kus eelneval aastal tehti tüükoorimist koos künniga, kuid kahel varasemal aastal (2020. ja 2021. a) hariti vaid pindmiselt, oli VLU toormass oluliselt suurem võrreldes põlluosaga, kus igal aastal tehti tüükoorimist koos künniga. Seega ilmnes VLU leviku

suurenemine selgelt ka pindmise harimise järelmõjuna. 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 herbitsiidi Corum mõju LEU umbrohtudele nõrgaks ja nende mass oli isegi suurem kui maheviljeluses. Arvatavasti soodustas väetamine tavaviljeluses ka LEU arengut. VLU umbrohtude mass oli tavaviljeluses, kus varem oli ka pindmiselt haritud, siiski väike ja variandis. Ainult tüükooritud ja küntud variandis neid katselappidel polnudki.



Joonis 8. Põldhernes 'Aurelia' umbrohtumus ja terasaak mahe- ning tavaviljeluses teraviljade-vahekultuuri külvikorras 2023. aastal

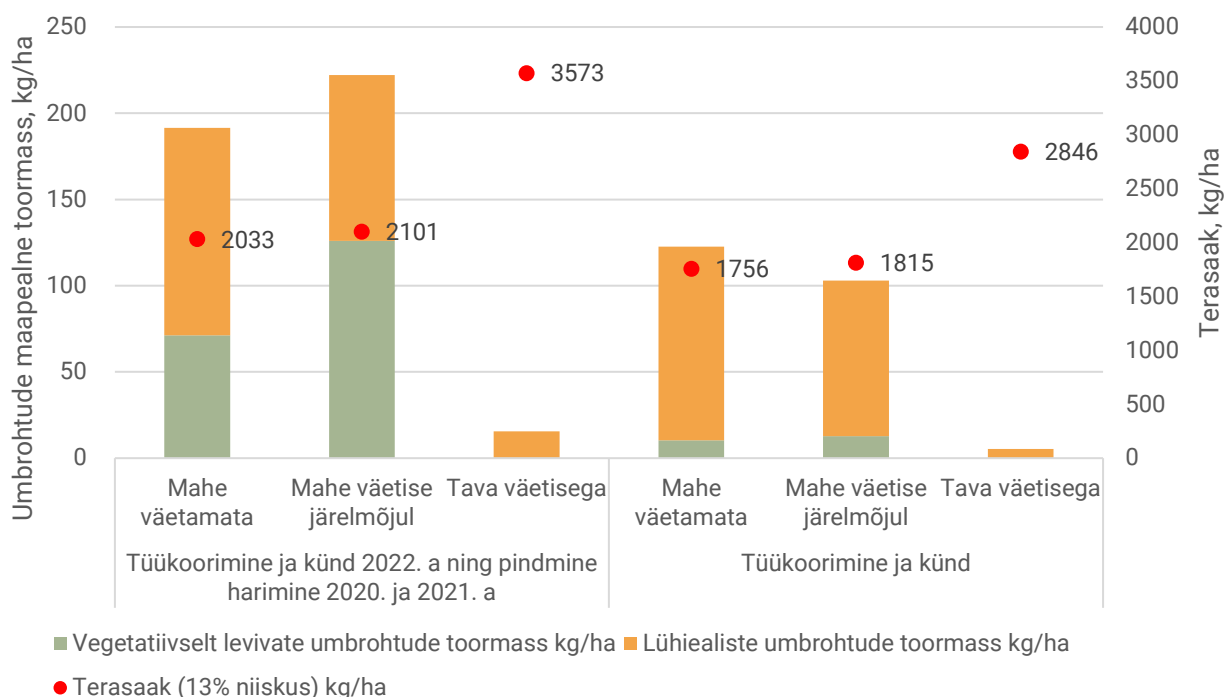
Kuna põua tõttu jäid herne varred lühikeseks ja põld hõredaks, ei suutnud hernes konkureerida umbrohtudega. Tugev umbrohtumus vähendas aga terasaaki nii mahe- kui tavaviljeluses.

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.

Põldhernes maheväetisega ei väetatud. Seetõttu kasutas hernes eelmiste aastate väetiste järelmõju. Väetiste järelmõjul suurenes terasaak maheviljeluses keskmiselt 226 kg/ha (25%). Tavaviljeluses, kus hernes väetati fosfori ja kaaliumirikka ning mõõduka lämmastiku sisaldusega mineraalväetisega (Tabel 1), suurenes terasaak keskmiselt 595 kg/ha (65%). Väetamine tavaviljeluses suurendas ka herne terade toorproteiinisaldust. Kui maheviljeluses oli toorproteiinisaldus 20,9%, siis tavaviljeluses 22,3%.

Suviodra umbrohtumus oli 2023. a väike ning kõigist ülejäänud suviteraviljadest väikseim. 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 oluliselt suurem, kui põlluosal, kus igal aastal tehti tüükoorimist koos künniga (Joonis 9). Sarnaselt põldhernega, avaldus ka suviodras statistiliselt usutav seos, et kui VLU maapealne toormass, vähenes siis LEU massi suurenemine ($r=-0,60$). Kuna umbrohtumus oli põllul tervikuna väike, ei mõjutanud see siiski suviodra terasaaki. Põlluosal, kus varasematel aastatel oli sügisel pindmiselt haritud, saadi isegi suurem terasaak, kui tüükoorimise ja künni variandis. Suvioder võrsus kevadel suhteliselt normaalselt ja kattis põldu tihedamalt kui põldhernes. Seetõttu oli tal ka suurem umbrohtude tõrjumise võime. Tärpanud umbrohtude kasvu pidurdas ka mai ja juuni tugev pöud. Lisaks on suviodrale eelnevate kultuuride (talinisu, suvinisu ja kaer) järgne sügisene mullaharimine olnud selles külvikorras umbrohtude tõrjumiseks intensiivsem kui põldhernele eelneva tali- ja suvinisu koristusjärgselt, kus sügisperioodil kasvatati vahetult ja maheviljeluses sai seetõttu teha vaid ühe pindmise harimise kahe asemel. Tavaviljeluses jäi umbrohtumus oluliselt väiksemaks kui maheviljeluses põhiliselt tänu herbitsiidiga Ariane pritsimisele. Kusjuures VLU umbrohte tavaviljeluses polnudki.

Teravilja-mono külvikorras kasvanud suviodra põllul oli umbrohtumus põlluosal kus varasematel aastatel (2020. ja 2021. a) kasutati ka pindmist harimist, suurem, kui põlluosal, kus igal aastal tehti tüükoorimist koos künniga. Tervikuna oli aga umbrohtumus väike ja odra terasaaki ei mõjutanud.



Joonis 9. Suvioder 'Tuuli' umbrohtumus ja terasaak mahe- ning tavaviljeluses teraviljade-mono külvikorras 2023. aastal

Sarnaselt põldhernele ei väetatud ka suviotra maheväetisega. Mahe väetiste järelmõju variandis oli odra terasaak vaid pisut suurem (keskmiselt 63 kg/ha e 3%) kui väetamata maheviljeluses. Tavaviljeluses, kus väetati NPK kompleksväetisega (Tabel 1), suurenes

terasaak keskmiselt 1315 kg/ha (69%). Väetamine tavaviljeluses suurendas ka odra terade toorproteiinisisaldust. Kui maheviljeluses oli toorproteiinisisaldus 10,4%, siis tavaviljeluses 13,0%.

Punase ristiku saaginäitajad

Haljasväetiseks kasvatatud hilise punane ristiku sort 'Ilte' külvati teravilja-ristiku külvikorras kaera allakülvina 22. aprillil 2022. a. Ristiku haljasmass purustati põllule ja randaaliti 21. augustil ning künti talinisule haljasväetiseks sisse 25. augustil 2023. a.

Punast ristikut eelneva aasta teraviljale alla külvates katab see peale teravilja koristust sügisel ja talvel põllu ja seob

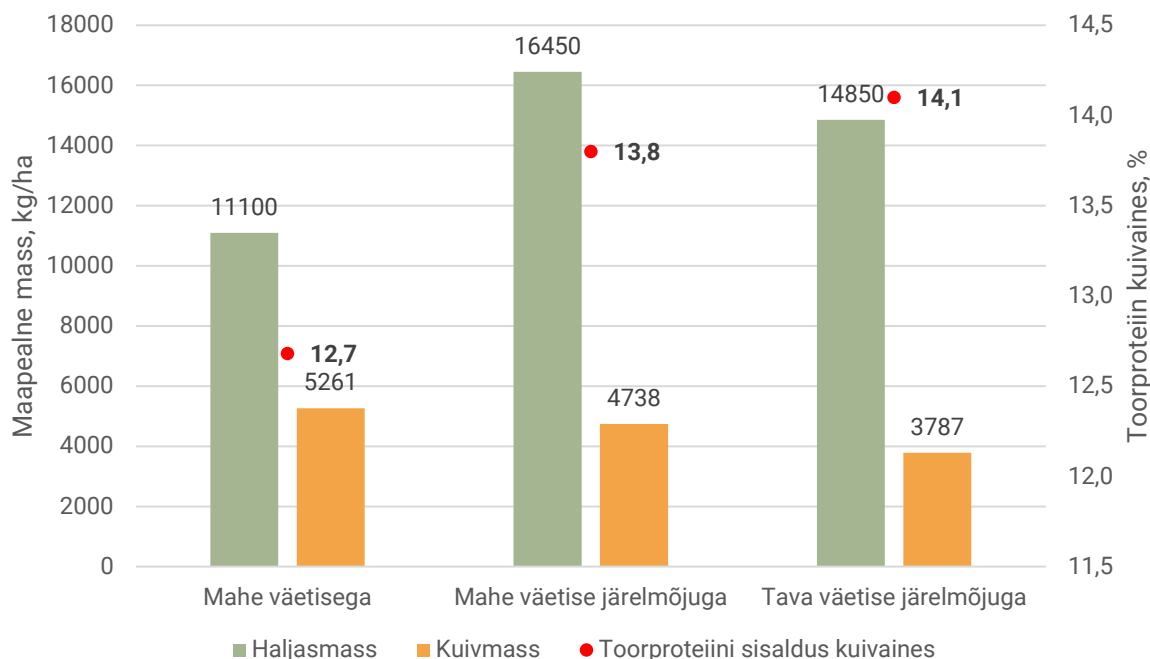
mulla liikuvaid toiteelemente, takistades leostumist. Järgneval aastal ristikut haljasväetiseks kasvatades tagastatakse selle biomassiga mulda suurem hulk toiteelemente, mida järgnev kultuur saab kasutada. Samuti suureneb ristiku biomassi süsiniku arvelt mulla orgaanilise süsiniku sisaldus.

Tugeva mai ja juuni põua tõttu jäi ristiku areng sisuliselt terveks põuaperioodiks seisma ja areng jätkus alles juulis ja augustis, kui sademeid uuesti tuli. 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. 2023. a jäi ristiku hekseldamine suve esimesel poolel väikese massi tõttu ära. Põua mõju oli nii tugev, et ristik ei jõudnud suve esimeses pooles isegi õitsemisfaasi, mis on kogu katseajaloo jooksul 2003. a alates esmakordne. Sellistes tingimustes jäi allakülviga rajatud punase ristiku maapealne mass täiskasvuaastal (2023) oluliselt väiksemaks kui tavaliselt.

Kevadel antud maheväetisega (Ecoplant Humi P-7, K-32, S-4, Ca-21, Mg-13 kg/ha) mõjul oli punase ristiku maapealne haljasmass maheviljeluses küll 48% (5350 kg/ha) suurem, kuid kuivmass jäi üllatuslikult isegi mõnevõrra väiksemaks (Joonis 10). Tavaviljeluses punast ristikut ei väetatud. Siin kasutas ristik eelnevate aastate väetamise järelmõju ja haljasmass oli väetamata maheristikust 34% (3750 kg/ha) suurem. Kuid siingi jäi kuivmass väetamata maheristiku kuivmassist väiksemaks. Selle põhjuseks ongi ilmselt suve esimese perioodi ekstreemne põud. Ristiku areng jäi varakult seisma. Kuna massi vahepealset hekseldamist ei tehtud ja väetamata maheviljeluses toitaivate puudusel ka suve teisel perioodil ristik eriti ei kasvanud, suurenes augustiks keskpäigaks (mil võeti haljasmassi proovid) ristiku kuivainesisaldus oluliselt ja see oli 47%. Väetatud maheviljeluses ja väetiste järelmõju kasutavas tavaviljeluses olid aga füsioloogilised protsessid ristikus suve teisel perioodil mullaniiskuse suurenedes aktiivsemad ja massi veesisaldus suurem (kuivainesisaldus vastavalt 26 ja 29%). See, et heintaimede haljasmassi ja kuivaine saak pole omavahel päris

Suve esimesel perioodil jäi põua tõttu haljasväetiseks kasvatatava punase ristiku areng varakult seisma. Suve teisel perioodil, kui tuli rohkem sademeid, suurenes Ecoplant Humi-ga väetatud maheviljeluses ja väetiste järelmõju kasutavas tavaviljeluses küll punase ristiku haljasmass, kuid kuivmass jäi isegi väiksemaks, kui väetamata maheviljeluses.

proportsionaalsed, on suhteliselt tavaline. Kuid selline olukord, kus oluliselt suurema ristiku haljasmassiga variandi korral jääb kuivmass väiksemaks, kui oluliselt väiksema haljasmassi kogusega variandis, on katse ajaloos esmakordne.



Joonis 10. Punase ristiku 'Ilte' maapealse massi saaginäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

Väetamine suurendas ristiku maapealse massi toorproteiinisisaldust kuivaines. Kui mitteväetamisel oli maheviljeluses ristiku toorproteiinisisaldus 12,7%, siis Ecoplant Humi-ga väetamisel maheviljeluses 13,8% ja tavaviljeluses 14,1%. Ka varasematel aastatel on väetamisel esinenud sarnased tendentsid, kuid keskmine toorproteiinisisaldus on olnud taimede vahepealse ja varasemas kasvufaasis hekseldamise tõttu suurem.

Väetatud maheviljeluses ja tavaviljeluses oli ristiku kuivmassi lämmastiksisaldus tänu kõrgemale proteiinisisaldusele aga suurem. Samuti oli suurem ka kuivmassi fosfori ja kaaliumi sisaldus. See kompenseeris nendes variantides suures ulatuses seotud NPK koguse, suurema kuivamassiga, kuid väiksema NPK sisaldusega väetamata maheviljeluse variandi suhtes (eriti väetatud maheviljeluses). Ristiku süsiniku (C) sisaldus kuivmassis oli variantides aga suhteliselt võrdne. Seetõttu kaasnes väiksema kuivmassiga ka vähem C. Nii seoti ristiku maapealse massiga väetamata maheviljeluses N-104, P-9, K-141, C-2315 kg/ha, väetatud

Kuigi väetatud maheviljeluses ja väetiste järelmõju kasutavas tavaviljeluses oli punase ristiku kuivmass väiksem kui väetamata maheviljeluses, kompenseeris seotud NPK koguse neis variantides suures osas kuivmassi suurem NPK sisaldus.

maheviljeluses N-105, P-9, K-83, C-2070 kg/ha ja tavaviljeluses N-85, P-7, K-79, C-1643 kg/ha. Võttes arvesse ka juurtes (arvestuslikult 40% haljasmassist) sisalduvad toiteelemendid, saab öelda, et punase ristiku haljasväetise väetisväärtus võib olla päris kõrge, mis annab võimaluse vähendada

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 lagunemise tõttu teatav kogus neist elementidest (põhiliselt N) mulda kündmisel 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.

Väetamata mahevilljeluse variandis ilmnas suhteliselt selgelt eelmise katse ajal põllule antud tahesõnniku mõju ristiku saagikusele. Viimati sai see põld tahesõnnikut 25 t/ha 2016. a sügisel. Varem sõnnikut saanud katselappidel oli ristiku haljasmass keskmiselt 22% (2200 kg/ha) ja kuivmass samuti 22% (1043 kg/ha) suurem kui sõnnikut mittesaanud lappidel. Väiksem mõju oli nähtav ka väetatud mahe- ja tavaviljeluses, kus sõnniku järelmõju lappidel oli ristiku kuivmass vastavalt 4% ja 6% 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 10. augustil (samal päeval sarnaselt 2022. a). Enne külvi tehti põldudel tüükoorimine rullrandaaliga. Seemnesegust moodustas põldrõigas 80% ja valge sinip 20%. Kokku külvati seemet 16 kg/ha. Vahekultuuride maapealne biomass määrati 2. novembril. 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 2. novembril. Teine pool jäeti aga mulda harimata katma põldu kevadeni.

Soodsama sügisese kasvuperioodi toel tärkasid ja arenesid vahekultuurid paremini kui 2022. a kuival sügisel. Tavaviljeluses moodustus vahekultuuridel oluliselt suurem maapealne biomass ja sellega seoti ka suurem hulk NPK ning C kui mahevilljeluses. See osutab sellele, et tavaviljeluses võis jääda teatud kogus väetistega antud toiteelemente kasutamata, mille vahekultuurid endaga sidusid, takistades nende leostumist.

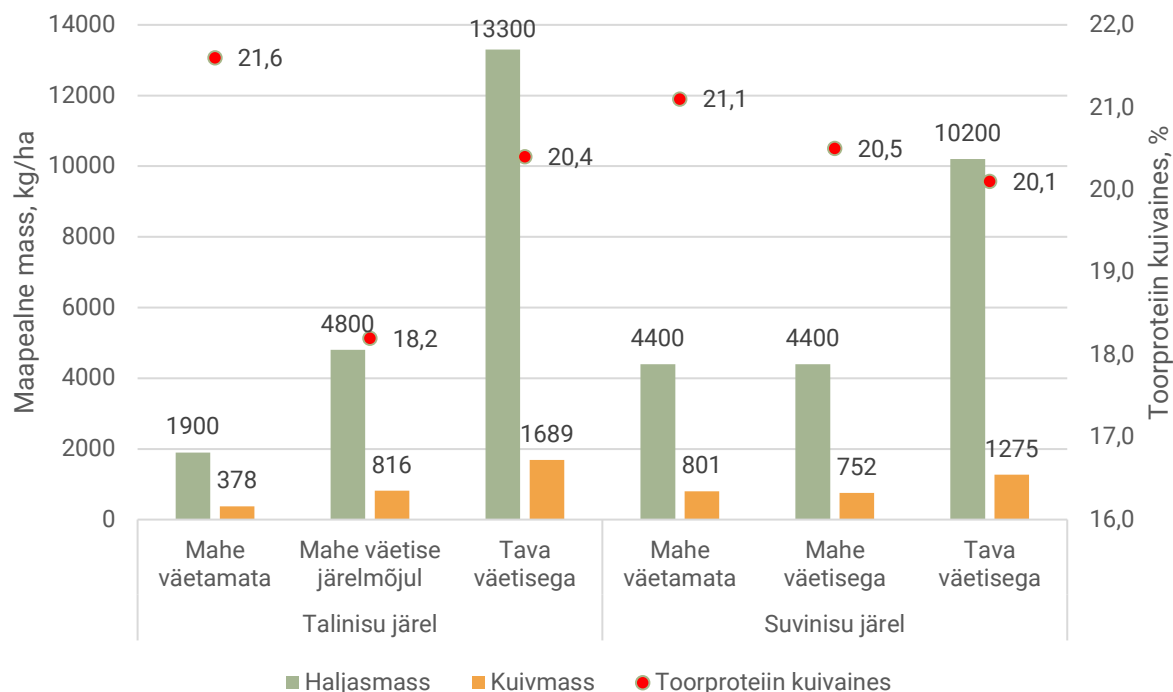
Vahekultuuride kasvutingimused olid 2023. a soodsamad kui 2022. a suhteliselt kuival sügisperioodil. Nende külviajal ja selle järgselt oli küll kaheksa päevane periood, kus sademeid ei tulnud või sadas minimaalselt, kuid seejärel tuli sademeid augusti 3. dekaadi lõpuni korralikult (Joonis 1). Nendes tingimustes tärkasid vahekultuurid oluliselt ühtlasemalt kui 2022. a.

Septembri 1. ja 3. dekaadis sadas pigem vähe ja see takistas ilmselt ka vahekultuuride arengut. Keskmise ööpäevane õhutemperatuur oli augusti 2. ja 3. dekaadis (keskmiselt 17,2°C) ja septembris (14,6°C) ning päevased maksimumtemperatuurid sellel perioodil ligikaudu 20°C. See periood oli vahekultuuride kasvuks suhteliselt soodne. Oktoobris tuli küll sademeid mõõdukalt, kuid temperatuurid langesid oluliselt (ööpäevane keskmine 5,2°C) ja sageli esines öökülmi. See periood oli vahekultuuride kasvuks juba ebasoodne.

Suurem vahekultuuride maapealne biomass moodustus sügisperioodil (2. novembriks) vaid tavaviljeluses (Joonis 11). Talinisu järel oli vahekultuuride haljasmass tavaviljeluses

keskmiselt 4 ja kuivmass 3 korda suurem kui maheviljeluses ja suvinisu järel vastavalt 2,3 ning 1,6 suurem. Tavaviljeluses võis märkimisväärne kogus väetistega antud toiteelementidest jääda suveperioodi põuast tingituna ka kasutamata ja vahekultuurid sidusid need ning nende arvelt arenes ka suurem biomass.

Vahekultuuride toorproteiini sisaldus oli suurim väetamata maheviljeluses.



Joonis 11. Vahekultuuride segu (põldrõigas, valge sinep) maapealse massi saaginäitajad mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

2023. a sidusid suvinisu järgsed vahekultuurid maapealse biomassiga oluliselt rohkem toiteelemente ja süsinikku, kui põuasel 2022. a (Tabel 4). Talinisu järgsete vahekultuuridega seotud toiteelementide ja süsiniku koguste vahel suuri erinevusi 2023. ja 2021. a siiski polnud. Tavaviljeluses oli biomassiga seotud toiteelementide kogus oluliselt suurem kui maheviljeluses. Nii takistasid vahekultuurid ka nende toiteelementide mullast väljaleostumist.

Talinisu põllul uuriti 2023. a sügisel ka nitraatioonide (NO_3^-) sisaldusi 5–10 cm ja 30–35 cm sügavusel mullas mahe- ja tavaviljeluses vahekultuuridega ning ilma vahekultuurideta katselappidel. Mullaproovid selleks võeti 2. novembril, vahetult enne kündi. Kuna nitraatioonid on väga liikuvad lämmastikuühendid mullas, siis põhiline osa lämmastiku leostumisest toimub nende ühendite abil.

Tabel 4. Vahekultuuride segu (põldrõigas, valge sinep) maapealse massiga seotud toiteelementide ja süsiniku kogused 2022. ja 2023. aastal

Vahekultuurid tali- või suvinisu järel	Variant	N kg/ha		P kg/ha		K kg/ha		C kg/ha	
		2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Talinisu järel	Mahe väetamata	25	13	3	1	21	7	251	116
	Mahe väetise järelmõjul	22	24	2	2	18	16	219	267
	Tava väetisega	46	55	5	5	43	46	463	562
Suvinisu järel	Mahe väetamata	8	27	1	2	6	14	68	215
	Mahe väetisega	4	25	0	2	3	15	43	247
	Tava väetisega	10	41	1	4	7	37	76	434

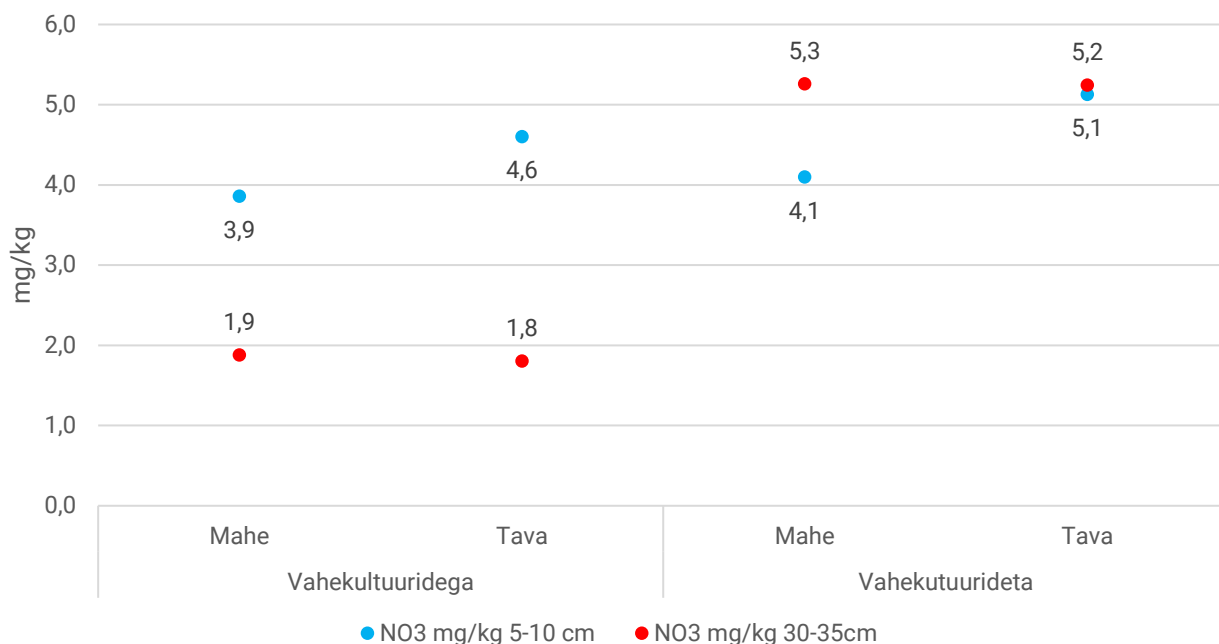
Eeltoodu näitab, et vahekultuurid suudavad tõepoolset nitraatioonide leostumist sügavamale mulda takistada.

Vahekultuuridega põlluosal oli nitraatioonide sisaldus nii 5–10 cm ja 30–35 cm sügavusel mullas märgatavalt väiksem kui vahekultuurideta põlluosal, kus oli eelnevalt rullrandaaliga tehtud ka tüükoorimine (pindmine harimine) ja seda nii mahe- kui tavaviljeluses (Joonis 12). Tavaviljeluses oli 5–10 cm sügavusel nitraatioonide sisaldus märgatavalt suurem kui maheviljeluses. Vahekultuuridega katselappidel oli nitraatioonide sisaldus nii mahe- kui tavaviljeluses 30–35 cm sügavusel minimaalne ja sisuliselt võrdne, kuid vahekultuurideta lappidel järsult suurem. Kuigi ka siin oli nende sisaldus mahe- ja tavaviljeluses sisuliselt võrdne. Samas oli tavaviljeluses ilma vahekultuurideta katelappidel nitraatiooni sisaldus 5–10 cm ja 30–35 cm sügavusel mullas sisuliselt võrdne kuid mõlemal juhul kõrgemal tasemel.

Katsetulemused on näidanud, et vahekultuurid takistavad selgelt nitraatioonide (NO₃⁻) leostumist. Kui nad aga sügisperioodil mulda künda, hakkavad nad külmumata mullas lagunema ja nitraatioonid leostuma.

Kahel eelneval aastal hinnati katses ka nitraatioonide sisaldusi eeltoodud sügavustes ligikaudu kuu aega hiljem peale vahekultuuride sisseküündi. Selgus, et külmumata mullas oli sisseküntud vahekultuuridega katselappidel nitraatioonide sisaldus 30–35 cm sügavuses 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 ilmnesid nii mahe- kui tavaviljeluses. Sellel põlluosal, kus vahekultuurid jäeti põldu katma kevadeni, oli nitraatioonide sisaldus 30–35 cm sügavuses minimaalne ja ilma sisuliste muutusteta. Seega takistasid mulda katvad vahekultuurid leostumist ka edaspidi.



Joonis 12. Nitraatioonide (NO_3^-) sisaldus vahekultuuridega ja vahekultuurideta põlluosa mullas mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

Katsetulemuste põhjal võib öelda, et seni kuni põld on vahekultuuridega kaetud, seovad need mullast liikuvaid toiteelemente ja ühendeid ning takistavad leostumist, kuid sügisperioodil mulda harides hakkavad vahekultuurid külmumata mullas lagunema, põhjustades ka leostumist.

Kultuuride kattetulu

Kultuuride kattetulude arvestamisel 2023. a kohta korrutati kultuuride terasaak (väljaarvatud oma tarbeks jäetud seeme) müügihindadega ja liideti võimalikud toetussummad (ÜPP SK 2023–2027 toetused), millest lahutati muutuv- ning masintöökulud.

Teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikorras kasvatatud kultuuridele arvestati sõltuvalt kultuurist 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 määratakse 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 kattetulu arvestuse aluseks oleva 400 ha-ga. Teravilja-mono külvikorras arvestati vaid 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 töötaja R. Vettiku tehtud mahe- ja tavaviljeluse kuluarvutused 400 ha haritava maa pinnaga taimekasvatuse ettevõttele (Vettik, R., 2023). Teraviljade kattetulus võeti arvestuse aluseks

Eesti Konjunkturiinstituudi poolt avaldatud keskmised septembri või oktoobri kokkuostuhinnad 2023. aastal (EKI, 2024). Kui suvinisu seemne kvaliteedinäitajad vastasid toiduvilja nõuetele, arvestati ka müügihind kattetuluarvestuses toiduviljana, kui kvaliteet oli madalam, siis söödaviljana. Kaer ja oder arvestati söödavilja hinnaga. Põldhernel kasutati ühte EKI poolt avaldatud keskmist hinda. Kvaliteedi määramisel toidu- või söödaviljana võeti aluseks Baltic Agro AS poolt kokku ostetava teravilja kvaliteedinõuded 2023. aastal (Baltic Agro, 2024).

Toidunisu müügihinnaks oli 225,26 €/t, söödanisul 202,36 €/t, söödakaeral 170,99 €/t ja söödaodral 177,80 €/t. Põldherne müügihinnaks oli 231,05 €/t. Punast ristikut kasvatati haljasväetiseks ja sellele arvestati tulupoolena vaid võimalikud toetused (põhisissetulekutoetust, täiendavat ümberjaotavat sissetulekutoetust, KSM põhitegevuse toetust, KSM lisategevuse toetust glüfosaadi mittekasutamise eest, MAHE toetust ja ökoala toetust haljaskesa eest), millest lahutati muutuv- ning masinatöökulud.

Ilma toetusteta jäi kõigi kultuuride kattetulu 2023. a tugevalt negatiivseks. Toetuste juurdearvestamisel muutus selgemalt kasumlikuks vaid teravilja-vahekultuuri ja teravilja ristiku külvikordade keskmine kattetulu väetamata maheviljeluses, kus viljavahelduse nõuetele vastavuse tõttu, sai taotleda ka keskkonnatoetusi (MAHE, KSM jm).

Toetusi arvestati 2023. a teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikorras maheviljeluses tali- ja suvinisule ning kaerale (ilma MAHE sertifitseeritud seemne lisamaketse) kokku 283,34 (2022. a 317,08) ning põldhernele (koos MAHE sertifitseeritud seemne lisamaketsega) 311,01 (2022. a 342,08) ning tavaviljeluses teraviljadele ja põldhernele 183,85 (2022. a 242,08 €/ha). Punasele ristikule arvestati maheviljeluses toetusi kokku 291,31 (2022. a 272,08) ja tavaviljeluses 191,82 (2022. a 242,08) €/ha. Teravilja-mono külvikorras arvestati kõigile kultuuridele nii mahe- kui tavaviljeluses nn keskkonnatoetuste mittesaamise tõttu toetust vaid 122,80 (2022. a 131,95). Eeltoodud 2023. a toetuste summade kõrvale on sulgudesse võrdluseks pandud ka eelmisel 2022. a määratud MAK 2014-2020 toetuste võimalikud kogusummad külvikordades kasvatatud kultuuridele. Nagu näha, oli MAK toetuste kogusumma kultuuri kohta üldiselt märgatavalt suurem (väljaarvatud haljasväetiseks kasvatava maheristiku puhul), kui uue ÜPP SK 2023–2027 toetuste kogusumma.

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 2023. a aga oluliselt madalamad kui eelmisel aastal. Toidunisul oli müügihind 29%, söödanisul 32%, söödakaeral 26%, söödaodral 35% ja põldhernel 32% väiksem kui 2022. a kattetulu arvestuses.

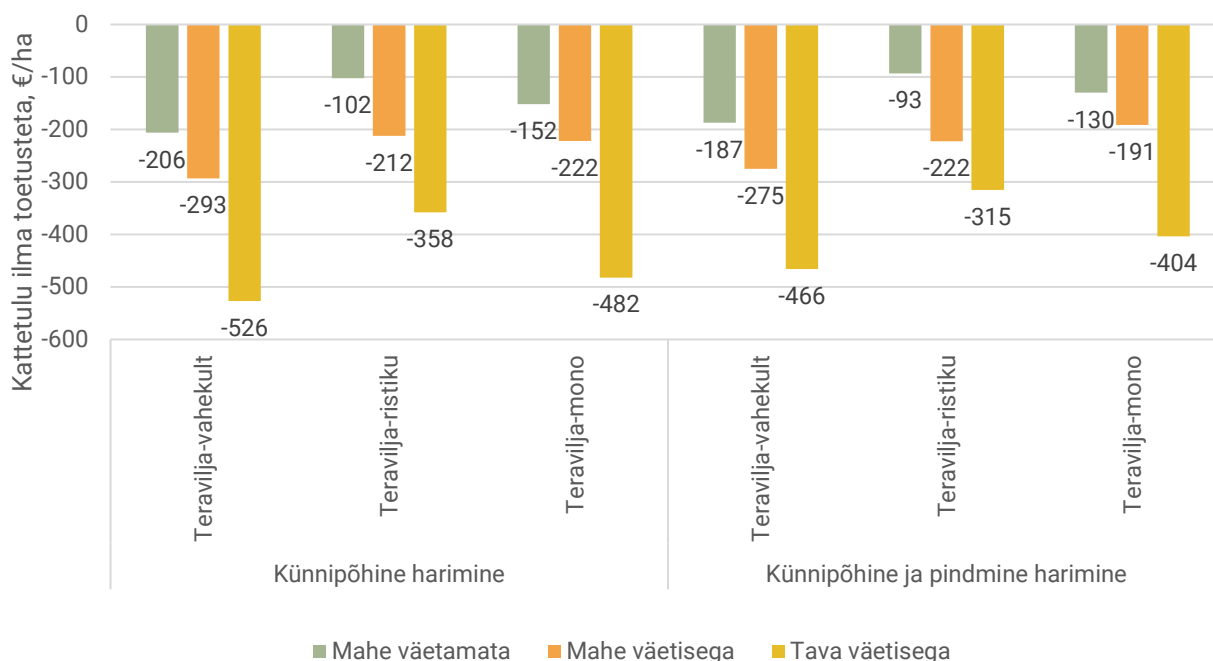
Ilma toetusteta jäi kultuuride keskmine kattetulu nii mahe- kui tavaviljeluses kõigis külvikordades tugevalt negatiivseks (Joonis 13). Põuast tingitud kultuuride väikese saagikuse ja madalate kokkuostuhindade hindade tõttu polnud väetiste andmine 2023. a kultuuridele aga üldsegi tasuv. Tavaviljeluses jäi seetõttu kõigi külvikordade keskmine kattetulu isegi toetuste juurde arvestamisel tugevalt negatiivseks e kahjumisse (Joonis 14). Suurim kahjum saadi

väga väikese saagiga herne kasvatamisel tavaviljeluses. Suurim kattetulu saadi maheviljeluses, kus väetisi ei antud. Külvikordade võrdluses oli suurim kattetulu aga teravilja-ristiku külvikorras. See tulenes suures osas haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku väiksematest tootmiskuludest teraviljadega võrreldes. Toetused võimaldasid haljaskesana kasvatatud punasel ristikul katta nii majandamiskulud, kui saada ka kasumit..

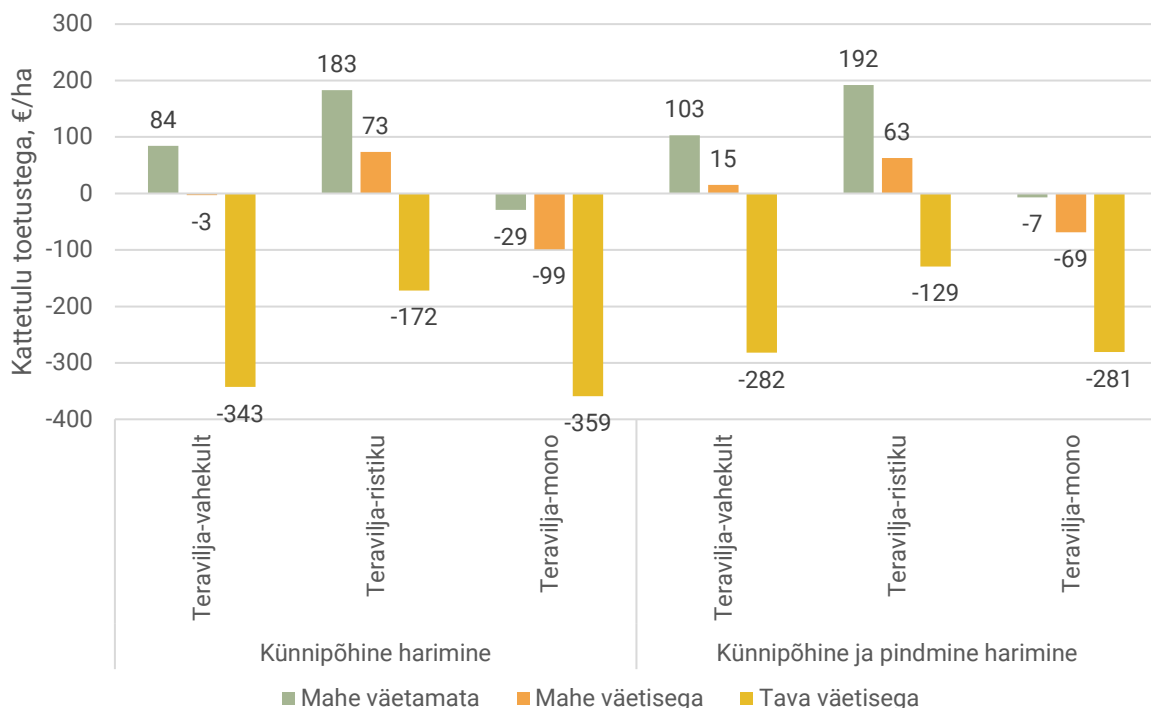
Teravilja-mono külvikorra kattetulu vähenes oluliselt väiksema toetussumma tõttu, kuna selle külvikorra kultuuridele ei saa nõuetele mittevastava viljavahelduse tõttu keskkonnatoetusi määrata.

Neis mahe- ja tavaviljeluse variantides, kus kahe kultuuri (tali- ja suvinisu) järgselt hariti mulda pindmiselt ja ülejäänud kahe kultuuri puhul tehti künnipõhist mullaharimist (tüükoorimine koos künniga), oli keskmine kattetulu külvikordades suurem, kui variantides, kus kultuuride koristusjärgselt kasutati ainult künnipõhist harimist. Nimelt on tüükoorimine koos künniga oluliselt kulukam kui pindmine harimine. Suurem kattetulu pindmisel harimisel saadi üldiselt ka eelneval (2022. a).

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.



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



Joonis 14. Keskmine kattetulu koos toetustega külvikordades mahe- ja tavaviljeluses 2023. aastal

Teravilja-vahekultuuri külvikorras suurendas vahekultuuride kasvatamine suvinisu ja kaera eelselt külvikorras kulusid. Pindmisel harimisel oli vahekultuuride järgse suvinisu terasaak siiski oluliselt suurem, kui ilma vahekultuurideta suvinisu terasaak teravilja-mono ja teravilja-ristiku külvikorras. Arvestades enamsaagi müügiväärtusest maha vahekultuuride seemne, selle laadimise, veo ja külviga (peenseemnekülvik) seotud kulud (48 €/ha), ületasid vahekultuuride järgse suvinisu tulud tavaviljeluses siiski

Vahekultuuride kasvatamisega suurenesid teravilja-vahekultuuri külvikorras kulud.

Vahekultuuride järgse suvinisu terasaak ja kattetulu oli tavaviljeluses suurem kui ilma vahekultuurideta teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras vaid pindmise harimise korral. Maheviljeluses saadi suurem kattetulu pindmisel harimisel vaid maheväetiste mitteandmisel. Vahekultuuride järgse kaera terasaaki ja kattetulu vähendas maheviljeluses oluliselt kaera suur umbrohtumus pindmisel harimisel.

märgatavalt teravilja-mono ja teravilja-ristiku külvikorras kasvanud suvinisu tulusid (vastavalt 63 ja 32 €/ha), tänu suuremale terasaagile. Maheviljeluses olid vahekultuuride järgse suvinisu tulud suuremad vaid teravilja-mono külvikorras kasvanud nisu tuludest (23 €/ha) mitteväetamise korral. Künnipõhisel harimisel olid vahekultuuride järgse suvinisu tulud aga selgelt väiksemad, kui teistes külvikordades kasvanud suvinisul. Kaera eelselt kasvatatud vahekultuuride mass oli aga nii väike, et nende mõju terasaagile ei ilmnenu. Nende kasvatamisega seotud kulud suurendasid seetõttu märgatavalt ka kaera kasvatamise kulusid, võrreldes teiste külvikordadega, kus vahekultuure ei kasvatatud. Vahekultuuride külvamisega seotud kulud on võimalik muuta oluliselt väiksemaks, kui need külvata näiteks samaaegselt tüükoorimisega masinale monteeritud peenseemne külvikuga. Antud kattetuluarvestuses oli nende külvamise kulu sel juhul ainult 11 €/ha. Kui nad külvata teraviljaseemne külviks

kasutatava liht- või kombikülvikuga, oleksid külvamise kulud 3-5 korda suuremad. Vahekultuuride seemnekulu oli katses kokku 37 €/ha.

Soodsal kasvuperioodil võivad vahekultuurid moodustada sügisel suure massi (nagu katses 2021. a) ja suurendada sel juhul haljasväetisena märgatavalt ka järelkultuuri saaki. Siis tuleb nad enne mullaharimist ka hekseldada, mis suurendab aga ka nende kasvatamise kulusid. 2021. a lisandusidki katses vahekultuuride trummelniidukiga purustamise kulud (41 €/ha). Purustamise võiks alternatiivina 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 aga mõistlik keskkonnameetmetes tootjatele kompenseerida.

Kokkuvõte kompleksuuringust

- Maist kuni juuni 2. dekaadi lõpuni (2023. a) tuli sademeid väga vähe - sademeid kokku vaid 15,4 mm (eelneval aastal 64,8 mm). See põuaperiood pidurdas oluliselt kultuurtaimede (ka umbrohtude) arengut ja vähendas väetiste tõhusust ning kultuuride saake. Selleks, et vältida sellistes tingimustes üleväetamist, loobuti suviteraviljadel kasvuaegse pealtväetise andmisest.
- Talinisu 'Perenaise' umbrohtumus oli põllu eelneva tüükoorimise ja künni koosmõju, talinisu hea talvitumise ja kultuuri tihedamast seisust tuleneva survetõrje ning mai ja juuni põua tõttu suhteliselt väike ega mõjutanud talinisu saagikust. Küll vähendas põud oluliselt nisu terasaake. Maheviljeluses jäid terasaagid vahemikku 1800–2000 kg/ha ja tavaviljeluses hoolimata tugevamast pealtväetamisest (N-128, S-32 kg/ha) vahemikku 2900–3000 kg/ha. Külvikordade (teravilja-vahekultuuri, teravilja-ristiku, teravilja-mono) viljavaheldusel märkimisväärselt mõju talinisu terasaagile polnud.
- Eelneval aastal talinisu saagikust suurendanud punase ristiku haljasväetisel polnud 2023. a aga saagikust suurendavat mõju. Punase ristiku väetamine eelneval aastal maheväetisega Ecoplant Humi suurendas küll oluliselt selle massi ja seotud toitaineid, kuid talinisu terasaaki see maheviljeluses ei suurendanud. Põua mõjul jäi ristikust vabanevate toiteelementide omastamine 2023. a 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 siiski kõrgem kui teistes külvikordades kasvanud mahetalinisul. 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 üldiselt siiski toidunisu kvaliteedi nõuetele.
- Talinisu järgnenud suvinisu 'Hiie' suurenes eelneval sügisel pindmiselt haritud põlluosal väetamata maheviljeluses oluliselt 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. Umbrohtumuse suurenemisel suvinisu terasaak vähenes.
- Suvinisu 'Hiie' terasaak suurenes maheviljeluses väetamisel orgaanilise maheväetisega Monterra Bio (N-30; P-9; K-3; S-7) keskmiselt 22% (336 kg/ha). Mahenisu terasaak oli ligilähedase vahemikus 1400–1900 kg/ha ja tavaviljeluses hoolimata tugevamast väetamisest (N-94, P-25, K-56, S-13 kg/ha) vaid 2000–2300 kg/ha. Teravilja-mono külvikorras jäi terasaak arvatavasti teraviljade ebasoodsama viljavahelduse mõjust tulenevalt väiksemaks kui teravilja-vahekultuuri ja teravilja-ristiku külvikorras (keskmiselt vastavalt 10% ja 6%). Teatav mõju terasaagi suurenemisele võis olla ka suvinisu eelselt kasvatatud ja eelmise aasta sügisperioodil külvatud vahekultuuridel (põldrõigas ja valge sinep). Väetamata maheviljeluses oli

suvinis terasaak vahekultuuride muldaküündmise järgselt 11% ja pindmisel harimisel, kus nad jäid mulda katma kevadeni, 33% suurem kui ilma vahekultuurideta teravilja-mono külvikorras kasvanud suvinisul. Tavaviljeluses oli vahekultuuride järgse suvinisu terasaak vastavalt 5% ja 23% suurem.

-  Suvinisu terade toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus oli maheviljeluses Monterra Bio-ga väetamisel siiski kõrgem. Korraliku toidunisu nõuetele vastas mahanisu proteiini ja kleepvalgusisaldus siiski vaid maheväetise andmisel teravilja-ristiku külvikorras. Tavaviljeluses oli terade toorproteiini- ja kleepvalgusisaldus suhteliselt kõrge. Terade gluteenindeks oli teravilja-vahekultuuri ja teravilja-mono külvikorra mahanisu terades liiga kõrge, kuid ülejäänud mahe- ja tavaviljeluse variantides optimaalsel tasemel, kusjuures väetamisel ja väetisekoguste suurenedes gluteenindeks vähenes. Terade langemisarv oli kõrge nii mahe- kui tavaviljeluses, kuid väetamisel ja väetisekoguse suurenedes langemisarv vähenes. Terade mahumass oli tavaviljeluses kõrgem kui maheviljeluses.
-  Suvinisule järgnenud kaer 'Kalle' umbrohtus maheviljeluses pindmisel harimisel tugevalt vegetatiivselt levivate umbrohtudega (VLU) nagu põldohakas, põld-piimohakas ja orashein), põhjustades ka märkimisväärse kaera terasaagilanguse. Tüükoorimisel koos künniga olid VLU mass palju väiksem ja terasaak maheviljeluses keskmiselt 35% (474 kg/ha) suurem. 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 sügisese mullaharimisega umbrohte kurnata ja see soodustas nende levikut. Eelneva aasta kuiva sügise tõttu jäi vahekultuuride mass ja seotud toiteelementide hulk väikeseks ja ilmselt seetõttu polnud neil ka mõju terasaagi suurenemisele isegi neis variantides, kus umbrohtumus oli kontrolli all.
-  Kaera terasaak jäi maheviljeluses vahemikku 1200–2100 kg/ha, tavaviljeluses 2900–3100 kg/ha. Tavaviljeluses suurenes väetamisel (N-94, P-25, K-56, S-13 kg/ha) kaera terasaak 1624 kg/ha e 117%. See oli suurem kui teistel kultuuridel. Seega kasutas kaer väetise toiteelemente tõhusamalt. Teravilja-vahekultuuri külvikorras Monterra Bio-ga väetamisel (N-30; P-9; K-3; S-7) suurenes mahekaera terasaak keskmiselt 191 kg/ha e 16%. Teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras, kus oli väiksem umbrohtumus, suurenes aga terasaak maheväetise mõjul rohkem (vastavalt 311 kg/ha e 21% ja 564 kg/ha e 38%).
-  Kaerale järgnenud põldherne 'Aurelia' areng kannatas põua tõttu teraviljadest enim ja umbrohtus väga tugevalt, mis põhjustas omakorda ka terasaagilanguse. Põlluosal, kus oli eelnevatel aastatel tehtud pidevalt tüükoorimist koos künniga, jäi vegetatiivselt levivate umbrohtude mass siiski oluliselt väiksemaks kui põllosal, kus osadel aastatest (2020. ja 2021. a) hariti üksnes pindmiselt. Samas suurenes vegetatiivsete umbrohtude massi vähenemisel lühiealiste umbrohtude mass. Maheviljeluses oli herne terasaak vahemikus 800–1300 kg/ha ja tavaviljeluses 1500 kg/ha. Eelmisel aastal kaerale antud maheväetise järelmõjul suurenes maheherne terasaak 25% (226 kg/ha).

- Teravilja-mono külvikorras kasvanud 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. Tervikuna oli aga umbrohtumus väike ja odra terasaaki ei mõjutanud. Maheviljeluses jäid terasaagid vahemikku 1800–2100 kg/ha ja tavaviljeluses 2800–3600 kg/ha.
- Haljasväetiseks kasvatatud punase ristiku 'Ilte' areng jäi mai ja juuni põua tõttu varakult seisma. Teatav areng jätkus alles sademete lisandumisel juulis ja augustis. Kevadel antud maheväetise (Ecoplant Humi P-7, K-32, S-4, Ca-21, Mg-13 kg/ha) mõjul oli punase ristiku maapealne haljasmass maheviljeluses küll suurem, kuid kuivmass jäi üllatuslikult isegi mõnevõrra väiksemaks kui väetamata maheviljeluses. Sama tendents ilmnes ka tavaviljeluses väetiste järelmõjul kasvanud ristikus. See oli ilmselt suve esimese poole tugeva põua mõju, mis jäi kuivmassi produktsiooni kogu kasvuperioodiks takistama. Väetatud maheviljeluses ja väetiste järelmõju kasutavas tavaviljeluses oli punase ristiku maapealses massis toiteelementide sisaldus siiski suurem ja see kompenseeris suures osas seotud toiteelementide koguse väetama maheviljeluses kasvanud ristikuga võrreldes.
- Tänu soodsamale sügisesele kasvuperioodile arenesid tali- ja suvinisu järele külvatud vahekultuurid 2023. a sügisel paremine kui 2022. a kuival sügisel. Tavaviljeluses moodustus vahekultuuridel oluliselt suurem biomass ja sellega seoti suurem hulk NPK ja C kui maheviljeluses. Enne vahekultuuride massi sisseküündi 30–35 cm sügavuselt võetud mullaproovid talinisu põllul näitasid, et nitraatioonide (NO_3^-) sisaldus oli vahekultuuridega põlluosal minimaalne, kuid vahekultuurideta põlluosal, mida oli eelnevalt pindmiselt haritud, oluliselt suurem nii mahe- kui tavaviljeluses. Ilmselt sidusid vahekultuurid mullast osa talinisu poolt kasutamata jäänud toiteelementidest (eriti lämmastikust), mis ilma vahekultuure kasvatamata oleks leostunud.
- 2023. aastal langesid märgatavalt teravilja kokkuostuhinnad, kuid eelneval aastal järsult kallinenud (2-3 korda) mineraalväetiste hinnad oluliselt ei muutunud. Katses kasutatud maheväetised isegi kallinesid. Kasvuaegse põua perioodi tulemusel jäi väetiste mõju terasaagi suurenemisele oodatust väiksemaks ega kompenseerinud väetamisele tehtud kulutusi ei mahe- ega tavaviljeluses. ÜPP strategiakava 2023–2027 toetuste mitteamvestamisel jäi kõigi kultuuride kattetulu kõigis külvikordades nii mahe- kui tavaviljeluses selgelt negatiivseks e kahjumisse. Toetuste juurdearvestamine suurendas maheviljeluses kattetulu märgatavalt. Selgelt positiivseks muutus kattetulu koos toetustega vaid maheviljeluses mitteväetamisel teravilja-vahekultuuride ja teravilja-ristiku külvikorras, kus viljavahelduse nõuetele vastavuse tõttu sai lisaks taotleda ka keskkonnatoetusi (MAHE, KSM jm). Tavaviljeluses jäi keskmine kattetulu tugevalt negatiivseks ka toetuste juurdearvestamisel.
- 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. See aitaski siin külvikorras tulukust suurendada. Teravilja-mono külvikorras ei vastatud viljavaheldus keskkonnatoetuste

nõuetele. Seetõttu olid siin toetused väiksemad, mis vähendas märgatavalt ka kattetulu. 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.

-  Vahekultuuride mõju kattetulule olenes sügisel moodustunud biomassist, põllu umbrohtumisest, seotud toiteelementide hulgast ning nende mulda harimise viisist. Vahekultuuride järgse suvinisu kattetulu oli tavaviljeluses suurem, kui ilma vahekultuurideta teravilja-ristiku ja teravilja-mono külvikorras, vaid pindmise harimise korral. Maheviljeluses saadi suurem kattetulu pindmisel harimisel vaid maheväetiste mitteandmisel. Vahekultuuride järgse kaera terasaaki ja kattetulu vähendas maheviljeluses oluliselt kaera suur umbrohtumus pindmisel harimisel.