

Riiklik programm "Põllumajanduslikud
rakendusuringud ja arendustegevus
aastatel 2009–2014"

EESTI TAIMEKASVATUSE INSTITUUT

**Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine
mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride
saagikusele ja kvaliteedile (2013–2014)**

Projekti lõpparuanne

Projekti juht: Malle Järvan, D.sc.Agr.

Projekti täitjad: Malle Järvan, D.sc.Agr.

Liina Edesi, M.sc.

Miralda Paivel, M.sc.

Ando Adamson, M.sc.

Taavi Võsa, M.sc.

Mati Kuuskla

Riho Kala

Lea Lukme

Ann Akk

SAKU 2015

Sisukord

Projekti eesmärgid	3
Projekti teostamise tingimused, tegevused ja uuringute metoodika	
Katsekoha iseloomustus ja katsevariandid	3
Ilmastikutingimused	4
Agrotehnilised tööd katseala väljadel aastail 2013–2014	5
2013–2014 tegevused teadusuuringute eesmärgil, uuringute metoodika	6
Uurimistöö tulemused viljelusviiside mõju võrdlemisel	
Mulla agrokeemiliste omaduste dünaamika	8
Mulla tihkus ehk penetromeetriline takistus	11
Mulla mikrobioloogiline koosseis ja aktiivsus	12
Umbrohtumus	15
Kultuuride saagikus ja saagi kvaliteet	
Rukis	18
Kaer	20
Oder	21
Kartul	22
Majanduslik efektiivsus	24
Järeldused	26
Lõpparuande lisad	
Projekti lõpparuande lühikokkuvõte (eesti ja inglise keeles)	28
Projekti raames avaldatud publikatsioonide loetelu	30

Projekti eesmärgid

Käesolev projekt on jätkuprojekt samanimelisele rakendusuuringute projektile (2008–2012). Seda jätkuprojekti otsustas Põllumajandusministeerium rahastada veel ka 2013. ja 2014. aastal, kuni riikliku rakendusuuringute ja arendustegevuse programmi lõpuni. Jätkuprojekti taotlemisel tegelikult loodeti saada võimalus pikemaajalisteks uuringuteks, et Olustvere katseala viieväljalistes külvikordades saaks läbi viia vähemalt kaks rotatsiooni (2008–2016) ja saada võimalikult usaldusväärseid tulemusi mitmes uuritavas valdkonnas. Teatavasti toimuvad muutused bioloogilistes objektides (mulla mikroobikooslus ja agrofüüsikalised omadused, umbrohukooslused, taimede keemiline koostis jne) suhteliselt aeglaselt ja sugugi mitte ühesuunaliselt. Seejuures mõjutavad saadavaid tulemusi üsna olulisel määral ka katseaastate erinevad ilmastikutingimused.

Projekti alustamisel (2008) oli põhiliseks uurimisprobleemiks püstitatud järgmine küsimus: kas maheviljelus võrreldes tavaviljelusega põhjustab mulla väljakurnamist, kas maheviljelusliku tootmise puhul on mullaviljakuse säilitamine võimalik ja millist rolli mängib selles sõnnik. Paralleelselt nende agrokeemiliste uuringutega seati erinevate viljelusviiside mõju võrdlemise eesmärkideks uurida veel ka mulla füüsikaliste ja mikrobioloogiliste omaduste muutumist ning kultuuride umbrohtumust (umbrohtude liigilist koosseisu, arvukust ja massi). Projekti eesmärk oli selgitada viieväljalises külvikorras kultuuride saagikust ja saagi kvaliteeti mahe- ja tavaviljeluse tingimustes. Seejuures teraviljade puhul võrreldi kahe erineva külvisenormi mõju, määrates nii bioloogilise saagikuse kui ka kombiniga koristamisel saadud saagid. Kartuli puhul oli eesmärgiks võrrelda kasvuaja erineva pikkusega sortide saagikust mahe- ja tavaviljeluse tingimustes.

Ka käesoleva jätkuprojekti (2013–2014) raames tehtud uurimistöö toimus eelmainitud eesmärkidel.

Projekti teostamise tingimused, tegevused ja uuringute meetodika

Katsekoha iseloomustus ja katsevariandid

Projekti raames tehtud taimekasvatustlikud katsed aastail 2008–2014 viidi läbi Olustveres, Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskooli õppetalu põllul. Katseala, suurusega 6 ha, paiknes keskmise kuni raske liivsavi löimisega kahkjäl (LP) mullal. Enne teaduslike uurimistööde algust, s.o 2007. aasta kevadel väljade igalt variandilt võetud mullaproovide, mis analüüsiti Põllumajandusuuringute Keskuses (PMK) ja millest toiteelementide (väljaarvatud boori) sisaldus määrati Mehlich–3 meetodil, agrokeemilised näitajad olid järgmised: pH_{KCl} 5,8–6,3, C_{org} 1,4–1,7, P 177–234, K 89–181, Ca 1100–1570, Mg 73–140, Cu 1,2–3,1, Mn 107–147 mg/kg.

Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool alustas sellel alal maheviljeluse külvikorra sisseviimist 2002. aasta sügisel ning sellest ajast alates hariti seal maad maheviljeluse nõudeid järgides. Külvikord planeeriti viieväljalisena, välja suurusega 1,2 ha. Alates 2007.aastast oli kultuuride järjestus külvikorras järgmine: ristik → talirukis → kartul → kaer → oder ristiku allakülviga. Sama aasta kevadel jagati külvikorra väljad kolme võrdsesse ossa (á 0,4 ha), selleks et ühesugustes tingimustes saaks võrrelda erinevaid viljelusviise. Välja kahel osal järgiti mahepõllumajanduse ja ühel tavapõllumajanduse printsiipe. Võrreldi kaht maheviljeluse viisi: variandis M ei kasutatatud külvikorras sõnnikut, variandis MS anti kartulile sügiskünni alla maheettevõttes toodetud tahedat veisesõnnikut normiga 60 t ha⁻¹. Tavaviljeluse variandis (T) sai kartul samuti sõnnikut ning kasutati mõõdukalt mineraalväetisi ja taimekaitsevahendeid.

Kultuuride järjestus katsevariantidel oli ühesugune. Külvikorras haljasväetiseks kasvatatav punane ristik külvati odra väljale allakülvina ja järgmisel suvel künti kogu taimemass eelnevalt purustatult mulda. Teraviljade puhul tehti katseid kahe erineva külvisenormiga – pool välja laiuusest külvati ühe ja välja teine pool teise külvisenormiga. Kartuli puhul oli võrdluses kaks erineva kasvuaja pikkusega sorti. Põhiline osa agrotehnilistest tööd tehti kõikidel viljelusviiside variantidel samaaegselt ja ühtemoodi, väljaarvatud juhud, kui mõnel katsevariandil oli vaja teisiti toimida (näiteks keemiline taimekaitse ja mineraalväetiste andmine tavaviljeluse variandis). Masin-tehnilised tööd külvikorral väljadel tegi õppetalu oma tehnikaga.

Ilmastikutingimused.

2013. aasta kasvuperioodi ilmastikust.

Kuna Olustveres puudub võimalus meteoroloogiliste andmete registreerimiseks, siis kasutame ilmastiku iseloomustamiseks lähima, s.o Viljandi meteoroloogiajaama andmeid.

2012/2013. aasta talv oli erakordselt pikk ja lumerohke. Püsiva lumikattega periood kestis ligikaudu 140 päeva. Märts oli erakordselt külm ning kuu lõpuks polnud lume sulamine veel alanudki. Talvine oli ka aprilli esimene kümnepäevak: põllud olid lume all ja ööpäeva keskmine õhutemperatuur püsis miinuskraadides. 11. aprillist ilm soojenes, lumi ja kelts hakkasid sulama. Viljandis jõudis ööpäeva keskmine õhutemperatuur +5 °C ületamiseni 16. aprillil. Eelnevate aastatega võrreldes oli aprillikuu märksa jahedam: kuu keskmine õhutemperatuur oli vaid 3,7 °C. Aprillis tuli sademeid kokku 39,5 mm. Põllud tahenesid harimisküpsiks alles aprilli lõpupäevadeks, s.o umbes nädal tavalisest hiljem.

Mai esimene nädal oli normilähedase õhutemperatuuriga ning sademeteta – igati soodne kevadiste mullaharimis- ja külvitööde tegemiseks. 7. maist alates läks suviselt soojaks, ööpäeva keskmised temperatuurid ületasid +13 °C. Erakordne soojus jäi kauaks püsima. Keskmine õhutemperatuur oli II dekaadil 15,9 °C ja III dekaadil 15,5 °C. Maikuu keskmine õhutemperatuur oli pikaajalise keskmisega võrreldes umbes 4 kraadi soojem. Mais tuli sademeid kokku 75 mm, põhiliselt siiski kuu teisel poolel. Taimekasvu seisukohalt oli mai väga soodne, kuu lõpuks jõudis taimede areng tavapärasest rohkem kui nädala võrra ette. Ka juuni kujunes erakordselt kuumaks, kuu keskmine temperatuur oli 18,3 °C. Sademeid tuli Eesti piires väga ebahühtlaselt, sageli äikesevihmadena. Viljandi ümbrus oli üks põuasemaid, seal sadas juunikuus kokku vaid 20 mm. Kuumusega kaasnev põud hakkas kohati taimede kasvu pidurdama.

Juuli esimesel poolel põuased ja soojad ilmad jätkusid. Põhiline osa juuli sademetest (kokku 51 mm) langes ajavahemikus 18.–23. juulini. Sellele järgnes rohkem kui kahepäevane sademeteta ja soe periood, kusjuures erakordselt kuum oli augusti I dekaad, õhutemperatuur keskmiselt 20,1 °C. Suvekuude erakordse soojuse ja sademete vähesuse tõttu said teraviljad koristusküpsiks rohkem kui kaks nädalat tavapärasest varem. Juuli viimasel nädalal ja augusti esimesel kümnepäevakul valitsesid ideaalsed koristusilmad. Augusti teisel kümnepäevakul oli sageli tugevaid sadusid, Viljandi ilmajaama andmeil tuli vihma kokku 75,6 mm. Augusti III dekaad ja septembri kaks esimest dekaadi olid sademeteta.

2014. aasta kasvuperioodi ilmastikust.

Ööpäeva keskmine õhutemperatuur tõusis püsivalt üle +5 °C aprilli keskpaigast alates. Kuu teisel poolel kõikus õhutemperatuur suures ulatuses – üle 20 kraadised päevatemperatuurid vaheldusid hallaöödega. Aprill ja mai esimene nädal olid sademetevaesed. Mullad said harimisküpsiks tunduvalt varem kui tavaliselt. Mai algus oli tavapäralt külm ja tugevate öökülmadega. Kuu keskpaigast läks südasuviselt soojaks, ööpäeva keskmised temperatuurid olid vahemikus 14–23 kraadi. Maikuu oli taimede areng kiire ning kuu lõpu seisuga oli neil rohkem kui nädalapikkune edumaa aastate keskmisega võrreldes. Juuni esimene kümnepäevak oli veel südasuviselt soe, kuid sademetevaene, kergematel muldadel tekkis juba niiskusepuudus. Seejärel saabusid sajud ning jahenes järsult. Nii näiteks 17.-18. juunil oli ööpäeva keskmine vaid 7–8 kraadi, sajuga koos tuli lumelörtsi ja –kruupe. Jahedad vihmased ilmad kestsid juuni lõpuni, esines öökülmasid. Juunikuu jooksul tuli sademeid kokku 108 mm, teise ja kolmanda kümnepäevaku keskmine õhutemperatuur oli vaid ~12 °C.

Juuli kujunes kuumaks ja põuaseks. Kuigi Viljandi meteoroloogiajaama andmeil juulikuu sademete koguhulk oli normilähedane, kogunes see põhiliselt paari-kolme väga tugeva äikesevihma tulemusena. Juulist kuni augusti teise nädalani kippusid kuumus ja põud liiga tegema nii teraviljadele kui ka kartulile. Kartulipealsed närbusid kohati ja teraviljad valmisid varakult. Ideaalsed koristustingimused valitsesid augusti teise nädala alguseni. Seejärel algasid sajud, mis kestsid peaaegu augusti lõpupäevadeni. Augustikuu sademete koguhulk küündis umbes kahekordse normini (kokku 154 mm). Septembrikuu kaks esimest kümnepäevakut olid soojad ja praktiliselt sademeteta.

Agrotehnilised tööd katseala väljadel aastail 2013–2014.

RISTIK. Ristiku mass purustati juuni algul, enne õitsemist. Kolm nädalat hiljem purustati kamar tüükultivaatoriga ja tehti pöördadraga künd ~22 cm sügavuselt. 31. augustil külvati rukis 'Elvi' kahe külvisenormiga (450 ja 550 id.s. m²) Väderstadi 4 m külvikuga. Seeme osteti Jõgeva seemnekeskusest. Tavaviljeluse variandile anti külvi ajal mineraalväetist NPK 7:12:25 normiga 200 kg/ha.

TALIRUKIS. Tavaviljeluse variandil tehti esimene pealtväetamine ammooniumnitraadiga (AN-34, 100 kg/ha) kohe vegetatsiooni algul: 4. mail 2013 ja 4. aprillil 2014. Pärast mulla tahenemist äestati oras ökoäketega (Einböck, 9 m). Keemiline umbrohutõrje tavaviljeluse variandil tehti 2013. aastal 15. mail (Tomigan 0,5 l/ha + Trimmer 18 g/ha) ja 2014. aastal 28. aprillil (Granstar 15 g/ha + Primus 0,7 l/ha). Teine pealtväetamine (AN-34 100 kg/ha) tavaviljeluse variandil tehti umbes kolm nädalat pärast esimest väetamist. Rukis koristati 15. augustil 2013 ja 8. augustil 2014 6,8 m heedriga John Deere kombainiga. Saagiandmed pandi kirja koristamise ajal ning arvestati hiljem ümber 13,5% niiskusele. Teraviljade saigid kuivatati Svegma kuivatiga. Pärast koristamist rukkipeõld kooriti tüükultivaatoriga ühel või kahel korral. Kuna külvikorras järgnes rukkile kartul, siis 2013. aastal oktoobri algul veeti ja laotati tavaviljeluse (T) ja ühele maheviljeluse (MS) variandile tahedat veisesõnnikut normiga 60 t/ha; sellele järgnes kohe sügisküund sügavusega 22 cm. 2014. aastal sõnnikut enam ei antud, kuna selle aastaga projekt lõppes.

KARTUL. Katsetes kasvatati kaht erineva kasvuajaga sorti: varajast sorti 'Angela' ja hilisemapoolset sorti 'Laura'. Kartul eelidandati enne mahapanekut. Kevadine mullaharimine algas kultiveerimisega – 2013. aastal 8. mail ja 2014. aastal 5. aprillil. Järgnes sügavkobestamine (Kultus, 3 m) 25 cm sügavuselt – 9. mail 2013 ja 17. aprillil 2014. Vaod, vahega 80 cm, aeti sisse 1-2 päeva enne mugulate mahapanekut. Kartul pandi maha 15. mail 2013 ja 24. aprillil 2014. Mahapanekul (Underhaug, 2-realine) oli mugulate vahe vaos 25 cm, hektari kohta umbes 50000 mugulat. Samaaegselt kartulipanekuga anti tavaviljeluse variandil mineraalväetist (11:11:11) normiga 600 kg/ha. Kartulit vahelthariti kolmel korral: 2013. aastal 30. mail, 15. juunil ja 1. juulil ning 2014. aastal 15. mail, 13. ja 26. juunil. 2013. aastal hävitati maheviljeluse M- ja MS-variantidel suuremaid ja tülikamaid umbrohtusid – põhiliselt põld-piimohakat ja põldohakat – ka kõplamisega. Tavaviljeluse variandil tõrjuti umbrohtusid keemiliselt, kasutades mõlemal aastal herbitsiidi Mistral normiga 500 g/ha. Kartuli-lehemädaniku profülaktilist tõrjet tehti tavaviljeluse variandil 2013. aastal 3 korral ja 2014. aastal 5 korral, kasutades vahelduvalt fungitsiide Ridomil Gold ja Shirlan. Kuna mõlemal aastal esines kartulimardikat, siis lisati pritsimislahusesse ühel korral ka insektitsiidi Fastac. Kartul koristati (Kverneland UN5700, 1-realine) 2013. aastal septembri viimastel päevadel. 2014. aastal koristati oktoobri algul ainult tavavariandi osa. Mahevariante sellel aastal ei koristatud, kuna need olid väga tugevalt umbrohtunud ning mugulasaak seal praktiliselt olematu.

KAER. Katses kasvatati sorti 'Jaak'. Seeme osteti Jõgeva seemnekeskusest. Kevadine mullaharimine 2013. aastal algas kultiveerimisega 3. mail; 2014. aastal – libistamine 12. aprillil, kivikoristus ja kultiveerimine 14. aprillil. Tavaviljeluse variandile anti vahetult enne kaera külvamist 2013. aastal mineraalväetist (15:15:15 + 9S) 300 kg/ha ning 2014. aastal NPK-väetist (18:9:18) 250 kg/ha. Kaer külvati külvisenormidega 400 ja 600 idanevat seemet m² 2013. aastal 4. mail ja 2014. aastal 16. aprillil. Orast äestati ökoäketega umbes kahe nädalase intervalliga kahel korral. Tavaviljeluse variandil tehti kahe äestamise vahepeal keemiline umbrohutõrje, kasutades herbitsiide Tomigan (0,5 l/ha) + Trimmer (18 g/ha). Kaer koristati 6,8 m heedriga John Deere kombainiga 2013. aastal 26. augustil ja 2014. aastal 21. augustil. Koristamise järel tehti kõrrekoorimine, põld künti oktoobri alguses.

ODER RISTIKU ALLAKÜLVIGA. Kasvatati sorti 'Anni'. Seeme osteti Jõgeva seemnekeskusest. Kevadine mullaharimine oli sama, mis kaera väljal. Tavaviljeluse variandile anti vahetult enne odra külvamist 2013. aastal mineraalväetist (15:15:15 + 9S) 200 kg/ha ning 2014. aastal NPK-väetist (18:9:18) 200 kg/ha. Odra külvati külvisenormidega 300 ja 400 idanevat seemet m² 2013. aastal 5. mail ja 2014. aastal 19. aprillil. Ristiku allakülv + äestamine ökoäketega tehti 2013. aastal 21. mail ja 2014. aastal 4. mail. Tavaviljeluse variandil tehti 4. juunil 2013 ja 28. mail 2014 keemiline umbrohutõrje, kasutades herbitsiidi MCPA normiga 1,0 l ha⁻¹. Odra koristati kombainiga 2013. aastal 23. augustil ja 2014. aastal 15. augustil. Koristamise momendiks oli maheviljeluse variantidel ristik ja orashein odrast üle kasvanud.

2013–2014 aasta tegevused teadusuuringute eesmärgil, uuringute meetodika.

MULLA TOITAINETESISALDUS.

Nii nagu eelmistelgi katseaastatel, võeti ka 2013. ja 2014. aastal mullaproovid septembrikuu teisel poolel. Proovid võeti kõigil viiel külvikorralväljal kolmelt viljelusviisi variandilt käsitsi mullapuuriga 20 cm tusedusest mullakihist, keskmine proov mahuga ~1 liiter. Mullaanalüüsid tehti Põllumajandusuuringute Keskuses (PMK) järgmistel meetoditel: pH – ISO 10390; P, K, Ca, Mg, Cu, Mn – Mehlich-3; B – Berger-Truogi meetodil. Orgaaniline süsinik (C_{org}) määrati elementanalüüsiga.

Käesoleva projekti raames on mulla agrookeemiliste omaduste dünaamikat erinevate viljelusviiside tingimustes uuritud juba aastate (2008–2014) jooksul. Seni tehtud analüüside tulemuste põhjal kahjuks ei ole olnud võimalik saada täit selgust mulla toiteelementide sisalduse muutuste osas. Eriti kui silmas pidada, ühelt poolt, analüüsitulemuste määramatust ehk nn analüüsiviga ja, teiselt poolt, katseaastate ilmastiku erinevusi. Teatavasti sõltub mitme taimetoitainete liikuvate vormide sisaldus mullaprofiilis ka sademete hulgest ja ajalisest jaotumisest, seda eelkõige mullaproovi võtmisele eelneval perioodil.

Selleks, et saada suuremat selgust Olustvere katse muldade toitainetesisalduse dünaamikas, lasti katseaastate kõik mullaproovid paralleelselt analüüsida Euroopas enim levinud klassikaliste analüüsimeetodite järgi. Teatavasti on Mehlich-3 meetod, mille järgi analüüsitakse muldi Põllumajandusuuringute Keskuses, kasutusel suhteliselt vähestes riikides. Mehlich-3 meetodi üheks nõrkuseks on peetud seda, et mulla ekstraheerimine toimub liiga happelise (pH=2,5) lahusega. 2014. aasta novembris esitati Olustvere mullad analüüsimiseks Eesti Maaülikooli laborile, kus määrati omastatav (ammooniumlaktaatlahustuv) fosfor ja kaalium Egner-Riehm-Domingo ehk AL-meetodil (ekstraheerimislahuse pH=3,7) ning kaltsium ja magneesium ammooniumatsetaadi 1 M (pH=7,0) lahusest.

MULLA TIHKUS EHK PENETROMEETRILINE TAKISTUS.

2014. aastal mõõdeti kõikidel külvikorralväljadel kolmel viljelusviisi variandil mulla tihkust ehk penetromeetrist takistust. Mõõtmisi teostati kahes järgus: 3. aprillil rukki ja ristiku väljadel ning 28. mail kaera, kartuli ja allakülviga odra väljadel. Mõõtmised tehti Eijkelkampi penetrologeriiga, kasutades 60-kraadise tipunurga ja ühe ruutsentimeetrise pindalaga koonust number 1. Mõõtmisel kasutati kaheosalise varda täispikkust 80 cm. Varda maasse surumise kiiruseks oli määratud 2 m/s. Lapil liiguti diagonaalikujuliselt nii, et torgetevaheline kaugus oli 5 m. Kartuli väljal tehti mõõtmised kartuli paneku järel vao harjalt. Teistel väljadel külvirea vahedest, ristiku väljal taimedest vabalt pinnalt. Mõõtmise andmed laaditi arvutisse penetrologeri valmistaja programmiga Eijkelkamp PenetroViewer 5.09, eksporditi tekstifailiks ja imporditi tabelarvutusprogrammi Microsoft Excel 2003. Õnnestunud torgetest arvutati aritmeetiline keskmine ja standardhälve.

MULLA MIKROBIOLOOGILINE KOOSSEIS JA AKTIIVSUS.

2013. aasta septembri lõpul võeti viljelusviiside katse kahe külvikorralvälja (kartul ja kaer) kolmelt variandilt mikrobioloogiliste analüüside jaoks mullaproovid kolmes korduses. Mullaproovid jaotati kahte ossa, mille ühest osast määrati ETKI Juuliku laboris mulla dehüdrogenaasi aktiivsus vastavalt FIBLi (Šveits) meetodikale. Teine osa proovidest (kokku 18 proovi) esitati PMK mikrobioloogia laborile olulisemate mikroobigruppide (tselluloosilagundajad, nitrifitseerijad, denitrifitseerijad, Azotobacter, Fusarium, aktinomütseedid, bakterite üldarv) arvukuse määramiseks. Mikroobide arvukus väljendati ühikuna CFU g kuiva mulla kohta (CFU – *colony-forming units* = kolooniat moodustav ühik). Andmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi JMP5.0.1.2.

2014. aasta 26. septembril võeti kõigi viie külvikorralvälja kolmelt viljelusviisi variandilt mullaproovid mikrobioloogiliste analüüside jaoks. Muldadest kolmes korduses määrati ETKI Juuliku laboris dehüdrogenaasi aktiivsus.

UMBROHTUMUS.

Projekti üheks eesmärgiks oli uurida erinevate viljelusviiside ning teraviljadel ka külvisenormi mõju umbrohtude liigilisele koosseisule, arvukusele ja kuivmassile. Nagu eelmisel perioodil (2008–2012), nii ka 2013. ja 2014. aastal uuriti umbrohtumust külvikorra viie välja kõikidel viljelusviiside variantidel (M, MS, T). Teraviljadel hinnati umbrohtumust ka erinevate külvisenormide puhul (rukis - 450 ja 550 id. s m², kaer - 400 ja 600 id. s m² ja oder 300 ja 400 id. s m²). Umbrohtumuse hindamiseks võeti juuni viimastel päevadel kõikidelt katsevariantidelt neljas korduses umbrohuproovid 50 × 50 cm (0,25 m²) pinnalt ning tehti määramised ja kaalumised vastavalt metoodikale.

KULTUURIDE SAAGIKUS JA SAAGI KVALITEET.

Teraviljade puhul määrati nii bioloogiline saagikus kui ka kombainiga koristamisel saadud saagid. Bioloogiline saagikus määrati proovivihkudest, mis koristusküpsuses võeti 50 x 50 cm (0,25 m²) pinnalt igalt viljelusviisi variandilt neljas korduses, see on mõlemalt külvisenormi variandilt kahes korduses. Teraviljade kvaliteedinäitajatest määrati igal aastal 1000 tera mass. Rukki langemisarv määrati Põllumajandusuuringute Keskuses (PMK). Teraviljade keemilised analüüsid tehti Eesti Maaülikooli taimebiokeemia laboris. Rukki, kaera ja odra puhul määrati kolme erineva viljelusviisi keskmistest teraproovidest proteiini ja mineraalelementide (fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi) sisaldused.

Ristiku väljal saagiarestust ei tehtud, kogu mass künti mulda.

Kartuli saagikuse määramiseks võeti augusti III dekaadil viljelusviiside variantidelt mõlemast sordist käsitsi üles 10 pesa kolmes korduses. Mugulad jaotati suuruse järgi fraktsioonidesse ning määrati kogusaak ja kaubaline saak (mugulad läbimõõduga üle 40 mm), mis arvutati ümber hektarisaakideks (t/ha). Kartulimugulate keemilised analüüsid tehti katsevariantide kaubalise saagi kolmest kordusproovist Eesti Maaülikooli taimebiokeemia laboris. Määrati kuivaine, nitraatide ja mineraalelementide sisaldus.

Kultuuride saagikuse ja keemiliste analüüside tulemuste statistiline analüüs tehti andmetöötlusprogrammiga JMP 5.0.1 (SAS Institute, Cary, N.C.), kasutades Tukey-Krameri testi (HSD).

RUKKI KÜPSETUSKATSED.

Selleks et uurida, kas on erinevusi maheviljeluse tingimustes kasvatatud rukki küpsetusomadustes võrreldes tavaviljeluse tingimustes mõõdukal agrofoonil kasvatatud rukki küpsetusomadustega, analüüsiti rukki täisterajahude omadusi ja tehti prooviküpsetused 2013. ja 2014. aasta rukkisaakidest, á 6 proovi mõlemal aastal. Rukkijahude küpsetuskatsed teostas, tulemusi hindas ja leiva kvaliteeti kommenteeris Põllumajandusuuringute Keskuse (PMK) sektorijuhataja Lea Lukme, kes ühtlasi on Põllumajandus-Kaubanduskoja tunnustatud pagaritoodete ekspert.

Rukkiproovid jahvatati saagiaasta oktoobris või novembris, jahul lasti paari kuu jooksul laagerduda. Küpsetuskatsed viidi läbi labori tingimustes. Leiva retsepti, tehnoloogia ja küpsetusrežiimi väljatöötamisel võeti aluseks PMK taimse materjali labori tööjuhend rukki küpsetuskatsete läbiviimiseks. Rukki täisterajahudest määrati langemisarv, proteiini ja tärklise sisaldus ning tehti Brabender viskograafiline analüüs. Kuna rukkileibade küpsetamiseks kasutati täisterajahu (tuhasisaldus 1,65–2,0%), oli retseptis ka vähesel määral nisujahu, et toodete mahtu ja sisu struktuuri parandada. Leibade valmistamisel kasutati naturaalselt rukkijuuretist. Rukkijuuretises tasakaalustatud mikrofloora saavutamiseks piimhappe- ja äädikhappebakterite vahel lisati rukkijuuretisele täiendavalt PMK mikrobioloogia kasvatatud piimhappebakterite puhaskultuuri. Leiva taigna valmistamiseks kasutatava vee kogus arvutati valemi abil, kus arvesse tulid retseptis olevate komponentide kuivaine kaal ja soovitatav taigna niiskus. Kõikide katsetuste puhul püüti valmistoote niiskus ja happesus hoida ühesugustes piirides, et leiva kvaliteet oleks aastate lõikes võrreldav. Valmistoote puhul hinnati selle ruumala, niiskust, poorsust, jahu väljatulekut jm.

Uurimistulemused viljelusviiside mõju võrdlemisel

Mulla agrokeemiliste omaduste dünaamika.

Katsetelt iga aasta septembri teisel poolel võetud mullaproovide analüüsitulemuste kõrvutamisel vegetatsiooniperioodi (aprill – september) sademete koguhulga ja sademete ajalise jaotusega võis täheldada mõningaid sõltuvuse tendentse. Seepärast ei annaks toiteelementide sisalduse dünaamika graafiline väljendamine aastate reana päris õiget pilti sellest, kuidas erinevad viljelusviisid seda on mõjutanud. Et välistada ilmastiku faktor, oleks õige kõrvutada mulla analüüsitulemusi sellistel aastatel, mil sademete koguhulk ja ajaline jaotumine on ligilähedaselt ühesugune. Olustvere katsete alguse aastal (2008) ja lõpetamise aastal (2014) olidki niiskusolud üsna sarnased. 2008. aasta aprillist septembri lõpuni sadas kokku 479 mm, sellest augustis ja septembris 242 mm; 2014. aastal vastavalt 468 mm ja 188 mm.

Järgnevatel tabelites on esitatud muldade analüüsitulemused viljelusviiside külvikorra viie välja aritmeetilise keskmisena koos standardhälbega.

Kõikidel viljelusviiside variantidel täheldati mulla kerget hapestumise tendentsi, umbes 0,2 pH-ühiku võrra seitsme aasta jooksul (tabel 1). Orgaanilise süsiniku sisaldus (C_{org}) sõnnikuta maheviljeluse variandi (M) puhul näitas kahanemise tendentsi. Samas aga külvikorras sõnniku kasutamise puhul ilmnes mulla orgaanilise süsiniku sisalduse tõusu tendents nii mahe- kui ka tavaviljeluse variandis.

Tabel 1. Mullareaktsioon ja orgaanilise süsiniku sisaldus katseperioodi algul (2008) ja lõpul (2014)

Näitaja	Viljelusviis	2008	2014
pH	M	5,92 ± 0,14	5,74 ± 0,24
	MS	6,12 ± 0,15	5,98 ± 0,12
	T	6,04 ± 0,09	5,84 ± 0,18
C _{org} , %	M	1,56 ± 0,13	1,48 ± 0,17
	MS	1,56 ± 0,14	1,66 ± 0,18
	T	1,68 ± 0,11	1,74 ± 0,11

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Mehlich-3 meetodil mulla väga happelisest (pH 2,5) väljatõmbest määratud fosfori tulemused olid kõikide viljelusviiside puhul kõrged ning selgeid erinevusi ei ilmnenud (tabel 2).

Kaaliumi sisaldus sõnnikuta mahevariandi mullas vähenes aastate jooksul vähehaaval ning seitsme aasta jooksul oli see vähenenud 30 mg/kg võrra. Sõnnikut saanud mahe- ja tavaviljeluse külvikordade mullas aga ilmnes tendents mulla kaaliumisisalduse suurenemise suunas.

Kaltsiumi sisaldus mullas aastate jooksul ei vähenenud, pigem oli tendents suurenemise suunas, seda eriti mõlemas sõnnikut saanud külvikorras (MS ja T). Kuna Olustvere katsealal on mulla lähtematerjaliks karbonaate sisaldav moreen, siis seal tõenäoliselt ei esine ka kaltsiumi künnikihist väljauhtumist.

Magneesiumi sisaldus tavaviljeluse variandi alal oli juba selle katse alustamisel (2008) märgatavalt kõrgem kui mahevariantide ala mullas. Mõnevõrra üllatav oli, et seitsme aasta jooksul oli mulla magneesiumisisaldus oluliselt suurenenud kõikide viljelusviiside puhul. Tõenäoliselt võis see olla põhjustatud, ühelt poolt, mulla dolomiitjast (magneesium- ja kaltsiumkarbonaate sisaldavast) lähtematerjalist, millest magneesium taimejuurte (eriti ristiku) kaudu künnikihti jõudis. Teiselt poolt aga tõenäoliselt täienes künnikihi magneesiumivaru MS ja T variantides ka mulda antud sõnniku arvel.

Tabel 2. Mulla makro- ja mikroelementide sisaldus (Mehlich-3) katseperioodi algul (2008) ja lõpul (2014)

Näitaja	Viljelusviis	2008	2014
Fosfor (P), mg/kg	M	209 ± 7,7	211 ± 11,0
	MS	195 ± 9,6	210 ± 21,5
	T	197 ± 21,8	215 ± 24,9
Kaalium (K), mg/kg	M	133 ± 20,7	103 ± 22,5
	MS	140 ± 22,1	152 ± 38,5
	T	149 ± 37,5	159 ± 42,0
Kaltsium (Ca), mg/kg	M	1150 ± 141	1168 ± 184
	MS	1168 ± 114	1222 ± 115
	T	1142 ± 63	1240 ± 153
Magneesium (Mg), mg/kg	M	63,6 ± 13,3	75,4 ± 18,3
	MS	63,6 ± 6,4	99,0 ± 18,7
	T	78,8 ± 12,9	109,0 ± 9,4
Vask (Cu), mg/kg	M	1,98 ± 0,17	1,82 ± 0,16
	MS	1,70 ± 0,11	1,52 ± 0,11
	T	1,26 ± 0,11	1,30 ± 0,14
Mangaan (Mn), mg/kg	M	118 ± 5,6	120 ± 8,2
	MS	117 ± 11,0	116 ± 7,8
	T	103 ± 10,4	102 ± 10,6
Boor (B), mg/kg	M	0,44 ± 0,07	0,33 ± 0,05
	MS	0,45 ± 0,06	0,38 ± 0,07
	T	0,48 ± 0,13	0,47 ± 0,05

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Mulla vasesisaldus vähenes aastate jooksul nii sõnnikuta kui ka sõnnikuga maheviljeluse variantides. Tavaviljeluse variandi mullas oli vasesisaldus katse algul madalam kui mahevariantide alal, kuid katsete lõpuks see ei vähenenud, põhjuseks võis olla kompleksväetistes sisalduva vase mikrokogused.

Mulla mangaanisisalduses ei toimunud muutusi, 2014. aastal oli see samal tasemel kui 2008. aastal. Samuti püsis samal tasemel tavavariandi mulla boorisaldus. Mõlemas maheviljeluse variandis aga oli boorisaldus seitsme aasta jooksul oluliselt vähenenud, seejuures sõnnikuta maheviljeluses veidi rohkem kui sõnnikuga maheviljeluse puhul.

Kui Mehlich-3 meetodil analüüsitud muldade fosforisisaldustes erinevate viljelusviiside puhul praktiliselt ei olnud erinevusi, siis klassikalisel AL-meetodil muldi analüüsidest usaldusväärsed erinevused

siiski ilmnesid (tabel 3). Taimedele omastatava laktaatlahustuva fosfori sisaldus mullas oli katseperioodi (2008–2014) jooksul suurenenud järgmiselt: sõnnikuta maheviljeluse variandis 13 mg/kg, sõnnikuga maheviljeluse variandis 18 mg/kg ja tavaviljeluse variandis koguni 32 mg/kg võrra. Kuna Olustveres mulla fosforisisaldus on kõrge ja kultuurid fosforiga väetamist ei vajanuks, siis tavaviljeluse variandis külvikorra igal aastal mineraalväetisega antud fosfor suurendas selle taset mullas veelgi. Teatavasti toimub mullas orgaaniliste ja mineraalsete ühendite koostises oleva fosfori vabanemine kergemini omastatavateks vormideks suuresti mikrobioloogiliste protsesside tulemusena. Nagu meie pikaajalised mikrobioloogilised uuringud on näidanud, oli mullabakterite arvukus ja aktiivsus kõige suurem sõnnikuga maheviljeluse variandi puhul. Mikroorganismide aktiivse tegevuse tulemusena tõenäoliselt toimuski laktaatlahustuva fosfori sisalduse suurenemine maheviljeluse variantide mullas.

Tabel 3. Mulla fosfori ja kaaliumi sisaldus (AL-meetodil) ning kaltsiumi* ja magneesiumi* sisaldus

Näitaja	Viljelusviis	2008	2014
Fosfor (P), mg/kg	M	72 ± 10,7	85 ± 9,7
	MS	68 ± 10,6	86 ± 11,1
	T	64 ± 10,6	96 ± 14,2
Kaalium (K), mg/kg	M	104 ± 17,8	87 ± 16,0
	MS	114 ± 21,4	141 ± 30,9
	T	122 ± 33,6	142 ± 38,7
Kaltsium (Ca), mg/kg	M	632 ± 54	670 ± 90
	MS	657 ± 60	716 ± 67
	T	665 ± 23	709 ± 72
Magneesium (Mg), mg/kg	M	33,4 ± 6,1	34,2 ± 5,8
	MS	35,1 ± 2,9	51,4 ± 6,7
	T	45,1 ± 8,5	57,6 ± 8,1

* määratud ammooniumatsetaadi 1M (pH 7,0) lahusest

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Laktaatlahustuva kaaliumi osas olid mullaanalüüsi tulemused samasuunalised nagu Mehlich-3 meetodi puhul. Nimelt, mulla kaaliumisisaldus vähenes sõnnikuta maheviljeluse tingimustes. Sõnnikut saanud mahe- ja tavaviljeluse külvikordades aga mulla kaaliumisisaldus aastate jooksul suurenes.

Kaltsiumi ja magneesiumi sisaldus mullas, mis määrati ammooniumatsetaadi 1M väljatõmbest, andis järgmisi tulemusi. Kaltsiumi osas oli kõikide variantide puhul tendents suurenemise suunas. Atsetaatlahustuva magneesiumi sisaldus sõnnikuta maheviljeluse mullas ei muutunud, kuid suurenes külvikorras sõnnikut saanud mahe- ja tavaviljeluse variantide muldades.

Mulla tihkus ehk penetromeetriline takistus

Tulemustena esitati mulla tihkuse näitajad iga 5 cm järel ja 10 sentimeetrist kihti vähima standardhälbe alusel enim iseloomustav näit sügavusvahemikes 6-15, 16-25 ja 26-35 cm. Tabeleis 4 ja 5 on need näitajad erinevatel viljelusviiside aladel (M, MS ja T) esitatud viie külvikorravälja keskmistena. Ülemine 5 cm on mullakiht, kus mõõtmiseks kasutatud seade ei anna usaldusväärseid tulemusi. Tabelis 5 antakse ka sügavus, mille juures keskmine tihkuse näit ületas väärtuse 2 MPa. Kokkuleppeliselt loetakse seda näitu taimede juurte arengut pärssivaks.

Tabel 4. Mulla tihkus (MPa) erinevatel sügavustel 2014. aasta kevadel

Viljelus- viis	Kihi sügavus, cm						
	5	15	20	25	30	35	40
M	0,676	0,878	0,839	1,147	1,564	2,326	3,333
MS	0,738	0,981	0,704	0,920	1,613	2,187	2,931
T	0,710	0,937	0,884	1,064	1,504	2,247	2,495

M – mahe, MS – mahe + sõnnik ja T – tava.

Tabel 5. Mulla tihkus (MPa) kihiti ja eelkriitilise tihkuspiiri sügavus

Viljelusviis	Kihi sügavus, cm			2+ MPa piiri sügavus, cm
	6–15	16–25	26–35	
M	0,823	1,505	2,993	28,4
MS	0,858	1,147	2,762	28,6
T	0,921	1,306	2,421	31,0

M – mahe, MS – mahe + sõnnik ja T – tava.

Katseala muldade tihkus kevadel 2014 oli rahuldav. Haritud mullakihtides ei ületanud mõõdetud näit eelkriitilist piiri 2 MPa. Tulemus oli künnipõhise harimise kasutamisele tüüpiline. Tihedam kiht on tuvastatav vahemikus 25-30 cm, mis annab alust eeldada künnisügavuse umbes 25 cm järjepidevat kasutamist.

Selgeid märke tihenenu mullast leidub alates sügavusest 30 cm. Arvestades katseala mullakihi tusedust, ei ole sügavam künd tihenenu kihi likvideerimiseks otstarbekas, kuna toob pinnale väheviljakat alumise kihi mulda. Seetõttu tasub kaaluda võimaluse tekkimisel tsiiseldamist sügavuselt 35-40 cm sobiva rullkäpprandaali või tsiisliga. Harimissügavuse vähendamisel hakkab tihenenu kihi tihkus küll ajapikku vähenema, kuid esimestel aastatel võib oodata tõsiseid probleeme veerežiimiga. Samuti tasub võimaluse korral kaaluda sammasjuureliste kultuuride lülitamist külvikorda. Nende tugevad juured suudavad hõlpsasti läbida eelkriitilise piirini tihenenu mulda.

Mulla mikrobioloogiline koosseis ja aktiivsus

2013. aasta sügisel määrati viieväljalise külvikorra kahe välja (kartul ja kaer) katsevariantidelt võetud mullaproovides mikroobide arvukus mõnedes olulisemates mikroobigruppides (tabel 6). Mullaproovid võeti nendelt väljadelt seepärast, et uurida sõnniku otsemõju (kartuli väljal) ja järelmõju (kaera väljal) mulla mikrobioloogilisele koosseisule ja aktiivsusele.

Tabel 6. Mõnede mikroobigruppide arvukus (CFU 1 g kuivas mullas) 2013. aasta septembris

Viljelusviis	Bakterite üldarv 10 ⁶	<i>Fusarium</i> spp 10 ³	Aktino- mütseedid 10 ⁶	Denitrifit- seerijad 10 ⁵	Nitrifit- seerijad 10 ⁴	Azoto- bakterid 10 ¹	Tselluloosi- lagundajad 10 ³
Väli nr 2 – KARTUL							
M	7,07 ^b	2,17 ^a	2,05 ^a	1,07 ^b	1,05 ^b	4,04 ^a	1,76 ^b
MS	8,95 ^{ab}	1,94 ^a	2,13 ^a	0,32 ^b	2,53 ^a	1,50 ^b	3,54 ^a
T	10,60 ^a	2,23 ^a	2,09 ^a	2,09 ^a	2,92 ^a	0 ^c	3,84 ^a
Väli nr 4 – KAER							
M	8,67 ^a	1,78 ^b	1,83 ^a	2,77 ^a	1,16 ^b	18,7 ^a	2,64 ^b
MS	9,48 ^a	1,51 ^b	1,67 ^a	0,30 ^b	2,43 ^a	2,62 ^b	3,73 ^a
T	5,45 ^b	2,68 ^a	1,69 ^a	2,07 ^a	2,85 ^a	0,75 ^c	2,67 ^b

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Erinevad tähed samas veerus näitavad usutavat erinevust (*Tukey – Kramer*i test, $p < 0,05$)

Kui võrrelda 2013. aasta mikrobioloogiliste analüüside tulemusi varasemate aastate (2007–2010) tulemustega, siis olid need üldiselt samasuunalised. Kartuli alla antud tahe veisesõnnik (normiga 60 t/ha) suurendas bakterite üldarvu. Samas aga sõnniku järelmõju kasutava kaera puhul oli bakterite üldarv tavaviljeluse (T) variandi mullas oluliselt vähenenud. Selle tõenäoliseks põhjuseks võib pidada kaera eelviljal – kartulil – eelmisel aastal kartuli-lehemädaniku tõrjeks kasutatud fungitsiididega pritsimist, mida tehti viiel korral. Nagu meie senise uurimisperioodi tulemustest – ja toetudes seejuures ka arvukatele teadusartiklitele – on saanud järeltada, on rohkel pestitsiidide kasutamisel negatiivne otse- ja järelmõju mulla mitmete mikroobigruppide arvukusele.

Fusariumi liigid on tuntud üldiselt taimekahjustajatena. Nende arengut soodustab kõrge mullaniiskus ja soojus. 2013. aastal nende arvukus mõlema välja katsevariantide mullas oluliselt ei erinenud, välja arvatud kaera välja T-variandil. Sel sügisel oli tavaviljeluse kaer enne kombainiga koristamist, millega hilineta, metsloomade poolt osaliselt maha tallatud ja taimehaigustest nakatunud; see suurendas *Fusariumi* arvukust ka mullas.

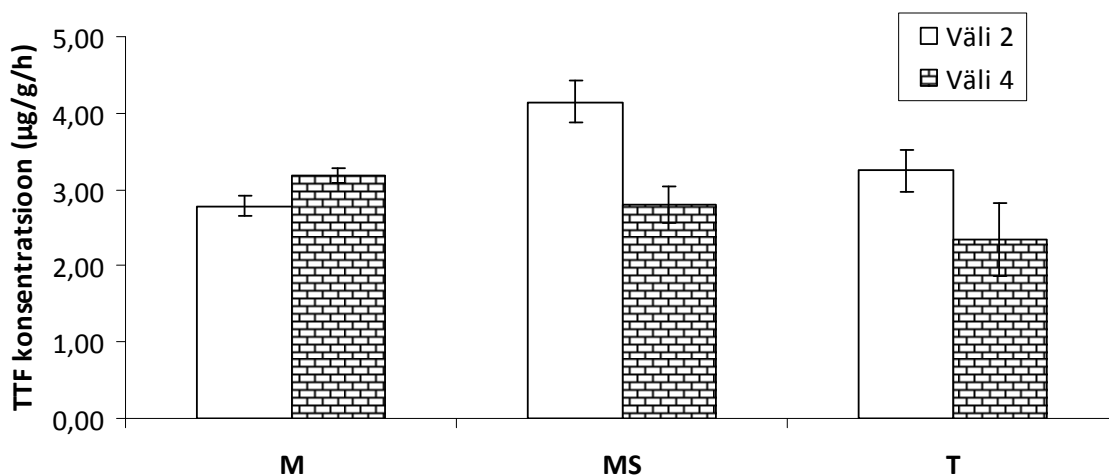
Denitrifitseerijad bakterid põhjustavad mullas lämmastiku kadu. Denitriifikatsioon on anaeroobne protsess ja see toimub kõige intensiivsemalt liigniisketes ja tihenend muldades. 2013. aasta sügisel oli denitrifitseerijate arvukus katseala mullas madalam kui varasematel aastatel, seejuures kõikus nende arvukus mullaproovide kordustes üsna suures ulatuses.

Nitrifitseerijad bakterid on väga oluline lüli lämmastikuringes. Nagu varasematelgi aastatel, oli nitrifitseerijate arvukus mõlema välja mullas kõige väiksem sõnnikuta mahaviljeluse (M) puhul. Sõnniku otse- ja järelmõju tulemusena nende arvukus suurenes nii MS kui ka T variantide mullas.

Azotobakterid on mullas vabalt elavad (asümbiootilised) mikroorganismid. Nad on tundlikud negatiivsete välismõjude (nt pestitsiidide ja mineraalväetiste kasutamine) suhtes, nende arvukus mullas ei ole suur. Meie katse puhul oli azotobakterite arvukus kõige suurem sõnnikuta mahevariandi mullas, kuid tavaviljeluse variandi mullas neid peaaegu et ei leidunudki.

Tselluloosilagundajaid baktereid oli kõige vähem sõnnikuta mahevariandi mullas. Kartuli alla antud sõnnik suurendas oluliselt tselluloosilagundajate arvukust. Kartulile järgneva kaera välja mullas olid variantide vahelised erinevused väiksemad kui kartuli välja mullas.

2013. aastal uuriti kartuli ja kaera väljal viljelusviisi mõju ka mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele. Selleks kasutati ensümaatilise aktiivsuse määramise meetodit. Määratud ensüümiks oli dehüdrogenaas, mis on mulla üldise mikrobioloogilise aktiivsuse hindamisel laialt levinud indikaator. Dehüdrogenaasi määramiseks kasutati TTCd (*triphenyltetrazoliumchloride*), mille mikroobid redutseerisid TTF-ks (*triphenyltetrazoliumformazan*). Atsetooni lisamise järel muutus lahus punakaks – selle tooni intensiivsus sõltub TTF kontsentratsioonist. Värvuse intensiivsust mõõdeti spektrofotomeetriga. Mõõtmise tulemused on esitatud joonisel 1.



Joonis 1. Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus 0–20 cm mullakihi väljal nr 2 (kartul) ja nr 4 (kaer) 2013. aasta septembris; M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Selgus, et väljal nr 2 (kartul) oli mulla mikrobioloogiline aktiivsus usutavalt suurem eelmisel sügisel sõnnikut saanud variantides (MS ja T) ja madalaim oli see sõnnikut mitte saanud M variandis.

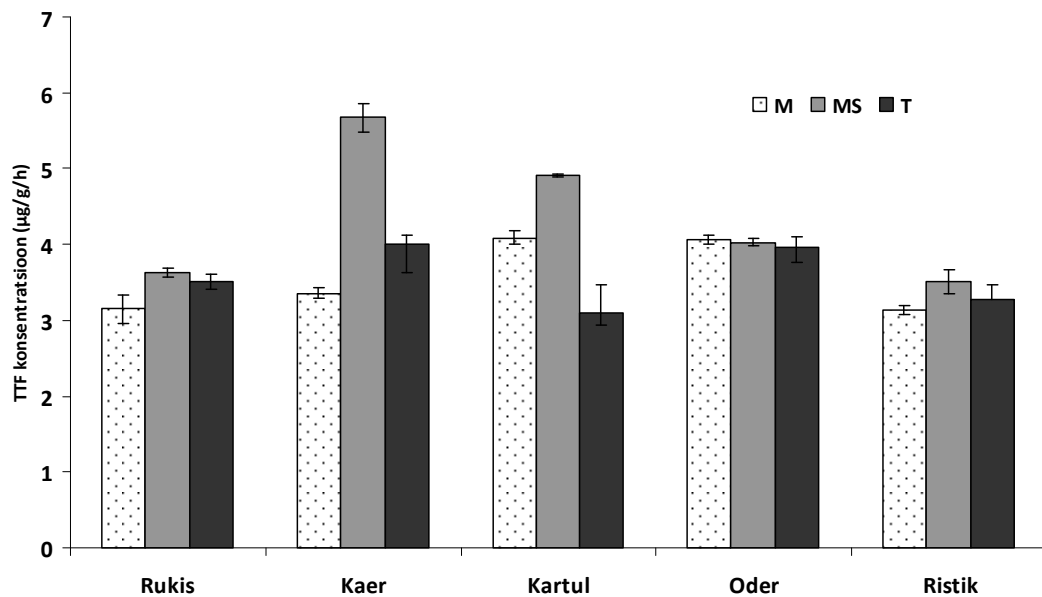
Väljal nr 4 kasvas 2013. aastal kaer, mille eelviljaks oli kartul, millel MS ja T variantidele anti 2011. aasta sügisel pärast rukki koristust sõnnikut. Analüüsi tulemuste põhjal aga 2013. aasta sügiseks sõnniku järelmõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele enam ei avaldunud. Vastupidi, sõnnikut saanud variantides (MS ja T) oli aktiivsus kaera välja mullas isegi väiksem kui sõnnikut mitte saanud variandi (M) puhul. Üheks põhjuseks võis olla see, et seoses 2012. aasta sademeterikka vegetatsiooniperioodiga lagunes eelmisel sügisel antud sõnnik küllaltki aktiivselt. Kuid teine põhjus võis peituda ka umbrohtumuses. 2013. aastal olid kaera väljal M ja MS variandid – eriti just väiksema külvisenormi puhul – võrreldes T variandiga tugevasti umbrohtunud 2013. aasta vegetatsiooniperioodil esines aga, võrreldes 2012. aastaga, oluliselt vähem sademeid. Korduvalt oli pikaajalisi täiesti sademevabasid perioode. Teatavasti on mulla mikroobide aktiivsus aga otseses sõltuvuses mulla niiskusest. Seega on üsna tõenäoline, et M ja MS variantides võis tihe umbrohukate aidata säilitada suuremat ja ühtlasemat mullaniiskust, s.o mikroobidele soodsamat keskkonda. Kaera välja tavapõllumajanduslikus variandis T umbrohud praktiliselt puudusid. Pikaajaliselt püsinud palavatel päikeselistel ilmadel oli seal niiskuse aurumine maapinnalt arvatavasti suurem kui mahevariantide puhul. Tõenäoliselt kasutati T variandil

rohkem mullaniiskust ära ka suurema saagikuse saamiseks. Seetõttu võis muld seal ajuti liigselt kuivada ja põhjustada mikroobide aktiivsuse vähenemist.

2014. aastal jätkati viljelusviiside mõju uurimist mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele. Selleks võeti septembri lõpul kõigil viiel külvikorralväljal kolmelt viljelusviisi variandilt 0–20 cm mullakihi mullaproovid kolmes korduses, milles määrati dehüdrogenaasi aktiivsus.

Tulemused (joonis 2) näitasid, et kartuli ja kaera väljade mahevariandis MS, mis oli saanud sõnnikut, oli dehüdrogenaasi aktiivsus kõige kõrgem, vastavalt 4,91 ja 5,68 µg/g/h. Samade väljade tavaviljeluse variandi mullas, mida samuti oli sõnnikuga väetatud, oli dehüdrogenaasi aktiivsus vastavalt 38% ja 29% võrra madalam. Tavaviljeluse variandi kartuli puhul korduv pestitsiidide kasutamine vähendas mulla dehüdrogenaasi aktiivsust tugevasti nii kartuli väljal kui ka veel järelkultuuri (kaer) väljal.

Maheviljeluse tingimustes avaldus selgelt kartuli alla antud sõnniku positiivne otse- ja järelmõju dehüdrogenaasi aktiivsusele. Viie külvikorralvälja keskmisena oli sõnnikuga mahevariandi (MS) mullas dehüdrogenaasi aktiivsus 22% kõrgem kui sõnnikuta mahevariandi (M) mullas.



Joonis 2. Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus külvikorra väljadel 0–20 cm mullakihis 2014. aasta septembris
M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Umbrohtumus.

UMBOHTUDE LIIGILINE KOOSSEIS.

Esimese katseperioodi alguses 2008. aastal esines M variandis 24, MS variandis 25 ning T variandis 26 erinevat liiki umbrohtusid. Kogu katseala küllaltki liigirikka umbrohukoosluse tekkepõhjused võivad peituda juba selles, et enne eelmist katseperioodi (2008–2012) viljeldi kogu katseala mahepõllumajanduslikult. See võis soodustada liikiderohke ning arvuka umbrohuseemnete varu kogunemist mulda. Käesoleva (2013–2014) ja ka eelmise katseperioodi vältel, seoses herbitsiidide kasutamiseiga tavapõllumajanduslikus katsevariandis, osa umbrohuliike suruti alla ning paljud algselt arvukalt esindatud liigid praktiliselt kadusid (nt karukeel, põldmünt, harilik nälghein). Samas hakkasid seal domineerima üksikud, kuid palju raskemini tõrjutavad umbrohuliigid (nt harilik orashein). Pikaalistest umbrohtudest oli harilik orashein ka 2013. ja 2014. aastal kõige domineerivamaks umbrohuliigiks M ja MS variantides. Üheaastastest umbrohtudest domineerisid T variandis kesalill, verev iminõges ning põldkannike. M ja MS variantides esines rohkesti valget hanemaltsa, harilikku hiirekõrva, harilikku nälgheina, verevat iminõgest, kesalille, põldkanniket ning 2014. aastal kartuli väljal ka karukeelt. Umbrohuliikide arv M ja MS variantides jäi käesoleval katseperioodil eelmise katseperioodiga võrreldes samasse suurusjärku (tabel 7). Tavapõllumajanduslikus katsevariandis liikide arvukus 2014. aastal aga vähenes järsult ning sellel aastal loetleti seal kokku vaid 9 erinevat liiki umbrohtusid.

Tabel 7. Umbrohuliikide arv 2013. ja 2014. aastal ning eelmise katseperioodi (2008–2012) keskmisena

Kultuur	Külvisenorm, id. s m ⁻²	M			MS			T		
		2008-2012	2013	2014	2008-2012	2013	2014	2008-2012	2013	2014
Katseala keskmine		31	31	29	29	26	30	23	21	9
Kaer	600	17	15	21	20	13	18	7	4	3
	400	18	20	17	15	15	18	11	3	2
Kartul		13	11	19	10	10	19	5	9	2
Oder	400	15	17	17	15	12	14	4	2	1
	300	16	14	18	14	19	16	7	5	1
Ristik		10	4	4	8	5	6	8	2	5
Rukis	550	15*	16	10	15*	12	6	2*	9	3
	450	16*	17	13	14*	19	11	5*	11	2

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

*- rukki puhul 2011. ja 2012. aasta keskmine.

Kultuuridest esines erinevaid umbrohuliike kõige vähem ristikul ning kõige rohkem teraviljadel ja 2014. aastal ka mahevariantide kartulil.

Kuna võrreldes 2012/2013. aasta talvega oli 2013/2014. aasta talv rukki talvitumiseks soodsam, siis 2014. aastal üheski katsevariandis rukki väljadel ei põhjustanud umbrohtumus probleeme ning umbrohuliikide arv, mis suutis taluda tiheda rukkitaime konkurentsi, jäi 2013. aastatasemega võrreldes märksa väiksemaks.

UMBOHUVÕRSETE ARVUKUS JA KUIVMASS.

Sarnaselt umbrohuliikide arvukusega jäi käesoleval katseperioodil umbrohuvõrsete arvukus katsevariantides üldiselt samasse suurusjärku või oli väiksem (T variandis) kui eelmisel (2008–2012) katseperioodil (tabel 8). Samas aga suurenes umbrohtude kuivmass ning seda just M ja MS variantides (tabel 9). Kuigi katseala keskmine umbrohtude arvukus M ja MS variantides oli võrdlemisi sarnane eelmise katseperioodi tulemustega, ilmnesid erinevused kultuuriti. Selle peamiseks põhjusteks võib pidada kultuuride kasvuks ja arenguks ebasoodsaid ilmastikutingimusi ning umbrohtude tõrje agrotehniliste võtete liiga hilist rakendamist. Näiteks 2012/2013 aasta ebasoodsad talvitustingimused põhjustasid rukki tugevat nakatumist lumiseende, mille tagajärjel rukkitaimik jäi hõredaks. See aga andis soodsad tingimused umbrohtude kasvuks ja arenguks. Lisaks sellele oli 2013. aasta rukki eelviljana kasvanud ristik juba tugevalt umbrohtunud. Ristikuga umbrohtumine oli tõenäoliselt tingitud ka sellest, et eelmise katseperioodi algaastatel külvikorras kasvatatud punane ristik, mille tugeva kasvu tõttu odra allakülvis oli odra koristamine raskendatud, vahetati hiljem välja roosa ristiku poolt. Võrreldes punase ristikuga on roosa ristik märksa madalama kasvuga, kuid seetõttu oli tema umbrohtude allasurumise võime ka tagasihoidlikum.

Tabel 8. Umbrohuvõrsete arvukus (tk m^{-2}) 2013. ja 2014. aastal ning 2008–2012 perioodi keskmisena

Kultuur	Külvise- norm, id. s m^{-2}	M			MS			T		
		2008- 2012	2013	2014	2008- 2012	2013	2014	2008- 2012	2013	2014
Katseala keskmine		171	156	205	191	132	183	72	29	18
	Keskmine	224	393	190	180	236	245	54	17	11
Kaer	600	180	202	210	135	156	127	37	22	10
	400	268	584	170	225	316	228	70	12	12
Kartul		100	25	306	100	30	228	33	27	23
	Keskmine	291	134	355	474	143	312	27	9	26
Oder	400	277	110	300	257	150	242	19	4	24
	300	305	158	410	690	136	381	35	14	28
Ristik		151	7	57	152	10	69	121	2	25
	Keskmine	193*	222	112	205*	240	60	62*	91	7
Rukis	550	156*	206	72	192*	218	38	24*	88	6
	450	229*	238	152	218*	262	83	99*	94	8

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

*- rukki puhul 2011. ja 2012. aasta keskmine.

2014. aasta sademetevaese ja suure ööpäevase temperatuuride kõikumisega aprilli teine pool ei soodustanud teravilja kiiret tärkamist ja arengut, see aga andis eelised umbrohtudele. Kuna T variandi teraviljadele tehti lisaks äestamisele (äestati kõikidel katsevariantidel) ka umbrohtutõrje kaheiduleheliste tõrjeks mõeldud herbitsiididega, siis umbrohtude arvukus T variandis jäi väikeseks. Pärast umbrohtutõrjet ei olnud ilmastikutingimused uute kaheiduleheliste umbrohtude tärkamiseks kuigi soodsad ja selleks ajaks oli ka teravili juba piisavalt arenenud, et tärkavate umbrohtude kasvu alla suruda. Samas aga kujunes T variandis probleemseks mitmeaastane üheiduleheline umbrohi – harilik orashein ning seda just kartuli ja ristiku väljadel. Ristikuga välja T variandis keemilist umbrohtutõrjet ei tehtud ning selle tulemusena oli T variandi ristik 2014. aastal praktiliselt samapalju umbrohtunud kui M ja MS variandil.

2013. aasta kartuli välja kõikide viljelusviiside variantide väike umbrohtude arvukus (tabel 8) ja kuivmass (tabel 9) oli tingitud sellest, et vahetult enne umbrohuproovide võtmist oli seal tehtud vaheltharimist. 2014. aastal aga oli kartul tunduvalt rohkem umbrohtunud kui eelmistel katseaastatel. Peamiseks põhjuseks saab pidada seda, et juba kartuli eelvili – rukis – oli 2013. aastal orasheinaga tugevasti umbrohtunud. Kuigi 2014. aasta kevade ilmastik võimaldas kartuli varakult maha panna (kartulipanek oli 24. aprillil), oluaks mõistlik enne seda mulda veel korduvalt harida. Sügavkobestamisele (17.04) oleks võinud umbes nädalaste vahedega järgneda veel üks või kaks kultiveerimist, et võimalikult rohkem orasheina risoome mullast eemaldada ning hävitada ka juba tärkama hakkavaid seemneumbrohtusid. Ka oleks kartuli esimene vaheltharimine (15.05) tulnud teha mõnevõrra varem kui alles 20 päeva pärast mahapanekut. Liiga kauaks viivitus ka teine vaheltharimine (tehti 13.06), – seda osalt objektiivsetel põhjustel, sest ajuti ei olnud vaheltharimine mõnda aega võimalik mitme tugeva hoovihma pärast. Vaheltharimiste pikkade intervallide tõttu kasvasid umbrohud liiga suureks ning vaheltharimine ei andnud enam oodatud efekti, mida näitab ka suur umbrohtude arvukus ja kuivmass M ja MS variantides. Käesoleval aastal piirduti kolme vaheltharimisega, kuigi eelnevatel aastatel üldjuhul oli seda tehtud neljal korral.

Tabel 9. Umbrohtude kuivmass (g m^{-2}) 2013. ja 2014. aastal ning 2008–2012 perioodi keskmisena

Kultuur	Külvise- norm, id. s m^{-2}	M			MS			T		
		2008- 2012	2013	2014	2008- 2012	2013	2014	2008- 2012	2013	2014
Katseala keskmine		40,9	65,9	130,4	52,6	79,3	162,4	16,9	37,6	26,8
	Keskmine	25,0	59,0	53,7	27,0	58,1	73,0	7,7	1,6	2,0
Kaer	600	15,7	13,1	50,0	18,8	28,7	67,0	3,5	2,3	1,3
	400	34,2	104,8	57,4	35,1	87,5	79,0	11,8	0,8	2,6
Kartul		43,6	6,8	447,7	78,9	23,3	531,0	17,4	20,7	52,5
	Keskmine	41,6	22,7	65,6	49,2	39,4	85,1	3,6	1,3	16,1
Oder	400	32,6	11,8	49,8	47,4	25,2	44,7	3,1	0,1	13,0
	300	50,5	33,6	81,4	51,0	53,6	125,5	4,0	2,5	19,2
Ristik		62,5	18,9	66,3	62,5	0,5	93,7	40,4	3,4	62,4
	Keskmine	78,6*	222,3	18,2	66,2*	275,4	29,4	34,7*	161,2	0,9
Rukis	550	55,6*	210,8	13,2	47,8*	203,4	27,3	5,4*	112,7	0,7
	450	101,6*	233,8	23,1	84,5*	374,4	31,5	64*	209,7	1,1

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

*- rukki puhul 2011. ja 2012. aasta keskmine.

2013. aastal vähendas teraviljade suurem külvisenorm praktiliselt kõigis katsevariantides nii üldist umbrohtude arvukust kui ka kuivmassi (tabel 8 ja 9). Kuna 2014. aasta kevade esimese poole ilmastik ei olnud teraviljade arenguks eriti soodne, siis kujunes ka siin teraviljade külvisenorm umbrohtumuse seisukohalt oluliseks ning suurema külvisenormi puhul umbrohtude arvukus vähenes. Erandiks oli vaid M variandi kaer (tabel 8), kus umbrohtude arvukus oli suurema külvisenormi puhul küll suurem, kuid umbrohtude kuivmass siiski väiksem kui kaera väiksema külvisenormi puhul (tabel 9).

Kultuuride saagikus ja saagi kvaliteet.

RUKIS.

2012/2013. aasta talv oli taliviljadele äärmiselt ebasoodne. Sulale maale sadanud paksu ja äärmiselt pikka aega maas püsinud lumikatte tõttu oli rukis seenhaigustest tugevasti kahjustatud, esines ka haudumist. Seepärast jäi rukkitaime, eriti mahevariantides (M ja MS), üsna hõredaks. Kultuurtaimede hõreda seisu tõttu loksasid mahevariantides umbrohud (eriti orashein) tavapärasest jõulisemalt. Hõredast taimikust tingituna jäi mahevariantide saagikus tagasihoidlikuks (tabel 10). Kombainiga koristamise eel olid metsloomad tugevalt tallanud T-variandi alal, mistõttu sealt jäi osa saagist kätte saamata. Külvisenormide (450 ja 550 id. s. m²) erinevus ei mõjutanud rukkisaagi suurust.

Tabel 10. Rukki bioloogiline saagikus ja kombainisaagid 2013. ja 2014. aastal ning 2008–2014 keskmisena

Katsevariant	Bioloogiline saagikus, t/ha			Kombainisaak, t/ha		
	2013	2014	2008–2014	2013	2014	2008–2014
M	2,06 ^b	3,94 ^a	2,81	1,28	3,75	2,01
MS	1,97 ^b	4,03 ^a	2,75	1,28	3,90	2,20
T	4,70 ^a	4,09 ^a	4,28	2,46	3,50	2,53

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Rukki 1000 tera massi puhul (tabel 11) ei olnud erinevusi mahevariantide vahel. Mahukaalus oli piirides 700–707 g/l. Tera toorproteiinisaldus oli tavaviljeluse variandis kõrgem (11,4%) kui mahevariantides (9,1–9,6%). Tera mineraalainete sisalduse osas erinevusi ei ilmnenud. Rukki langemisarv oli mahevariandis M keskmiselt 122 sek ja mahevariandis MS 105 sek. Tavaviljeluse variandis T aga vaid 66 sek. Kuigi 2013. aasta kasvuperioodi ilmastik oli igati soodne kvaliteetse saagi saamiseks, mõjus Olustvere katses rukki langemisarvule negatiivselt koristamise hilinemine rohkem kui poole kuu võrra ja vahetult koristamise eel valitsenud vihmane periood. Tavaviljeluse osal võis rukki erakordselt madala langemisarvu lisapõhjuseks olla ka terade peas kasvamahakkamine metssigade poolt mahatallatud viljas.

Tabel 11. Rukki 1000 tera mass ja toorproteiini sisaldus 2013. ja 2014. aastal ning 2008–2014 keskmisena

Katsevariant	1000 tera mass, g			Toorproteiin, %		
	2013	2014	2008–2014	2013	2014	2008–2014
M	38,9 ^a	34,7 ^a	32,6	9,1	10,7	9,4
MS	38,9 ^a	34,9 ^a	35,0	9,6	11,1	9,3
T	36,0 ^b	27,4 ^b	32,7	11,4	10,8	10,7

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

2013/2014. aasta talv ei põhjustanud rukkile kahjustusi. Kevadel oli taimik kõikidel variantidel jõuline ja hästi võrsunud. Ilmastikutingimused olid rukki jaoks soodsad. Siiski, selle aasta eripärana võiks mainida suhteliselt rohket kõrrerooste esinemist. T-variandil oli roostet veidi tugevamini kui M- ja MS-variantidel. See võis olla ka põhjuseks, miks tavavariandis jäid 1000 tera mass, toorproteiini sisaldus ja kombainisaak madalamaks kui mahevariantides (tabelid 10 ja 11). 2014. aastal oli rukki langemisarv

kõrge (282–290 sek). Mahukaal M-ja MS-variandil oli 754 ja 745 g/l ning T-variandil 719 g/l. Proovivihkude baasil määratud bioloogilises saagikus 2014. aastal ei ilmnenud usutavaid erinevusi. Rukki alarindes esines kõikides variantides võrdlemisi tugevalt orasheina.

Kui omavahel võrrelda katsevariantide tulemusi kogu katseperioodi (2008–2014) jooksul, siis selgus, et rukki saagikuse – nii bioloogilise kui ka tegeliku ehk kombinimisel saadud saakide – poolest olid tulemused sõnnikuta ja sõnnikuga mahekülvikordades praktiliselt ühesugused. See on ka mõistetav, sest — vastavalt kultuuride järjestusele – kartuli alla antud sõnniku järelmõju rukkini enam ei ulatunud. Mõõdukal agrofoonil läbiviidud tavaviljeluse puhul oli rukki bioloogiline saagikus 2008–2014 keskmisena ~1,5 korda suurem kui maheviljeluse variantides. Samas aga kombiniga koristatud saakide puhul oli tava- ja mahevariantide vaheline erinevus vaid ~1,2 kordne. Selle põhjuseks oli see, et mitmel aastal katseperioodi jooksul oli tavavariandi rukis lamandunud või metsloomade poolt tugevasti rüüstatud enne kombinimist.

Rukki küpsetusomadused.

Viljelusviiside katse variantidelt koristatud rukki jahudega viidi Põllumajandusuuringute Keskuse taimse materjali laboris läbi küpsetuskatsed eelmistel aastatel selleks kohandatud tööjuhendi ja tehnoloogia järgi. Juuretiseks kasutati naturaalselt leivajuuretist, mida on säilitatud -18°C juures ning toatemperatuuril üles sulatatud ja uuendatud. Pärast rukki täisterajahude laagerdumist määrati jahu füüsikalised-keemilised näitajad ja tehti Brabender viskograafiline analüüs.

2013. saagiaasta rukki täisterajahude näitajad mahevariantide (M ja MS) keskmisena olid järgmised: proteiin – 8,4%, tärklis – 64%, langemisarv — 122 sek. Tavaviljeluse rukkil, mis osaliselt oli metsloomade poolt tallatud ning terad peades hakanud kasvama, oli jahu proteiinisaldus 11,4%, tärklis 61% ja langemisarv vaid 70 sek.

2014. saagiaasta rukki täisterajahude füüsikalised-keemilised näitajad olid katsevariantidel üsna ühesugused, olles järgmised: proteiin 10,8–11,0%, tärklis 57–59%, langemisarv 297–310 sek. Langemisarvudel olid väga väikesed erinevused ja need olid leivaküpsetamiseks kõrged — optimaalne oleks alla 200 sek. Langemisarv näitab ainult α - amülaasi toimet tärklisele, kuid viskogramm näitab puhtal kujul ka teiste fermentide mõju ja aktiivsust tärklise lagunemise protsessis, mida tuleb arvestada tehnoloogilise protsessi kujundamisel. Viscographi programm joonistab täpselt üles tärklisega toimunud protsessid: kuumutades jahu ja vee suspensiooni kuni 92,1°C ja jahutades 30,0°C.

Viskogrammide uurimisel selgus, et täisterajahudes oleva tärklise kliisterdumisprotsess algas kõikidel proovidel peaaegu ühe ja sama temperatuuri (54,2–55,5°C) juures, kuid jõud BU, mida rakendati selle protsessi läbiviimiseks, oli erinev. Mahevariantide jahude puhul saavutati maksimaalne viskoossus temperatuuridel 74,7–79,5°C, rakendades seejuures jõudu 347–403 BU; tavaviljeluse variandi puhul aga vastavalt 71,3–73,2°C ja 270–275 BU.

Uuringu uudsuseks võib lugeda viskogrammi näitajaid, mis annab väga tähtsaid andmeid jahus toimuvate protsesside kohta leivaküpsetustehnoloogiat tundvale isikule ning mille tundma õppimisel on võimalik mõningal määral ette arvata leiva kvaliteeti, kuid veelgi rohkem saab neid kasutada küpsetustehnoloogia muutmiseks. Katsete läbiviimisel ilmnes, eriti erinevate proovide viskogrammide võrdlemisel, missugune tähtis roll on fermentidel tärklise kliisterdumisprotsessis. Kuna kõigil 2014. aasta proovidel olid langemisarvud suhteliselt ühetaolised (üle 200 sek.), siis võis juba neile tuginedes ette ennustada, et prooviküpsetustes ei tule esile suuri erinevusi.

Leiva kvaliteedi aluseks on tema maitseomadused, küpsusaste ja määrava tähtsusega on ka sisu struktuur ja elastsus. Kokkuvõtteks võib aga öelda, et jahu langemisarv, tärklise ja proteiini kogus — need kõik on määravad parameetrid leiva kvaliteedi kujundamisel.

2014. saagiaasta rukki täisterajahudest valmistatud toote (leiva) omaduste hindamisel määratud näitajatest võiks välja tuua eriruumala (toote maht 1 g kohta) ja poorsuse. Mahevariandi (MS) puhul oli eriruumala keskmiselt 1,93 cm³/g ja poorsus 48%; tavavariandi (T) puhul aga vastavalt 2,08 cm³/g ja 51%.

Arvesse võttes ka varasematel aastatel läbi viidud küpsetuskatsete tulemusi võib öelda, et mõõdukal tavaviljeluse foonil ja maheviljeluslikult kasvatatud rukki küpsetusomadustes ei ole olulisi erinevusi.

KAER.

2013. aastal kujunes kaera bioloogiline saagikus, mis määrati augustikuus võetud proovivihkude baasil, märksa suuremaks kui see oli olnud projekti varasematel aastatel (tabel 12). Üllatavalt hea saagikusega oli selle aasta tingimustes sõnnikuta mahevariant (M), jäädes vaid napilt alla sõnniku järelmõju kasutavale mahevariandile MS. Kombaininaitude alusel hiljem 14% niiskusele ümberarvestatud tegelikud saagid olid proovivihkude baasil määratud saakidest oluliselt väiksemad ja jäid umbes samale tasemele mis varasematel aastatel. Kombainiga koristamine toimus optimaalsest ajast märksa hiljem; koristuskaod olid suured. Seejuures jäi tavaviljeluse variandil osa kaerasaagist kätte saamata, kuna enne koristamist jõudsid metsloomad seal suurt kahju tekitada.

Tabel 12. Kaera bioloogiline saagikus ja kombainisaagid 2013. ja 2014. aastal ning 2008–2014 keskmisena

Katsevariant	Bioloogiline saagikus, t/ha			Kombainisaak, t/ha		
	2013	2014	2008–2014	2013	2014	2008–2014
M	4,00 ^c	2,85 ^b	2,59	1,57	2,38	1,50
MS	4,39 ^b	2,88 ^b	3,19	1,83	2,80	1,84
T	6,96 ^a	3,34 ^a	4,80	2,56	3,00	2,61

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Kuigi sel aastal jäi sõnniku järelmõju mahevariandi kaera saagikusele suhteliselt tagasihoidlikuks, mõjus see positiivselt kaera 1000 tera massile, mis MS variandis oli 2,2 g võrra suurem kui M variandis (tabel 13). Tavaviljeluse variandi kaera proteiinisaldus oli kõrgem kui maheviljeluse variantides. Külvisenormide erinevus ei avaldanud usutavat mõju kaera saagikusele ja saagi kvaliteedile.

Tabel 13. Kaera 1000 tera mass ja toorproteiini sisaldus 2013. ja 2014. aastal ning 2008–2014 keskmisena

Katsevariant	1000 tera mass, g			Toorproteiin, %		
	2013	2014	2008–2014	2013	2014	2008–2014
M	37,0 ^b	36,8 ^b	32,8	9,7	9,9	9,9
MS	39,2 ^a	36,6 ^b	33,5	9,4	11,4	10,1
T	38,5 ^{ab}	38,5 ^a	34,4	10,7	11,8	11,4

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

2014. aasta tingimustes oli kaera bioloogiline saagikus tavaviljeluse variandis ~17% suurem kui mahevariantides (tabel 12). Mahevariantide kombainisaagid aga olid sel aastal suuremad kui ühelgi varasemal katseaastal. Sõnniku järelmõjul suurenes saak ~18% ja terade toorproteiini sisaldus 9,9-lt 11,4%-le. Tavavariandi puhul oli kaera 1000 tera mass, toorproteiini sisaldus ning terades fosfori- ja kaaliumisisaldus suurem kui mahevariantide kaeral. 2014. aasta soodsates kasvutingimustes andis paremaid tulemusi kaera külvamine väiksema külvisenormiga (400 id.s. m²), sest sel juhul olid kolme katsevariandi keskmine bioloogiline saagikus ja kaera 1000 tera mass suuremad kui suurema külvisenormi (600 id.s. m²) puhul.

Maheviljeluslikus külvikorras kaera eelkultuuri alla antud sõnniku mõjul suurenes kaera saagikus 2008–2014 keskmisena 23%. Sõnnikul oli positiivne järelmõju ka kaera 1000 tera massile ja proteiini sisaldusele.

ODER.

2013. aastal oli ilmastik suviteraviljade arenguks soodne. Olustvere katses kujunesid ristiku allakülviga odra saagid märksa suuremaks kui olid 2008–2012 perioodi keskmised (tabel 14). Sõnnikut saavas mahekülvikorras (MS) oli kombainisaak 18,5% suurem kui sõnnikuta mahekülvikorras (M). Külvisenormide erinevus ei mõjutanud saagi suurust, küll aga terade kvaliteeti. Selgus, et kõikides viljelusviiside variantides oli odra väiksema külvisenormi (300 id.s.m²) puhul 1000 tera mass 2,7–4,7 g võrra suurem kui suurema (400 id.s.m²) külvisenormi puhul.

Tabel 14. Odra bioloogiline saagikus ja kombainisaagid 2013. ja 2014. aastal ning 2008–2014 keskmisena

Katsevariant	Bioloogiline saagikus, t/ha			Kombainisaak, t/ha		
	2013	2014	2008–2014	2013	2014	2008–2014
M	1,86 ^b	1,44 ^b	1,43	1,08	1,18	0,76
MS	1,50 ^b	1,56 ^b	1,60	1,28	1,41	1,04
T	4,78 ^a	2,29 ^a	2,34	2,18	2,10	2,04

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Maheviljeluslikus külvikorras antud sõnnik üldiselt ei suutnud odrale järelmõju avaldada, sest nii 2013. ja 2014. aastal kui ka 2008–2014 keskmisena ei olnud M ja MS variantide tulemustes statistiliselt usutavaid erinevusi ei bioloogilise saagikuse, 1000 tera massi ega proteiinisalduse osas (tabel 14 ja 15).

Ristiku allakülviga odra tavaviljeluslikul kasvatamisel saadi terasaagiks aastate keskmisena 2 t/ha, maheviljeluslikul kasvatamisel aga napilt 1 t/ha ringis. Kuna teravilja koristamise ajaks kipub ristik odrast sageli üle kasvama ja odra madal saagikus hästi ei õigusta kombainikusid, siis maheviljeluses oleks otstarbekas rakendada saagi tervikkoristamist loomasöödaks.

Tabel 15. Odra 1000 tera mass ja toorproteiini sisaldus 2013. ja 2014. aastal ning 2008–2014 keskmisena

Katsevariant	1000 tera mass, g			Toorproteiin, %		
	2013	2014	2008–2014	2013	2014	2008–2014
M	41,2 ^b	41,3 ^a	38,7	9,1	9,9	9,8
MS	41,9 ^b	39,7 ^{ab}	38,7	8,8	9,9	9,7
T	47,8 ^a	37,9 ^b	42,4	11,0	11,8	10,8

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

KARTUL.

2013. aastal oli kevad hiline, kartul sai maha pandud 15. mail. Maikuu soojade ilmade tõttu tärkasid eelidandatud mugulad ruttu ja kartulitaimede algareng oli kiirem kui tavaliselt, seda seni kuni mullas jätkus niiskust. Juunikuu ning juuli esimene pool oli kuum ja põuane, päevasel ajal kippusid kartulipealsed närbuma. Sõnnikuta mahevariandil (M) kuivasid varajase sordi Angela pealsed varakult ja juulikuust kuni koristamiseni said seal võimsa ülekaalu umbrohud. Selle aasta tingimustes oli kartuli saagikus üldiselt hea (välja arvatud varajane sort M-variandis) ning ületas varasemate katseaastate keskmist (tabel 16). Ilmastikust tingitud eripäraks oli aga see, et kuigi katse koristamise momendiks oli normaalsuuruses mugulasaak juba välja kujunenud, olid kasvuperioodil omastatud nitraadid mugulates veel taandumata — sellest siis erakordselt kõrge nitraatide sisaldus (tabel 17) kõikide katsevariantide mugulates.

Tabel 16. Kartuli kogusaak ja kaubanduslik (mugulad läbimõõduga üle 4 cm) saak

Sort, variant	Kogusaak, t/ha			Kaubanduslik saak, t/ha		
	2013	2014	2008—2014	2013	2014	2008—2014
LAURA						
M	23,1	2,9	17,1	17,8	0	11,3
MS	37,7	10,5	26,0	34,7	4,6	19,5
T	56,0	48,6	54,1	50,8	39,8	48,0
ANGELA						
M	12,3	3,3	15,5	5,8	0,19	9,0
MS	26,6	3,4	22,5	20,5	0,14	16,3
T	53,2	31,3	48,2	46,5	25,1	40,7

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus

2014. aasta varajane kevad võimaldas kartuli väljal alustada maa ettevalmistamist ligemale kuu aega varem kui eelmisel aastal. Eelnevalt kultiveeritud ja sügavkobestatud suhteliselt kuiva mulda pandi mugulad maha juba 24. aprillil, mil ilmad olid pea nädalajagu püsinud erakordselt soojad (ööpäeva keskmisena isegi 14–15 °C). Kuna maikuu algus oli väga külm ja ka sademeid tuli napilt, siis oli mugulate kasvamahakkamine pidurdatud. Vaatamata varasele mahapanekule tärkas kartul sel kevadel tunduvalt hiljem kui varasematel aastatel. Kartulitaimede arengut ei soodustanud ka juunikuu jahedad, sagedaste öökülmadega ning vihmased ilmad. Pidevate sadude ja mulla liigniiskuse tõttu ei saadud kartulit õigeaegselt ja vajalikul määral vahelharida. Mahevariantidel kasvasid umbrohud tärkavatest kartulitaimedest üle ning hiljem praktiliselt lämmatasid kartuli. Umbrohtude, eriti orasheina, erakordselt tugev vohamine mahekartulis oli kindlasti tingitud ka sellest, et kartuli eelvili – rukis – oli eelmisel aastal tugeva talvekahjustuse tõttu samuti väga tugevalt umbrohtunud.

Eelmainitud asjaolude tõttu 2014. aastal kartul praktiliselt ikaldus mahevariantidel M ja MS (tabel 16). Tavaviljeluse variandi (T) puhul oli pikema kasvuajaga sort Laura umbes poolteist korda saagikam kui varajane sort Angela ja tema mugulates oli vähem nitraate kui sordil Angela (tabel 17). 2014. aastal ei olnud võimalik uurida mahevariantide kartuli kvaliteeti, sest sealt kaubalist saaki praktiliselt ei saadudki.

Keemilistest analüüsides selgus, et sõnnikuga väetatud variantide (MS ja T) mugulates oli rohkem kaaliumi kui mahevariandi M mugulates.

Tabel 17. Kartulimugulate kuivaine ja nitraatide sisaldus

Sort, variant	Kuivaine, %			Nitraadid, mg/kg		
	2013	2014	2008—2014	2013	2014	2008—2012
LAURA						
M	19,7	18,2	21,3	92,7	-*	3,7
MS	20,2	19,6	21,0	81,0	-*	13,8
T	19,6	19,0	19,7	93,4	100,3	10,9
ANGELA						
M	20,5	19,9	21,2	97,0	-*	16,5
MS	20,6	19,0	20,3	57,9	-*	39,4
T	17,8	19,1	19,2	183,1	147,1	122,7

M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga; T – tavaviljelus; -* analüüse ei tehtud

Maheviljeluslikult kasvatatud kartuli kaubanduslike mugulate saak suurenes sõnnikuga väetamise mõjul seitsmeaastase perioodi (2008–2014) keskmisena 73% (hilisem sort Laura) ja 81% (varajane sort Angela). Tavaviljeluslikul kasvatamisel, kus lisaks sõnnikule anti kartulile ka mineraalväetist ning tehti keemiliselt kõik vajalikud umbrohu-, haiguste- ja kahjuritetõrje tööd, oli kartuli kaubanduslik saak mõlema sordi puhul 2,5 korda suurem kui maheviljeluslikul kasvatamisel.

Kas maheviljeluses on kasulik kasvatada lühema või pikema kasvuajaga kartulisorti, see sõltub väga palju ilmastikust. Kui Olustvere katse varasema perioodi (2008–2012) keskmisena maheviljeluslike variantide puhul sortide vahel erinevused praktiliselt puudusid, siis 2013. ja 2014. aastal oli pikema kasvuajaga sordil saagikuse seisukohalt märkimisväärne eelis varajase sordi ees. Varajase sordi eelised pikema kasvuajaga sordi ees avaldusid aga neil aastail, mil lehemädanik lööbis varakult. Üldiselt peab aga mainima, et maheviljeluslikul kasvatamisel kõikusid kartuli saagid suurtes piirides ning kahel aastal (2009 ja 2014) seitsmest praktiliselt ei saadudki kaubandusliku kvaliteediga mugulaid.

Majanduslik efektiivsus

Majandusarvestused tegi käesoleva projekti kaastäitja Msc Miralda Paivel, Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskooli taimekasvatuse õpetaja, kes ühtlasi korraldas ja juhendas agrotehniliste tööde tegemist viljelusviiside katsealal Olustveres.

Tabel annab kokkuvõtliku ülevaate Olustvere katse rahalisest küljest. Tulude arvutamisel on aluseks võetud kultuuride keskmised saagikused ning 2014. a. sügise teraviljade ja kartuli müügihinnad. Kulude arvutamisel on aluseks Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskoolis kehtiv hinnakiri.

Kultuur	Tulud €/ha aastas (tavatoodangu hinnad)	Tulud €/ha aastas (mahetoodangu hinnad)	Kulud €/ha aastas	+/- €/ha	
				tava	mahe
Rukis	480.-	630.-	560.-	-80.-	+70.-
Kaer	390.-	515.-	534.-	-144.-	-19.-
Oder	225.-	300.-	488.-	-263.-	-188.-
Kartul	1500.-	3000.-	2571.-	-1071.-	+429.-
Ristik	200.-	200.-	156.-	+44.-	+44.-
Külvikord	2795.-	4645.-	4309.-	-1514.-	+336.-

Kulud (€/ha) külvikorra välja kohta aastas:

Rukis 1 ha: kulud aastas 560.-

Künd 51.- Koorimine 45.- Kultiveerimine 45.- Kivikoristus 20.- Külv 55.- 2x äestamine 40.-

Koristus 108.- Kuivatamine (3,0 t/ha) 66.-

Seeme 200 kg/ha 60.-

490.-

Väetis 50.-

Taimekaitsevahendid 10.-

Pritsimine 10.-

70.-

Rukis: tulud aastas (saak 3,0 t/ha + põhk 3,0 t/ha) (tavahind 150.- €/t; mahehind 200.- €/t)

tavahinnaga 480.- mahehinnaga 630.-

Kaer 1 ha: kulud aastas 534.-

Künd 51.- Koorimine 45.- Kultiveerimine 45.- Kivikoristus 20.- Külv 55.- 2x äestamine 40.-

Koristus 108.-

Kuivatamine (2,5 t/ha) 55.-

Seeme 200 kg/ha 60.-

479.-

Väetis 35.-

Taimekaitsevahendid 10.-

Pritsimine 10.-

55.-

*Kaer: tulud aastast (saak 2,5 t/ha + põhk 1,5 t/ha) (tavahind 150.- €/t; mahehind 200.- €/t)
tavahinnaga 390.- mahehinnaga 515.-*

Oder 1 ha: kulud aastast 488.-

Künd 51.- Koorimine 45.- Kultiveerimine 45.- Kivikoristus 20.- Külv 55.- Äestamine 20.-
Koristus 108.- Kuivatamine (1,5 t/ha) 30.-

Seeme 200 kg/ha 60.-
433.-

Väetis 35.-

Taimekaitsevahendid 10.-

Pritsimine 10.-
55.-

*Oder: tulud aastast (saak 1,5 t/ha) (tavahind 150.- €/t; mahehind 200.- €/t)
tavahinnaga 225.- mahehinnaga 300.-*

Kartul 1 ha: kulud aastast 2571.-

Künd 51.- Sügavkobestamine 45.- Kultiveerimine 45.- Kivikoristus 20.- Sõnnik 40 t 400.-
3x vaheltharimine 100.- Kartulipanek 100.- Koristamine 500.-

Seeme 1050.-
2311.-

Väetis 100.-

Taimekaitsevahendid 80.-

Pritsimine 80.-
260.-

*Kartul: tulud aastast (saak 15 t/ha) (tavahind 100.- €/t; mahehind 200.- €/t)
tavahinnaga 1500.- mahehinnaga 3000.-*

Ristik 1 ha: kulud aastast 156.-

2x purustamine 80.-

Külv 40.-

Seeme 8 kg/ha 36.-
156.-

Ristik: tulud aastast (arvestuslikult ~20 t/ha sõnnikut) 200.-

Järeldused

Käesolev kaheaastane (2013–2014) jätkuprojekt andis täiendavat ja täpsustavat teavet kõikide eelmises samanimelises rakendusuringuprojektis (2008–2012) püstitatud eesmärkide lahendamiseks ja selgitamiseks. Täpsemate ja lõplike järelduste tegemiseks erinevate viljelusviiside mitmekülgse mõju võrdlemisel oleks siiski olnud soovitatav lõpuni läbida ka teine viieväljalise külvikorra rotatsioon, mis kahjuks jäi pooleli programmi lõppemise tõttu.

Läbitud uurimisperioodil (2008–2014) saadud tulemused võib lühidalt kokku võtta järgmiselt:

- Kuna viljelusviiside võrdlemise katse Olustveres rajati viljakale – kõrge fosfori- ja kaaliumisisaldusega ning optimaalse mullareaktsiooniga – mullale ja külvikorras kasvavat ristikut ning teraviljapõhku ei viidud põllult ära, siis kokkuvõtlikult võib öelda, et seitsmeaastase perioodi jooksul maheviljelus üldiselt ei põhjastanud mulla väljakurnamist. Küll aga esines teatud nihkeid mulla mõnedes agrokeemilistes näitajates. Nii näiteks ilma sõnnikuta mahekülvikorra mullas hakkas orgaanilise süsiniku sisaldus ja liikuva kaaliumi sisaldus aastate jooksul pidevalt vähenema. Kui aga külvikorras kasutati sõnnikut, siis ilmnes orgaanilise süsiniku ja kaaliumisisalduse suurenemise tendents nii mahe- kui ka tavaviljeluse tingimustes. Olustvere katseala muldadest Mehlich-3 meetodil määratud fosfori sisaldust ei mõjutanud ei viljelusviis ega katseaastate erinev niiskusrežiim, fosfori analüüsitulemused olid kogu aeg väga kõrged – enamasti üle 200 mg/kg. Samas aga ilmnesid viljelusviiside vahel usaldusväärsed erinevused AL-meetodil määratud laktaatlahustuva ehk taimedele omastatava fosfori osas. Ükski viljelusviis ei põhjastanud uurimisperioodi jooksul mullas liikuva magneesiumi ja kaltsiumi sisalduse vähenemist. Analüüsitulemused näitasid pigem nende sisalduse suurenemist, mis võis tingitud olla mulla dolomiitjast (magneesium-ja kaltsiumkarbonaate sisaldavast) lähtematerjalist. Mangaani sisaldus mullas oli katseperioodi lõpul samal tasemel mis katse alustamisel. Küll aga vähenes aastate jooksul nii sõnnikuta kui ka sõnnikuga maheviljeluse variantides mulla vase ja boori sisaldus.
- Mulla tihkus ehk penetromeetiline takistus katsealal 2014. aasta kevadel oli rahuldav. Haritud mullakihtide tihkuse näit ei ületanud ühegi viljelusviisi variandi puhul eelkriitilist (2+ MPa) piiri. Selgeid märke mulla tihenemisest leidis alates sügavusest 30 cm. Soovitatav on kasutada sügavkobestamist 35–40 cm sügavusel; võimaluse korral ka sammasjuureliste kultuuride lülitamist külvikorda.
- Mulla mikroobikoosluse uurimine 2008–2013 perioodi jooksul näitas, et kui ristikut sisaldavas külvikorras kasutati ka sõnnikut, siis nii maheviljeluse kui ka tavaviljeluse tingimustes oli bakterite üldarv, nitrifitseerijate ja tselluloosilagundajate arvukus mullas suurem kui sõnnikuta maheviljeluse puhul. Viljelusviis ei mõjutanud *Fusarium* spp. arvukust mullas. Tavaviljeluses kartuli korduv pestitsiididega pritsimine taimehaiguste ja –kahjurite tõrjeks pärssis teatud mikroobigruppide arvukust ja mulla ensümaatilist aktiivsust. Maheviljeluse tingimustes avaldus selgelt kartuli alla antud sõnniku positiivne otse- ja järelmõju mulla dehüdrogenaasi aktiivsusele.
- Umbrohtumuse alaste uurimistulemuste alusel võib väita, et maheviljeluse tingimustes kujunes välja liigirikas umbrohukooslus, mille liikide arvukus oli küllalt püsiv ega sõltunud katseaasta ilmastikust ega ka harimisest, mis aga mõjutasid nii umbrohtude üldist arvukust kui ka kuivmassi. Teraviljade külvisenormi suurendamisel vähenes umbrohtude arvukus ja kuivmass nii mahe- kui ka tavaviljeluse puhul.
- Maheviljeluslikult kasvatatud teraviljade kombainisaagid olid bioloogilisest saagikusest oluliselt väiksemad, sest maheviljeluse tingimustes olid peentera osakaal ja koristuskaod suured. Sõnnikuta mahekülvikorras saadi kaera saagiks seitsme aasta keskmisena 1,5 t/ha, rukkil 2,0 t/ha ja ristiku allakülviga odral ~0,8 t/ha, sõnnikut saanud mahekülvikorras aga vastavalt 1,8, 2,2 ja 1,0 t/ha.

Mõõduka intensiivsusega tavaviljeluse puhul oli kaera saak 2,6 t/ha, rukkil 2,5 t/ha ja allakülviga odral 2,0 t/ha. Maheviljeluse tingimustes kipuvad allakülvatud ristik ja umbrohud odrast läbi kasvama, seetõttu oleks mõistlikum selle tervikkoristamine loomasöödaks. Külvisenormide erinevus praktiliselt ei mõjutanud teraviljade bioloogilist saagikust ja kombainisaake. Maheviljeluse viisil kasvatatud teraviljade proteiinisaldus oli väiksem kui tavaviljeluse puhul.

- Kartuli saagikus ristikut sisaldavas sõnnikuta mahekülvikorras kõikus aastate jooksul suurtes piirides, ebasoodsate kasvutingimuste korral jäi mugulasaak väga madalaks. Kahel aastal seitsmest praktiliselt ei saadudki kaubalist saaki, sest umbrohtude surve oli väga tugev. Taheda veisesõnnikuga (60 t/ha) väetamise mõjul suurenes maheviljeluslikult kasvatatud kartuli kaubanduslike mugulate (läbimõõduga üle 4 cm) saak seitsme aasta keskmisena 73—81%, olles varajase sordi Angela puhul 16,3 t/ha ja pikema kasvuajaga sordi Laura puhul 19,5 t/ha. Tavaviljeluslikul kasvatamisel, kus lisaks sõnnikule anti kartulile ka mineraalväetist ning tehti keemiliselt kõik vajalikud umbrohu-, haiguste- ja kahjuritõrje tööd, oli kartuli kaubanduslik saak mõlema sordi puhul keskmiselt 2,5 korda suurem kui maheviljeluslikul kasvatamisel. Maheviljeluse puhul sõltus kartuli saak kasvuperioodi ilmastikust ja ka sordist. Kui aastate keskmisena üldiselt oli saagikam pikema kasvuajaga sort, siis varajase sordi eelised avaldusid neil aastail, mil lehemädanik nakatas kartuli suhteliselt varakult.
- Viljelusviis ei mõjutanud kartuli nakatumist kärnhaigustesse. Kartulimugulate nitraatidesisalduse tulemused kõikusid aastate jooksul üsna tugevasti ja reeglipäratult. Aga üldiselt võib järeldada, et rohkem kui viljelusviisist, sõltus nitraatidesisaldus teistest palju olulisematest teguritest (ilmastikust, sordist jm).
- Majandusarvestuste käigus selgus, et Olustveres viljelusviiside võrdlemise katsetes saadud saagitasemete puhul andis maheviljeluslik taimekasvatus kahjumit. Suurima kahjumi andis kartuli kasvatamine. Praegust tavatoodangu hinnataset aluseks võttes peaks rukkisaak maheviljeluses olema vähemalt 2,5 t/ha, kaerasaak 3 t/ha, allakülviga odra saak 2 t/ha ja kartulisaak 20 t/ha, et ilma toetuseta hakkama saada. Kvaliteetse sõnniku kasutamisel, tööde õigeaegsel tegemisel ning kultuuri kasvuks sobiva ilmastiku olemasolul peaks see olema võimalik. Kui aga õnnestub mahetoodang realiseerida tavatoodangu hinnast ~30% kõrgema hinnaga, siis võib maheviljeleja toime tulla ka 1,8–2,5 t/ha teraviljasaakidega ja 15 t/ha kartulisaagiga.

PROJEKTI LÕPPARUANNE⁵

1. PROJEKTI NIMETUS: Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile

2. PROJEKTI NIMETUS INGLISE KEELES: The effect of organic and conventional tilling on soil fertility, biodiversity and on crops yield and quality

3. PROJEKTI KESTUS 2 aastat **Algus: 2013** **Lõpp: 2014**

4. PROJEKTI LÕPPARUANDE LÜHIKOKKUVÕTE (kuni 1 lk):

Käesolev projekt on jätkuprojekt samanimelisele rakendusuringule, mis aastail 2008—2012 viidi läbi Olustveres hea viljakusega mullale rajatud viieväljalises külvikorras (ristik → rukis → kartul → kaer → oder ristiku allakülviga). Võrreldi kolme viljelusviisi: kaht maheviljeluse viisi, kus ühes anti kartuli alla sõnnikut ja teise viisi puhul mitte, ning mõõduka intensiivsusega tavaviljelust.

Põhiliseks uurimisprobleemiks oli püstitatud järgmine küsimus: kas maheviljelus võrreldes tavaviljelusega põhjustab mulla väljakurnamist, kas maheviljelusliku tootmise puhul on mullaviljakuse säilitamine võimalik ja millist rolli mängib selles sõnnik. Paralleelselt nende agrookeemiliste uuringutega seati erinevate viljelusviiside mõju võrdlemise eesmärkideks uurida veel ka mulla füüsikaliste ja mikrobioloogiliste omaduste muutumist ning kultuuride umbrohtumust (umbrohtude liigilist koosseisu, arvukust ja kuivmassi). Projekti eesmärk oli selgitada viieväljalises külvikorras kultuuride saagikust ja saagi kvaliteeti mahe- ja tavaviljeluse tingimustes. Seejuures teraviljade puhul võrreldi kahe erineva külvisenormi mõju, määrates nii bioloogilise saagikuse kui ka kombiniga koristamisel saadud saagid. Kartuli puhul oli eesmärgiks võrrelda kasvuaja erineva pikkusega sortide saagikust mahe- ja tavaviljeluse tingimustes.

Uurimistulemused võib kokku võtta järgmiselt:

Maheviljelus seitsmeaastase perioodi jooksul üldiselt ei põhjustanud mulla väljakurnamist, kuigi esines teatud nihkeid mõnedes agrookeemilistes näitajates. Näiteks hakkas ilma sõnnikuta mahekülvikorra mullas orgaanilise süsiniku ja liikuva kaaliumi sisaldus aastate jooksul vähenema. Kui külvikorras kasutati sõnnikut, siis ilmnes eelmainitud näitajate suurenemise tendents nii mahe- kui ka tavaviljeluse tingimustes. Olustvere katse mullas ei põhjustanud ükski viljelusviis magneesiumi, kaltsiumi ja mangaani sisalduse vähenemist. Vase ja boori sisaldus mullas vähenes aastate jooksul nii sõnnikuta kui ka sõnnikuga maheviljeluse variantides.

Mulla mikroobikoosluse uurimine näitas, et kui ristikut sisaldavas külvikorras kasutati sõnnikut, siis nii maheviljeluse kui ka tavaviljeluse tingimustes oli bakterite üldarv, nitrititseeerijate ja tselluloosilagundajate arvukus mullas suurem kui sõnnikuta maheviljeluse puhul. Viljelusviis ei mõjutanud *Fusarium* spp. arvukust mullas. Tavaviljeluses kartuli korduv pestitsiididega pritsimine taimehaiguste ja –kahjurite tõrjeks pärssis teatud mikroobigruppide arvukust ja mulla ensümaatilist aktiivsust. Maheviljeluse tingimustes avaldus selgelt kartuli alla antud sõnniku positiivne otse- ja järelmõju mulla dehüdrogenaasi aktiivsusele.

Maheviljeluse tingimustes kujunes välja liigirikas ja suure arvukusega umbrohtude kooslus. Teravilja külvisenormi suurendamisel vähenes umbrohtude arvukus ja kuivmass nii mahe- kui ka tavaviljeluse puhul.

Sõnnikuta mahekülvikorras saadi kaera saagiks seitsme aasta keskmisena 1,5 t/ha, rukkil 2,0 t/ha ja ristiku allakülviga odral ~0,8 t/ha, sõnnikut saanud mahekülvikorras aga vastavalt 1,8, 2,2 ja 1,0 t/ha. Mõõduka intensiivsusega tavaviljeluse puhul oli kaera saak 2,6 t/ha, rukkil 2,5 t/ha ja allakülviga odral 2,0 t/ha. Külvisenormide erinevus praktiliselt ei mõjutanud teraviljade bioloogilist saagikust ja kombinisaake. Maheviljeluse viisil kasvatatud teraviljade proteiinisaldus oli väiksem kui tavaviljeluse puhul.

Kartuli saagikus ristikut sisaldavas sõnnikuta mahekülvikorras kõikus aastate jooksul suurtes piirides, ebasoodsate kasvutingimuste korral jäi mugulasaak väga madalaks või ikaldus täielikult, umbrohtude surve oli väga tugev. Taheda veisesõnnikuga (60 t/ha) väetamise mõjul suurenes maheviljeluslikult kasvatatud kartuli kaubanduslik

saak seitsme aasta keskmisena 73–81%, olles olenevalt sordist 16,3–19,5 t/ha. Tavaviljeluslikul kasvatamisel oli kartuli saagikus 2,5 korda suurem kui maheviljeluse puhul. Pikema kasvuaajaga sort oli aastate keskmisena veidi saagikam kui varajane sort, mille eelised avaldusid kartuli-lehemädaniku varajase lööbimisega aastail. Viljelusviisi ja kartulimugulate nitraatidesisalduse vahel ei selgunud usaldusväärset seost.

Olustveres viljelusviiside võrdlemise katsetes saadud keskmiste saagitasemete puhul andis maheviljeluslik taimekasvatus kahjumit. Suurima kahjumi andis kartuli kasvatamine. Praegust tavatoodangu hinnataset aluseks võttes peaks rukkisaak maheviljeluses olema vähemalt 2,5 t/ha, kaerasaak 3 t/ha, allakülviga odra saak 2 t/ha ja kartulisaak 20 t/ha, et ilma toetuseta hakkama saada. Kvaliteetse sõnniku kasutamisel, tööde õigeaegsel tegemisel ning kultuuri kasvuks sobiva ilmastiku olemasolul peaks see olema võimalik. Kui aga õnnestub mahetoodang realiseerida tavatoodangu hinnast ~30% kõrgema hinnaga, siis võib maheviljeleja toime tulla ka 1,8–2,5 t/ha teraviljasaakidega ja 15 t/ha kartulisaagiga.

5. LÜHIKOKKUVÕTE INGLISE KEELES :

This project is a follow-up project of the same name research project which was carried out in 2008–2012 at Olustvere in the five-field crop rotation (clover → rye → potato → oats → barley with clover undersow). Three cultivation practices were compared: two practices of organic cultivation (one with manure provided under potato, another without it), and conventional cultivation with moderate intensity. In addition, two different seed rates in case of cereals and two different varieties in case of potato were compared.

The principal goal of the research was to investigate what kind of impact may exert the organic farming with and without farmyard manure (FYM) on the soil fertility parameters. The research aimed to determine and compare the impact of cultivation practices on the soil agrochemical indicators (pH, organic C, macro- and microelement content dynamics), the crops yield and quality, the microbial community composition and microbial activity of soil, and the weediness on the rotation plots.

Short summary of the main results:

During seven-year period, the organic cultivation practice do not brought about a depletion of the soil fertility. However, certain changes in some agrochemical parameters of the soil occurred. In the organic cultivation without FYM, the contents of soil organic carbon and exchangeable potassium decreased year by year, whereas in case of the organic cultivation with FYM revealed the tendency to increase above-mentioned indicators. In the soils of both organic cultivation practices the contents of copper and boron decreased during research period. In the contents of soil phosphorus, calcium, magnesium and manganese there were no significant changes between different cultivation practices detected.

The relatively fertile soil at Olustvere under the organic cultivation conditions proved most agreeable for rye and oats; however, their yields in production conditions remained up to two times lower than in the conventional cultivation of moderate intensity. The seven-year average yields of cereals in the organically managed crop rotations were as follows: rye 2.0–2.2 t ha⁻¹, oats 1.5–1.8 t ha⁻¹, barley with undersow 0.8–1.0 t ha⁻¹. When organically cultivated, the protein content of cereals and the mass of 1000 grains remained lower than in the case of conventional cultivation.

Potato yield in organic crop rotation without manure remained very low in case of unfavorable growing conditions. The application of FYM increased the yield of commercial tubers by 73–81%, being as average 16.3–19.5 t ha⁻¹. The yields of conventionally cultivated potato, in which case in addition to FYM mineral fertilizer were given and chemical control measures were used, led to 2.5 times higher yield of commercial tubers than the organically grown potato. In case of organic cultivation, an early potato variety appeared to be more advantageous than a variety with longer growing period in such years when the blight afflicted early.

The study into the microbe content of soil revealed that if manure was used in the crop rotation, then in the conditions of organic as well as conventional cultivation, the total number of bacteria, nitrifying bacteria and cellulose decomposers in soil ranked higher than in the case of organic cultivation without manure. The cultivation practice had no effect on the count of *Fusarium* spp. in soil.

The species composition of weeds was more diverse and the number and dry mass of weeds notably higher in the conditions of organic cultivation than in traditional cultivation. Increasing the seed rate of cereals reduced the dry mass of weeds.

The current results and knowledge achieved during the project can be used in training and advisory system, as well as in compiling research and popular publications. In the framework of the project (2008–2014) and on the topics related to the project, 33 publications (incl. 10 in internationally circulated publications), have been published.

6. TEEMA RAAMES ILMUNUD PUBLIKATSIOONID:

Rakendusuringute projekti *Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile* (2008–2012) raames tehtud uurimistulemuste kohta ilmus aastail 2009–2012 20 publikatsiooni. Samanimelise jätkuprojekti (2013–2014) raames on ilmunud järgmised publikatsioonid:

1. Edesi, L. The influence of cultivation methods on soil microbial community composition and activity (*Erinevate viljelusviiside mõju mikroobide koosseisule ja aktiivsusele mullas*). A Thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Agriculture. Eesti Maaülikool, Tartu, 2015.
2. Järvan, M., Edesi, L. Nitrogen cycle bacteria in soils of organically and conventionally managed crop rotations. – *Zemdirbyste = Agriculture*, 2015 (**102**), No. 1 (*ilmumas*).
3. Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Võsa, T. Soil microbial communities and dehydrogenase activity depending on farming systems. – *Plant, Soil and Environment*, 2014 (**60**), No. 10, 459–463.
4. Edesi, L., Järvan, M., Lauringson, E., Akk, E., Tamm, K. The effect of solid cattle manure on soil microbial activity and on plate count microorganisms in organic and conventional farming systems. – *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **2** (2013), No. 12, 476–488.
5. Järvan, M., Paivel, M., Edesi, L. Kokkuvõtlikke tulemusi viljelusviiside võrdlemise katsest Olustveres. – *Maheviljeluse konverentsi kogumik „Teaduselt mahepõllumajandusele”*, Tartu, 2014, lk. 34–38.
6. Järvan, M. Mullamikroobid vähendavad tuulekaera seemnevaru. – *Maaleht/Messileht* (17.04.2014).
7. Järvan, M. Kas nutrihaigus võib rapsikasvatust ohustada? – *Maaleht/Messileht* (17.04.2014).
8. Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Paivel, M. 2013. Teraviljade saagikus ja kvaliteet mahe- ja tavaviljeluslikus külvikorras. – *Agronoomia* 2013. Jõgeva, lk 16-21.
9. Edesi, L., Järvan, M. 2013. Mulla mikroobikoosus mahe- ja tavapõllumajanduslikus viljeluses. – *Agronoomia* 2013. Jõgeva, lk 34-41.
10. Edesi, L., Järvan, M., Adamson, A., Paivel, M. 2013. Umbrohtude liigiline koosseis mahe- ja tavapõllumajanduslikus viljeluses. – *Agronoomia* 2013. Jõgeva, lk 42-47.
11. Järvan, M., Edesi, L., Lukme, L., Akk, A., Paivel, M. 2013. Mahe- ja tavarukki küpsetuskatsete tulemustest. – *Agronoomia* 2013. Jõgeva, lk 68-73.
12. Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A. 2013. Kartuli saagikus ja kvaliteet mahe- ja tavaviljeluslikus külvikorras. – *Agronoomia* 2013. Jõgeva, lk 102-109.
13. Järvan, M. 2013. Viljelusviiside mõju saagile ja mullale. – *Maamajandus*, 4, lk 16-17.

Projekti juht (ees- ja perekonnanimi): MALLE JÄRVAN	Allkiri:	Kuupäev: 26.02.2015
Taotleja esindaja kinnitus aruande õigsuse kohta (ees- ja perekonnanimi): MATI KOPPEL, direktor	Allkiri:	Kuupäev: