

Projekti „Ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete kasutusvõimalustest ja tehnoloogiatest mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses,, lõpparuanne

Projekti juht: Liina Edesi

Asutus: Eesti Taimekasvatuse Instituut

Projekti juhi kontaktandmed: telefon: +372 663 0933, Mob.: +372 56 482 707, Teaduse 4/6, Saku, 75501 Harju maakond, Eesti, E-post: liina.edesi@etki.ee

Projektitulemuste lühikokkuvõte:

Projekti käigus analüüsiti seitset mereadru ja kolme järvemuda proovi. Lubatust kõrgem raskmetallide sisaldus leiti neljas mereadru ja ühes järvemuda proovis. Taimekaitsevahendite jääke tuvastati kolmes mereadru proovis.

Rajati põldkatsed Sakus ja Jõgeval. Põldkatsetest selgus, et nii saagikuse, mulla keemiliste-, füüsikaliste- kui ka mikrobioloogiliste näitajate seisukohalt oli kõige efektiivsemaks mullaparandusaineks järvemuda kasutusnormiga 100 t ha⁻¹. Mereadru kui mullaparandusaine potentsiaali ei olnud käesoleval aastal võimalik õigesti hinnata. Põhjalike järelduste tegemiseks ja soovitude andmiseks on vajalik antud uuringut kindlasti jätkata.

Projektitulemuste lühikokkuvõte inglise keeles:

Seven seaweed and three lake sediment samples were analyzed for nutrient content, heavy metals and pesticide residues to assess these as the fertilizing agents in the organic agriculture. Four seaweed and one lake sediment samples contained heavy metals above the limit, and three seaweed samples the traces of pesticide residues. Field trials, established in Saku and Jõgeva, gave the best results (yield, soil chemical, physical and microbiological properties) using lake sediments by 100 t ha⁻¹. Seaweed effect did not reveal in the first year. For thorough conclusions and reliable recommendations study must be continued.

Kogu projektiperioodi finantsaruanne, koos kulude selgitusega:

Kululiik	Periood 01.05.2015-31.12.2015	Periood ...	KOKKU
Personalikulud, puhkusetasu	21154,71		21154,71
töövõttulepingu alusel makstud tasud	-		-
palga ja töötasuga seotud maksud	7150,29		7150,29
transpordikulu	298,06		298,06
lähetuskulud	-		-
hoonete, maa, vahendite, teadusaparatuuri, instrumentide, seadmete, inventari ostmise, liisimise, kaasajastamise, paigalduse kulud	-		-

teadusaparatuuri, instrumentide, seadmete, inventari hoolduskulud	-		-
lepingulise teadustegevuse, välistest allikatest ostetud, litsentsitud teadmiste ja patentide kulud	-		-
ostetud tööde (analüüside) kulud	8750,47		8750,47
muud tegevuskulud	688,12		688,12
tarkvaralitsentsid, juurdepääsumaksud	-		-
erialaspetsiifilise tarkvara kulud	-		-
üldkulud ¹	5761,11		5761,11
käibemaks	197,24		197,24
KOKKU	44000,00		44000,00

¹ Projekti elluviimiseks tehtavad kulud peavad olema tegevustega otseselt seotud ja elluviimiseks vältimatult vajalikud

¹ Üldkulud on projekti elluviimisega kaudselt seotud kulud (kontoritarvete ja -tehnikate kulud), sealhulgas taristu ülalpidamise kulud (vee, kütte jm kulud) ja amortisatsioonikulu. Üldkulu ei tohi arvestada teistelt teadus- ja arendusasutustelt või laboratooriumitelt tellitud tööde maksumuselt (allhankelt).

Ostetud tööde (analüüside) kulud

Keemilised analüüsid PMK-s	Kogus	Hind €
1. Mereadru, sõnnik, järvemuda – Kuivaine, pH, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, B, Ntot	12	1092,00
2. Järvemuda, mereadru – As, Hg, Pb, Cd, Ni, Cr, Mo, Ba, glüfosaadi jäägid, kloormekvaat, MCPA, metasakloor, propamokarb	10	5100,00
3. Muld – pH, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, B, Corg, Ntot	38	2090,00
4. Vesilahus – P, K, Ca, Mg, Mn, SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ -N	8	468,47
	KOKKU	8750,47

Muud tegevuskulud

	Kogus	Hind €
1. Balloonide rent	25 kg	11,62
2. Laboritarvikud ja kemikaalid		
Filtrid	10 pk	350,00
Küvetid	1 pk	52,50
TRIS puhver	100 g	23,00
2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride	50 g	171,00
Atsetoon	20 l	80,00
	KOKKU	688,12

Projektis esitatud eesmärkide saavutamine (sh kasutatud metoodika) ja tulemused:

Projekti taotluses püstitati kaks eesmärki. Esiteks, anda ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete (mereadru, järvemuda) saadavuse ning kasutussobivusest mahepõllumajanduses. Teiseks, põldkatsetega selgitada alternatiivsete mullaparandusainete mõju mullaviljakusele ja saagikusele.

1. Ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete (mereadru, järvemuda) saadavus ning kasutussobivus mahepõllumajanduses.

1.1 Järvemuda ja mereadru saadavuse kaardistamine Eestis ArcGis tarkvara abil.

Põhitäitja: Raivo Vettik

Ülevaate saamiseks järvemuda ja adru saadavuse kohta Eestis tutvuti Keskkonnaregistri ja Keskkonnaameti andmetega ning selles valdkonnas läbiviidud uurimistöödega. Selle tulemusena märgiti Eesti kaardile ArcGis tarkvara kasutades järved, mis vajavad tervendamist ning ka järved, mida on eelnevalt juba tervendatud (joonis 1). Tutvuti ka Eesti Vabariigis järvemuda kasutamist reguleeriva seadusandlusega.

Tulemused:

Järvemuda

Eestis on Keskkonnaregistri (<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/>) [11.06.2015] andmetel 1540 looduslikku, 519 pais- ja 481 tehisejärve. Eesti järvede arenguprotsessidest peamiseks arenguetappideks on düstrofeerumine e. rikastumine humiainetega ja biogeenide akumulatsioonist tingitud eutrofeerumine (Kõiv, T. <http://lakeontogeny.weebly.com/eesti-jaumlrvede-arenguteed.html>) [11.06.2015], mille tulemuseks on järvede kinnikasvamine ja järvealade rabastumine. Selle nähtuse pidurdamiseks on mitmete järvedele koostatud tervendamiskavad (Kahala järv, Jõepere järv, Elistvere järv jne.), mille kohaselt toimuks vähemalt osaliselt järvemuda eemaldamine järvest. Sageli ei ole keskkonnamõjude hinnangu kohaselt soovitatav muda jätta järve kaldale aunadesse, sest sealt nõrguksid osa taimetoitaineid koos veega järve tagasi ja rikutud saaks ka järveäärne keskkond. Pealegi võib, sõltuvalt järvest, sette kogus olla liiga suur, et seda kaldale mahutada, näiteks Kahala järves ca 12,07 miljonit m³

(http://www.keskkonnaamet.ee/public/Kahala_KMH_aruande_eelnou.pdf) [24.08.2015]. Seega tuleb tervendamise käigus ammutatud setet kusagile paigutada.

Keskkonnaministri määruses „Nõuded maavaravarude kategooriatele ja maavaradele ning maavaravarude kasutusala nimistu“ § 2 lg 1 (<https://www.riigiteataja.ee/akt/891302>) [11.06.2015] on sätestatud nõuded järvemuda omadustele maavaravaruna maardlas arvele võtmiseks: järvemuda – klastilisest, karbonaatsest või orgaanilisest aineist koosnev magevee setend, mis sisaldab orgaanilist ainet vähemalt 35% kuivaine massist. Sama määruse § 3-s on järvemuda kasutusala järgi jaotatud: põlluväetiseks, lisa söödaks ja raviotstarbeliseks järvemudaks. Käesoleva projekti fookuses on eelkõige uurida põlluväetiseks sobivaid järvemudasid. See võiks olla potentsiaalne väetusaine maheviljelejatele, kuna hetkel muud neile sobivad väetusained on kas kallid või kättesaamatud nagu näiteks sõnnik taimikasvatustaludes. Näiteks Kahala järve tervendamise insenertehnilises tegevuskavas on märgitud, et setet plaanitakse kasutada põllumajanduses väetisena (http://www.keskkonnaamet.ee/public/Kahala_KMH_aruande_eelnou.pdf) [24.08.2015].

Dokumendi „Eesti Vabariigi 2014. aasta maavarude koondbilansid“ (<http://geoportaal.maaamet.ee/data/files/maavaravarude%20koondbilanss%202014%20seletuskiri.pdf?t=20150625092634>) [31.08.2015] andmetel on seisuga 31. detsember 2014. a Eesti Vabariigi järvemudabilansis 10 järvemuda maardlat põlluväetisena. Üldjuhul on tegemist turbamaardlatega, kus järvemuda põlluväetisena on arvel kaasneva maavarana, vaid Ermistu maardla puhul asetsevad järvemuda plokid järves. Need maardlad on:

- 1) Öisu turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 11 (P-prognoosvaru) ja 12 (aR-aktiivne reservvaru) plokis;
- 2) Muraste turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 3 (aT-aktiivne tarbevaru) plokis;
- 3) Männi turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 5 (aR) plokis,
- 4) Pääsküla turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 12 (aR), 13 (P) ja 14 (P) plokkides;
- 5) Peningi turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 17 plokis (aR);
- 6) Rae turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 18 plokis (pR);
- 7) Ohepalu turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 14 (pR-passiivne reservvaru) ja 9 (pT-passiivne tarbevaru) plokkides;
- 8) Ermistu järvemuda maardla, järvemuda põlluväetisena arvel 2 (aT), 3 (pT), 4 (P) ja 5 (P) plokkides;
- 9) Imsi turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 7 (aR) plokis;
- 10) Ellamaa turbamaardla, järvemuda põlluväetisena arvel 5 (aR), 6 (aR) ja 7 (P) plokkides.

Magistritöö (Soo, 2015. Järvede tervendamine Eestis: ajalugu ja arenguvõimalused. Magistritöö, Eesti Maaülikool, Vee- ja maismaa ökosüsteemide rakendusbioloogia õppekava. 68 lk.) andmetel on häid järvede tervendamise näiteid Eesti ajaloos vähe, kuigi järvede seisundi parendamise projektidega alustati 1970-ndatel aastatel. Mitmed alustatud projektid on jäänud pooleli. Päevakorral on Kahala järve tervendamine. Magistritöö (Metsaroos, 2015. Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja selle kasutamise võimalused. Magistritöö, Tallinna Tehnikaülikool, Mäeinstituut. 63 lk.) andmetel on 1976. aastal tehtud uuringu järgsel perioodil Kahala järves mudakiht paksenenud aastas keskmiselt 6,8 mm. Kavandatav sette eemaldamise üldmaht järve tervendamise I etapil oleks 100000 m³, millest aastas eemaldatakse 50000 m³ (http://www.keskkonnaamet.ee/public/Kahala_KMH_aruande_eelnou.pdf) [24.08.2015].

Mereadru

Iga-aastaste tormidega kandub praktiliselt kogu Eesti rannikuala randadesse hulgaliselt adru. Nii Mandri-Eesti rannikualal kui ka saartel on seda juba pikka aega kasutatud orgaanilise väetisena, kuna adru on sealsetele inimestele kättesaadav ja ka suhteliselt taimetoiteelementide rikas. Adru jätmine rannikule vallidesse mõjutab tugevasti rannikuala taimestikku, luues soodsad tingimused toitainete lembeliste liikide levikule (nt. maltsalised). Seega aitab adru korjamine kaasa rannikuala taimestiku liigirikkuse säilimisele.

Veebikaart

ArcGis tarkvara abil kanti kaardile need järved, mille kohta on koostatud tervendusplaanid ning tervendamise käigus on plaanitud neist muda eraldamine (potentsiaalsed järved, joonis 1). Kaardile on kantud ka need järved, mida on lähiajal tervendatud ning kohad, millest võeti käesoleva projekti raames järvemuda ning adru proovid. Kuna adru leidub enamuses Eesti rannikualal, siis potentsiaalseid adru kogumiskohti kaardile ei märgitud. Veebikaardi aadress on

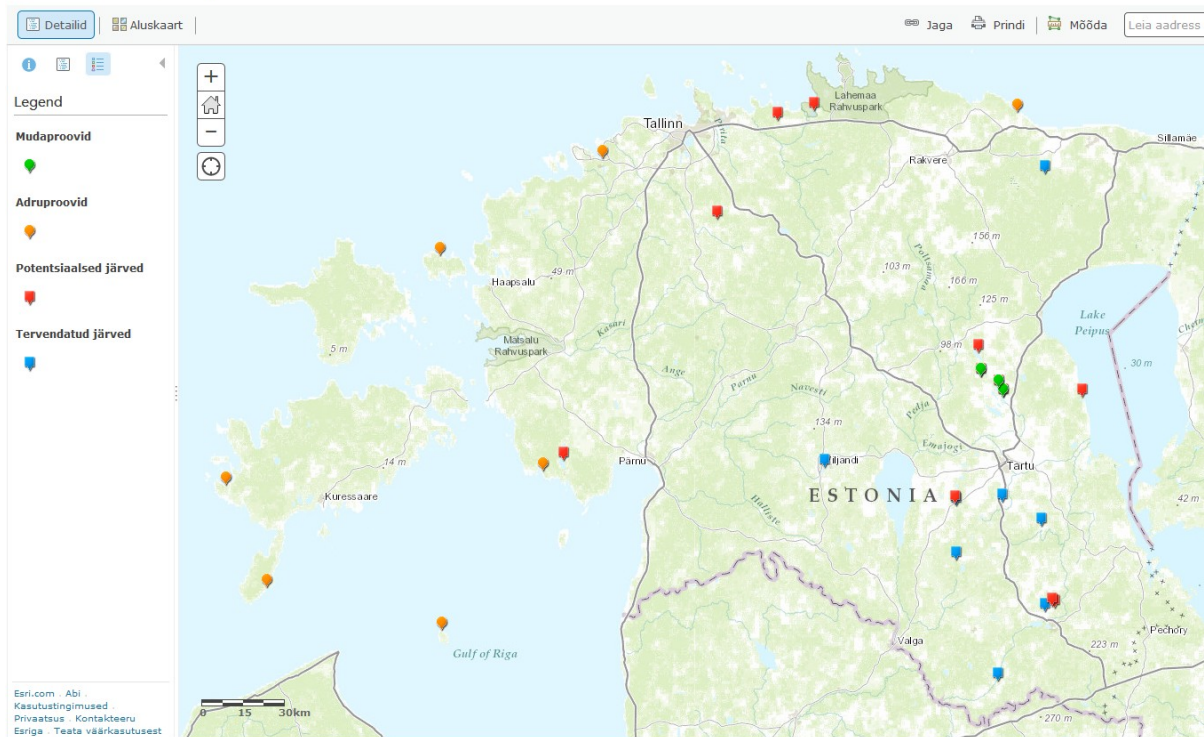
<http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=d90a926f65f3462ea55e41be4a8ba879>.

Kaardil olevale punktile „hiirega klikates“ avaneb infoaken, milles kuvatakse:

1. info tervendatud järvedest eemaldatud mudakoguste ja eemaldamise aasta kohta;
2. teave veepeegli pindala ja prognoositava mudavaru kohta (potentsiaalsete järvede ja järvede, millest võeti projekti käigus proovid).

Kõikide järvede puhul ilmub punktile „hiirega klikates“ link, mille abil saab minna Vikipeedia veebilehele, tutvumaks andmetega selle järve kohta. Adru ja järvemuda proovide kogumiskohtade punktidel „hiirega klikates“ kuvatakse proovi võtmise kuupäev.

ArcGIS ▾ Muda- ja adruproovid



Joonis 1. Potentsiaalsed järved (punased täpid) ja juba tervendatud järved (sinised täpid). Kaardile on kantud ka järved millest projekti käigus võeti järvemuda proovid (rohelised täpid) ning kohad, kust võeti mereadru proovid (oranžid täpid).

1.2 Ülevaade Eestis leiduvate alternatiivsete väetusainete (järvemuda ja mereadru) kasutussobivusest mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses.

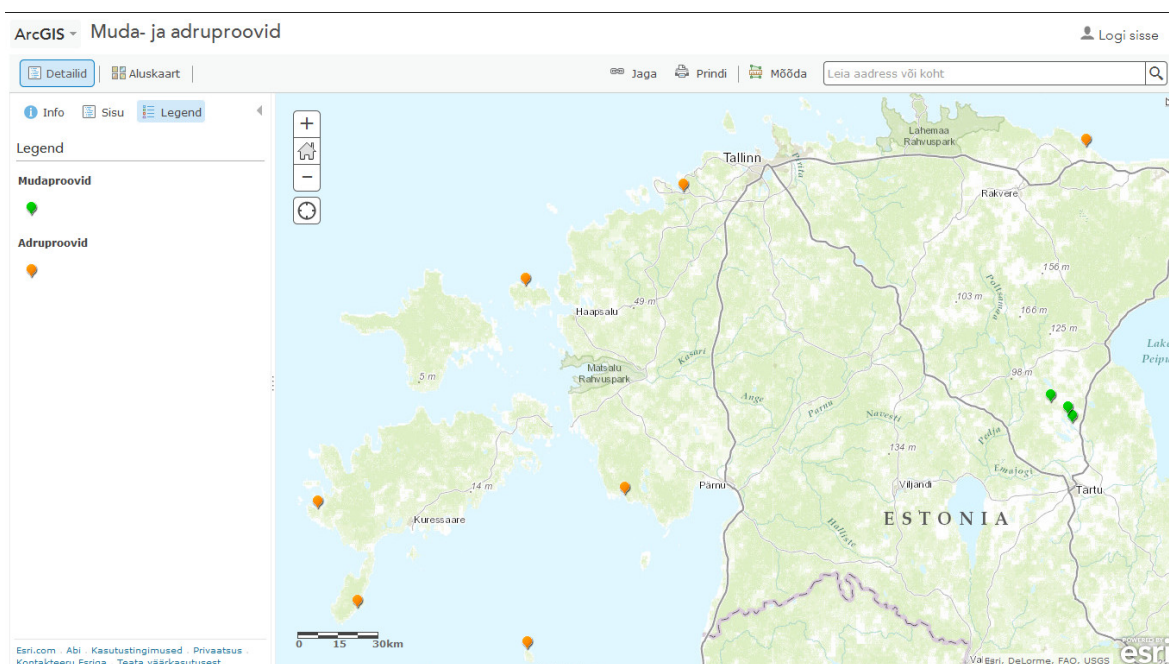
Põhitäitjad: Liina Edesi, Raivo Vettik



Järvemuda proovide võtmisel eeldati algselt, et proovid võetakse järvemudast, mis on juba järvede puhastamise käigus kaldale ladustatud. Kuna projektiperioodi jooksul ei õnnestunud selliseid järvi leida mida oleks hiljuti puhastatud, otsustati proovid võtta kolme potentsiaalse järve setetest. Proovide võtmiseks kasutati spetsiaalset 4 m pikkust puuri (foto 1) ja veepeal liikumiseks TRUXOR DM 4700B sõidukit. Proovide võtmist juhendas EMÜ PKI Limnoloogiakeskuse teadur, Anu Kisand PhD.

Foto 1. Järvemuda proovide võtmine puuriga (Foto: Gerda-Käddi Alting).

Järvemuda proovid võeti 14.08.2015.a. Pikkjärvest, Kaiavere ja Elistvere järvest. Proovid võeti 4 m pikkuse puuriga ca 50 m kaugusel kaldast püdeli mudakihi all asuvast mudasettest. Proovivõtu kohad on märgitud joonisel 2 roheline värviga.



Joonis 2. Mereadru ja järvemuda proovide võtmise asukohad. Järvemuda proovide võtmise kohad on kaardil tähistatud roheline ja mereadru proovide kohad oranži värviga.

Seoses mereadru parema kättesaadavusega ning järvemudast laialdasema kasutuslevikuga põllumajanduses otsustasime koguda ja lasta analüüsida viie mereadru proovi asemel seitset proovi. Kolm adru proovi võeti Mandri-Eesti rannikualalt (Klooga rand, Harjumaa (proovi võtmise kuupäev 12.05.15); Kastna, Pärnumaa (21.08.2015); Kalvi küla, Ida-Virumaa (01.07.2015)). Saare maakonnast võeti kolm proovi (Sõrve, Mäbebe küla (02.10.2015), Lümända, Atla rand (26.09.2015) ja Ruhnu, Kuunsi rand, (12.08.2015)) ning Lääne maakonnas asuvalt Vormsilt (Borbby, 17.09.2015) üks proov. Proovivõtu kohad on märgitud joonisel 2 oranži värviga. Ühe keskmise proovi saamiseks võeti ühe proovivõtu koha piires proove mitmest erinevast kohast (kogus ca 1 kg). Vetikate liigilist koosseisu eraldi ei määratud, kuid valdavalt esinenud vetikaks oli pruunvetikate klassi kuuluv põisadru '*Fucus vesiculosus*' (foto 2). Kuna proovid võeti rannas olevast vetikamassist, siis nii Kalvi küla lähedal asuvast rannast kui ka Saaremaalt Atla rannast kogutud proovid sisaldasid lisaks pruunvetikatele ka rohevetikaid. Vormsilt Borbby rannast korjatud proov sisaldas aga valdavalt punavetikate klassi kuuluvat agarikku '*Furcellaria lumbricalis*'. Klooga rannast kogutud mereadru kasutati ka Saku põldkatses.



Foto 2. Põisadru '*Fucus vesiculosus*' (Foto: L. Edesi)

Järvemuda ja mereadru proovidest analüüsiti Põllumajandusuuringute keskuse laboratooriumites: kuivaine – gravimeetria; kogulämmastik – Kjeldahl'i meetodil; pH_{KCl}- GOST 27979-88; kogufosfor, kogukaalium, Ca, Mg, Cu, Mn, B – märgtuhastus + ICP/OES. Lisaks

sellele analüüsiti proovidest ka tabelis 1 ja 2 nimetatud taimekaitsevahendite jääkide ja raskmetallide sisaldust.

Tabel 1. Taimekaitsevahendite jääkide sisalduse analüüsimine mereadru ja järvemudas

Parameetri nimetus	Määramise alampiir, mg kg ⁻¹	Analüüsimeetodi alus
Metasakloor	0,010	EVS-EN 15662:2008 SANCO/12571/2013
MCPA	0,010	EVS-EN 15662:2008 SANCO/12571/2013
Propamokarb	0,005	EVS-EN 15662:2008 SANCO/12571/2013
Glüfosaat	0,1	J Food Additives and Contaminants, Vol. 20, No 8, 2003 SANCO/12571/2013
Kloormekvaat	0,02	EU-RL-SRM Method: Analysis of Chlormequat and Mepiquat Residues in Foods of Plant Origin; ver.2:2009: SANCO/12571/2013
Mepikvaat	0,02	

Tabel 2. Raskmetallide sisalduse analüüsimine mereadru ja järvemudas

Parameetri nimetus	Laiendmääramatus, mg kg ⁻¹	Analüüsimeetodi alus
Molübdeen- Mo	± 0,27	PMK-JJ-4C
Arseen- As	± 2,2	EN 14332:2004
Elavhõbe- Hg	± 0,003	EVS-EN 133806:2002
Kaadmium - Cd	± 0,22	PMK-JJ-1A
Kroom - Cr	± 0,5	PMK-JJ-1A
Nikkel - Ni	± 2,9	PMK-JJ-1A
Plii- Pb	± 0,43	PMK-JJ-1A
Baarium - Ba	± 20	PMK-JJ-4C

Tulemused:

Järvemuda (sapropeeli) kasutamine mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses on lubatud 8.aprillil 2014. a vastu võetud Euroopa Liidu komisjoni rakendusmäärusega (EL) nr 354/2014 ning adru juba varasemalt (komisjoni määrused (EÜ) nr 889/2008 ja (EÜ) nr 834/2007). Järvede tervenduskavade tarvis tehtud uuringud on küll üldjuhul sisaldanud mõningaid andmeid sette koostise kohta, kuid on ebaselge kuivõrd omavad need setted väetavat või mullaparanuslikku toimet. Sealjuures on ka vähe informatsiooni nii järvemuda kui ka mereadru raskmetallide sisalduse ja pestitsiidijääkide kohta ning seega ei ole teada nende ohutus kasutamisel mullaparanusainena mahepõllumajanduses.

Toitainete sisaldus mereadru ja järvemuda proovides

Mullaparanusainete otstarbekaks kasutamiseks, et parandada taimede toitumistingimusi ning vältida keskkonnareostuse riske analüüsiti mereadru ja järvemuda keemilisi omadusi. Tulemustest selgus, et seitsme mereadru proovi keemiline koostis oli küllaltki erinev. Atla ja Kalvi rannast kogutud proovid sisaldasid lisaks pruunvetikatele ka rohevetikaid. Nendes kahes mereadru proovis oli ka lämmastiku (N), fosfori (P) ja kaaliumi (K) sisaldus võrreldes teiste proovidega kõrgem, mis oli tõenäoliselt tingitud rohevetikate esinemisest nendes proovides (tabel 3). Samas tuleb aga tähelepanu pöörata sellele, et Ida-Virumaalt Kalvi küla rannast korjatud adrus oli võrreldes teiste proovidega kuni 4 korda kõrgem mangaani (Mn) ja praktiliselt üle kümne korra kõrgem (v.a. Saaremaa, Atla ranna adru proov) vase (Cu) sisaldus. Vormsilt Borbby rannast korjatud proov sisaldas aga valdavalt punavetikate klassi kuuluvat

agarikku *Furcellaria lumbricalis*. Siiski oli proovi keemilise analüüsi tulemused sarnased proovide tulemustega, milles domineeris põisadru.

Tabel 3. Toitainete sisaldus analüüsitud mereadru ja järvemuda proovides.

	Asukoht	Maakond	pH	Org. aine % KA	Mullaparandusaines olevate toitainete sisaldus kuivaines (KA)							
					N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %	Mn, mg kg ⁻¹	B, mg kg ⁻¹	Cu, mg kg ⁻¹
Mereadru	Klooga rand	Harju	5,7		1,2	0,11	0,65	2,2	0,64	280,0	150,0	2,4
	Kalvi küla	Ida-Viru	6,7		4,4	0,60	2,03	4,02	1,89	1296,0	ei leitud	31,0
	Ruhnu, Kuunsi rand	Saare	5,7		1,4	0,05	0,79	2,73	1,48	706,8	ei leitud	ei leitud
	Kastna	Pärnu	6,0		1,1	0,10	1,19	2,14	0,99	798,1	211,3	3,4
	Vormsi, Borbby rand	Lääne	6,4		1,5	0,08	0,27	2,39	0,84	570,0	110,0	1,6
	Lümanda, Atla rand	Saare	5,8		3,5	0,20	1,34	3,65	0,94	510,0	360,0	8,1
	Sõrve, Mäebe küla	Saare	4,6		1,4	0,07	0,77	2,81	0,93	630,0	100,0	2,9
	Pikkjärv	Jõgeva	7,7	57,2	1,9	0,08	0,26	3,52	0,41	344,4	ei leitud	17,6
Järve-muda	Kaiavere järv	Jõgeva	7,7	49,2	1,6	0,08	0,12	6,03	0,28	484,4	ei leitud	12,1
	Elistvere järv	Jõgeva	8,0	46,2	1,4	0,08	0,38	8,73	0,54	499,2	ei leitud	26,3

Keskkonnaministri määruses „Nõuded maavaravarude kategooriatele ja maavaradele ning maavaravarude kasutusala nimistu“ § 2 lg 1 (<https://www.riigiteataja.ee/akt/891302>) [11.06.2015] on sätestatud nõuded järvemuda omadustele maavaravaruna maardlas arvele võtmiseks: järvemuda – klastilisest, karbonaatsest või orgaanilisest ainest koosnev magevee setend, mis sisaldab orgaanilist ainet vähemalt 35% kuivaine massist. Kõigi kolme järve muda orgaanilise aine sisaldus kuivaines oli üle 46 % ja seega klassifitseerub järvemuda alla (tabel 3). Järvemuda toitainete sisaldus kuivaines oli sarnane mereadruga. Küllaltki kõrgeks osutus aga järvemuda proovide vase sisaldus ning seda eriti Elistvere järves (26,3 mg kg⁻¹, tabel 3).

Järeldused:

Toitainete sisaldus kuivaines oli nii mereadru kui ka järvemuda proovides küllaltki sarnane. Lämmastiku, fosfori ning kaaliumi kõrgemad kontsentratsioonid esinesid mereadru proovides, mis sisaldasid lisaks põisadrule ka rohevetikaid. Tuginedes tabelis 3 toodud analüüsi andmetele on võimalik ühe kuivaine tonni analüüsitud mereadru ja järvemudaga mulda viia 11–44 kg N, 0,5–1,1 kg P ja 1,2–20,3 kg K.

Taimekaitsevahendite jääkide sisaldus mereadru ja järvemuda proovides

Taimekaitsevahendite direktiiviga (91/414/EMU) kontrollitakse keskkonna saastumist põllumajandus-kemikaalidega. Veekaitsevööndis on (juhul, kui kasutatava taimekaitsevahendi pakendi märgistus ei ole märgitud suuremat puhvertsooni) kooskõlas „Veeseaduse“ § 29 lg-ga 2 keelatud taimekaitsevahendit pritsida lähemal kui 20 meetrit Läänemere, Peipsi, Lämmi- ja Pihkva järve ning Võrtsjärve veepiirist, 10 meetrit teiste järvede, veehoidlate, jõgede, ojade, allikate, peakraavide ja kanalite ning maaparandussüsteemide eesvoolude veepiirist ning 1 meetri alla 10 km² valgalaga maaparandussüsteemi eesvoolu veepiirist.

Projekti käigus analüüsiti järvemuda ja mereadru proovidest kuut erinevat pestitsiidi toimeaine jääki (glüfosaat, MCPA, metasakloor, propamokarb, kloormekvaat, mepikvaat). Statistikaameti andmetel moodustasid Eestis 2014. aastal glüfosaat 56,2%, MCPA 19,8% ja

metasakloor 10,8% herbitsiididele ning kloormekvaat 81,7% kasvuregulaatoritele kasutatud taimekaitsevahendite toimeainete kogustest

(<http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KK2081&ti=KASUTATUD+TAIMEKAITSEVAHENDITE+KOGUS+NING+V%C4HEMALT+KORRA+TOIMEAINEGA+T%D6%D6DELDUD+PIND++P%D5LLUMAJANDUSLIKES+MAJAPIDAMISTES+TOIMEAINE+JA+KULTUURI+J%C4RGI&path=../Database/Keskkond/07Pollumajanduskeskkond/&lang=2>) [09.12.2015]. Järvemuda ja mereadru proovide analüüsimisel herbitsiidide (glüfosaat, MCPA, metasakloor) ega fungitsiidi (propamokarb) jääke ei leitud. Samas tuvastati kõigis kolmes Mandri-Eesti rannast korjatud mereadru proovis kasvuregulaatori toimeaine kloormekvaat jääke (tabel 4). Saartelt korjatud mereadru proovidest, kloormekvaadi jääke ei tuvastatud. Statistikaameti andmetel oli 2014. aastal kloormekvaat Eestis kõige enim kasutatud kasvuregulaator, mida kasutati toimeainena kokku 19308,7 kg ning millega töödeldi kokku 27729,4 hektarit (<http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KK2081&ti=KASUTATUD+TAIMEKAITSEVAHENDITE+KOGUS+NING+V%C4HEMALT+KORRA+TOIMEAINEGA+T%D6%D6DELDUD+PIND++P%D5LLUMAJANDUSLIKES+MAJAPIDAMISTES+TOIMEAINE+JA+KULTUURI+J%C4RGI&path=../Database/Keskkond/07Pollumajanduskeskkond/&lang=2>) [09.12.2015].

Tabel 4. Taimekaitsejääkide sisaldus.

	Asukoht	Maakond	Taimekaitsevahendite jäägid, mg kg ⁻¹					
			Glüfosaat	Metasakloor	MCPA	Propamokarb	Kloormekvaat	Mepikvaat
Mereadru	Klooga rand	Harju	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	0,2	ei leitud
	Kalvi küla	Ida-Viru	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	0,02	ei leitud
	Ruhnu, Kuunsi rand	Saare	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud
	Kastna	Pärnu	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	0,036	ei leitud
	Vormsi, Borbby rand	Lääne	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud
	Lümanda, Atla rand	Saare	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud
	Sõrve, Mäebe küla	Saare	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud
	Pikkjärv	Jõgeva	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud
Järvemuda	Kaiavere järv	Jõgeva	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud
	Elistvere järv	Jõgeva	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud	ei leitud

Järeldused:

Kuna nii Ida-Virumaalt Kalvi küla lähedalt kui ka Pärnumaalt Kastnast korjatud adru proovides oli kasvuregulaatori toimeaine kloormekvaadi sisaldus määramise alampiiri lähedane (alampiir on 0,02 mg kg⁻¹), võis tegu olla ka määramisveaga, mida pidasid tõenäoliseks ka TÜ Eesti Mereinstituudi vanemteadurid Tiia Paalme ja Mart Simm. Siiski võivad tulemused viidata ka sellele, et Mandri-Eesti põldudel, kus tõenäoliselt kasvuregulaatoritega töödeldud pind on märksa suurem on selle jäägid sattunud merre jõgede ja ojade kaudu. Kuigi kolmes mereadru proovis näitasid määramistulemused kloormekvaadi jääke, võib see sisaldus olla seal kordades väiksem kui tavapõllumajandusest pärineva sõnniku puhul. Eriti veel juhul kui loomade allapanuks on kasutatud tavapõllumajanduslikust taimekasvatusest pärit põhku.

Raskmetallide sisaldus mereadru ja järvemuda proovides

Hetkel on Eestis raskmetallide sisaldus nii väetistes kui ka mullaparandamiseks mõeldud ainetes praktiliselt reguleerimata. Keskkonnaministri 30. detsembri 2002.a määrust nr 78 "Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded"

reguleerib reoveesette kasutamist, et vältida selle kahjulikku mõju keskkonnale, taimedele, loomadele kui ka inimeste tervisele. Määrusega on kehtestatud piirväärtused seitsmele raskmetallile. Põllumajandusministri 14. november 2014.a määrusega nr 101 „Nõuded väetise koostisele väetise liikide kaupa” on reguleeritud kaheksa raskmetalliühendi sisaldus lubiväetistes. Euroopa Liidu komisjoni määruse (EÜ) nr 889/2008 lisas I ja Euroopa Liidu komisjoni rakendusmäärusega (EL) nr 354/2014 on välja toodud seitsme raskmetalli piirnормid (mg kg^{-1}) kompostitud või kääritatud majapidamisjäätmes ja mageveekogudest pärit orgaanilise aine rikkas settes (nt sapropeel). Teistes mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses väetamiseks ja mullaomaduste parandamiseks lubatud ainetes (sh. merevetikad ja -tooted) on raskmetallide sisaldus reguleerimata, samuti ei ole reguleeritud väetamiseks ja mullaomaduste parandamiseks lubatud ainetega hektari kohta antavate raskmetallide piirväärtusi.

Käesoleva projekti raames analüüsiti 10 proovist (7 mereadru ja 3 järvemuda) kümne erineva raskmetalli sisaldust, mille kohta seadusandluses küll veidi teises kontekstis, on kehtestatud piirnормid.

Seitsmest kohast korjatud mereadru ja kolmest järvest võetud järvemuda proovide raskmetallide sisaldus oli väga varieeruv (tabel 5), samas jäi kõigis proovides raskmetallide sisaldus võrreldes põllumajanduses kasutatava reoveesette ja lubiväetises lubatud raskmetalliühendite piirnормidest madalamaks. Neljas proovis osutus mahepõllumajanduses kasutada lubatud kompostitud või kääritatud majapidamisjäätmes ning mageveekogu setetes lubatud raskmetallide piirnормidest kõrgemaks kaadmium (Cd), mille maksimumkontsentratsiooniks on $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$. Klooga rannast korjatud adrus oli Cd sisaldus $1,16 \text{ mg kg}^{-1}$. Saaremaal Atla ranna adrus $1,02 \text{ mg kg}^{-1}$ ning Sõrves, Mäebe küla adrus $0,98 \text{ mg kg}^{-1}$. Lubatust kõrgem oli Cd sisaldus ka Elistvere järvest võetud järvemuda proovis ($1,73 \text{ mg kg}^{-1}$). Kahes ülejäänud järvemuda proovis oli Cd sisaldus samuti maksimumkontsentratsiooni lähedane (Pikkjärves $0,65$ ja Kaiavere järves $0,60 \text{ mg kg}^{-1}$). Lisaks Cd -le ületas Ida-Virumaalt Kalvi küla lähedalt rannast võetud mereadru proovis maksimumkontsentratsiooni nikkel (Ni) ($25,8 \text{ mg kg}^{-1}$). Maksimumkontsentratsiooni lähedane Ni -sisaldus ($24,2 \text{ mg kg}^{-1}$) oli Ruhnu saare Kuunsi ranna mereadru proovis.

Järeldused:

Kompostitud või kääritatud majapidamisjäätmes ning mageveekogu setetes Cd maksimumkontsentratsioonist ($0,7 \text{ mg kg}^{-1}$) kõrgem sisaldus ($0,98$ – $1,73 \text{ mg kg}^{-1}$) tuvastati kolmes mereadru ja ühes järvemuda ning Ni maksimumkontsentratsioonist (25 mg kg^{-1}) kõrgem sisaldus ($25,8 \text{ mg kg}^{-1}$) ühes mereadru proovis. Kuna aga määruses kehtestatud normid reguleerivad Cd ja Ni sisaldused kompostitud või kääritatud majapidamisjäätmes ning mageveekogude setetes, siis ei laiene see mullaparandusainena kasutatavale mereadrule. Varasemalt läbiviidud uuringutes on leitud, et juba Eesti muldades, mille lähtekivimiks on mitmesugused keskmise Cd sisaldusega moreensed materjalid jääb Cd sisaldus keskmiselt vahemikku $0,05$ – $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ (Kärblane, H, Kanger, J., Kevvai, L. 2000. Mõnede raskmetallide ja mikroelementide sisaldus Eesti põllumuldades ning -taimedes. 150 lk.).

Tabel 5. Raskmetallide sisaldus mereadru ja järvemuda proovides.

			Aine kogus, mg kg ⁻¹ KA										Seadusandlusega kehtestatud piirväärtused					
			Mo	As	Hg	Cd	Cr	Ni	Pb	Ba	B	Cu	Aine nimetus	Määrus nr 78, mg kg ⁻¹ ^a	Määrus nr 78, mg ha ⁻¹ 10 a keskmisena ^b	Määrus nr 101, mg kg ⁻¹ ^c	Määrus nr 38, sihtarv mg kg ⁻¹ ^d	(EÜ) nr 889/2008, mg kg ⁻¹ ^e
Mere- adru	Klooga rand	Harju	0,91	1,23	ei leitud	1,16	3,9	5,92	3,53	249	150,0 ei leitud	2,4	Molübdeen, Mo				10	
	Kalvi küla Ruhnu,	Ida-Viru	2,87	15,4	0,041	0,14	44,2	25,8	2,76	141	leitud ei leitud	31,0 ei leitud	Arseen, As			50	20	
	Kuunsi rand	Saare	2,2	6,21	0,02	0,08	38,0	24,2	2,35	60,2	leitud	leitud	Elavhõbe, Hg	16	0,1	2	0,5	0,4
	Kastna Vormsi,	Pärnu	0,7	4,77	0,014	0,43	1,4	0,99	0,42	156	211,3	3,4	Kaadmium, Cd	20	0,15	3	1	0,7
	Borbby rand Lümada,	Lääne	0,32	3,36	0,01	0,24	1,3	1,75	0,38	30,5	110,0	1,6	Kroom, Cr	1000	4,5	50	100	70
	Atla rand Sõrve,	Saare	1,05	12,5	0,016	1,02	3,5	11,5	1,7	134	360,0	8,1	Nikkel, Ni	300	3	100	50	25
	Mäebe küla	Saare	0,24	6,88	0,011	0,98	6,4	5,7	0,91	206	100,0	2,9	Plii, Pb	750	15	100	50	45
Järve- muda	Pikkjärv	Jõgeva	2,58	1,05	<0,01	0,65	41,3	18,8	2,72	463	ei leitud	17,6	Baarium, Ba				500	
	Kaiavere järv	Jõgeva	2,08	8,72	0,032	0,60	23,0	14,6	1,41	92,5	leitud ei leitud	12,1	Boor, B				30	
	Elistvere järv	Jõgeva	0,7	7,36	0,02	1,73	5,1	9,83	0,62	474	leitud	26,3	Vask, Cu	1000	12	600	100	70

^a Keskkonnaministri 30. detsembri 2002.a määrusega nr 78 "Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded" põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutatava sette raskmetallide sisalduse piirväärtused.

^b Keskkonnaministri 30. detsembri 2002.a määrusega nr 78 "Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded" kehtestatud piirväärtused põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel sette kasutamisel kümne aasta keskmisena mulda viidavate raskmetallide kogused hektari kohta.

^c Põllumajandusministri 14. november 2014.a määrus nr 101, "Nõuded väetise koostisele väetise liikide kaupa" lisa lubiväetistes lubatud raskmetalliühendite sisalduse kohta.

^d Keskkonnaministri 11. august 2010. a määrusega nr 38 "Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases" kehtestatud sihtarv, mis näitab ohtliku aine sellist sisaldust pinnases, millega võrdse või väiksema väärtuse korral loetakse pinnase seisund heaks.

^e KOMISJONI MÄÄRUS (EÜ) nr 889/2008, lisas I raskmetallide maksimum-kontsentratsioonid kompostitud või kääritatud majapidamisjäätmes ja mageveekogudest pärit orgaanilise aine rikas settes.

1.3. Ülevaade tehnoloogiatest alternatiivsete mullaparandusainete kogumiseks, transportimiseks, laotamiseks ning mulda viimiseks.

Põhitäitja: Taavi Võsa

Ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete kogumise, transpordi, laotamise ning muldaviimise tehnoloogiade kohta koostati kirjanduse ja varasemate vaatluste põhjal.

Üldinfo

Alternatiivsed orgaanilised mullaparandusained on seni olnud tagaplaanil. Seoses mahepõllumajanduse levikuga on tekkinud vajadus seni vähekasutatud kohalikke ressursse taaskasutusele võtta. Atru on juba varasemast olnud rannaäärsel alal kasutusel. Peamised tööd – kogumine ja laotamine, tehti varasemal ajal käsitööna. Veovahendiks oli hobuvanker. Sellise tehnoloogia keskkonnamõju oli väike. Arvestades kvaliteetse tööjõu hõivatust, tuleb tahes-tahmata rõhuda tööde mehhaniseerimisele. Peamiseks väljakutseks atru ja järvemuda kasutamise mehhaniseerimisel on materjali kogumine ja logistika. Laotamiseks ja muldaviimiseks on sobivad vahendid ja alusteadmised olemas. Eriti suureks probleemiks on atru keskkonnasõbralik kogumine.

Tulemused:

Järvemuda kui orgaaniline väetis on ühelt poolt sobilik sisend põllumajandusse ja teiselt poolt on selle põldudele laotamine lahenduseks järvede tervendamisel tekkiva massi kasutamisele. Orgaanilise materjali keskkonnasõbralik ladustamine on tülikas ja ressursimahukas (pind, aeg, kütus) tegevus. Järvede puhastamisele spetsialiseerunud ettevõtted suudavad veekogust lühikese ajaga eemaldada märkimisväärses koguses muda, kuid selle kasutamiseks põllumajanduses on vaja lahendada kaks probleemi:

1. ammutatud materjali toimetamine laotuskoha (põllu) vahetusse lähedusse;
2. laotamine mulla- ja keskkonnasäästlikul viisil (sh. segamine mullaga).

Järvemuda peamiseks logistiliseks puuduseks on madalast toitainesisaldusest johtuv suur veotööde maht. Üks kuupmeeter NPK mineraalväetist (näiteks NPK 16-16-16) sisaldab toitaineid vastavalt 383 kg, kaaludes umbes 1000 kg. Kuupmeeter järvemuda (kuivainesisaldusega ~12%) aga kaalub ligikaudu 700 kg ja sisaldab põhitaimetitaineid (NPK) <15 kg. Sellest tulenevalt on sama toitaine koguse taimedeni toimetamiseks vaja laadida, vedada ja ladustada märkimisväärsed materjalikogused.

Atru mahukaal sõltub suuresti niiskusesisaldusest. Nädalaid rannas tuule ja päikese käes kuivanud atru pinnakihi on mahukaal lähedane vallasheinale (120-140 kg m⁻³), vahetult veest välja uhutul väiksem vee erikaalust (1000 kg m⁻³). Kirjanduse andmed on vastukäivad, ulatudes 600 kuni 950 kiloni. Tõenäoliselt on põhjuseks liigiline erinevus. Toitainesisalduselt kuivaines sarnaneb atru järvemudale. Kuna tegemist on taimse massiga, vabanevad toitained aeglaselt mitme aasta jooksul vastavalt sellele, kuidas mulla elustik taimeosi lagundada ja ümber töödelda jõuab. Nagu ka käesoleva uuringu andmed näitavad, atrul laotamisaastal usutavat mõju saagile ega ka mulla viljakusele ei avaldanud. Seetõttu ei ole atru sobiv üheaastaste kultuuride väetamiseks ja külvikorra koostamisel tuleb atru mõju arvestada. Katsealadele laotatud atru järelmõju selgub järgnevatel aastatel.

Järvemuda kogumiseks on kasutusel kaks peamist moodust.

1. Ammutamine veetaset alandamata ujuva ekskavaatori, bageri või pumpseadisega;
2. Skreeperite või buldoosritega teisaldamine ajutiselt veest vabastatud alalt.

Kumba valida, sõltub konkreetse koha asjaoludest ja saadaval olevast tehnikast. Kandva põhjaga tühjendatavatel veekogudel on ostarbekas materjali teisaldamine roomiktehnikaga, pehme põhjaga või alaliselt täidetud veekogude puhul ammutamine veepinna alt. Veealune ammutamine annab tulemuseks väga märja massi, millest nõrgub märkimisväärses koguses vett. See vesi sisaldab rohkelt hõljumit ja võib sisaldada rohkelt toitaineid, mistõttu nõrgvesi tuleks juhtida veehaardesse läbi toitainepüünise. Veekogu ajutine tühjendamine ei ole alati võimalik ning mõjub elustikule kahjulikult. Laugete nõlvadega paisveekogude puhul tasub seda siiski tööde olulise lihtsustumise tõttu kaaluda.

Nõrgumisalana võidakse kasutada ka sobivalt paiknevaid põldusid, kuhu järvemuda hiljem mullaviljakuse parandamiseks mulda segatakse. Sellisel juhul vähenevad logistikaprobleemid ja transpordi keskkonnamõju märkimisväärselt. Kui on soov ammutatud muda kasutada mujal või on materjali maht liiga suur kohapeal kasutamiseks, tuleb transpordi kava hoolikalt läbi mõelda.

Aдру kogumist mehhaniseeritult on katsetatud 1970. aastatel saartel, kuid heade tulemusteni ei jõutud. Probleemideks oli rohke võõrkehade sisaldus ja madal tootlikkus. Erinevalt toonasest, on praegu võimalik kasutada erinevaid piikopptööseadisega laadureid ja vaalutõstureid. Probleemiks on kaldale uhutud adru ebaühtlane paiknemine. Lained ja tuul tekitavad kuhjatisi, milles adru niiskusesisaldus võib erineda märkimisväärselt. Samuti võivad kuhjad sisaldada erinevaid võõrkehi, millest tuleb enne laotamist vabaneda. Kuigi orgaanilise materjali söelumiseks on olemas puhastusliinid, pole mõeldav nii hinnalise seadmepargi ülesseadmine. Otstarbekam on laadimise ja vaheladustamise ajal käsitööna võõrkehad eemaldada.

Aдру kogumisel on väga oluline jälgida väljaspool teid liikumise reegleid. Transpordivahendiga tohib väljaspool üldkasutatavaid teid liigelda vaid maaomaniku loal. Märkimisväärne osa rannajoonest kuulub kas erinevatele riigiasutustele või munitsipaalmaana kohalikule omavalitsusele (KOV). Rannaalal adru mehhaniseeritult kogumiseks peab olema vastava pädeva riigiasutuse või KOV luba. Eramaadelt kogumiseks maaomaniku luba. Lisaks maa-alal liikumise loale võivad kaitsealal või piiranguvööndis kehtida erinõudeid. Vajaliku info saab KOV vastavatelt ametnikelt.

Eestis on valdavalt tavaks laotada orgaanilisi väetisi põhimullaharimise eel. Sellisel juhul ei jää materjal mulla pinnale ja ei kaota toitaineid. Paraku tähendab see parima laotamisaja sattumist mullaharimistööde kõrgaega. Kuna orgaaniliste väetiste laotamiseks sobivaim ajavahemik on lühike, on otstarbekas materjali ettevedu ja laotamine teineteisest lahutada. See omakorda tähendab sobivate vaheladustuspaikade leidmist põldude lähedusse. Arvestades Eesti vihmaderohket ilmastikku, tuleb kaaluda nõrgunud ja uuesti kuhjatud järvemudakuhjade katmist, et oluliselt vähendada toitainete ärakandumise riski pinnaveega. Siinkohal tasub tõsiselt võtta sõnniku ladustamisel saadud kogemusi ja arvestada veekaitse nõuetega. Kuna järvemuda säilitamiseks pole eraldi nõudeid kehtestatud, tasub lähtuda sõnniku hoidmisele kehtestatud nõuetest (Veeseadus. <https://www.riigiteataja.ee/akt/VeeS,§26²>) [15.01.2016].

Järvemuda etteveo ja laotamise tegevuste ajaline lahutamine võimaldab paremini ära kasutada talvel väikese koormusega töötavaid kallurhaagisega veoautosid. Väikese mahukaalu tõttu tulevad kõne alla ka liikurpõhja või lükkeseina abil tühjenevad hakkpuidu või viljaveokid. Need on väljaspool kasvuperioodi vähem hõivatud. Arvestades materjali väikest mahumassi ja madalat abrasiivsust, siis ei tekita võõrkehade järvemuda või adru vedu veovahenditele kahjustusi. Samas vajavad need enne oma tavapärasele tööle naasmist põhjalikku pesu, kuna mõlemad materjalid sisaldavad kleepuvaid osiseid.

Talvisel ajal saab ära kasutada ka teede läbikülmumise tõttu suurenenud kandevõimet. Külmunud teetammid ja põllud kannavad raskeid vedukeid probleemideta. Sügisel ja kevadisel teedelagunemise ajal on probleeme põldudeni viivate teede kandevõimega. Mitmed teevaldajad (enamasti KOV) piiravad tee säilimise huvides sõidukite teljekoormuse 8 t peale. Vastasel korral hävivad teetammid ning tee muutub tavaliklusele läbitamatuks. Seetõttu on mõistlik töökorralduses säärast olukorda vältida, valides töö teostamiseks piiranguteta aja.

Kõik eespool öeldu piirab järvemuda etteveoks sobiliku aja väljapoole taimede aktiivse kasvu perioodi.

Väikese mahukaaluga ainete logistika tõsine probleem on laadimise tootlikkus, eriti ümberlaadimine väljaspool terminale. See kehtib nii järvemuda kui adru korral. Looduslike järvede korrastamisel ammutatud materjali ladustamiseks tõenäoliselt ei ole kasutada kõva kattega platse ja suure jõudlusega laadimistehnikat. Ka rannik on enamasti liigendatud maastikuga ja kivine. Põllul või looduslikule pinnasele rajatud vaheladustusplatsil toimuv ümberlaadimine on ohtlik ja juhult kõrget professionaalsust nõudev ettevõtmine. Laadimistööde planeerimisel tuleb silmas pidada:

- 1) laadurite maastikuvõimekust. Seda nii stabiilsuse (põld on harva täiesti tasane) kui läbivuse suhtes;
- 2) laaduri jõudlust ja
- 3) valitud laadimismeetodi sobivust (kopast eraldumise täielikkus, piisav laadimiskõrgus ja tühjenduskaugus).

Kui maastikuvõimekus on masina omadus, siis materjali muutuvad omadused võivad laadimise jõudlust ka töö käigus oluliselt mõjutada. Liiga märja massi korral ei täitu kopp piisavalt (üleliigne voolab välja üle madalaima serva), liiga kuiv mass kleepub kopale. Adru puhul lisandub tuulekanne, kui kerged taimeosised võivad tuulega kopast välja kanduda.

Järvemuda ümberlaadimisel tasub kaaluda tsüklilise laadimisviisi asemel (ekskavaatorid, rataslaadurid) pidevatoimeliste (elevaatorlaadurid, mitmeastmelised puhurid) kasutamist. Oma füüsikalistelt omadustelt (sõmer, mahukaal alla 1, mõningane kleepuvus) ei erine nõrutatud järvemuda oluliselt kevadisest lumest. Kui kasutada suure mahukaaluga lume teisaldamiseks mõeldud seadmeid, väheneks oluliselt laadimiseadme tühisõitude arv ja üldine ruumivajadus, sest sellisel juhul sõidavad laadur ja transpordivahend kõrvuti. Komposti ümberlaadimisel on mitmeastmelisi lumepuhureid kasutatud.

Nõrutatud järvemuda ei esita laotusseadmele kuigi kõrgeid nõudmisi. Materjal on sõre, kleepub vähe, ei võlvi laoturites, mille kasti laius on üle kahe meetri. Etteandesüsteem peab laotusseadisele andma ette ühtlase voo ja laotusseadis selle nõutud töölaiausele ühtlaselt

laotama. Mida suurem on soovitatav laotuslaius, seda keerukamaks muutub seade ja seda rohkem hakkavad materjali heterogeensus ja külgtuul laotusühtlikkust mõjutama. Ühtlase laotustulemuse saamiseks peaks kasutama nii etteandebiitrite kui ka laotusketastega varustatud laotureid. Pelgalt laotusbiitritega seadmete laotusühtlikkus sõltub suuresti laaditud koorma ühtlikkusest ning pankliku või liiga väikese kuivainesisaldusega materjali korral ei ole ühtlik laotamine võimalik. Seda näitasid kogemused Tartumaal 2010. aastal.

Aдру laotamine on sarnane rohkelt põhku või heina sisaldava sõnniku laotamisega. Lõikenugadega rebimisbiitritega laoturid võimaldavad saada hea laotusühtlikkuse, rõhtbiitritega laoturid kuva ja kiulise materjali ühtlast laotamist ei võimalda.

Laotatud materjal tuleb mullaga segada. See vähendab oluliselt võimalikku toitainete lendumist ja ärakannet pinnaveega. Ka vastavalt Veeseadusele on muldaviimine nõutud 48 tunni jooksul kasvavate kultuurideta pinnal (Veeseadus. [https://www.riigiteataja.ee/akt/VeeS, § 26¹ lg 4⁵](https://www.riigiteataja.ee/akt/VeeS,_%20%1%lg%45)) [15.01.2016]. Kasvavate kultuuridega pinnal tuleb laotatud materjal mullaga segada 48 tunni jooksul, kui laotamine toimib ajavahemikul 1.-30. november (Veeseadus. [https://www.riigiteataja.ee/akt/VeeS, § 26¹ lg 4⁶](https://www.riigiteataja.ee/akt/VeeS,_%20%1%lg%46)) [15.01.2016].

Laotatud matrejali on võimalik mulda viia erinevasse sügavusse kasutades erinevaid riistu:

1. ader või hõlmkoorel, millega viiakse sügavale (20...25 cm) mullakihi alla;
1. rullrandaal või ketaskoorel, millega segatakse ülemisse mullakihti (5...15 cm);
2. rullkäpprandaal või muu kobesti, millega segatakse kogu saadaolevasse aktiivkihti (0...25 cm).

Lausharimiskultivaatoreid ja äkkeid ei saa mullaga segamiseks soovitada, kuna nende mulda segav toime on vähene ja töösügavus ei ole piisav. Sobiv riist tuleb valida eel- ja põhikultuuri nõuete kohaselt ning arvestades põllul oleva mullastiku eripära ning kasutatava traktori võimekust. Kui hõlmriistad ei ole nõudlikud töökiirusele, siis ketasriistad vajavad kvaliteetseks tööks piisavat töökiirust (enamasti 10 km h⁻¹ ja rohkem). Orgaanilise materjali (sh. järvemuda ja adru) laotamisel võib oodata suurenenud veorastade läbilisemist ehk nühamist, sest põllu pinnal olev materjal on sõre ja libe ning ei paku rehvidele mullaga võrdset haardumist. Seda tuleb arvestada masinate valikul ja traktori kaalujaotuse kohendamisel lisaraskuste valikul (ballastimisel). Tuleb tagada piisav haardekaal, kuid samas hoiduda mulda liigselt tallamast.

Põllul liikumise ajal on oluline vältida mulla tallamist. Suurim on kahju liigniiske mulla korral. See olukord on Eestis sagedane sügisel, mistõttu tuleks vältida orgaanilise väetise laotamist hilissügisel, kui vihmad on küllastanud põllud veega.

Tehnilised võimalused mulla säästmiseks on järgmised:

1. rehvimõõdu suurendamine;
2. rehvirõhu alandamine;
3. topeltrataste kasutamine;
4. mitmeteljeliste telikute kasutamine (tuleb kõne alla peamiselt haagistel);
5. võimalikult pehme seinaga rehvide kasutamine.

Kõige operatiivsem on topeltrehvide kasutamine ja rehvirõhu alandamine. Mõlema võtte korral tekivad probleemid liikumisega avalikel teedel. Topeltrataste korral ületab masina laius 2,5 m, mistõttu on vajalik teevaldaja luba. Madala rehvirõhu korral tekib transpordikiirusel oht rehvi vastupidavusele, kuna rohke deformatsioon kuumutab rehvi ja võib esile kutsuda väsimuspurunemise. Seda eriti siis, kui liikumiskiirus ja rehvi koormus koormaga sõites ei ole

vastavuses. Töökiirusel sõitmisel langeb tootlikkus ja taksitatakse teisi liiklejaid. Mida kaugemal on laadimiskoht põllust, seda suurem probleem on transpordikiiruse langusest tingitud tootlikkuse vähenemine. Masinale ehitatud rehvirõhu käsi- või automaatseadesüsteemid võimaldavad vajaliku rõhu seada kiiresti ja enamasti juhikohalt lahkumata. Võimaluse korral tasub põllutöid tegevad masinad juba soetamisel rehvirõhu muutmise süsteemiga varustada ja neid vastavalt vajadusele ka kasutada.

Järeldused.

Järvemuda tekib veekogude puhastamisel paratamatult ning põllumajanduses on võimalik see keskkonnasõbralikult ära kasutada. Selleks tuleb juba tööde planeerimisel nii vaheladustamise koha valikul kui ammutamistööde korraldamisel valida vajalikul ajal transpordivahenditega juurdepääsetavad kohad, kus oleks samal ajal täidetud veekaitseenõuded ning vähim muu võimalik negatiivne mõju. Põllule laotamisel tuleb jälgida kehtestatud piiranguid aja ja koguse suhtes ning korraldada töö võimalikult mulda säästval viisil. See tähendab esmajoones võimalikult kergete masinate valimist ning tööd võimalikult kvaliteetselt ja kiiresti teha võimaldavat tööviisi.

Adru kantakse merest perioodiliselt välja iga-aastaselt ning kohaliku orgaanilise materjalina on sel potentsiaali mullaparendusainena, kui lahendatakse probleemid kvaliteetse materjali kogumisel keskkonnasõbralikul viisil.

2. Alternatiivsete mullaparendusainete mõju saagile ja mullaviljakusele, põldkatsete tulemused Jõgeval ja Saku

Selgitamaks välja alternatiivsete mullaparendusainete mõju kultuurtaimede saagikusele, saagi kvaliteedile ning mulla keemilistele-, bioloogilistele- ja füüsikalistele parameetritele rajati 2015. aasta aprillis nii Jõgeva kui ka Saku PMK (Karantiiniaed) katsealale statsionaarkatsed.

Jõgeva katseala mullaliigiks oli raske liivsavi lõimisega (Is_3) gleistunud leetjas muld (Klg). Saku katseala mullaliigiks oli kerge liivsavi lõimisega (Is_1) kamar-karbonaatmuld (K). Kasvatatavaks kultuuriks oli kaer `Eugen` mis külvati Jõgeva katsealale normiga 600 ja Saku katsealale 500 idanevat seemet m^2 .

Tabel 6. Katsevariandid Jõgeva ja Saku katsealal

Katseala	Variant
Jõgeva	Väetamata kontroll
	Järvemuda 50 t ha^{-1}
	Järvemuda 100 t ha^{-1}
Saku	Väetamata kontroll
	Adru, 20 t ha^{-1}
	Sõnnik, 20 t ha^{-1}
	NPK, 400 kg ha^{-1}

Põldkatse Jõgeva katsealal viidi läbi kuues ja Saku neljas korduses. Katselapi suurus Jõgeval oli 10,5 m^2 , Saku 25,0 m^2 . Katses olnud katsevariandid ning teostatud tööd on välja toodud tabelites 6 ja 7. Saku katsealal kasutatud adru oli pärit Klooga rannast ning korjati 12.05.2015. Sõnnik pärines Saku vallas ekstensiivse tavapõllumajandusliku piimakarja-kasvatusega tegelevast ettevõttest ja oli

eelnevalt enne kasutamist kolm aastat seisnud. Jõgeva katsealal kasutatud järvemuda osteti 2014. aastal Lätis ning 2014/2015 talvel seisis *big-bag* kottides. Katses kasutatud mullaparendusainete pH ja ühele hektarile antud toitainete kogused on välja toodud tabelis 8.

Tabel 7. Jõgeval ja Sakus teostatud tööd

Katseala	Variant	Tööd ning nende teostamise kuupäev				
		Väetise laotamine	Künd/kultiveerimine	Külv	Äestamine	Koristus
Jõgeva	Kontroll	-	05.05	6.05	12.05	27.08
	Järvemuda, 50 t ha ⁻¹	05.05	05.05	6.05	12.05	27.08
	Järvemud, 100 t ha ⁻¹	05.05	05.05	6.05	12.05	27.08
Saku	Kontroll	-	12.05	19.05	08.06	14.09
	Adru, 20 t ha ⁻¹	12.05	12.05	19.05	08.06	14.09
	Sõnnik, 20 t ha ⁻¹ (3 aastat seisnud)	12.05	12.05	19.05	08.06	14.09
	NPK, 400 kg ha ⁻¹	19.05	12.05	19.05	08.06	14.09

Tabel 8. Katses kasutatud väetiste ning mullaparandusainetega mulda viidud toitainete kogused (kg ha⁻¹)

Väetusaine	Kogus, kg ha ⁻¹	KA, kg ha ⁻¹	Ühele hektarile antud toitainete kogus, kg ha ⁻¹									
			KA %	pH	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	B
Järvemuda	50 000	13550	27,1	7,7	62,3	37,7	34,8	1300,8	58,9	15,2	0,15	0,4
Järvemuda	100 000	27100	27,1	7,7	124,6	75,4	69,7	2601,6	117,8	30,4	0,30	0,8
Adru	20 000	16060	80,3	5,7	192,7	17,8	103,6	353,3	102,8	4,5	0,04	2,4
Sõnnik	20 000	6980	34,9	6,8	20,9	20,1	67,5	362,9	24,4	1,4	0,08	0,2
NPK	400				60	26	50					

Ilmastik

Ilmatingimused olid nii Jõgeval kui ka Sakus 2015. aastal kaera kasvuks soodsad. Sademeid tuli normilähedaselt või enam, ainult mai kolmandal ning juuni esimesel ja teisel dekaadil esines lühiajalist kuivust (tabel 9). Kuivem periood oli ka tera täitumise ajal (juuli kolmas dekaad, august). Keskmine õhutemperatuur jäi Jõgeval paljude aastate keskmisest (aastad 1922–2014) valdavalt madalamaks. Ainult augusti esimesel ja kolmandal dekaadil oli see veidi kõrgem.

Tabel 9. Vegetatsiooniperioodi ilmastik Jõgeva ja Saku katsealal 2015. aastal ning Jõgeva paljude aastate (1922–2014) keskmine

Jõgeva	Aprill			Mai			Juuni			Juuli			August		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Õhutemperatuur, °C															
2015. a	3,5	4,6	7,7	9,4	9,7	11,6	13,8	13,9	14,5	17,3	14,1	15,5	17,4	15,2	15,9
keskmine 1922-2014	1,3	3,7	6,2	8,4	10,6	11,9	13,6	14,4	15,4	16,5	17,0	17,0	16,5	15,5	14,1
Sademe summa, mm															
2015. a	17	18	27	27	6	10	5	16	31	21	36	21	12	4	18
keskmine 1922-2014	11	12	13	13	18	20	15	26	28	22	26	31	30	29	30
Saku, 2015															
Õhutemperatuur, °C	3,3	4,7	6,9	8,4	8,7	11,4	12,8	12,9	13,6	16,5	14,8	15,0	16,4	14,9	16,0
Sademe summa, mm	13	4	30	12	13	1	1	27	19	31	34	40	6	3	35

2.1 Mullaparandusainete mõju hindamine mulla keemilistele, füüsikalistele ning mikrobioloogilistele näitajatele.

2.1.1 Katseala mulla keemiline analüüs

Põhitäitjad: Ene Ilumäe, Elina Akk

Ühe näitajana uuriti katsetes toitainete sisalduse dünaamikat mullas. Analüüsideks võeti mullaproovid enne mullaparandusainete kasutamist aprillis ja septembris, pärast saagi koristamist 0–20 cm sügavuselt neljas korduses. Mullad analüüsiti PMK laboratooriumis: pH-ISO 10390; P, K, Ca, Mg, Cu, Mn-Mehlich III; B-Bergeri ja Truogi meetod; Corg, N.-EA meetod. Katses kasutatud adru, sõnniku ning järvemuda proovidest analüüsiti: kuivaine –gravimeetria; kogulämmastik – Kjeldahl'i meetodil; pH_{KCl} – GOST 27979-88; P, K, Ca, Mg –PMK-JJ-4C; Cu, Mn, B – PMK-JJ-1A.

Tulemused:

Saku katses kasutati alternatiivsetest mullaparandusainetest adru ja ka sõnnikut. Sõnnik oli eelnevalt kolm aastat seismas, seega tema üldise lämmastiku (N) sisaldus oli oluliselt langenud ning 20 tonnise normiga anti hektarile vaid 20,9 kg N (tabel 8). Adru puhul anti aga 20 tonniga mulda 192,7 kg N ha⁻¹. Fosfori (P) kogus oli mõlema mullaparandusaine puhul küllaltki sarnane (adru 17,8 ja sõnnik 20,1 kg P ha⁻¹). Samas adrugaga antud kaaliumi (K) kogus oli märksa suurem (103,6 kg ha⁻¹) kui sõnniku puhul (67,5 kg ha⁻¹). Ka adrugaga antud magneesiumi (Mg), mangaani (Mn) ja boori (B) kogused olid võrreldes sõnnikuga, oluliselt kõrgemad. Lisaks olid Saku katses alternatiivsete mullaparandusainete võrdluseks kontroll (väetamata) ning mineraalväetisega väetatud (N60, P26 ja K50 kg ha⁻¹) variandid.

Jõgeva katsealal kasutati alternatiivse mullaparandusainena järvemuda, normidega 50 ja 100 t ha⁻¹. N anti sel juhul mulda vastavalt 62,3 ja 124,6, P – 37,7 ja 75,4 ning K– 34,8 ja 69,7 kg ha⁻¹. Võrreldes Saku katsealal kasutatud adru ja sõnnikuga anti järvemuda kasutamisel mulda oluliselt rohkem fosforit (P), kaltsiumi (Ca) ja vaske (Cu). Kõige suurem erinevus oli aga Mn osas, kuna järvemuda puhul oli mulda antud Mn hulk oluliselt suurem (15,2 ja 30,5 kg ha⁻¹) kui sõnniku ja adru puhul (1,4 ja 4,5 kg ha⁻¹). Võrdluseks oli ka Jõgeval väetamata kontrollvariant.

Võrreldes katseala mulla kevadiste keemiliste analüüside tulemustega mullaproovidest, mis olid võetud enne mullaparandusainete kasutamist, oli mõlemal katsealal sügiseks enamiku toitainete sisaldus mullas vähenenud (tabel 10). Jõgeva tulemustest selgus, et mullas olevatest toitainetest vähenes kõige rohkem N. Seejuures järvemuda 100 t ha⁻¹ variandis olid N kaod kaks korda väiksemad kui väetamata kontrollvariandis ning 1,5 korda väiksemad kui järvemuda 50 t ha⁻¹ variandis. Samas K, Mn ja B kogused olid aga sügiseks tõusnud. Mn puhul tõstis järvemuda selle sisaldust mullas sügiseks kõige rohkem järvemuda variandis 100 t ha⁻¹. Mulla Cu sisaldus järvemuda mõlema kasutusnormi (50 t ha⁻¹ ja 100 t ha⁻¹) puhul jäi praktiliselt samaks.

Tabel 10. Mulla keemilise analüüsi tulemused enne mullaparendusainete kasutamist aprillis ning pärast saagi koristust septembris

Asukoht	Variant	Aeg	pH	P, mg kg ⁻¹	K, mg kg ⁻¹	Ca, mg kg ⁻¹	Mg, mg kg ⁻¹	Cu, mg kg ⁻¹	Mn, mg kg ⁻¹	B, mg kg ⁻¹	C _{org} , %	N, %	C/N
Jõgeva	Kontroll	Apr.	7,4	46,3	104,3	4321,8	83,3	1,8	46,0	0,59	1,90	0,20	9,5
		Sept.	7,4	44,5	114,8	4037,3	75,3	1,7	49,5	0,72	1,65	0,12	13,8
	Järvemuda, 50 t ha ⁻¹	Apr.	7,4	44,8	92,0	4741,3	86,0	1,9	56,0	0,60	1,93	0,19	10,2
		Sept.	7,4	41,3	97,8	4527,8	79,3	1,9	60,3	0,74	1,75	0,13	13,5
	Järvemuda, 100 t ha ⁻¹	Apr.	7,4	51,3	109,5	5589,3	91,3	2,2	57,8	0,67	2,00	0,20	10,0
		Sept.	7,4	49,5	118,3	5713,8	90,8	2,3	63,8	0,89	1,98	0,16	12,4
Saku	Kontroll	Apr.	7,3	202,0	196,5	6465,5	145,5	2,1	121,5	2,30	5,35	0,41	13,1
		Sept.	7,3	181,5	175,7	5142,3	117,8	2,1	122,5	2,75	4,68	0,31	15,1
	Adu 20 t ha ⁻¹	Apr.	7,2	201,5	198,0	6374,5	141,0	2,1	122,0	2,46	5,15	0,39	14,1
		Sept.	7,3	174,8	179,2	5191,5	126,5	1,9	115,5	2,70	4,63	0,31	14,9
	Sõnnik 20 t ha ⁻¹	Apr.	7,2	222,0	189,0	6724,5	145,5	2,2	123,5	2,58	5,00	0,37	13,5
		Sept.	7,3	197,0	198,8	5713,3	136,8	2,2	116,5	2,86	5,00	0,34	14,7
	NPK, 400 kg ha ⁻¹	Apr.	7,2	194,5	196,5	6508,0	141,0	2,2	124,5	2,66	4,85	0,37	13,1
		Sept.	7,3	193,5	196,0	5676,0	130,3	2,3	119,0	2,92	4,78	0,33	14,5

Võrreldes teiste katses olnud mullaparendusainetega anti Saku katses adru mulda oluliselt rohem N, K ja ka Mg mida aga tõenäoliselt ei kasutatud ära saagi formeerumiseks ning saak jäi isegi väiksema toitainesisaldusega sõnniku katsevariandist madalamaks (tabel 15). Kuna sügisestest mullaproovides oli toitainete sisaldus adru väetatud variandis langenud võib järeldada, et seoses adru aeglase lagunemisega oli enamus toitaineid mullas veel seotud (ei olnud taimedele kättesaadavad). Sõnnikuga väetamine tõstis oluliselt K ja Ca sisaldust mullas. Cu sisaldus jäi sõnnikuga väetamisel samaks nagu kontrollvariandis, kuid tõusis mineraalväetisega variandis. Saku katses suurenes mullaparendusainete kasutamisel P, Mn ja B sisaldus mullas võrrelduna väetamata kontrollvariandiga.

Järeldused:

Üldiselt suurendas järvemuda kasutamine mulla toitainete sisaldust ja selle mõju mulla toitainete suurenemisele avaldus efektiivselt kasutusnormi 100 t ha⁻¹ juures.

Sõnniku kasutamine tõstis K sisaldust mullas, samas, P ja Mn puhul olid nende toitainete kaod suuremad kui väetamata variandis. Kuna kevadel kasutatud adru oli laotamise hetkel kuivainerikas (80,3%) lagunes see aeglaselt, mistõttu ei olnud adru mulda viidud toitaineid taimedele kättesaadavad. Seega uurimist vajaks ka adru kui orgaanilise mullaparendusaine järelmõju kestvus. Põhjalike järelduste tegemiseks ja soovitude andmiseks põllumajandustootjatele on kindlasti alternatiivsete mullaparendusainete (järvemuda, adru) uuringutega vajalik jätkata.

2.1.2 Elektriliste omaduste mõõtmine perkomeetriga. Mulla soolsus ja niiskus.

Põhitäitja: Tiit Plakk

Mulla niiskust ja soolsust mõõdeti katselappidel Sakus seitsmel ja Jõgeval neljal korral. Mõõtmised viidi läbi perkomeetriga kasutades mulda surutavat toruandurit. Perkomeeter (dielektrilise läbitavuse ja elektrijuhtivuse mõõtja) on seade, millega määratakse samaaegselt

mullas *In situ* suhteline dielektriline läbitavus (E_r , suhtelised ühikud) sagedusel 40–50 MHz ning mulla elektrijuhtivus (E_{Ca} , *Soil Bulk Electrical Conductivity*, μScm^{-1}) sagedusel 1 KHz. Mõõdetud dielektrilise läbitavuse E_r alusel arvutatakse mulla mahuline niiskus W_v % ning mulla juhtivuse E_{Ca} ja E_r kaudu arvutatakse mulla soolsus E_{Ce} (*Soil Extract Electrical Conductivity*, küllastunud mullalahuse ekstrakti elektrijuhtivus μScm^{-1} taandatuna 20°C), mis iseloomustab summaarset lahustunud ioonide hulka mullalahuses. Viimane suurus on otseselt seotud taime toiteelementide sisaldusega mullas. Meie poolt eelnevalt määratud E_{Ce} diapasonid Eesti põllumuldade kohta on järgmised:

E_{Ce} 150...300 looduslik, kurnatud, toitainetevaene muld

E_{Ce} 300...500 nõrk kuni keskmine toitainete sisaldus

E_{Ce} 500...800 toitainerikas muld

E_{Ce} 800...1200 hästi väetatud muld koheselt pärast väetiste lahustumist mullas. Maksimaalsed mõõtetulemused Eesti muldades kuuluvad siia piirkonda.

E_{Ce} üle 4000 mulla liigsoolsuse piir (Eestis ei ole probleemiks).

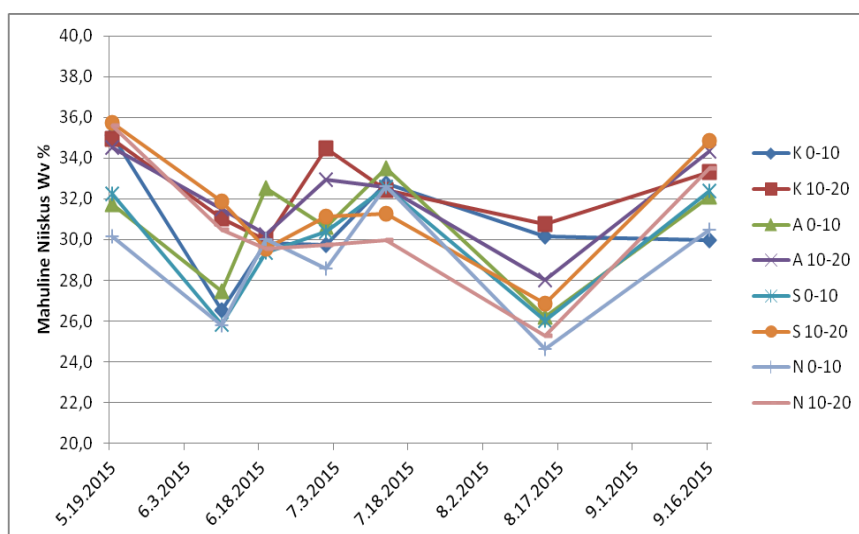
E_{Ca} ja E_{Ce} omavaheline seos on täpsem kergema lõimisega liivsavi-saviliiv muldade korral (Saku katse), kus savi sisaldus on väiksem, st. nende muldade korral kajastub toitainete sisalduse muutus mullas suuremal määral kui raskema lõimisega muldade korral (Jõgeva katse).

Tulemused:

Saku katse

Mõõtmised toimusid seitsmel korral – 19.05, 10.06, 19.06, 1.07, 13.07, 14.08 ja 16.09.2015. Kuna mullakiht katsealal oli suhteliselt õhuke mõõdeti mulla elektrilisi parameetreid igal lapil kümnes punktis ning igas punktis kahest kihist 10 ja 20 cm sügavuselt.

Mulla niiskus. Dielektrilise läbitavuse näidud mõõdetud kuupäevadel jäid kõikides variantides vahemikku 13–23, mis vastab mahulisele mullaniiskusele 25–35% ning jääb taimekasvuks optimaalsesse ja rikkaliku niiskuse piirkonda (Reppo järgi). Niiskuse paiknemine ja dünaamika mulla eri kihtides on toodud joonisel 3. Kuna sademeid oli vähe oli mulla niiskus ülemises kihis 3–4% väiksem kui alumises kihis.

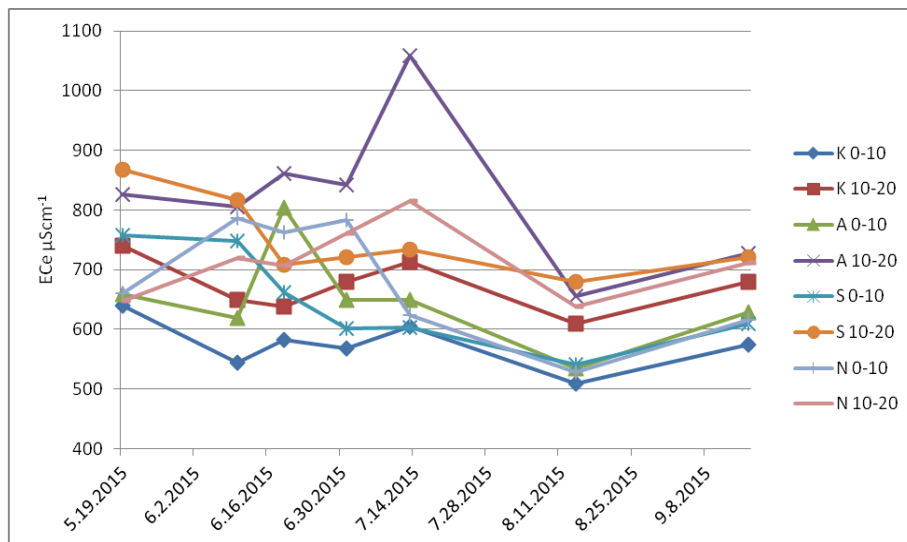


Joonis 3. Saku katseala erinevate katsevariantide (K – kontroll, A – adru 20 t ha⁻¹, S – sõnnik 20 t ha⁻¹ ja N – NPK mineraalväetis 400 kg ha⁻¹) mulla niiskuse dünaamika 10 ja 20 cm sügavusel mullakihis

Vaid 13.07 pärast vihma tehtud mõõtmistel oli ülemise kihi mullaniiskus veidi kõrgem kui sügavamal kihis. Ainsa märgatava erinevusega variantide vahel oli kontrollvariandi niiskus 14.08 mõõtmisel 3–4% võrra suurem kui teistes variantides. See võis olla seotud väiksema niiskuse kasutusega väiksema biomassi tõttu. Samas on selge, et üksikutel kuupäevadel tehtud mulla niiskuse mõõtmised ei anna täpset pilti niiskuse dünaamikast kogu kasvuperioodi vältel, mille määramiseks tuleks kasutada automaatset mõõtejaama.

Mulla soolsus

Vegetatsiooni perioodi lõpuks (mõõtmine 14.08) oli ECe kõikides variantides ja mõlemas mullakihis saavutanud enam-vähem võrdse ja minimaalse väärtuse. Seejuures oli ECe 10–20 cm kihis umbes 100 ühiku võrra suurem (vastaval $550 \mu\text{Scm}^{-1}$ kihis 0–10 ja $650 \mu\text{Scm}^{-1}$ kihis 10–20). Perioodil 14.08–16.09 toimus kõikides variantides ja mõlemas mullakihis ECe ühtlane tõus umbes 50 ühiku võrra, kusjuures ECe lõppväärtus jäi 16.09 mõõtmisel veidi väiksemaks kevadisest algväärtusest. See asjaolu kajastub ka toitainete sisalduse tabelis 10. Mõõteperioodil 19.05–14.08 esinesid erinevates katsevariantides ning erinevates mullakihtides ECe



Joonis 4. Saku katseala erinevate katsevariantide (K – kontroll, A – adru 20 t ha⁻¹, S – sõnnik 20 t ha⁻¹ ja N – NPK mineraalväetis 400 kg ha⁻¹) mulla soolsus 10 ja 20 cm sügavusel mullakihis

dünaamika ja absoluutväärtuste vahel olulised erinevused. Kontrollvariandis oli ECe sügavamal kihis läbi kogu katse umbes 100 ühikut suurem ning kihtide graafikud jooksid paralleelselt. Perioodil 19.05–10.06 toimus ECe vähenemine, pärast seda kuni 13.07 oli nõrk tõus (sisuliselt konstantne arvestades tulemuste usalduspiiri) ning seejärel toimus analoogiline muutus kõikides variantides. Adru puhul oli algnäit 19.05 mõõtmisel mõlemas kihis kõrgem kui kontrollvariandis. Eeldades, et lapid olid enne katse algust võrdsed, oli toimunud soolsuse tõus sügavamal kihis umbes 70 ühiku võrra võrreldes kontrolliga. Kuna see protsess toimus sügavamal mullakihis, siis taimedele see mõju ei avaldanud. Ajavahemikul 19.05–10.06 ECe mõlemas kihis analoogselt kontrollvariandiga veidi vähenes. Edaspidi ECe muutus kihtide vahel erines olulisel määral. Ülemises kihis saavutas ECe maksimumi, misjärel langes kiiresti. Kihis 10–20 cm aga toimus ECe suur tõus (joonis 4) kuni mõõdetud maksimaalse väärtuseni 1059 (usalduspiir 128) μScm^{-1} . Samal ajal oli ka juulis määratud mulla mikrobioloogiline aktiivsus adru variandis kõrge. Oluline vahe, võrreldes NPK variandiga, oli taimede aktiivsuses

kasvufaasis (10.06) väiksem ECe mulla ülemises kihis. Toitainete liikumine mulda oli aeglasem kui NPK variandis saavutades maksimumi juuli teises pooles ning ECe väärtused olid siis oluliselt suuremad mulla sügavamas kihis, st et toitainete lisandumine jäi taimede jaoks hiljaks ning suur osa neist jäi ka liiga sügavale. Sõnnik mõjutas ECe väärtusi kasvuperioodi vältel suures osas mulla sügavamas kihis (10–20 cm). Ülemises kihis oli ECe dünaamika sarnane kontrollvariandiga. Kiire ECe tõus toimus kohe pärast sõnniku laotamisest. Võimalik, et juba esimeseks mõõtmiseks 19.05 oli osa toiteelemente mullast kadunud; ECe oli tõusnud 120–150 ühiku võrra. Edasi järgnes soolsuse kiire langus kuni mõõtmiseni 19.06 ning aeglasem langus 19.06–14.08. Jooniselt selgub, et aktiivse kasvuperioodi ajaks võis olla oluline osa sõnnikuga mulda viidud (lisa)toiteelementidest mullas liikunud sügavamasse kihti, leostunud või taimede poolt ära kasutatud. Seevastu NPK variandis oli 19.05 mõõdetud ECe väike (võrdne kontrolliga) ning kasvas seejärel järgmisteks mõõtmisteks ca 100 ühiku võrra, jäädes perioodil 10.06–10.07 ühtlaselt kõrgeks (ca 730). Sellele järgnes kiire langus (14.08 mõõtmisel oli alla 600). Selge erinevus NPK variandis perioodil 19.05–10.06 võrreldes kõigi teiste katsevariantidega oli ECe tõus 0–10 cm kihis (kõigis teistes variantides ECe sel ajal langes). Seejärel kuni 10.07 oli ECe väärtus konstantne väetise lahustumise arvel, kuigi samal ajal toimus ka taimede poolt aktiivne toitainete kasutus. NPK variandis täheldatud ECe dünaamika ja toitainete paiknemine ülemises mullakihis oli taimekasvatuse jaoks optimaalne ning see kajastub ka saagis (hoolimata suhtelisest väikesest rakendatud väetise normist 60 kg N ha⁻¹).

Järeldused:

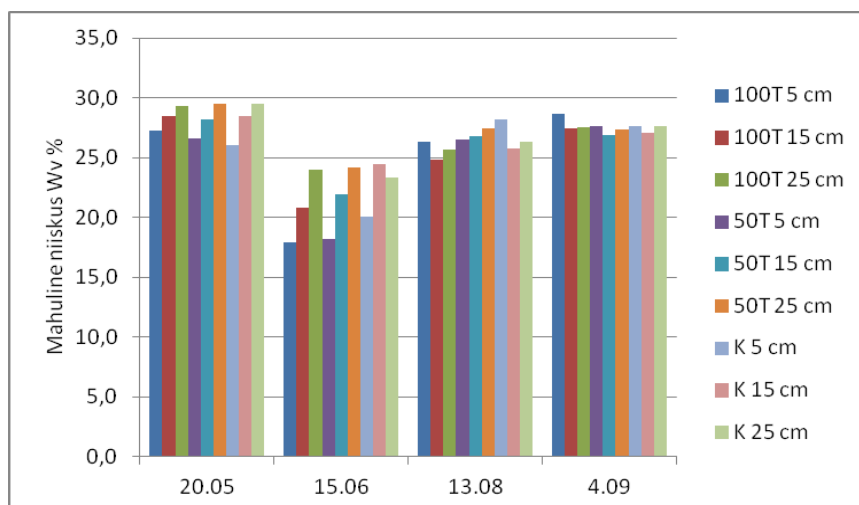
Saku katse mulla soolsus (toitainete dünaamika) nii ajaliselt (saadaval siis kui taim neid vajab) kui ka ruumiliselt (asuvad mulla kihis 0–10 cm) oli optimaalne NPK variandis. Teistes katsevariantides erines nii toitainete dünaamika kui ka paiknemine oluliselt NPK variandist. Sõnniku puhul algas taimedele kättesaadavate toitainete kiire vähenemine alates sõnniku laotamisest. Üheks põhjuseks võis olla see, et toitained sattusid seoses kündmisega sügavamale mullakihtidesse. Osa toiteelemente võis olla ka seotud mulla neelava kompleksiga või hoopis leostunud. Adru kasutamisel viidi mulda küll suures koguses toitaineid, kuid nende edasine liikumine mulda oli aeglane. Sissekündmise korral toimusid toitainete vabanemise protsessid sügaval, mistõttu ei olnud need taimedele kergesti kättesaadavad ning ei soodustanud oluliselt nende kasvu. Kohati kõrged ECe väärtused kajastusid küll suuremas mulla bioloogilises aktiivsuses, kuid toitained ei olnud taimedele kättesaadavad (liiga hilja ja liiga sügaval).

Jõgeva katse

Mõõtmised toimusid neljal korral – 20.05, 15.06, 13.08, 4.09.2015. Mõõdeti igas variandis kümnes mõõtepunktis, igas mõõtepunktis kolmel sügavusel (5, 15 ja 25 cm). Mulla lõimis Jõgeva katsepõllul oli Is_3 , mille tõttu oli mulla näiv elektrijuhtivus ECa sama toitainete sisalduse juures oluliselt suurem kui kergematel saviliiv muldadel.

Mulla niiskus. Tegu oli suhteliselt kuiva kevadega ning vegetatsiooniperioodi alguses 20.05 oli mulla veevaru kõikides variantides umbes 28 mahuprotsenti, mis oli 5–7 % punkti võrra väiksem keskmisest kevadest. Järgmiseks mõõtmiseks (15.06) oli mulla niiskus vähenenud keskmiselt 20 %-ni ning dielektrilise läbitavuse Er väärtused jäid vahemikku 8–10. See näitab mullavee oluliselt väiksemat kättesaadavust, kuid siiski mitte veel mullapõuda. Seejuures oli mulla pindmine kiht (0–10 cm) märgatavalt kuivem kui sügavam kiht (15–25 cm), vahe oli

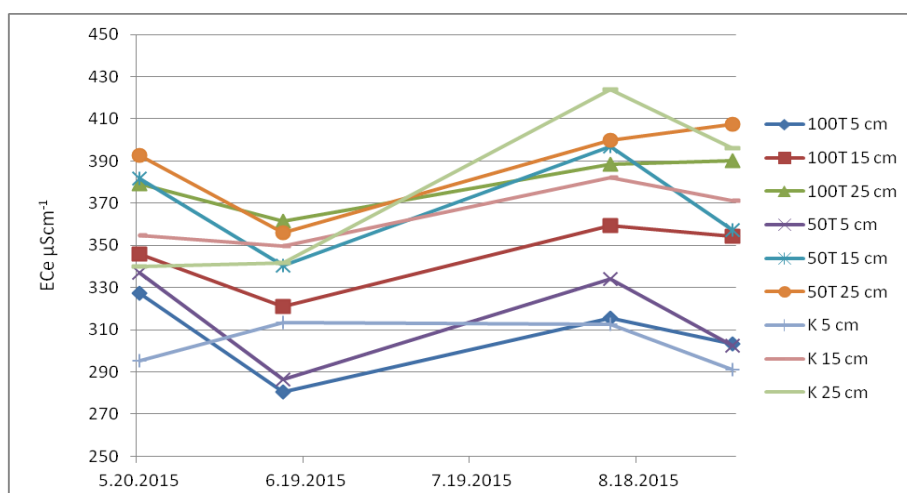
umbes 5 mahuprotsenti. 23.08 ja 4.09 olid kõik mõõdetud niiskused 26–29% ning sügavuste vahel erinevusi ei olnud (joonis 5).



Joonis 5. Jõgeva katseala erinevate katsevariantide (100T – järvemuda 100 t ha⁻¹, 50T – järvemuda 50 t ha⁻¹ ja K – kontroll) mullaniiskus 5, 10 ja 25 cm sügavusel mullakihi

Mulla soolsus

Percomeetriga 20.05, 15.06, 13.08, 4.09.2105 tehtud mõõtmised suuri numbrilisi erinevusi ECa ja sellest arvatud ECe vahel ei näidanud. Üldised jäid ECe väärtused kogu mõõteperioodil vahemikku 300–400, mis näitab madalat toitainete taset (seda kinnitavad ka mulla analüüsid: summaarsed toitained P+K+Mg+Cu+Mn+B olid Jõgeval ca 50 % väiksemad kui Sakus, tabel 10). Üks põhjustest võis olla ka selles, et Jõgeva katseala oli juba eelnevatel aastatel kasutuses mahealana. Jõgeval esines variantide vahel ka olulisi erinevusi. Enne järvemuda laotamist oli ECe kontrollvariandis 282, variandis 50 T (järvemuda 50 t ha⁻¹) 281 ja variandis 100T (järvemuda 100 t ha⁻¹) 312 mg kg⁻¹.



Joonis 6. Jõgeva katseala erinevate katsevariantide (100T – järvemuda 100 t ha⁻¹, 50T – järvemuda 50 t ha⁻¹ ja K – kontroll) mulla soolsus 5, 10 ja 25 cm sügavusel mullakihi

Siiski oli juba 20.05 mõõdetud ECe kontrollvariandis selgelt väiksem võrreldes järvemuda 100T ja 50T variantidega (joonis 6). Seejuures oli 50T variandis ECe isegi veidi kõrgem kui 100T variandis, kuid erinevus jäi usalduspiiridesse. Kõikides variantides ja kõigil mõõtmistel oli

toitainete jaotus sügavuse lõikes kasvav. Erinev oli ECe muutus perioodil 20.05–15.06. Sel perioodil variantides 100T ja 50T ECe vähenes (toitained tarbiti taimede poolt ära), variandis K (kontroll) aga isegi natuke suurenes. Teiseks mõõtmiseks (15.06) ECe väärtuste sisuliselt võrdsustused ning sealt edasi käitused kõik katsevariantid ühte moodi.

Järeldused:

Jõgeva katse mulla niiskuse väärtuste vahel eri katsevariantides olulist erinevust ei olnud. Ainus erinevus oli kuival perioodil mõne % võrra suurem niiskus kontrollvariandi mulla ülemises kihis. Kõikides variantides ja kõigil mõõtmistel oli toitainete jaotus sügavuse lõikes kasvav. Erinev oli ECe muutus perioodil 20.05–15.06. Sel perioodil variantides 100T ja 50T ECe vähenes (toitained tarbiti taimede poolt ära), variandis K (kontroll) aga isegi natuke suurenes. Edaspidi ECe väärtused sisuliselt võrdsustused ning olid kõikides katsevariantides sarnased.

2.1.3 Mulla küllastunud lahuse ekstrakti mõõtmine

Põhitäitja: Tiit Plakk

Küllastunud mullalahus valmistati sügisel võetud mullaproovidest (0–20 cm) 250 g õhkuivale mullale deioniseeritud vee (ca 110 ml) lisamisel, kuni mullast tekkis ühtlane kergelt läikiv pasta. Pastat säilitati 24 h õhukindlas kilekotis ning järgnevalt ekstraheeriti vaakum imamise teel pastast ca 10 ml vesilahust. Vesilahus analüüsiti PMK laboratooriumis: P, K, Ca, Mg, Mn ja SO_4 – EVS-EN ISO 11885:2009 ja $\text{NO}_3\text{-N}$ – EVS-EN ISO 13395:1999 (Cd-kolonn) meetoditega.

Tulemused:

Eestis ületab sademete hulk aurumise. Seega on Eesti muldades valdavalt tegu läbiuhtumise tüüpi veerežiimiga, kus sademetevesi mullast läbi nõrgub ning põhjustab nii mullas sisalduvate kui ka väetistega sinna viidud taimetoitainete leostumist. Meie tulemused, kus määrati toiteelementide sisaldust vesilahuses, ei ole küll üheselt võrreldavad sademete poolt väljaviidavate toitainete hulgaga, kuid annavad ettekujutuse erinevate mullaparasainete omadustest parandada mulla toitainete kinnihoidmise võimet.

Määratud toiteelementidest ei sisaldanud vesilahused Mn (vees alla mõõtmispiiri), vähesel määral sisaldasid P (0,08 – 0,74 mg l⁻¹) ning seda kõikides katsevariantides. Jõgeva katseala sügisestest mullaproovidest määrati kõige kõrgem P ja K sisaldus järvemuda 100 t ha⁻¹variandi mullas (tabel 10), samas jäid aga P ja K sisaldused selle variandi vesilahuses madalamaks (P – 0,08 ja K – 2,7 mg l⁻¹) kui variantide järvemuda 50 t ha⁻¹ (P – 0,10 ja K – 3,1 mg l⁻¹) ning kontrolli (P – 0,14 ja K – 4,4 mg l⁻¹) puhul.

Mulla üldise lämmastiku sisalduse foonil (tabel 10) oli $\text{NO}_3\text{-N}$ sisaldus vesilahustes väga väike (0,1–2,6 mg l⁻¹). Nii Saku kui ka Jõgeva katsevariantidega võrdluses oli $\text{NO}_3\text{-N}$ sisaldus vesilahuses kõige kõrgem Saku mineraalväetisega väetatud katsevariandis (2,6 mg l⁻¹). Jõgeva katsevariantides oli kõige suurem $\text{NO}_3\text{-N}$ sisaldus kontrollvariandis (1,8 mg l⁻¹). Järvemudaga väetatud variantides jäid aga $\text{NO}_3\text{-N}$ kogused vahemikku 0,6–0,8 mg l⁻¹. Teiste määratud toiteelementide puhul selgeid tendentse ei ilmnenud.

Järeldused:

Kõige selgemad tendentsid tulid välja Jõgeva katses. Esialgsed tulemused näitasid, et võrreldes järvemudaga 50 t ha⁻¹ ja kontrollvariandiga ei liikunud toitained järvemuda variandis

100 t ha⁻¹ nii kergesti vesilahusesse. Seega võib määratud toiteelementide sisalduse põhjal vesilahuses oletada, et järvemuda kasutamisega suurenes mulla võime hoida kinni toiteelemente.

2.1.4 Mulla füüsikalised parameetrid

Põhitäitja: Edvin Nugis

Katsemuldade niiske sõelumine

Mullaproovid võeti septembris pärast saagi koristamist mõlemal katsealal 0–20 cm sügavuselt labidaga, asetati kilekottidesse ning viidi laborisse. Muldade niiske sõelumine viidi läbi mulla niiskes olekus kuues korduses. Enne sõelumist võeti proovid mulla gravimeetrilise niiskuse (% g g⁻¹) määramiseks igast katsevariandi mullast kolmes korduses.

Mulla struktuursuse (K_{str}) hindamiseks kasutati Rootsi Põllumajandusteaduste Ülikooli (SLU) poolt välja töötatud mulla niiske sõelumise meetodit, mille puhul kasutati sõelte *U.S.A. Standard Testing Sieve* komplektist kahte sõela, avadega 4,75 mm ja 2 mm ning alust, millele kogunesid alla 2 mm läbimõõduga mullaosakesed.

Agronoomiliselt eelistatavamateks loetakse mullaosakesi, mille läbimõõt jääb vahemikku 2–4,75 mm, ülejäänuid (suurmaid kui 4,75 mm ja väiksemaid kui 2 mm) aga agronoomiliselt mitte-eelistatavateks. Nende suhte arvutamisest saadaksegi mulla struktuursuse tegur (K_{str}), mis arvutatakse alljärgneva valemi abil:

$$K_{str} = \frac{m_{2-4,75}}{m_{<2} + m_{>4,75}}$$

kus $m_{2-4,75}$ - agronoomiliselt eelistatavamate mullaosakeste mass (g) sõelal avade läbimõõduga 2–4,75 mm; $m_{<2}$ - agronoomiliselt mitte-eelistatavamate mullaosakeste mass (g) sõelal avade läbimõõduga <2 mm; $m_{>4,75}$ - agronoomiliselt mitte-eelistatavamate mullaosakeste mass (g) sõelal avade läbimõõduga >4,75 mm.

Katsemuldade kuiv sõelumine

Katsepõldudel võetud mullad asetati laboris 2–5 cm tuseduse kihina laudadele ja kuivatati kuni õhkuiva seisundini. Kuiv sõelumisel kasutati täiskomplekti *U.S.A. Standard Testing Sieve* kõiki sõelu (avade läbimõõduga 9,5 mm kuni 0,075 mm). Lisaks kasutati ka veel järgnevate avade läbimõõduga sõelu: 1 mm, 0,425 mm, 0,25 mm ja 0,150 mm. Enne sõelumist määrati mulla gravimeetriline niiskus (% g g⁻¹).

Pärast sõelumist kaaluti sõeltele jäänud mulla mass, seejärel arvutati summaarne mulla mass ja iga fraktsiooni osatähtsus selle suhtes. Vaatlusalusteks fraktsioonideks olid veekindlad agregaadid (1–0,25 mm) ja mulla panklikkus (mulla osakesed läbimõõduga üle 9,5 mm).

Katseandmeid analüüsiti statistiliselt. Tulemuste keskmised väärtused, standardhälve ja standardviga hinnati Exceli programmi abil. Katse variantide piirdiferentside (PD_{05} ehk $p < 0.05$) ja erinevuste usutavus hinnati t –meetodil.

Tulemused:

Niiske mulla sõelumise tulemused

Mulla sõelumise tulemuste põhjal välja arvutatud struktuursuse teguri K_{str} (vt. valemit) tulemused ning agronoomiliselt eelistatavate mullaosakeste osakaal on välja toodud tabelites 11 ja 12. Vaadeldes mulla struktuursuse hindamisel (tabel 11 ja 12) niiskuse tulemusi selgus, et need olid nii Jõgeva kui ka Saku katseala muldadel suhteliselt sarnased. Selgus, et võrreldes

katsevariantide K_{str} näitajaid kontrollvariandiga siis Sakus oli see suurem sõnnikuga (0,93) ja Jõgeval 100 t ha⁻¹ saanud järvemuda variandis (0,80).

Tabel 11. Mulla struktuursuse teguri (K_{str}) keskmised näitajad niiske seisundiga Jõgeva mulla sõelumisel (n = 6)

Katsevariant	Laotatud põllule (t ha ⁻¹)	Mulla gravimeetriline niiskus (% g g ⁻¹)	Mulla struktuursuse näitaja, K_{str}
Kontroll	0	23,2±1,2	0,67±0,20
Järvemuda	50	23,3±2,2	0,68±0,14
Järvemuda	100	24,4±2,2	0,80±0,36

Märkus: arv ± on PD₀₅ ($p < 0.05$)

Tabel 12. Mulla struktuursuse teguri K_{str} keskmised näitajad niiske seisundiga Saku mulla (Karantiiniaed) sõelumisel (n = 6)

Katsevariant	Laotatud põllule (t ha ⁻¹)	Mulla gravimeetriline niiskus (% g g ⁻¹)	Mulla struktuursuse näitaja, K_{str}
Kontroll	0	30,9±4,2	0,58±0,16
Sõnnik	20	30,1±3,2	0,93±0,17
Atru	20	32,1±5,2	0,58±0,19
NPK	0,4	29,2±4,7	0,77±0,36

Märkus: arv ± on PD₀₅ ($p < 0.05$)

Kuivmulla sõelumise tulemused

Tabelite 13 ja 14 põhjal on näha kui suure osas (%) mullast moodustavad veekindlad agregaadid (mullaosakesed alates 0,250 kuni 1 mm) ning milline on nende muldade panklikkus (mulla osakesed läbimõõduga >9,5 mm) protsent. Mida kõrgem on veekindlate mullaagregaatide protsent, seda vastupidavamad on nad sademetele. Samas, mida suurem on mulla panklikkus, seda kehvem on agrotehnilisest seisukohast vaadelduna mulla füüsikaline seisund.

Tabel 13. Veekindlate agregaatide sisalduse mullas ja mulla panklikkuse (>9,5 mm) keskmised näitajad kuiva seisundiga Saku mulla (Karantiiniaed) sõelumisel (n = 3)

Katsevariant	Kogus (t ha ⁻¹)	Mulla gravimeetri- line niiskus (% g g ⁻¹)	Veekindlate agregaatide (0,250–1 mm) sisaldus mullas (%)	Mulla panklikkus (>9,5 mm) (%)
Kontroll	0	3,6±0,9	12,5±8,9	19,0±13,8
Atru	20	3,4±0,3	14,1±2,8	36,9±3,4
Sõnnik	20	3,3±0,2	19,3±6,9	14,6±6,6
NPK	0,4	3,4±0,1	17,5±12,1	15,4±4,2

Märkus: arv ± on PD₀₅ ($p < 0.05$)

Veekindlate mullaagregaatide puhul Saku katsevariantide vahel usutavaid erinevusi ei esinenud. Samas Jõgeva katsealal olid võrreldes kontrollvariandiga parimad näitajad järvemuda (100 t ha⁻¹) katsevariandis. Katsevariantide muldade panklikkuse (mullaagregaadid läbimõõduga >9,5 mm) näitajad protsentides olid kõige väiksemad Jõgeva järvemuda (100 t

ha⁻¹) ja Saku sõnnikuga (20 t ha⁻¹) katsevariandi puhul. Usutavaid erinevusi erinevate järvemuda kogustega väetatud katsevariantide vahel ei esinenud.

Tabel 14. Veekindlate agregaatide sisalduse mullas ja mulla panklikkuse (>9,5 mm) keskmised näitajad kuiva seisundiga Jõgeva mulla sõelumisel (n=3)

Katsevariant	Kogus (t ha ⁻¹)	Mulla gravimeetri- line niiskus (% g g ⁻¹)	Veekindlate agregaatide (0,250–1 mm) sisaldus mullas (%)	Mulla panklikkus (>9,5 mm) (%)
Kontroll	0	1,7±0,1	2,7±1,0	67,6±22,6
Järvemuda	50	1,7±0,1	3,7±2,5	50,4±21,2
Järvemuda	100	1,9±0,2	4,5±0,3	47,2±14,0

Märkus: arv ± on PD₀₅ (p<0.05)

Tähelepanu vääriks veel see, et nii Jõgeva (kontroll) kui ka Saku (adru) katsevariantide juures võis täheldada vastuproportsionaalset seost mulla kõrge panklikkuse (>9,5 mm) ja mulla veekindlate agregaatide (0,250–1 mm) vahel. Sealjuures eriti hästi on see jälgitav Jõgeva katse puhul. Sellele viimasele tendentsile tuleks pöörata suuremat tähelepanu ning seega tuleks sama meetodikaga katset jätkata.

Järeldused:

Alternatiivsete väetusainete mõju hindamiseks mulla füüsikalistele omadustele vajab uurimist pikema perioodi jooksul, kuna kõik nii kasulikud kui ka kahjulikud muutused ei pruugi kohe ilmned. Samas oli ka ühe katse aasta jooksul võimalik teha mõningaid tähelepanekuid. Mulla struktuursuse seisukohalt olid parima struktuuriga Jõgeva katseala järvemudaga (100 t ha⁻¹) ja Sakus sõnnikuga (20 t ha⁻¹) väetatud mullad. Võrreldes teiste katsevariantidega esines ka nendes katsevariantides rohkem veekindlaid agregaatide ning oli väiksem mulla panklikkus. Ilmnes seos veekindlate agregaatide ja mulla panklikkuse vahel, kuid see vajaks veel edaspidist uurimist.

2.1.5 Mulla mikrobioloogiline aktiivsus

Põhitäitja: Liina Edesi

Muutused mulla mikrobioloogilises aktiivsuses on varajaseks märgiks, kas mullaviljakuse paranemisest või siis hoiatus selle halvenemisest. Seetõttu uurisime ka alternatiivsete väetusainete mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele. Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse iseloomustamiseks kasutati ensümaatilise aktiivsuse määramise meetodit. Määratud ensüümiks oli dehüdrogenaas, mis on mulla üldise mikrobioloogilise aktiivsuse hindamisel laialt levinud indikaator. Mullaproovid võeti neljas korduses 0–20 cm sügavusest mullakihist aprillis, enne väetusainete kasutamist ja pärast seda ühekuulise intervalliga kuni augusti lõpuni. Mullaproovid sõeluti läbi 2 mm sõela ja säilitati kuni määramiseni 4 °C temperatuuri juures. Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus (DHA) määrati Tabatabai järgi (Tabatabai M. A. 1982. Soil enzymes. In: Methods of Soil Analysis, Part 2 Chemical and Microbiological Properties, second ed., vol. 9, lk. 903–947) järgi. Mullaproovidele (5 g), lisati TTCd (triphenyltetrazoliumchloride), mille mikroobid redutseerisid TPF-ks (triphenyltetrazoliumformazan). Proove inkubeeriti 24 h 30 °C juures. Pärast inkubeerimist

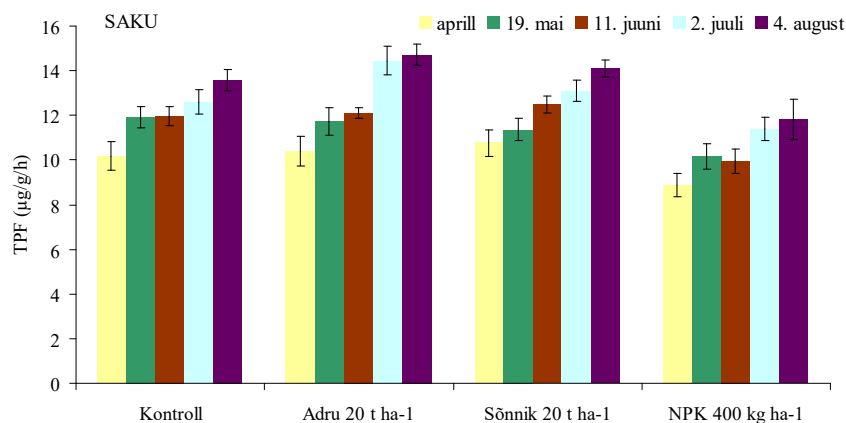
lisati proovidele atsetoon, mis värvus vastavalt TPF kontsentratsioonile punakaks. Värvuse intensiivsust mõõdeti spektrofotomeetriga (546 nm).

Tulemused:

Saku katse

Mulla dehüdrogenaasi aktiivsust määrati viiel korral (30.04, 19.05, 11.06, 2.07, 4.08.2015). Esimene määramine aprillis toimus enne alternatiivsete väetussainete kasutamist. Teine määramine tehti nädal pärast alternatiivsete väetussainete kasutamist ning mulda kündmist. Kolmas mõõtmine toimus kaera võrsumise ning neljas kõrsumise lõpufaasis. Viimane viies määramine tehti taimede piimküpsuse ajal. Selleks ajaks oli saak juba formeerunud.

Saku katseala kõikide variantide mulla dehüdrogenaasi aktiivsus oli kõrge. Peamiste põhjustena saab siin välja tuua mulla kõrget orgaanilise süsiniku sisaldust (Corg 3–5%), neutraalset mullareaktsiooni (pH 7) ning suurt toitainetesisaldust (tabel 10). Aprilli lõpu mulla dehüdrogenaasi aktiivsuse tulemused näitasid katseala küllaltki ühtlast aktiivsust, jäädes 8,9–10,8 TPF $\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$ (joonis 7). Järgmine määramine tehti nädal pärast adru ja sõnniku laotamist katselappidele ja kogu katseala kündmist. Tulemused näitasid ühtlast aktiivsuse tõusu kõigis katsevariantides, seega ei olnud ühe nädalaga orgaaniliste mullaparasitainete mõju veel avaldunud. Kolmas määramine toimus 11.06, kaera võrsumise ajal. Sõnnikuga väetatud variandi mullas oli dehüdrogenaasi aktiivsus oluliselt tõusnud. Seega võib järeldada, et selleks ajaks oli ka sõnnik mullas lagunema hakanud ning selle käigus vabanesid ka toitained. Teistes katsevariantides olulisi muutusi aktiivsuses siis veel ei esinenud. Atruga väetatud variandis oli aktiivsuse tõus väga väike, seega võib oletada, et aktiivset adru lagunemist mullas veel ei toimunud. Suure kuivainesisaldusega adru lagunemist mullas pidurdas omakorda asjaolud, et nii terve mai kui ka juuni kuu esimese dekaadi jooksul esines Saku katsealal sademeid kokku vaid 27 mm (tabel 9). Juuni teisest dekaadist sademete hulk suurenes ning juuni teisel ja kolmandal dekaadil oli sademete hulk kokku 46 mm.



Joonis 7. Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus (TPF ($\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$)) Saku katsealal.

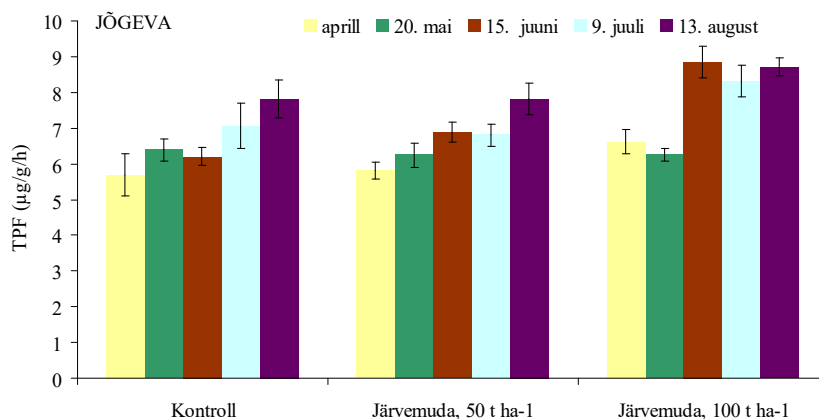
Sademetehulga suurenemise positiivne mõju ilmnes ka 2.07 määramistulemustes, mis näitasid kõigis katsevariantides mulla dehüdrogenaasi aktiivsuse tõusu. Kõige suurem aktiivsuse muutus oli aga atruga väetatud variandis, mis tähendas, et kõrsumise lõppfaasis oli adru hakanud lõpuks ka aktiivselt lagunema. Toitainete hulga järsku suurenemist selle variandi 10–20 cm mullakihi näitasid ka 14.07 läbiviidud mõõtmised percomeetriga (joonis 4). Viimane määramine viidi läbi kaera taimiku piimküpsuse faasis. Usutavalt tõusis mulla

dehüdrogenaasi aktiivsus vaid sõnnikuga väetatud variandis, adruuga variandis jäi aktiivsus võrreldes eelmise määramisega samale tasemele.

Jõgeva katse

Mulla dehüdrogenaasi aktiivsust määrati viiel korral (aprillis, 20.05, 15.06, 9.07, 13.08.2015). Esimene määramine aprillis toimus enne järvemuda kasutamist. Teine määramine tehti kaks nädalat pärast järvemuda laotamist ja mulda kultiveerimist ning taimede olid siis ühe kuni kahe lehe faasis. Kolmas määramine toimus kaera võrsumise alguses ning neljas viljatupe paisumise lõpufaasis. Viimane viies määramine tehti taimede piimküpsuse ajal.

Jõgeva katseala mulla dehüdrogenaasi aktiivsus oli madalam kui Saku katsealal. Peamiste põhjustena saab välja tuua Saku katseala muldadega võrreldes madalamat Corg ja toitainete sisaldust mullas (tabel 10). Esimese mõõtmise tulemused enne järvemuda laotamist näitasid kõigi katsevariantide katselappidel küllaltki sarnast aktiivsust (5,6–6,6 TPF $\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$, joonis 8). Kaks nädalat pärast järvemuda laotamist ning kõigi katselappide kultiveerimist olulisi muutuseid dehüdrogenaasi aktiivsuses veel ei toimunud. Põhjuseks võib pidada vähest sademete hulka mai teisel ja kolmandal dekaadil (kokku 16 mm, tabel 9). Muutused toimusid aga kolmanda mõõtmise ajal (15.06), kuid seda vaid katsevariandis mida väetati kõrgema järvemuda normiga (100 t ha^{-1}). Ka kahe järgneva mõõtmise (9.07 ja 13.08) tulemused selles variandis olid võrreldes kontrollvariandi ja järvemuda variandiga 50 t ha^{-1} oluliselt kõrgemad. Kontrollvariandi ja järvemuda variandi 50 t ha^{-1} vahel aga kogu mõõtmistsükli jooksul usutavaid erinevusi ei esinenud.



Joonis 8. Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus (TPF ($\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$)) Jõgeva katsealal

Järeldused:

Sõnnikuga väetatud katsevariandi mullas oli orgaanilise aine lagunemine ühtlane mida näitas ka ühtlane järk-järguline dehüdrogenaasi aktiivsuse tõus mullas. Seoses adru suure kuivainesisaldusega ning sademete vähesusega mai lõpus ning juuni alguses oli adru lagunemine mullas aeglane ning tõenäoliselt ei vabanenud siis ka taimedele vajalikke toitaineid. Intensiivne lagunemine ja toitainete osakaalu suurenemine mullas toimus alles juuli alguses pärast sademetehulga suurenemist. Võrreldes kontrollvariandiga toimus mulla mikrobioloogilise aktiivsuse tõus järvemuda 100 t ha^{-1} variandis.

2.2 Mullaparandusainete mõju saagile ja saagi kvaliteedile

Põhitäitjad: Tiia Kangor, Elina Akk

Taimede pikkused mõõdeti iga katselapi mõlemast otsast umbes ühe meetri kauguselt. Produktiivvõrsed loeti lapi keskelt kahest kohast ühe jooksva meetri kohta ja arvutati ruutmeetritele, korrutades külviridade arvuga ühel meetril.

Kasvuaegselt taimede toitainetedefitsiidi hindamiseks kasutati SPAD klorofüllimõõtjat Konica-Minolta SPAD-502Plus. Selle tööpõhimõtte on, et seade määrab klorofüllis suhtelist kogust kahes lainepikkuste piirkonnas, kus taimelehe klorofüllis valguse neeldumise maksimumid on sinise (400–500 nm) ja punase (600–700 nm) lainepikkuste vahemikus (Konica Minolta, 2009). Mõõtmist teostati taimelehtedelt käsitsi ning seda kahel korral (juuni ja juuli alguses) mõlemal katsealal.

Terad koristati arvestuspinnalt (Sakus 25,0 m²; Jõgeval 10,5 m²) Jõgeval katsekombainiga Hege, Sakus kombainiga Sampo, kuivatati, sorteeriti ning arvutati 14% niiskusele. 1000 tera mass, mahukaal ja proteiinisisaldus määrati Jõgeval ETKI laboris.

Taimehaigusega nakatunud taimede arv leiti protsentides (%) järgmiselt: haigestunud taimede arv/kogu taimede arv x 100

Kahjustuse avaldumise intensiivsus hinnati iga taime kohta protsentides skaalal 1–100% (1% = üks haiguselaik taimel, kuni 100% = kogu taim nakatunud). Kahjustuse intensiivsus arvutati iga katselapi ning seejärel variandi keskmisena protsentides.

Saagi ohutuks kasutamiseks hinnati valminud teradel *Fusarium* seente arvukust protsentides, määrati *Fusarium* seente liigid ning mükotoksiinide DON, HT2 ja T2 esinemine. *Fusarium* seente määramiseks asetati igast variandist 25 tera neljas korduses selektiivsöötmele (CZID, DifcoTM). *Fusarium* spp. kasvatati 20°C juures seitse päeva. Seejärel loendati proovides terad, millel *Fusarium* seened olid kasvama läinud. *Fusarium* spp. esinemine väljendati protsentides (%) järgmiselt: *Fusarium*iga terade arv / terade koguarv x 100. *Fusarium* liikide määramiseks isoleeriti proovides kasvama läinud *Fusarium* spp. kartulitärklise söötmele (PDA, DifcoTM), millel neid kasvatati 25°C juures seitse päeva. *Fusarium* liigid määrati morfoloogiliste tunnuste ja mikroskoobi abil kasutades vastavaid määrajaid (Leslie ja Summerell. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Watanabe, T. 2002. Soil and Seed Fungi. Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species).

Mükotoksiinide sisaldused määrati vihuproovidest kogutud terasaakide analüüsimisel gaaskromatograaf-massidetektoriga (GC-MS, Agilent). Proovide ettevalmistamine ja analüüsimine toimus vastavalt Saastamoinen ja Saloniemi (1997) meetodikale (*I. Saastamoinen, H. Saloniemi. – Quantification and confirmation of trichothecenes by gas chromatography – mass spectrometry - selected ion monitoring. 9th Int. Congress in Animal Hygiene ISAH'97, 17–21 Aug. 1997, Helsinki, Finland. Proceedings v.2, Ed. H. Saloniemi, University of Helsinki, Helsinki 1997, pp. 431–434*). Toksiinide määramispiir madalale kontsentratsioonile oli 73,5–262,5 µg kg⁻¹ ning ülemisele kontsentratsioonile 525,0–2100 µg kg⁻¹.

Andmete statistiline analüüs tehti tarkvaraga Excel 2010. Variantide vahelise usutavuse tõenäosuse kontrollimiseks kasutati t-testi, kus tõenäosuse ustavaks piirväärtuseks oli $p < 0,05$.

Tulemused:

Terasaak ja selle kvaliteet

Sakus katses jäid kaera terasaagid vahemikku 3311–5507 kg ha⁻¹ ning olid kõigis väetatud variantides statistiliselt usutavalt suuremad kui väetamata variandis (tabel 15). Samas olid olulised erinevused ka väetatud variantide saakide vahel. Terasaak oli kõige suurem mineraalväetisega variandis, kuid jäi teistest väiksemaks adruuga väetamisel. Olulisi erinevusi

produktiivvõrsete arvus variantide vahel ei olnud. Kaerataimed kasvasid teistest tunduvalt pikemaks ja võimsamaks mineraalväetisega variandis (116 cm) ning selle variandi taimelehtede klorofüllisaldus oli suurem. Klorofüllisalduse mõõtmistulemused on toodud tabelis 16. Adruga väetamisel ja kontrollvariandis olid taime pikkused sarnased. Atru ja sõnnikuga väetatud variandis jäi kaera 1000 tera mass võrreldes kontrolliga usutavalt väiksemaks. Mineraalväetisega variandis oli see näitaja kontrollvariandist mõnevõrra suurem, kuid jäi katsevea piiridesse. Mahukaal oli tunduvalt suurem atru ja mineraalväetisega variandis. Erinevate väetistega väetamine proteiinisaldust usutavalt ei tõstnud ning see jäi kõikides väetatud variantides samale tasemele kontrollvariandi näitajaga.

Tabel 15. Saku katse tulemused võrrelduna kontrolliga

Variant	Terasaak kg ha ⁻¹	Prod.võr- sete arv tk m ⁻²	Taime pikkus cm	1000 tera mass g	Mahu- kaal g l ⁻¹	Proteiini sisaldus %
Kontroll	3311	382	102	46,4	506	9,4
Atru 20 t ha ⁻¹	+466	-6	+2	-3,0	+11	-0,2
Sõnnik 20 t ha ⁻¹	+903	-24	+7	-1,8	+2	+0,1
NPK 400 kg ha ⁻¹	+2196	-2	+14	1,3	+6	+0,1
PD _{0.05}	198	39	3	1,7	5	0,6

Tabel 16. Saku katse SPADiga mõõdetud klorofüllisaldus kahes erinevas kasvufaasis

Variant	11.06.2015 BBCH 28–29	Standardhälve	2.07.2015 BBCH 47–49	Standardhälve
Kontroll	40,9	2,15	57,6	2,92
Atru 20 t ha ⁻¹	43,5	0,29	55,2	1,66
Sõnnik 20 t ha ⁻¹	44,5	0,83	61,7	1,60
NPK 400 kg ha ⁻¹	44,2	0,55	65,4	2,65

Jõgeva katses olid terasaagid järvemuda mõlemas variandis usutavalt suuremad kui kontrollvariandis, jäädes vahemikku 4353–5254 kg ha⁻¹ (tabel 17). Produktiivvõrsete arvus olid variantide vahelised erinevused olemas, kuid need ei olnud statistiliselt usutavad. Suurema järvemuda normiga väetatud variandis olid kaerataimed oluliselt pikemad (97 cm) ja elujõulisemad ning paremini varustatud toitainetega. Seda näitas ka kahes erinevas kasvufaasis SPADiga mõõdetud lehtede klorofüllisaldus (tabel 18). Parema väetamise tulemusena suurenes järvemuda 100 t ha⁻¹ variandis kaera 1000 tera mass (41,7 g), kuid vähenes proteiinisaldus (9,2%). Järvemuda väiksema normiga variandis jäid need näitajad sarnaseks kontrollvariandile. Mahukaal suurenes mõlemas järvemudaga väetatud variandis (vastavalt järvemuda 50 t ha⁻¹ variandis 537 ja järvemuda 100 t ha⁻¹ variandis 538 g l⁻¹) ja vastas kaera kokkuostul nõutud 2. kategooria mahukaalule (<http://viljahinnad.balticagro.ee/>).

Tabel 17. Jõgeva katse tulemused võrrelduna kontrolliga

Variant	Terasaak kg ha ⁻¹	Prod.võr- sete arv tk m ⁻²	Taime pikkus cm	1000 tera mass g	Mahu- kaal g l ⁻¹	Proteiini sisaldus %
Kontroll	4353	495	91	39,4	533	9,9
Järvemuda 50 t ha ⁻¹	+417	+17	+2	-0,5	+4	+0,1
Järvemuda 100 t ha ⁻¹	+974	+39	+6	+2,3	+5	-0,7
PD _{0,05}	273	40	2	1,3	3	0,4

Tabel 18. Jõgeva katse SPADiga mõõdetud klorofüll sisaldus kahes erinevas kasvufaasis

Variant	15.06.2015 BBCH 30-31	Standard- hälve	10.07.2015 BBCH 61-65	Standard- hälve
Kontroll	40,1	0,40	49,5	1,29
Järvemuda 50 t ha ⁻¹	40,8	0,22	50,5	1,03
Järvemuda 100 t ha ⁻¹	41,6	0,51	53,7	0,54

Taimehaigustesse nakatumine

Taimehaigustesse nakatumine sõltub paljudest agronoomilistest faktoritest, kuid väga olulist mõju avaldab kasvuaja ilmastik. 2015. aasta (tabel 9) ei olnud kaerahaigustesse nakatumiseks kõige soodsam. Nii Jõgeval kui Sakus oli külvikuu (mai), kuivem võrreldes pikaajaliste keskmiste sademete summaga (50,0 ja 48,0 mm). Ka juuni kaks esimest dekaadi olid mõlemas katsekohas kuivad ja jahedad. Jõgeval nakatusid taimed kaera-pruunlaiksusesse (*Pyrenophora avenae*) juuni lõpus, õitsemise faasis. Saku katses nakatusid taimed kaera-pruunlaiksusega juuli esimesel dekaadil, kui taimedel oli kõrsumise faas.

Tabel 19. Kaera-pruunlaiksusesse (*Pyrenophora avenae*) nakatunud taimede osakaal ja haiguse intensiivsus alternatiivsete mullaparandusainete katsetes juulis 2015. aastal Jõgeval ja Sakus

Variant	Haigestunud		Haiguse	
	taimede %	Standardhälve	intensiivsus%	Standardhälve
Saku				
kontroll	9	6,6	1,5	1,0
Adru 20 t ha ⁻¹	4	2,9	1,3	1,3
Sõnnik 20 t ha ⁻¹	9	7,6	1,8	1,0
minvNPK 400 kg ha ⁻¹	9	8,4	2,3	2,1
Jõgeva				
kontroll	25	7,6	9,6	5,2
järvemuda 50 t ha ⁻¹	32	6,5	4,0	1,6
Järvemuda 100 t ha ⁻¹	29	10,3	4,8	1,1

Juuli esimesel dekaadil oli Saku katses keskmiselt 8% taimedest nakatunud ja haiguse intensiivsus ei olnud kõrge, keskmiselt 1,7% (tabel 19). Võrreldes kontrollvarianti teiste katsevariantidega (adru, sõnnik ja mineraalne NPK), siis nende vahel olulisi erinevusi ei esinenud. Jõgeval olid taimed kaera-pruunlaiksusesse nakatunud intensiivsemalt juuli esimese dekaadi lõpuks, keskmiselt 29% taimedest. Haiguse intensiivsus oli 6%. Jõgeva katseala kõrgem haigusfoon võis olla tingitud sellest, et ka eelnevalt oli seal kaera kasvatatud.

Jõgeva katses oli 13. augustiks taimedel täisküpsus ja lehestik kuhtunud. Saku katses oli kaera-pruunlaiksusesse nakatunud taimede arvukus suurenenud 15% võrra, ning kahjustuse intensiivsus oli 8,7% (tabel 20). Seejuures ilmnas suundumus, et sõnnikuga ja mineraalse NPK väetisega variantides oli keskmiselt 10% võrra rohkem taimi haigusega nakatunud ning haiguse intensiivsus oli 9,6% võrra kõrgem võrreldes väetamata kontroll-variandiga. Saku katses nakatusid taimed augustis veel kõrreliste jahukastesse (*Blumeria graminis*) ja kõrreroostesse (*Puccinia graminis*), kuid nakatumise intensiivsus oli nõrk. Jahukastet esines vaid 2% taimedest ja haiguse intensiivsus oli 1,9%. Kõrreroostet esines vaid 1% taimedel üksikute laikudena.

Tabel 20. Kaera-pruunlaiksusesse nakatunud taimede osakaal ja haiguse intensiivsus alternatiivsete mullaparanusainetega katses Sakus augustis 2015. aastal

Variant	Haigestunud taimede%	SD	Haiguse intensiivsus%	SD
Saku				
kontroll	13	1,0	2,7	1,0
Atru 20 t ha ⁻¹	18	4,6	7,6	4,6
Sõnnik 20 t ha ⁻¹	27	9,3	15,5	9,3
minvNPK 400 kg ha ⁻¹	34	2,8	9,1	3,6

***Fusarium* seente arvukus, *Fusarium* liigid ja mükotoksiinide DON, HT2 ja T2 esinemine kaera saagis**

Tabel 21. *Fusarium* seentega nakatunud kaeraterade arvukus 2015. aastal erinevate alternatiivsete mullaparanusainetega variantides Sakus ja Jõgeval

Variant	<i>Fusarium</i> spp. saastunud terade %	SD
Saku		
kontroll	5	3,8
Atru 20 t ha ⁻¹	15	10,0
Sõnnik 20 t ha ⁻¹	5	3,8
minvNPK 400 kg ha ⁻¹	5	3,8
Jõgeva		
kontroll	17	10,6
järvemuda50	25	9,6
järvemuda100	23	8,9

Fusarium seeni esines rohkem Kesk-Eestis Jõgeval kasvatatud kaera teradel kui Põhja-Eestis Sakus kasvanud teradel (tabel 21). Sakus oli *Fusarium* seentega nakatunud keskmiselt 8% teradest ja Jõgeva katses keskmiselt 22% teradest. *Fusarium* seente arvukuses puudusid mõlemas katsekohas olulised erinevused kontrollvariandi ja alternatiivsete mullaparanusainetega variantide vahel. Käesoleval aastal alternatiivsete väetusainete kasutamine saagis *Fusarium* seente esinemist ei mõjutanud.

Fusarium liikidest domineeris kaeras *Fusarium poae*, mida esines teradel keskmiselt 65% (tabel 22). Jõgeva katses

tuvastati kaera teradel kaks ja Sakus neli liiki *Fusarium* seeni. Alternatiivsete väetusainetega väetamine (adru, sõnnik ja järvemuda) võrreldes väetamata kontrolliga ja mineraalse NPK variandiga ei mõjutanud *Fusarium* seente liigilist kooslust teradel. Mükotoksiine HT2 ja T2 kaerasaagis ei esinenud (tabel 23). Toksiini DON jääke esines mineraalse NPK väetisega väetatud saagis. Teistes variantides seda toksiini ei esinenud.

Tabel 22. Kaera saagis tuvastatud *Fusarium* liikide esinemissagedus (%) 2015. aastal

Liik	Saku	Jõgeva	Kokku
<i>F.poa</i>	59	69	65
<i>F.sporotrichioides</i>	0	31	9
<i>F.avenaceum</i>	24	0	19
<i>F.culmorum</i>	12	0	5
<i>F.equiseti</i>	6	0	2

Tabel 23. Mükotoksiinide sisaldus 2015. aastal erinevate variantide kaerasaagis Sakus ja Jõgeval

Variant	Mükotoksiinid		
	DON; $\mu\text{g kg}^{-1}$	HT2; $\mu\text{g kg}^{-1}$	T2; $\mu\text{g kg}^{-1}$
Saku			
kontroll	0	0	0
adru	0	0	0
sõnnik	0	0	0
minNPK	<74	0	0
Jõgeva			
kontroll	0	0	0
järvemuda50	0	0	0
järvemuda100	0	0	0

Järeldused:

Taimahaigustest nakatas taimi enim kaera-pruunlaiksus, mis on Eestis kaeral levinuim haigus. Kaera-pruunlaiksus levis katsekohtades erinevalt. Rohkem ja intensiivsemalt oli nakatunud taimi Jõgeval kui Saku katses. Põhjuseks võis olla asjaolu, et Jõgeva katsealal oli ka eelnevalt kaera kasvatatud. Augustis, kui Jõgeval oli taimede lehestik juba kuhtunud, nakatus kaer Saku katses veel kõrreliste jahukastesse ja kõrreroostesse. Võrreldes väetamata kontrollvariandiga ja mineraalväetist saanud variandiga, siis alternatiivsete mullaparandusainete kasutamine (adru, sõnnik ja järvemuda) ei mõjutanud taimahaigustesse nakatumist. *Fusarium* liikidest tuvastati kõige rohkem *Fusarium poae*. Kaerasaagis esines *Fusarium* liike, millised olid regionaalselt erineva kooslusega (*Fusarium sporotrichioides* Jõgeval, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum* Sakus). Väetusainete mõju saagi *Fusarium*ite liigilisele kooslusele puudus. Mükotoksiinidest leiti ainult mineraalse NPK väetamisega variandi saagist toksiini DON jääke. Alternatiivsete mullaparandusainetega väetatud (adru, sõnnik ja järvemuda) ja kontrollvariandi saakidest mükotoksiine ei leitud. Seega 2015. aasta tingimustes väetamata fooni ja mineraalse NPK väetise fooniga võrreldes alternatiivsete mullaparandusainete (adru, sõnnik ja järvemuda) kasutamine ei suurendanud taimahaigustesse nakatumist, saagi saastumise riski mükotoksiinidega ja *Fusarium*-itega. Ühe aasta andmete põhjal ei saa veel midagi lõplikku järeldada ja põllumajandustootjatele oluliste järelduste jaoks tuleks katetega jätkata.

2.3 Esialgne hinnang vaadeldud ainete kasutamise majanduslikust tasuvusest.

Põhitäitja: Raivo Vettik

Väetusainete kasutamise majandusliku hinnangu andmiseks leiti väetusainete rahalised väärtused neis sisalduvate taimetoiteelementide (NPK) hinna alusel. Taimetoiteelementide hinnad leiti mineraalväetiste hindadest lähtuvalt. Arvutustes kasutati AS Oilseeds Trade(<http://www.oilseeds.ee/et/est/hinnakirjad>) [15.10.2015] ja Scandagra Eesti AS (<http://scandagra.ee/et/vaetised>) [15.10.2015] 2015. aasta kevad-suve hinnakirja.

Tulemused:

Väetusaines sisalduvate taimetoiteelementide (N, P, K) sisaldusest ja nende hinnast lähtuvalt kujunesid neile järgmised rahalised väärtused (km-ta): järvemuda 2,64 € t⁻¹, adru 12,81 € t⁻¹ ja sõnnik 4,65 € t⁻¹. Kuigi adru taimetoiteelementide sisalduse ja nende hinna alusel leitud rahaline väärtus oli 2,7 korda kõrgem kui sõnnikul kujunes hoopis sõnniku toimel saavutatud saagitõus (tabel 24) 1,9 korda suuremaks kui adru kasutamisel. See võib olla tingitud sellest, et

Tabel 24. Erinevate väetusainetega antud toiteelementide maksumuse ja saadud enamsaagi suhe

	Väetusaine, € ha ⁻¹	Enamsaak, kg ha ⁻¹	Suhe, € kg ⁻¹
Järvemuda (50 t ha ⁻¹)	131,95	358,6	0,37
Järvemuda (100 t ha ⁻¹)	263,89	837,7	0,32
Adru (20 t ha ⁻¹)	256,28	400,6	0,64
Sõnnik (20 t ha ⁻¹)	92,96	776,9	0,12
NPK (400 kg ha ⁻¹)	122,56	1888,3	0,06

kontrollvariandi saagiga. Leiti erinevate väetusainetega antud toiteelementide maksumuse ja saadud enamsaagi suhe, mis on esitatud tabelis 24. Tabelist 24 selgub, et suurim saagitõus ja väikseim toiteelementide maksumuse ja saadud enamsaagi suhe oli mineraalväetisega väetamisel. Väikseim saagitõus oli järvemudaga (50 t ha⁻¹) väetamisel. Suurim toiteelementide maksumuse ja saadud enamsaagi suhe oli adru väetamisel.

Järeldused:

Adru ja järvemuda taimetoiteelementide sisalduste alusel tundub, et võiks katsetada adru ja järvemuda seguga väetamist. Adru ja järvemuda segu võiks enne kasutamist mõnda aega komposteeruda ja alles siis laotada. Kui kasutada segu 10 t ha⁻¹ mereadru ja 25 t ha⁻¹ järvemuda, siis oleksid taimetoiteelementide kogused järgmised: N – 127,53 kg ha⁻¹, P – 27,75 kg ha⁻¹ ja K – 69,21 kg ha⁻¹. Segu hinnaks toitainete maksumuse alusel oleks 194,1 € ha⁻¹. Arvestades adru kogumisel esiletõusnud probleeme, tuleks selliste segude tegemine kõne alla vaid üksikutes kohtades.

Projekti eluviimiseks kasutatud töökohtade arv, tööülesannete kirjeldus ja jaotus uurimisgrupi liikmete vahel:

Uurimisgrupi liige	Tööülesanded	Töökoormus
Liina Edesi	Projekti juhtimine. Järvemuda ja mereadru proovide võtmine. Hinnangu andmine analüüsitud alternatiivsete mullaparasainete sobivusest kasutamiseks mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses. Mullaproovide võtmine Saku ja Jõgeva katsealadelt. Erinevate mullaparasainete mõju hindamine mulla mikrobioloogilisele seisundile.	1,0
Ene Ilumäe	Põldkatse korraldamine Saku katsealal. Alternatiivsete mullaparasainete mõju mulla keemilisele koostisele.	0,1
Elina Akk	Taimehaiguste vaatlused Saku ja Jõgeva katsealal. Saagiproovide kogumine Saku katsealalt.	0,3

Tiia Kangor	Põldkatse korraldamine Jõgeva katsealal. Järvemuda transpordi ja laotamise korraldamine Jõgeval. Saagiproovide kogumise ja analüüsimise korraldamine. Alternatiivsete mullaparendusainete mõju saagikusele ning saagi kvaliteedile.	0,2
Raivo Vettik	Järvemuda ja adru saadavuse väljaselgitamine Eestis ning kaardistamine. Alternatiivsete väetusainete tarbeks potentsiaalsete järvede ja rannikualade väljaselgitamine ning proovide võtmise korraldamine. Majandusliku hinnangu koostamine.	0,2
Taavi Võsa	Seadmed järvemuda ja adru transpordiks, laadimiseks, laotamiseks ning mulda segamiseks. Katsetöödel osalemine.	0,2
Tiit Plakk	Mulla niiskuse ja soolsuse määramine põllul "in situ" eri katsevariantides, taimede erinevates kasvufaasides. Mulla küllastunud lahuse ekstrakti mõõtmine.	0,2
Aadu Pannal	Adru ning sõnniku transport ja laotamine Saku katsealale. Katsetöödel osalemine.	0,2
Edvin Nugis	Katseala mulla füüsikaliste parameetrite mõõtmine.	0,0

Projektiga seotud taristu kasutamine projekti elluviimisel:

Mullaharimine

Traktor Valtra N121H 6794TA, traktor T25; traktor New Holland TN55D, pöördader, kultivaator K 8,0 S, ökoäke SINE-024E, garaaž-töökoda, kaarhall masinate hoidmiseks.

Katsetööde läbiviimine

Veoauto Scania koos tõstukiga, teravilja kombikülvik Tume HKL D 4000, muruniiduk Avant 1200 mm A21046, trimmer, katsekombain Hege, kombain Sampo, sõiduauto Opel Corsa, sõiduauto Peugeot 5008, järeלקָרָו.

Katsetööd, mõõtmised ja proovide kogumine

Maamõõdusirkel, ekker, plastmassist katse märkimistikud, maamõõdulint, labidas, külmakastid, mullaproovi puur, ämbrid, rehad, elektroonilised kaalud (25 kg kaalumiseks), percomeeter, kilekotid proovide kogumiseks.

Järvemuda proovide kogumine

Sõiduauto Peugeot 5008, sõiduk TRUXOR DM 4700B (laenatud), 4 m pikkune puur mudaproovide kogumiseks (laenatud EMÜst).

Saagi käitlemine

Riidest kotid saagi koristuseks, katsekuivatid, gaasikatel, katsesorteerid, elektroonilised niiskusemõõtjad, elektroonilised kaalud, hooned saagi kaalumiseks ja sorteerimiseks, laohooned koos riulitega saagikottide hoidmiseks, kilekotid laboriproovideks.

Laborianalüüsid

Laboratoorne veski, NIR aparaat, teravilja mahukaal, külmutuskapid, kaalud, fotospektromeeter, kuivatuskapp, kliimakapp, gaaskromatograaf-massidetektoriga, vortex, magnet segaja, tsentrifuug, autoklaav, loksuti, mulla sõelad (laenati EMÜst), vaakumpump .

Andmete töötlemiseks

Lauaarvutid+tarkvara, statistikaprogramm Agrobases, ArcGis tarkvara.

Soovitused ja ettepanekud:

Kuna looduskeskkonna, eriti veekogude saastumise riskid on küllaltki suured, ei pruugi loodusest pärit mullaparandusained olla alati sobivad mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses kasutamiseks. Et vältida liigsete raskmetallide koguste sattumist mulda ja sealt edasi taimedesse, oleks vajalik seadusandlusega reguleerida mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses kasutada lubatud väetus- ja mullaparandusainete (nt mereadru ja -tooted) raskmetallide sisaldust. Hetkel on mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses raskmetallide maksimum-kontsentratsioonid välja toodud vaid kompostitud või kääritatud majapidamisjäätmete ja mageveekogudest pärit orgaanilise aine rikka sette puhul.

Katses olnud orgaaniliste mullaparandusainete mõju nii mulla keemilistele-, füüsikalistele- ja mikrobioloogilistele näitajatele kui ka saagile ja selle kvaliteedile ei ole ühe aasta katsetulemuste põhjal võimalik hinnata. Varasematest uuringutest on teada, et orgaaniliste ainete kasutamisel mullas on ilmnunud nende küllalt suur järelmõju. Seega lõplike järelduste tegemiseks ning põllumajandustootjatele usaldusväärsete soovituste andmiseks on vajalik antud katset jätkata.

Muud olulised asjaolud:

Täname EMÜ PKI Limnoloogiakeskuse teadurit Anu Kisandit ja ETKI haldusosakonna juhatajat Ilmar Tupitsat abi eest järvemuda proovide kogumisel ning TÜ Eesti Mereinstituudi vanemteadureid Tiia Paalmet ja Mart Simmi pestitsiidijääkide alase konsultatsiooni eest adrus. Täname ka Marje Särekannot ja Karli Seppa abi eest adruproovide kogumisel.

Projekti raames valmib Tallinna Tehnikakõrgkooli keskkonnatehnoloogia ja -juhtimise eriala tudengil Gerda-Käddi Altingul, kes osales ka aktiivselt katsetöödel, proovide kogumisel ja analüüsimisel, bakalaureusetöö, mis käsitleb raskmetalliühendite sisaldust mereadrus.