

Eesti Taimekasvatuse Instituut



Peeter Viil

**MINIMEERITUD MULLAHARIMINE
JA
OTSEKÜLV**

Taimekasvatuse pikaajaline programm



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeeringud
maapiirkondadesse

Eesti Taimikasvatuse Instituut

Peeter Viil

MINIMEERITUD MULLAHARIMINE

JA

OTSEKÜLV

Väljaandja: Eesti Taimikasvatuse Insituut, 2017



ISBN 978-9949-9742-2-1



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
VILJELUSTEHNOLOOGIAD EESTIS	4
Künnist loobumise majanduslikud ja ökoloogilised motiivid	5
Adrata viljelemise mõju mulla seisundile	8
Mulla lasuvustihedus	8
Mulla huumusesisaldus	9
Mulla veeläbilaskvus	10
Mulla elustik	13
ERINEVAD PINDMULLAHARIMISE MASINAD JA NENDE TÖÖTULEMUSED	16
KÜLVIKUD TOOTMISTEHNoloogilises katses olustveres	23
PINDMULLAHARIMISE MASINAD TOOTMISTEHNoloogilistes katsetes JÕGEVAL	48
PINDMISE MULLAHARIMISE MÕJU PÕLLUKULTUURIDE SAAGILE PIKAAJALISES STATIONAARKATSES	63
PINDMISE MULLAHARIMISE MÕJU ODRA SAAGILE	68
VILJELUSTEHNOLOOGIAD VILJELUSVÕISTLUSE PÕLDUDEL	77
OTSEKÜLV ROHUMAADEL	84
ERINEVAD EELVILJAD JA OTSEKÜLV	86
VÄETAMINE OTSEKÜLVI PÕLDUDEL	91
TAIMEKAITSE OTSEKÜLVI PÕLDUDEL	92
OTSEKÜLVIKUD EESTIMAA PÕLDUDEL	94

SISSEJUHATUS

Eesti põllumees on harjunud kündma ja paljudele meist tundub künnita maaviljelus lausa terve mõistuse vastasena. Intensiivse mullaharimisega kaasnevad aga mitmed negatiivsed mõjud. Me kurname välja viljaka huumuse varu, just selle ressursi, mida on stabiilsete saakide saamiseks vältimatult tarvis. Mulla orgaanilise aine mineraliseerumisega hähtub ka mulla fauna ning suureneb kasvuhoonegaaside (eriti CO₂) emisioon. Künnipõhise mullaharimisega degradeerub muld nii aeglaselt, et vähesed vaevuvad pidama mulda, veel vähem selle kaitsmist, esmatähtsaks küsimuseks. David R. Montgomery võrdleb oma raamatus „Muld, tsivilisatsioonide häving“ (tõlge K. Raudsepp, Peremõtsa Press 2014) taoliselt intensiivselt haritud mulda pangakontoga, millelt raha aina kulutatakse, iial sisse makseid tegemata. Loodusega tuleb hakata koostööd tegema. See aga nõuab tavapärase taimikasvatuse tavatarkuste ümberhindamist. Uutes põhimõtetes toimivas taimikasvatuses tuleks vähendada tavapärase viljelustehnoloogiate kasutamist põllukultuuride kasvatamisel.

VILJELUSTEHNOLOOGIAD EESTIS

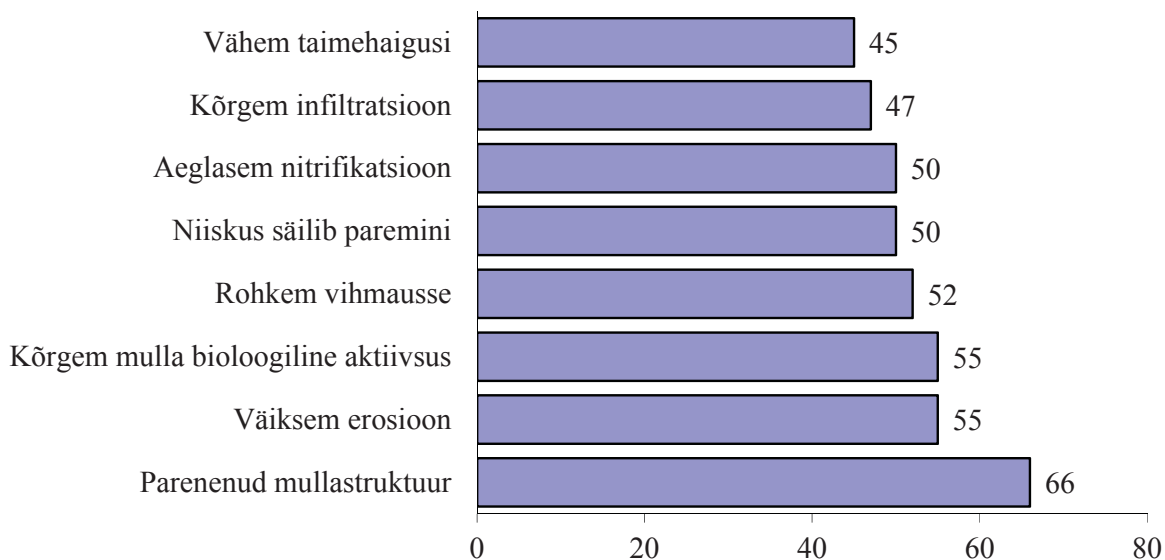
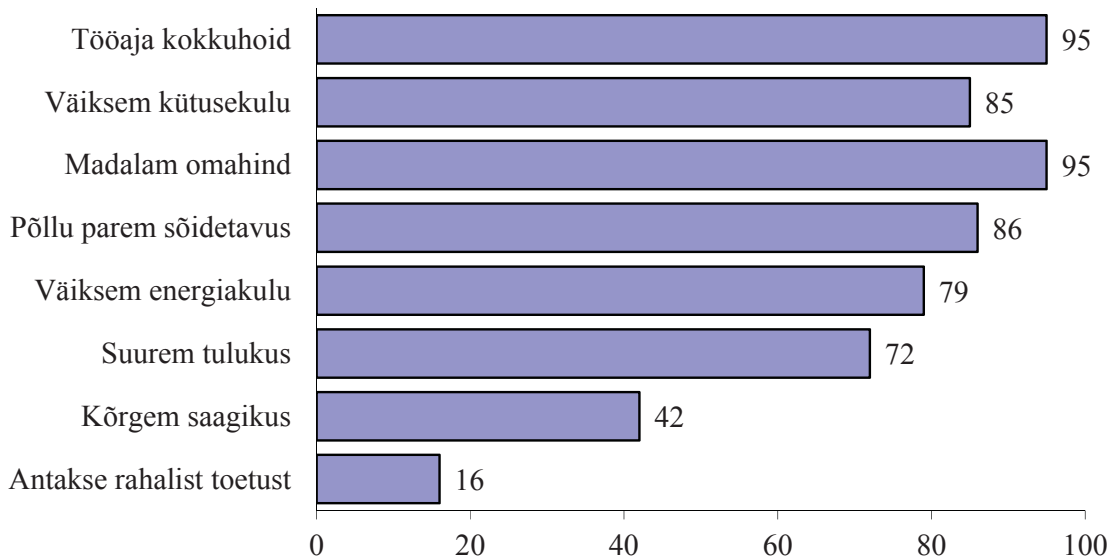
Tavatehnoloogia (künnipõhine ehk klassikaline). Harimissügavus 22...27 cm (olenevalt kasvatatavast kultuurist). Kündmiseks ader, külvielseks mullaharimiseks kultivaator või libistaja, väetiste ja seemnete muldaviimiseks külvik, rull külvide rullimiseks, taimekaitsetöödeks prits. Taoline agregaatide paljusus teeb tootmise kalliks ega võimalda ka ilmastikumuutustele operatiivselt reageerida.

Minimeeritud mullaharimine. Selles tehnoloogias klassikalist atra ei kasutata. Mullaharimise sügavus 10...18 cm (teraviljade ette 10...12 cm, rapsi ette 15...18 cm). Klassikalist atra ei kasutata. Pindmiseks harimiseks on kas kergader või rull-randaal. Külvielseks harimiseks lausharimise kultivaator või libistaja. Tehnoloogiasse kuulub ka rull, hooldusäke ning taimekaitseprits.

Otsekülv on põllukultuuride viljelusviis, kus kultuurid (näiteks: teravili, õlikultuurid, heintaimed jt.) külvatakse eelneva kulttuuri kõrde, mida enne külvi ei ole haritud. Tehnoloogia põhiagregaadiks on külvik. Maailmas võeti see tehnoloogia kasutusele eelneva sajandi 50-ndatel aastatel, kui õpiti umbrohtusid tõrjuma keemiliste preparaatidega, mis ei pidurdanud kultuurtaimede kasvu. Seega on otsekülv suhteliselt vana põllukultuuride kasvatamisviis. Käesoleva sajandi alguseks oli otsekülvi Maailmas enam kui 72 miljonil hektaril. Otsekülvi rakendati ulatuslikult Ameerika Ühendriikides, Kanadas, Uus-Meremaal, Austraalias, Argentiinas ja viimastel aastatel ka Euroopas. Eestis hakati otsekülvitehnoloogiat tootmises kasutama 2000.a. Julgust katsetada andsid Soome põllumehed, kes olid teravilja kasvatades edu saavutanud ning töötanud selleks välja spetsiaalse külviku. Esimesena tõi sellise külviku Valgamaale põllumajandusettevõtte JoKa Maa juht Kaido Edenberg.

Künnist loobumise majanduslikud ja ökoloogilised motiivid

Künnist loobutakse nii majanduslikel kui ka ökoloogilistel põhjustel.



Otsekülvi kasutajad on otsinud ja võtnud kasutusele järjest kaasaegsemaid külvikuid. Alates 2007.a. töötab Põlvamaal FIE T.Tobreluts põldudel otsekülvik Cross-Slot, mida peetakse omasuguste seaks üheks täiuslikumaks. Tänapäevaks on otsekülvikute park veelgi täienenud. Eestimaa põldudel töötab üle viie Seed-Hawk otsekülviku.

Esiailgu tundus mõte kündmata põllul taimi kasvatada üsna hullumeelne, sest agronoomia põhimõtete järgi oli künd korraliku saagi saamise põhialuseks. Kuna kogemusi oli vähe, üritasid otsekülvi tehnoloogia kasutajad teha võimalikult palju koostööd. 2005.aastal moodustati otsekülvajate klubi, mis tegutseb tänaseni ning jagab teadmisi ja kogemusi.

Otsekülvi kasutajad on täheldanud, et saak ei ole vähenenud, vaid on tavatehnoloogiaga võrreldes stabiilsem. Kulud on aga see-eest tunduvalt väiksemad: enam ei ole vaja künda, kultiveerida ja kive korjata, tuleb teha vaid umbrohutõrjet ja väetada.



Otsekülvik CROSS-SLOT



Otsekülvik SEED-HAWK



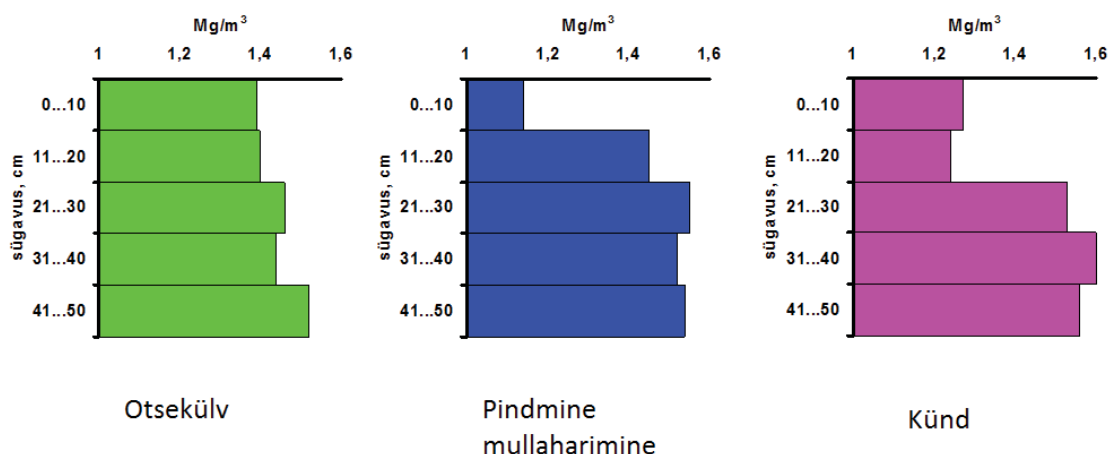
Otsekülvik-kobesti rapsi kasvatustehnoloogiasse rasketel muldadel

Adrata viljelemise mõju mulla seisundile

Põllukultuuride saagikus, ressursside kasutamise efektiivsus ja tootmise tulukus oleneb suuresti rakendatavast mullaharimissüsteemist. Nõuded mullaharimisele on mitmekesised ja regiooniti erinevad. Nii peab mullaharimine looma soodsa struktuuri, segama koristusjätmed ja peenestama mulda, ette valmistama külviase, säilitama huumuse, kaitsma erosiooni eest ja hoidma mulla umbrohupuhtana. Nende nõuete täitmiseks ja tagamiseks on võetud ja võetakse kasutusele suure tootlikkusega uusi masintehnoloogiaid. Maaviljeluskultuuri taseme tõus ja põllumajanduse kemiseerimine on loonud tingimused mullaharimise intensiivsuse vähendamiseks. Mullaharimise ratsionaalse korraldamise põhinõudeks peab saama võimalikult täiuslik diferentseeritus, s.o. mullaharimisvõtete ja –riistade valik vastavalt kasvatatavale kultuurile, ilmastikule, mullastikule, umbrohtumisele ja keskkonnakaitsele.

Mulla lasuvustihedus

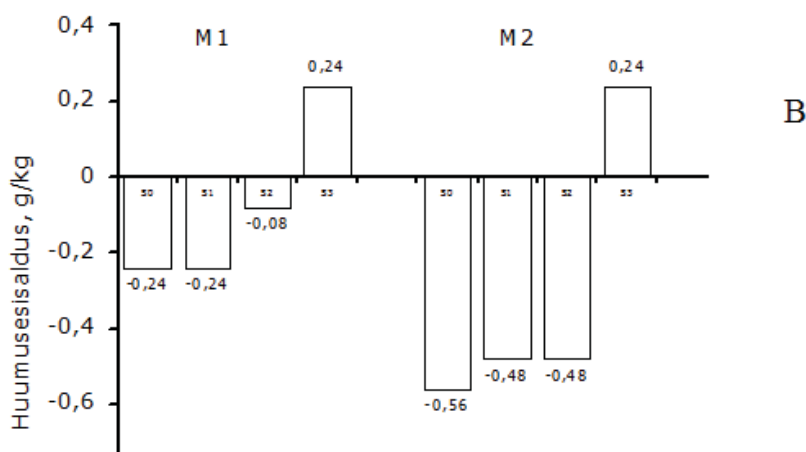
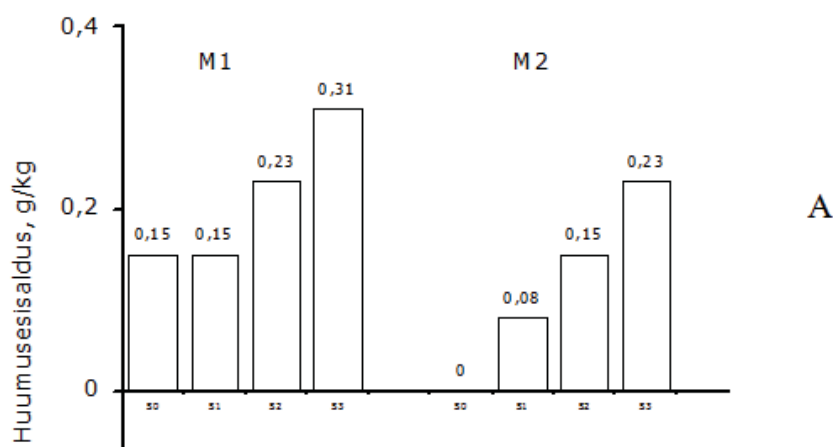
Mulla lasuvustihedus on üks olulisemaid mulla viljakust iseloomustavaid näitajaid, sest selle muutumine mõjutab peaaegu kõiki mulla omadusi ja taimede kasvutingimusi nii huumushorisondis kui ka sellest sügavamal. Põllukultuuride saagide ja mulla lasuvustiheduse vahelise seose analüüs on näidanud, et optimaalseks lasuvustiheduseks enamikel muldadel on 1,20-1,35 Mg/m³. Liivsavimuldadel olenevalt huumusesisaldusest oleks see 1,03-1,36 Mg/m³. Kergete liivsavimuldade 1,35-1,50 Mg/m³ lasuvustihedust peetakse aga eelkriitiliseks. Mullaharimise intensiivsuse mõju lasuvustihedusele uuriti kahel mullal (liivsav i-huumusesisaldus 3,2% ja gleisaviliival - huumusesisaldus 4,5%). Mulla seisundit hinnati kuueväljalises külvikorras (talirukis, kartul, oder, oder, põldhein, põldhein). Pärast esimese rotatsiooni lõppemist tehtud mullasisundi hindamist selgus, et lasuvustihedust mõjutas oluliselt mullaharimise sügavus.



Mulla lasuvustihedus erineval mullaharimisel

Mulla huumusesisaldus

Mulda akumulatsioonunud huumus täidab eelkõige mulla keskkonnatingimuste kujundaja, režiimide reguleerija ning puhverdusvõime kandja rolli. Tema sisaldust mullas saame mõjutada mitmete agrotehniliste võtete abil. Kasvatatavate kultuuride valiku ja väetamise kõrval on üheks olulisemaks ka mullaharimine. Põllukultuuride kasvatamisel, kui ei kasutata orgaanilist väetist, väheneb tavaliselt huumusesisaldus. Huumusebilansile soodsaks peetakse viljavaheldust, kus lisaks teraviljadele, kasvatatakse ka põldheina. Kuueväljalises külvikorras, kus lisaks teraviljale (50%) kasvatati ka põldheina (33%) ja kartulit (17%), uuriti mullaharimise intensiivsuse mõju huumusele. Veiste tahesõnnikut said külvikorras kartul ja talirukis. Mulla huumusesisaldust määrati pärast külvikorra esimese rotatsiooni lõppu.



Mullaharimise mõju liivsavimulla (A) ja gleisviliivmulla (B) huumusesisalduse muutusele külvikorra esimese rotatsiooni lõpuks. M1-pindmine mullaharimine, M2-künd.

Analüüsid näitasid, et eriti tundlik oli mullaharimisele gleisaviiliivmuld, mille huumusevaru vähenes kõikidel mullaharimise foonidel. Huumusevaru suurenes vaid tugeval sõnnikuga väetamisel minimeeritud ja tavapärase künni foonil. Liivsavimulla huumusesisaldus sõltus oluliselt vähem mullaharimise intensiivsusest.

Minimeeritud mullaharimisel huumusevaru suurenes. Intensiivsel mullaharimisel (küändmisel) kiireneb mulla orgaanilise aine mineralisatsioon, mis viib huumuse vähenemisele. Eriti intensiivne on see protsess olnud kerge lõimisega huumusrikastel muldadel. Ainult tugev sõnnikuga väetamine võimaldab hoida huumusebilansi positiivsena.

Positiivseks tuleb pidada ka seda, et minimeeritud mullaharimine stimuleerib ka glomaliini (glükoproteiin, mida sisaldavad ja eritavad arbuskulaarsed mükoriisat moodustavad mullaseened perekonnast Glomales.) sisaldust mullas.

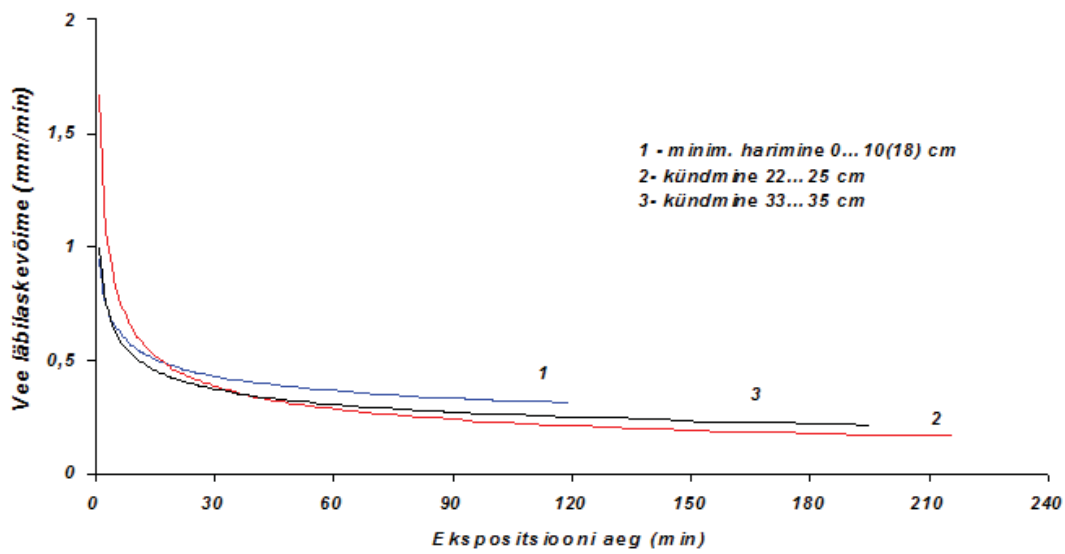
Mullaharimise mõju glükoproteiinisisaldusele, g/kg

Kultuur	Väetamine	Mullaharimine		
		Minimeeritud	Tavapärase	Minimeerimise mõju
Oder	NPK	2,93	2,6	0,33
	NPK + sõnnik	3,62	2,45	1,17
Talinisu	NPK	3,00	2,32	0,68
	NPK + sõnnik	3,23	2,93	0,3
Oder (monokultuur)	NPK	2,71	2,31	0,4
	NPK + sõnnik	2,96	2,61	0,35

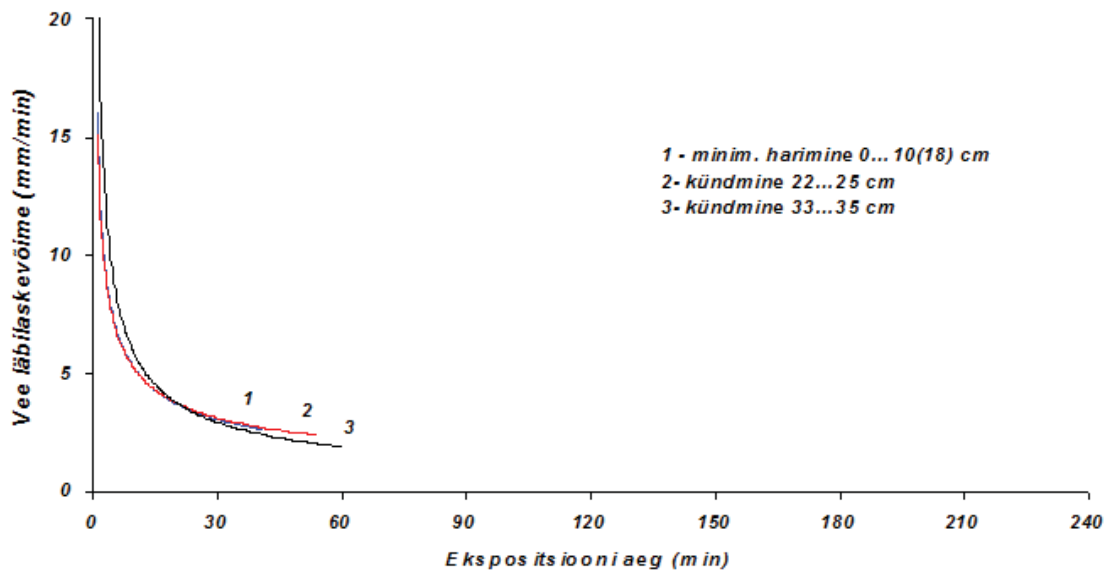
Mulla veeläbilaskvus

Mulla veeläbilaskvus on mulla võime imada ja lasta endast vett läbi. Suuresti sõltub see mulla mehaanilisest koostisest, struktuurist ja lasuvustihedusest ning niiskusesisaldusest. Vesi tungib kuiva mulda kõigepealt molekulaar- ja kapillaarjõudude mõjul. Edasiliikumine toimub gravitatsiooni- ja kapillaarjõudude mõjul. Imendumise ajal on veeläbilaskvus suurim. Vastavalt mulla veega küllastumisele muutub see järjest väiksemaks. Muldade veeläbilaskvusest sõltub olulisel määral kultuuride viljelemiseks kasutatavate võtete kompleks. Pikaajalises kuueväljalise külvikorra komplekskatses mõõdeti erinevatel mullaharimise foonidel pärast teist rotatsiooni lõppu s.o. kolmeteistkümnendal aastal. Odra väljal kulus 100 mm vee mulda imbumiseks minimeeritud mullaharimise foonil 119 minutit, tavapärase künni foonil 219 minutit ja sügavkünni foonil 195 minutit.

Küntud mulla oluliselt aeglasemat veeläbilaskvust võis mõjutada künnialune tihenenud muld. Künnivao põhjas oli selle lasuvustihedus 1,55-1,61 Mg m⁻³. Pindmise mullaharimise variandis selgepiirilisel väljakujunenud tihenenud mullakiht puudus. Harimisest sügavamal oli muld läbi põimunud roketest vihmausside käikudest.



Mullaharimise intensiivsuse mõju veeläbilaskvusele odra põllul



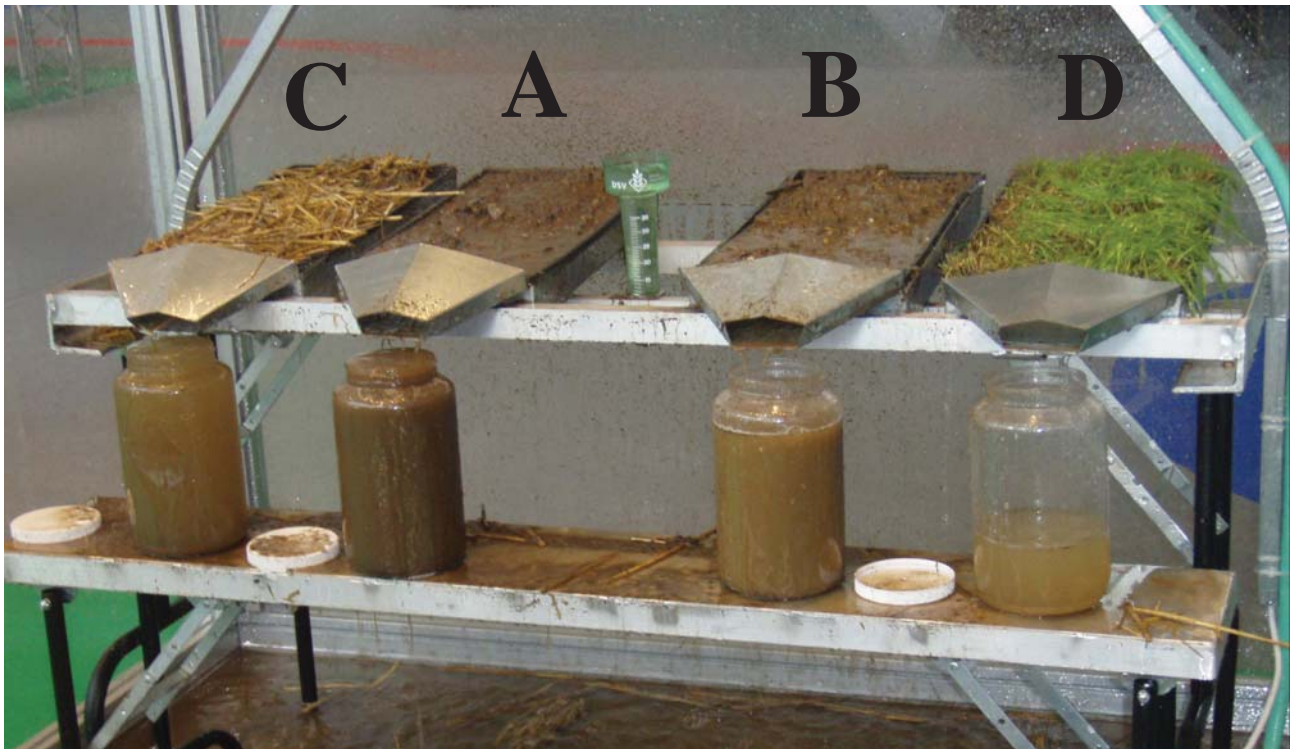
Mullaharimise intensiivsuse mõju veeläbilaskvusele põldheina põllul



Mulla koorik



Mulla tuulekanne

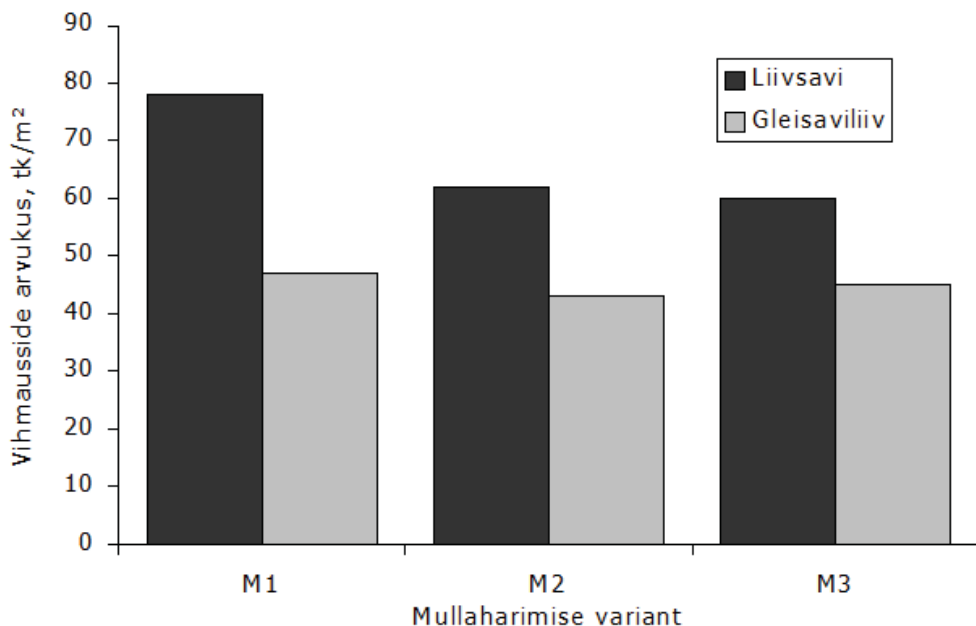


A – künd; B – pindmine mullaharimine; C – põhk mulla pinnal; D – otsekülv

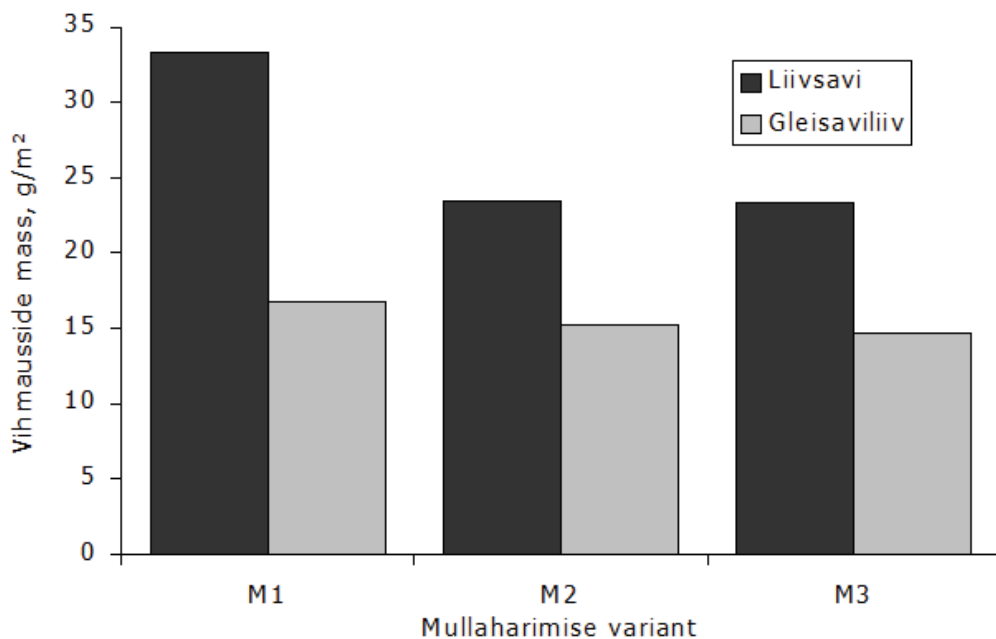
Sademetete mõju toitainete ärakandele

Mulla elustik

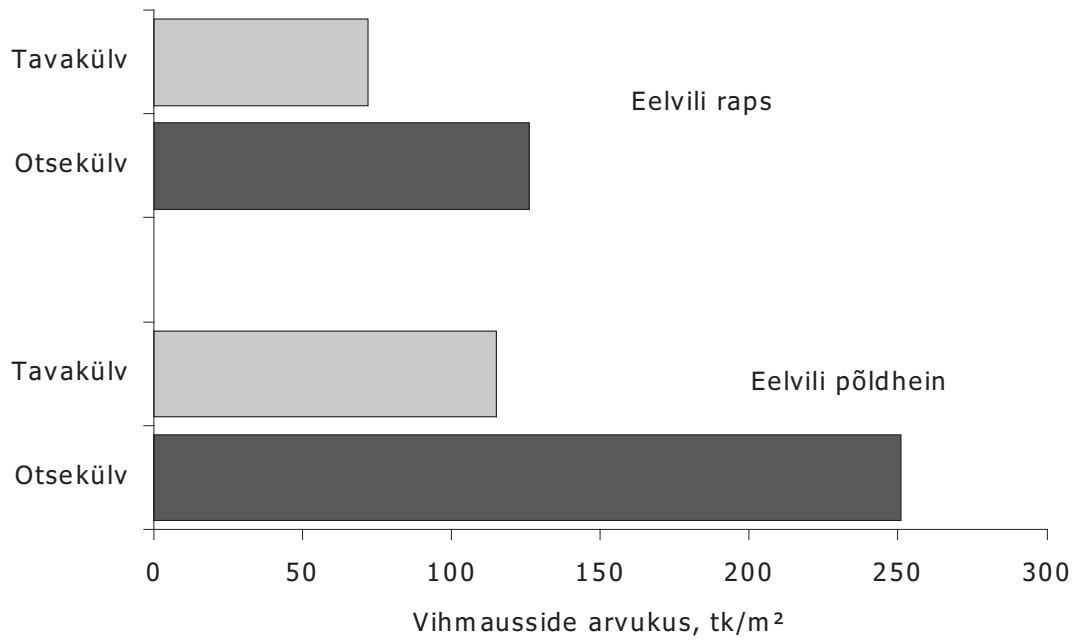
Vihmaussid on tähtsad mulla kujundajad, sest nad toovad maapinnale tillukesi läbiseeditud mulla kämbukesi. Nende käigud mullas soodustavad mullavee infiltratsiooni ja taimejuurte mulda tungimist. Taimejäänuseid ümber töötades soodustavad nad huumuse moodustumist ja mulla rikastamist lämmastikuga. Eri paikades vihmausside väljaheiteid kogudes ja mõõtes on leitud, et vihmaussid toovad igal aastal mullapinnale 25-50 tonni mulda hektari kohta. Nende intensiivse elutegevuse tulemusena on täheldatud paljude kultuuride saagikuse suurenemist. Samas võib igasugune põllumajanduslik tegevus suuremal või vähemal määral mõjutada kogu mulla elustikku. Tugevat mõju vihmaussidele avaldab viljelustehnoloogia ja ka eelviili.



Mullaharimise mõju vihmausside arvukusele. M1-minimeeritud harimine, M2-künd (22...25cm), M3-künd (33...35cm)



Mullaharimise mõju vihmausside massile. M1-minimeeritud harimine, M2-künd (22...25cm), M3-künd (33...35cm).



Eelvilja mõju vihmausside arvukusele



Vihmaussid kui bioloogiline ader

Minimeeritud mullaharimine ja otsekülv on soodustanud ka teiste mullaasukate elu. Eriti hinnatav on see, et mullas on suurenenud ka entomofaagide (jooksiklaste, ämblike,) arvukus. Põllumehele on aga ebasoovitav nälgjate ja tigude arvukuse suurenemine.



Tigude kahjustus talirapsi põllul



Põhu ebäühtlane laotamine soodustab nälgjate levikut

ERINEVAD PINDMULLAHARIMISE MASINAD JA NENDE TÖÖTULEMUSED

Külv on teraviljakasvatuses üks vastutusrikkamaid töid. Selle viisist ja ajast, samuti seemne kvaliteedist ja külviks ettevalmistamisest sõltub suurel määral saak ja saagi kvaliteet. Mingil juhul ei saa tähelepanuta jätta ka külvikuid, millega külvis mulda viiakse. Erinevate külvikute töömuduste selgitamiseks rajati mitme osapool koostööna Olustverre võrdluskatse kolmele mullaharimise foonile. Katse viidi läbi eelmise kasvuaasta minimeeritud mullaharimisega odrapõllul kolmel foonil: harimata ehk otsekülv, rullrandaaliga üks kord pindmiselt 8...10 cm sügavalt haritud ja hõlmpöördkooriga küntud 15...18 cm sügavuselt. Nagu juba öeldud, oli eelviljaks keskvalmiv oder, mille põhk peenestati ja tagastati põllule. Mullaharimistööd tehti 15. septembril ja külv 16. septembril. Põhiväetis („Kemira Skalsa 4-20-20”) anti lauskülvina pärast mullaharimist (300 kg/ha). Harimata varianti pritsiti külvijärgselt glüfosaadiga (2 l/ha). Katsekultuuriks oli talinisu „Ada”. Seemned olid puhitud ja külvisenormiks 120 kg/ha (350 idanevat seemet ruutmeetrile). Külvisügavuseks kehtestati 3–4 cm, mille tarvis firmaesindajad oma külvikutel ka vastavad reguleeringud tegid. Kevadel anti pealtväetiseks ammoniumsalpeetrit (200 kg/ha) ja kogu katseala oras äestati. Taimekaitse oli järgmine: „Sekator 375 OD” – 0,15 l/ha, „Allegro Plus” – 0,7 l/ha ja „Kemira CCC” – 1,2 l/ha.

Katse rajati leostunud liivsaviilõimisega mullale, mille toitainetesisaldus on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Mulla toitainetesisaldus, mg/kg

Horisont, cm	pH _{KCl}	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	B
Otsekülvi foonil								
0...10	5,6	177	158	1260	78	1,1	45	0,45
11...20	5,6	165	116	1290	84	1,2	43	0,53
21...30	5,5	183	98	1280	72	1,2	43	0,58
Pindmise mullaharimise foonil								
0...10	4,8	212	203	739	44	1,6	90	0,39
11...20	5,0	203	45	918	41	1,1	77	0,35
21...30	5,0	185	46	798	35	1,0	67	0,35
Künni foonil								
0...10	5,2	259	174	1010	65	1,3	66	0,38
11...20	5,3	264	89	1110	70	1,3	63	0,40
21...30	5,3	245	75	1060	65	1,3	62	0,41

Andmetest nähtub, et fosforisisaldus oli kogu uuritud mullakihis kõrge ja kaaliumisisaldus pindmises 0...10 cm mullakihis suurem, sügavamates kihtides aga väga madal. Teiste toitainete sisaldus kogu uuritud mullakihis oli väga madal. Muld oli tugeva happelise reaktsiooniga, mistõttu fosfori ja ka lämmastiku omastamine taimede poolt võis olla raskendatud. Mikroelementide omastamine aga suhteliselt hea. Enne katse rajamist uuriti mulla füüsikalist seisundit. Mõõtmised näitasid, et pindmine mullakiht (0...10 cm) oli kobedam (lasuvustihedus 1,15...1,18 Mg/m³) ja sügavamad kihid märksa tihedamad (lasuvustihedus 1,20...1,44 Mg/m³).

Mõnedes variantides oli see näitaja taimedele kriitilise piiri lähedal. Pärast külvi tehtud mõõtmistes selgus, et pindmises mullakihis lasuvustihedus püsis optimaalsetes piirides (tabel 2). Sügavamates mullakihtides jäi lasuvustihedus lähtefoonile ligilähedaseks.

Tabel 2. Mulla lasuvustihedus ja niiskus pärast külvi

Variant	Horisont, cm	Lasuvustihedus, Mg/m ³	Niiskus, %
Otsekülvi foonil			
I	0...10	-	-
	11...20	-	-
	21...30	-	-
II	0...10	-	-
	11...20	-	-
	21...30	-	-
III	0...10	1,09	16,9
	11...20	1,28	15,9
	21...30	1,33	15,7
IV	0...10	1,15	15,6
	11...20	1,17	14,1
	21...30	1,36	12,2
V	0...10	1,08	16,4
	11...20	1,31	16,5
	21...30	1,42	16,2
VI	0...10	1,14	16,9
	11...20	1,25	16,4
	21...30	1,35	16,1
VII	0...10	1,01	18,3
	11...20	1,39	17,5
	21...30	1,39	17,1
VIII	0...10	1,27	14,4
	11...20	1,25	16,0
	21...30	1,37	14,6
IX	0...10	1,27	19,4
	11...20	1,29	16,8
	21...30	1,37	17,5
X	0...10	1,09	19,4
	11...20	1,36	17,9
	21...30	1,35	18,4
XI	0...10	1,02	17,4
	11...20	1,35	16,0
	21...30	1,29	15,9
XII	0...10	1,02	16,3
	11...20	1,29	16,9
	21...30	1,33	15,5
XIII	0...10	1,15	17,7
	11...20	1,34	16,1
	21...30	1,45	15,9

Tabel 2 järg

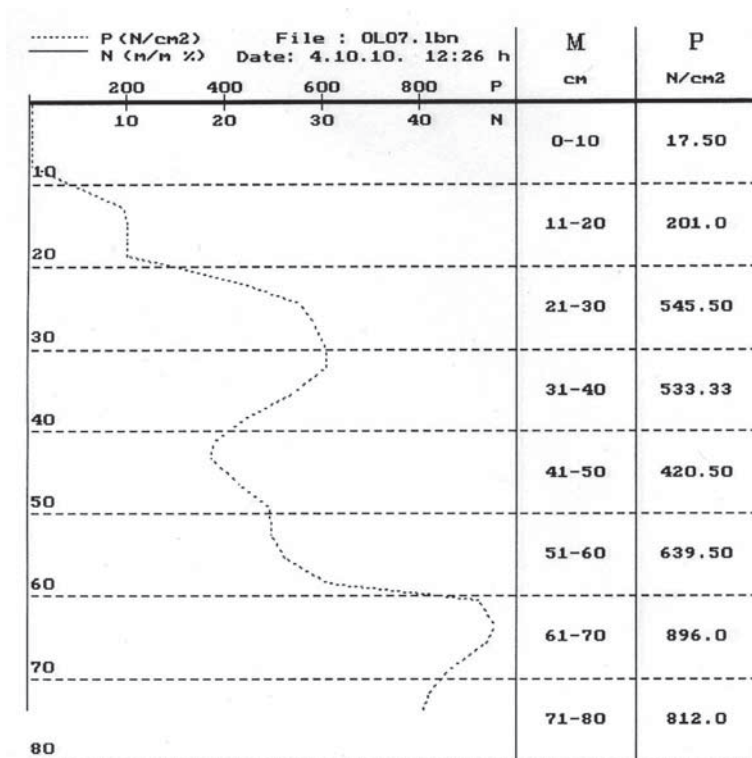
Pindmise mullaharimise foonil			
I	0...10	1,04	16,5
	11...20	1,09	17,1
	21...30	1,32	16,2
II	0...10	1,07	17,2
	11...20	1,20	17,1
	21...30	1,30	16,8
III	0...10	0,89	18,1
	11...20	1,33	17,8
	21...30	1,41	16,9
IV	0...10	1,14	16,1
	11...20	1,30	16,5
	21...30	1,36	15,1
V	0...10	1,06	13,5
	11...20	1,24	14,7
	21...30	1,37	14,8
VI	0...10	1,05	14,0
	11...20	1,36	15,6
	21...30	1,42	13,3
VII	0...10	1,08	16,5
	11...20	1,45	15,3
	21...30	1,44	13,2
VIII	0...10	1,04	18,2
	11...20	1,36	17,4
	21...30	1,34	15,2
IX	0...10	0,97	17,5
	11...20	1,28	17,3
	21...30	1,36	17,5
X	0...10	1,13	18,5
	11...20	1,35	18,7
	21...30	1,27	17,7
XI	0...10	1,08	15,6
	11...20	1,27	15,9
	21...30	1,27	16,1
XII	0...10	1,07	16,4
	11...20	1,40	16,4
	21...30	1,44	16,4
XIII	0...10	1,20	16,9
	11...20	1,31	17,4
	21...30	1,41	15,5

Tabel 2 järg

Künni foonil			
I	0...10	1,00	16,9
	11...20	1,25	16,1
	21...30	1,40	14,0
II	0...10	1,11	16,2
	11...20	1,32	16,6
	21...30	1,39	14,2
III	0...10	1,13	13,5
	11...20	1,29	15,2
	21...30	1,40	14,0
IV	0...10	1,01	15,1
	11...20	1,32	16,4
	21...30	1,32	15,5
V	0...10	1,05	14,1
	11...20	1,36	17,5
	21...30	1,39	17,1
VI	0...10	1,08	13,3
	11...20	1,36	17,9
	21...30	1,36	17,7
VII	0...10	1,05	16,9
	11...20	1,27	17,8
	21...30	1,33	15,8
VIII	0...10	1,05	15,9
	11...20	1,26	17,6
	21...30	1,33	17,3
IX	0...10	1,10	17,2
	11...20	1,26	17,5
	21...30	1,33	17,3
X	0...10	1,15	16,8
	11...20	1,43	16,6
	21...30	1,43	16,4
XI	0...10	1,10	15,6
	11...20	1,32	16,1
	21...30	1,39	15,9
XII	0...10	1,15	16,3
	11...20	1,24	16,8
	21...30	1,43	15,5
XIII	0...10	1,10	15,5
	11...20	1,33	17,6
	21...30	1,35	17,3

Penetromeetrilistel mõõtmistel selgus, et sügavusel 25...33 cm esines väga tihenenud mullakiht mille kõvaduseks mõõdeti 533...545 N/cm² (joonis 1). Taoline tihenenud mullakiht

pärsib oluliselt juurekava arengut ja mullavee liikumist. Mullaseisundi parandamiseks oleks tulnud harida sügavkõbestiga.



Joonis 1. Mulla kõvadus katsealal

Katses võrreldi kolmeteistkümmet erinevat külvikut, mida opereerisid firmade esindajad (tabel 3).

Tabel 3. Võrdluskatses kasutatud külvikud

Variant	Külvik
I	Ecomat Seeder
II	Ecomat (plasthõlmaga) + Junkkari Maestro 3000
III	Väderstad Rapid 300C XL Super
IV	Kverneland Accord MSC 3,0
V	Vogel&Noot Terradrill A 300
VI	Kongskilde Front Terra + Demeter Classic 4000
VII	Amazone C-Drill 4000
VIII	Gaspardo PE-400
IX	Amazone D9-40 Super
X	Junkkari Maestro 4000
XI	Tume Nova Combi
XII	Horsch Pronto 6 DC PPF
XIII	John Deere 750A

Võrdluskatses kasutatud külvikute fotod ja näited külvikute tööst on toodud värvitahvlitel lehekülgedel 24–47.

Külvikute töö üheks iseloomustavamaks näitajaks on muldaviidud seemnete põldtärkamine. Kui pindmise mullaharimise ja künni foonil oli erinevate külvikutega külvatud seemnete tärkamine võrdlemisi ühtlane (tabel 4), siis harimata foonil (otsekülv) olid variantidevahelised erinevused suured. Keskmiselt tärkas otsekülvi foonil külvatud seemnetest vaid 68%. Mullaharimise foonidel oli see 88...89%.

Tabel 4. Erinevate külvikute mõju seemnete põldtärkamisele, %

Külvik (variant)	Otsekülvi foonil	Suhtarv parima variandiga	Pindmise mullaharimise foonil	Suhtarv parima variandiga	Künni foonil	Suhtarv parima variandiga
I	-	-	-	-	84	0,93
II	-	-	-	-	90	1,00
III	70	0,85	88	0,97	89	0,99
IV	78	0,95	90	0,99	88	0,98
V	62	0,76	88	0,97	85	0,94
VI	50	0,61	89	0,98	89	0,99
VII	55	0,67	90	0,99	90	1,00
VIII	40	0,49	89	0,98	90	1,00
IX	70	0,85	87	0,96	88	0,98
X	75	0,91	88	0,97	87	0,97
XI	78	0,95	89	0,98	88	0,98
XII	82	1,00	91	1,00	89	0,99
XIII	81	0,99	90	0,99	89	0,99
Keskmine	68	-	89	-	88	-

Talve alla läksid taimed kolme-nelja lehe faasis. Taimede seisundist annab ülevaate külvikuid tutvustav peatükk, kus värvitahvlitel on ära toodud taimede seis enne talvitumist (11. oktoober 2006. a) ja pärast detsembri-jaanuari sulaperioodi (10. jaanuar 2007. a).

Kevadel talinisu 37-41 arengujärgus võrreldi taimede lehtede klorofüllisisaldust Minolta klorofüllimõõturiga „SPAD-502”. Mõõtmine näitas (tabel 5), et SPAD-näidud olid optimaalse piiri lähedal. Paremini olid taimed lämmastikuga varustatud otsekülvi variandis. Sellel foonil oli ka taimede tihedus oluliselt väiksem kui pindmise mullaharimise või künni foonil. Kuna taimi oli vähem, siis iga taime kohta oli kasutada suurem lämmastikukogus.

Saak koristati 01. augustil. Terade niiskus minimeeritud mullaharimise ja künni foonil oli 21,6% ja otsekülvi foonil 22,5%. Kõige kõrgemaks kujunes saak künni foonil – 3,60 t/ha (tabel 6). Sellel foonil oli ka erinevate külvikutega tehtud külvide saagid kõige ühtlasemad. Usutavalt väiksemaks jäi vaid variandi XI saak. Minimeeritud mullaharimise fooni saak variantide keskmisena – 3,51 t/ha oli ligilähedane künnifooni saagile, kuid variantide vahelised erinevused olid suured. Suurim saak koguti variandis XIII. Usutavalt väiksemad saagid koguti variantides V, VI, VII, VIII, IX, X ja XI. Kõige väiksem saak koguti otsekülvi foonilt – 3,23 t/ha. Siin olid ka variantidevahelised erinevused väga suured. Sellest võib järeldada, et enamus külvikuid ei osutunud otsekülviks sobivaiks või oli häälestatud teistsugusele foonile.

Saagi analüüs näitas, et saagi kujunemises olid määravad taimiku tihedus ja terade tuumakus (tabel 7). Pea produktiivsuse osa oli väiksem. Mida tihedam oli külv, seda väiksema massiga olid terad. Otsekülvi foonil kasvas keskmiselt 358 produktiivset kõrt. Nende 1000 tera massiks oli 39,57 g. Mullaharimise foonidel oli produktiivvõrseid 6,1–9,5% rohkem. Terade mass oli 38,07–38,50 g.

Tabel 5. Klorofüllimõõtur „SPAD” näidud

Variant	Otsekülv	Pindmine harimine	Kündmine
I	-	-	47,2
II	-	-	44,9
III	46,0	46,0	51,3
IV	53,0	46,6	46,6
V	53,4	44,9	44,9
VI	49,7	52,8	48,2
VII	54,3	45,6	46,8
VIII	52,2	51,7	46,3
IX	46,6	43,9	45,1
X	49,3	46,7	47,0
XI	44,6	43,9	48,8
XII	53,6	50,1	47,5
XIII	48,4	48,9	51,5
Keskmine	50,1	47,4	47,4

Tabel 6. Talinisu teradesaak külvikute võrdluskatses Olustveres, t/ha

Külvik (variant)	Otsekülvi foonil	Suhtarv parima variandiga	Pindmise mullaharimise foonil	Suhtarv parima variandiga	Künni foonil	Suhtarv parima variandiga
I	-	-	-	-	3,67	0,95
II	-	-	-	-	3,76	0,97
III	3,60	0,87	3,80	0,87	3,88	1,00
IV	3,55	0,86	3,84	0,88	3,66	0,94
V	3,22	0,77	3,51	0,80	3,68	0,95
VI	2,44	0,59	2,79	0,63	3,72	0,96
VII	2,75	0,66	3,20	0,73	3,41	0,88
VIII	2,49	0,60	2,78	0,64	3,43	0,88
IX	2,66	0,64	3,32	0,76	3,39	0,87
X	3,50	0,84	3,71	0,85	3,69	0,95
XI	3,60	0,87	3,49	0,80	3,23	0,83
XII	3,52	0,85	3,84	0,88	3,50	0,90
XIII	4,15	1,00	4,37	1,00	3,76	0,97
Keskmine	3,23	-	3,51	-	3,60	-

Tabel 7. Mõned saagistruktuuri elemendid külvikute töö võrdluskatses

Variant	Otsekülv		Pindmine mullaharimine		Kündmine	
	Võrsed, tk/m ²	1000 tera mass, g	Võrsed, tk/m ²	1000 tera mass, g	Võrsed, tk/m ²	1000 tera mass, g
I	-	-	-	-	402	38,57
II	-	-	-	-	408	38,41
III	424	36,57	420	36,80	400	38,71
IV	332	43,35	386	38,84	381	38,64
V	389	37,44	389	36,82	387	40,05
VI	255	41,82	346	38,08	389	37,98
VII	260	42,38	363	38,05	384	37,75
VIII	400	38,84	274	42,22	409	36,24
IX	300	38,90	374	37,12	365	39,81
X	363	39,93	402	37,52	403	38,04
XI	403	38,08	374	37,12	382	37,94
XII	382	37,80	400	37,66	400	38,21
XIII	434	40,80	448	39,59	390	40,15

Külvikud tootmistehnoloogilises katses Olustveres

Katses olnud külvikuid ja nende tööd erineval mullaharimisel (künd, pindmine mullaharimine ja otsekülv) ning taimede seisundit enne talvitumist (11. oktoober 2006.a.) ja pärast detsembri-jaanuari sulaperioodi 10. jaanuar 2007. a.) on näidatud järgnevatel värvitahvlitel.



Ecomat Seeder – künd ja külv ühe töökäiguga

Põllupind pärast külvi



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis



Koristuseelne põld



Ecomat Seeder + Junkkari Maestro 3000 – küünd ja külv eraldi töökäiguga

Põllupind pärast külvi



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Koristuseelne põld



Väderstad Rapid 300C XL Super



Otsekülvi järgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Väderstad Rapid 300C XL Super



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



Kverneland Accord MSC 3,0



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Kverneland Accord MSC 3,0



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



Vogel & Noot Terra Drill A 300



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Vogel & Noot Terra Drill A 300



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



Kongskilde Front Terra + Demeter Classic 4000



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Kongskilde Front Terra + Demeter Classic 4000



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



Amazone C – Drill 4000



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Amazone C – Drill 4000



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



Gaspardo PE 400



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Gaspardo PE 400

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



Amazone D 9 40 Super



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Amazone D 9 40 Super

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis



Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



Junkkari Maestro 4000



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Junkkari Maestro 4000



Otsekülv

Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis



Pindmine mullaharimine

Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis



Künd

Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis



Koristuseelne põld



Tume Nova Combi 4000



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Tume Nova Combi 4000



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



Horsch Pronto DC PPF



Otsekülviärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

Horsch Pronto DC PPF

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine



Taimed 3. – 4. lehe faasis Taimed võrsumisfaasis

Künd



Koristuseelne põld



John Deere 750 A



Otsekülvijärgne põllupind



Külvipind pindmise harimise foonil



Külvipind künni foonil

John Deere 750 A

Otsekülv



Taimed 3. – 4. lehe faasis

Taimed võrsumisfaasis



Taimed 3. – 4. lehe faasis

Taimed võrsumisfaasis



Taimed 3. – 4. lehe faasis

Taimed võrsumisfaasis

Pindmine mullaharimine

Künd



Koristuseelne põld

Pindmullaharimise masinad tootmistehnoloogilistes katsetes Jõgeval

Mullaharimismasinatega peab olema võimalik luua taimede kasvuks sobivad tingimused. Ühelt poolt peab masina tööseadise ehitus tagama võimalikult mullasõbraliku töötlemise ja teiselt poolt olema tehnoloogiliselt lihtne ja odav valmistada. Need nõuded on teineteisega vastuolus, mistõttu iga mullaharimismasin on kompromiss valmistamise ja kasutamise nõuete vahel. Tänapäeval lisanduvad agro- ja tehnonõuetele ökonoomilised. Masin peab olema ühteaegu nii odav valmistada kui säästlik kasutada. Keeruline on valmistada odavat masinat, mis oleks kasutamisel töökindel ja tagaks agronõuete täitmise. **Mullaharimismasina võime täita agronõudeid peaks olema ostuotsuse aluseks.** Alles seejärel tuleks kaaluda hinda, ehituse iseärasusi, müügikanali usaldusväärsust, varuosade ja teeninduse kättesaadavust.

Jõgeva ja Olustvere katsetes osalenud masinate tööseadised võib liigitada põhiliselt neljaks tüübiks, kuid firmadevahelised erinevused nii tööseadiste kui masina üldlahenduse poolest olid küllaltki suured, nagu selgub allpool olevast tehniliste andmete tabelist. Eristame järgmisi põhitööseadiste tüüpe:

1. hõlmsahad mulla pööramiseks ja segamiseks;
2. vedrupiile, säärele (ankrule), kivikaitsega vandale vm. kinnitatavad mitmesuguse kujuga terad või käpad;
3. pöörlevad kettad või noad mulla pinnakihi töötlemiseks;
4. rullid ehk tihendusseadised mulla tihendamiseks ja mullapankade peenendamiseks.

Peale põhitööseadiste on enamikul masinaist veel mitmed täiendavad seadised, nagu näiteks mulla- ja/või põhusuunurid, tasanduskäpad või –piid, silurid, kammid vm.

Hõlmtööseadistega mullaharimismasin ehk **kergader** (ka hõlmkoorel) on ette nähtud väiksema töösügavusega künniks viilu täieliku pööramisega. Kergadra hõlm meenutab oma ehituselt, kujult ja tööprotsessilt tavaadra hõlma. Kergadra veojõu vajadus on väiksem ja masin sama töölaiuse juures tavaadrast kergem. Hõlmtööseadise suureks plussiks on võimalus segada mullaga suuri orgaanilise aine koguseid (sõnnik, hekselpõhk). Kergadra komplekti kuulub tavaliselt rull (pakker) tihendamaks mulda vajaliku määrani. Selle puudumisel tuleks hea tulemuse saamiseks töödeldud põldu rullida.

Käpp- või piitööseadistega saab töödelda (kobestada, segada, murendada, õhustada jne) mulda väga sügavalt – kuni 35-40 cm. Tööseadis koosneb säärest (ankrust) ja selle alaotsale kinnitatud terast. Kasutusel on põhiliselt peitel- või hanijalgterad, erinevatel firmadel on need väga erineva kujuga. Lisaks terale võib säärel olla mulla liikumist juhtivaid ja säärt kaitsvaid elemente.

Ketastööseadis (randaal) võimaldab kiiresti ja väikese energiakuluga töödelda mulla pinnakihti (~10 cm). Töösügavuse määravad ketta diameeter ja konstruktsioon ning masina mass. Väikest massi on teatud ulatuses võimalik kompenseerida löike- ja rüнденurga valikuga. Ketaste töötamisel tekib allpoolses mullas mõningane tihe, kuid senised uuringud pole selle kahjulikku mõju näidanud. Ketastööseadistega haritud põllu pind on kergelt laineline. Lainelisus sõltub ketaste läbimõõdust, ketaste vahekaugusest ja ridadevahelise nihke suuruselt. Ketta suurus ja vahekaugus on määratud masina ehitusega, mõnel masinal saab ketaste ülekatet teatud ulatuses muuta. Kettad ei too töötamisel välja kive.

Rull ehk tihendusseadis on tänapäevase mullaharimismasina tähtis osa. Mullas toimuvate protsesside normaalseks toimimiseks on oluline mulla optimaalne lasuvustihedus. Erineva

konstruktsiooniga rullid võimaldavad mulla tihendamist erinevas ulatuses. Mida raskem on rull, seda suurem on tema mulda tihendav mõju. Samas suurendab rulli massi lisandumine koormusi masina raamile ning lisab veojõu vajadust. Rullrandaalide ja rullkäpprandaalide korral kasutatakse rulli sageli ketaste ja piide töösügavuse tagamiseks. Rulli asendi muutmisega masina raami suhtes muudetakse raami kõrgust mullapinnast. Erineva valmistusmaterjali ja pinnatekstuuriga rullid töötlevad mulda erinevalt. Valatud rullid annavad suure erikaalu ja on odavad valmistada, kuid kahjustuvad kivide tõttu tihemini. Terasplekist valtsitud ja koostatud rullid taluvad paremini kive, kuid on kallimad ja keerukamad valmistada. Üsna töökindlaks on osutunud täiskummist rõngasrullid. Õhkrehvrull on kõige mullasõbralikum, kuid tema mulda tihendav mõju võib kuivades oludes jääda ebapiisavaks. Samuti on õhkrehvide kasutamise korral esinenud probleeme töökindlusega, kuna võõrkehad lõhuvad rehve ja nende remont on aeganõudev. Täidisrehvide korral viimast probleemi ei esine. Varbrulli pinda tihendav mõju on puudulik, sest rulli erikaal on väike ja rull ei tihenda pinda ühtlaselt, vaid ainult varbade kohalt, jättes varbade vahe tihendamata. Silindrikujulisi silerulle mullaharimisel kasutada pole otstarbekas. Siledapinnaline ketasrull on odavam valmistada ja mõnevõrra töökindlam, kuid mulla pinnale võib tekkida koorik ning selle tõttu üleaarne niiskusekadu. Liigendatud pinnaga rullid on kallimad valmistada ja mõnevõrra väiksema töökindlusega, kuid jätavad oluliselt soodsama mulla pinna. Sõmeratest koosnev mullakiht pinnal takistab tõhusalt veekadu mullast.

Sõltuvalt erinevat tüüpi põhitööseadistega komplekteeritusest on katsetes osalenud masinad jaotatud kolme rühma: kergadrad (katsetel vaid üks), rullkäpprandaalid ja rullrandaalid.

Rullkäpprandaal ühendab endas käppade või piidega kobesti, randaali ja rulli omadused. Vastavalt valitud tööseadise kompleksusele võidakse saavutada kas sile või vaoline aluspõhi. Sõltuvalt käppade/piide paigutusest kettasektsiooni ette või järele toimub masina liikumisel mulla töötlemine kahes kihis: kobesti tööseadised kergitavad alumise mullakihi ülespoole, kobestavad ja segavad seda ning kettad töötlevad pindmist mullakihti, segades sinna pinnal olevat orgaanilist materjali ning tasandades pinda. Olenevalt tööseadiste järjestusest võib ketaste lisaülesandeks olla piide tekitatud vagude tasandamine (kettad piide järel) või piidele orgaanilise aine kihti sisselõigete tegemine (kettad piide ees). Tasanduskettad võivad olla ka eraldi sektsioonis.

Rullrandaalideks nimetame ketastööseadiste ja rullidega mullaharimismasinaid. Erinevalt tavarandaalist kinnituvad rullrandaali kettad tavaliselt ühekaupa kummileevendi või kivi-kaitsega vannase vahendusel raamile. Tavapärasel randaalil kinnituvad kettad ühisele võllile, mis omakorda kinnitub tugede vahendusel raamile. Üksikkinnitus parandab oluliselt põllu ebatasasuste kopeerimist ning suurendab töökindlust kivistes oludes. Kummileevendi on Eesti oludes osutunud töökindlaks ja pikaajaliseks. Suure töömahu ja märgatava kivisuse juures on kummileevenditel ilmnenud kalduvus nihkuda kinnitustalal ketta kumeruse poole, kuna selles suunas lükkab teda töötamisel tekkiv, liikumissuunale risti mõjuv jõukomponent. Rullrandaalide poolt mullaga segatava orgaanilise aine mass on piiratud töödeldava kihi sügavusega. Seetõttu ei sobi rullrandaalid kuigi hästi suurte orgaanilise aine koguste mullaga segamiseks. Suurepäraselt sobib rullrandaal aga sügiseseks kõrrekoorimiseks, mis annab võimaluse võitluseks umbrohtude ja varisega.

Uute mullaharimise masinate võrdlevaks uurimiseks rajati uurimisasutuste, masinaid, väetisi, seemneid ja taimekaitsevahendeid maaletuivate firmade ning tootjate koostööna suuremahuline (4,6 ha) tootmistehnoloogiline katse Jõgeval.

Eelviljaks oli varajane oder ristiku allakülviga, mis koristati juuli esimesel dekaadil tervikkoristusel koos varte, lehtede ja viljapeadega ning konserveeriti siloks. Põhimullaharimine tehti (variandid I...XX) juuli keskel. Augustis pritsiti kogu katseala Roundup Cold`iga (4 l/ha). Variandid XXI ja XXII hariti septembri esimestel päevadel. Katses oli kakskümmend kolm varianti (tabel), kus võrreldi üheksateistkümne erineva põimagregaadiga mullaharimise mõju mulla seisundile ja talinisu saagile.

Põimagregaadid talinisu mullaharimise katses Jõgeval

Variant	Masin	Harimissügavus, cm
Kergader		
I	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	10-12
II	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	16-18
Rullkäpprandaalid		
III	Väderstad Top-Down	13-15
IV	Horsch Tiger 3 AS	13-14
V	Horsch Terrano FX4	13-15
VI	Kuhn Mixer 100	13-16
VII	Simba Solo 3,3	13-15
VIII	Amazone Centaur 4002	13-15
IX	Vogel&Noot TerraMix 400	13-15
X	Väderstad Cultus CS400	13-15
Rullrandaalid		
XI	Amazone Catros 6001	8-10
XII	Väderstad Carrier CR 300	8-10
XIII	Vogel-Noot Terra Disc 400	8-10
XIV	Simba X-Press 3	8-10
XV	Simba X-Press 5,5	8-10
XVI	Einböck Twister 400N	8-10
XVII	Unia Ares T 460	6-8
XVIII	Vogel-Noot AXR	6-8
XIX	Lemken Rubin 9/600 KÜA	8-10
XX	Heva DiscRoller	8-10
Kergader		
XXI	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	10-12
XXII	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	18-20
XXIII	Otskülvik	-

Mineraalväetist (Kemira Power 5-10-25) külvati 350 kg/ha eraldi töökäiguga mullapinnale. Mulda segati see talinisu külvava külvikuga Junkari Maestro 4000. Külvati talinisu'Olivin' 400 idanevat tera m² (167...170 kg/ha). Kevadel väetati kompleksväetisega NS 27 270...280 kg/ha. Kolm päeva hiljem äestati kogu katseala ökoäkkega.

Umbrohtu tõrjuti herbitsiidiga Ariane S (2,2 l/ha), haigustetõrjeks kasutati preparaati Input (0,7 l/ha). Paagisegusse lisati ka kasvuregulaatorit Terpal 1,0 l/ha.

Mullaseisundi hindamisel oli peatähelepanu lasuvustihedusel. Seisu hinnati enne mullaharimistöid, vahetult pärast harimistöid, enne talinisu külvi ja kevadel vegetatsiooni alguses. Tulemused on toodud allpool olevas tabelis.

Mulla lasuvustihedus on üks olulisemaid mulla viljakust iseloomustavaid näitajaid, sest selle muutumine mõjutab peaaegu kõiki mulla omadusi ja taimede kasvutingimusi nii huumushorisondis kui ka sellest sügavamal. Optimaalseks lasuvustiheduseks peetakse 1,20-1,35 Mg/m³. Liivsavimuldadel olenevalt huumusesisaldusest oleks see 1,03-1,35 Mg/m³. Katseala mulla lasuvustihedus oli enne mullaharimist pindmistes kihtides kriitilisel piiril. Sügavamal aga optimaalsest tihenum. Põimagregaatide toime mulla lasuvustihedusele sõltus harimissügavusest. Rullrandaalidega harimisel kobestus vaid pindmine 0...10 cm mullakiht. Kergadra ja rullkäpprandaalidega kobestati aga märksa tusedam (0...20 cm) mullakiht. Kuu aja pärast oli muld mõnevõrra tihenenud, kuid jäi optimaalsetesse piiridesse. Kevadised mõõtmised näitasid mitteilulisi muutusi mulla seisundis.

Mulla lasuvustihedus Jõgeval, Mg/m³

Masin/harimisviis	Horisont	13.07.05, enne katse rajamist	14.07.05	25.08.05	03.05.06
Kergader	0-10	1,35	1,07	1,14	1,14
	11-20	1,37	1,17	1,24	1,26
	21-30	1,42	1,40	1,34	1,39
Rullkäpprandaalid	0-10	1,35	0,99	1,13	1,22
	11-20	1,36	1,20	1,21	1,27
	21-30	1,42	1,38	1,43	1,36
Rullrandaalid	0-10	1,35	0,94	1,18	1,22
	11-20	1,37	1,35	1,41	1,38
	21-30	1,42	1,44	1,49	1,40
Harimata	0-10	1,35	1,35	1,33	1,26
	11-20	1,37	1,37	1,35	1,35
	21-30	1,43	1,44	1,45	1,44

Katsealal hinnati taimede talvitumist. 2006.a talv oli väga külm. Õnneks tuli enne külmaperioodi katsealale lumi maha. See leevendas külma mõju. Talve mõjust talinisutaimedele annab ülevaate järgnev tabel.

Kõige tugevam oli kahjustus otsekülvi variandis, kus veerand taimedest hukkus. Seda võib seostada seemnete külvisügavusega. Sügisene taimede seisu hindamine näitas, et otsekülvi variandis olid seemned liialt mullapinna lähedal või kohati ka mullapinnal. Kõige vähem oli hukkunud taimi rullrandaalidega haritud foonil, keskmiselt 11%. Sellel foonil oli seemnete külvisügavus optimaalne. Rullkäpprandaalide haritud foonil oli hukkunud taimi 18%. Kergadraga haljasväetise sissekünni foonil oli hukkunud taimi poole vähem kui ilma haljasväetiseta foonil.

Talvel hukkunud taimi, %

Variant	Masin	Hukkunud taimi, %
Kergader		
I	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	20
II	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	25
Rullkäpprandaalid		
III	Väderstad Top-Down	20
IV	Horsch Tiger 3 AS	15
V	Horsch Terrano FX4	25
VI	Kuhn Mixer 100	25
VII	Simba Solo 3,3	15
VIII	Amazone Centaur 4002	15
IX	Vogel&Noot TerraMix 400	25
X	Väderstad Cultus CS400	5
Rullrandaalid		
XI	Amazone Catros 6001	25
XII	Väderstad Carrier CR 300	5
XIII	Vogel-Noot Terra Disc 400	10
XIV	Simba X-Press 3	10
XV	Simba X-Press 5,5	10
XVI	Einböck Twister 400N	5
XVII	Unia Ares T 460	10
XVIII	Vogel-Noot AXR	10
XIX	Lemken Rubin 9/600 KÜA	10
XX	Heva DiscRoller	15
Kergader		
XXI	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	10
XXII	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	10
XXIII	Otsekülvik	25

Koristuseelsest taimiku tihedusest annab ülevaate järgnev tabel.

Produktiivvõrseid talinisu katses Jõgeval

Harimine	Produktiivvõrseid, tk/m ²
Kergader:	
haljasväetiseta foonil	483
haljasväetisega foonil	536
Rullkäpprandaal	499
Rullrandaal	508
Otsekülvik	444

Vaatamata karmile talvele ja põuasele suvele andis talinisu korraliku saagi. Katse keskmiseks saagiks kujunes 6,59 t/ha. Kontrolliks oli Kverneland Ecomatiga 15...18 cm sügavuselt harimine (variant II saagiga 6,57 t/ha). Võrreldes kontrolliga ei olnud teiste mullaharimismasinategaharitud variantide saagid usutavalt erinevad. Kõige madalamaks kujunes saak variandis IV (6,31 t/ha). See oli ka usutavalt väiksem nende variantide saagist, mis olid suuremad kui 6,71 t/ha.

Talinisu 'Olivin' terasaagid Jõgeval

Variant	Masin	Saak, t/ha
I	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	6,50
II	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	6,57
XXI	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	6,75
XXII	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	6,65
Kergadra keskmine		6,62
III	Väderstad Top-Down	6,49
IV	Horsch Tiger 3 AS	6,31
V	Horsch Terrano FX4	6,46
VI	Kuhn Mixter 100	6,47
VII	Simba Solo 3,3	6,43
VIII	Amazone Centaur 4002	6,61
IX	Vogel&Noot TerraMix 400	6,51
X	Väderstad Cultus CS400	6,61
XI	Amazone Catros 6001	6,61
XII	Väderstad Carrier CR 300	6,73
XIII	Vogel-Noot Terra Disc 400	6,71
Rullkäpprandaalide keskmine		6,54
XIV	Simba X-Press 3	6,64
XV	Simba X-Press 5,5	6,64
XVI	Einböck Twister 400N	6,81
XVII	Unia Ares T 460	6,81
XVIII	Vogel-Noot AXR	6,53
XIX	Lemken Rubin 9/600 KÜA	6,63
XX	Heva DiscRoller	6,54
Rullrandaalide keskmine		6,66
XXIII	Otsekülvik	6,52

Katses uuriti ka keemilise umbrohutõrje mõju talinisu saagile. Katseala umbrohtude hindamiseks sai jäetud kontrollalad, kus talinisu ei kasvanud. Neid kohti ei pritsitud ka herbitsiidiga. Koristamise eel määrati nendelt aladelt umbrohtude saak ja liigiline koostis. Domineerivateks liikideks olid harilik malts ja kesalill. Üldse oli 15 erinevat liiki umbrohte. Umbrohtude õhukuiv saak oli 0,710 kg/m². See näitab, et katseala mullas oli suur umbrohu seemnevaru, mis soodsates oludes võisid saada saaki oluliselt mõjutada. Talinisuga aladel aga umbrohud ei pääsenud domineerima ka siis, kui keemilist tõrjet ei tehtud. Keskmiselt oli herbitsiidiga pritsimata talinisu foonil 3...4 umbrohutaime. Pritsitud foonil neid aga ei esinenud.

Kõikide mullaharimisvariantide talinisu keskmiseks saagiks herbitsiidiga pritsimisel kujunes 6,37 t/ha. Talinisu saak herbitsiidiga pritsimisel oli küll 0,16 t/ha kõrgem, kuid seda ei saa lugeda usutavaks.

Üheksateistkümne erineva põimagregaadiga mullaharimise mõju uurimisel mulla seisundile ja talinisu saagile Jõgeva katsepõllu mullastikutingimustes ning 2005/2006. a ilmastikuoludes selgus, et võrreldes kontrollvariandiga, milleks oli Kverneland Ecomatiga 15...18 cm sügavuselt harimine, olid teiste mullaharimismasinatega haritud variantide saagid usutavalt erinevad vaid äärmistel juhtudel. Katse keskmiseks saagiks kujunes 6,59 t/ha, mis vaatamata karmile talvele ja põuasele suvele oli väga hea tulemus ning näitab, et kõigi katses olnud masinatega on võimalik nende õigel kasutamisel luua mullaharimisega eeldused talinisu kõrge saagi saamiseks.

Masinate, õigemini nende tööseadiste valikul mulla pindmiseks harimiseks tuleks lähtuda mulla seisundist. Nn. adratiheseta aladel kasutada rullrandaale. Tihese esinemisel kasutada aga rullkäpprandaale. Harimiskordade arv ja sügavus sõltuvad põllule tagastatavast taimse materjali peenestusastmest ja kogusest. Mida suurem on tagastatava materjali kogus, seda suurema mullamassiga tuleks ta segada. Külviaasta haljasväetiste (külvatakse kevadel ja viiakse mulda enne taliviljade külvi) muldaviimiseks tuleks kasutada kergatru, mis on komplekteeritud nn. pakkerullidega.

Otstarbekas on selliseid katseid jätkata ja laiendada, et saada andmeid ka teistsuguste muldade ning ilmastikuolude korral. Pikaajaliste vaatlustega on vaja selgitada masinate töökindlus.



Järgnevalt on iga pindmise mullaharimise masina ja tema töö kohta esitatud kaks fotot. Ühel fotol on näidatud pindmise mullaharimise masin ja teisel haritud põllupind (näitab tüü katmist mullaga ja pinna tasasust). Põllupinna tasasusest ja tüü mulda segamise ühtlikkusest sõltub aga külvi kvaliteet, eriti nendel külvikutel, mis on komplekteeritud sahkseemenditega.

Pindmullaharimise masinad ja nende töö liivsavi lõimisega (Is₂) kõrrepõllul.



Kergader Kverneland Ecomat 650 ja harimisjärgne põllupind

Rullkäpp-randaal Väderstad TopDown ja harimisjärgne põllupind



Rullkäpp-randaal Horsch Tiger 3 AS ja harimisjärgne põllupind (tööseadised)

Rullkäpp-randaal Amazone Centaur 4002 ja harimisjärgne põllupind



Rullkäpp-randaal Kuhn Mixer 100 ja harimisjärene põllupind

Rullkäpp-randaal Horsch Terrano 4 FX ja harimisjärene põllupind



Rullkäpp-randaal Simba Solo 3,3 ja harimisjärene põllupind

Rullkäpp-randaal Vogel & Noot Terra Mix 400 ja harimisjärene põllupind



Rullkäpp-randaal Väderstad Cultus CS 400 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Amazone Catros 6001 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Väderstad Carrier CR 300 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Vogel & Noot Terra Disc 400 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Simba Xpress 3 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Simba Xpress 5,5 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Einböck Twister 400 N ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Unia Ares T 460 ja harimisjärgne põllupind



**Rullrandaal Lemken Rubin 9/600
KÜA ja harimisjärgne põllupind**



**Rullrandaal HeVa discRoller ja harimisjärgne
põllupind**

Pindmullaharimise masinad ja nende töö saviliiv löimisega (sl₁) kõrrepõllul.



**Kergader Kverneland Ecomat 650 +
Pakomat ja harimisjärgne põllupind**



**Rullkäpp-randaal Väderstad Cultus CS 400
ja harimisjärgne põllupind**



Rullrandaal Horsch Tiger 3 AS ja harimisjärgne põllupind



Rullkäpp-randaal Horsch Terrano 4 FX ja harimisjärgne põllupind



Rullkäpp-randaal Kuhn Mixer 100 ja harimisjärgne põllupind



Rullkäpp-randaal Amazone Centaur 4002 ja harimisjärgne põllupind



Rullkäpp-randaal Vogel & Noot TerraMix ja harimisjärgne põllupind

Rullrandaal Tume Cultipac 3000 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Einböck Twister 300 N ja harimisjärgne põllupind

Rullrandaal Simba Xpress 6,6 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Väderstad Carrier CR 500 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Amazone Catros 4001 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Vogel & Noot TerraDisc 400 ja harimisjärgne põllupind



Rullrandaal Lemken Rubin 9/600 KÜA ja harimisjärgne põllupind

PINDMISE MULLAHARIMISE MÕJU PÕLLUKULTUURIDE SAAGILE PIKAAJALISES STATSIONAARKATSES

Maaviljelejate huvi talinisu, kui suure saagipotentsiaaliga teravilja, kasvatamise vastu on aasta aastalt suurenenud. Tema produktsoonivõime sõltub suurel määral mullastikust, eelviljast, väetamisest ja ka mullaharimisest ning teistest agrotehnika võtetest. Talinisu on teraviljadest kõige nõudlikum mullastikutingimuste suhtes, sest tema juurestik on teistest teraviljadest väiksema ulatusega ja nõrgema toitainete omastamise võimega. R. Kask on Eestis põhjalikult uurinud muldade sobivust põllukultuuride kasvatamiseks. Uurimustest selgub, et talinisu kasvatamiseks sobivad kõige paremini liivsavi- või savilõimisega leostunud kamar-karbonaatmullad (tabel 1).

Tabel 1. Muldade sobivus talinisu kasvatamiseks

Mulla mehaaniline koostis	Sobivus, palli
<u>Õhukesed rähkmullad</u>	
Saviliiv	3
Kerge ja keskmine saviliiv	6
Raske saviliiv, savi	7
<u>Leostunud kamar-karbonaatmullad</u>	
Saviliiv	6
Kerge ja keskmine saviliiv	9
Raske saviliiv, savi	9
<u>Keskmiselt leostunud kamar-leetmullad</u>	
Saviliiv	5
Kerge ja keskmine saviliiv	7
Raske saviliiv, savi	6
<u>Küllastunud kamar-gleimuld</u>	
Saviliiv	6
Kerge ja keskmine saviliiv	7
Raske saviliiv, savi	7

Uurimused on näidanud, et talinisu on õige tundlik füüsikalise savi sisalduse suhtes muldas. Ta annab maksimaalse saagi 30% füüsikalist savi sisaldaval neutraalsel või nõrgalt leeliselise reaktsiooniga mullal, mis sisaldab piisavalt kergesti omastatavat fosforit ja kaaliumi (J. Lepajõe). Sobivate muldade valik on aga piiratud. Seepärast tuleb talinisu kasvatada ka temale vähemsobivatel muldadel.

Talinisu on üsna nõudlik ka eelvilja suhtes. Katsed on näidanud, et talinisu annab kõige suuremat saaki herne, kartuli, ristiku ja rapsi või rüpsi järel (tabel 2). Talinisu monokultuuri (üle 2 aasta järjest samal põllul) saak on jäänud 50% väiksemaks kui talinisu kasvatamisel ühel kohal kaks aastat järjest ja 55% väiksemaks kui talinisu kasvatamisel kaunviljade järel. Liblikõielistejärgne talinisu on andnud 26...41% suurema saagi tema taaskülv.

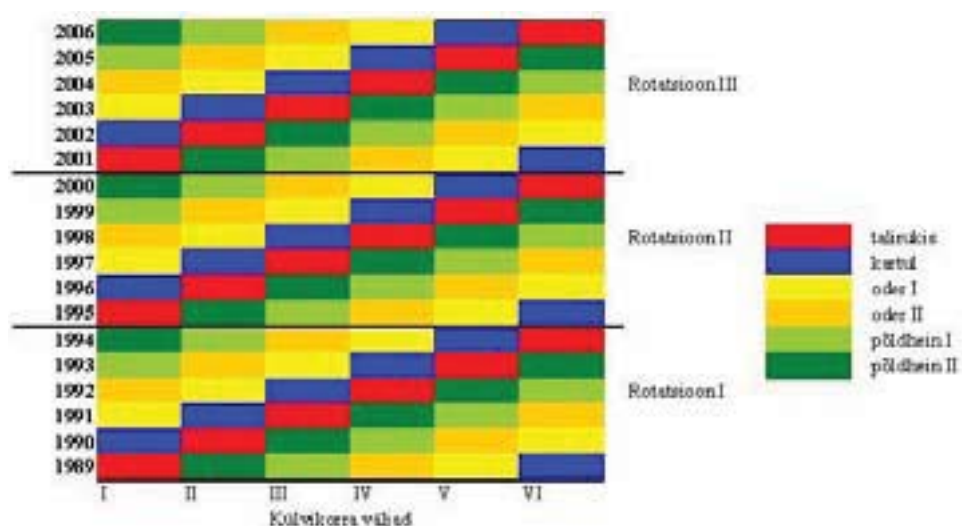
Väetiste mõjust talinisu saagile ja saagi kvaliteedile on Eestis avaldatud rohkesti teavet. Viimastes uurimustes märgitakse, et Eesti tingimustes hakkab talinisu üha enam kannatama väävlipuuduse all ja et väävliga väetamine võimaldab saagikust oluliselt suurendada (M. Järvan, A. Adamson).

Tabel 2. Eelvilja mõju talinisu saagikusele

Eelvili	Saak, t/ha	Saak võrreldes kontrolliga	
		t/ha	%
Ristik	3,49	-	-
Oder	3,04	-0,45	-12,9
Kaer	3,08	-0,41	-11,7
Talirukis	3,02	-0,47	-13,5
Talinisu	2,80	-0,69	-19,2
Hernes	3,70	0,21	6,0
Kartul	3,64	0,15	4,3
Raps, rüps	3,20	-0,29	-8,3

Eesti oludele sobivate mullaharimissüsteemide, mis põhinevad nn. adrapõhisel mullaharimisel, väljatöötamise teiste kõrval on kaaluka panuse andnud E. Haller ja H. Vipper. See mullaharimisviis on operatsioonidemahukas. Nõuab palju tööjõudu ja mootorikütust. Kui varem rajanes intensiivsel tootmisel umbrohutõrje mullaharimisele, siis käesoleval ajal on põllumehel kasutada nende tõrjeks väga tõhusad keemilised umbrohutõrje preparaadid. Avardu nud on ka mullaharimismasinade valik. Viimased on suure tootlikkusega, mis võimaldab oluliselt optimeerida mullaharimistöid. Need muutused ongi olnud tõukejõuks uutele otsingutele ka mullaharimisel. Mulda tuleb harida sihipäraselt, õigel ajal ja korralikult. Põhinõudeks on keskkonnasõbralikkus ja ökonoomsus. Erinevate mullaharimisvõtete mõju kompleksuurimustega alustati EMVI Kuusiku katsepõldudel möödunud sajandi kaheksakümnendate aastate algul. Esimesed katsed rajati kuivendatud gleisaviliivmullale Kahametsas. Kaheksakümnendate aastate lõpus laiendati uurimisi ka rähksetele muldadele. Sajandivahetusel lisandusid tootmistehnoloogilised katsed Eesti erinevates mullastiku regioonides.

Statsionaarkatsetes, mis rähksel mullal jätkuvad, uuritakse tavapärase (küнд adraga 22...25 cm), ülisügava (küнд adraga 33...35 cm) ja minimeeritud (pindmine harimine rullrandaaliga 8...10 cm) mullaharimise mõju mulla seisundile ja põllukultuuride saagile ning saagi kvaliteedile. Katses on järgmine kuueväljaline külvikord: kartul, oder, oder ristiku ja timuti allakülviga, põldhein, põldhein (joonis 1).



Joonis 1. Põllukultuuride järgnevus pikaajalises külvikorrakatses

Allakülviks kasutati segu, milles oli ristikut 75% ja timutit 25%. Külvikorraldaja keskmisena anti mineraalväetist järgmiselt: lämmastikku 60 kg/ha, fosforit 30,8 kg/ha ja kaaliumi 58,1 kg/ha. Katses kasvatatakse valdavalt Jõgeva SAI sorte. Kartul „Ando” või „Anti”, oder „Anni”, talirukis „Vambo”, ristik „Jõgeva 205” ning timut „Jõgeva 54”.

Läbiviidud uurimustest selgus, et erineva mullaharimise mõju kuueväljalise külvikorra saagikusele, nii kuivendatud gleisaviliivmullal kui ka rähksel liivsavimullal, oli väheoluline (tabel 3).

Tabel 3. Erineva põhimullaharimise mõju külvikorra saagikusele, GJ/ha

Kultuur	Tavapärasel mullaharimisel	Ülisügaval mullaharimisel	Minimeeritud mullaharimisel
Kuivendatud gleisaviliivmull (1991-1997)			
Kartul	64,78	61,01	61,81
Oder	42,93	39,13	41,46
Oder	30,42	30,53	29,03
Põldhein	55,66	52,87	53,32
Põldhein	48,43	46,79	45,95
Talirukis	52,82	51,04	51,47
Keskmine	49,35	46,90	47,17
Rähkne liivsavimull (1989-2005)			
Kartul	82,18	83,01	81,73
Oder	50,28	51,69	48,78
Oder	38,52	38,82	35,96
Põldhein	76,19	78,03	77,64
Põldhein	54,33	55,37	52,22
Talirukis	52,54	59,75	50,81
Keskmine	59,01	60,11	57,84

Külvikorra produktsioon jäi minimeeritud mullaharimisel 2,0...4,4% väiksemaks kui tavapärasel mullaharimisel. See ei ole statistiliselt usutav. Talirukis, mille eelviljaks oli teise kasutusaasta põldhein, andis minimeeritud harimise foonil, võrreldes tavaharimisega, 2,6...3,3% väiksema saagi. See erinevus jäi aga katsevea piiresse, seega mitteusutavaks. Kui aga vaadata mullaharimisele kulutatud mootorikütust (tabel 4), siis mõõtmised näitasid, et minimeeritud mullaharimisel kulutati võrrelduna tavapärase harimisega, mootorikütust 40,3...43,6 l/ha vähem.

Tabel 4. Mullaharimisele kulunud mootorikütus talirukki põldheinajärgsel viljelemisel, l/ha

Töö	Mullaharimise variant					
	tavapärase		ülisügav		minimeeritud	
	sl	ls	sl	ls	sl	ls
Kamara purustamine 2 x	9,4	9,7	9,4	9,7	9,4	9,7
Kündmine	22,1	23,5	31,6	32,0	-	-
Külveelne mullaharimine 2 x	9,8	9,9	9,8	9,9	9,8	9,9
Külvamine	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Külvijärgne mullaharimine:						
rullimine	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
äestamine	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Kokku	54,9	59,7	64,4	65,2	32,8	33,2

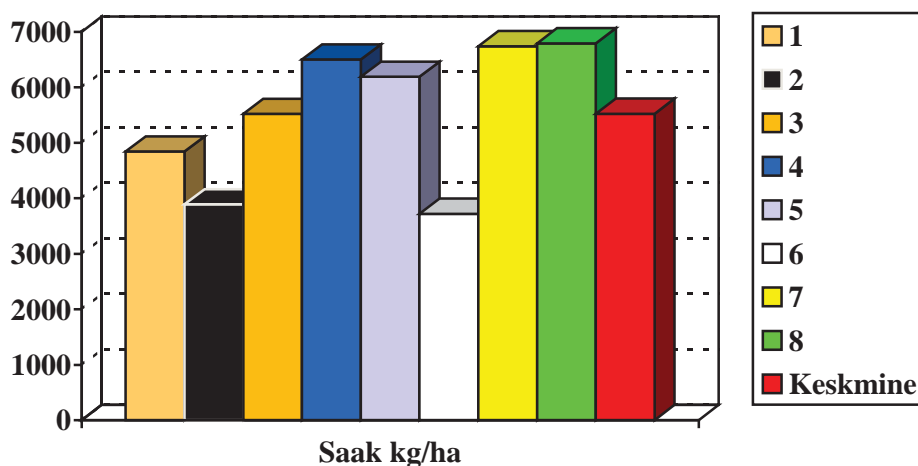
Praegustes mootorikütuse jaehindades säästaksime minimeeritud harimisega hektari kohta 287...305 krooni. Ülisügavat mullaharimist ei saa praeguses majanduslikus situatsioonis pida da otstarbekaks.

Minimeeritud mullaharimisel põhineva taliviljade viljelemise eelis ilmnes väga sademete-rohkel 2004. a sügisel. Paljudel tavatehnoloogia kasutajatel jäi sel sügisel talivilvi üldse kül-vamata, sest mulda ei suudetud külviks ette valmistada. Statsionaarkatses rähksel liivsavimul-lal see kuidagi siiski tehti. Minimeeritud harimise foonil aga erilisi takistusi mullaharimisel ega ka külvil ei olnud. 2005. a koguti minimeeritult haritud teise kasutusaasta järgse põldhei-na põllult talinisu 40,1% rohkem kui tavapärase mullaharimise foonilt (tabel 5).

Tabel 5. Erineva põhimullaharimise mõju talinisu „Portal” saagile rähksel liivsavimullal

Mullaharimine	Saak, t/ha	Saak võrreldes kontrolliga	
		t/ha	%
Tavapärane (kontroll)	4,89	-	-
Ülisügav	5,41	0,52	10,6
Minimeeritud	6,85	1,96	40,1

Statsionaarkatsetes kasutatud masinad ei olnud kõige kaasaegsemad. Tootjatel on aga ka-sutada palju kaasaegsemad mullaharimise ja külvimasinad. Statsionaarkatsete tulemuste kont-rollimiseks sai tootmises läbi viidud terve rida tootmistehnoloogilisi katseid, kus mulda hariti rullrandaalidega mille tööseadiseks olid kettad ja tasandusrullid. Kuna igas regioonis olid eri-nevate firmade masinad, siis ei saa anda hinnangut nende töösobivusele. Katsete eesmärgiks oli jälgida mullas toimuvaid protsesse ja määrata saagikus. Uurimustest selgus, et minimeeri-tud mullaharimisel kujunesid nii talinisu, tritikale kui talirukki saagid väga erinevateks. Tingi-tud oli see katsekoha mullaviljakusest ja eelviljadest. Kaheksa erineva tootmistehnoloogilise talinisukatse keskmiseks saagiks kujunes 5,25 t/ha (joonis 2).



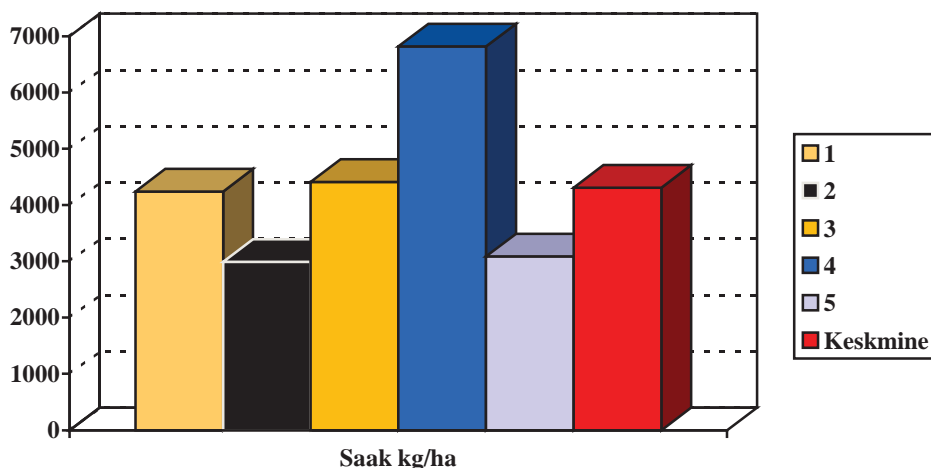
Joonis 2. Minimeeritud mullaharimise mõju talinisu saagile

Madalaim saak oli 3,71 t/ha ja kõrgeim 6,79 t/ha. Reeglina olid kõrgemad rapsijärgsed ta-linisu saagid (variandid 3, 4, 5, 7 ja 8). Madalamaks jäid saagid siis, kui eelviljaks oli oder (va-riandid 1, 2 ja 6).

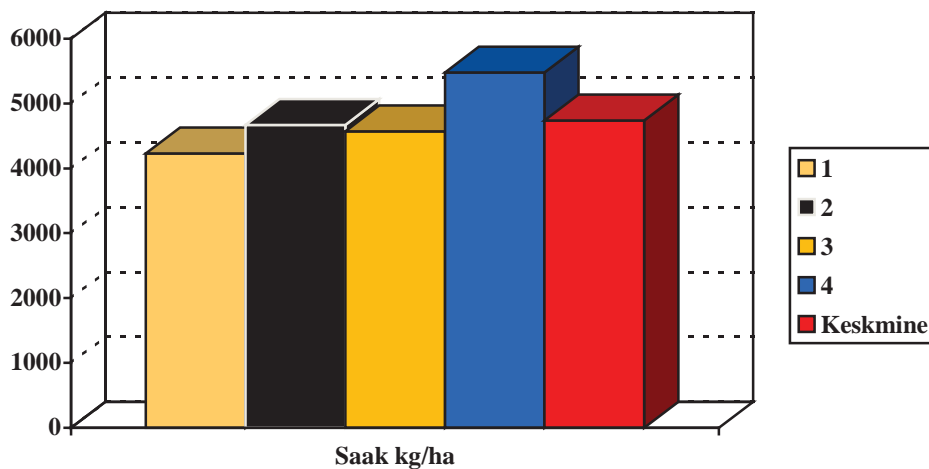
Nelja tritikalekatse keskmiseks saagiks kujunes 4,45 t/ha (joonis 3). Eelvilja mõju tritikalesaagile oli väiksem kui talinuisusaagile. Odrajärgseks keskmiseks saagiks (variandid 1 ja 2) kujunes 4,09 t/ha ja rapsijärgseks 4,80 t/ha (variandid 3 ja 4).

Viie talirukkikatse keskmiseks saagiks kujunes 4,72 t/ha (joonis 4). Kõige madalamaks jäi talirukki saak minimeeritult haritud varajase odra järel 3,65 t/ha (variandid 2 ja 5). Rapsi järel kujunes saagiks 3,98 t/ha (variandid 1 ja 3). Parimaks talirukki eelviljaks osutus külviaasta ristik, mis viidi kergadruga 12...15 cm sügavusele mulda (variant 4).

Tavapärasele mullaharimisele rajaneva taliviljade viljelemise tehnoloogial on probleemiks külveelne mullaharimine. Reeglina kasutatakse selleks lausharimise kultivaatoreid. Kivistel muldadel katkutakse selle tööga neid rohkesti mullapinnale. Nende korjamine nõuab aga palju töoaega ja -jõudu. Tehnoloogilised vaatlused näitasid, et kivide korjamine jääb ära kui küntud põldude külveelseks harimiseks kasutada põimagregaati Väderstad Rexius (tööseadiseks on labasilur ja tihendusrullid) või Simba-Unipress (tööseadiseks on kobestuskäpad ja tihendusrullid). Värskeltküntud kerge ja keskmise lõimisega muldadel võis nende tööd pidada võrdsest heaks. Küntuna seisnud (kuu ja enam) ja rasketel muldadel oleks eelistatum kasutada Simba-Unipressi.



Joonis 3. Minimeeritud mullaharimise mõju tritikale saagile



Joonis 4. Minimeeritud mullaharimise mõju talirukki saagile

Pindmise mullaharimise mõju odra saagile

Mullaharimise tehnoloogiad taimikasvatuses võib liigitada kolmeks – künnil baseeruvad, künnita mullaharimine ja nn. otse- ehk kõrdekülv, kus mulda ei harita. Mullaharimise ratsionaalse korraldamise põhinõudeks peab saama võimalikult täiuslik diferentseeritus. Mullaharimisvõtete ja masinate valikul peab vastama mulla seisundile, kasvatatava kultuuri iseärasustele, ilmastikule, umbrohtumusele ja keskkonnakaitse nõuetele. Nii nagu mujal maailmas on ka Eestis aasta aastalt laienenud põllukultuuride, sealhulgas suviteraviljade, kasvatamine minimeeritud mullaharimise ja otsekülvi meetodil. Uute tehnoloogiate kasutuselevõttu on kõige enam mõjutanud energia kallinemine (mootorikütus) ja keskkonnanõuete karmistamine. Teisalt ka see, et tootjatel on olemasolev taimikasvatuse masinapark nii füüsiliselt kui ka moraalselt vananenud. Konkurentsivõimelise tootmise tagamiseks on vaja masinaid pidevalt uuendada. Teraviljast kasvatatakse Eestis kõige suurematel pindadel suviteravilja, eriti otra. Tema le parimateks eelviljadeks on kartul, ristikurohke põldhein, hernes, raps ja rüps. Taaskülvile ja monokultuuris (enam kui kolm aastat samal kohal) kasvatamisele reageerib tugeva saagilangusega.

Seda, kuidas reageerib oder erineva intensiivsusega mullaharimisele, on pikka aega uuritud EMVI Kuusiku statsionaarkatsetes. Viljavaheldusliku külvikorra (külvikord nii ajas kui ruumis) katses uuritakse tavapärase (küünd 22...25 cm), ülisügava (küünd 33...35 cm) ja minimeeritud (pindmine mullaharimine 8...10 cm) mõju mulla seisundile ja odra saagile. Pikaajalise võrdluskatse tulemustest annab ülevaate tabel 1.

Tabel 1. Erineva mullaharimise mõju odra saagikusele

Eelvili	Muld	Saak, t/ha		
		tavapärasel mullaharimisel	ülisügaval mullaharimisel	minimeeritud mullaharimisel
Kartul	kuivendatud gleisaviliivmuld 1991-1997	3,80	3,45	3,66
	rähkne liivsavi 1989-2005	4,45	4,54	4,31
	Keskmine	4,13	4,00	3,99
Oder	kuivendatud gleisaviliivmuld 1991-1997	2,69	2,70	2,57
	rähkne liivsavi 1989-2005	3,41	3,42	3,17
	Keskmine	3,05	3,06	2,87

Nendest andmetest on näha, et odrasaak rähksel liivsavimullal oli eelviljade keskmisena 18,8% suurem kui kuivendatud gleisaviliivmullal. Tugev oli ka eelvilja mõju. Kartulijärgse odra saak oli mullaharimisvariantide keskmisena 26% suurem kui odra taaskülvil. Erineva mullaharimise mõju odra saagile oli aga tagasihoidlik. Minimeeritud mullaharimise variandi

odrasaagid jäid 0,14...0,18 t/ha ehk 3,4...5,1% võrra väiksemaks kui tavapärasel mullaharimisel. Saagivahe ei ole aga statistiliselt usutav. Ülisügava mullaharimise variandi odrasaak jäi praktiliselt samale tasemele kui tavapärasel mullaharimisel.

Monokultuurses odra külvikorras, kus umbrohtude ja taimehaiguste esinemise oht on suur, mõjutab künnist loobumine saaki tugevasti (tabel 2).

Tabel 2. Erineva mullaharimise mõju monokultuurse odra saagile

Mullaharimine	Saak, t/ha		Enamsaak	
	Pestitsiidideta foonil	Pestitsiidide foonil	t/ha	%
Kuivendatud gleisaviliiv (1991-1997)				
Sügiskünd 22-25 cm	3,13	3,57	0,44	14,0
Kevadküünd 22-25 cm	2,86	3,37	0,51	17,8
Mulla kobestamine 15-18 cm	2,95	3,26	0,31	10,5
Mulla kobestamine 8-10 cm	2,73	3,17	0,44	16,1
Rähkne liivsavi (1991-2003)				
Sügiskünd 22-25 cm	3,09	3,34	0,25	8,1
Kevadküünd 22-25 cm	3,08	3,29	0,21	6,8
Mulla kobestamine 15-18 cm	2,46	2,99	0,53	21,5
Mulla kobestamine 8-10 cm	2,71	3,07	0,36	13,3

Mulla pindmisel harimisel (kobestamine 8...10 cm) jäi pestitsiidideta fooni odrasaak 0,38...0,40 t/ha ehk 12,3...12,8% väiksemaks kui sügiskünnil. Sügavama pindmise mullaharimise (15...18 cm) negatiivne mõju oli rähksel liivsavimullal väga tugev. Odrasaak vähenes 0,63 t/ha ehk 20,4%. Kuivendatud gleisaviliivmullal oli negatiivne mõju väiksem. Pestitsiidide kasutamisel minimeeritud mullaharimise negatiivne mõju nõrgenes. Künniaja mõju saagikusele (eriti rähksel liivsavimullal) oli väike. Pestitsiidide mõju kuivendatud gleisaviliivmullal oli ühtlaselt tugev kõikidel mullaharimise foonidel, rähkse liivsavimulla minimeeritud mullaharimise foonidel aga oluliselt tugevam kui künnil.

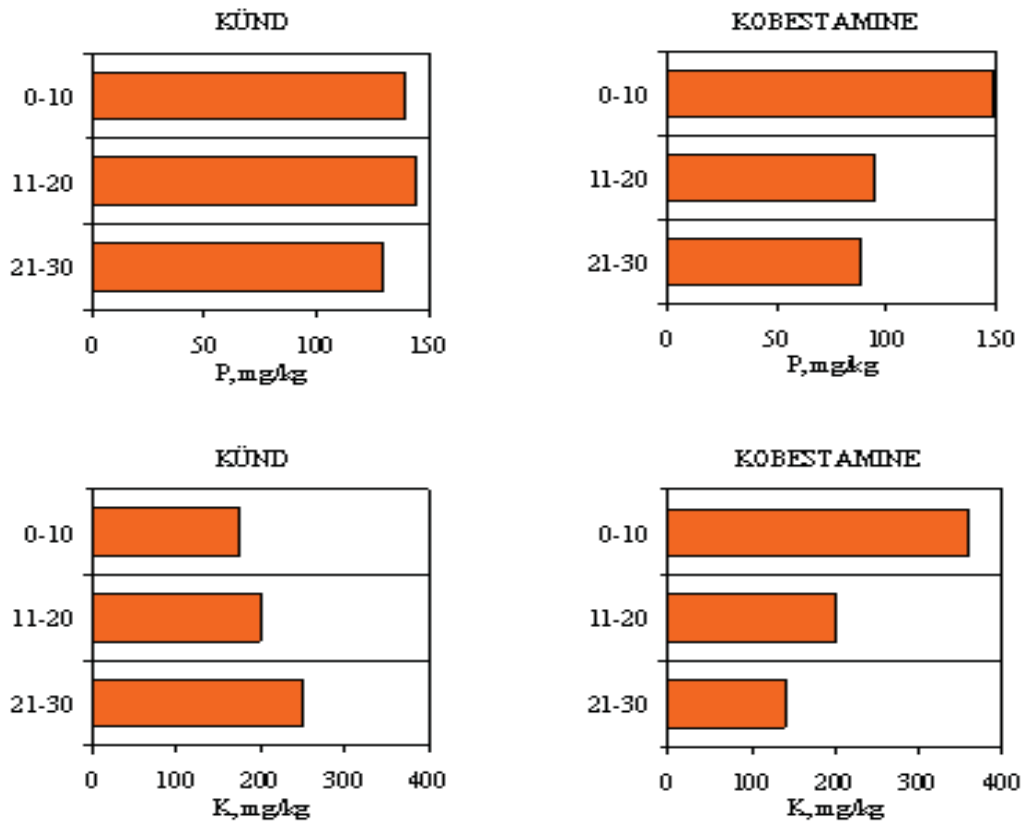
Tootjale on väga oluline teada kui palju kulub saagi saamiseks ressursse. Odra kasvatamisel mullaharimisele kulutatud mootorikütusest annab ülevaate tabel 3.

Tabel 3. Mullaharimisele kulunud mootorikütus rähksel liivsavimullal, l/ha

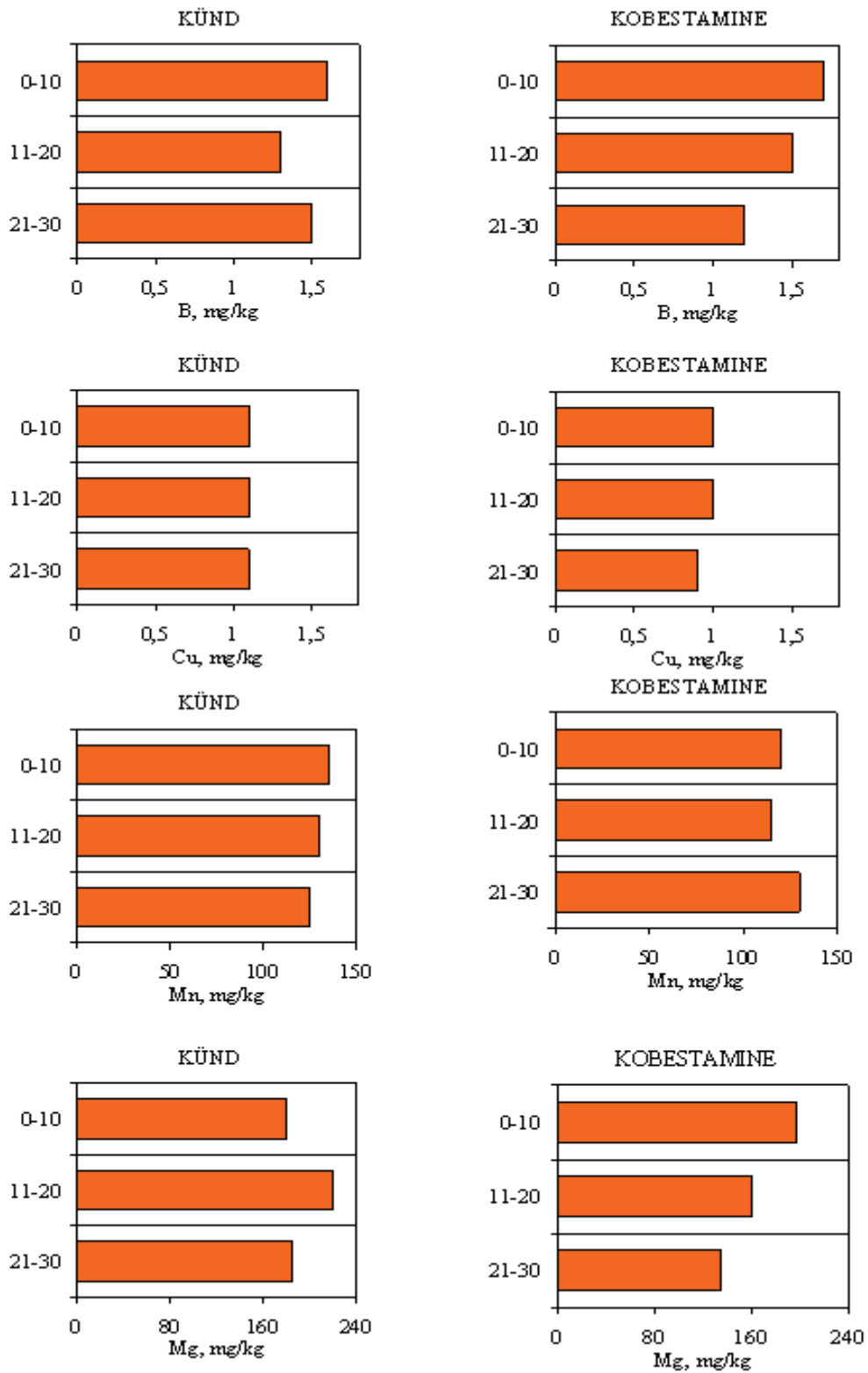
Töö	Mullaharimise variant			
	Sügiskünd	Kevadküünd	Mulla kobestamine	
			15-18 cm	8-10 cm
Koorimine	4,7	4,7	9,7	9,7
Kündmine	22,1	22,0	-	-
Kobestamine	-	-	10,7	-
Külvieelne mullaharimine 2 x	9,8	9,9	9,8	9,8
Külvamine	5,8	5,8	5,8	5,8
Külvijärgne rullimine	3,6	3,6	3,6	3,6
Kokku	46,0	46,0	39,6	28,9

Toodud andmetest nähtub, et tavapärasel tootmisel kulus mootorikütust 46 l/ha, mulla sügaval kobestamisel 16,9% ja õhukesel kobestamisel 37,2% vähem.

Mullaviljakuse oluliseks näitajaks on toitainete sisaldus. Erineva mullaharimise mõju nende üldsisaldusele 0...30 cm mullakihis ei täheldatud. Tugevasti mõjutas erinev mullaharimine aga nende paiknemist mullas (joonised 1 ja 2).

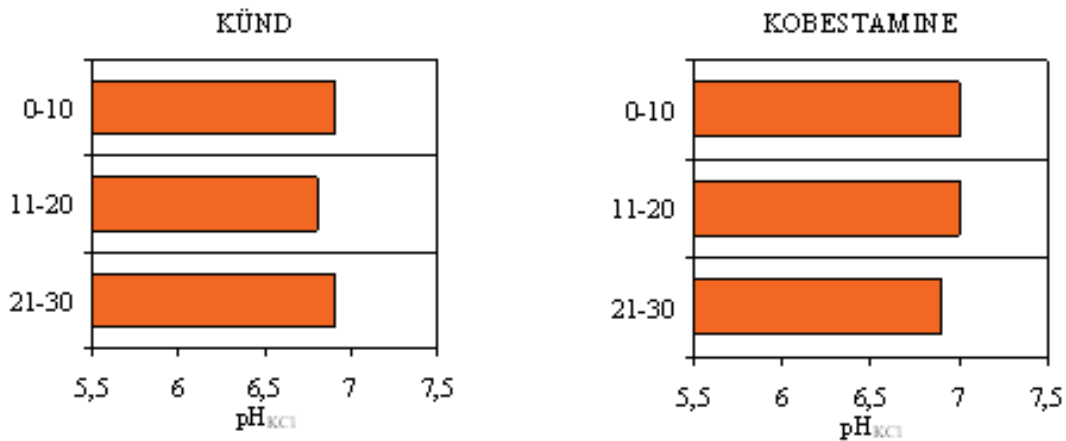


Joonis 1. Erineva mullaharimise mõju makroelementide jaotumisele mullas



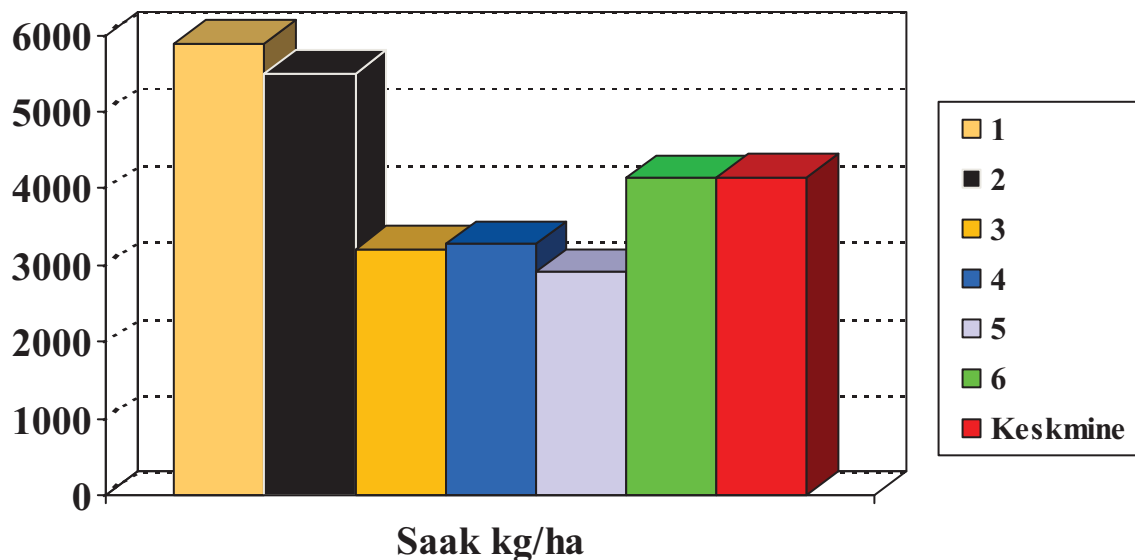
Joonis 2. Erineva mullaharimise mõju mikroelementide jaotumisele mullas

Kui künnivariandis olid põhitoitained (fosfor, kaalium) ja ka mikroelemendid (boor, magneesium, vask ja mangaan) jaotunud suhteliselt ühtlaselt 0...30 cm mullakihis, siis viisteist aastat pindmiselt haritud variandis paiknes makroelementidest ligi pool pindmises 0...10 cm mullas. Mikroelementide paiknemine ei olnud nii selgepiiriline. Muutuseid ei täheldatud ka mulla happesuses (joonis 3).



Joonis 3. Erineva mullaharimise mõju mulla happesusele

Tootmistehnoloogilistes minimeeritud mullaharimise katsetes kujunesid saagid küllalt kõrgeks (joonis 4). Kuue erineva katsekoha keskmiseks saagiks oli 3,95 t/ha. Rapsi järel oli odrasaak 4,85 t/ha (variandid 1, 2 ja 6) ja odra taaskülvi variantides (variandid 3,4 ja 5) 3,05 t/ha.



Joonis 4. Minimeeritud mullaharimise mõju odrasaagile

Andmaks hinnangut erinevate põimmasinatega mullaharimisele, rajati koostöös Olustvere TMKK, Kemira Grow-How ja mullaharimismasinaid maaletöövate firmade 2005. a sügisel võrdluskatse. Variantide kirjeldus on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Põimagregaadid odra mullaharimise katses Olustveres

Variant	Masin	Harimissügavus, cm
Kergader		
I	Kverneland Ecomat 650 + Packomat	12-13
Rullkäpprandaalid		
II	Väderstad Cultus CS400	13-15
III	Horsch Tiger 3 AS	13-15
IV	Horsch Terrano FX4	13-15
V	Kuhn Mixter 100	13-15
VI	Amazone Centaur 4002	13-15
VII	Vogel-Noot Terra Mix 400	13-15
Rullrandaalid		
VIII	Tume Cultipac 3000	8-10
IX	Einböck Twister 300N	8-10
X	Simba X-Press 6,6	8-10
XI	Väderstad Carrier CR 500	8-10
XII	Lemken Rubin 9/600 KÜA	8-10
XIII	Vogel-Noot Terra Disc 400	8-10
XIV	Amazone Catros 4001	8-10
XV	Pöördader	22-25
XVI	Otsekülvik	-

Eelviljaks oli suvinisu, mis koristati augusti teisel dekaadil. Põhk tagastati mulda. Sügise- ne mullaharimine viidi läbi 30. septembril 2005. a. Järgmise aasta kevadel anti eraldi tööga kompleksväetist (4-11-40) 200 kg/ha. Oder „Inari” (400 idanevat tera m²) külvati 04. mail. Odra võrsumise ajal anti ammoniumnitraati 250 kg/ha. Umbrohutõrjeks kasutati Granstari 8 g/ha ja Primus 0,1 l/ha.

Katses uuriti erinevate põimagregaatidega harimise mõju mulla lasuvustihedusele, umbrohtumisele ja odra terasaagile. Põimagregaatide toime mulla lasuvustihedusele sõltus harimise sügavusest (tabel 5).

Rullrandaalidega harimisel kobestus vaid pindmine 0...10 cm mullakiht. Kergadra, rullkäpprandaali ja adraga kobestati aga märksa sügavamalt. Mulla lasuvustihedus ei muutunud oluliselt ka talve jooksul. Täheledata võis seda, et kevadeks oli mullakiht 21...30 cm mõnevõrra kobedam kui eelmise aasta sügisel.

Umbrohtumust hinnati viie palli süsteemis vahetult enne koristamist. Tugevaks (viis palli) hinnati see, kui ruutmeetril oli enam kui 25 taime ja neid esines kõikides rinnetes. Kui umbrohtu ei esinenud, siis anti hindeks 1 pall. Tulemused on toodud tabelis 6.

Tabel 5. Mulla lasuvustihedus Olustveres 2005-2006, Mg/m³

Masinad	Horisont, cm	30.09.05	04.10.05	10.05.06
Kergader	0-10	1,32	1,18	1,10
	11-20	1,35	1,24	1,28
	21-30	1,44	1,45	1,34
Rullkääprandaalid	0-10	1,35	1,22	1,19
	11-20	1,35	1,30	1,29
	21-30	1,47	1,44	1,38
Rullrandaalid	0-10	1,33	1,11	1,10
	11-20	1,35	1,34	1,30
	21-30	1,44	1,43	1,39
Pöördader	0-10	1,35	1,15	1,13
	11-20	1,35	1,18	1,22
	21-30	1,41	1,36	1,35
Otsekülvik	0-10	1,35	1,31	1,19
	11-20	1,36	1,36	1,33
	21-30	1,42	1,42	1,38

Tabel 6. Umbrohtude arvukus odrakatses Olustveres

Variant	Hinne, pallides	Valitsev liik
I	1	kesalill
II	2	kesalill, puju
III	1	kesalill, puju
IV	2	kesalill, puju
V	2	kesalill, puju
VI	2	kesalill, puju
VII	2	malts, kesalill
VIII	2	malts, kesalill
IX	3	kesalill, puju
X	2	kesalill, puju
XI	2	kesalill, puju
XII	1	malts
XIII	2	malts, kesalill
XIV	2	malts, kesalill
XV	2	kesalill, malts
XVI	5	kesalill, malts

Umbrohtumust võib hinnata keskmiseks. Valitsevateks liikideks olid kesalill, malts ja puju. Väga tugev oli umbrohtumine otsekülvi variandis. Erinevate põimagregaatidega mõju nende arvukusele oli sarnane. Keemilise umbrohtutõrjega suudeti need praktiliselt täielikult hävitada.

Taimiku tihedus kujunes väga erinevaks. Kergadruga harimise foonil oli ruutmeetril 421, rullkääprandaalidega harimise foonil 465, rullrandaalidega harimise foonil 443, adruga harimise foonil 431 ja otsekülvi foonil 377 produktiivset võrset. Taoline taimiku tihedus aga od-rasaagis ei kajastunud (tabel 7).

Tabel 7. Odra „Anni” terasaagid Olustveres

Variant	Masin	Saak, t/ha
I	Kverneland Ecomat 650 + Pacomat	3,38
II	Väderstad Cultus CS400	3,29
III	Horsch Tiger 3 AS	3,56
IV	Horsch Terrano FX4	3,25
V	Kuhn Mixter 100	3,26
VI	Amazone Centaur 4002	3,35
VII	Vogel-Noot Terra Mix 400	3,45
Rullkäpprandaalide keskmine		3,36
VIII	Tume Cultipac 3000	3,23
IX	Einböck Twister 300N	3,28
X	Simba X-Press 6,6	3,28
XI	Väderstad Carrier CR 500	3,28
XII	Lemken Rubin 9/600 KÜA	3,46
XIII	Vogel-Noot Terra Disc 400	3,21
XIV	Amazone Catros 4001	3,28
Rullrandaalide keskmine		3,29
XV	Pöördader	3,18
XVI	Otsekülvik	3,20

Kergadrage, rullkäpprandaalidega ja rullrandaalidega haritud variantide saak kujunes praktiliselt võrdseks - vastavalt 3,38, 3,36 ja 3,29 t/ha. Tavaadrage künnivariandi saak jäi kontrollvariandi (kergader) saagist 0,20 t/ha ehk 5,9% ja otsekülvivariandi saak 0,18 t/ha ehk 5,3% väiksemaks. Herbitsiidide mõju saagile oli aga tugev, kõikide variantide keskmisena oli enamsaak 0,42 t/ha ehk 13%.

Rullkäpprandaaliga harimise eelis rullrandaaliga harimise ees ilmnis aga katses tihenenu (1,50...1,57 Mg/m³) keskmine liivsaviilõimisega mullal Kuusikul. 2005. a sügisel võrreldi seal rullkäpprandaaliga Simba Solo (töösügavus 15...20 cm), rullrandaaliga Väderstad Carrier (töösügavus 8...10 cm) ja tavaadrage künnimise (töösügavus 20...22 cm) mõju mulla lasuvustihedusele ja odra saagile. 2006. a kevadel enne külvi oli rullkäpprandaaliga ja adraga haritud mulla pindmise 0...20 cm mullakihi lasuvustihedus 1,26 Mg/m³ ning rullrandaaliga haritud variandis samasuguse tihedusega poole õhem mullakiht. Selle all oli aga väga tihenenu muld. Talvise sügava mulla läbikülmumise mõjul oli, võrreldes sügisega, tihes kevadel küll 0,3...0,5 Mg/m³ võrra väiksem, kuid ikkagi optimaalseks taimekasvaks liialt suur. Odrasaagiks kujunes rullkäpprandaaliga haritud foonil 3,88 t/ha, künni foonil 3,07 t/ha ja rullrandaaliga haritud foonil 2,91 t/ha. Künnivariandi madala saagi põhjuseks võib pidada nii vaopõhja viidud põhku, kui ka tihed, mis takistas kapillaarvee tõusu sügavamatest kihtidest pinnakihti (joonis 5).



Adratihes

Neljateistkümne erineva põimagregaadiga mullaharimise mõju uurimisel mulla seisundile ja suviotra saagile Olustvere katsepõllu mullastikutingimustes ning 2006. a ilmastikuoludes selgus, et võrreldes kontrollvariandiga, milleks oli Kverneland Ecomatiga 12...13 cm sügavusest harimine, ei olnud teiste mullaharimismasinatega haritud variantide saagid usutavalt erinevad.

Katsed andsid tõestust, et odra kasvatamiseks nendel muldadel, millel ei ole selgelt välja kujunenud tihed, võib piirduda 8...10 cm sügavuse mullaharimisega. Eriti sobilik on rullrandaale kasutada põllule tagastatud põhu ja selle lagundamiseks lisatud vedelsõnniku muldasegamiseks. Rullkäpprandaalidega harimine on aga vajalik tihenenud muldadel ($1,50...1,65 \text{ Mg/m}^3$).

Ka suvivilja puhul on otstarbekas selliseid katseid jätkata ja laiendada saamaks mitmeaastaseid andmeid nii teiste muldade kui ilmastikuolude korral.

VILJELUSTEHNOLOOGIAD VILJELUSVÕISTLUSE PÕLDUDEL

Viljelusvõistlusel, mida Eestis on korraldatud juba 11 aastat, on väga kaalukas osa taimikasvatuse edendamisel. See üritus on näidanud, et ka Eesti mullastik-kliimatilistes oludes on võimalik saada nii teraviljade kui ka õlikultuuride kõrgeid saake. Seda üritust võib kindlalt pidada taimikasvatuse kõrgemaks kooliks. Viljelusvõistluse võitjaid teatakse ja tuntakse. Nende juures käiakse teavet saamas. Siin põllumees õpib põllumehelt. Selle kaudu on viljelusvõistlus aidanud kaasa ka uute toodete (väetised, taimekaitsevahendid), masinate ja tehnoloogiate evitamisele ning agrotehnikaalaste uurimistulemuste kiirele levitamisele.

Viljelusvõistlus – rekordsaagid

Kultuur	Eelvil	Mullaharimine	Saak, t/ha
Talinisu	Taliraps	Pindmine	10,73
Talirukis	Rohumaa	Künd	10,4
Talioder	Taliraps	Pindmine	12,03
Oder	Teravili	Pindmine	7,72
Varajane oder	Ida-kitsehernes	Künd	7,4
Suvinisu	Mais	Pindmine	8,36
Kaer	Teravili	Künd	7,2
Hernes	Valge mesikas	Künd	6,6
Suviraps	Kaer	Künd	3,73
Taliraps	Teravili	Pindmine	6,86
Talirüps	Ristik	Pindmine	3,64
Tritikale	Teravili	Künd	7,8

Kokku oli viljelusvõistluse põldude pind 1030,5 hektarit. Kõige suurem oli talirapsi ja talinisu kasvupind. Teisi kultuure kasvatati väiksemal pinnal. Põllukultuuride keskmised saagid kujunesid kõrgeks (vt tabel).

Viljelusvõistlus 2005–2015

Kultuur	Põlde	Keskmine saak (t/ha)	Rekordsaak (t/ha)
Talinisu	66	7,10	10,73
Talirukis	37	6,71	10,4
Talioder	5	6,95	12,03
Taliraps	42	4,09	6,86
Suviraps	23	2,85	3,73
Keskvalmiv oder	16	5,94	7,72
Varajane oder	4	5,64	7,4
Suvinisu	11	5,42	8,36
Kaer	7	5,90	7,2

Oluline osa 2015.a. saagi kujunemisele oli ilmal. 2014.a. kõlvid said maha optimaalsel ajal. Taliraps augusti esimesel poolel ja taliteraviljad septembri esimesel-teisel dekaadil. Sügis oli pikk ja suhteliselt soe ning parajate sademetega. Taimed jõudsid küllaldaselt talveks valmistuda. Talv tuli alles jaanuaris. Kestis ligi kaks kuud. Oli suhteliselt soe ja

vähese lumega. Põllud vabanesid lumikattest märtsi alguseks. Esimene põlluleminek, väetamise aeg, saabus märtsi esimesel dekaadil. Põllumees seda võimalust keskkonnakaitselisest meetmest tulenevalt aga kasutada ei saanud. Võimalus tekkis alles esimesel aprillil. Seda kasutati ka ära taliviljade pealtväetamiseks ja kasvuregulaatorite manustamiseks. Edasine kasvuperiood kujunes samuti soodsaks, Mai ja juuni olid tavapärasest jahedamad ja keskmiste sademetega. Juuli mõnevõrra soojem. Seetõttu said taimed läbida oma kasvutsüklid normaalselt. Koristama sai alustada alles augustis.

Muld

Muld on taimikasvatuse tootmise vundament. Tema seisundist sõltub pealisehitus s.o saagikus. Viljelusvõistluse põldude mulla aktiivkiht (huumuskiht) oli valdavalt 25...30 cm. Lõimis saviliiv või kerge kuni keskmine liivsavi. Pindmine (0...15 cm) mullakiht oli parajalt kobe (lasuvustihedus 1,10...1,23 Mg/m³). Kõigil küntud põldudel oli aga künnialune muld tiheneud (lasuvustihedus 1,45...1,51 Mg/m³). Tihes pärsib aga taimejuurte kasvu ja ka vee liikumist mullas. Võistluspõldude mullad olid suhteliselt viljakad. Makroelementide (P, K, Mg) sisaldus valdavalt keskmine, mikroelementide (Cu, Mn, B) aga madal.

Eelvilj

Eelviljade osa saagi kujunemisele on väga oluline. Teraviljadele (nii tali- kui ka suviteraviljadele) on paremateks peetud rohumaid. Need on kas söödipõllud, liblikõieliste rohked põldheinapõllud või liblikõieliste puhaskultuurid. Samad eelviljad on head ka õlikultuuridele. 2015.a. oli eelviljade osas seis järgmine: taliteravilju kasvatati valdavalt pärast õlikultuure ja õlikultuure pärast rohumaid. Viljelusvõistluse käigus on toimunud olulised muutused viljavahelduses. Aastaid oli kasutuses viljavaheldus: rohumaa-taliteravilja-õlikultuurid, siis viimastel aastatel on viljavaheldus olnud järgmine: rohumaa-õlikultuurid-taliteravilja. Kokkuvõttes on selline viljavaheldus andnud ligi viiendiku suurema kogusaagi.

Mullaharimine

Mullaharimise eesmärgiks on kultuurtaimede soodsate kasvutingimuste loomine. Kuna mullaharimine on tömahukas, siis tuleb püüda seda teha hoolikalt ja ratsionaalselt. Mullaharimisega on otseselt mõjutatavad mulla vee- ja õhurežiim, samuti soojus- ja toiterežiim. Viljelusvõistluse põldudest hariti pindmiselt 59%, künnipõhiselt 37% ja harimata ehk otsekülvil 4% (tabel 2).

Tabel 2. Mullaharimine viljelusvõistluse põldudel (põldude arv).

Kultuur	Küüdmine	Pindmine mullaharimine	Otsekülv
Taliniisu	4	6	1
Talirukis	1	5	
Talioder	2	4	
Suvinisu	1	2	
Suviuder	1	2	
Taliraps	8	7	
Talirüps	-	1	1
Kokku	17	27	2

Põllukultuuride saagid erinevalt haritud viljelusvõistluse põldudel kujunesid järgmiseks (tabel 3). Nendest andmetest nähtub, et mullaharimise intensiivsuse mõju põllukultuuride saagile ei olnud oluline. Erandiks on talirukis (künnifoonil saak oluliselt suurem kui pindmisel mullaharimisel) ja talioder ning suvinisu (künnifoonil saak oluliselt väiksem kui pindmisel mullaharimisel). Põhjus on siin valimite hulgas. Küntud talirukki ja suvinisupõlde vaid üks ja taliodrapõlde kaks.

Tabel 3. Põllukultuuride saagid erineval mullaharimisel, t/ha.

Kultuur	Küandmine	Pindmine mullaharimine
Talinisu	8,80	9,15
Talirukis	10,29	8,72
Talioder	7,66	8,69
Suvinisu	4,87	7,85
Suvioder	7,24	7,52
Taliraps	5,57	5,63
Talirüps	-	3,64

Viljelusvõistluse kultuuride saagid 2005–2015

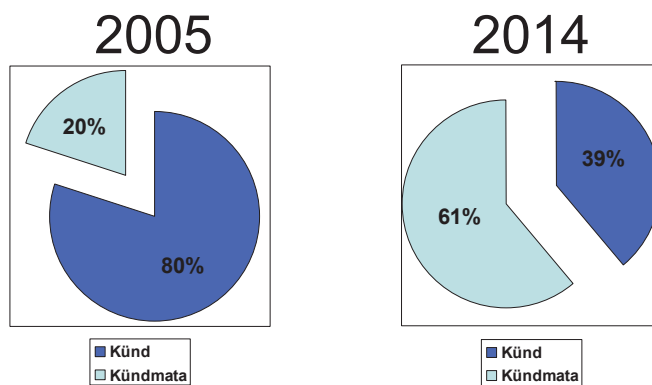
Kultuur	Põlde	Keskmine saak (t/ha)	Rekordsaak (t/ha)
Talinisu	66	7,10	10,73
Talirukis	37	6,71	10,4
Talioder	5	6,95	12,03
Taliraps	42	4,09	6,86
Suviraps	23	2,85	3,73
Keskvalmiv oder	16	5,94	7,72
Varajane oder	4	5,64	7,4
Suvinisu	11	5,42	8,36
Kaer	7	5,90	7,2

Mullaharimise mõju tootmistehnoloogilistes katsetes

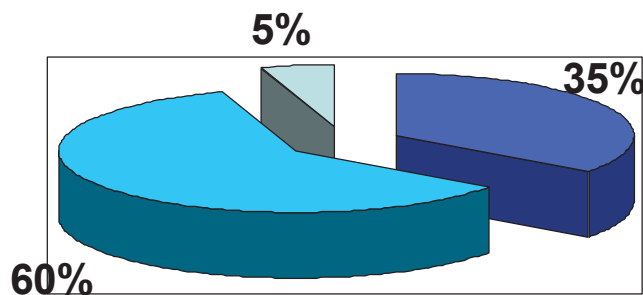
Kultuur	Küandmata	Künd	Künni mõju	
			t/ha	%
Talinisu	6,75	6,30	-0,45	-6,8
Talirukis	4,49	4,57	0,08	1,8
Oder I	4,52	4,56	0,04	0,9
Oder II	3,58	3,74	0,16	4,3
Suviraps	2,15	2,24	0,09	4,0

Mullaharimise intensiivsuse muutus viljelusvõistluse põldudel

Olulised muutused on toimunud viljelusvõistlejate suhtumises mullaharimisse. Kui 2005.a. hariti intensiivselt (adrage) 80% põldudest, siis kümme aastat hiljem ainult 39%.



Mullaharimine talinisu põldudel



Talinisu minimeeritud mullaharimise foonil

Külvid

Valdavalt kasutati põimkülvikuid, millega viidi mulda nii seemned kui ka põhiväetised. Kahel võistluspõllul kasutati ka otsekülvikuid (külvati talirapsi ja talinisu). Külvide taimiku tihedust jälgiti talinisu, taliotra, talirukki ja talirapsi põldudel. Analüüs näitas, et 2015.a. teraviljapõldudel oli produktiivvõrseid rohkem kui aasta varem, talirapsipõldudel aga vähem (tabel 4). Analüüs näitas, et mida tihedam oli taliteraviljade taimik seda vähem oli teri peades ja seda väiksemad nad olid (tabel 5 ja 6). Mida tihedam oli taimik seda peenemad olid kõrred.

Tabel 4. Produktiivvõrsed viljelusvõistluse põldudel, tk./m².

Kultuur	2014. a.	2015. a.	Võrreldes 2014. a.
Talinisu	605	616	+11
Talirukis	560	580	+20
Talioter	-	598	-
Taliraps	40	36	-4

Tabel 5. Saagistruktuur taliotra viljelusvõistluse põldudel

Ettevõte	Produktiivvõrseid, tk./m ²	Teri peas tk.	1000 tera mass, g	Saak, t/ha
Naeris OÜ	655	39,7	50,2	12,03
Munga PM	505	46,2	50,4	8,97
Saueaugu talu	424	19,6	52,5	7,65
Voore Farm	402	42,6	56,6	7,61
FIE K. Puhasmets	364	21,8	66,3	7,47
Karuvälja OÜ	440	40,1	48,6	6,34

Tabel 6. Saagistruktuuri elemendid talinisu viljelusvõistluse põldudel.

Näitaja	Sootaga Mõis OÜ	Valdereks OÜ	Nõmmepere aiandustalu
Produktiivvõrseid, tk./m ²	678	456	680
Teri peas, tk.	43,8	54,5	32,2
1000 tera mass, g	37,2	55,0	50,0
Kõrre läbimõõt, mm	2...3	3...5	2...3
Saak, t/ha	8,85	9,84	9,76

Väetamine

Väetiste osa saagi kujunemisele on väga oluline. Viljelusvõistluse põllud said põhiväetised (kompleksväetised) mulda koos seemnete külviga. Oluline osa saagi kujunemisel oli nn. integreeritud väetamisel s.o. orgaaniliste ja mineraalväetiste kooskasutamine. Rekordsaagid koguti just nendelt põldudelt, mis said kas vahetult külvil all või eelvilja all sõnnikut (vedelsõnnik või tahesõnnik). Taimede talvekindluse tõstmiseks anti taliviljadele juba sügisel lämmastikku (20...35 kg/ha). Eriti oluline on see võte siis, kui eelkultuuri põhk tagastatakse mulda. Oluline on ka väevli kasutamine sügisel. Taimed vajavad väevlit kui toitelementi ja teiseks mõjub väével ka kataüsaatorina soodustades teiste toitainete, näiteks lämmastiku omastamist.

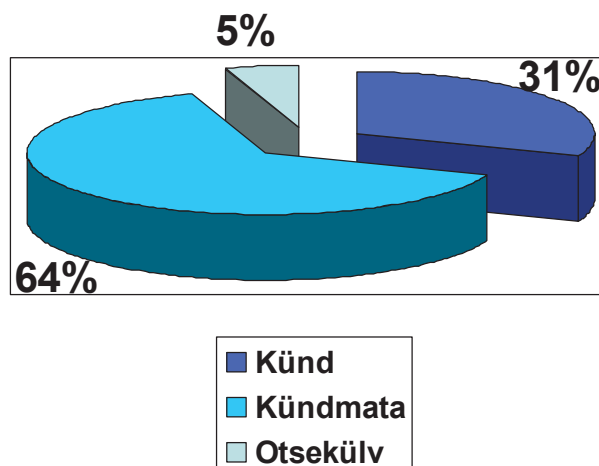
Kevaldel anti pealtvæetist esimesel lubatud võimalusel. Terve ja kahjustamata lehestikuga taimi væetati esmalt lämmastiku ja vævli kompleksvæetisega. Neid põlde, kus taimik oli kahjustatud, aga kiirelt mõjuva lmmastikvæetisega. Mikroelementide vajadust tuleks katta taimede noores kasvufaasis, kindlasti enne taliteraviljade loomist. Sobiv on seda teha koos taimekaitsetdega, kus pritside paagisegusse lisatakse ka mikroelemente.

Viljelusvõistluse põldudel on see agrotehniline vte aasta-aastalt rohkem kasutusel. juurduma hakkab ka kevadine vedelvæetiste (Ruter AA) ja mulla huumuseseisundi parandajate (Humistar) kasutamine. Boor ja vvel manustatakse koos phivæetisega. Vajadusel ka lehtede kaudu.

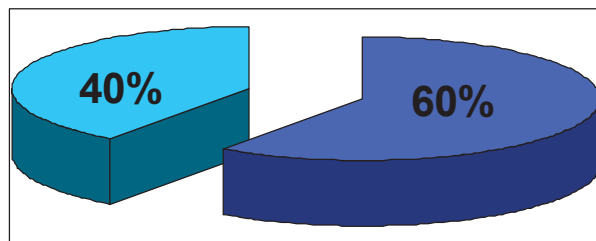
Taimekaitse

Nii herbitsiidide kui ka fungitsiidide kasutamine on viljelusvõistluse põldudel tõhus. Taliteravilja põldudel on seda tööd vaja teha juba sügisel. Umbrohtudest tuleb lahti saada juba sügisel. kevadel on nendest lahti saada märksa tlikam. Taliteraviljade lehestiku ja juurestiku kaitseks pritsitakse taimi hilissügisel, võimalusel enne külmade tulekut preparaatidega, mis sisaldavad protikonasooli, spiroksamiini või tebukonasooli. Talirapsi pritsiti sügisel 6...8 lehe staadiumis kasvuregulaatoriga Juventus või Tilmor. Aasta-aastalt on thustunud ka insektitsiidide kasutamine.

Viljelusvõistlus on näidanud, et täiustatud agrotehnika võimaldab ka Eesti mullastik-kliimaatilistes oludes saada väga suuri saake. Viljelusvõistluse iga põld on kui komplekskatse, mis on andnud teavet erinevate muldade saagivimest ja kultuuride kasvatamise agrotehnoloogiast. See üritus on üheks efektiivseks agronoomiliste teadmiste levitamise mooduseks



Mullaharimine talirukki põldudel



Mullaharimine talirapsi põldudel



Taliraps viljelusvõistluse põllul otsekülvi foonil



Laiarealine rapsikülv kui uus tehnoloogiline võtte rapsi agrotehnoogias

OTSEKÜLV ROHUMAADEL

Tavaviisi rohumaid rajades kulub hulk aega ja raha. Seepärast on hakatud ka Eestis otsima säästlikumaid rohumaade rajamise võimalusi. Tootmistehnoloogilistes katsetes 2001.a. kasutati otsekülvikuid varakevadeti heinaseemne otsekülviks. Rohumaad valmistati otsekülviks ette sügisel, mil nende taimestik hävitati Roundup`iga. Mingit mehaanilist mullaharimist ei tehtud. Otsekülvi tehti nendel rohumaadel kus heintaimed järgnevad heintaimedele ja põllupind on piisavalt tasane. Heinaseemnete otsekülvil kasutati John Deere külvikut Drill 750 A. Varakevadine rohumaade rajamine toimub tavaliselt enne teraviljade külvil. Nii jaotub kevadine külvikoormus ühtlasemalt ja tootlikku ning täpset külvikut kasutatakse täiuslikumalt. Vara külvatud heintaimed annavad hea saagi juba külviaastal.

Meil kasutatavad otsekülvikud võimaldavad ka edukalt külvata kevadel taliteraviljade alla heinaseemneid. Tootmistehnoloogilises katses külvati varakevadel talirukki alla külvikuga John Deere 750 A ristiku ja kõrreliste (timut, aruhein) segu. Pärast talirukki koristamist (augusti alguses) jäi allakülvatud seemnetel piisavalt kasvuaega, mis võimaldas oktoobris koristada ka korraliku rohusaagi.



Otsekülvik John Deere Drill 750A – sobib hästi rohumaade pealtparandamiseks ja uuendamiseks

2001.a. jõudis Eestisse ka spetsiaalne otsekülvik UM 7942, mida toodab firma Underhaug Mekaniske AS. Seda prooviti kõigepealt Pärnumaal, seejärel Lääne-Virumaal ja Võrumaal. See külvik on ääretult lihtne. Seemendid on nagu suusad; nende all on noad, mis lõikavad kamarasse praod, kuhu paigutuvad seemned. Nugade vahekaugus on 6 cm. Külviku haardelaius 2,5 meetrit. Sellel külvikul on kaks külvisekasti, mis võimaldab erinevaid seemneid üheaegselt külvata (näiteks ristikut ja timutit). Külvikut kasutatakse vana umbrohtunud rohukamara uuendamiseks. Enne uuendamist hävitatakse vana taimik Roundup`iga. Jääb ära kamara künnieelne purustamine, künd ja küntud põllu mitmekordne tasandamine. Otsekülviga uuendatav rohumaad peab olema tasane. Kui on rööpad, tuleb nii künda kui ka muud kulukad tööd ära teha.



Heinaseemnete otsekülvik UM 7942 töölaiusega 2,5 m sobib rohumaadel taimekoosluse parandamiseks (liblikõieliste sissekülv) ja uuendamiseks

ERINEVAD EELVILJAD JA OTSEKÜLV

Tavatehnoloogia korral viiakse põhk enne uue kultuuri külvi adraga sügavale mulda. Pindmisel mullaharimisel segatakse see aga mulla pindmisse kihti. Mida suurem on tagastatava põhu kogus, seda suurema mullamassiga tuleb ta segada. Kui tagastatavat põhku on 2 t/ha, siis piisab selle segamisest 0-10 cm mullakihti. Iga tonni võrra suurem a koguse korral tuleb segamissügavust suurenda 2 cm võrra. Nendel juhtudel ei sega põhk külvitehnika tööd ega ka mõju negatiivselt ka taimede tärkamisele.

Otsekülvi edukus sõltub suurel määral sellest kas põhk koristatakse põllult ära või tagastatakse põllule. Kui põhk jäetakse põllule, siis tuleb ta ühtlaselt laotada ja peenestada (heksli pikkus 25-40 mm). Otsekülvitehnika tööseadised ei ole võimelised värskest põllulelaotatud põhku läbi lõikama. Ketasseemendid suruvad põhu tervena mulla sisse ja paigutavad seemne selle peale. Külvik töötab küll tõrgeteta, kuid seemned ei saa mullaga ühendust. Seemned tärkavad ebaühtlaselt, paljud hukuvad. Sakhseemenditega külvikud viivad seemned mõnevõrra paremini mulda. Kuid siin koguneb põllupinnale jäetud põhk seemendite ette, mis ummistab nende töö ja võib blokeerida kogu külviku.



Rullrandaal põhu hajutamiseks ja mulda segamiseks

Otsekülvile on soodsam, kui eelkultuur on külvatud tavapärasest laiema reavahega. Näiteks 25 cm. Ka siin tuleb põhk peenestada ja ühtlaselt põllule laotada. Koristuskõrgus 15-20 cm. Uus külv, olgu see kas teravilja külv rapsikõrde või rapsi külv teraviljakõrde, tehakse eelneva külvi ridade vahele. Pikk kõrs aitab tuultele avatud aladel koguda taliviljapõldudel lund ja seega vähendada või ka ära hoida külmakahjustusi.



Talirapsi ja talinisu otsekülv laiareavahega (25 cm) eelkultuuri kõlvikusse s.o. eelkultuuri ridade vahele



Otsekülvik-kobesti tihenenud muldadele talirapsi külviks



Otsekülvik-kobestiga külvatud taliraps hilissügisel

Otsekülvi tehakse kas punase ristiku ja valge mesika kõlvikusse. Neid kasvatatakse peamiselt mulla bioloogilise aktiivsuse tõstmiseks ja mulla mehaanilise seisundi parandamiseks. Seejuures on need kultuurid ka head õhulämmastiku sidujad, seega mulla lämmastikuga rikastajad. Külviaastal tavaliselt lastakse neil kultuuridel rahulikult kasvada. Tavaliselt saaki ei koristata. Erandiks võib olla punane risti, mis soodsates oludes vajab külviaastal hilissügisel koristamist või taimiku kärpimist. Teisel kasvuaastal ristiku saak enne jaanipäeva kas koristatakse (loomadele söödaks) või peenestatakse hooldusniidukiga. Ädal pritsitakse augusti esimesel poolel Roundip`iga ja põld jäetakse külvi ootele. Taimiku peenestamine pole soovitatav, sest pinnale jäetud taimne mass takistab otsekülvikute tööd (eriti nende, mis on komplekteeritud sahkseemenditega).

Valge mesikas tuleks teisel kasvuaastal enne õitsemist hooldusniidukiga peenestada. Pinnale jäetud taimne mass tavaliselt kuivab ega takista järgneva kultuuri (taliteravili) külvikute tööd. Praktikas on kasutatud varianti, kus ka teisel kasvuaastal koristatakse valge mesikas seemneks. On ka variant, kus ka seemet ei koristata. Kogu põld läheb talve alla. Sügiseste heitlike ilmade ja talve käes kuhtub taimik kevadeks sedavõrd, et sinna saab edukalt otsekülvikuga edukalt külvata suviteravilju. Sobilik on see olnud kõrge kvaliteediga toidunisu kasvatamiseks. Sügisel põllulevarisenud mesikaseemne tõrjeks piisab kevadel tavalisest umbrohutõrjest (MCPA 1-1,5 l/ha).



Hooldusniidukiga valge mesika õitsemiselne purustamine

Tootmistehnoloogilistes katsetes uuriti otsekülvi mõju ristikujärgse talinisu 'Fredis' saagile. Ristikut kasvatati kaks aastat. Esimesel kasvuaastal saaki ei koristatud. Teisel kasvu-aastal peenestati esimene saak ja tagastati mullale hooldusniidukiga juuni lõpus. Ädalat pritsiti augusti esimesel dekaadil Roundup Classiku'ga 4 l/ha (glüfosaadisisaldus 360 g/l). Talinisu külvati VM külvikuga septembri deisel dekaadil. Külvisemäär 450 idanevat seemet ruut-meetrile. Põhiväetis anti sügisel külvi ajal mulda. Kevadel pealtväetati aprilli teisel dekaadil AN 300 kg/ha. Umbrohtude tõrjeks pritsiti kevadel preparaadiga Sekator (0,15 l/ha). Katse keskmiseks saagiks kujunes 7,41 t/ha (vt tabel).

Talinisu 'Fredis' saagid otsekülvi tootmistehnoloogilistes katsetes

Katse koht	Saak, t/ha
Pilu talu	7,08
FIE R.Lehis	7,73
Keskmine	7,41



Nisu laiarealine (25 cm) otsekülv

VÄETAMINE OTSEKÜLVI PÕLDUDEL

Põhiväetised antakse koos seemnete külviaga kas külviridade vahele või seemnetest mõne cm kaugusele. Taliviljade pealväetamine viis sõltub aga sellest kas eelkultuuri põhk jäeti põllule või koristati ära. Põhuta põllule külvatud mineraalväetised toimivad otsekülvides sama moodi kui tavakülvides. Kui aga põhk jäetakse põllule, siis külvatud mineraalväetis jääb tema pinnale. Ainult osa mineraalväetisest langeb mullale mida taimed kasutada saavad. Taolistel juhtudel tuleks kasutada väetiselaotureid, mis viivad pealväetised läbi põllupinnale jäetud põhu otse mulda. Selleks sobivad piikidega rootorlaoturid, millega viiakse mulda vedelväetised. Efektiivne on ka leheväetiste (Super leheväetised) kasutamine taimede kasvufaasis BBCH 20-50. Selles kasvufaasis antud leheväetised mõjutavad oluliselt saagi kujunemist. Hilisem leheväetiste kasutamine aitab tõsta vaid saagi kvaliteeti (suurendab proteiinisaldust). Nende andmise võib ühildada taimekaitsetöödega, kus paaki võiks lisada ka 3-4 kg/ha leheväetisi.



Vedelväetise külvik rulltihvt tööseadisega väetise mulda viimiseks

TAIMEKAITSE OTSEKÜLVI PÕLDUDEL

Otsekülvi tehnoloogias on olulisel kohal umbrohtude , eriti mitmeaastaste, tõrje. Valdavalt kasutatakse nende tõrjeks Roundup`i (toimeaine glüfosaat). Huumuserikastel liivsavidel võib kohe preparaadiga pritsimise järel teha otsekülvi. Kergetel ja vähese huumusesisaldusega saviliivadel tulekskülviga 3-4 päeva oodata. Sõltuvalt umbrohtude iseloomust ja arvukusest peaks preparaadi norm olema 3-5 l/ha. Roundupi kasutamist peetakse aga keskkonnale ohtlikuks. Pikaajalises külvikorra katses kasutati Roundup`i teise kasutusaasta põldheina taimiku hävitamiseks. Augusti esimesel viispäevakul pritsiti põldheina ädalat Roundup`iga (2,5 l/ha). Seega preparaati kasutati kord külvikorra rotatsiooni vältel. Mulla analüüs näitas, et kolm kuud pärast preparaadi kasutamist oli glüfosaadi sisaldus mullas alla 10 mg/kg (Tabel). Hilisematel aastatel ei leitud teda mullas üldse.

Glüfosaat mullas

Variant	Sisaldus mullas, mg/kg
Kasutamise aastal (2,5 l/ha)	< 0,10
Aasta hiljem	ei leitud
Kaks aastat hiljem	ei leitud
Kolm aastat hiljem	ei leitud
Neli aastat hiljem	ei leitud

Kauaaegsel otsekülvi kasutamisel hakkas levima aga tülikatest umbrohtudest virn. Seda just külvikorralväljal, kus varajase odra alla oli külvatud ristiku timuti segu. Umbrohutõrjeks oli MCPA, mis ei mõjunud virnale.



Taimekaitse mõju monokultuurse odra põldkatses. Paremaltaimekaitseta ja vasakult intensiivne taimekaitse

OTSEKÜLVIKUD EESTIMAA PÕLDUDEL



Otsekülvik JUKO 4030 Kuusikul. Esimene otsekülvik Eestis, aasta on 1983



Otsekülvik VM Joka Maa põldudel



Mono-otsekülvik T-S ACCORD viib mulda ainult seemned



Põimotsekülvik SOLITAIR 8 seemnete ja väetiste külvamiseks



Põimotsekülvik Horsch Pronto 3 DC seemnete ja väetiste külvamiseks



Põimotsekülvik Cross -Slot seemnete ja väetiste muldaviimiseks



Mono-otsekülvik CADDY 5T reavahelaius 25 cm viib mulda ainult seemned



Taliodra laiarealinekülv. Saagi kujundajaks on pea pikkus ja terade arvukus



Põimotsekülvik GRAIN PLAINS seemnete ja väetiste külvamiseks



Põimotsekülvik Väderstad SEED HAWK seemnete ja väetiste külvamiseks



Ader-külvik mullaharimiseks ja seemnete külvamiseks

Teavet tehnoloogilisteks uuendusteks annab teadus, kus prioriteet on teaduslikel alusuuringutel. Need on omakorda lätteks rakendusuringutele s.o. mingit konkreetset praktilist probleemi lahendavatele uuringutele.

Muutmisel, uuendamisel on eestvedaja roll kuulunud kõige ettevõtlikumatele, kõige võimekamatele, kõige uuemeelsematele ja riskijulgematele põllumajandustootjatele. Nendest on saanud uute, varasemast tootlikumate ja efektiivsemate masinate ning seadmete esmaostjad, uusimate tehnoloogiate rakendajad.

Lähtudes majanduslikest ja ökoloogilistest kaalutlustest on mitmed tootjad loobunud adrapõhisest tootmisest ja omaks võtnud pindmise mullaharimise. Aastaid on adrata viljelust kasutanud Voore Farm, Pae Farmer, Kehtna Mõisa OÜ, Männiku Piim, Estonia OÜ, J.K Otsa talu, Avispeamees OÜ, Valdereks OÜ. Pikaajalised otsekülvi viljelejad Joka-Maa, Pilu talu. Sukahärma-Märdi talu, FIE T. Tobreluts, FIE A. Malm, Soone Farm OÜ.



Künda või mitte?

