

Riikliku programmi “Põllumajanduslikud
rakendusüriingud ja arendustegevus
aastatel 2009–2014” lisa 4

EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajanduse ja keskkonnainstituut
Taimekasvatuse ja rohumaaviljeluse osakond

**Optimeeritud kasvukohapõhine väetamine lähtuvalt keskkonna
tundlikkusest erinevate taimetoiteelementide suhtes, baseerudes
mullainfo elektroonilisel andmebaasil**

Projekti juht:
Jaan Kuht

Projekti täitjad:
Toomas Tõrra
Eve Runno-Paurson
Arvo Makke (kuni 31.08.2013)
Jaanus Rebane

Projekti täitmises osalesid:
Jaanus Kilgi
Aare Püvi
Illimar Rätsep

Tartu 2015

1. Projekti taust

Optimeeritud kasvukohapõhine väetamine (edaspidi „täppisväetamine”) on oluline osa täppisviljelusest, mis tugineb kaasaegsetele tootmistehnoloogilistele saavutustele ja satelliitpositsioneerimise rakendamise tehnilistele võimalustele. Tervikliku täppisviljelusega seotult on ka täppisväetamise eesmärgiks vähendada kulusid, optimeerida saagikust ja saagi kvaliteeti ning vähendada negatiivseid keskkonnamõjusid.

Põllumajanduslikus tootmise tarbeks taimekasvatases on tänu toetustega kehtestatud nõuetele ja järjest arenevale tehnoloogiale kogutud märkimisväärne hulk teavet põllumuldade kohta. On võimalik kasutada digitaalseid mullakaarte ja saagikoristusel kogutud saagiandmeid, põldudel valitseva varieeruva olukorra kohta. Samas ei ole tootjad siiani osanud seda rikkalikku mullastiku- ja saagikusinfot efektiivseks ning optimeeritud taimekasvatuseks kasutada. Lähtutakse enamasti taimekasvatases agronoomilistest põhitõdedest mida suudetakse rakendada vaid kultuuri ja kogu põllu põhiselt. Tuleks võtta arvesse põllumuldade diferentseeritust ja lähtuda taimekasvatases kasvukohapõhisest majandamisest. Tehnoloogia võimaldab põllutöömasinatel muuta töö käigus jooksvalt külvinormi, väetusnormi, pritsimisnormi kuid milline peaks väetiste laotusnorm konkreetse põllu üksikutes osades olema ja kuidas seda kindlaks teha, siis selline objektiivne info ei ole olnud tootjatele seni kättesaadav. Seega on oluline, et arenenud tehnoloogiale jõuaks järele ka agronoomilised teadmised. Optimeeritud ja kasvukohapõhine agrotehnika võimaldab säästa keskkonda sest taimele saab anda toiteelemente just niipalju kui taim suudab omas kasvukohas ära kasutada ning välditakse seeläbi toitainete kadusid. Tööprotsesside info on võimalik salvestada digitaalselt ja nii on saadav info tootjale abiks oma edasise tegevuse analüüsimisel ja otsustuste tegemisel.

Põllukultuuride väetusmudelite väljatöötamine kasvukohapõhiseks agrotehnikaks on tänaseni tegemata ja see pärsib põllumajandusliku tegevuse edasist arengut ja efektiivsust. Tehnilised lahendused kasvukohapõhiseks viljelemiseks on juba olemas ligikaudu 10 aastat kuid keegi ei ole neid tänu vajaliku teabe puudumisele tänaseni täielikult kasutusele võtnud. Vastava teabe väljatöötamiseks ja rakendamiseks on tänapäeval vaja nii agronoomilisi kui infotehnoloogilisi teadmisi ja andmebaase. Potentsiaalsed kasutajad on kõik põllumajandustootjad kes tegelevad maaharimisega ja on soetanud endale GPS rakendusega põllutöömasinaid ehk ligikaudu 6 000 ettevõtet. Kuna antud teabe kasutamine täppisviljeluses nõuab mitmekülgset lähenemist ning teadmisi siis on see üks võimalus konsulentidele intensiivsemaks kaasamiseks põllumajandusettevõtete majandustegevusse. Vajalik agronoomiline teave on vajalik ka tehnikamüügifirmadel, et müüdava täppisviljelustehnoloogia osas jagada agronoomilisi kasutussoovitusi.

Antud teema toetub ka põllumajanduspoliitika ja keskkonnapoliitika meetmetega sätestatud prioriteetidele. Eesti Maaelu Arengukava 2007-2013, Nitraadidirektiiv, Veeseadus, Infoühiskonna Arengukava 2013, rakendamaks häid põllumajandustavasid ja piirata keskkonnareostust ning minna kõigis valdkondades üle maksimaalsele IKT põhisele tegevusele.

Projekti eesmärgid:

- teha kindlaks erinevatel muldadel optimaalne väetustase, et oleks võimalik põllu piires vastavalt väetustarbele määrata kasvukohaspetsiifiliselt vajalik väetiste laotusnorm.
- selgitada välja täppisviljelustehnoloogia kasutusest tulenev saagi ja selle ühtlikkuse tõus ning majanduslik tasuvus.
- teha kindlaks keskkonda leostuvate toiteelementide (N ja P) kogus kasutades kasvukohapõhist agrotehnikat võrrelduna kultuuripõhise agrotehnikaga.

- töötada välja soovitud GPS tehnoloogia efektiivseks kasutuseks kasvukohapõhise agrotehnika tarbeks.
- selgitada välja elektrooniliste andmebaaside sobivus täppisviljeluseks

Katsetingimused ja meetodid

Katsete põllud.

2011 aastal rajati kolm katset täppisväetamisega.

1. Põldkatse korraldati EMÜ Rõhu katsejaama katsepõllul (joonis 1) mille koordinaadid N 58°36,6' ja E 26°32,5' ja asub Tartumaa Ülenurme vallas, Eerikal. Katseala reljeef oli nõrgalt lainjas. Katsepõllu suurus oli 2 ha, millest katse moodustas 0.08 ha. Katselappide koguarv oli 16, lappide suurusega 50 m², millelt saak koristati 4 korduses. 2012. a. suurendati lappide arvu kahekordseks (ühes variandis seega neli lappi).

2. Tootmiskatse lapid rajati Tartumaa Konguta valla Pilsu talu kirju reljeefi ja mullastikuga tootmispõllul (joonis 2), koordinaadid N 58°27,9' ja E 26°32,5) Erumäel,. Põllu reljeef oli lainjas (valdavalt põllu lääneosa) kuni tugevalt lainjas (valdavalt põllu idaosa). Pilsu talu tootmispõllu üldpind oli 24 ha, millest katseala moodustas 3.5 ha. 2011.a. rajati kase 6 variandis, igas 3 kordust, mis olid jagatud omakorda kolmeks võrdseks osaks (millest võeti eraldi mullaproovid). Lappide arv oli 18, katselapi pind 324 m² ja katsepind 35 000 m². Alates 2012.a. lisandus veel üks kordus, seega oli lappe edaspidi kokku 24 ja katsealune pind suurenes koos vahebadega kuni 39000 m²- ni

. 3. Kogu Erumäe tootmispõllu ala, .



Joonis 1. Eerika põldkatse asukoht ja Erumäe põllu ja tootmiskatse asukoht 2011.a.ortofoto alusel (PRIA kaardiotsing)

Katsealade muld

Põldkatse rajati 2011. a. kahkjale (näivleetunud) liivsavimullale LP (WRB klassifikatsiooni järgi Stagnic Luvisol) ja kuulub mullastikuliselt Lõuna-Eesti näivleetunud ja leetunud muldade valdkonna Tartu-Viljandi allvaldkonda.

Huumuskihi olulisemad näitajad:

- huumushorisoni tusedus 26 – 29 cm;
- mulla tasakaaluline lasuvustihedus 1,45 – 1,50 Mg m⁻³
- pH_{KCl} 5,3–6,2










- orgaanilise süsiniku (Corg) sisaldus 1,2 – 1,7%;
- üldlämmastikku (Nüld) 0,09– 0,14%;
- P 102–155 mg 100g⁻¹
- K 88–137 mg 100g⁻¹

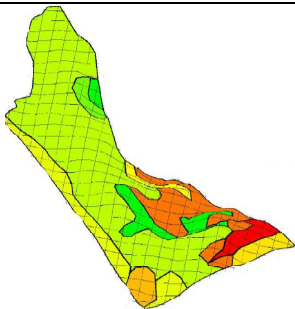
Tootmiskatse rajati 9 erineva mullaga põllule, millest 3 asus katselappide piirkonnas. Valdav enamus muldi olid parasniisked ja hea sobivusega põllukultuuridele (tabel 1).

Huumuskihi tähtsamad näitajad:

- huumushorisoni tusedus 21 – 28 cm;
- mulla tasakaaluline lasuvustihedus 1,45 – 1,50 Mg m⁻³
- pH_{KCl} 5,3–6,2
- orgaanilise süsiniku (Corg) sisaldus 1,2 – 1,7%;
- üldlämmastikku (Nüld) 0,09– 0,14%;
- P 102–155 mg 100g⁻¹
- K 88–137 mg 100g⁻¹

Tabel 1. Erumäe tootmispõllu mullatüübid

Mullatüüp	% kogu- pinnast	Pind, ha	Tähis	Paigutus reljeefikaardina
Gleistunud deluviaalmuld	1,77	7,0	Dg	
Erodeeritud muld	0,52	2,1	E21	
Leetjas muld	13,86	54,6	KI	
Gleistunud leetjas muld	2,44	9,6	KI _g	
Nõrgalt erodeeritud leetjas muld	0,63	2,5	KI _e	
Leostunud muld	0,84	3,3	Ko	
Pruun näivleetunud muld	0,67	2,7	LP	
Nõrgalt erodeeritud leetunud muld	3,79	14,9	LKI _e	
Tehisjas maetud muld	0,85	3,4	Tz	



Katseaastate ilmastik

Katseaastate ilmastikuandmed on esitatud Eerika automaatilmajaama andmete alusel (tabel 2).

2011. a. vegetatsiooniperioodi sademeid oli juunikuus üle kahe korra ja juuli ning augustikuu sademeid kolmandiku võrra keskmisest vähem. Samas olid juuni- ja juulikuu õhutemperatuurid keskmisest ligi 2 °C võrra kõrgemad, mistõttu nisutaimed kannatasid põua käes. Koristusperiood augustis oli sademete poolest soodne.

2012. a. juunikuus tuli keskmisest 8 mm võrra rohkem sademeid, seevastu juuli, augusti ja septembri sademete hulk olid keskmisega samas suurusjärgus. Juunikuu õhutemperatuur oli 1,8 °C võrra keskmisest madalam, kuid juuli ja augusti temperatuurid olid keskmisele lähedased. Seega vegetatsiooniperioodi võib rapsi kasvuks pidada normaalseks. Ka saagikoristuse seisukohalt oli septembrikuu sademete poolest normaalne.

2013. a. juunikuus tuli sademeid keskmisest ligi kolmandiku võrra vähem, samuti oli mõnevõrra neid vähem ka juuli ja augustikuu. Juunikuu õhutemperatuur oli keskmisest paari kraadi võrra kõrgem, kuid juuli ja augustikuu olid need võrreldavad keskmistega. Vegetatsiooniperioodi tingimused olid nisutaimede kasvuks soodne. Kuigi sademeid tuli

augustis vähem, takistas nende jaotus mõnevõrra koristamist. Katsete koristus toimus siiski õigel ajal ja nisu saagitase kujunes kõrgeks.

2014. aasta juunis ja augustis tuli sademeid 8 mm võrra keskmisest enam, kuid juulis sellega võrdselt. Juunikuu õhutemperatuur oli keskmisest mõnevõrra suurem ja juulikuus väiksem. Odra kasvutingimused olid head ja ka koristusperiood oli soodne.

Tabel 2. Katseaastate sademed (mm) ja keskmised õhutemperatuurid (°C) Eerika ilmajaama andmetel võrrelduna 1965. – 2013. aastate keskmisega (K)

Kuu	Sademed, mm					Temperatuurid, °C				
	2011	2012	2013	2014	K	2011	2012	2013	2014	K
Jaanuar	6,3	10,0	2,9	8,3	9,9	-4,7	-6,1	-7,2	-7,8	-5,2
Veebruar	3,0	6,1	4,8	4,1	7,5	-11,2	-11,2	-3,6	-0,3	-5,8
Märts	1,5	12,9	5,1	3,0	7,7	-1,9	-0,4	-7,8	2,2	-1,7
Aprill	3,7	14,0	5,6	4,5	8,8	6,4	5,0	3,5	6,5	4,7
Mai	19,5	27,2	20,2	27,9	19,2	11,0	11,6	14,8	11,9	11,4
Juuni	11,7	33,5	17,5	34,5	25,3	17,2	13,6	18,2	13,4	15,4
Juuli	16,1	24,6	20,9	23,8	23,5	19,9	18,1	17,8	19,3	17,5
August	18,2	29,1	24,9	37,7	29,7	15,8	15,3	16,9	16,8	16,1
September	26,7	19,2	9,1	7,4	19,0	12,3	12,2	11,0	12,1	10,8
Oktoober	15,9	14,9	14,9	17,6	19,0	6,8	5,6	6,6	6,8	5,6
November	11,5	16,7	23,3		15,3	2,9	2,6	3,5		0,5
Detsember	17,5	3,0	15,7		11,4	1,0	-6,6	1,0		-3,3
Kokku	151,6	211,3	165		196,5	75,4	59,7	74,7		66,2
Keskmine	23,3	32,5	25,4		30,2	6,3	5,0	6,2		5,5

Andmetöötlus

Kaasaegses põllumajanduses on vaja tegevuste planeerimiseks ja tulemuste analüüsiks rohkesti andmeid. Täppisväetamises oluliste andmete haldamiseks ja töötlemiseks kasutasime tarkvara paketti AgLeader SMS Advanced, mille soetasime 2012.aastal. AgLeader SMS tarkvara on universaalne pakett, mis sobib enamikele põllumajanduslikes rakendustes vajaminevate andmeformaate kasutamiseks. Tarkvara saab kasutada nende haldamiseks ja aitab analüüsida ja visualiseerida andmeid ning koostada tööplaan järgmisteks perioodideks. SMS tarkvara võimaldab:

- põldude kaardistamist, mõõdistamist ja töötlemist
- ettevõtte ja põldude andmebaasi koostamist koos tööde, masinate ja kulumaterjalide arvestusega
- saagikuskaartide koostamist kombainide mõõtesüsteemide andmete järgi
- mulla toiteelementide kaartide koostamist mullalabori andmete põhjal
- erinevate kaardikihtide loomist mitmesuguste lisaandmete esitamiseks (taust, reljeef, melioratsioon, mullatüübid, märkused, mõõdistused, jms)
- töökaartide koostamist väetisekülvikute, pritside ja muude agregaatide kasutamiseks põllu piires varieeruva normiga
- andmete importi ja eksporti masinaseadmetega
- andmete arhiveerimist ja üleviimist teistesse andmeformaatidesse

AgLeader töömasinale paigutatud täppisviljelusmonitorid kasutavad vahetult SMS tarkvara kaardivaateid

Põld ja tootmiskatsetest kogutud andmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi ANOVA meetodil, Excel programmiga arvutati standardviga ja kasutati ka regressioonanalüüsi.

Katsete korraldamine

Katsete korraldamine sisaldas endas kõigepealt katsealade valiku ja katsevariantide ning nende piires paiknevate lappide mahamärgimise.

Katsevariandid

Katsevariantide kavandamisel lähtusime mulla ja taimeseire alusel rajatavates diferentseeritud väetamise katselappide ja nende võrdlusvariantide vajadusest. Võrdlus väetatud svariantide mõju ulatuse kohta kavandati väetamata variandi (K) suhtes. Alates 2012. aastast lisati taimeinfo alusel kasvuaegse lehevätiste toime hindamiseks Eerika põldkatsesse veel üks mineraalväetisteta variant (KLv), mida väetati ainult lehevätisega.

Katsevariandid olid alljärgnevad:

1. Väetamata – (K) (üldine kontroll)
2. *Mineraalväetistega väetamata. kuid lehevätis kasvu ajal – (KLv, lehevätise variantide kontroll)
3. Tavaviljelus – (T) kogu mineraalne NPK väetis külviperioodil, (väetusfoon lähtuvalt taimede vajadusest saagi tootmisel, arvestamata mulla toitaineid).
4. Mineraalväetised mullainfo alusel – (MI) mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest
5. Diferentseeritud väetamine I – (MIMN) mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest + mineraalne N kasvu ajal N sensori määrangute järgi vastavalt taimede vajadusele
6. Diferentseeritud väetamine II – (MILv) mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest + lehevätis kasvu ajal N sensori määrangute järgi vastavalt taimede vajadusele
7. **Diferentseeritud väetamine III – (LLV) vedelsõnnik (läga) külvi eelselt mulda, lisaks lehevätis kasvu ajal N-sensori määrangute järgi, vastavalt taimede vajadusele

* - ainult Eerika põldkatses alates 2012. aastast

** - Eerika põldkatses igal aastal, Erumäe põllu tootmiskatses 2011. ja 2012. aastal

Mõlemas katses rajati katsevariandid neljas korduses. Katsete rajamine nii Eerikal, kui Pilsu talus toimusid sarnaste skeemide alusel.

Katsete mullaharimisel rakendati traditsioonilist künnipõhist tehnoloogiat. Harimise käigus valmistati ette tasane, külvikõlbulik mullapind, et luua kõigile taimedele samaväärsed ja optimaalsed kasvutingimused.

Märgiti põllul katselapid vastavalt katsevariantide ja korduste arvule. Pilsu talu Erumäe põllu tootmiskatses olid katsevariantide vahekaugused viidud kooskõlla tehnoradade vahekaugustega. Põllu tehnorajad ja lappide asukohad pandi paika GPS seadme abil, et hiljem saaks töomasinatel kasutada satelliitside kohtmäärangu ja automaatroolimise süsteemi katselappide väetamise koosumbritseva tootmispõlluga.

Katselappidelt võeti iga aasta sügisel (2011. a. ka kevadel) mullaproovid mullaviljakuse näitajate määramiseks. Keskmise mullaproov pakendati ning märgistati katselapi numbriga. Proovid viidi Põllumajandusuuringute Keskuse laboratooriumisse keemilisteks analüüsideks. Laboris määrati mulla pH, orgaaniline süsinik (Corg), fosfori (P), kaaliumi (K), ja mikroelementide sisaldus..

Pärast mulla analüüsi tulemuste saabumist järgnes sügisel väetamine mineraalväetisega vastavalt katseplaanile ja nendele variantides kuhu oli see ette nähtud. Mullainfo alusel väetistega antava lisa-toitainetevajaduse kindlaksmääramisel arvasime kõigepealt mulla toitainete $N_{\text{üld}}$, P ja K varud 1 ha künnikihi (20 cm kihis, mulla lasuvustihedusega $1,5 \text{ Mg m}^3$) kohta kg ha^{-1} ... Lähtusime miinimumprintsipiist. Eerika põldkatse aladel oli kaaliumi vähesus, Erumäe põldkatse mullas aga P vähesus. Erumäe talinisu P ja K kasutus koefitsiendid mulla varudest leidsime H. Kärblase poolt koostatud tabelitest “Taimede toitumise ja väetamise käsiraamatust” (Kevvai ja Kärblane, 1996) ja arvasime need ümber kilogrammidesse P või K ühe ha kohta. Ka katsevariantide mulla toitainesaldusest lähtusime miinimumis olevatest näitajatest: suurendasime väetusnormi ja kus oli rohkem seal vähendasime väetusnormi.

Eerika katsealale külvati väetis eelnevalt vajalikule laotusnormile gradueeritud katsekülvikuga „Fiona”, töölaiusega 1,5 m. Vedelsõnnik laotati vastava pumbaga varustatud laotustsisterni abil, mille töölaiuseks oli 6 m. Vedelväetis segati kultivaatoriga mulda samal päeval.

Masinate asukohapõhiseks juhtimiseks oli Erumäe tootmiskatse alal kasutusel traktorile kinnitatud GPS antenn vastuvõtja. Suurema täpsuse saavutamiseks kasutati GPS diferentsiaalparandussignaali OmniSTAR HP, mis võimaldas sooritada töid põllul täpsusega 5–10 cm.

Erumäe tootmiskatsetes anti mineraalväetis külvikuga Amazone ZG-B 8200. Väetisekülvikule oli paigaldatud AMATRON pardaaruvi ja monitor koos vastava tarkvaraga. Väetamisel ettevalmistatud väetiskaardi järgi kasutati AgLeader monitori ja AgLeader SMS tarkvarapaketti. Tarkvarapakett aitab koguda andmeid ja nende põhjal teha olulisi otsuseid, seda isegi masina töötamisel reaajas tarkvara abil eelnevalt koostatud digitaalsete kaartide vms. alusel. Programmi saab kasutada külvist koristuseni. Kasutades hiljem kattuvaid kaardikihte, on võimalik saada hea visuaalne ülevaade erinevate näitajate vastastikusest mõjust. Ülevaade tootmiskatsetes ja kogu Erumäe põllul kasutatud masintehnikast on esitatud tabelis 3.

Tabel 3. Erumäe põllul ja tootmiskatse alal täppisviljeluslike tööde sooritamiseks kasutatud tehnika

Töö	Töömasin	Töölaius, m
Vedelväetise laotamine	Lägalaotur Livakka	12
Läga segamine mullaga	Kultivaator	12
Mineraalväetiste külv	Väetisekülvik Amazone ZG-B 8200	24
Väetamine leheväetistega ja taimekaitsetööd	Iseliikuv taimekaitseprits Caruelle Nympeos	24
Seemnete külvamine	Külvimasin Väderstad Pneumo Kombain New Holland CX860 (2013. aastal oli varustatud raatsheedriga,	8
Saagikoristus	laius 8,4m)	8

Uurimistöö tulemused

Katsealade seire

Projekti täitmisel kasutati kahte seiremeetodit – mulla seire, mis rajanes kasvukoha mulla toiteelementide sisalduse kindlakstegemisel (edaspidi „mullainfo“) ja taimeseire, mis põhines kasvavate taimede toitumistaseme hindamisel (edaspidi „taimeinfo“).

Mulla seire

Igalt katselapilt võeti mullapuuriga keskmine proov, mis kuivatati ja pakendati ning saadeti

Põllumajandusuuringute Keskusesse laboratoorseks määramiseks. Määrati mulla happesus, üldlämmastiku, orgaanilise süsiniku, makroelementide (P, K) ja mikroelementide sisaldused (Corg – elementaaranalüüs ISO 10694 :1995; pH- ISO 10390; P; K ja mikroelemendid –Mehlich III). Saadud info alusel määrati kasvukoha väetistarve ja arvatati igale kultuurile vajalikud väetisekogused.

2011. a rajatud põldkatseala keskmised saviliivmulla orgaanilise süsiniku sisaldused olid kõik üle 1,5% (tabel 4). Katseala mulla huumusseisundit võib orgaanilise süsiniku (Corg) sisalduse alusel pidada keskmiseks, see kõikus katsevariantide lõikes 1.55–1,73% (katse keskmine 1.62%).

Põllumajandusuuringute Keskuse (PMK) poolt 2013. a. kehtiva põldude väetistarbe gradatsiooni alusel oli põldkatse ala fosfortarve väike kuni väga väike (üle 125 mg kg⁻¹). Kaaliumivajadus mahtus keskmise (91-140 mg kg⁻¹) piiridesse olles vahemikus 92-137 mg kg⁻¹. Katselappide pH väärtused olid piires 5,3-6,2. Kaseala ümbritsevale põllule anti 2013. aasta sügisel lubiväetist, katseala jätsime lupjamata. Katseala keskmine mulla üldlämmastiku sisaldus kõikus vähem, olles vahemikus 0,11-0,4%. Nähtub, et suhteliselt väikesel katseal olid erinevused nii mulla P kui K sisalduse osas arvulises väärtuses märkimisväärsed, kuid mahtusid kindla, väikese või keskmise gradatsiooni piiridesse.

Tabel 4. 2011. a. suvinisu kasvuala mulla agrokeemilised näitajad 2011. a. kevadiste mullaproovide põhjal

Näitajad	Katsevariandid					
	K	T	MI	MIMN	MILv	LLv
Põldkatse:						
C _{org} %	1,62	1,55	1,56	1,66	1,59	1,73
pH _{KCl}	5,6	5,3	6,2	6,2	5,8	5,8
N _{üld}	0,14	0,14	0,12	0,11	0,12	0,14
P, mg kg ⁻¹	102	127	103	140	153	155
K, mg kg ⁻¹	98	92	117	137	115	115
Tootmiskatse:						
C _{org} %	1,25	1,56	1,64	1,52	1,33	1,39
pH _{KCl}	6,8	6,5	6,2	6,4	6,5	6,5
N _{üld}	0,10	0,13	0,14	0,12	0,12	0,12
P, mg kg ⁻¹	75	80	85	81	64	69
K, mg kg ⁻¹	186	180	185	173	166	170

Tootmiskatseala liivsavi mulla agrokeemilistest näitajatest (tabel 4) mõjutasid mullastiku ja reljeefi varieerumine vaid Corg ja Nüld sisaldusi. Corg sisaldus jäi alla 1,5%

kolmes katsealal kõrvutiasuvas variandis (K, MILv ja LLv). Madalamad Nüld väärtused ilmnedid samades variantides. Mulla fosforisisaldused varieerusid vähe ja jäid keskmise P vajaduse piiridesse, väärtused 64–85 mg kg⁻¹. Kaaliumisisaldus oli samuti väikeste kõikumistega ja mahtus keskmise vajadusega gradatsiooni piiridesse.. Ka mulla pH muutus varianditi, piires 6,2 - 6,8.

2012. a. lisandus suvirapsi põldkatsesse lehevätiste kontrollvariant (KLv), mille fosforivajadus oli väike ja kaaliumivajadus keskmine (tabel 5). Nii katse mulla fosfori kui ka kaaliumisisaldused suurenesid 2011. a. sügiseks märgatavalt võrreldes 2011. a. kevadiste proovidega. Selle põhjuseks on hiline külv (20. mai) ja sellele järgnenud põuane periood, mille tulemusena katses kasvanud suvinisu andis planeeritust ligi poole võrra vähem saaki. Kasutamata väetistes sisalduvad toitained, P ja K, täiendasid aga mullavarusid.

Tabel 5. 2012. a. suvirapside „Fenja” ja „Campino” kasvualade mulla agrookeemilised näitajad 2011. a. sügiseste mullaproovide põhjal

Näitajad	Katsevariandid						
	K	KLv	T	MI	MIMN	MILv	LLv
Põldkatse:							
C _{org} %	1,55	1,89	1,66	1,47	1,61	1,71	1,7
pH _{KCl}	5,8	5,4	5,4	6,1	6,2	5,9	5,9
P, mg kg ⁻¹	105	165	134	137	150	167	163
K, mg kg ⁻¹	93	93	99	117	145	132	137
Tootmiskatse:							
C _{org} %	1,28	-	1,52	1,52	1,40	1,33	1,21
pH _{KCl}	6,8	-	6,5	6,2	6,4	6,5	6,5
P, mg kg ⁻¹	83	-	78	79	86	66	65
K, mg kg ⁻¹	211	-	232	212	200	214	216

Tootmiskatse suvirapsi kasvuala mulla fosforisisalduse muutused võrreldes kevadiste proovidega olid väikesed ja sisuliselt ei muutunud. Kuid mulla kaaliumisisaldused suurenesid märgatavalt, olenevalt variandist 25 – 52 mg kg⁻¹ võrra. Ka selle K sisalduse tõusu põhjuseks võib lugeda põuase suve tõttu loodetust madalamat suvinisu saagikust ja K mullavaru täienemist kasutamata väetise arvelt.

2012. aasta lisati Eerika põldkatseala igale variandile 2. katselappi juurde. Tabelis 6 on toodud nii endiste kui uute katselappide mulla agrookeemilise näitajad kokku, mille keskmisi arvulisi väärtusi P ja K osas muutis uute lappide lisamine, võrreldes 2011 a. sügiseste näitajatega märksa suuremaks ja seda ka väetamata kontrollvariandil (K). Küll aga on käesoleva aruande osas „Mulla toitainetesisalduse muutused perioodil 2011-2014” õige mulla toitainetesisalduse muutuse järjepidevuse tagamiseks võetud arvesse vaid endiste lappide agrookeemilisi näitajaid.

Tabel 6. 2013. a. suvinisu „Specifik“ ja talinisu „Ramiro” kasvuala mulla agrookeemilised näitajad 2012. a. sügiseste mullaproovide põhjal

Näitajad	Katsevariandid						
	K	Klv	T	MI	MIMN	MILv	LLv
Põldkatse:							
C _{org} %	1,9	2,1	1,8	1,8	1,8	1,9	2,4
pH _{kcl}	5,6	5,9	5,3	5,8	5,8	5,7	5,9
P, mg kg ⁻¹	122	144	127	142	184	185	216

K, mg kg ⁻¹	112	111	78	161	155	132	195
Tootmiskatse:							
C _{org} %	1,5	-	1,9	1,7	1,6	1,6	1,4
pH _{kcl}	7,0	-	6,7	6,9	6,9	7,1	7,2
P, mg kg ⁻¹	94	-	99	90	90	78	78
K, mg kg ⁻¹	230	-	222	242	230	229	259

Erumäe tootmiskatsesse lisati 2012. a. suvirapsi kasvu alale juurde üks katselappide rida, mis aga tõstsid variantide keskmisi mulla P ja K sisaldusi vähem, kui põldkatses. Oma osa mõlema katse toitainete sisalduse suurenemises etendas ka asjaolu, et raps tarbis saagi moodustamiseks rohkem väetiste toitaineid, kui ta saagiga eemaldas. Ülejäänud tuli põhuga mulda tagasi.

2013. aasta sügisestes proovides põldkatse alal ei olnud võrreldes 2012. a. sügiseste näitajatega ühesuunalisi muutusi mulla fosfori- ja kaaliumisisaldustes (tabel 7). Kontrollvariantides ilmnis mõlema tootelemendi vähenemine.

Tabel 7. 2014. a. odra „Conchita” kasvuala ja tootmiskatse mulla agrokeemilised näitajad 2013. a. sügiseste mullaproovide põhjal

Näitajad	Katsevariandid						
	K	KLv	T	MI	MIMN	MILv	LLv
Põldkatse:							
C _{org} %	1,63	1,88	1,68	1,68	1,80	1,68	1,80
pH _{KCl}	5,6	5,8	5,3	5,8	5,7	5,6	6,0
P, mg kg ⁻¹	97	137	144	106	163	182	177
K, mg kg ⁻¹	94	90	81	128	156	129	143
Tootmiskatse:							
C _{org} %	1,50	-	1,88	1,70	1,60	1,55	1,40
pH _{kcl}	7,0	-	6,7	6,9	6,9	7,1	7,2
P, mg kg ⁻¹	78	-	99	93	96	80	80
K, mg kg ⁻¹	185	-	228	242	230	229	243

Tootmiskatses ilmnisid muutused vähese suurenemise suunas vaid mulla fosforisisalduses, K sisaldus aga säilis eelmise aasta tasemel.

Taimede seire

Kasvuaegse järelväetamise vajadust lämmastikväetistega hinnati kasvuaegselt taimede toitainetedefitsiiti, kasutades selleks lämmastiku toitumustaseme andureid – Minolta SPAD N-testrit ja Erumäe põllul ka Ag Leader OptRx N-sensorit.

1.

2. SPAD klorofüllimõõtja:

Mõõtmise toimus käsitsi taimelehtedelt.

N- tester SPAD - 502Plus on käsiseade, mis määrab klorofüllü suhtelist kogust kahes lainepikkuste piirkonnas, kus taimelehe klorofüllü valguse neeldumise maksimumid on sinise (400 – 500 nm) ja punase (600 – 700 nm) lainepikkuste vahemikus (Conica Minolta. 2009).

Mõõtmisel SPAD N-testriga võeti arvesse ka tabelis 8 toodud soovitusi.

Tabel 8. Minolta SPAD testri kriitilised ja optimaalsed näitajad kasvatatud kultuuride eri arengujärkudes (EMI, 2004 järgi)

Kultuur	Arengujärk, BBCH	SPAD testri näit	
		Kriitiline	Optimaalne
Oder	37 – 41	35	35 – 38
	51 – 57	42	42 – 46
Nisu	37 – 41	38	38 – 42
	51 – 57	38	38 – 41
Rüps, raps	50 – 51	37	37 – 42

Kasutati meetodit, mille järgi on ühe SPAD näitaja ühiku võrra suurendamiseks tuleks anda täiendavalt lämmastikku ca 4 – 7 kg ha⁻¹ (EMI, 2004).

Põldkatses näitasid SPAD mõõtmised taimede variantide vahelisi lämmastiktoitumise puudusi vaid 2014.a. odral, kus lehevätiste andmine diferentseeriti selle näitaja järgi. Ülejäänud aastatel näitasid SPAD mõõtmistulemused taimede N vajaduse puudumist ja pealtväetamine toimus ettenähtud keskmise normiga. Erumäe tootmiskatses tehti kasvuaegne väetamine valdavalt N- sensori näitajate järgi koos üldpõlluga., mille jaoks koostati vastav väetuskarta.

2. OptRx N-sensor

Kinnitatakse masinale ja taimede seisund mõõdetakse ja kaardistatakse kohtpõhiselt masina liikumisel. Vajalik on asukoha määramiseks GPS seade koos vastava tarkvaraga.

Põhimõte. Fotosünteesil peegeldavad taime lehed valguse rohelise spektri ja neelavad energiatarbe rahuldamiseks sinise ja punase. Taime tervisliku seisukorra hindamiseks kasutatakse kolme spektriosa – punast, purpurit ja infrapuna lähedast.

Vegetatsiooniindeksi määramine toimub taimelehte ristlõike eri kihtidelt tagasipeegelduva valgusspektri analüüsil. NDVI määratakse punase ja infrapunase lähedase valgusspektri osade suhte alusel. NDVI toimib hästi varases kasvufaasis, kui taimede vahelt paistab veel mulda ja on efektiivne nõrga taime eristamiseks elujõulisest.

OptRx kasutab lisaks NDVI-le ka NDRE vegetatsiooniindekseid.

Nisul on parim aeg väetamiseks jääb võrsumise ja kõrsumise vahele enne kõrre pikenemise algust. Odra järelväetamiseks on parim aeg kõrsumise algfaasis, kõrre pikenemise algusest kuni pealoomise alguseni. Rapsil on kasvuaegseks järelväetamiseks parim aeg võrsumisest kuni õitsemise alguseni, (BBCH 50-51, Ag Leader Technology. 2013).

Katsete väetamine

Eerika põldkatseala ja Erumäe tootmiskatseala põldude mullas ei olnud toitainetepuudust ei fosfori ega ka kaaliumi suhtes. Seega toimus tavaväetamine planeeritud saagi tootmiseks vajaliku toitainete (NPK) järgi. Mullainfo järgi väetamisel lähtuti Eerika põldkatses kaaliumi väiksemast sisaldusest võrreldes Erumäe tootmiskatse alaga ja Erumäe tootmiskatses jällegi mulla väiksemast fosforisisaldusest võrreldes Eerika põldkatsealaga. Kummagi katseala väetamisel kasutati võrreldes tavatehnoloogiaga (T) mõnevõrra suurendatud norme, mis Eerikal arvutati K alusel ja Erumäel P alusel. Omavahelise võrdluse huvides anti variantides MIMN, kuhu oli ette nähtud mineraalse lämmastikuga kasvuaegne pealtväetamine ja variantides MILv kasvuaegne lehevätamine neid ka siis kui testri näitude järgi oli taimedel piisav N sisaldus. Vedelsõnnik anti .lägalaoturitega (2012. a. Eerika põldkatses käsitsi) ja vajalik lehevätis taimekaitsepritsiga. Erumäe põldkatses toimus see masinpritsiga Caruelle Nympeos ja Eerikal käsitsi. Eerikal kasutati väikeste lappide väetamisel käsitsi lükatavat katsekülvikut „Fiona”. Mineraalväetised külvati Erumäel ettevalmistatud väetamiskaardi järgi

üheaegselt koos tootmispõlluga. Seetõttu võivad tegelikud kohtpõhise väetamisenormid Erumäe põldkatses mõnevõrra erineda järgnevalt toodud väetustabelites kavandatud toitainete kogustest. Väetamise planeerimise käik kaardirakenduste ja andurite poolt saadud andmete töötlemine Ag Leader SMS tarkvara vahendusel mitmesuguste kaartide loomiselu täiustus aasta-aastalt ja 2013. a. kasutati võrreldes eelmiste aastatega neid tunduvalt rohkem. Seetõttu on selles aruandes 2013.a. väetamise kirjeldamisel peatunud veidi pikemalt.

Suvinisu väetamine 2011. a.

Mineraalväetistest kasutati 2011. a. mõlemas katses Azophoska 16-16-16 (P ja K oksiididena) ja AN34,4, millede toitainetesisaldusele ümberarvutatud kogused on esitatud tabelis 9. Ammooniumnitraati AN 34,4 anti kasvuajal variandile MIMN taimede lämmastiku vajaduse täiendavaks rahuldamiseks. Mineraalväetis anti spetsiaalse katsekülvikuga FIONA, mille töölaius on 1.4 m. Vedelsõnnikuga väetamine toimus vedelsõnniku tsisterni pumbasüsteemi abil. Järgnes 26. mail suvinisu külv teraviljakülvikuga Kongskilde, mille töölaius on 3 m. Tootmiskatses anti mineraalväetis külvikuga Amazone ZG-B 8200.. Variantides, kus mullainfo alusel oli ette nähtud eri normidega väetise külv, reguleeriti täiendava väetise väljakülv masina liikumisel GPS kohtmäärangu järgi automaatselt, lähtuvalt digitaliseeritud väetistarbe kaardi andmestikust. Järgnes 20. mail suvinisu külv külvikuga Väderstad Pneumo, mille töölaius on 8 m.

Tabel 9. Suvinisu „Manu” Eerika põldkatses ja „Specific” väetamise toitainetekogused Erumäe tootmiskatses 2011. a.

Toiteelemendid, kg ha ⁻¹	K	T	Katsevariandid			
			MI	MIMN	MILv	LLv
Eerika põldkatse						
N	0	120	150	180	150,52	120,52
P	0	25	40	54	40,7	14,4
K	0	48	76	102	76,7	86,43
SPAD N-tester	44	47	46	44	45	46
Erumäe tootmiskatse						
N	0	120	100	100	100,52	120,52
P	0	25	18	18	18,7	14,4
K	0	48	34	34	34,7	86,43

Eerika katsepõllul tehti tähtsajärgselt umbrohutõrje 3. juunil. Selleks kasutati taimekaitsevahendeid Attribut WG70 normiga 60 g ha⁻¹ ja Mustang kulunormiga 0,5 l ha⁻¹.

Erumäe tootmispõllul tehti 2. juunil umbrohutõrje ning 27. juunil tehti tõrje lehetäide vastu. Suvinisu kasvuage se väetamise vajadus määrati Minolta SPAD klorofüllimõõtmisega. Leheväetis anti 9. juulil, kasutati Yara Kristalon Yellow NPK 13-40-13 + mikroelemendid (mõlemas katses), kulunormiga 4 kg ha⁻¹.

. Kasvuage se väetamine leheväetisega tehti kõrsumisfaasis (BBCH 38). 2011.a. vegetatsiooniperiood oli väheste sademetega, põuane ja keskmisest kõrgema õhutemperatuuriga ja mõlemas katses oli väetistes sisalduvate taimetoitainete mullavette lahustumine liigse kuivuse tõttu pärsitud..

Orgaanilise väetisena kasutati katsealal variandis LLv veiste vedelsõnnikut. Eerika katsel kasutatud vedelsõnnik sisaldas 4.8 kg Mg⁻¹ üldlämmastiku.

Suvirapsi väetamine 2012. a.

2012. aastal kasvatati suvirapsi Eerika põldkatsealal (sort 'Fenja') ja Erumäe tootmiskatses (sort 'Campino'). Eeldatavaks rapsi seemnesaagiks planeeriti põldkatses ja tootmiskatses 3,0 t ha⁻¹.

2012. a kevadel toimus väetamine mineraalväetistega.

Eerika põldkatseala mineraalväetistega väetamine toimus 18. mail ja läga laotamine 21. mail. Mõlemad väetised viidi mulda samal päeval järgneva kultiveerimisega. 22. mail külvati katsekülvikuga 'Fiona' rapsi 'Fenja' seeme normiga 4 kg ha⁻¹. Taimekaitsetööd toimusid 13. juunil (Butisan 1,5 l ha⁻¹; Targa Super 1,3 l ha⁻¹; Galera 0,2 l ha⁻¹). Raps koristati 27. septembril kombainiga 'Sampo'.

Erumäe tootmiskatses toimus esimene väetamine väetistega NPK 18-8-16 ja kaaliumirikast väetist Yara Cropcare PK 3-12-24 29 aprillil. Järgnes läga laotamine 7 mail lägalaoturiga Livakka, 12 m töölaieuga. 8 mail külvati raps ja järgmisel päeval väetati 70% AN 34,4 täiskogusest ja ala rulliti. 5. juunil määrati AG Leader OptRx N sensoriga pealtväetist vajav variant (koos sellega toimus mõõtmine ka kogu põllu ulatuses), kaardistati ja külvati ülejäänud kogus lämmastikväetist vastavalt aparadi näidule muudetava normiga masina liikumisel. Uus kaardistamine OptRx abil toimus 26 juulil, misjärel 28 juulil toimus pritsimine leheväetisega Nutricomplex, kooskõlas kaardi andmetega (kasvufaas BBCH 59). Põldkatse ja tootmiskatse väetisekogused ümberarvestatuna elementidena on esitatud tabelis 10.

Tabel 10. Suvirapsi „Fenja” põldkatse ja „Campino” väetamine Erumäe tootmiskatses 2012. a.

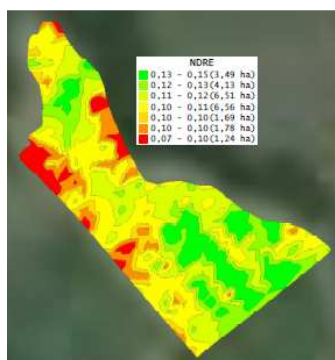
Toiteelemendid, kg ha ⁻¹	Katsevariandid						
	K	KLv	T	MI	MIMN	MILv	LLv
Eerika põldkatse							
N	0	0,72	150	167,5	168	168,7	113,7
P	0	0,32	40	58	48	48,3	12,9
K	0	0,60	80	146	96	96,6	90,6
Erumäe tootmiskatse							
N	0	-	122	130	180	150	158,5
P	0	-	52	59	69	68	12,73
K	0	-	103	103	103	103,4	77,43

Suvi ja talinisu kohtpõhine väetamine 2013. a.

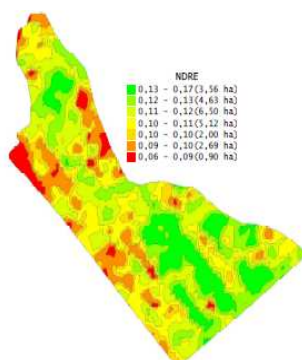
Eerika põldkatses kasutati suvinisu väetamiseks väetist Yara Mila 18-8-16+3S ja hiljem täiendavalt veel pealtväetamiseks ASN 26 13S, mida külvati katsekülvikuga Fiona.

Erumäe põllul olid põhiväetisteks olid KC1- 51,5 ja MAP 12-52, mis külvati 2012 aasta sügisel (28.09.2012) enne talinisu külvi (1.10.2012) üle kogu põllu. Kevadel väetati väetistega AN 34,4 ASN 26 13S. Mineraalväetis külvati külvikuga Amazone ZG-B 8200. Kevadine lämmastikuga väetamine planeeriti kahes jaos: esimene väetamine (toimus 29. aprillil) pealtväetisena 70% planeeritud kogusest ja teine 30% planeeritud kogusest (27. mail). Pärast väetamise lõppemist tehtud arvutused näitasid, et tegelik väetisekoguste jaotus tuli planeeritust veidi erinev - 66% ja 34%. Nii põllul kui katsevariantides, kus mullainfo alusel oli ette nähtud eri normidega väetise külv, reguleeriti täiendava väetise väljakülv kogu põllu ulatuses masina liikumisel GPS kohtmäärangu järgi automaatselt, lähtuvalt pardaarvutisse sisestatud digitaliseeritud väetamiskaardi andmestikust. Väetamise käik oli

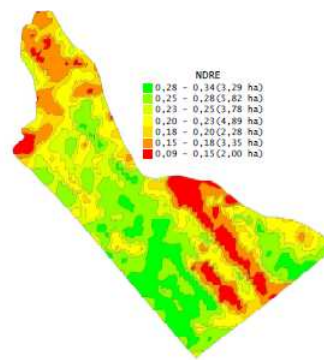
jälgitav töötamise käigus automaatse roolimissüsteemiga varustatud traktori kabiinis paiknevatelt juhtmonitorilt Ag Leader ja väetisekülviku Amatron töömonitorilt.



Mõõdetud 15. 05. 2013



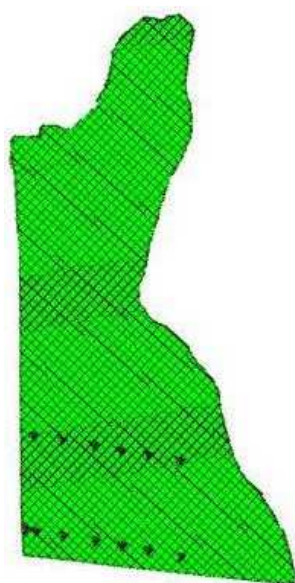
Mõõdetud 29. 05. 2013



Mõõdetud 13. 06. 2013

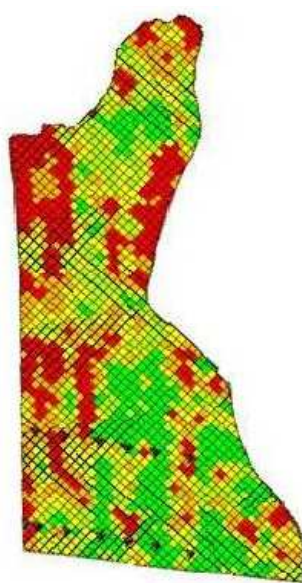
Joonis 2. N- sensori OptRx mõõtmistulemuste abil koostatud NDRE vegetatsiooniindeksite kaardid erinevatel mõõtmisaegadel.

Mõlemad väetamised tehti eelnevalt OptRx- ga tehtud väetamiskaartide järgi. Neist esimene vahetult enne esimest väetamist (joonis 3, teine kaart) ja teine 29. mail (joonis 2), mille järgi koostati väetamiskaart ASN väetise andmise tarbeks (joonis 3, kolmas kaart).



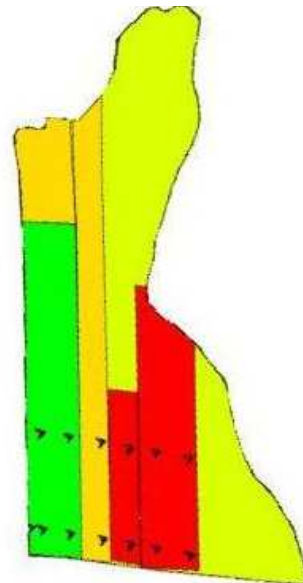
1

Planeeritud tavaväetamine ilma taimede NDRE mõõtmisteta, AN34,4 põllule 7620 kg



2

Enne I väetamist OptRx-ga mõõdetud väetisvajaduse kaart, AN-i külvati selle järgi 5612 kg põllule



3

N-sensoriga mõõtmise järgi tehtud ASN väetamiskaart. ASN26 külvati 3990 kg, varem planeeritud ilma mõõtmiseta tavaväetamine 5000 kg,

Joonis 3. Joonisel: 1 - Erumäe põllu tavaväetamise planeeritud kogus kogu põllu ühtlaseks I väetamiseks (nn tootjapoolne planeering); 2 - tegelik esimene väetamine, mis tehti ammoniumnitraadiga AN 34,4, kooskõlas kaardil 2 kujutatud NDRE kaardi andmetega; 3 - ASN 26 väetise väetamiskaart (OptRx määrangute alusel)

Katseala väetamine toimus ühekoos kogu tootmispõllu väetamisega. Erumäe tootmiskatses anti 2012.a sügise. Variantides, kus mullainfo alusel koostatud väetamiskaardi järgi oli ette nähtud eri normidega väetise külv, reguleeriti täiendava väetise laetusnorm kogu põllu ulatuses masina liikumisel GPS kohtmäärangu järgi automaatselt, lähtuvalt pardaarvutisse sisestatud digitaliseeritud väetamiskaardi andmestikust.

Väljakülvatud väetiste toitainetkogused on esitatud tabelis 11.

Tabel 11. Suvinisu „Specifik” põldkatseala ja talinisu „Ramiro” kasvualade väetamine Erumäe tootmiskatses 2012. a.

Toiteelemendid, kg ha ⁻¹	Katsevariandid						
	K	KLv	T	MI	MIMN	MILv	LLv
Eerika põldkatse							
N	0	0,9	90	168	173	160,7	100,9
P	0	0,4	40	48	48	48,4	11,5
K	0	0,8	80	122	122	96,6	79,8
Erumäe tootmiskatse							
N	0	-	165	198	165	96,9	18,9
P	0	-	34	34	34	34,4	34,4
K	0	-	103	103	103	103	103

Külvati 2013 aasta kevadel Eerika katsepõllule suvinisu (sort „Specifik“, planeeritud saak 5 t ha⁻¹) ja Pilsu talu Erumäe tootmiskatses 2012 sügisel talinisu „Ramiro“ 200 kg ha⁻¹, planeeritud saagiga 6 t ha⁻¹. Külvati külvikuga Väderstad Pneumo, mille töölaius on 8 m. Külvitööd Erumäel toimusid samuti GNSS kohtmäärangu ja traktori automaatroolimise süsteemi abil.

Nii tali kui suvinisu katsevariante väetati lehevätisega Nutricomplex 14-11-25, 4 kg ha⁻¹, milleks kasutati taimekaitsepritsse Kasvuagne väetamine lehevätisega tehti kõrsumisfaasis (BBCH 47) taimekaitse pritsiga. Eerika põldkatses tehti väetisevajadus kindlaks Minolta SPAD klorofüllimõõtjaga (kõikides määramistes oli N-testri näit 50 lähedal ja lehevätise diferentseeritud andmist ei toimunud) ja Erumäe põllu tootmiskatses toimus määramine AgLeader N sensoriga OptRx. Erumäe tootmiskatse põllu väetamiseks valmistati programmi AgLeader SMS Advanced abil vastavad kaardid (joonis 3).

Odra väetamine 2014. a.

2014. a. ei olnud võimalik rajada tootmiskatse variante Erumäe põllule. Sinna planeeriti hernekasvatus, mis aga ei haakunud käesoleva uurimisteedega. Seetõttu otsustasime Erumäe tootmispõldu käsitleda kui eelmiste aastate täppisväetamise järelmõju, võrdlemaks herne saagikaarti eelmiste aastate talinisu ja suvirapsi saagikaartidega (joonis 11).

Ka Eerika põldkatsesse viisime sisse muudatuse. Arvestades seda et, Mulla üldlämmastikust omastavad teraviljad 0,5-1,5%, ehk 25-45 kg ha, P 1-6% ja K4-8%. Arvutuslik võimalus odrataimede P ja K omastamisel mullast on esitatud tabelis 12.

Mullainfo alusel järgnes 2013.a. kevadel väetamine mineraalväetisega vastavalt katseplaanile ja variantides kus see oli ette nähtud,. Mullainfo alusel väetistega antava lisatoitainetevajaduse kindlaksmääramisel arutati kõigepealt mulla toitainete N_{üld}, P ja K varud 1 ha künnikihi (20 cm kihis, mulla keskmise lasuvustihedusega 1,5 Mg m³) kohta kg ha⁻¹. Eerika katsealal oli valdavalt kaaliumi vähesus. P ja K kasutuse koefitsiendid mulla varudest leidsime Kevvai ja Kärblase (1996) poolt koostatud tabelite kaudu ja arvutasime need umber

(kas P või K) kilogrammidesse ühe hektari kohta. Kus oli mullas vähem toitaineid, seal vähendasime mulla arvelt võetava toitainete kogused ja suurendasime väetusnormi ja kus oli rohkem seal vastupidi, vähendasime väetusnormi. Lämmastikväetiste vajaduse kindlakstegemisel lähtusime kriteeriumist, et mulla üldlämmastikust omastavad teraviljad 0,5-1,5%, ehk 25-45 kg ha⁻¹. Eerika põldkatses kasutati suvinisu väetamiseks väetist Yara Mila 18-8-16, olenevalt variandist 300 kuni 370 kg ha⁻¹. 25. aprillil külvati oder (sort „Conchita,“) normiga 180 kg ha⁻¹ (450 idanevat seemet m²). Kasvuajal anti variandile MIMN täiendavalt pealtväetamiseks ASN 26-13, mida külvati katselappidele katsekülvikuga „Fiona“, arvatult N testri näitude järgi 100 kuni 250 kg ha⁻¹. Odrataimi väetati leheväetisega Nutricomplex 18-18-18, milleks kasutati taimekaitsepritsi (variandid KLV ja MILV)

Katse koristati katsekombainiga „Sampo“ (heedri laius 2m), iga lapi saak määrati kaalumise teel. Koristusjärgselt võeti uuesti igalt lapilt proovid mulla viljakusnäitajate määramiseks, mille alusel toimub mulla toitainetebilansi lõplik arvestamine ja toitainete leostumise hindamine.

Tabel 12. Odra „Conchita” Eerika põldkatseala väetamine 2014. a.

Toiteelemendid, kg ha ⁻¹	Katsevariandid						
	K	KLV	T	MI	MIMN	MILV	LLV
Kokku väetistest:							
N	0	0,72	100	81	109	81,8	100
P	0	0,32	21	8	8	8	12,2
K	0	0,6	21	15	15	15,6	73,6
Võimalus omastada mulla varude arvelt:							
N	-	-	-	24	24	24	-
P	-	-	-	14	17	17	-
K	-	-	-	29	26	24	-

Suvinisu põld- ja tootmiskatse saagid 2011. a.

Eerika põldkatse koristati katsekombainiga Sampo, heedri laiusega 2 m, mis võimaldas Eerika katses määrata iga lapi saaki ka kaalumise teel. Erumäe tootmiskatse koristati koos üldpõlluga kombaini New Holland CX860 ja tulemuseks oli põllu saagikaart. Erumäe tootmiskatse saagitulemused arvatati saagikaardilt.

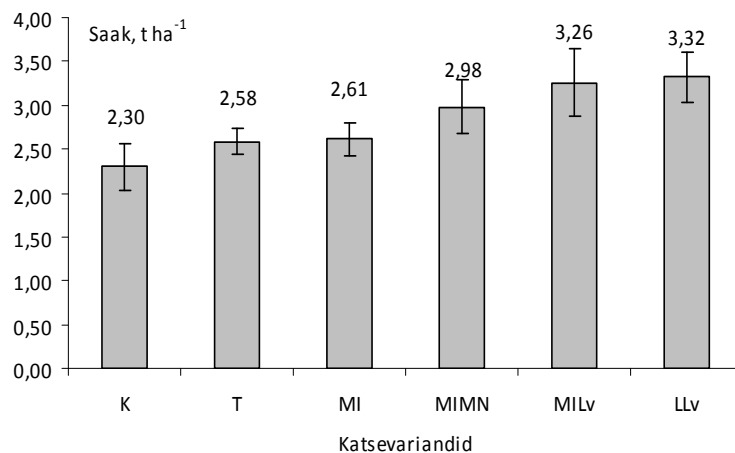
Vegetatsiooniperiood 2011. aastal oli suhteliselt põuane (tabel 1), eriti juuni ja juuli.

Taimede veevajadus sai täiendust sademete näol vaid juuni ja juuli teises dekaadis, muul ajal oli sademeid tunduvalt vähem. Kõige põuasem oli juuni esimene kolmandik, mil sademeid ei olnudki. See on loomiseelne periood (võrsumine-kõrsumine), mil taimedel on kõige suurem veevajadus. Põuane ja kuum ilm sellel perioodil võis põhjustada suure saagilanguse.. Põuatingimustes võib mullas olla küll optimaalses koguses toitaineid, kuid taimed neid ei omasta.

Et väetised täiel määral mõjule ei pääsenud, siis osutus mulla huumusesisund põldkatses suurimaks suvinisu terasaaki limiteerivaks teguriks, ilmnes tugev seos Corg ja saagi vahel, korrelatsiooni koefitsient $r = 0,78$, $P \leq 0,01$, $n = 12$. Tootmiskatses seos suvinisu terasaagi ja mulla orgaanilise süsiniku sisalduse vahel puudusid Üldlämmastikku (Nüld) oli mullas vahemikus 0.09 –0.17%. Et mulla üldlämmastiksisaldus oleneb mulla huumusesisaldusest, siis oli ka suvinisu kasvuala Corg ja Nüld vaheline korrelatiivne seos väga tugev, $r = 0,85$ $P \leq 0,05$. Tugevalt oleneb suvinisu terasaak ka kasvukoha mulla üldlämmastiksisaldusest $r =$

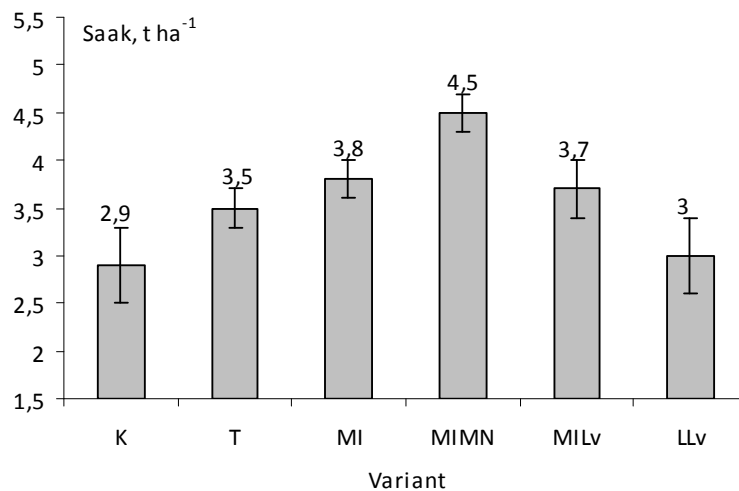
0,68, $P \leq 0,05$. Ka suvinisu kasvuala Corg ja fosforisisalduse vahel avaldus tugev seos, $r = 0,73$, $P \leq 0,05$. Kasvuala mulla fosforisisaldusest olenes märgatavalt suvinisu saak Nende näitajate vaheline korrelatsioon $r = 0,69$, $P \leq 0,05$.

Katse



Joonis 4. Suvinisu 'Manu' seemnesaak Eerika põldkatses

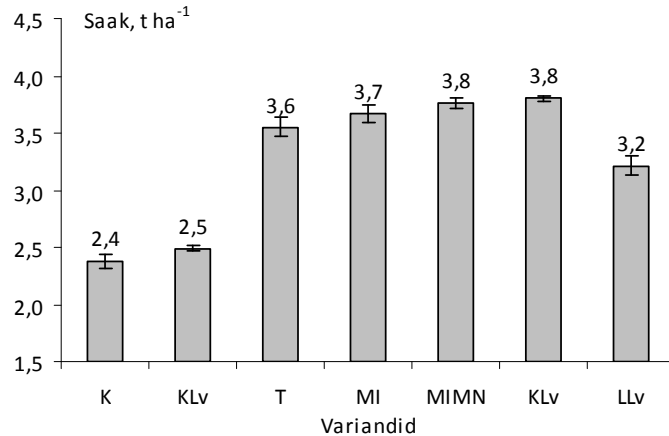
:



Joonis 5. Suvinisu 'Specific' seemnesaak Erumäe tootmiskatses 2011. aastal

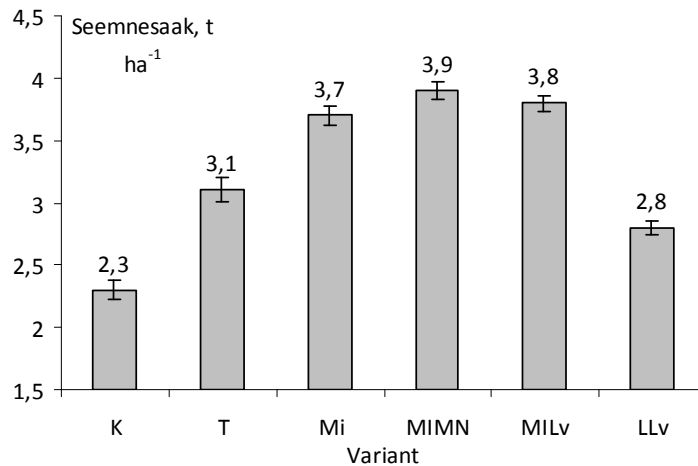
Suvirapsi seemnesaagid 2012. a.

Eerika katse raps koristati 27.sptembril 2012. Kombainiga Sampo, heedri laiusega 2 m. Erumäe raps koristati kogu põllult 25.septembril 2012 .



Joonis 6. Suvirapsi 'Fenja' seemnesaak Eerika põldkatses

Eerika põldkatses andis mineraalväetistega väetatud variantidest madalaima rapsi seemnesaagi tavaväetamine (joonis 6). Parimad suvirapsi seemnesaagid saadi põldkatses kohtpõhise väetatud alalt, kus hiljem väetati rapsitaimi veel leheväetisega juureväliselt (var. MILv) ja võrreldes tavaväetamisega oli seal 6,6% võrra suurem saak. Võrreldes teraviljadega nõuab raps rohkem toitaineid ning hilisem kasvuaegne lämmastiku puudus on üheks rapsi seemnesaagi piirajaks.



Joonis 7. Suvirapsi 'Campino' seemnesaak Erumäe tootmiskatses

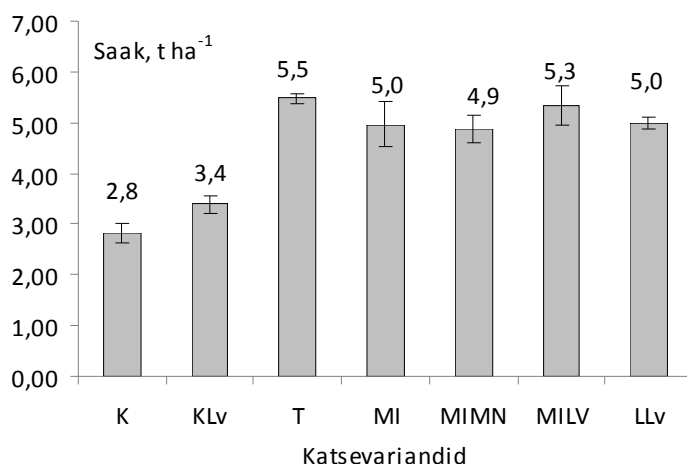
Erumäe tootmiskatses (joonis7) andis MILv variandi lappidelt koristatud raps võrreldes tavaväetamisega 21,6% võrra suurem seemnesaagi. Samuti andis tootmiskatses võrreldes tavaharimisega ka usutava rapsi seemnesaagi 9,4% tõusu mullainfo põhine väetamine ühes hilisema kasvuaegse ammooniumsalpeetril lisamisega (var. MIMN).

Suvi ja talinisu saagid 2013. a.

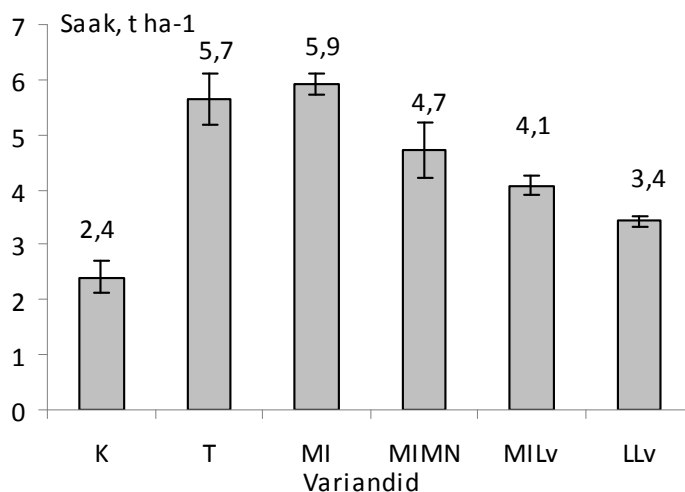
Erumäe tootmiskatse koristati 11.augustil koos ümbritseva tootmispõlluga.. Saagikaardi saamiseks koristati suvinisu katseala kombainiga New Holland CX860, mis oli varustatud saagimõõtmise ja kohamäärangu seadmetega. Tootmiskatses esines katseala otstes terasaagi vähenemine, eeldatavasti masinate pöördriba kohtades tallasid põllutöömasinad

ülemäära mulda. Ka mõjus kogutud saaki vähendavalt tootja poolt katseliselt kasutuselevõetud kombaini raatsheedriga koristamine. Heeder ei suutnud kõiki nisupäid kõrre otsast ära rebida ja ka mullapinnale puistatud nisuterade hulk oli märkimisväärne. Koristuskadu võis ulatuda visuaalse hindamise järgi kuni 20%-ni kogu saamata jäänud saagist.

Tootmiskatse talinisu koristati üheaegselt kogu põlluga saagimõõtmise ja kohtmäärangu seadmetega varustatud kombainiga NewHolland CX860, mille tulemuseks olid saagikaart. Programm Eerika katse koristati katsekombainiga „Sampo“, kus oli võimalik määrata iga lapi saak ka kaalumise teel.



Joonis 8. Suvinisu „Specifik” saak Eerika tootmiskatses, 2013. a.



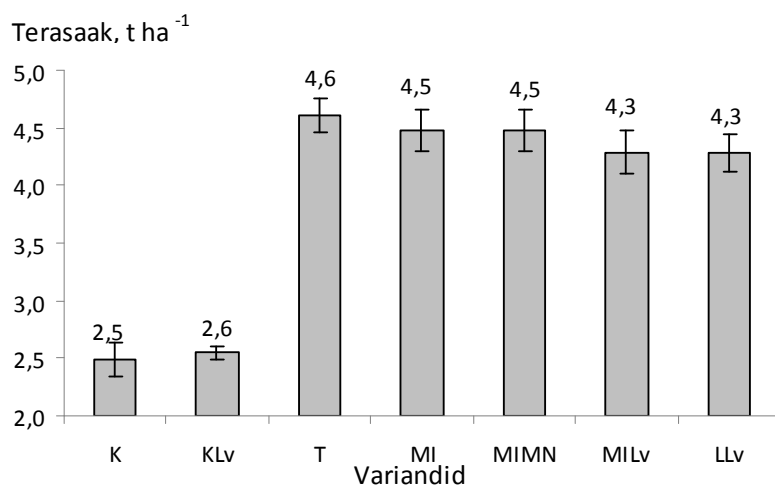
Joonis 9. Talinisu „Ramiro” saak Erumäe tootmiskatses, 2013. a.

Odra saak 2014. a.

Katse koristati katsekombainiga „Sampo“ (heedri laius 2m), iga lapi saak määrati kaalumise teel. Koristusjärgselt võeti uuesti igalt lapilt proovid mulla viljakusnäitajate määramiseks, mille alusel toimus mulla toitainetebilansi lõplik arvestamine ja toitainetesisalduse muutumise hindamine.

Odra saagiandmed on esitatud joonisel 10. Ilmastik oli 2014. odrakasvuks soodne. Saadi väetatud variantides hea saagiühtlikkusega kõrge saagitase, piirides 3,3-4,6 t ha⁻¹, kus saagid kuivaines erinesid üksteisest vaid 0,3 t ha⁻¹ võrra. Kuivõrd selle aasta katse oli planeeritud arvestusega, et mullainfo põhise väetamise variantides vähem väetatud mullast omastaksid odrataimed toiteelemente vahepealsete aastatega täienenud mulla toitainetevarudest (tabel 12)

Otsustades joonistel 13 ja 25 toodud mulla P ja K sisalduse vähenemise hulga järgi 2014. aastal, õnnestus katse hästi. Ei toimunud mulla toitainetesisalduse olulist vähenemist ja ei vähendatud ka katsete alguses, 2011. a. toitainetesisalduse piirväärtusi.



Joonis 10. Odra „Conchita” terasaak 2014. a. põldkatses

Saagi ühtlikkus

Saagikaart sisaldab mitmevärvilisi põllu erineva saagikusega piirkondi mis iseloomustavad saagi suurust konkreetsel põllu osal. Kaardid on varustatud ka värvilegendidega, kus igale värvile vastab saagi suuruse varieeruvus selle värvi piires (joonis 11). Reeglina tähistavad pruunid ja punased värvid madalaid, kollase mitmesugused intensiivsused keskmisi ja helerohelised kuni rohelisteni kõrgeid saake, millele on lisatud ka vastavad pinnad. Nende pindade ja nendelt saadud saakide võrdlemisel on võimalik kindlaks teha saagi ühtlikkus kogu põllu ulatuses ja väljendada seda kas suhtarvuna või protsentides.

Mida suurem on kõrgemate saakide osatähtsus seda suurem on ka kogu põllu saak ja ka saagiühtlikkus. Kuigi on ka erinevusi, on madalad saakide piirkonnad kaartidel enamasti kuni kahe tonnini hektari kohta.

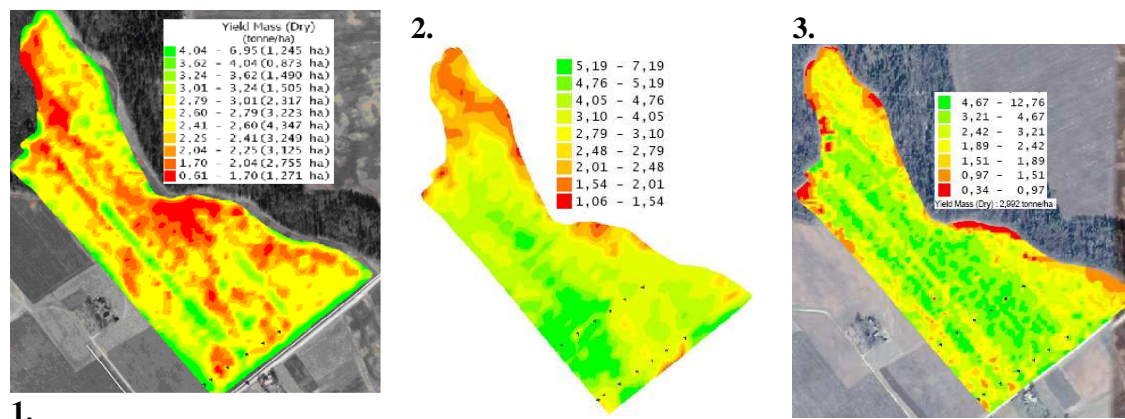
Tabel 13. Erumäe tootmispõllu saagiühtlikkus perioodil 2011 -2014 a.

Aasta	Kultuur	Põllu keskmine saak, t ha ⁻¹	Keskliste ja kõrgete saakidega pinnad, % kogupinnast	Kõrgematel saakidel %	
				Pind ha	kogupinnast
2011	Suvinisu	3,1	66	4,7	19,6
2012	Suviraps	2,8	78	3,7	15,4
2013	Talinisu	4,3	85	11	45,8
2014	Hernes	3	85	10,4	43,3

Keskliste ja kõrgete saakide osatähtsus on alates 2011. a. 66 % pealt tõusnud 2014. a. 85 %-ni, mis näitab saagiühtlikkuse tõusu 19% ulatuses selle perioodi kestel (tabel 13). Perioodi

lõpuaastatel on näidanud suurt, 23,7– 26,2 protsendilist osatähtsuse tõusu ka põllu suurte saakidega piirkonnad..

Toodud andmetest järeldub, et täppisväetamise meetodite kasutuselevõtt tõstab põldudelt saadava saagi ühtlikkust kogu põllu erinevates osade lõikes.



Joonis 11. 2012. a. Erumäe põllu suvirapsi (1), 2013 a. suvinisu (2) ja 2014. a. herne kasvuvalade saagikaardid

Väetamisviiside majanduslik arvestus

Tavaväetamise ja täppisväetamise majanduslikkuse arvutamiseks võtsime aluseks firmade poolt pakutavad väetiste hinnad ilma käibemaksuta. Kuivõrd hinnad olid eurodes kas ühe tonni (leheväetisel ka pakendatud koguse hind) siis tegime ümberarvutused kilogrammi hinna peale.

Tabel 14. Katsetes kasutatud mineraalväetiste hinnad, €

Väetis	Hind	
	€ t ¹	€ Kg ⁻¹
MAP 12-52	385	0,385
Yara PK, 3-12-24+13S+mikr	825	0,825
AN 34,4	288	0,288
KCl 51,5	340	0,34
Azophoska, 16-16-16	340	0,34
ASN, 26 N	310	0,31
Leheväetis	2500	2,5
Yara Mila 18-8-16	410	0,41

Tabeli 15 andmetest selgub, et 2011 a tootmiskatses rahalised kulutused suvinisu mullainfo alusel väetatud aladel (va leheväetisega väetatud ala) olid € 8- 11 võrreldes tavaväetamisega võrra väiksemad. 2012 suvirapsi kasvatamine tuli variantides MI ja MILv vastavalt 7 ja 1 eurot tavavariandist ühe tonni saagi tootmisel odavam.

Vedelväetisega väetatud aladel kus ostetud mineraalväetisi enamikel aastatel ei kasutatud oli igaaastane sääst võrreldes tavaväetamisega suur, olenevalt väetamisest ja aastast 29 - 60 eurot.

Tabel 15. Kulutused väetistele ühe tonni saagi kohta Erumäe tootmiskatsetes 2011 -2013 ja 2014 .a. Eerika põldkatse odral, € t¹

Aasta	Kultuur	K	T	Katsevariandid			
				MI	MIMN	MIL _v	LL _v
2011	Suvinisu	0	35	27	24	37	3
2012	Suviraps	0	64	57	68	63	4
2013	Talinisu	0	49	52	59	57	20
2014	Oder	0	33	27	34	31	3

Tabeli 16 andmetest selgub, et asukohapõhine (joonis 3 järgi) täppisväetamine andis kogu 24 ha Erumäe tootmispõllult lämmastikväetise kokkuhoidu 3 tonni (126 kg ha⁻¹) võrra võrreldes tavaväetamisega ja säästetakse sealjuures 893 (€ 35ha⁻¹) eurot.

Tabel 16. Lämmastikväetiste AN ja ASN võrdlevad kulutused (kg ja €) tavaväetamise ja täppisväetamise korral Erumäe talinisu põllul 2013.a.

Nimetus	AN 34,4		ANS 26		Väetised kokku	
	kg	€	kg	€	kg	€
Tavaväetamisel	7620	2195	5000	1550	12620	3745
väetist kg ha ⁻¹	318	91	208	64	526	125
Täppisväetamisel	5612	1615	3990	1237	9602	2852
väetist kg ha ⁻¹	234	69	166	51	400	120
Sääst, kg	2008	580	1010	313	3018	893
Sääst, kg ha ⁻¹	84	22	42	13	126	35

Järeldub, et asukohapõhine väetamine annab tavalise kultuuripõhise väetamise võrdluses arvestatava materjali ja rahalise kokkuhoiu.

Mulla toitainetesisalduse muutused perioodil 2011-2014

Määrati taimejäänuste poolt mulda seotud toiteelementide kogus ja taimse materjaliga põllult eemaldatav toiteelementide hulk. Samas oli ka teada igal katsevariandil mineraalväetistega katselapile antud toiteelementide hulk. Bilansi arvestamisel määrati sisendid ja väljundid ja nende vahe kas siis taimetoitainete hulga suurenemise või vähenemise näol. Sisendi moodustasid väetiste- ja külvatud seemnetes sisalduvad toitainekogused, lämmastiku bilansi juures arvestati ka sademetega mulda toodud lämmastikku. Väljundi moodustasid tera või seemnesaagiga eemaldatud toitainete kogused.

Kõikides katses perioodi 2011-2014 toimusid toitainetebilansis negatiivsed muutused kõikide toitainete vähenemise väetamata kontrollvariandis K (tabelid 17 – 22). Ka leheväetiste kontrollvariandi KL_v bilanss oli negatiivne, välja arvatud madala saagitasemega 2011. a. Kuid mineraalväetistega väetatud katsevariantides oli põldkatse 2014. a. odral, mille kasvatamisel oli mullainfo järgi diferentseeritud väetamise sisse arvestatud ka mullas sisalduvad toitained, oli N bilanss positiivne, P ja K valdavalt negatiivne.

Põldkatsetes

Tabel 17. Põldkatsete lämmastiku (N) bilanss aastatel 2011 - 2014

Aasta	Kultuur	Näitaja	Variandid						
			K	KL _v	T	MI	MIMN	MIL _v	LL _v
2011	Suvinisu	+ või -	-40,0	7,1	68,9	95,7	114,1	74,5	39,5
2012	Suviraps	+ või -	-85	-88	22	33	139	2	-15
2013	Suvinisu	+ või -	-40,1	-62,6	-15,7	72,6	66,7	71,6	2,8
2014	Oder	+ või -	-31,5	-32,7	34,6	17,7	46,7	21,4	39,8

Tabel 18. Põldkatsete fosfori (P) bilanss aastatel 2011 - 2014

Aasta	Kultuur	Näitaja	Variandid						
			K	KL _v	T	MI	MIMN	MIL _v	LL _v
2011	Suvinisu	+ või -	-7,8	0,7	16,2	31,1	43,7	29,4	1,8
2012	Suviraps	+ või -	-13,8	-14,3	13,5	30,6	19,9	20,3	-12,3
2013	Suvinisu	+ või -	-7,8	-11,8	20,4	30,2	30,6	29,1	-6,3
2014	Oder	+ või -	-8,2	-8,1	5,1	-7,4	-7,4	-6,7	-2,7

Tabel 19. Põldkatsete kaaliumi (K) bilanss aastatel 2011 - 2014

Aasta	Kultuur	Näitaja	Variandid						
			K	KL _v	T	MI	MIMN	MIL _v	LL _v
2011	Suvinisu	+ või -	-10,5	1,0	36,1	63,9	88,1	61,4	69,8
2012	Suviraps	+ või -	-17,8	-18,0	53,4	118,6	67,9	68,2	55,6
2013	Suvinisu	+ või -	-10,5	-15,2	53,5	98,0	98,5	70,5	55,8
2014	Oder	+ või -	-12	-11	-1	-7	-8	-7	53

Tootmiskatsetes

Tabel 20. Tootmiskatsete lämmastiku (N) bilanss aastatel 2011 - 2013

Aasta	Kultuur	Näitaja	Katsevariandid					
			K	T	MI	MIMN	MIL _v	LL _v
2011	Suvinisu	+ või -	-52,4	50,6	17,8	-5,6	0,5	48,1
2012	Suviraps	+ või -	-81,7	10,7	-3,5	9,1	43,4	53,4
2013	Talinisu	+ või -	-52,4	95,6	115,8	59,4	-3,1	46,5

Tabel 21. Tootmiskatsete fosfori (P) bilanss aastatel 2011 - 2013

Aasta	Kultuur	Näitaja	Katsevariandid					
			K	T	MI	MIMN	MIL _v	LL _v
2011	Suvinisu	+ või -	-10,0	13,2	4,7	1,7	3,9	4,0
2012	Suviraps	+ või -	-17,2	-0,2	-1,7	0,8	2,2	-8,2
2013	Talinisu	+ või -	-10,0	22,2	20,7	17,7	19,6	24,4

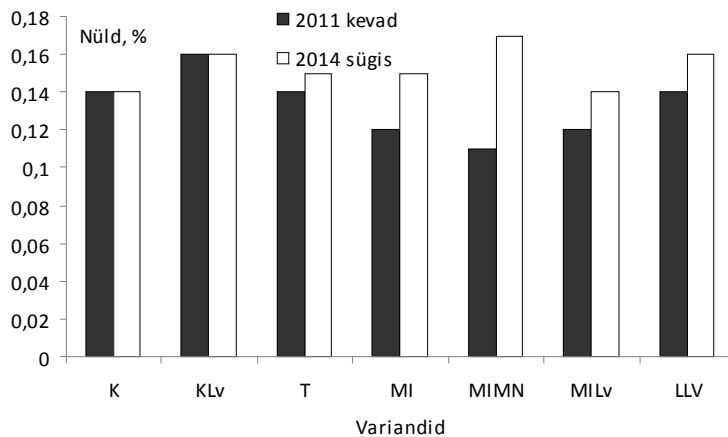
Tabel 22. Tootmiskatsete kaaliumi (K) bilanss aastatel 2011 - 2013

Aasta	Kultuur	Näitaja	Katsevariandid					
			K	T	MI	MIMN	MIL _v	LL _v

2011	Suvinisu	+ või -	-13,5	32,0	16,0	12,0	14,7	72,4
2012	Suviraps	+ või -	-17,2	79,8	75,3	73,8	75,0	56,5
2013	Talinisu	+ või -	-13,5	87,0	85,0	81,0	83,0	89,8

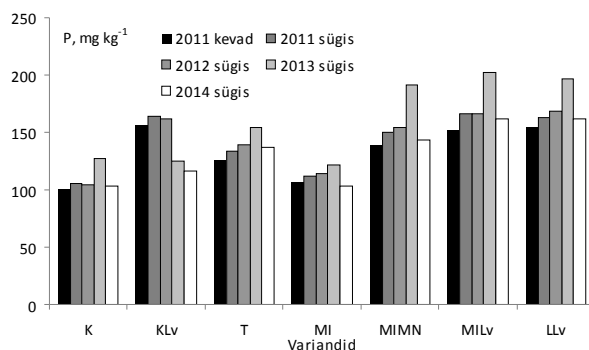
Joonisel 12 on esitatud Eerika põldkatseala mulla üldlämmastiku sisalduse muutus perioodil 2011- 2014. a. Mõlemal kontrollvariandil (K ja KLV) Nüld muutusi ei esinenud. Ülejäänud väetusvariantides oli märgata mulla Nüld sisalduse suurenemist perioodi lõpuks. Joonisel 16 toodud andmetest selgub, et Erumäe tootmiskatses esines mulla K sisalduse suurenemise tendents mullainfo põhisel väetamisel igal projekti aastal. Nende variantide igaaastane pidev P sisalduse suurenemine oli täheldatav MIMN ja MILv variantides, mis sisaldasid endas kasvuaegset täiendavat väetamist (joonis 14). Eerika põldkatsealal (joonis 13) tõusis väetatud variantide mulla fosforisisaldus igal aastal kuni 2014 aastani, mil kasvatati otra ja mille osaline toitumine nähti ette mulla toitainevaru arvelt. Seal oli märgata mulla fosfori ja kaaliumisisalduse (joonised 13 ja 15) vähenemine, mis aga variantides MIMN ja MILv ei vähenenud katsete alguse, so 2011. a. tasemeni, MI variandis aga ilmses väike (P-1 mg kg⁻¹ ja K 6 mg kg⁻¹) vähenemine.

Muutused Eerika katseala üldlämmastiku sisalduses

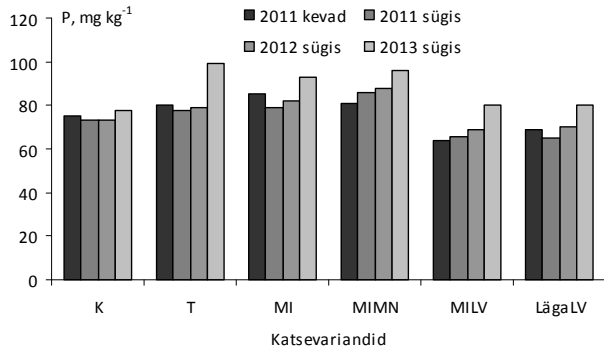


Joonis 12. Muutused Eerika põldkatseala mulla üldlämmastikuisalduses erinevates väetusviiside variantides perioodil 2011. a. kevad kuni 2014. a. sügis

Muutused katsealade mulla fosforisisalduses

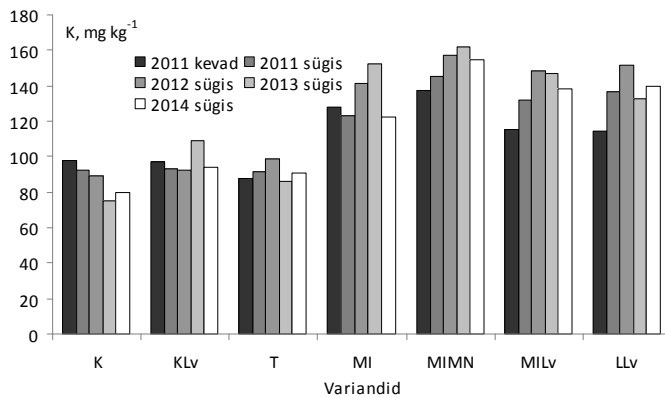


Joonis 13. Muutused mulla Eerika põldkatseala mulla fosforisisalduses erinevates väetusviiside variantides perioodil 2011. a. kevad kuni 2014. a. sügis

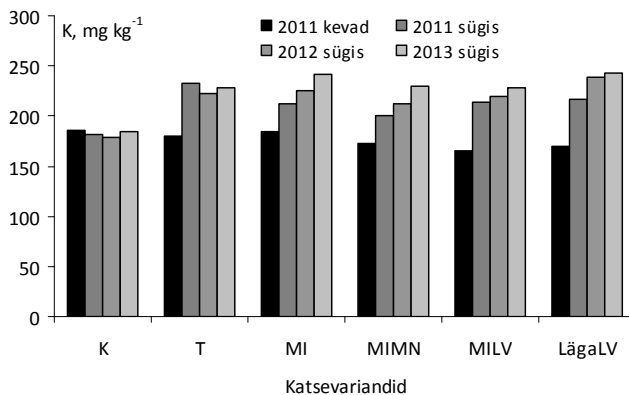


Joonis 14. Muutused mulla fosforisisalduses Erumäe tootmiskatse erinevate väetusviiside variantides perioodil 2011. a. kevad kuni 2013. a. sügis

Muutused katsealade mulla kaaliumisisalduses sisalduses



Joonis 15. Muutused mulla kaaliumisisalduses Eerika põldkatse erinevate väetusviiside variantides perioodil 2011. a. kevad kuni 2014. a. sügis



Joonis 16. Muutused mulla kaaliumisisalduses Erumäe tootmiskatse erinevates väetusviiside variantides perioodil 2011. a. kevad kuni 2013. a. sügis

Otsustades toitainebilansside ja mulla toitainetesisalduse muutuste järgi toimus uurimisperioodi 2011-2013 vältel keskmiste mulla Nüld, P ja K sisalduste tõus. Et katse aastate ilmastik ei ületanud sademete poolest paljude aastate keskmist, vaid kahel aastal

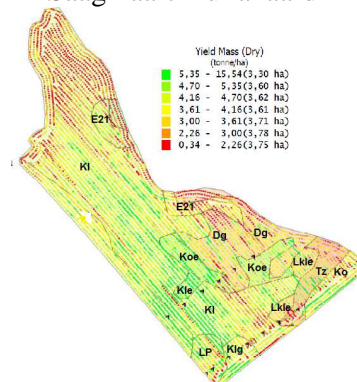
(2011 ja 2013) tuli sademeid oluliselt vähem (tabel 2), siis toitainete sattumist keskkonda leostumise näol ei ilmnenu.

Saagid Erumäe põllu erinevatel muldadel

Arvutiprogrammiga Ag Leader SMS oli võimalik saagikaardil välja võtta ka Erumäe põllu mullad liikide kaupa, paigutades erinevate muldadega alade piirjooned saagikaardile (joonis 17). Kirju mullastikuga alad paiknevad peamiselt Erumäe põllu alumises pooles.

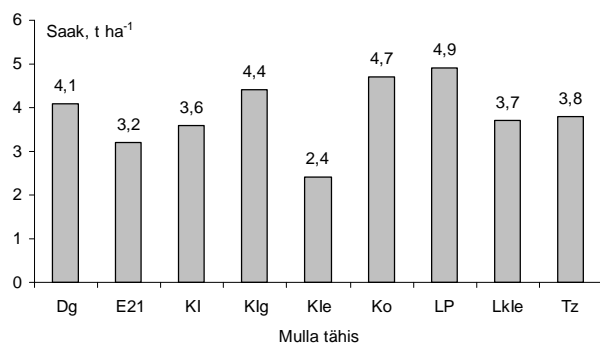
Mullatüüp	%	Tähis
Gleistunud deluviaalmuld	1,8	Dg
Erodeeritud muld	0,5	E21
Leetjas muld	13,9	KI
Gleistunud leetjas muld	2,44	KI _g
Nõrgalt erodeeritud leetjas muld	0,63	KI _e
Leostunud muld	0,84	Ko
Pruun näivleetunud muld	0,67	LP
Nõrgalt erodeeritud leetunud muld	3,79	LKI _e
Tehisjas maetud muld	0,85	Tz

Saagikaart mullakaardil



Joonis 17. Erumäe põllu 2013.a. suvinisu saagikaart paigutatuna mullakaardile ja kaardil paiknevad mullatüübid.

Parimad, üle 4 t ha⁻¹ talinisu „Ramiro” saagid saadi neljal mullal – vahelduvate mullaomadustega gleistunud deluviaalmullal (Dg), gleistunud leetjal mullal (KI_g), stabiilse veerežiimiga leostunud mullal (Ko) ja üle keskmise viljakusega pruunil näivleetunud mullal (LP) (joonis 18). Keskmised, üle 3 t ha⁻¹ nisu saagi andsid pidevat taimkatet vajaval erodeeritud mullal (E21), parasniiskel viljakal leetjal mullal (KI), nõrgalt erodeeritud leetunud mullal ja tehisjal (Tz) mullal kasvanud talinisu taimed. Kõikidel eespooltoodud muldadel kasvanud nisutaimede talvekahjustused olid väikesed, paiguti esines väikestel pindadel tugevaid taimede hõrenemisi metsaga piirnevate osade servades ja ka tootmiskatse ala mitmetel lappidel. Madalaim saak, alla 3 t ha⁻¹ saadi väikse pinnaga (0,5 ha) nõrgalt erodeeritud leetjalt mullalt, kus esines samuti talinisu taimkatte hõrenemist talvekahjustuste tulemusena.



Joonis 18. Talinisu „Ramiro” terasaagid tootmiskatse põllu erinevatel muldadel 2013. aastal

Andmebaasid ja nende kasutamine täppisväetamisel 2011-2014.a.

Katsete läbiviimisel kasutasime elektroonilist andmebaasi, peamiselt katsete käigus kogutud kaardimaterjali (saagikaardid, mullakaardid jm) süstematiseerimiseks, säilitamiseks ja nende edasiseks töötlemiseks ning nende kasutussobivuse hindamiseks täppisviljeluses vajaminevate otsustuste tegemisel. Võrreldi omavahel mullakaarti, saagikuskaari ja mullaanalüüside alusel koostatud kaarte. Võrreldi ka teisi kaardimaterjale ja arvandmeid ning tehti nende alusel otsuseid.

Katsete esimesel 2011. aastal oli meil võimalik kasutada AS Tatoli New Holland täppisviljelustarkvara. 2012 aastal soetati käesoleva projekti summadest programm kogutud põlluandmete digitaalseks töötlemiseks ja kohtpõhiseks kasutamiseks põllutöödel (tarkvara Ag Leader SMS Advanced) mille kasutuslitsentsi pikendasime 2014. a. Kogutud ja töödeldud andmete alusel täienes andmebaas pidevalt.

Andmebaasid koostasime pakettide kaupa:

- püsiandmed (need, mis ajas ei muutu)

Sisaldavad põllu nimetuste (mullastiku andmeid, põllu nime, jm) ja arvandmete (pinnad, jm) kõrval ka kaardimaterjali – asukohakaart, mullakaart, reljeefikaart ja valmistatud tehnoradade kaart. Kõike seda materjali läks edaspidises tegevuses vaja. Asukohakaart oli aluseks katsete ja põllutegevuste (mulla proovivõtu skeem ja nende piiritletud asukohad ning pinnad, väetustarbekaartide ja väetamiskaartide alusmaterjal) planeerimisel. Samakõrgusjoontega reljeefikaarti vajadus oli katseperioodi alguses, peamiselt mulla proovivõtukohtade täpsustamisel. Edaspidi moodustus Erumäe põllu reljeefikaart GPS kolmemõõtmelise punkti asukohamäärangu kaudu ruumis, kus kõrguspunktide kogumi abil moodustus põllu reljeefikaart. See asjaolu võimaldas nt saagikaarti või NDRE kaarti väljendada programmi Ag Leader SMS Advanced abil kolmemõõtmelisena, põllu reljeefile paigutatud versioonis. Sellega suurenes otsustusteks vajalik visuaalne ja elektrooniline teave. Mullakaart oli vajalik aluskaardina saagikaardil jt kaartidel oleva info väljendamiseks põllul leiduvate muldade kaupa (saagi suurused mullatüüpidel, nende pinnad ja osatähtsus kogu Erumäe põllust).

- muutuvad andmed

a) arvandmestik - sisaldab arvandmeid Erumäe põllu mullaproovide, saagi, väetamise jm tulemuste kohta süstematiseeritud arvulises väljenduses. .

b) visuaalsete värvikaartidena ja elektrooniliste kaartidena:

seiretulemuste kaardid:

väetistarbe kaardid

NDRE vegetatsiooniindeksite kaardid taimede N vajaduse hindamiseks

masinate elektroonilised töökaardid (ka visuaalsete värvikaartidena):

põhiväetiste varieeruvate laetusnormidega väetusmasina töökaardid

pealtväetamise varieeruvate laetusnormidega elektroonilised töökaardid

saagikaardid

arvutitarkvaraga töödeldud kaardid:

NDRE vegetatsioonindeksite kaardid põllu eri muldadel ja põllu reljeefil (kolmemõõtmelisena)

saagikaardid põllu eri muldadel ja põllu reljeefil (kolmemõõtmelisena)

Erumäe põllu saagi suurused mullastikuerinevuste kaupa (9 mulda)

Eespooltoodud andmebaasid olid kasutatavad nii jooksva kui ka järgneva aasta täppisväetamise tööde planeerimisel.

Põhimõtteliselt on võimalik pikaajsete põldude andmebaaside olemasolul mitmeid neis sisalduvat infot kasutada erinevate aastate ilmastikutingimuste taustal, kus võrreldakse kogutud andmestikku, nt erinevate aastate sademete ja temperatuuridega

Soovitused tootjale

Täppisviljelusega saab hakata tegelema, siis kui on olemas vajalik tehniline varustus tegevuste asukohapõhiseks sooritamiseks. Kõigepealt tuleb teha kindlaks saagikuse varieeruvuse ulatus ettevõtte põldudel. Kõige lihtsamaks asukohapõhiseks saagikuse hindamise viisiks on koristusaegne kohtmäärangu põhine saagikuse kaardistamine vastavate mõõteseadmetega varustatud saagikoristuse masinaga. Kui põldudel ei esine suuri ja äärmuslikke saagikuse kõikumisi, võib jätkata senist mullaproovidel põhinevat kultuuri- ja põllupõhist majandamist. Kui aga saagikuse kaartidelt selgub, et põldudel on suured saagikuse varieeruvused ja madala saagikusega alad moodustavad arvestusväärse osa põllu pindalast, siis tasub mõelda juba järgmistele sammudele. Tuleb välja selgitada põhjused, miks on osadel aladel põllul saagikus madalam ja teistel osadel kõrgem. Siin on esimeseks võimaluseks mullaproovide võtmine erineva saagikusega aladelt ja agrokeemia laborist analüüside tellimine. Mulla analüüse tellides tasub tellida täisanalüüsi (pH, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, B, Corg), sest madal saagikus võib peituda paljudes põhjustes. Seetõttu on vajalik teada veel:

- mullaliiki ja lõimist
- mulla niiskusrežiimi
- valgusfooni
- külvi ja tärkamisvigu, samuti pealtväetamisel taliviljade talvekahjustuse ulatust
- umbrohtumust
- taimehaiguseid ja kahjureid

Mullaproovide tulemuste alusel on võimalik parandada taimede toitainetega varustatust ja toitainete tasakaalu mullas. Kui muldade pH on happeline tuleks enne väetama asumist tegeleda põldude lupjamisega. Enne väetamist tuleb osutada tähelepanu põllu mullakaardile, sest sealt saab täiendavat infot muldade kohta. Võib selguda, et teatud põlluosa ei sobi vajalike põllukultuuride kasvatamiseks. Selliste muldade korral tuleks muuta maakasutust kui see osa asub põllu servas. Tähelepanu tuleb pöörata ka põllu otste järjepidevale madalale saagikusele. Enamasti asuvad need põllumasinade pöördekohtadel, kus võivad esineda mulla liigtallamise jääknähud. Et nendele kohtadele ei tekiks väetiste raiskamist, rakendada meetmeid mullatihese kõrvaldamiseks. Vähetähtsaks ei saa pidada ka põllu niiskusrežiimi. Kui liigse vee äravool on takistatud, siis jäävad taimed sellisel kasvukohal hapnikuvaegusse, ei omasta toitaineid ja jäävad kiduraks või hävivad täielikult. Tuleb arvestada ka põllu asukohaga ning põllul ja põllu ümber asuvate metsaaladega, mis vähendavad taimedeni jõudvat päikesekiirgust, mis pärsib taimede fotosünteesi protsesse. Sellistel varjulistel aladel jääb taimede jaoks päev lühikeseks ja taimed suudavad moodustada vähem orgaanilist ainet kui avatud aladel ja saagikus langeb. Lisaks ei suuda taimed neil aladel kasutada võrdväärselt toitaineid avatud aladel kasvavate taimedega ja sama laotusnormiga väetamisel võib toimuda üleväetamine. Ka külvi-, tärkamis- ja haiguskahjustustega aladel kasvavad taimed võivad mitte reageerida korralikule väetamisele. Seega sama koguse toitainete korral on taimede hõredamal paiknemisel toitaineid ülearu, samas kui tihedama paiknemise korral jääb toitainetest puudu. Sel juhul tuleks neis põlluosades väetiste laotusnormi vähendada. Täppisviljelusele üleminekul võiks võtta üheks aluseks tabelis 23esitatud tegevuskava.

Tabel 23. Soovitatav tegevuskava tootjatele täppisväetamisel

Tegevus	Vajalik seadmestik, otsustuste alus ja selgitused
1. Hinnata vajadust ja võimalusi täppisväetamise rakendamiseks ettevõttes või selle konkreetsetel põldudel.	<p>1) põldude mulla toitainete määramise tulemused</p> <p>2) saagikaart</p> <p>3) mullakaart</p> <p>Kui on ühtlane mullastik, toitainete sisaldus ja väikesed saagierinevused siis võib jääda tavalise viljeluse juurde. Kui ei, siis rakendada täppisväetamist.</p>
2. Võtta mullaproovid vähese saagikusega piirkondadest ja hinnata tulemuste alusel neid väetistarbe seisukohast. Lähtudes mulla andmetest ja kultuuride vajadusest planeeritud saagi toitainetevajaduse järgi, valida sobivad väetised. Arvutada väetise laotusnormid.	<p>1) eelmise aasta põllu saagikaart</p> <p>2) väetistarbe kaart</p> <p>Pöörata tähelepanu mõne põlluosa saaglanguse teistele põhjustele (madal saak põllu otste tallatud alal, metsaste servadega põllusopid, jm), millega tuleks arvestada. Rohkema väetamisega neis kohtades ei ole üldjuhul saaki võimalik tõsta.</p>
3. Leida võimalused asukohapõhiseks väetamiseks ja võtta need kasutusele.	<p>1) sobiv masintehnika</p> <p>2) vastavad arvutitarkvarad</p> <p>3) vajalik seadmestik, kontrollerid koos tarkvaraga laoturi ja traktori masinagregaadi tööparameetrite reaajas muutmiseks.</p> <p>4) mobiilne GPS (GNSS) seadmestik töömasinate asukohapõhiseks muutuva laotusnormiga väetamiseks ja seda võimaldav väetisekülvik</p>
3. Ette valmistada digitaliseeritud väetiskaart	<p>1) teave väetiste toitainetesisalduse kohta</p> <p>2) konkreetse(te) väetis(te) kaupa välja arvutatud ja mulla väetistarbega haakuvad töömasinate laotusnormid</p> <p>3) arvutitarkvara masina pardaarvutisse sisestatava, põlluosade geograafilise asukohamäärangu tabel tugineva väetiskaardi valmistamiseks.</p>
4. Väetusmasinate laotusnormide vastavusse seadmine varem ettevalmistatud väetiskaardi andmetega, võttes arvesse väetatavate põlluosade väetistarbe näitajaid	<p>1) väetusmasina tootja juhendmaterjal või (firma) nõustaja abi</p> <p>2) väetiskaart</p>
5. Põllu väetamine	<p>1) satelliitnavigatsiooni tagav tehniline võimekus veomasinal</p> <p>2) masinate automaatroolimist ja täpset paralleelsõitu võimaldavate tehniliste seadmete ja tarkvara olemasolu</p>

6. Kasvavate taimede seisukorra seire täiendava pealväetamise vajaduse hindamiseks (vastavalt vajadusele võib seda jaotatud väetamisel korrata)

1) põllul liikuvale masinale paigutatud roheline taime vegetatsiooniindeksi (NDVI, NDRE) mõõtmist ja tulemuste registreerimist võimaldav optilise anduriga seade (N-sensor)
2) arvutitarkvara N-sensori mõõtmistulemustele tugineva digitaalse kaardi valmistamiseks ja mille andmestik sisestatakse töömasina pardaarvutisse.
Perspektiivsed võimalused NDVI seireks
- NDVI aerofoto droonidega
- NDVI Sentinel satelliitsüsteemi abil

7. Kasvuaegne väetamine (vastavalt vajadusele võib seda jaotatud kasvuaegse väetamise puhul korrata)

1) tahke väetise külvik (või pritsimismasin) tööprotsessi käigus muutuva laotusnormiga kasvuaegseks mineraalväetisega (või vedelväetisega, leheväetisega) väetamiseks
2) töömasina varustatus GPS kohtmäärangu seadmestiku, automaatroolimise ja paralleelsõidu seadmetega

8. Kasvavate taimede seisukorra seire täiendava pealväetamise mõju hindamiseks

Vajalik seadmestik sama, mis p. 6.
Tehakse mõned nädalad pärast viimast väetamist veel rohelisel taimel.. Saadakse värvikaart, mis iseloomustab põhi- ja kasvuaegse väetamise mõju ulatust veel valmimata põllul. Kaardipildi võrdlemine eelmiste kaartidega (põhiväetamise kaart ja eelmiste N-sensorite kaardid) ja koristatava põllu saagikaardiga võimaldab otsustada mida teha järgneval perioodil teisti (kui tulemus ei rahulda).

9. Saagikoristus

GPS navigeerimisvõimekuse ja saagi ning niiskuseanduritega varustatud koristusmasin. Tulemuseks on koristusjärgne saag j selle niiskusesisalduse kaart, mis on otsustuste aluseks järgmise aasta tegevusteks
Vajalik arvuti koos tarvilike tarkvaradega arvandmete ja kogutud kaardimaterjalide salvestamiseks. Põlluraamatusse võiks lisada süsteemse teabe nii tervikpõllu kui ka selle probleemsete alade väetistarbe, väetamise, saagi jms. kohta.

10. Kohtpõhise väetamisega seotud andmebaaside loomine ja edasiseks töötlemiseks ettevalmistamine.

Tuleks luua ka eraldi andmebaas täppisväetamise käigus kogutud andmestiku säilitamiseks.

11. Kogutud andmete töötlemine edaspidiste optimaalsete otsustuste tarbeks.

Vajalik vastav arvutitarkvara, kas tootjafirmalt välja ostes või jätkuva kasutuslitsentsi alusel. Viimane tagab järjepideva tarkvara uuendusversioonid.
Tarkvarad võimaldavad muuta saagikaarti nt. paljuvärvilisest saagitasemetest kolme värviliseks (madal, keskmine, kõrge saak, mille

järgi on lihtsam määrata mulla proovivõtu kohti), saada reljeefipõhine või põllu mullakaardile asetatud saagikaart, jms

Veel statistikat

1. Katsete korraldamisest võtsid osa ka üliõpilased. Neist kolm kaitsesid edukalt oma magistritöid.
2. 2012. a. ostetud tarkvara Ag Leader SMS Advanced alusel on läbiviidud vastavad arvutialased kursused üliõpilastele 2013 ja 2014 aastal ning tootjatele 2015.a. veebruaris
3. Uurimistöö teemaga seotud ettekandeid üliõpilastele, tootjatele jm on peetud 8.

Kirjandus

Ag Leader Technology. 2013. Tootekataloog, 44 lk.

http://www.tatoli.ee/doc/2013_AgLeader_Kataloog.pdf

Conica Minolta. 2009. Conica Minolta Chlorophyll meter SPAD- 502 Plus. A lightweight handheld meter for measuring the chlorophyll content of leaves without causing damage to plants. Conica Minolta sensing, Inc., 2 p.

EMI. 2004. , Taimeanalüüs Minolta SDAD klorofüllimõõtjaga. Metoodiline juhend (Hannolainen, G. E., Kanger, J., eessõna aut.), Saku, 12 lk. (Tugineb: Jari Peltonen. Kasvianalyysi MINOLTA SPAD lehtivihreämittarilla. Mitanten OY, 16 s, andmete).

Kevvai, L., Kärblane, H. 1996. Väetiste kasutamine. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat (koost. H. Kärblane), Tallinn, 285 lk.

Stiekma, H. 2012. The Ag Leader OptRx crop sensor. Ag Leader Technology Inc, Ag Leader Europe bv, 4 p.

Ag Leader Technology. 2013. Tootekataloog, 44 lk.

http://www.tatoli.ee/doc/2013_AgLeader_Kataloog.pdf

tutvustamist üleminekuks asukohapõhisele väetamisele, väetuskartide ettevalmistamist, väetamise-, taimede seire-, saagikoristuse ning kogutud andmete edaspidise kasutamise kohta

- Uurimisperiood vältel kogutud andmestiku alusel loodi andmebaas mida kasutati nii jooksva aasta tegevustes kui ka järgneva aasta tegevuste planeerimisel. Andmebaas sisaldab:

püsiandmed, mis ajas ei muutu - asukohakaart, mullakaart, reljeefi kaart ja valmistatud tehnoradade kaart.

muutuvad andmed – arvandmestik, visuaalsete värvikaartidena ja elektrooniliste kaartidena: seiretulemuste kaardid - väetistarbe kaardid, varieeruvate laotus normidega põhiväetiste ja kasvuaegse väetamise töö kaardid; tarkvaraga töödeldud kaardid

Kõik andmebaasid olid kasutatavad nii jooksva kui ka järgneva aasta täppisväetamise tööde planeerimisel.

5. LÜHIKOKKUVÕTE INGLISE KEELES :

The report contains the results of four years of investigation during the period 2011 – 2014.

The trials was carried out on three places – on Eerika experimental field of the Estonian University of Life Sciences, on trial plots founded on Erumäe production field and on Erumäe production field of the Pilsu farm.

The main objectives of study was to investigate the effects of site-based fertilization on the yield and quality of cereals and spring oilseed rape depending on the soil nutrient information and to compare the site-based fertilization with normal fertilization treatment. Aims of the project were also to find out the optimal fertilization level in various soil types. Then according to site- based plant nutrition set up the fertilization level and to find out economical profitability rate by using precision agricultural technology. Find out the potential amount of main nutrients (N, P and K) leaching to environment by using precision agricultural technology compared with field crop based agricultural technology. Elaborate recommendations for GPS technology to make it more efficient by collected know-how and to find out the suitability of databases that have been selected for precision agricultural technology.

The experimental treatments were as follows:

1. Control treatment (K) - Without fertilizers
2. Control treatment for foliar fertilizing (KLv) - Without fertilizers, only foliar fertilizing
3. Conventional fertilizing system (T) - Mineral NPK fertilizer added according to conventional agricultural practice
4. Fertilization according to soil nutrient content (MI) - Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency
5. Fertilization according to soil nutrients content and to the N need of plants (MIMN) - Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency and mineral N added during growth and need estimated by N -sensor (chlorophyll measurer)
6. Fertilization according to soil nutrients content and to the N need of plants (MILv) - Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency and foliage nitrogen fertilizer during growth period added according to the N deficiency
7. Fertilization with cattle slurry and foliage nitrogen fertilizer during growth period (LLv) - and mineral N added during growth and need estimated by N -sensor (chlorophyll measurer)

Data were collected during the investigation, in which the data analysis was obtained for all the answers to the objectives of the project activities.

-Determine the test sites and the production of agricultural fertilization of an optimal level of soil nutrient content determined by simultaneous growth of vegetation and vegetation indices - determination through a variable dataset was prepared on the basis of the variable spreading fertilization norm card.

- Judging from the balance sheets and changes in soil nutrient content of the research took place in the period 2011-2013 t of soil nutrient levels. To test the years the weather did not exceed the average rainfall in terms of many years, the leaching of nutrients into the environment in the form was not observed.

- The middle and high yields in the total arable land in areas showed an increase of 66% compared with 2011 to 85 % in 2014, which gave the end of the investigation period 19 % of the increase in crop. uniformity.

- To producers provided are recommendations on the need for a transitional precision farming, soil sampling for ways to shift the location -based fertilization, fertilize cards in preparation for fertilization on plant monitoring and harvest and collected data for future use.

- Database compatibility of precision farming: Fixed data that does not change over time - location map, soil map, relief map, and the map made from the driving lane. Variable data - numerical data, visual color maps and electronic maps: maps of monitoring results, fertilizer maps, the main provisions of the variable spreading of fertilizer and growing-season fertilization of work cards; modified from its original maps.

The above databases were used for both the current and subsequent years of work in the planning of precision fertilization.

6. TEEMA RAAMES ILMUNUD PUBLIKATSIOONID:

Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Kutti, J. 2012. Suvinisu saagi sõltuvus kasvukoha mulla mõnedest agrookeemilistest näitajatest. *Agronoomia* 2012., lk 43 - 48.

Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Kutti, J. 2012. Suvinisu väetamine lähtuvalt kasvukoha taimetoitainete sisaldusest. *Agraarteadus / Journal of Agricultural Science*, Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi väljaanne, XIII (2), lk. 3-10

Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J. 2013. Kasvukohapõhise väetamise mõju suvirapsi saagile ja seemnete õlisisaldusele. Kangor, T.;Tamm,S.;Lindepoo,R. (Toim.), *Agronoomia* 2013, Jõgeva Sordiaretuse Instituut, lk. 90–97.

Kuht, Jaan; Tõrra, Toomas; Kilgi, Jaanus; Makke, Arvo. 2013. Suvinisu terasaak ja kvaliteet olenevalt kasvukohapõhisest väetamisest. *Agraarteadus / Journal of Agricultural Science*, XXIV (2), p. 65–70.

Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J. 2013. Kasvukohapõhise väetamise mõju suvirapsi saagile ja seemnete õlisisaldusele. Kangor, T., Tamm,S., Lindepoo, R. (Toim.), – *Agronoomia* 2013, Jõgeva Sordiaretuse Instituut, lk. 90–97.

Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Nugis, E. 2013. Effect of site-based precision fertilisation on yield and oil content of spring oilseed rape seeds. – *Agronomy Research*, 11 (1), p. 67–72.

Esitatud avaldamiseks 2015

Kuht, J., Tõrra, T., Kilgi, J. 2015. Kasvukohapõhise täppisväetamise mõju suvirapsi saagile ja seemnete kvaliteedile. *Agraarteadus / Journal of Agricultural Science*, Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi väljaanne (avaldamisel)

Kuht, J., Tõrra, T., Kilgi, J. 2015. Kasvukohapõhise väetamise mõju odra saagile ning terade kvaliteedile. *Agronoomia*, 2015 (avaldamisel)

Tõrra, T., Kuht, J., Kilgi, J., Ajaots, M. 2015. Teraviljade fütomassi ja saagikuse kasvukohapõhine analüüs. *Agronoomia*, 2015 (avaldamisel)

Projekti juht (ees- ja perekonnanimi):	Allkiri:	Kuupäev:
Taotleja esindaja kinnitus aruande õigsuse kohta (ees- ja perekonnanimi):	Allkiri:	Kuupäev:

Projekti lõpparuande täitmise juhend on kättesaadav Põllumajandusministeeriumi koduleheküljel

<http://www.agri.ee>