

Projekti "Erinevate mullaharimise ja külvitehnoloogiate mõju uuring tera- ja kaunviljade saagikusele viljavahelduslikus ja monokultuurses külvikorras" lõpparuanne

Töö juht: vanemateadur Peeter Viil.

Töö täitjad: Jüri Kadaja, Taavi Võsa, Valdek Loko.

Töö kestus: 2002–2006

Pikka aega on taimekasvatussaaduste tootmine rajanenud intensiivsel mullaharimisel. Teadusuuringud on näidanud, et taoline tootmine on kallis ja tihti ka keskkonnavahetu. Sellest tulenevalt on maailmas üha enam hakatud kasutama minimeeritud mullaharimisele ja otsekülvile rajanevaid tootmisviise. Tootmisressursside (mootorikütus, väetised, pestitsiidid) kallinemine ja olemasolevate masinate-agregaatide füüsiline ning moraalne vananemine sunnib ka Eestis tootjaid otsima uusi säästlikke taimekasvatussaaduste tootmise viise, et olla konkurentsivõimelised nii sise- kui ka välisriigis. Uurimistöö baasiks olid pikaajalised külvikorra statsionaarkatsed Kuusikul (rajatud 1988.a.) ja lühiajalised tootmistehnoloogilised katsed Eesti erinevates mullastiku valdkondades. Pikaajalises viljavahelduslikus külvikorras (talirukis-kartul-oder-oder allakülviga-põldhein-põldhein) kasvatati kultuure kolmel mullaharimise foonil:

- tavapärase kündmine 22-25 cm sügavuselt;
- sügavkünd 33-35 cm sügavuselt;
- minimeeritud mullaharimine 8-10 cm(kartuli väljal 15-18cm).

Otra (monokultuur) kasvatati neljal erineval mullaharimise foonil:

- sügiskünd 22-25 cm sügavuselt;
- kevadkünd 22-25 cm sügavuselt;
- mulla kobestamine ja pindmine segamine 15-18 cm sügavuselt;
- mullapindmine segamine 8-10 cm sügavuselt;

ja kolmel erineval taimekaitse foonil:

- ilma pestitsiidideta;
- herbitsiidide kasutamise;
- nii herbitsiidide kui fungitsiidide kasutamise foonil.

Töö eesmärgid:

1. uurida erineva põhimullaharimise mõju
 - mulla seisundile (lasuvustihedus, kõvadus, veeläbilaskvus, vihmausside arvukus, toitainete jaotumus);
 - umbrohtumisele;
 - mootorikütuse kulule;
 - põllukultuuride saagile;
 - põllukultuuride saagi kvaliteedile;
 - masinatöö maksumusele;
2. selgitada erinevate külvitehnoloogiate ja pindmise mullaharimise agregaatide mõju teraviljade saagile.

Erineva põhimullaharimise mõju mulla lasuvustihedusele

Mulla lasuvustihedus on üks olulisemaid mulla viljakust iseloomustavaid näitajaid, sest selle muutumine mõjutab paljusid teisi mulla omadusi ja taimede kasvutingimusi nii huumus-horisondis kui ka sellest sügavamal. Optimaalseks lasuvustiheduseks teraviljadele peetakse 1,20-1,25 Mg/m³, rühvelviljadele 1,05-1,15 Mg/m³ ja heintaimedele 1,20-1,35 Mg/m³. Kergete liivsavimuldade 1,45-1,50 Mg/m³ lasuvustihedust peetakse juba eelkriitiliseks. Mulla tihenemine sõltub suurel määral harimisajast ja agregaadist. Raske põllumajandustehnikaga sagedaste ülesõitide tulemiks põllul on tihenunud muld. Küllalt tavaline on igal aastal sama sügavalt küntud kõlvikutel allpool künnikihti horisontaalse tihenunud kihi (20-25 cm sügavusel) tekkimine. Sageli on see kiht taimejuurtele läbimatu. Selle isekorrigeeruvat likvideerumist on täheldatud mulla sügava külmumise-sulamise või märgumise-kuivamise tsüklite vaheldumisel. Katseperioodil võis taolist olukorda täheldada 2005.a. Kindlam ja tulemuslikum on seda kõrvaldada sügavkõbestamise või erinevate kultuuride viljelemisega (kaasates viljavaheldusse tugeva juurekavaga kultuure). Üheks mulla tihenemise vähendamise võtteks peetakse harimise minimeerimist. Mullaharimise intensiivsuse mõju liivsavimulla lasuvustihedusele uuriti järgmise kultuuride järjestusega külvikorras: kartul → oder → oder heintaimede allakülviga → →põldhein → põldhein. Pärast kolme külvikorra rotatsiooni oli välja kujunenud järgmine situatsioon: minimeeritud mullaharimisel (kündmata 18 aastat) mõõdeti 0-10 cm mullakihi lasuvustiheduseks 1,22 Mg/m³, sügavamates kihtides (11-20 ja 21-30 cm) 1,38 Mg/m³. Tavapärase künni variandis oli 0-10 cm mullakiht märksa tihenenum (1,35 Mg/m³), sügavates kihtides aga sama tihe kui minimeeritud mullaharimisel.

Odra monokultuurses katses oli muld oluliselt tihenenum kui viljavahelduslikus. Minimeeritud pindmise harimise variandis (neliteist aastat) monokultuuri mõõdeti 0-10 cm mullakihi lasuvustiheduseks 1,30 Mg/m³ ja 11-20 cm kihis 1,42 Mg/m³. Künni variandis oli lasuvustihedus harimissügavuses s.o. kihtides 0-10 cm ja 11-20 cm lähedane viljavaheldusliku külvikorra näitajale. Sügavamal (21-30 cm) aga väga tihenenum (1,55-1,58 Mg/m³). Seda loetakse lasuvustiheduseks, kus taimede toitumistingimused on oluliselt pärsitud.

Erineva mullaharimise mõju mulla kõvadusele

Mulla kõvadus iseloomustab mulda eelkõige selle haritavuse seisukohalt. Sellest sõltub oluliselt mullaharimise kvaliteet, muldade vastupanu mullaharimismasinade tööseadistele ning mõju harimisriistade tootlikkusele ja kulumiskindlusele. Penetromeetrilised mõõtmised kuueväljalise külvikorra kolmanda rotatsiooni lõppedes näitasid, et mulla kõvadus sõltus suuresti harimise intensiivsusest. Pindmise mullaharimise variandis mõõdeti 0-10 cm mullakihi kõvaduseks 50-60 N/cm². Sügavamates kihtides ligines see näitaja 150-200 N/cm². Künnivariantides (kogu katsetsükli jooksul oli selle sügavus ühes variandis 22-25 cm ja teises variandis 33-35 cm) oli välja kujunenud harimissügavuse piirile 5-8 cm mullatihes, mille kõvaduseks mõõdeti 350-400 N/cm² kohta. Tavatehnoloogia tootmispõldudel läbiviidud mõõtmised näitasid, et peaaegu kõigil teraviljapõldudel oli 20-25 cm sügavuses tihe. Selle tekke üheks põhjuseks tuleb pidada künnisügavuse vähest diferentseerimist ja künniaegset mulla niiskust. Ratastraktoriga kündmisel veereb üks rattapaar viimase adrasaha poolt jäetud vaos ja suurem osa trakto-

ri massist mõjub sealjuures alusmullale. Alusmulla omadusi kahjustav nn. jääkdeformatsioon on raskesti kõrvaldatav.

Erineva põhimullaharimise mõju mulla agrokeemilisele seisundile

Uurimistöökäigus jälgiti ka erineva mullaharimise mõju toitainete paiknemisele muldas nii monokultuuris kui ka viljavahelduslikus külvikorras. Kui künni foonil olid fosfor, kaalium ja magneesium jaotunud ühtlaselt kogu 0-30 cm mullakihis, siis viisteist aastat pindmiselt haritud monokultuuris odra külvikorras paiknes 45% nende varust 0-10 cm mullakihis. Kihis 11-20 cm paiknes nende koguvast 30% ja kihis 21-30 cm 25%. Taoline toitainete vertikaalne jaotus kujunes monokultuuris odra külvikorras välja juba viiendaks-kuuendaks aastaks. Viljavahelduslikus külvikorras kujunes toitainete vertikaalne diferentseeritus märksa aeglasemalt. Kaheksateistkümnendaks aastaks oli minimeeritult haritud fooni pindmises 0-10 cm mullakihis fosfori, kaaliumi ja magneesiumi koguvast 40%, 11-20 cm kihis 33% ja 21-30 cm kihis 27%. Kaltsium ja mikroelemendid - mangaan, vask ja boor - olid nii monokultuuris kui ka viljavahelduslikus külvikorras jaotunud ühtlaselt 0-30 cm mullakihis.

Erineva põhimullaharimise mõju mulla agrohüdroloogilisele seisundile

Viidi läbi mulla veeläbilaskvuse mõõtmised. Pikaajalises viljavaheldusliku külvikorra katses läbiviidud uuringutest selgus, et veeläbilaskvust mõjutasid nii viljeldav kultuur kui ka mullaharimise intensiivsus. Veeläbilaskvust mõõdeti raamide meetodil talirukki, otrade ja teise kasutusaasta põldheinaväljal. Talirukki väljal, mille eelviljaks oli teise kasutusaasta põldhein, filtreerus vesi kõige kiiremini minimeeritult haritud foonil (filtratsioonitegur $K=3,57$ mm/min). Künni foonil oluliselt aeglasemalt (filtratsioonitegur $K=0,68$ mm/min). Kaks aastat hiljem, kui vahepeal oli kasvatatud kartulit, aeglustus veeläbilaskvus kõikidel mullaharimise foonidel keskmiselt 36% võrra. Järgneva aastaga (odrajärgse odra väljal) aeglustus veeläbilaskvus veelgi. Järgnev kaheaastane ristikurohke põldheina kasvatamine parandas aga oluliselt veeläbilaskvust kõikidel mullaharimise foonidel. Tugevamini künni foonil.

Erineva põhimullaharimise mõju vihmausside arvukusele

Mullaseisundi hindamisel peab arvestama ka mulla elustikuga, eeskätt vihmaussidega. Mullaviljakuse kujundamisel ja säilitamisel on nendel oluline osa. Nende intensiivse elutegevuse tulemusena on täheldatud paljude kultuuride (rukki, odra ristiku) saagikuse suurenemist. Mullaharimine mõjutab vihmausside arvukust muldas nii otseselt kui ka kaudselt. Läbiviidud uurimused näitasid, et mida intensiivsemalt sügisel mulda hariti, seda väiksem oli nende arvukus. Minimeeritud mullaharimise foonil oli neid ühel ruutmeetril 0-30 cm mullakihis 78-102 isendit ja künni foonil vaid 48-59 isendit. Külvikorras võis täheldada nende arvukuses järgmist tsüklilist muutust. Kõige rohkem oli vihmausse teise aasta põldheinaväljal, 122 isendit m². Sellele järgneval talirukki väljal oli neid 7%, kartuli väljal 30%, odra väljal 52%, odrajärgse

odra väljal 61% ja esimese kasutusaasta põldheina väljal 54% vähem. Nende arvukuse tõus algas jälle esimese kasutusaasta põldheina väljal. Vihmausside ebasoodsatele tingimustele teravilja ja kartuli väljadel viitab ka nende 15-16% väiksem biomass kui põldheinaväljal.

Erineva põhimullaharimise umbrohtumisele

Mullaharimise minimeerimise võimaluse üheks kriteeriumiks on kahtlemata muutused umbrohtude arvukuse ja massi dünaamikas. Sellest sõltub suurel määral, kui pika aja jooksul on võimalik ilma pestitsiidideta või neid kasutades kündmist asendada pindmise harimisega.

Umbrohukooslused olid vähendatud harimise puhul suurema liigilise mitmekesisusega kui tavaharimisel. Viljavaheldusliku külvikorra katses põhjustas kündmise ärajätmine talirukki väljal talvituvate umbrohtude (põld-litterhein, põld-harakalatv, kesalill, põld-mailane) rohke esinemise. Odrajärgse odra väljal, millele tehti ristiku-timuti allakülv, hakkas alates külvikorra kolmandast rotatsioonist umbrohtudest domineerima virn ehk roomav madar. Tema tõrjumine katses kasutatud herbitsiidiga MCPA oli väheefektiivne. Laiema toimespektriga herbitsiidi kasutamine oli allakülvi tõttu välistatud. Teistel külvikorra väljadel (oder, kartul) mullaharimise erinevusest tingitud muutusi umbrohtude koosluses ei täheldatud.

Mullaharimise intensiivsus mõjutas oluliselt hariliku orasheina arvukust monokultuurse odra külvikorras. Kõige vähem esines harilikku orasheina pindmise mullaharimise variandis. Mõnevõrra rohkem esines teda kevadkünni variandis. Rohkesti esines harilikku orasheina varajase sügiskünni ja mulla kobestamise variandis.

Erineva põhimullaharimise mõju põllukultuuride saagile

Kultuuride saagikus nii viljavahelduslikus kui ka monokultuurises külvikorras sõltub konkreetsete keskkonnatingimuste vastavusest viljeldava kultuuri morfoloogilistele ja bioloogilistele nõuetele.

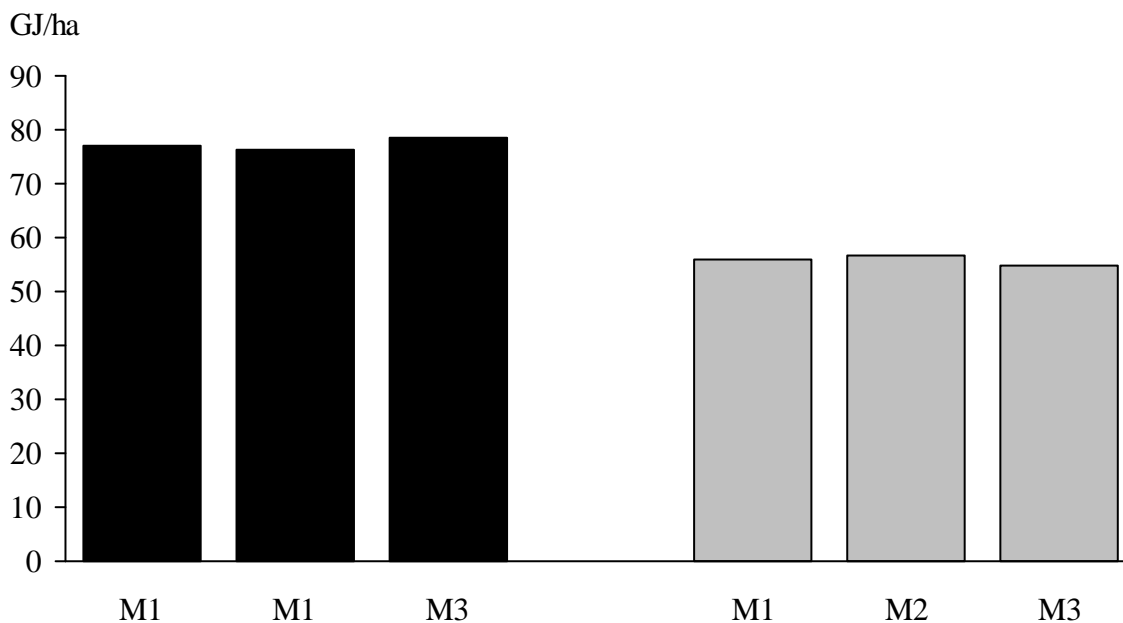
Uurimustest selgus, et erinev mullaharimine mõjutas viljavaheldusliku külvikorra saagikust suhteliselt vähe. Pikaajalise katse kolmanda rotatsiooni s.o. neljateistkümnendast kaheksateistkümnenda aastani keskmiseks tavapärase kündmise variandi saagiks kujunes 60,33 GJ/ha. Pindmise mullaharimise variandi saak jäi küll 2,1% võrra madalamaks, kuid seda ei saa statistiliselt usutavaks pidada. Sügavkünni variandi saak oli nii tavapärase künni variandi saagist 3,4% võrra ja pindmise mullaharimise variandi saagist 5,6% võrra kõrgem. Usutavaks saab seda tõusu pidada vaid minimeeritud harimisvariandi suhtes (tabel 1).

Tabel 1. Põllukultuuride saagikus viljavahelduslikus katses 2002-2006.a. (GJ/ha)

Kultuur	Minimeeritud mullaharimine	Küüdmine 22-25 cm sügavuselt	Küüdmine 33-35 cm sügavuselt
Kartul	98,18	99,2	100,09
Oder I	53,02	53,02	54,57
Oder II	41,04	42,59	43,48
Põldhein I	70,27	74,23	73,24
Põldhein II	41,20	44,23	50,29
Talirukis	50,84	48,70	52,65
Keskmine:	59,09	60,33	62,39

Üksikute kultuuride saagid kujunesid tavapärase ja minimeeritud harimise võrdluses järgmiseks: talirukis minimeeritud harimise foonil kõrgemaks; kartul ja odrad samaväärseks ning rohusaadid väiksemaks.

Mullaharimisest märksa enam mõjutas külvikorra saagikust kasvuaegne ilmastik. Põuasel 2006.a. jäi tavapärase mullaharimise fooni saak 27,2% , sügavharimise fooni saak 25,8% ja minimeeritud harimise fooni saak 30,2% madalamaks kui optimaalse sademete hulga ja jaotusega aastal (joonis 1.). Seega ilmastikust kõige vähem sõltuvaks osutus sügavharimise fooni saak.



Joonis 1. Külvikorra produktsioon erineval mullaharimisel sademeterohkel ja põuasel aastal.
 Mustad tulbad – sademeterohke aasta.
 Hallid tulbad - põuane aasta.
 M1 – tavapärase küünd.
 M2 – sügavküünd.
 M3 – minimeeritud mullaharimine.

Tabel 2. Monokultuurse odra „Anni” saagikus 2002-2006.a. (t/ha)

Mullaharimine ja sügavus	Pestitsiidideta	Herbitsiidiga	Herbitsiid ja fungitsiid
Sügiskünd 22-25 cm	3,07	3,01	3,51
Kevadkünn 22-25 cm	3,06	2,97	3,44
Mulla kobestamine 15-18 cm	2,55	2,59	3,14
Mulla pindmine segamine 8-10 cm	2,74	2,78	3,31
PD _{0,05}	0,20	0,20	0,19

Monokultuurse odra saak sõltus tugevasti mullaharimise intensiivsusest (tabel 2). Sügis- ja kevadkünni variantide monokultuurse odra (kaheteistkümnendast kuni kuuteistkümnenda aastani) saagid olid praktiliselt võrdsed nii pestitsiidideta kui ka pestitsiidide kasutamisel. Mullaharimise minimeerimisega kaasnes saagi langus: pestitsiidideta foonil 10,7-16,9%, herbitsiidide s.o. umbrohtude tõrje foonil 7,6-14% ja umbrohtude ja haiguste tõrje foonil 5,7-10,5%. Herbitsiidide mõju odra saagile jäi katses tagasihoidlikuks. Vaid 2002.a. võis minimeeritud mullaharimise foonil täheldada positiivset mõju. Herbitsiidide ja fungitsiidide koosmõju oli aga kõikidel mullaharimise foonidel tugev. Viie katseaasta keskmisena suurenes künni foonil nende mõjul odrasaak 13,5-19,2%, mulla kobestamise foonil 33,6% ja mulla pindmise segamise foonil 27,7% (tabel 3). Eriti efektiivne oli herbitsiidide ja fungitsiidide kasutamine 2002.a., 2003.a. ja 2004.a. Siis suurenes nende mõjul odrasaak vastavalt 56,3% 15,8% ja 37,9%.

Tabel 3. Pestitsiidide mõju monokultuurse odra saagi muutusele, %

Mullaharimise variant	2002	2003	2004	2005	2006
<u>Herbitsiidi mõju</u>					
Sügiskünd	-0,9	1,1	0,3	-3,3	-5,8
Kevadkünn	-5,0	0	-3,5	-7,0	1,0
Mulla kobestamine	12,5	6,2	8,6	-0,3	-5,4
Mulla segamine	33,9	1,6	-2,5	-3,2	-1,2
Keskmine:	10,1	2,2	0,7	-3,5	-2,9
<u>Herbitsiidi ja fungitsiidi mõju</u>					
Sügiskünd	50,4	8,8	29,1	4,6	2,9
Kevadkünn	22,5	10,4	25,7	1,9	10,8
Mulla kobestamine	85,2	23,1	57,3	-0,3	2,9
Mulla segamine	67,0	20,9	39,6	3,8	7,1
Keskmine:	56,3	15,8	37,9	1,5	5,9

Mullaharimise intensiivsus mõjutas suvirapsi saagikust järgmiselt: sügiskünd 22-25 cm sügavuselt ja mulla pindmine harimine 8-10 cm sügavuselt andsid praktiliselt võrdsed saagid, vastavalt 2,19 ja 2,16 t/ha. Mulla kobestamisel 15-18 cm sügavuselt oli saak väiksem: 2 t/ha.

Erinevate pindmise mullaharimise masinate valik on aasta aastalt avardunud. Nende töö hindamiseks viidi läbi võrdluskatsed odra (kuusteist varianti) ja talinisuga (kakskümmend kolm varianti). Nii kergadraga, kui ka rull-käpprandaalide ja rullrandaalidega haritud varianti-

des andsid teraviljad praktiliselt võrdse saagi. Odrakatse keskmiseks saagiks kujunes 3,34 t/ha ja talinisukatses 6,59 t/ha.

Tänapäeval on põllumehel valida sisuliselt kolme viljelustehnoloogia vahel:

- tavatehnoloogia, kus on palju erinevaid tööoperatsioone künnist külvini ja neid kasutatakse alati;
- diferentseeritud harimine, mis baseerub põimagraatide kasutamisel, kus mullaharimine, seemnete ja väetiste külv ning külvijärgne mullaharimine tehakse ühe töökäiguga või vähendatakse töökäikude ning tehtavate operatsioonide arvu vastavalt põllu tingimustele minimaalseks vajalikuks (minimeeritud harimine);
- otsekülv, kus seemned ja väetised või ka ainult seemned külvatakse eelnevalt harimata mulda.

Lisaks masinate-tööoperatsioonide erinevusele, on nendes tehnoloogiates erinev ka agroomiline lähenemine. See sõltub põllu seisundist, kasvatatavast kultuurist ja kasutada olevatest agregaatidest. Näiteks pole otstarbekas kasutada frees- ja otsekülvi juurumbrohtudega tugevasti saastunud põllul ilma eelneva keemilise umbrohtõrjeta. Minimeeritud tehnoloogia majanduslikud eelised võivad olla olematud, kui kasutatakse sobimatuid mullaharimisagregaatide ja -võtteid. Põllu kolmekordne koorimine võib olla kulukam kui korralik künn. Künnimisest pole kindlasti mõistlik loobuda, kui seda eeldavad konkreetse kultuuri kasvutingimused.

Tavatehnoloogia on paljuagregaatne, kus väga suur osa on mullaharimisel. Intensiivse mullaharimisega saab alla suruda küll umbrohtusid ja ka mõningaid taimehaiguseid, kuid seejuures võivad halveneda mulla füüsikalised (struktuursus, lasuvustihedus, kõvadus) ja hüdroloogilised (veemahutavus, filtratsioon) omadused. Kiireneb mulla orgaanilise aine mineralisatsioon, mis viib huumuse vähenemisele. Eriti intensiivne on see protsess olnud kerge lõimisega huumusrikastel muldadel. Intensiivse harimisega halvenevad ka mullas elutsevate mitmete kasulike organismide elutingimused. Väheneb vihmausside ja kasulike putukate (entomofaagide) arvukus.

Külvitehnoloogiatega võrdluskatsed näitasid, et erinevate tehnoloogiatega mõju teravilja saagile oli väheoluline. Võrdluskülvikuteks olid tavakülvik (millega külvati vaid seemned, väetis külvati küntud ja külvieelselt haritud mullale), põimagraat (kus mullaharimine, seemnete ja väetiste külv ning külvijärgne mullaharimine tehti ühe töökäiguga eelnevalt harimata mulda) ja otsekülvikut (külvati seeme ja väetis eelnevalt harimata mulda). Katsetest selgus, et otsekülvil oli odra ja talirukki saak mõnevõrra väiksem kui teistes variantides (tabel 4).

Tabel 4. Külvitehnoloogiatega mõju teravilja saagile, t/ha

Teravili	Tavakülvikud	Põimkülvikud	Otsekülvikud
Oder	4,17	4,83	3,88
Talirukis	4,84	4,83	4,59
Talinisu	5,13	4,90	5,56

Edukalt on läinud otsekülvi evitamine mitmes tootmisüksuses. Täisotsekülvikuga VM 400SK külvatud OÜ Joka Maa põldudel on odrasaak olnud 3,7-5t/ha, kaerasaak 3,7-4,1 t/ha ja suvinisusaak 3,4 t/ha. Pilu talus oli külvikuga VM 300SK külvatud saagid järgmised: talirukis herne järel 3,5 t/ha ja rukki taaskülvil 3,1t/ha, oder odra taaskülvil 4,9 t/ha ja rapsi järel 5,6 t/ha ning suvinisu taaskülvil 3,5 t/ha ja rapsi järel 5,1 t/ha.

Erineva põhimullaharimise mõju saagi kvaliteedile

Katsetes uuriti ka erineva põhimullaharimise mõju teraviljade ja rohusaagi toorproteiinisaldusele ning kartulimugulate tärglisesisaldusele. Selgus, et katseperioodi keskmisena ei mõjutanud erinev põhimullaharimine usutavalt ei rohu- ega ka terasaagi toorproteiinisaldust (tabel 5).

Tabel 5. Põhimullaharimise mõju põllukultuuride saagi toorproteiinisaldusele, % KA

Kultuur	Tavapärane künd	Sügav künd	Minimeeritud mullaharimine
Põldhein I	11,3	11,1	11,3
Põldhein II	8,7	9,3	9,0
Oder I	11,8	11,2	11,6
Oder II	11,0	11,4	11,1
Talirukis	13,3	12,8	12,8

Samasugune seaduspärane ilmnes ka monokultuurse odra terade toorproteiinisalduses (tabel 6). Vaid ühel katseaastal (2002.a.) oli viljavaheldusliku külvikorra minimeeritud mullaharimise foonil odraterades ja esimese kasutusaasta rohus toorproteiini rohkem kui tavapärasel kündmisel.

Märksa tugevam oli aasta mõju, eriti monokultuurse odra terade toorproteiinisaldusele. Sügiskünni foonil oli aastate vahel erinevus 0,64 kordne. Minimeeritud mullaharimisel oli erinevus mõnevõrra väiksem, 0,59 kordne.

Tabel 6. Erineva põhimullaharimise mõju monokultuurse odra terade toorproteiinisaldusele, % KA

Aasta	Sügiskünn 22-25 cm sügavuselt	Kevadkünn 22-25 cm sügavuselt	Mulla kobestamine 15-18 cm sügavuselt	Mulla kobestamine 8-10 cm sügavuselt	PD _{0,05}
2003	11,4	11,7	11,4	11,9	0,51
2004	9,1	9,3	9,2	9,7	0,62
2005	9,0	9,3	9,1	9,4	0,49
2006	14,8	15,1	15,3	14,9	0,52
Keskmine:	11,1	11,4	11,3	11,5	

Ka kartulimugulate (sort „Anti”) tärglisesisaldust mõjutas erinev põhimullaharimise vähe (tabel 7). Märksa tugevam oli kasvuaasta ilmastiku mõju mugulate tärglisesisaldusele. Künni foonil oli see erinevus 2,2-2,4% ja minimeeritud mullaharimisel 2,6%.

Tabel 7. Erineva põhimullaharimise mõju kartulimugulate tärglisesisaldusele, % KA

Aasta	Tavapärane künd	Sügavkünn	Minimeeritud mullaharimine
2003	15,2	15,2	14,9
2004	12,9	13,0	13,4
2005	15,3	15,2	16,0
2006	14,4	14,6	14,0
Keskmine:	14,5	14,5	14,6

Kartulimugulate haigestumist mõjutas erinev mullaharimine küllalt oluliselt. Kui minimeeritud mullaharimisel (mulla kobestamine 15-18 cm) oli mustkärnast tabandunud mugulaid 23,3%, siis sügavkünni (33-35 cm) foonil 63,9%. Harilikust kärnast tabandunud mugulaid oli vastavalt 14,4% ja 43,4%. Kartulimugulate hõbekärna minimeeritud harimise variandis ei leitud, sügavharimisel aga oli tabandunud mugulaid 8,4%.

Erineva põhimullaharimise mõju mootorikütuse kulule ja masinate töö maksumusele

Katsetes uuriti ka erineva põhimullaharimise mõju mootorikütuse kulule. Viljavaheldusliku külvikorra kultuuride viljelemiseks tehtud töödest ja kulutatud mootorikütusest annab ülevaate tabel 8.

Tabel 8. Erineva põhimullaharimise mõju mootorikütuse kulule, l/ha

Kultuur	Tööd	Tavapärane kündmine	Sügavkünd	Minimeeritud mullaharimine
Talirukis	Koorimine 2x	9,6	9,6	9,6
	Kündmine	22,8	31,8	-
	Kokku	32,4	41,4	9,6
Kartul	Koorimine 1x	4,8	4,8	4,5
	Kündmine	22,8	31,8	10,7
	Kokku	27,6	41,4	15,5
Oder	Koorimine 1x	4,8	4,8	4,8
	Kündmine	22,8	30,8	-
	Kokku	27,6	35,6	4,8

Andmetest nähtub, et minimeeritud mullaharimisel kulus mootorikütust 43,8-82,6% vähem ja sügavkünnil 27,8-50% rohkem, kui tavapärasel kündmisel.

Monokultuurse odra viljelemisel kulutatud mootorikütusest annab ülevaate tabel 9. Ka nendest andmetest selgub, et minimeeritud mullaharimisel kulus mootorikütust 16,9-37,2% vähem kui kündmisel.

Tabel 9. Mootorikütuse kulu erineval mullaharimisel, l/ha

Tööd	Sügisküund 22-25 cm sügavuselt	Kevadküund 22-25 cm sügavuselt	Mulla kobestamine 15-18 cm sügavuselt	Mulla pindmine kobestamine 8-10 cm sügavuselt
Põhimullaharimine	26,8	26,7	20,4	9,7
Külvieelne mullaharimine	13,4	13,5	13,4	13,4
Kokku:	40,2	40,2	33,8	23,1

Tuginedes mullaharimise põimagregaatidega läbiviidud võrdluskatsete tulemustele arutati EMVI koostatud algoritmide alusel välja erinevate masinarühmade töö maksumused. Tavakünni hektarimaksumuseks kujunes 798 kr., kergadruga harimisel 433-467 kr, rullkääprandaaliga harimisel 506 kr ja rullrandaaliga harimisel 274-302 kr. Nende näitajate abil on võimalik otsustada, milline tehnoloogia on kõige efektiivsem ja planeerida, milliseid mullaharimismasinaid on otstarbekas soetada.

Järeldused ja ettepanekud

- Põhimullaharimise minimeerimisega kaasnevad muutused mulla seisundis sõltuvad olulisel määral viljavaheldusest. Viljavaheldusliku külvikorra harimisest mõjustamata mulla tihenemine on aeglane protsess. Taimede kasvu pärssivat mulla tihenemist ei täheldatud ka kolmanda külvikorrotatsiooni lõpuks s.o. kaheksateistkümnendal aastal. Monokultuurse odra külvikorras kulges see protsessi oluliselt kiiremini. Pestitsiidideta foonil tihenes muld sügavamates kihtides (11-20 cm ja 21-30 cm) taimede kasvule ohtliku piirini juba viiendal-kuuendal katseaastal ja pestitsiidide kasutamisel kümnendal-üheteistkümnendal katseaastal.
- Pikaajaline minimeeritud põhimullaharimine mõjutas ka toitainete jaotumist 0-30 cm mullakihis. Monokultuurse odra külvikorras paiknes makroelementide (P, K ja Mg) koguarust 0-10 cm mullakihis 45% ja viljavahelduslikus külvikorras 40%. Mikroelementid (mangaan, vask boor) jaotusid ühtlaselt kogu 0-30 cm mullakihis. Kündmisel taolist toitainete vertikaalset erinevust ei täheldatud.
- Minimeeritud põhimullaharimine mõjutas positiivselt mulla veeläbilaskvust ja vihmauside arvukust. Võrreldes künniga kiirenes filtratsioon kaks-kuni kolm korda ja vihmauside arvukus suurenes 3,2 kuni 6,7 korda.
- Umbrohukooslused olid minimeeritud mullaharimisel liigirikkamad kui kündmisel. Taliviljas hakkasid domineerima tali- ja talvituvad umbrohud ning allakülviga suviviljas suviumbrohtudest roomav madar.
- Erinev põhimullaharimine mõjutas viljavaheldusliku külvikorra saaki väheoluliselt. Minimeeritud mullaharimisega kaasnes aga monokultuurse odra saagi langus. Pestitsiidideta foonil 13,8%, herbitsiidide kasutamise foonil 10,8% ja nii herbitsiidide kui fungitsiidide kasutamise foonil 8,1%. Mullaharimisest märksa tugevam oli aga ilmastiku mõju.
- Erinev põhimullaharimine nii viljavahelduslikus kui ka monokultuurse külvikorras ei mõjutanud saagi kvaliteeti. Kartulikatses oli mugulate nakatumine erinevatesse kärnhaigustesse minimeeritud harimisel oluliselt väiksem kui sügavharimisel.
- Põhimullaharimise minimeerimine võimaldab, olenevalt kasvatatavast kultuurist, säästa hektari kohta 43,8-82,6% mootorikütust ja harida mulda 37-63% väiksemate rahaliste kulutustega kui kündmisel.
- Agrotehnikanõuete paremaks tagamiseks tuleks eelistada külvitehnoloogiaid, mis võimaldaksid ühe tööoperatsiooniga viia läbi külvieelse mullaharimise, külvata nii seemned kui ka väetised ja teha rullimise. Optimaalsetes niiskusoludes sobib õlikultuuride külviks kasutada ka lihtsamaid agregate, mis koosneb piiäkkest ja pneumokülvi seadmest. Otsekülvi kasutamise eelduseks on tasased põllud ja põllupinnale jäetud orgaani-

lise massi ühtlane peenestamine ning laotamine. Kõlvik tuleb enne külvi herbitsiidiga üle pritsida.

- Uurimistöö tulemusi on avaldatud 42 trükises, korraldatud neli mullaharimise ja külvi-tehnoloogiate võrdluskatset ning peetud 70 loengut.
- Saadud rakenduurimuse tulemused leidnud aasta aastalt järjest ulatuslikumat kasutamist intensiivsele teraviljakasvatusele spetsialiseerunud tootmisüksustes, kus taliteraviljast kasvatatakse 50-60% minimeeritud mullaharimise või otsekülvi meetodil. Üksikud tootmisüksused on juba aastaid kasvanud teravilja ja rapsi-rüpsi ainult minimeeritud mullaharimise või otsekülvi meetodil.
- Katsed on näidanud, et agronoomiliste probleemide objektiivseks lahendamiseks on vaja pikka uurimisperiodi. Eriti oluline on see mullaomadusi mõjutavate faktorite (viljavaheldus, mullaharimine, väetamine, pestitsiidide kasutamine jt.) uurimisel, mille mõju on kumulatiivse iseloomuga. Seepärast peame vajalikuks rajatud pikaajaliste komplekskatsete edasist jätkamist ning seni saadud tulemuste kontrollimist tootmistehnoloogilistes katsetes.
- Arvestades tootjate huvitatust adrata mullaharimise vastu, tuleks olemasolevaid statsionaarkatseid jätkata. Minimeeritud mullaharimise põimagraatide ja otsekülvikute suur valik nõuab ka tootmistehnoloogiliste uuringute tõhustamist, kaasates sellesse erinevate uurimisasutuste spetsialiste ja uuringu otseste tulemuste kasutajaid (tootjaid, kutseõppijaid). See võimaldaks anda Eesti erinevates looduslikes ja majanduslikes tingimustes kasutatavatele tehnoloogilistele lahenditele objektiivsemaid hinnanguid ja kiirendada nende evitamist.