

EESTI MAAÜLIKOOL  
PÕLLUMAJANDUS- JA KESKKONNAINSTITUUT  
MULLATEADUSE JA AGROKEEMIA OSAKOND

**ORGAANILISTE JA MINERAALVÄETISTE MÕJU  
JA KOOSMÕJU PÕLLUKULTUURIDELE NING  
KESKKONNALE PIKAAJALISES PÕLDKATSES  
INTENSIIV-, TAVA- JA MAHEVILJELUSE  
VÕRDLUSES**

Projekti juht: Alar Astover, Paul Kuldkepp

Projekti täitjad: Enn Leedu  
Avo Toomsoo  
Triin Teesalu  
Helis Rossner

Tartu 2009

## Sisukord

1. Sissejuhatus.....	3
2. Põldkatse kirjeldus ja meetodika .....	4
2.1. Katsepõllu mulla iseloomustus .....	4
2.2. Katse meetodika.....	6
2.3. Katseaasta meteoroloogilised tingimused.....	10
3. Põldkatse tulemused.....	15
3.1. Orgaaniliste ja mineraalväetiste mõju ja koosmõju põllukultuuride saagikusele .....	15
3.1.1. Kartul .....	15
3.1.2. Suvinisu.....	18
3.1.3. Oder.....	21
3.2. Orgaaniliste ja mineraalväetiste mõju põllukultuuride saagi kvaliteedile .....	24
3.2.1. Kartulimugulate fraktsiooniline koostis.....	24
3.2.2. Kartulimugulate nitraatide ja toorproteiini sisaldus.....	26
3.2.3. Kartulimugulate tärglisesisaldus .....	27
3.2.4. Teraviljade tuhande tera mass.....	28
3.2.5. Teraviljade toorproteiinisisaldus.....	30
3.3. Orgaaniliste ja mineraalväetiste mõju mulla agrokeemilistele näitajatele.....	33
3.3.1. Mulla huumusesisaldus .....	33
3.3.2. Mulla aktiivne happesus .....	34
3.3.3. Mulla liikuva fosfori sisaldus.....	35
3.3.4. Mulla liikuva kaaliumi sisaldus .....	37
3.3.5. Mulla liikuva kaltsiumi ja magneesiumi sisaldus .....	38
3.3.6. Väetamise mõju mulla hüdrofüüsilisele happesusele, neeldunud aluste sisaldusele, neelamismahutavusele ja küllastusastmele.....	41
4. Väetamise agro-majanduslik analüüs .....	44
5. Kokkuvõte ja järeldused .....	49

# 1. Sissejuhatus

Riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2004–2008” toel jätkus aastatel 2006–2008 uurimistöö pikaajalisel põldkatsel, mis rajati 1989. aastal Rahvusvahelise Mullateadlaste Seltsi mullaviljakuse uurimisgrupi koostöona orgaaniliste ja mineraalväetiste mõju ning koosmõju uurimiseks (IOSDV projekt). Kui varem olid selle uurimistöö suunaks valdavalt intensiivmaaviljelusest tulenevad küsimused (näiteks uuriti viie erineva mineraalväetise normi mõju kultuuride saagikusele ja selle kvaliteedile), siis alates 2005. aastast võeti kates üheks suunaks ka maheviljelusega (ilma sünteetiliste mineraalväetisteta ja keemiliste taimekaitsevahenditeta) kaasnevate probleemide uurimine võrrelduna tava- ja intensiivmaaviljelusega. Tänu põldkatse pikaealisusele on meil käesolevas aruandes võimalik võrrelda 19 aastat ilma väetamata katsevariantidelt saadud saagiandmeid tulemustega, mis on saadud ainult orgaanilisi väetisi regulaarselt saanud katselappidelt ja ka andmetega, mis on saadud intensiivmaaviljeluse põhimõtetel väetatud katsevariantidelt.

Lisaks väetamisalaste probleemidele teaduslike lahenduste otsimisele on meie poolt rajatud pikaajalise põldkatse ülesandeks olnud ka õpetatud põllumeeste koolitamine olles paljudele üliõpilastele katsepraktika või kraadiõppe baasiks. Meie katselt kogutud andmete põhjal on tänaseks kaitstud 2 doktoritööd, 6 magistritööd ja 37 diplomi- või bakalaureusetööd. Tänu rahvusvahelisele koostööle on meile kahel suvel (1995 ja 2005) usaldatud korraldada rahvusvahelisi konverentse nn “Sommertagung”, kus lisaks teaduslike ettekannete kuulamisele on korraldatud ka 2...3-päevaseid õppe-ekskursioone vabariigi parimatesse katsejaamadesse ja põllumajandusettevõtetesse ning tutvutud ka Eesti muldadega. Neid üritusi oleme suutnud korraldada tänu sponsoritele, kelledeks on olnud valdavalt meie teaduskonna vilistlased väljastpoolt ülikooli. Meie katsepõldu on külastanud ka mitmed ekskursioonid ja talunike õppepäevadest osavõtjad.

Käesolevas projektis olid järgmised eesmärgid:

1. Selgitada sõnniku ja alternatiivsete orgaaniliste väetiste mõju ning järelmõju mõju mullaviljakust mõjutavatele näitajatele.
2. Majanduslikult optimaalsete ja keskkonnasõbralike mineraalväetiste normide selgitamine kartulile ja suviteraviljadele erinevatel orgaanilise väetise foonidel ja nende mõju uurimine mullaviljakusele.
3. Selgitada mullaviljakuse ja põllukutuuride saagikuse muutumise dünaamikat, mis kaasneb mineraalväetiste mittekasutamisel erinevatel orgaaniliste väetiste foonidel.
4. Selgitada mineraal- ja orgaaniliste väetiste mõju kartuli ja suviteraviljade saagi kvaliteedile.

Esmakordselt uuriti Eestis katsetingimustes mitmete alternatiivsete väetiste mõju põllukultuuridele ja mullale. Aastatel 2006–2008 olid muuhulgas katsevariantideks lihakondijahu (Loomsete Jäätmete Käitlemise AS), biogaasi tootmise metaankääritatud sealäga taheda separaat (OÜ Saare Economics), haava puitmassi tootmise jääkmuda ja selle kompost (AS Estonian Cell). Alternatiivsete orgaaniliste väetiste mõju ja sobilikkuse uurimine kohalikes põldkatse tingimustes on oluline lähtuvalt mitmest aspektist:

- Taasiseseisvumisjärgsel perioodil on Eestis traditsiooniliste orgaaniliste väetiste (sõnnik loomakasvatusest) kasutamine oluliselt vähenenud ning põllumuldade huumusbilanss on valdavalt negatiivne. Seega tagamaks jätkusuutlikku taimekasvatust on vajadus alternatiivsete orgaaniliste väetiste järele ilmne. See on

eriti aktuaalne spetsialiseerunud taimekasvatustalude ning mahetootjate seas mulla orgaanilise aine ja toiteelementide bilansi tasakaalustamiseks ja selle kaudu ka saagikuse suurendamiseks.

- Mineraalväetiste hindade mitmekordistumine viimastel aastatel on suurendanud põllumajandustootjate huvi alternatiivsete väetiste vastu.
- Mitmetel tööstusettevõtetel on huvi leida väljund tekkivate tööstusjäätmete utiliseerimiseks ning ühe perspektiivse võimalusena nähakse nende kasutamist põllumajanduses. Seega oleks võimalik samaaegselt rahuldada nii põllumajandustootjate kui ka tööstusettevõtete vajadused ning saaks vältida tööstusjäätmete ladustamist prügilatesse. Kuid enne konkreetsete tööstusjäätmete kohta kasutamissoovituste andmist tuleb nende mõjusid keskkonnale, põllukultuuridele ja tasuvusele uurida ka katsetingimustes.

## 2. Põldkatse kirjeldus ja meetodika

### 2.1. Katsepõllu mulla iseloomustus

IOSDV pikaajaline kolmeväljalise külvikorruga põldkatse rajati 1989.a. orgaaniliste ja mineraalsete lämmastikväetiste mõju uurimiseks Tartu lähedale Eerikale. Valdavaks mullaks on katsealal kahkjat (näivleetunud) liivsavimuld LP (WRB klassifikatsiooni järgi Fragi-Stagnic Albeluvisol). Katse asukoha koordinaadid on N 58°22,5' ja E 26°39,8'. Mullastikult kuulub katseala Lõuna-Eesti näivleetunud ja leetunud muldade valdkonna Tartu-Viljandi allvaldkonda, agromullastiku rajoneerimise järgi Tartu mikrorajooni. Mikrorajoonis esineb valdavalt punakaspruun kahekihiline nõrgalt karbonaatne või karbonaativaene liivsavimoreen, mis on kaetud kerge liivsavi või saviliivaga ja sisaldab fennoskandia kristalset materjali, silurist pärinevat lubjakivi ning keskdevoni liiva ja savi mis on moreenile andnud iseloomuliku punakaspruuni värvuse (5YR 4/4). Umbes 1,0 ha suuruse katseala mullastik pole täiesti ühtlane – siit võib leida nii heledat kahkjat L(P) (WRB järgi Eutric Planosol) kui ka pruuni kahkjat (näivleetund) LP (Stagnic Luvisol) mulda, millele on iseloomulik lähtekivimi kahekihilisusest tingitud kontaktgleistunud kollakashall värvitoon (10YR 6/4) alumise raskema lõimisega kihi piiril. Kohati esineb katseala muldade ülemistes horisontides ka nõrgalt rähkset (karbonaatset) materjali ja sealt leiame leetjat K<sub>I</sub> (Chromic Luvisol) ning isegi leostunud Ko (Eutric Cambisol) mulda.

Kogu mullaprofiili ulatuses esineb ümmardunud kruusa ja veerist, millele lisandub graniitseid peenmunakaid. Mulla huumushorisondis on läbimõõduga alla 2 mm peenest keskmiselt 94%.

Mulla tahke faasi tihedus oli katse rajamisel huumushorisondis orgaanilise aine osatähtsusest tingituna 2,62 g/cm<sup>3</sup>. Sügavamates kihtides tõusis see kuni 2,67 g/cm<sup>3</sup>. Huumushorisondis on see aja jooksul seoses huumusesisaldusega muutunud. Mulla üldine poorsus sõltub mullaharimisest ja määramise ajast ning see kõikus huumushorisondis 39...49% piires, sügavamates horisontides langes see 31...34%-ni.

Katse rajamisel 1989.a. oli mulla huumusesisaldus Tjurini järgi määratuna madal – 135 määramise keskmisena 1,46...1,95 %. C:N suhe katseala mulla huumushorisondis oli 11:1, mis viitab kvaliteetsele huumusele. Mulla huumushorisondi tusedus jääb vahemikku 24...38 cm, olles valdavalt 27...32 cm. Huumusevaru kõikus katselappide lõikes 55,4... 97,6 t/ha

(parasniisketele muldadele kehtestatud skaala järgi on see alla keskmise), kuid seda kompenseerib mõningal määral suhteliselt tüse huumushorisont.

Mulla agrokeemilistest omadustest määratud  $pH_{KCl}$  oli katseperioodi alguses valdavalt 6,0...6,5, sest põldu on varasemal ajal korduvalt lubjatud, üksikute katselappide lõikes jäi see siiski vahemikku 5,3...6,7.

Liikuvatest taimede toiteelementidest oli laktaatlahustuva fosfori sisaldus üksikute katselappide lõikes määratuna topeltlaktaat (DL-meetodil) 26...81 mg/kg mulla kohta - fosforväetiste tarve seega keskmine kuni väike. Laktaatlahustuva kaaliumi sisaldus (määratud samuti DL- meetodil) ulatus lapiti 66...249 mg/kg – kaaliumväetiste tarve seega suur kuni väike.

Kuna liikuva fosfori ja kaaliumi sisaldus (tarve) oli katse rajamisel üksikute katselappide lõikes erinev, anti esimestel katseaastatel lihtsuperfosfaati ja kaaliumkloriidi diferentseeritult vastavalt konkreetse katselapi mulla väetustarbele, seda eesmärgiga ühtlustada katselappide liikuva fosfori ja kaaliumi sisaldust katsepõllu mullas. Vahepealsetel aastatel kasutati mineraalväetisi kompleksväetistena, võttes aluseks nende lämmastikusisalduse. Fosforit, kaaliumi ja mikroelemente said katselapid siis vastavalt väetises olevate elementide sisaldusele. Viimastel aastatel on kasutatud ühel osal katselappidest (tavaviljeluse variantidel) mineraalväetistest ainult ammooniumsalpeetrit, teisel osal (maheviljeluse variantidel) ei ole viimastel aastatel enam üldse mineraalväetisi kasutatud.

Liikuva magneesiumi sisaldus ammooniumatsetaat-laktaat (AL) meetodil määratuna ulatus vaid 30...70 mg/kg kohta ning katsepõllu magneesiumväetiste tarve oli seega kogu katsealal suur.

Liikuva kaltsiumi sisaldus (AL-meetodil määratuna) kõikus katseperioodi algul katsepõllul suurtes piirides, jäädes vahemikku 650...1450 mg/kg mulla kohta. Katseala mulla Ca ja Mg suhe oli samuti paigast ära, olles 20...28:1 (normaalseks saab pidada Ca:Mg suhet 10...20:1).

2000. aasta kevadel katsepõllult võetud mullaproovide  $pH_{KCl}$  tulemused (5,5...5,8) viitasid mulla hapestumisele, kuigi see oli vähem märgatav perioodiliselt laudasõnnikut saanud lappidel. Liikuva kaltsiumi sisaldus (AL-meetodil määratuna) ulatus 2000. a. võetud mullaproovidest erinevatel variantidel vaid 520...780 mg/kg mulla kohta. Liikuva magneesiumi sisaldus oli erinevate orgaaniliste väetiste foonidel 49...78 mg/kg mulla kohta. Ka Ca:Mg suhe oli aastate jooksul orgaaniliste väetiste mõjul normaliseerunud ja jäi 9,0...14,4 vahele. Katseala tervikuna vajas aga lupjamist ja sellega koos ka Ca:Mg suhte tõstmist. Eeltoodut aluseks võttes viidigi katsealal 2000. a. sügisel läbi mulla lupjamine dolomiidijahuga, mida anti kõigile katselappidele ühtlase normiga 5,0 t/ha, suurendades sellega ka lisaks mulla lupjamisele eriti liikuva magneesiumi sisaldust katsepõllu muldades.

Igal kevadel on igalt katselapilt pärast esimest mullaharimist ja enne väetiste andmist võetud 20 mullapuuri torkest koosnev keskmine huumushorisondi mullaproov. Mullaproovidest on määratud huumusesisaldus,  $pH_{KCl}$ , ja liikuvate toitainete sisaldus varasematel aastatel Sakus Põllumajandusuuringute Keskuse mullalaboratooriumis.  $pH_{KCl}$  on määratud ISO 10390 järgi, huumusesisaldus Tjurini meetodil, liikuvad toitained P ja K aastatel 1999...2002 topeltlaktaat (DL-meetodil), Ca ja Mg AL-meetodil. Alates aastast

2002 on Põllumajandusuuringute Keskuses liikuvate toitainete määramisel kasutusele võetud Mehlich-3 meetod, mille tulemused ei ole varasemate määramistega võrreldavad ja seetõttu on viimasel kolmel aastal katseala mullaanalüüsid tehtud EMÜ mullateaduse ja agrokeemia osakonna labortooriumis AL-meetodil. Projekti kestvus (2006...2008) on katselappidelt määratud ekstrahheeruva P, K, Ca ja Mg sisaldused iga-aastaselt ning huumusesisaldus 2007. aastal (tabel 1).

Tabel 1. Katselappidelt määratud mulla agrokeemilised parameetrid aastatel 2006...2008

Näitaja	Aasta		
	2006	2007	2008
Huumus	-	+	-
pH <sub>KCl</sub>	±	+	±
P-AL	+	+	+
K-AL	+	+	+
Ca-AL	+	+	+
Mg-AL	+	+	+

- ei ole määratud; + määratud kõigilt katselappidelt; ± määratud valitud katselappidelt

## 2.2. Katse meetodika

Käesoleva uurimistöös baasiks on 1989. aastal kahkjale (näivleetunud) liivsavimullale rajatud kolmeväljalise külvikorraga (kartul – suvinisu – oder) põldkatse. Katseala kõik kolm põldu (suurusega 15 x 150 m) on jagatud kolmeks erinevate orgaanilise väetise variantidega 5 m laiusteks ja 150 m pikkusteks põlluribadeks. Esimene riba pole alates katse rajamisest saanud üldse orgaanilisi väetisi, teine riba on igal kolmandal aastal (kartulile) saanud hästi (üks aasta) käärinud tahedat veisesõnnikut esimestes külvikorra rotatsioonides (1990...2001) 60 t/ha, viimastel aastatel (2002...2008) aga 40 t/ha. Kolmandat põlluriba on väetatud mitmesuguste alternatiivsete orgaaniliste väetistega (põhk, haljasväetised, kompostid). Ristisuunas on need pikiribad jaotatud 10 m pikkusteks katselappideks, milliseid on väetatud viie erineva mineraalväetise normiga. Erinevad mineraalväetise normid on määratud lämmastikusisalduse alusel ja nendeks normideks oli N – 0; N – 40; N – 80; N – 120 ja N – 160 kg/ha. Katse on toimunud kolmes korduses ja seepärast on iga katsepõllu pikiribal (3 x 5) 15 katselappi, igal külvikorral (3 x 15) seega 45 katselappi ja kogu katsealal (3 x 45) kokku 135 katselappi, kus iga katselapi suuruseks oli 50 m<sup>2</sup>.

Kuna orgaanilistel väetistel omavad reeglina pikaajalist järelmõju, siis katsetulemuste interpreteerimiseks on vaja teada ka varasematel aastatel katsevariante. Alternatiivsete orgaanilise väetiste variandid (iga katsepõllu kolmandad ribad) on viimase kuue aasta jooksul saanud orgaanilisi väetisi järgnevalt. Esimene põld on saanud 2002. aastal Kiviõli Keemiatööstuse OÜ-s toodetud nn rekultiveerimisainet (poolkoks neutraliseeritud happelise rabaturbaga) 60 t/ha ja 2005. aastal Tartu Veevärgis toodetud linna heitvee settemuda komposti 40 t/ha. Teine põld sai 2002. aastal Kiviõli Keemiatööstuse OÜ-s poolkoksist toodetud rekultiveerimisainet 40 t/ha ning järgnevatel aastatel (2003 ja 2004) veel Tartu linna heitvee settemuda ja rekultiveerimisaine komposti 40 t/ha. Kolmas põld on saanud viimase kahe külvikorrotatsiooni vältel orgaanilisi väetisi järgnevalt. 2002. aastal Kiviõli Keemiatööstuse OÜ-s poolkoksile rabaturba lisamisel saadud rekultiveerimisainet 20 t/ha. Järgmisel aastal (2003) sai see põld veel 40 t/ha kohta rekultiveerimisaine ja EKSEKO sea- sõnniku komposti ning 2005. aasta sügisel veel haljasväetisena sisseküntud

ristikuädalat. Kolme proovi keskmisena oli ristikuädala haljasmass sissekündmisel 8,14 t/ha (kuivainesisaldusega 16,6%), seega kuivainena 1,35 t/ha.

Alates 2005. aastast võeti katses üheks suunaks ka maheviljelusega (ilma sünteetiliste mineraalväetisteta ja keemiliste taimekaitsevahenditeta) kaasnevate probleemide uurimine võrrelduna tava- ja intensiivmaaviljelusega. Katses on järgmised orgaaniliste väetiste variandid: 1) orgaaniliste väetisteta, 2) tahe veisesõnnik ja 3) alternatiivsed orgaanilised väetised (mahevariant, kus alates 2005.a. ei kasutata mineraalväetisi ega keemilist taimekaitset). Kuna maheviljeluses on lubatud kasutada nii loodusliku kui ka loomse päritoluga mineraalseid väetisi anti kolmanda põlluriba osadele lappidele (sünteetiliste mineraalväetiste endistele variantidele N40, N80 ja N120) 2006. aastal Väike-Maarja Loomsete Jäätmete Käitlemise AS-ist saadavat lihakondijahu. Lihakondijahu normiks oli kartulile 600, suvinisule 200 ja odrale 400 kg/ha (joonis 1).

Põld 1 - suvinisu			Põld 2 – oder			Põld 3 - kartul		
N160	N160 + S 1.a. jm	N0*	N160	N160 + S 2.a. jm	N0*	N160	N160 + S 40 t/ha	N0*
N120	N120 + S 1.a. jm	N0* + LKJ 200 kg/ha	N120	N120 + S 2.a. jm	N0* + LKJ 400 kg/ha	N120	N120 + 40 t/ha	N0* + LKJ 600 kg/ha + ristiku ädal
N80	N80 + S 1.a. jm		N80	N80 + S 2.a. jm		N80	N80 + S 40 t/ha	
N40	N40 + S 1.a. jm		N40	N40 + S 2.a. jm		N40	N40 + S 40 t/ha	
N0	N0 + S 1.a. jm	N0	N0	N0 + S 2.a. jm	N0	N0	N0 + S 40 t/ha	N0

Joonis 1. Katsevariantide paigutus IOSDV katsealal 2006. aastal. Kõik variandid esinevad omakorda veel kolmes korduses. S – tahe veisesõnnik, LKJ – lihakondijahu; jm – järelmõju; \* kompleksväetiste kasutamise 2. aasta järelmõju

2005. aasta katseandmetest selgus, et sünteetilistel mineraalväetistel oli ka arvestatav järelmõju. See sõltus mineraalväetise normist ja ulatus veel ka 2006. aastasse. 2007. aastal oli mineraalväetiste kolmanda aasta järelmõju juba vähemärgatav ning alternatiivsete väetiste variandis hinnati lihakondijahu järelmõju (joonis 1).

Põld 1 - oder			Põld 2 – kartul			Põld 3 - suvinisu		
N160	N160 + S 2.a. jm	N0* + põhk	N160	N160 + S 40 t/ha	N0* + põhk	N160	N160 + S 1.a. jm	N0*
N120	N120 + S 2.a. jm	N0* + LKJ jm 200 kg/ha + põhk	N120	N120 + S 40 t/ha	N0* + LKJ jm 400 kg/ha + põhk	N120	N120 + S 1.a. jm	N0* + LKJ jm 600 kg/ha
N80	N80 + S 2.a. jm		N80	N80 + S 40 t/ha		N80	N80 + S 1.a. jm	
N40	N40 + S 2.a. jm		N40	N40 + S 40 t/ha		N40	N40 + S 1.a. jm	
N0	N0 + S 2.a. jm	N0 + põhk	N0	N0 + S 40 t/ha	N0 + põhk	N0	N0 + S 1.a. jm	N0

Joonis 1. Katsevariantide paigutus IOSDV katsealal 2007. aastal. Kõik variandid esinevad omakorda veel kolmes korduses. S – tahe veisesõnnik, LKJ – lihakondijahu; jm- järelmõju; \* kompleksväetiste kasutamise 3. aasta järelmõju

Alternatiivsete orgaaniliste väetiste variandis katsetatakse 2008. aastast uudsenä tööstusjäätmete (sealäga biogaasi tootmisel tekkinud tahe separaat, haava puitmassi tootmisjääd) mõjusid põllukultuuridele ja mullale. 2008. aasta katsevariantide paigutus on ära toodud joonisel 3. Mineraalväetisnormid 120 ja 160 kg N/ha anti 2008.a. esmakordselt katse ajaloos teraviljadele jaotatult – esimesel korral vastavalt 80 ja 120 kg N/ha ning 13. juunil täiendavalt 40 kg N/ha. Orgaaniliseks väetiseks anti kartulipõllu orgaanilise väetise variandile tahelat veisesõnnikut 40 t/ha. Suvinisu ja odra põllul on teiseks orgaanilise väetise variandiks vastavalt sõnniku esimese ja teise aasta järeilmõju. Katse alternatiivsete orgaaniliste väetiste variandis viidi 2007. a. sügisel (11. oktoober) mulda: 1) kartulile metaankääritatud sealäga tahelat normidega 10, 15 ja 20 t/ha; 2) suvinisule haava puitmassi tootmisjääd ja puukoore komposti normiga 30 t/ha; 3) odräle haava puitmassi tootmise jääkmuda normiga 60 t/ha, millele lisandus vastavalt lapi saagile nisu põhk. Veisesõnnikuga (40 t/ha) anti mulda 230 kg/ha üldlämmastikku, 96 kg/ha üldfosforit ja 172 kg/ha üldkaaliumit. Metaankääritatud sealäga tahelat erinevate normide (10, 15 ja 20 t/ha) kasutamisel anti vastavalt 67, 100 ja 134 kg/ha üldlämmastiku; 73, 110 ja 147 kg/ha üldfosforit ning 26, 38, 51 kg/ha üldkaaliumit. Haava puitmassi tootmise jääkmudaga anti mulda 320 kg/ha üldlämmastikku, 17 kg/ha üldfosforit ja 43 kg/ha üldkaaliumi. Haava puitmassi jääkmudast ja puukoorest valmistatud kompostiga anti mulda 165 kg/ha üldlämmastikku, 39 kg/ha üldfosforit ja 68 kg/ha üldkaaliumit.

Põld 1 - kartul			Põld 2 – suvinisu			Põld 3 - oder		
N160	N160 + S 40 t/ha	N0	N160	N160 + S 1.a. jm	N0 + kompost 30 t/ha	N160	N160 + S 2.a. jm	N0 + muda 60 t/ha + põhk vast saagile
N120	N120 + S 40 t/ha	N0 + MKL 20 t/ha	N120	N120 + S 1.a. jm		N120	N120 + S 2.a. jm	
N80	N80 + S 40 t/ha	N0 + MKL 15 t/ha	N80	N80 + S 1.a. jm		N80	N80 + S 2.a. jm	
N40	N40 + S 40 t/ha	N0+ MKL 10 t/ha	N40	N40 + S 1.a. jm		N40	N40 + S 2.a. jm	
N0	N0 + S 40 t/ha	N0	N0	N0 + S 1.a. jm		N0	N0 + S 2.a. jm	

Joonis 3. Katsevariantide paigutus IOSDV katsealal 2008. aastal. Kõik variandid esinevad omakorda veel kolmes korduses. S – tahe veisesõnnik, MKL – metaankääritatud sealäga tahe separaat, kompost – haava puitmassi jääkmuda ja puukoore kompost, muda - haava puitmassi jääkmuda

Mineraalväetised külvati “Fiona” käsikülvikuga ja viidi mulda külveelse kultiveerimisega. Katsepõllul on rakendatud üldlevinud agrotehnikat, millest annab aruandeaastate kohta ülevaate tabel 2. Kartuli tärglisesisaldus määrati “Parovi” kaaludega. Kartulisaagi fraktsiooniline koostis määrati mugulate läbimõõdu alusel vastavalt standardile EVS 731:1997. Kartuli nitraatidesisaldus lasti teenustööna määrata Eesti Maailikooli Taimebiokeemia laboris.

2006...2008.a. kasvatati katsepõllul järgmisi sorte: kartul ‘Anti’, suvinisu ‘Vinjett’ ja oder ‘Anni’.

‘Anti’ on hiline kõrgesaagiline lauakartuli sort. Tärglisesisaldus madal kuni keskmine. Lehemädaniku, pruunmädaniku ja hariliku kärna suhtes suhteliselt haiguskindel, vastuvõtlik aga mosaiigiviirusele. Sort on sordilehel alates 1997. aastast.



‘Vinjett’ on Rootsist pärit suvinisu sort, alates 1999. a. sordilehel. Omadustelt hilisepoolne saagikas intensiivsort. Väga hea vastupidavusega jahukaste suhtes, keskmise vastupidavusega pruunrooste. Kleepvalgu kvaliteet hea, annab ilusa mahuga pätsi, jahu väljatulek hea, taigna stabiilsus hea, mahumass keskmine, langemisarv hea.

‘Anni’ on väga saagirikas, seisukindel, põuale vastupidav, suure 1000 tera massiga sööda- ja toiduoder. Tema puuduseks on nakatumine äärislaiksusse (*Rhynchosporium secalis*). Kasvuaeg on keskiline ja Eesti sordilehel on ta alates 1993. aastast.

Teravilja külvinormiks oli 2008.a. suvinisul 174 kg/ha (492 idanevat seemet/m<sup>2</sup>) ja odral 227 kg/ha (437 idanevat seemet/m<sup>2</sup>) (tabel 2). Teraviljad külvati külvikuga Kongskilde, külvilaius 3 m, reavahe 12,5 cm, peale külvi rulliti. Teraviljapõldude (v.a. mahevariant) töötlemine herbitsiidiga Granstar Preemia 50SX normiga 20 g/ha (13.06.08).

Tabel 2. Teraviljade külvisenormid aastatel 2006...2008

Kultuur	2006		2007		2008	
	kg/ha	Idanevat seemet/m <sup>2</sup>	kg/ha	Idanevat seemet/m <sup>2</sup>	kg/ha	Idanevat seemet/m <sup>2</sup>
Oder	250	588	211	503	227	437
Suvinisu	270	596	202	571	174	492

Tabeli 3 andmetest selgub, et erinevate agrotehniliste tööde tegemise aeg katsepõllul sõltus palju katseaastate ilmastikust. Kui sooja kevadega 2007. aastal sai katsetöödega alustada juba 13. aprillil, siis 2006. aastal alles 25. aprillil.

Tavaviljeluse variantide teravilju pritsiti umbrohutõrjeks võrsumisfaasis preparaadiga Granstar normiga 10 kg/ha ja odrapõldu 2006. aastal ka fungitsiidiga Sportrak 1 l/ha. Kartulipõllul keemilist umbrohutõrjet ei rakendatud ja umbrohutõrje oli korraldatud valdavalt kasvuaegse vaheltharimise ja äestamisega. Lisaks sellele rohiti kartulipõldu igal aastal üks kord (juuli keskel) käsitsi.

Teraviljad koristati täisküpsuse faasis kombainiga “Sampo” lappide kaupa. Iga lapi saagist võeti üks keskmine tera- ja põhuproov, määramaks nii terade kui ka põhusaagi kuivainet ja agrokeemilist koostist, samuti 1000 tera massi. 2008. aastal oli ebasoodsate ilmastikutingimuste tõttu raskendatud optimaalse koristusaja leidmine.

Kartul koristati ja kaaluti lappide kaupa, kus eelnevalt olid koristatud vahepõllud. Saagi koristamisel võeti igalt lapilt veel keskmised proovid kaubanduslike mugulate tähtsusesalduse määramiseks. Kartulipõllul jälgiti ka 2007. aastal kartulimardika levikut, loendades nende arvukust katselappidel neljal korral – 19. ja 20. juulil ning 6. ja 17. augustil. 2008. aastal fikseeriti kartulimardikate arvukus ja tehti nende käsitsi korje 16., 24. ja 31. juulil ning 7. augustil (tabel 3).

2007. aastal oli kartulimardika arvukus kartulipõllul kõige suurem ja lisaks mardikate käsitsi korjamisele rakendati sellel aastal tavaviljeluse variantides ka kartulimardika keemilist tõrjet preparaadiga Fastac, mida kasutati kahel korral (20.06 ja 12.07) kulunormiga 0,15 l/ha.

Tabel 3. Katsepõllu agrotehnika ja proovide võtmise ajad 2006...2008.a.

Jrk. Nr.	Töö nimetus ja sisu	Aeg (aasta)		
		2006	2007	2008
1.	Esmane harimine (kultivaator + äkked või ribisti) kevadel	25. 04	13. 04	22. 04
2.	Katse planeerimine	25. 04	13. 04	22.-23. 04
3.	Katselappidelt mullaproovide võtmine	25. 04	16. 04	23.-24. 04
4.	Mineraalväetiste külv	25. 04	16. 04	28. 04
5.	Kultiveerimine	26. 04	16. 04	28. 04
6.	Kartulipõllu harimine tüükultivaatoriga	03. 05	14. 05	07. 05
7.	Teraviljade külv	26. 04	23. 04	29. 04
8.	Kartulivagude sisseajamine	08. 05	14. 05	08. 05
9.	Kartulipanek	12. 05	16. 05	09. 05
10.	Teraviljakatse planeerimine	12. 05	28. 05	13. 05
11.	Keemiline umbrohutõrje teraviljadel	30. 05	04. 06	13. 06
12.	Kartuli muldamine(M) ja äestamine(Ä)	29. 05 (MÄ)	22. 05 (Ä)	21. 05 (Ä)
	“	07. 06 (M)	06. 06 (MÄ)	30. 05 (MÄ)
	“	13. 06 (Ä)	19. 06 (Ä)	13. 06 (MÄ)
	”	19. 06 (MÄ)	12. 07 (M)	30. 06 (M)
		27. 06 (M)		
13.	Kartulipõllu rohimine käsitsi	17. 07	16. 07	16. 07
14.	Kartulimardika tõrje preparaadiga FASTAC	-	20. 06	-
	”		12. 07	
15.	Kartulimardika tõrje käsitsi korjamisega	17. 07	19. 07	16. 07
			23. 07	24. 07
			06. 08	31. 07
			17. 08	07. 08
16.	Odrasaagi koristus	01. 08	07. 08	19. 08
17.	Nisusaagi koristus	09. 08	14. 08	01. 09
18.	Kõrre koorimine teraviljapõldudel	17. 08	24. 08	19. 09
19.	Kartulipesade võtmine analüüsideks	26. 09	17. 09	11. 09
20.	Kartulikatse koristus	03. 10	20. 09	12. 09
21.	Sõnniku jt org. väetiste vedu ning laotamine katsepõllule järgneva katseaastaks	30. 10	11. 10	29. 10
22.	Sügiskünn	30. 10	11. 10	29. 10

### 2.3. Katseaasta meteoroloogilised tingimused

Ilmastikuandmed on pärit katsepõllul olevast automaatilmajaamast. Mõõdetud väärtustest on aruandes kasutatud ilmastiku iseloomustamiseks keskmiseid õhutemperatuure (tabel 4) ja sademete hulka (tabel 5). 2006. aasta varakevad oli jahe ja sademetevaene. Mai lõpul ja juuni algul oli sademeid piisavalt, kuid õhutemperatuur keskmisest veidi madalam, mille mõjul vili võrsus hästi ja arenes välja ka korralik juurekava. Soojemad ilmad saabusid alles

juuni keskel, kuid koos sellega algas ka pikem põuaperiood, mis kiirendas teraviljade valmimist. Kuiv ja soe ilm juuli teises pooles ning augustis, takistas kartulimugulate kasvu, kuid samas hoidis ära ka lehemädaniku laialdase leviku. 2008. aasta kevad oli suhteliselt varajane – aprillikuu oli võrreldes 19 katseaasta keskmisega 1,2 kraadi soojem. Samas jäi ülejäänud kasvuperiood võrreldes keskmisega veidi jahedamaks. Intensiivse taimedekasvuperioodi (mai-august) sademete summa oli vaid 20,5 mm keskmisest kõrgem, kuid sademete jaotus oli väga ebahühtlane. Mais sadas vaid 27,4 mm, mis on 2,2 korda vähem kõigi katseaastate keskmisest. Augustis oli sademeid aga 1,5 korda keskmisest rohkem, mistõttu oli raskendatud optimaalse koristusaja leidmine.

Tabel 4. Keskmise õhutemperatuur IOSDV katsealal dekaadide lõikes aastatel 2006...2008 vegetatsiooniperioodil võrreldes 19 katseaasta (1990...2008) keskmisega

Kuu	Dekaad	Dekaaadi keskmine õhutemperatuur °C			
		19 a keskm.	2006	2007	2008
Aprill	I	3,6	3,4	2,0	6,5
	II	5,7	6,0	7,5	5,3
	III	8,8	9,2	5,9	9,7
<b>Keskmine</b>		<b>6,0</b>	<b>6,2</b>	<b>5,2</b>	<b>7,2</b>
Mai	I	10,3	14,1	5,7	11,1
	II	10,8	10,8	11,3	8,8
	III	12,5	11,0	18,4	12,0
<b>Keskmine</b>		<b>11,2</b>	<b>12,0</b>	<b>11,8</b>	<b>10,6</b>
Juuni	I	14,7	11,5	16,8	15,4
	II	15,2	18,6	15,7	14,1
	III	15,9	18,7	15,1	13,9
<b>Keskmine</b>		<b>15,3</b>	<b>16,3</b>	<b>15,9</b>	<b>14,5</b>
Juuli	I	17,4	21,0	17,2	15,1
	II	17,9	18,2	17,2	16,6
	III	18,0	17,1	16,2	16,5
<b>Keskmine</b>		<b>17,8</b>	<b>18,8</b>	<b>16,9</b>	<b>16,1</b>
August	I	17,8	17,0	19,1	15,4
	II	16,6	17,9	20,2	18,0
	III	15,4	16,2	15,2	13,9
<b>Keskmine</b>		<b>16,6</b>	<b>17,2</b>	<b>18,2</b>	<b>15,8</b>
September	I	13,3	14,5	10,5	13,4
	II	10,7	12,6	9,9	7,1
	III	9,8	13,7	13,0	9,1
<b>Keskmine</b>		<b>11,3</b>	<b>13,6</b>	<b>11,1</b>	<b>9,9</b>

2007. aasta aprilli lõpp ja mai algus olid jahedamad nii paljude aastate keskmisest kui ka 2006. ja 2008. aastast. Seetõttu venis suviteraviljade tärkamise periood ning oder tärkas 16 päeva ja nisu koguni 18 päeva pärast külvi (tabel 6). Mai III dekaad oli võrreldes paljude aastate keskmisega ligi 6 kraadi soojem, mistõttu lühenesid nii võrsumise kui ka kõrsumise faasid ning takistatud sai ka pealge moodustumine. Seetõttu jäid suviteraviljad hõredaks. Juuni ja juuli temperatuur ning sademete hulk olid lähedased paljude aastate keskmisele, kuid august oli soe ja sademetevaene. Suviteraviljad valmisid ebahühtlaselt ja esines ka palju hilisvõrseid. Oder koristati 7. ja suvinisu 14. augustil.

Tabel 5. Sademete summa IOSDV katsealal dekaadide lõikes aastate 2006...2008 vegetatsiooniperioodil võrreldes 19 katseaasta (1990...2008) keskmisega

Kuu	Dekaad	Dekaadi sademete summa mm			
		19 a keskm.	2006	2007	2008
Aprill	I	10,8	10,8	6,6	14,6
	II	10,6	3,8	6,6	12,2
	III	7,1	0	19,0	0
<b>Keskm./kokku</b>		<b>28,5</b>	<b>14,6</b>	<b>32,2</b>	<b>26,8</b>
Mai	I	16,8	0	20,2	16,6
	II	17,8	16,4	18,8	10,6
	III	25,1	17,4	52,6	0,2
<b>Keskm./kokku</b>		<b>59,7</b>	<b>33,8</b>	<b>91,6</b>	<b>27,4</b>
Juuni	I	17,4	36,8	9,0	1
	II	28,6	0,2	8,0	76,4
	III	32,7	10,0	27,2	33,2
<b>Keskm./kokku</b>		<b>78,7</b>	<b>47,0</b>	<b>44,2</b>	<b>110,6</b>
Juuli	I	20,3	10,0	30,8	28,8
	II	23,3	0	16,2	16,0
	III	29	6,2	7,8	9,0
<b>Keskm./kokku</b>		<b>72,6</b>	<b>16,2</b>	<b>54,8</b>	<b>53,8</b>
August	I	30,4	13,6	0,2	74,0
	II	25,2	16,2	0,6	22,6
	III	22,5	50,6	9,4	21,2
<b>Keskm./kokku</b>		<b>78,1</b>	<b>80,4</b>	<b>10,2</b>	<b>117,8</b>
September	I	16,7	28,0	0,4	35,2
	II	16,5	6,0	6,2	0,4
	III	18,5	1,0	2,4	10,0
<b>Keskm./kokku</b>		<b>51,7</b>	<b>35,0</b>	<b>9,0</b>	<b>45,6</b>
<b>Mai – aug. kokku</b>		<b>289,1</b>	<b>177,4</b>	<b>200,8</b>	<b>309,6</b>

2008. aasta kevad oli suhteliselt varajane – aprillikuu oli võrreldes 19 katseaasta keskmisega 1,2 kraadi soojem. Aprilli lõpus külvatud teravili tärkas 8 päevaga (tabel 6), hoolimata sellest, et aprilli lõpp ja mai algus pöördusid jahedamaks ja kuivaks. Samas jäi ülejäänud kasvuperiood võrreldes keskmisega veidi jahedamaks. Intensiivse taimedekasvuperioodi (mai-august) sademete summa oli vaid 20,5 mm keskmisest kõrgem, kuid sademete jaotus oli väga ebahütlane. Mais sadas vaid 27,4 mm, mis on 2,2 korda vähem kõigi katseaastate keskmisest. Suve alguse kuivus mõjutas taimede, eriti odrataimede hilisemat arengut ja kasvu, oder jäi kasvult suhteliselt kiduraks. Loomine algas jaanipäeva paiku. Juuni II dekaad oli erakordselt sademeterohke olles võrdne 19. aasta keskmise sademete kuunormiga. Juuli oli seevastu suhteliselt jahe ja mõõduka sademete hulgaga. Suhteliselt kuiv juuli ilmselt põhjustaski odra taimede erinevat arengukiirust mineraalse lämmastikuväetise variantides. Augustis oli sademeid aga 1,5 korda keskmisest rohkem, mistõttu oli raskendatud optimaalse koristusaja leidmine.

Suviteraviljad külvati aprilli lõpus, külviaeg kõikus 23. aprilli ja 29. aprilli vahel (tabel 6). Tärkamine toimus mai algul ja loomine jaanipäeva paiku. Keskmiselt kulus tärkamisest loomiseni umbes 51 päeva. Koristamine algas augustis, oder tavaliselt nädal varem kui suvinisu.

Tabel 6. Teraviljade kasvufaasid IOSDV põldkatses aastatel 2006....2008.

Kasvufaasid	Suviniisu		Oder	
	Kuupäev	Kestus päevades	Kuupäev	Kestus päevades
2006				
külv	26. aprill		26. aprill	
tärkamine	07. mai	11	06. mai	10
võrsumine	22. mai	15	22. mai	16
kõrsumine	09. juuni	18	09. juuni	18
loomine	21. juuni	12	22. juuni	13
õitsemine	25. juuni	4	28. juuni	6
piimküpsus	09. juuli	14	08. juuli	10
vahaküpsus	26. juuli	17	17. juuli	9
täisküpsus	07. august	12	26. juuli	9
koristamine	09. august		01. august	
2007				
külv	23. aprill		23. aprill	
tärkamine	7. mai	15	9. mai	16
võrsumine	22. mai	15	21. mai	12
kõrsumine	9. juuni	20	5. juuni	15
loomine	22. juuni	13	25. juuni	20
õitsemine	28. juuni	6	28. juuni	3
piimküpsus	12. juuli	14	6. juuli	8
vahaküpsus	23. juuli	11	16. juuli	10
täisküpsus	10. aug	18	29. juuli	13
koristamine	14. aug.		07. aug	
2008				
külv	29. aprill		29. aprill	
tärkamine	6. mai	7	6. mai	7
võrsumine	22. mai	16	21. mai	15
kõrsumine	6. juuni	15	5. juuni	14
loomine	25. juuni	19	30. juuni	25
õitsemine	4. juuli	9	4. juuli	4
piimküpsus	31. juuli	27	21. juuli	17
vahaküpsus	7. august	7	31. juuli	10; 17*
täisküpsus	22. august	15	7. august	7; 11*
koristamine	1. september		19. august	

\* katsevariantidel N120 ja N160 saabusid vahaküpsus ja täisküpsus hiljem

Kartuli panek toimus 9. mail 2008.a. ja tärkamine 6. juunil ehk 28 päeva peale mahapanekut. Kartulisordile 'Anti' on omane aeglane algareng. Kartuli õiepungad olid olemas 4. juulil. Õitsemine algas 24. juulil ja õitsemine jätkus kuni 31. juulini. 8. augustil täheldati ka lehemädaniku algust (st umbes 25% oli nakatunud). Lõplikult hävisid kartulipealsed lehemädaniku tõttu juba 21. augustiks. Kartul koristati 12 septembril ja kasvuperioodi pikkuseks kujunes 127 päeva.

Teraviljade kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa jäi aastail 2006–2008 paljude aastate keskmise lähedale (tabel 7). Samas kasvuperioodi sademete hulk jäi 2006. ja 2007. aastal madalamaks paljude aastate keskmisest, moodustades sellest vastavalt 40% ja 69–77%. Seevastu 2008. aastal oli teraviljade kasvuperioodil sademeid rohkem kui

paljude aastate keskmiselt, ületades vastavalt 16% odra ja 14% nisukasvuperioodil. Erinevus esines ka teravilja kasvuperioodi pikkustes. Suvinisu kasvuperiood kõikus 105 päeva(2006) kuni 126 päevani (2008). Odral jäi kasvuperiood 97 ja 113 päeva vahele. 2008.a. takistasid ilmaolud koristamist ja seega näiliselt pikenes suviteraviljade kasvuperiood.

Kartuli kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa oli 2006. aastal palju aastate keskmisest kõrgem, kuid sademeid langes vaid 67% palju aastate keskmisest. 2008. a. jäi kartuli efektiivsete temperatuuride summa pikaajalisest näitajast väiksemaks. 2008. a. kasvuperiood oli võrreldes palju aastate keskmisega jahedam ja sademeterikkam. Kõige väiksem sademete hulk langes aga 2007.a., mil kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa oli ligilähedane palju aastate keskmisele.

Tabel 7. Kultuuride kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride ja sademete summa aastatel 2006...2008 võrrelduna 19 katseaasta keskmisega IOSDV põldkatses

Kultuur	Efektiivsete temperatuuride summa, °C				Sademete summa, mm			
	2006	2007	2008	keskm.	2006	2007	2008	keskm.
Kartul	1510	1386	1179	1458	212	159	328	305
Suvinisu	1105	1138	1161	1142	111	189	310	272
Oder	1007	1018	1035	1047	97	189	286	247

### 3. Põldkatse tulemused

#### 3.1. Orgaaniliste ja mineraalväetiste mõju ja koosmõju põllukultuuride saagikusele

##### 3.1.1. Kartul

Kartuli kasvuks osutus 2007. katseaasta väetiste efektiivsuse seisukohalt üsna soodsaks. Kui väetamata katsevariandis saadi kartulisordi 'Anti' 2006. aastal mugulasaagiks 17,03 t/ha (tabel 8), siis 2007. aastal oli see näitaja tagasihoidlikum (12,05 t/ha). Sellel foonil avaldus 2007. aastal aga eriti ilmekalt mineraalväetise (ammooniumsalpeetri) saaki suurendav mõju, kus lämmastikunorm N 160 kg/ha suurendas mugulasaaki 2,5 korda. Kahe katseaasta keskmisena saadi ilma orgaaniliste väetisteta foonil kõrgeim mugulasaak mineraalväetise normi 120 kg N/ha kasutamisel. Selle tulemusel tõusis mugulasaak ligi kaks korda.

Tabel 8. Kartuli 'Anti' mugulasaagid IOSDV põldkatsetes sõltuvalt väetamisest 2006. ja 2007. aastal

Orgaanilise väetise foon	N kg/ha	Saak t/ha			Enamsaak	
		2006	2007	Keskmine	t/ha	%
Ilma orgaanilise väetiseta	0	17,03	12,05	14,54	-	-
	40	21,03	21,73	21,38	6,84	47
	80	24,19	26,13	25,16	10,62	73
	120	26,66	29,82	28,24	13,70	94
	160	25,30	30,30	27,80	13,26	91
Sõnnik 40 t/ha	0	22,42	36,24	29,33	14,79	102
	40	27,83	41,67	34,75	20,21	139
	80	30,20	41,72	35,96	21,42	147
	120	34,24	44,95	39,60	25,06	172
	160	32,59	45,73	39,16	24,62	169
Alternatiivsed väetised	0	21,65	24,36	23,00	8,46	58
	LKJ	25,47	23,42	24,44	9,90	68
	LKJ	26,02	27,73	26,88	12,34	85
	LKJ	26,41	28,36	27,38	12,84	88
	160*	23,77	27,30	25,54	11,00	76

\* Mineraalse kompleksväetise järelmõju; LKJ – lihakondijahu (2006.a. otsemõju, 2007.a. järelmõju)

Sõnniku saaki suurendav mõju oli eriti märgatav 2007. aastal kui 40 t/ha tahedat käärinud veisesõnnikut suurendas kartuli 'Anti' mugulasaaki võrreldes aastaid väetamata variandiga ligi kolmekordseks. Maksimaalne mugulasaak (45,73 t/ha) sõnniku foonil saadi lämmastikunormi 160 kg N/ha kasutamisel ja see on 19 aastat kestnud põldkatse rekordtulemus. Kahe aasta keskmisena saadi kõige kõrgem mugulasaak lämmastikunormi 120 kg N/ha kasutamisel, kus mugulasaak võrreldes väetamata katsevariandiga suurenes ligi 2,7 korda.

Sõnniku asendamine alternatiivsete orgaaniliste väetistega (haljasväetised, põhk) tõstis kartuli kasvuks soodsalt 2007. aastal mugulasaaki kaks korda võrreldes aastaid väetamata katsevariandiga. Lihakondijahu oluliselt saaki ei suurendanud ning saagitõus jäi katsevea piiridesse. Lihakondijahu (600 kg/ha) otsemõju ja mineraalse väetamise suurte normide järelmõjul haljasväetise foonil saadud saak oli võrreldav kõige kõrgema saagiga orgaaniliste väetisteta foonil koristatud N120 variandis ja sõnniku ja mineraalse

lämmastiku väiksemate normide korral saadud saagiga. Lihakondijahu järelmõju kartuli saagile 2007. aastal puudus. Kolmandal aastal peale mineraalväetiste kasutamisest loobumist jäi nende järelmõju juba suhteliselt tagasihoidlikuks ega olnud enam statistiliselt usutav.

Kartuli mugulasaagid jäid 2008. aastal ebasoodsa ilmastiku tõttu suhteliselt tagasihoidlikuks. 19 aastat väetamata katsevariandis saadi mugulasaagiks vaid 7,2 t/ha (tabel 9). Sõnniku kasutamine täiendava mineraalväetiseta tõstis mugulasaagi võrreldes väetamata katsevariandiga kahekordseks (14,9 t/ha). Mineraalväetise (ammooniumnitraadi) kasutamine suurendas oluliselt saaki mõlemal orgaanilise väetise foonil. Orgaaniliste väetisteta variandis saadi maksimaalne mugulasaak mineraalse lämmastikväetise N120 kasutamisel, kui saak võrreldes mineraalväetiseta variandiga suurenes enam kui kaks korda. Agronoomiliselt maksimaalseks lämmastiku normiks orgaaniliste väetisteta foonil kujunes 138 kg N/ha. Sõnniku foonil saadi suurim saak (27,5 t/ha) mineraalse lämmastiku normi 160 kg/ha kasutamisel. Metaankääritatud sealäga taheda separaadi kasutamisel saadi suurim saak 15 t/ha suuruse normi kasutamisel. Saagikuse suurenemine võrreldes kontrollvariandiga oli erinevate annuste korral 39...62%. Metaankääritatud sealäga separaadi mõju saagikusele on võrreldava suurusega traditsiooniliselt kasutatava taheda veisesõnnikuga.

Tabel 9. Kartuli 'Anti' mugulasaagid IOSDV põldkatses 2008. aastal

Väetise variant		Saak, t/ha	Enamsaak, t/ha	
Orgaaniline	Min. N kg/ha		Min. väetise mõjul	Org. väetise mõjul
Ilma orgaanilise väetiseta	0	7,2	-	-
	40	11,5	4,3	-
	80	15,5	8,3	-
	120	17,7	10,5	-
	160	16,7	9,5	-
Sõnnik 40 t/ha	0	14,9	-	7,7
	40	21,5	6,6	10,0
	80	24,1	9,2	8,6
	120	24,5	9,6	6,8
	160	27,5	12,5	10,7
MKL 10 t/ha MKL 15 t/ha MKL 20 t/ha	0	8,4	-	-
	0	12,1	-	3,8
	0	14,1	-	5,8
	0	13,5	-	5,2
	0	9,1	-	-

MKL – metaankääritatud sealäga tahe separaat

Võrreldes omavahel erinevaid väetusvariante selgub, et maksimaalse mugulasaagi annab sõnniku ja mineraalväetise kooskasutamine. Väetamisest oluliselt rohkem on kartuli saagikust mõjutanud katseaastate ilmastikutingimused. Nagu tabelis 10 toodud andmetest selgub on väetamata katsevariandi saak külvikorra rotatsiooni keskmisena kõikunud 14,6...21,5 tonni piires. Sõnniku regulaarne kasutamine külvikorras on suurendanud kartuli saagikust katseaastate keskmisena 5,1 tonni võrra ehk 31%. Mineraalväetiste mõjul (norm N80) suurenes kartuli saagikus koguni 7,1 t/ha ehk 44% võrra. Kõige suurema saagitõusu (11,5 t/ha ehk 71%) andis sõnniku ja mineraalväetise kooskasutamise. 2008.a. jäi kartuli saagikus pikaajalisest keskmisest tunduvalt madalamaks kõigis katsevariantides. Kuid tähelepanuväärne on, et samas väetamisest saadav enamsaak oli kõrgem pikaajalisest



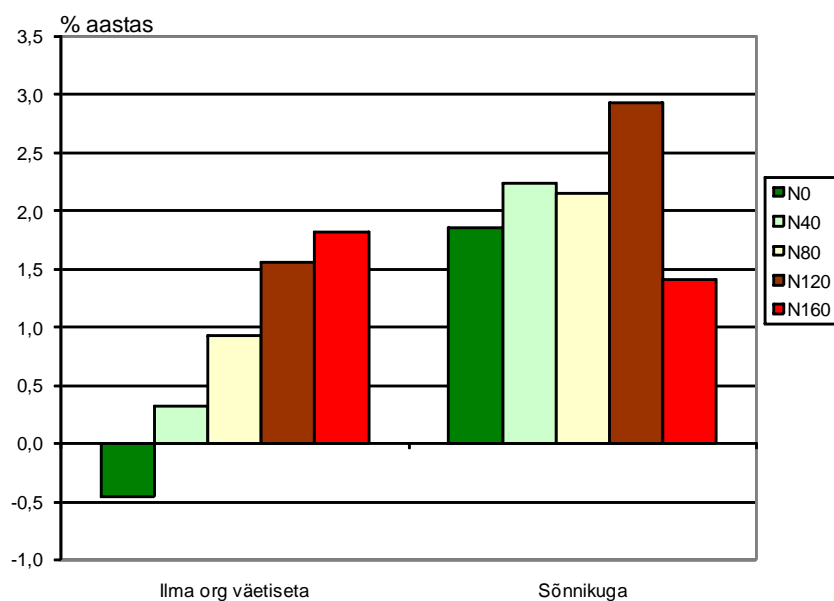
keskmisest. Seega väetamine aitas olulisel määral leevendada ebasoodsatest ilmastikutingimustest tulenevat riski.

Tabel 10. Sõnniku, mineraalväetise ja nende kooskasutamise mõju kartuli saagikusele (t/ha) 2006–2008. aastal võrrelduna kuue rotatsiooni keskmisega

Külvikorra rotatsioonid		Saak väetamata	Sõnnik		Mineraalväetis N80		Sõnnik + N80	
Nr.	Aastad		Saak	Enam-saak	Saak	Enam-saak	Saak	Enam-saak
1.	1990-1992	15,8	20,5	4,7*	20,6	4,8*	25,1	9,3*
2.	1993-1995	17,0	18,6	1,6	22,3	5,3*	23,7	6,7*
3.	1996-1998	14,6	18,8	4,2	21,7	7,2*	24,9	10,3*
4.	1999-2001	21,5	26,1	4,6	31,3	9,8*	35,6	14,1*
5.	2002-2004	13,2	17,3	4,1	19,2	6,0*	21,7	8,5*
6.	2005-2007	15,0	26,4	9,4*	24,8	9,8*	35,0	10,5*
	<b>Keskmine</b>	<b>16,2</b>	<b>21,3</b>	<b>5,1*</b>	<b>23,3</b>	<b>7,1*</b>	<b>27,7</b>	<b>11,5*</b>
	<b>2006</b>	<b>17,0</b>	<b>22,4</b>	<b>5,4*</b>	<b>24,2</b>	<b>7,2*</b>	<b>30,2</b>	<b>13,2*</b>
	<b>2007</b>	<b>12,0</b>	<b>36,2</b>	<b>24,2*</b>	<b>26,1</b>	<b>14,1*</b>	<b>41,7</b>	<b>29,7*</b>
	<b>2008</b>	<b>7,2</b>	<b>14,9</b>	<b>7,7*</b>	<b>15,5</b>	<b>8,3*</b>	<b>24,1</b>	<b>16,9*</b>

\* statistiliselt usutav erinevus võrreldes väetamata variandiga (p= 0,05)

Ilma väetamiseta vähenes kartuli saagikus kuue rotatsiooni jooksul keskmiselt 0,5% ühe aasta kohta (joonis 4). Sõnniku perioodilisel kasutamisel on kartuli saagitase 18 aasta jooksul suurenenud 1,4–2,9% aastas. Seega suhteliselt kesist kartuli saagikust (ca 20 t/ha) on võimalik säilitada pikaajaliselt ainuüksi sõnniku kasutamisel, ent kõrgema produktiivsuse jaoks on vajalik ka mineraalväetiste kasutamine. Sõnniku kasutamisel pole jätkusuutliku saagikuse tagamiseks põhjendatud liigsuurte mineraalväetiskoguste (N160) andmine.



Joonis 4. Kartuli mugulasaagi pikaajaline (18 aastat) muutuse trend (% aastas) sõltuvalt orgaanilisest ja mineraalväetiste kasutamisest. Leitud rotatsioonide keskmiste saagikuste alusel.

### 3.1.2. Suvinisu

Teatavasti sõltub suvinisu saak ühelt poolt kasvuperioodi ilmastiku tingimustest ja oluliselt ka väetamisest. Kuigi suvinisu kasvuperiood oli 2007. aastal üheksa päeva pikem kui 2006. aastal jäi nisu saagikus siiski madalamaks (tabel 11). Samas kontrollfooni keskmine saak ei erinenud oluliselt, olles aastail 2006 ja 2007 vastavalt 3,2 ja 3,0 t/ha. Sõnniku järelmõjul oli keskmine saak 2006. a. 3,7 ja 2007. a. 3,4 t/ha, ületades usutavalt kontrollfooni keskmist. Samuti olid komposti esimese aasta järelmõju foonil saadud saagid 2006 .a. tunduvalt kõrgemad (3,7 t/ha) kui haljasväetise järelmõjul saadud saagid 2007.a.

Kahe aasta keskmisena suurenes suvinisu saak nii sõnniku kui haljasväetise järelmõju foonil, vastavalt 24 ja 21%. Mineraalväetised ületasid oma mõjult orgaanilisi väetisi töstes saaki keskmisena 30–55%. Kõige suurem saak saadi 2007.a. N160 variandis sõnniku järelmõju foonil. Sõnniku järelmõju foonil saadud saagid olid küll suuremad kui orgaanilise väetiseta foonil, kuid need erinevused ei olnud statistiliselt usutavad. Ainult N40 normi korral ületas sõnniku foonil saadud saak usutavalt ka sama variandi saaki orgaanilise väetiseta foonil. Sünteetiliste mineraalväetisteta haljasväetise ja komposti järelmõju variandis oli kahe aasta keskmisena saagi suurenemine mineraalväetise järelmõjul 30% ja lihakondijahu variantides kõikus see 30–36% piires.

Linnaheitvee settemuda komposti järelmõju oli võrreldav sõnniku järelmõjuga. Lihakondijahul (norm 200 kg/ha) ei olnud 2006.a. statistiliselt usutavat mõju saagile. Samas kõige kõrgemad nisu saagid saadi 2006. aastal just linnaheitvee settemuda komposti järelmõju foonil lihakondijahu ja mineraalväetise suurte normide järelmõju variantides nagu ka sõnniku järelmõju foonil kõrgete lämmastikunormide variantides. Samuti ei olnud 2007.aastal lihakondijahu järelmõjul (600 kg/ha) usutavat mõju nisu saagile. Haljasväetisena sisseküntud ristikuädala järelmõju praktiliselt puudus.

Tabel 11. Suvinisu terasaak ja väetamise arvelt saadud enamsaak 2006. ja 2007. aastal sõltuvalt väetamisest

Orgaanilise väetise foon	N kg/ha	Saak t/ha			Enamsaak	
		2006	2007	Keskmine	t/ha	%
Ilma orgaanilise väetiseta	0	2,71	1,86	2,29	-	-
	40	3,11	2,82	2,96	0,67*	30
	80	3,43	3,15	3,29	1,00*	44
	120	3,51	3,56	3,53	1,24*	55
	160	3,09	3,62	3,35	1,06*	47
Sõnniku 1.a. järelmõju	0	3,36	2,30	2,83	0,54*	24
	40	3,69	3,20	3,44	1,15*	51
	80	3,88	3,53	3,70	1,41*	62
	120	3,98	3,79	3,88	1,59*	70
	160	3,43	4,10	3,76	1,47*	65
Alternatiivsed väetised	0	3,47	2,04	2,76	0,47*	21
	LKJ	3,60	2,35	2,98	0,69*	30
	LKJ	3,79	2,37	3,08	0,79*	35
	LKJ	3,89	2,32	3,10	0,81*	36
	0	3,69	2,23	2,96	0,67*	30
	keskmine	3,51	2,88			

\*- statistiliselt usutav erinevus(p=0,05); LKJ –lihakondijahu 2006.a. 200 kg/ha ja 2007.a. 600 kg/ha järelmõju

Kõige suurema enamsaagi andis mineraalne väetamine 2008. aastal ja kõige vähem mõjus väetamine 2006. aastal. Sõnniku järelmõju suurendas statistiliselt usutavalt saaki vaid 2008. aastal. Suvinisu terasaak (14% niiskuse juures) oli 2008. aastal väetamata variandis 1,5 t/ha (tabel 12). Uuritavatest katsefaktoritest suurendas suvinisu saaki kõige suuremal määral mineraalne lämmastikväetamine ja vähemal määral orgaanilised väetised – sõnniku 1.a. järelmõju ja haava puitmassi tootmise jääkmuda komposti otsemõju.

Tabel 12. Suvinisu 'Vinjett' terasaak ja väetamise arvelt saadud enamsaak (t/ha) erinevates väetusvariantides 2008. aastal

Väetise variant		Saak, t/ha	Enamsaak, t/ha	
Orgaaniline	Min. N, kg/ha		Min. väetise mõjul	Org. väetise mõjul
Ilma orgaanilise väetiseta	0	1,5	-	-
	40	2,9	1,4	-
	80	3,6	2,1	-
	120	4,5	3,0	-
	160	4,2	2,7	-
Sõnniku 1.a. järelmõju	0	2,4	-	0,9
	40	3,6	1,2	0,7
	80	4,4	2,0	0,8
	120	4,8	2,4	0,3
	160	4,7	2,3	0,5
Haava puitmassi jääkmuda ja puukoore kompost	0	2,5	-	1,0

Mineraalne lämmastikväetamine suurendas saaki 1,9...3 korda. Sõnniku esimese aasta järelmõju foonil oli nisu saagikus võrreldes ilma orgaanilise väetisteta külvikorraga 0,3...0,9 t/ha suurem. Kõrgeim saagikus oli ilma orgaaniliste väetisteta külvikorras 160 kg N kasutamisel 4,2 t/ha ning sõnniku järelmõju foonil 120 kg N kasutamisel 4,8 t/ha. Haava puitmassi jääkmuda ja puukoore komposti mõju nisu tera saagikusele jäi 2008.a. tagasihoidlikuks (2,5 t/ha). Komposti kasutamine normiga 30 t/ha suurendas saagikust võrreldes väetamata variandiga (N0) 1,0 t võrra, kuid jäi madalamaks võrreldes kõigi mineraalväetist saanud katsevariantidega.

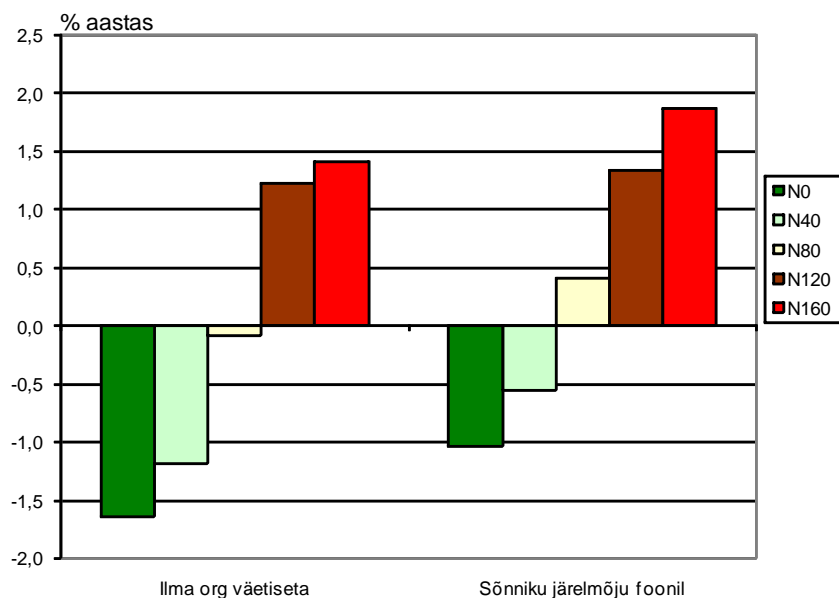
Kaheksateist aastat väldanud väetiste mittekasutamine ei ole toonud kaasa väga suurt saagi langust. Saagi vähenemise tendentsi on varjutanud asjaolu, et saagi suurus on sõltunud suurel määral ka ilmastiku tingimustest. Kui sõnniku järelmõjul polnud saagi suurenemine külvikorra rotatsioonide kaupa statistiliselt usutav, siis kõikide rotatsioonide keskmisena küll, suurendades saaki 0,36 t/ha ehk 17% võrra (tabel 13). Mineraalväetiste kasutamisel saak kasvas usutavalt nii orgaaniliste väetisteta foonil, kui ka sõnniku järelmõju foonil ja seda kõigis rotatsioonides. Külvikorra rotatsioonide keskmisena on saagitõus mineraalväetiste foonil ning mineraalväetiste ja sõnniku järelmõju foonil vastavalt 57% ja 65%. 2008. aasta katseandmetest selgub, et nii sõnniku järelmõju kui ka mineraalse lämmastikväetise efektiivsus oli tunduvalt kõrgem paljude aastate keskmisest. Kui 18 aasta keskmisena suurendas sõnniku järelmõju foonil 80 kg N kasutamine nisu saagikust 65%, siis 2008.a. oli saagikasv võrreldes väetamata kontrollvariandiga saagikust koguni 205%.

Tabel 13. Sõnniku, mineraalväetise ja nende kooskasutamise mõju suvinisu saagikusele 2008. aastal (t/ha) võrrelduna külvikorra rotatsioonide keskmistega

Külvikorra rotatsioonid		Saak väetamata, t/ha	Sõnniku 1. a. järelmõju		Mineraalväetis N80		Sõnniku 1. a. järelmõju + N80	
Nr.	aastad		Saak	Enam-saak	Saak	Enam-saak	Saak	Enam-saak
1.	1990...1992	2,38	2,46	0,08	3,08	0,70*	3,05	0,67*
2.	1993...1995	2,40	2,75	0,35	3,96	1,56*	4,03	1,63*
3.	1996...1998	2,83	3,32	0,49	4,76	1,93*	4,98	2,15*
4.	1999...2001	1,64	1,92	0,28	2,68	1,04*	2,86	1,22*
5.	2002...2004	1,51	1,97	0,46	2,19	0,68*	2,48	0,97*
6.	2005...2007	2,10	2,59	0,49	3,56	1,46*	3,86	1,76*
<b>Keskmine</b>		<b>2,14</b>	<b>2,50</b>	<b>0,36*</b>	<b>3,37</b>	<b>1,23*</b>	<b>3,54</b>	<b>1,40*</b>
<b>2006</b>		<b>2,71</b>	<b>3,36</b>	<b>0,65</b>	<b>3,43</b>	<b>0,72</b>	<b>3,88</b>	<b>1,17</b>
<b>2007</b>		<b>1,86</b>	<b>2,3</b>	<b>0,44*</b>	<b>3,15</b>	<b>1,29*</b>	<b>3,53</b>	<b>1,67*</b>
<b>2008</b>		<b>1,45</b>	<b>2,37</b>	<b>0,92*</b>	<b>3,61</b>	<b>2,16*</b>	<b>4,42</b>	<b>2,97*</b>

\* statistiliselt usutav erinevus (p= 0,05)

Ilma väetamiseta vähenes suvinisu terasaagikus kuue rotatsiooni jooksul keskmiselt 1,6% ühe aasta kohta (joonis 5). Orgaaniliste väetisteta külvikorras suurenes produktiivsus mineraalsete väetisnormide N120 ja N160 korral. Sõnniku perioodilisel kasutamisel oli saagilangus oluliselt väiksem, kuid küündis siiski mineraalväetisteta viljelemisel ühe protsendini aastas. Ilma orgaanilise väetiseta külvikorra puhul on suvinisu produktsioonitaseme säilitamiseks vaja kasutada arvutuslikult väetisnormi N83. Sõnnikuga külvikorras jääb vajalik mineraalväetise kogus lämmastiku järgi arvestatuna 24 kg väiksemaks (N59).



Joonis 5. Nisu terasaagi pikaajaline (18 aastat) muutuse trend (% aastas) sõltuvalt orgaanilise ja mineraalväetiste kasutamisest. Leitud lähtuvalt rotatsiooni keskmistest saagikustest.

### 3.1.3. Oder

Oder 'Anni' on tänu omale heale saagikusele üks populaarsemaid odra sorte Eestis. Mineraal ja orgaaniliste väetiste mõju selgitamiseks rajatud katse tulemustest 2006. ja 2007. aastal odra terasaakide (14 % niiskuse juures) osas annab ülevaate tabel 14. Väetamata katselappide saak ei erinenud 2007. aastal võrreldes eelmise katseaasta saagikusega. Küll jäi aga orgaaniliste väetiste järelmõju 2007. aastal märgatavalt väiksemaks võrreldes eelmise aastaga. Sõnniku 2.a. järelmõjul saak usutavalt ei suurenenud, olles vaid 0,24 t/ha suurem kontrollvariandi saagist. Kõige rohkem on mõjutanud odra saagikust mineraalse lämmastikväetise kasutamine, mille mõjul suurenes odra saagikus 50–128%. Suurim saagikus saadi 120 kg lämmastiku kasutamisel. Optimaalse mineraalse lämmastikväetise toimel suurenes saak enam kui kaks korda võrreldes väetamata variandi saagiga. Kuigi sõnniku foonil saadakse reeglina mineraalväetistega suuremaid saake kui orgaanilise väetisteta foonil, siis meie katses sõnniku teise aasta järelmõju foonil see oluliselt ei avaldunud. Sõnniku 2.a. järelmõjul oli saak mõlemal aastal usutavalt kõrgem kui komposti 2.a järelmõjul. Kui 2006. aastal oli linnahetivee settemuda komposti ja kondijahu koosmõjul veel statistiliselt usutav saagitõus, siis 2007.a. see puudus.

Tabel 14. Odra terasaagid aastatel 2006. ja 2007. aastal sõltuvalt väetamisest

Orgaanilise väetise foon	N kg/ha	Saak t/ha			Enamsaak	
		2006	2007	Keskmine	t/ha	%
Ilma orgaanilise väetiseta	0	1,81	1,84	1,83		
	40	2,58	2,89	2,74	0,91*	50
	80	3,36	3,55	3,46	1,63*	89
	120	4,00	3,87	3,94	2,11*	116
	160	4,05	3,60	3,83	2,00*	110
Sõnniku 2.a. järelmõju	0	2,43	1,70	2,07	0,24	13
	40	2,96	2,83	2,90	1,07*	59
	80	3,82	3,76	3,79	1,97*	108
	120	4,17	4,16	4,17	2,34*	128
	160	4,07	3,73	3,90	2,08*	114
Alternatiivsed väetised	0	1,94	1,27	1,61	-0,22	-12
	LKJ	2,16	1,15	1,66	-0,17	-9
	LKJ	2,33	1,60	1,97	0,14	8
	LKJ	2,50	1,39	1,95	0,12	7
	0	2,35	1,26	1,81	-0,02	-1
keskmine		2,97	2,57			

\*– statistiliselt usutav erinevus ( $p < 0.05$ ); LKJ – lihakondijahu (2006.a. 400 kg/ha ja 2007.a. 200 kg/ha järelmõju)

Odra terasaak jäi 2008. aastal väetamata variandis alla 1,5 t/ha (tabel 15). Mineraalne lämmastikväetis tõstis odra terasaaki juba madalaima lämmastikunormi korral 89%. Suuremate lämmastikunormidega (N80...N160) väetamisel saagitõus aeglustus ja saak ei erinenud statistiliselt usutavalt omavahel neis variantides. Sõnniku teise aasta järelmõju foonil oli odra saagikus võrreldes ilma orgaanilise väetisteta külvikorraga 8...32% suurem. Kõigi mineraalväetiste keskmisena andis sõnnikufoon suuremat saaki kui orgaaniliste väetisteta foon. Suurimad saagid saadi ilma orgaaniliste väetisteta variandis 120 kg N kasutamisel ning sõnniku teise aasta järelmõju foonil 160 kg N kasutamisel. Haava puitmassi jääkmuda kasutamisel kujunes keskmiseks terasaagiks 3,9 t/ha. Seega oli jääkmuda efekt odra saagikusele võrreldav 120...160 kg mineraalse lämmastiku mõjuga.

Tabel 15. Oder 'Anni' terasaak ja väetamise arvelt saadud enamsaak erinevates väetusvariantides 2008. aastal

Väetise variant		Saak, t/ha	Enamsaak, t/ha		
Orgaaniline	Min. N, kg/ha		Min. väetise mõjul	Org. väetise mõjul	
Ilma orgaanilise väetiseta	0	1,4	-	-	
	40	2,6	1,2	-	
	80	3,4	2,0	-	
	120	3,8	2,4	-	
	160	3,7	2,3	-	
Sõnniku 2.a. järelmõju	0	1,8	-	0,4	
	40	2,9	1,1	0,3	
	80	3,7	1,9	0,3	
	120	4,1	2,3	0,3	
	160	4,5	2,7	0,8	
Haava puitmassi jääkmuda		0	3,9	-	2,5

Külvikorra rotatsioonide keskmisena kõigub väetamata katsevariandilt saadud odra terasaak suurtes piirides (tabel 16). Samas on näha, et mineraalväetiste kasutamine leevendab oluliselt ilmastiku negatiivset mõju odra terasaagile. 2008. aastal saadi odra terasaagiks sõnniku teise aasta järelmõju foonil 80 kg/ha mineraalse lämmastiku kasutamisel 3,73 t/ha, mis teeb võrreldes väetamata katsevariandiga saagitõusuks 174%. Sõnniku teise aasta järelmõju andis saagitõusu 30%. Ainult mineraalväetise kasutamisel normiga 80 kg/ha N saadi täiendavat terasaaki 2,07 t/ha, seega saagi suurenemine oli 152%.

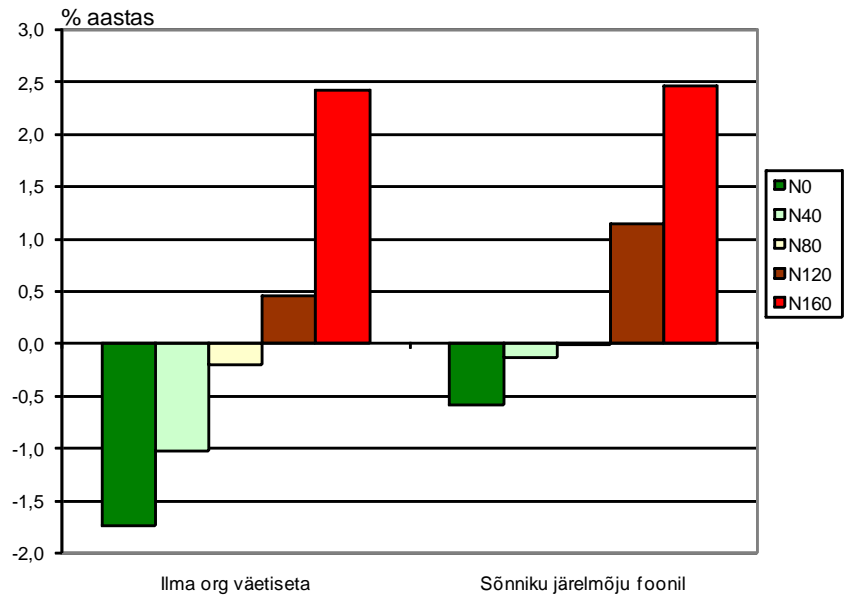
Tabel 16. Sõnniku, mineraalväetise ja nende kooskasutamise mõju odra saagikusele 2008. aastal võrrelduna külvikorrarotatsioonide keskmistega

Külvikorra rotatsioonid		Saak väetamata	Sõnniku 2.a. järelmõju		Mineraalväetis N-80		Sõnnik 2.a. järelmõju + N-80	
Nr.	aastad		Saak	Enamsaak	Saak	Enamsaak	Saak	Enamsaak
2	1993...1995	1,82	2,05	0,23	4,50	2,68*	4,75	2,93*
3	1996...1998	1,04	1,38	0,34	3,17	2,13*	3,45	2,41*
4	1999...2001	1,56	2,02	0,46	3,32	1,76*	3,63	2,07*
5	2002...2004	1,73	2,14	0,41	4,25	2,52*	4,48	2,75*
6	2005...2007	1,82	2,09	0,26	3,88	2,06*	4,14	2,32*
<b>Keskmine</b>		<b>1,59</b>	<b>1,94</b>	<b>0,34*</b>	<b>3,82</b>	<b>2,23*</b>	<b>4,09</b>	<b>2,50*</b>
<b>2006</b>		<b>1,81</b>	<b>2,43</b>	<b>0,62</b>	<b>3,36</b>	<b>1,55</b>	<b>3,82</b>	<b>2,01</b>
<b>2007</b>		<b>1,84</b>	<b>1,70</b>	<b>-0,14</b>	<b>3,55</b>	<b>1,71*</b>	<b>3,76</b>	<b>1,92*</b>
<b>2008</b>		<b>1,36</b>	<b>1,77</b>	<b>0,41*</b>	<b>3,43</b>	<b>2,07*</b>	<b>3,73</b>	<b>2,37*</b>

\* statistiliselt usutav erinevus (p= 0,05)

Ilma väetamiseta vähenes odra terasaagikus kuue rotatsiooni jooksul keskmiselt 1,7% ühe aasta kohta (joonis 6). Orgaaniliste väetisteta külvikorras suurenes produktiivsus mineraalsete väetisnormide N120 ja N160 korral. Sõnniku perioodilisel kasutamisel oli saagilangus oluliselt väiksem. Järjepidev suurte mineraalväetiste annuste (N160) kasutamine tagas odra saagikuse tõusu ligi 2,5% aastas. Ilma orgaanilise väetiseta külvikorra puhul on suvinisu produktsioonitaseme säilitamiseks vaja kasutada arvutuslikult

väetisnormi N81. Sõnnikuga külvikorras jääb vajalik mineraalväetise kogus lämmastiku järgi arvestatuna 32 kg väiksemaks (N49).



Joonis 6. Odra terasaagi pikaajaline (18 aastat) muutuse trend (% aastas) sõltuvalt orgaanilise ja mineraalväetiste kasutamisest. Leitud lähtuvalt rotatsiooni keskmistest saagikustest.

## 3.2. Orgaaniliste ja mineraalväetiste mõju põllukultuuride saagi kvaliteedile

### 3.2.1. Kartulimugulate fraktsiooniline koostis

Lisaks saagi suurendamisele avaldab väetamine positiivset mõju ka mugulate suurusele pesas (tabel 17). Väetiste toimel suurenes 2006. aastal nii mugulate arvukus pesas kui ka mugula keskmine mass. Samuti suurendas väetamine suurte ja väga suurte mugulate osakaalu kogusaagis, mis ulatus lämmastikväetise normi 120 kg N/ha kasutamisel ilma orgaaniliste väetisteta foonil kuni 79%-ni. Mittestandardsete (<30 mm läbimõõduga) mugulate osakaal kogusaagis oli minimaalne.

Tabel 17. Kartuli 'Anti' keskmine pesa suurus ja mugulate fraktsiooniline koostis 2006. aastal IOSDV katses vastavalt standardile EVS 731:1997

Väetise variant		Mugulate keskmine arv pesas (tk)	Mugula keskm. mass pesas (g)	Mugulate osatähtsus massi protsentides				
Orgaaniline	Min. N kg/ha			XL 60-69 mm	L 50-59 mm	M 40-49 mm	S 30-39 mm	<30 mm
Ilma orgaanilise väetiseta	0	6,9	58,7	8,2	41,9	37,2	11,2	1,7
	40	7,3	75,3	19,4	49,8	22,6	6,9	1,2
	80	8,1	71,5	17,5	53,5	21,5	6,5	1,0
	120	9,1	74,6	33,8	45,3	12,4	7,4	1,0
	160	8,2	77,8	41,6	36,0	16,4	4,0	1,9
<b>Fooni keskmine</b>		<b>7,9</b>	<b>71,6</b>	<b>24,1</b>	<b>45,3</b>	<b>22,0</b>	<b>7,2</b>	<b>1,4</b>
Sõnnik 40 t/ha	0	7,3	65,4	24,7	42,4	23,1	8,4	1,4
	40	7,7	85,3	36,5	36,5	21,7	4,0	1,3
	80	10,0	68,2	24,1	42,1	26,1	5,4	2,3
	120	9,5	81,8	28,2	45,9	15,7	6,5	1,4
	160	10,5	83,9	33,7	43,2	17,3	6,6	0,8
<b>Fooni keskmine</b>		<b>9,0</b>	<b>76,9</b>	<b>29,4</b>	<b>42,0</b>	<b>20,8</b>	<b>6,2</b>	<b>1,4</b>
Ristik	0	7,8	57,4	16,3	35,1	7,7	11,1	2,8
	160*	9,1	68,6	30,4	40,9	13,3	5,8	2,0

\* mineraalväetiste 2.a. järelmõju

2007. aastal avaldus eriti selgelt sõnniku positiivne mõju mugulate suurusele (tabel 18). Kui mugulate arv pesas oli võrreldav 2006. aastaga, siis mugula keskmine mass oli oluliselt kõrgem. Arvestatav oli ka ülisuurte (>90 mm) mugulate osakaalu suurenemine. Samuti suurendas väetamine suurte ja väga suurte mugulate osakaalu kogusaagis, mis 2007. aastal ulatus lämmastikväetise normi 80 kg N/ha kasutamisel sõnniku foonil 83%-ni. Mittestandardsete (<30 mm läbimõõduga) mugulate osakaal kogusaagis oli minimaalne jäädes kohati alla 1%.

2008. aastal jäi väetamise positiivne mõju mugulate suurusele suhteliselt tagasihoidlikuks (tabel 19). Kõige suurem oli keskmiste (40...49 mm) mugulate osakaal, ulatudes mineraalväetiseta katsevariantides kuni 2/3 kogusaagist. Suurte ja ülisuurte mugulate osakaal oli suurem sõnniku foonil kõrgemaid mineraalväetise norme saanud katsevariantides. Väikeste mugulate osatähtsus väheneb tunduvalt nii sõnniku kui ka mineraalse lämmastikväetise kasutamisel. Suhteliselt kõrge oli 2008. aastal ka mittestandardsete (<30 mm) mugulate osakaal ulatudes väetamata katsevariandis 7,7%-ni. Kaubanduslike mugulate osakaal kogusaagis oleneb väetamisest, aga eelkõige ilmastikust.



Samas vähendas ka vähendas optimaalne väetamine (sõnnik + mineraalväetis) oluliselt ebastandardsete mugulate osakaalu saagis isegi kartulikasvuks ebasoodsal 2008. aastal.

Tabel 18. Kartuli 'Anti' keskmine pesa suurus ja mugulate fraktsiooniline koostis 2007. aastal IOSDV katses vastavalt standardile EVS 731:1997

Väetise variant		Mugulate keskmine arv pesas (tk)	Mugula keskm. mass pesas (g)	Mugulate osatähtsus massi protsentides					
Orgaani line	Min. N kg/ha			XXL >90 mm	XL 60-69 mm	L 50-59 mm	M 40-49 mm	S 30-39 mm	<30 mm
Ilma orgaanilise väetiseta	0	5,9	61,5	0,0	17,8	47,3	26,6	5,6	2,8
	40	8,8	64,1	0,0	24,2	32,7	33,3	7,7	2,2
	80	8,2	67,3	10,3	25,0	33,6	24,6	4,4	2,0
	120	7,5	96,1	5,9	45,7	31,7	12,7	3,0	1,0
	160	8,1	88,9	0,0	58,6	23,0	12,5	4,4	1,5
<b>Fooni keskmine</b>		<b>7,7</b>	<b>75,6</b>	<b>3,2</b>	<b>34,3</b>	<b>33,7</b>	<b>21,9</b>	<b>5,0</b>	<b>1,9</b>
Sõnnik 40 t/ha	0	8,7	96,7	0,0	55,0	28,4	12,1	3,8	0,7
	40	8,3	115,0	7,4	59,9	17,0	13,3	1,5	0,8
	80	9,0	115,4	4,8	60,1	22,9	9,3	2,2	0,6
	120	10,9	93,9	9,0	52,8	22,4	8,9	5,0	1,9
	160	9,7	125,8	15,4	59,5	13,4	8,0	2,8	0,8
<b>Fooni keskmine</b>		<b>9,3</b>	<b>109,4</b>	<b>7,3</b>	<b>57,5</b>	<b>20,8</b>	<b>10,3</b>	<b>3,1</b>	<b>1,0</b>
Alternat. väetised	0	6,0	102,6	0,0	57,8	21,0	16,7	3,6	1,0
	LKJ	6,3	71,9	0,0	33,3	35,3	25,3	4,1	2,0
	LKJ	7,8	75,9	0,0	42,4	29,3	21,9	5,3	1,0
	LKJ	7,1	91,9	0,0	55,4	25,7	13,5	3,9	1,5
	160*	7,7	85,3	0,0	47,2	29,1	19,5	2,6	1,7
<b>Fooni keskmine</b>		<b>7,0</b>	<b>85,5</b>	<b>0,0</b>	<b>47,2</b>	<b>28,1</b>	<b>19,4</b>	<b>3,9</b>	<b>1,4</b>

\* mineraalväetise kolmanda aasta järeloomu

Tabel 19. Kartuli 'Anti' keskmine pesa suurus ja mugulate fraktsiooniline koostis 2008. aastal IOSDV katses vastavalt standardile EVS 731:1997

Väetise variant		Mugulate keskmine arv pesas (tk)	Mugula keskm. mass pesas (g)	Mugulate osatähtsus massi protsentides				
Orgaaniline	Min. N kg/ha			XL 60-69 mm	L 50-59 mm	M 40-49 mm	S 30-39 mm	<30 mm
Ilma orgaanilise väetiseta	0	6,5	38,9	0,0	25,2	41,4	25,7	7,7
	40	7,6	42,5	0,0	22,4	51,1	20,7	5,7
	80	7,4	45,9	15,3	22,9	34,0	21,2	6,5
	120	9,6	50,6	2,6	31,6	46,2	16,4	3,1
	160	9,4	47,2	0,0	35,9	46,4	14,9	2,8
<b>Fooni keskmine</b>		<b>8,1</b>	<b>45,0</b>	<b>3,6</b>	<b>27,6</b>	<b>43,8</b>	<b>19,8</b>	<b>5,2</b>
Sõnnik 40 t/ha	0	8,7	46,3	0,0	13,1	66,7	15,8	4,4
	40	8,8	65,4	18,2	31,2	40,4	9,2	1,0
	80	9,3	58,6	19,0	31,2	36,9	9,8	3,0
	120	7,9	70,4	23,4	45,6	19,6	10,0	1,5
	160	9,9	73,7	21,5	39,8	31,1	5,9	1,7
<b>Fooni keskmine</b>		<b>8,9</b>	<b>62,9</b>	<b>16,4</b>	<b>32,2</b>	<b>38,9</b>	<b>10,1</b>	<b>2,3</b>
MKL 10 t/ha MKL 15 t/ha MKL 20 t/ha	0	6,7	42,7	0,0	6,4	72,5	16,5	4,6
	0	8,3	40,9	2,8	32,9	36,1	23,4	4,9
	0	8,6	50,3	15,4	15,2	54,3	12,8	2,3
	0	8,9	41,6	2,4	17,6	55,5	20,5	3,9
	0	7,3	36,7	0,0	16,7	49,8	28,4	5,0

MKL – metaankääritatud sealäga tahe separaat

### 3.2.2. Kartulimugulate nitraatide ja toorproteiini sisaldus

Kartulimugulate nitraatide sisaldus on suurenenud olulisel määral eeskätt mineraalväetiste kasutamisel (tabel 20). Ilma orgaaniliste väetisteta ja ka sõnniku foonil suurenes kartulimugulate nitraatidesisaldus mineraalväetiste mõjul üle vabariigi valitsuse määrusega kehtestatud piirnormi (140 mg/kg) juba mõõduka mineraalväetise normi (80 kg N/ha) kasutamisel. Suuri lämmastikukoguseid ei suutnud kartulitaimed ainevahetusprotsessides ära kasutada ja need ladestusid mugulatesse nitraatidena. Haljasväetise ja põhu foonil, ehk nn. Maheviljeluse variandis, kus kolm aastat ei ole mineraalväetisi kasutatud oli nitraatide sisaldus kõige madalam. Lisaks väetamisele on mugulate nitraatidesisaldus sõltunud ka katseaastast. 2007. aastal oli suuremaid mineraalväetise norme saanud variantides nitraatidesisaldus mõnevõrra madalam, kui 2006. aastal.

Tabel 20. Nitraatide- ja toorproteiini sisaldus kartulimugulates sõltuvalt väetamisest 2006. ja 2007. aastal

Orgaanilise väetise variant	N Kg/ha	Nitraatide sisaldus mg/kg			Toorproteiini sisaldus %
		2006	2007	Keskmine	
Ilma orgaanilise väetiseta	0	56	79	68	10,75
	40	72	81	76	10,88
	80	<b>146</b>	<b>168</b>	<b>157</b>	13,00
	120	<b>201</b>	<b>164</b>	<b>182</b>	12,75
	160	<b>324</b>	<b>210</b>	<b>267</b>	12,69
Sõnnik 40 t/ha	0	137	95	116	10,12
	40	<b>145</b>	112	128	10,44
	80	<b>202</b>	<b>142</b>	<b>172</b>	11,06
	120	<b>244</b>	<b>199</b>	<b>222</b>	11,38
	160	<b>262</b>	<b>169</b>	<b>216</b>	12,25
Alternatiivsed väetised	0	131	67	99	9,12
	LKJ	<b>179</b>	73	126	9,94
	LKJ	<b>209</b>	57	133	9,81
	LKJ	<b>252</b>	45	148	10,06
	160*	<b>205</b>	38	122	10,19

\* mineraalväetise teise ja kolmanda aasta järelmõju

Nitraatide sisaldus kartuli mugulates sõltub nii väetamisest kui ka ilmastikust. Kartulimugulate nitraatide sisaldus on suurenenud olulisel määral eeskätt mineraalväetiste kasutamisel. 2008. aastal jäi nitraatidesisaldus mugulates vaatamata jahedale suvele suhteliselt madalaks (tabel 21). Kõige kõrgem oli nitraatidesisaldus lämmastikunormi 160 kg/ha N kasutamisel (93 mg/kg), mis jääb oluliselt allapoole alla lubatud piirväärtusest (140 mg/kg).

Toorproteiini sisaldus on määratud kaudselt arvutuslikul teel üldlämmastiku sisalduse alusel kasutades koefitsienti 6,25 (arvestatakse et keskmiselt sisaldab proteiin 16% lämmastikku). Toorproteiini sisaldus suureneb koos mineraalse lämmastikväetise normi suurendamisega. Kõrgeim oli toorproteiini sisaldus mineraalse lämmastikväetise normi 160 kg/ha N kasutamisel orgaanilise väetiseta foonil (tabel 21).

Tabel 21. Kartuli 'Anti' mugulate toorproteiini ja nitraatide sisaldus 2008. aastal sõltuvalt väetamisest

Orgaanilise väetise variant	N kg/ha	Toorproteiini sisaldus, %	Nitraatide sisaldus, mg/kg
Ilma orgaanilise väetiseta	0	9,57	36
	40	9,31	47
	80	9,97	62
	120	9,60	75
	160	11,77	90
Sõnnik 40 t/ha	0	10,66	39
	40	10,68	61
	80	9,30	61
	120	8,93	54
	160	10,72	93
Kontroll	0	8,91	36
MKL 10 t/ha	0	8,97	25
MKL 15 t/ha	0	6,82	33
MKL 20 t/ha	0	9,90	43

MKL – metaankääritatud sealäga tahe separaat

### 3.2.3. Kartulimugulate tärklisesisaldus

Suurim kartulimugulate tärklisesisaldus (17,2%) oli 2007. aastal sõnniku foonil ilma mineraalväetisteta katsevariandis (tabel 22). Samuti saab väita, et mineraalne lämmastikväetis on alandanud mugulate tärklisesisaldust. Lisaks väetamisele on tärklisesisaldust mõjutanud ka katse aastate ilmastik. Tärklisesaak suurenes väetiste mõjul eeskätt suurema mugulasaagi kaudu, kuna suuremaid tärklisesaake saadi sõnniku foonil suuremate lämmastikväetise normide kasutamisel.

Tabel 22. Kartuli 'Anti' mugulate tärklisesisaldus ja saak 2006. ja 2007. aastal sõltuvalt väetamisest

Orgaaniline väetis	N kg/ha	Tärklise sisaldus %		Tärklise saak kg/ha	
		2006	2007	2006	2007
Ilma orgaanilise väetiseta	0	17,1	16,3	2921	1969
	40	16,3	16,6	3429	3608
	80	15,4	16,1	3718	4206
	120	15,7	15,9	4202	4735
	160	15,0	16,1	3802	4893
Sõnnik 40 t/ha	0	15,0	17,2	3369	6221
	40	15,6	15,9	4336	6623
	80	14,5	14,9	4135	6203
	120	14,4	15,1	4930	6803
	160	14,3	15,3	4674	6973
Alternatiivsed väetised	0	14,9	16,5	3226	4019
	LKJ	15,3	16,4	3903	3848
	LKJ	14,9	16,1	3867	4453
	LKJ	15,1	17,0	3986	4826
	160*	15,2	17,0	3629	4641

\* mineraalväetise teise ja kolmanda aasta järelmõju

2008. aastal jäi tärklisesisaldus kartulimugulates jaheda ja vihmase suve tõttu madalaks. Kõige suurem oli tärklisesisaldus mineraalse lämmastikunormi 40 kg/ha kasutamisel (15%). Üldiselt vähenes tärklisesisaldus nii orgaaniliste kui ka mineraalväetiste kasutamisel (tabel 23). Tärklisesaagi maksimum saadi sõnniku foonil mineraalse lämmastikväetise normi 160 kg/ha kasutamisel tänu suurele mugulasaagile.

Tabel 23. Kartuli 'Anti' mugulate tärklisesisaldus 2008. aastal sõltuvalt väetamisest

Orgaanilise väetise variant	N kg/ha	Tärklise-sisaldus %	Tärklise saak kg/ha
Ilma orgaanilise väetiseta	0	14,1	1017
	40	15,0	1747
	80	14,4	2243
	120	13,6	2405
	160	13,2	2204
Sõnnik 40 t/ha	0	13,8	2065
	40	12,3	2659
	80	12,2	2921
	120	11,9	2908
	160	11,9	3767
Kontroll	0	13,3	1163
MKL 10 t/ha	0	14,1	1702
MKL 15 t/ha	0	13,3	1878
MKL 20 t/ha	0	13,5	1754

MKL – metaankääritatud sealäga tahe separaat

### 3.2.4. Teraviljade tuhande tera mass

Üheks oluliseks teraviljade kvaliteedinäitajaks on nende 1000 tera mass. Suuremast terast tuleb paremini jahu välja ja ka külvis on idanemisvõimelisem. Näiteks suvinisu peaks 1000 tera mass olema vähemalt 35 g. Eesti kliimatilistes tingimustes on kasvuaeg ja tera täitumise aeg lühikesed. Suure tera moodustamiseks vajab suvinisu lisaks toitainetele enam ka soojust ja päikesepaistet. Üldiselt nisu 1000 tera mass on üpris sordiomane ja sõltub rohkem aasta ilmastiku poolt avaldatud mõjust kui uuritavatest katsefaktoritest (orgaaniline ja mineraalne väetamine). Näiteks kõige kõrgem keskmine 1000 tera mass oli 2007.a. 42,3g (tabel 24). Samas 2008.a. ja 2006.a. tuhande tera keskmised massid ei erinenud statistiliselt usutavalt, vastavalt 36,8 g ja 33,4 g. Samuti oli erinev väetamise mõju tuhande tera massile. Kui 2006.a. oli mineraalväetiste mõju suvinisu 1000 tera massile pigem negatiivne, siis 2007.a. oli väetiste mõju 1000 tera massi suurendav. 2008.a. ei mõjutanud ei sõnniku järelmõju ega mineraalne lämmastikväetamine nisu tuhandetera massi, küll aga nende koosmõju.

Orgaaniliste väetiste 1.a järelmõjul oli tuhande tera mass suurem kui kontrollvariandis, kuid see erinevus polnud statistiliselt usutav. 2007.a. suurendas kõrgete lämmastikunormide kasutamine nii orgaaniliste väetisteta kui ka sõnniku järelmõju foonil tuhande tera massi 44,6–44,7 grammini. 2006.a. kõige kõrgem tuhande tera mass saadi mineraalväetisi kasutamata sõnniku järelmõju foonil ja kõige madalam N160 variandis. Lihakondijahul ei olnud statistiliselt usutavat otse- ega järelmõju 1000 tera massile. 2008.a. kontrollvariandi tuhande tera massiga ei olnud ühegi lämmastikväetise variandil statistiliselt usutavaid erinevusi. Orgaaniliste väetisteta foonil on kõige kergem tera N40

variandis. Haava puitmassi jääkmuda kompost suurendas nisu 1000 tera massi 5%, kuid erinevus pole siiski statistiliselt usutav. Suvinisu tuhande tera mass korreleerus mineraalväetisega 2007.a. positiivselt ( $r = 0,68$ ), 2006.a. aga negatiivselt ( $r = -0,36$ ). Saagiga oli 1000 tera massil oluline seos vaid 2007. aastal ( $r = 0,63$ ).

Tabel 24. Suvinisu 'Vinjett' 1000 tera mass (TTM, 14 % niiskuse juures) aastatel 2006–2008 sõltuvalt väetamisest

Orgaanilise väetis	N kg/ha	2006		2007		2008	
		TTM	erinevus	TTM	erinevus	TTM	erinevus
		g	%-des	g	%-des	g	%-des
Ilma orgaanilise väetiseta	0	34,4		40,0		36,1	
	40	33,7	-2,0	41,4	3,5	35,1	-3
	80	32,9	-4,4	41,1	2,8	36,5	1
	120	33,8	-1,7	44,6	11,5*	37,2	3
	160	32,1	-6,7	44,7	11,8*	37,1	3
Sõnniku 1.a. järelmõju	0	36,3	5,5	40,8	2,0	36,9	2
	40	33,4	-2,9	42,0	5,0	37,7	4
	80	31,6	-8,1	43,1	7,8*	35,0	-3
	120	31,6	-8,1	43,3	8,2*	35,7	-1
	160	31,2	-9,3 *	44,6	11,5*	36,8	2
Alternatiivsed väetised**	0	35,1	2,0	41,0	2,5	38,0	5
	0	34,1	-0,9	41,6	4,0		
	0	32,1	-6,7	41,4	3,5		
	0	34,3	-0,3	41,5	3,8		
	0	34,4	0,0	42,6	6,5		
Keskmine mass		33,4		42,3		36,8	

\* statistiliselt usutav erinevus võrreldes väetamata variandiga ( $p < 0,05$ )

\*\* 2006.a. lihakondijahu 200 kg/ha otsemõju; 2007.a. 600 kg/ha järelmõju; 2008.a. haava puitmassi jääkmuda ja puukoore kompost

Odra 1000 tera mass on oluline just õlleodraks kasvatamisel. Eestis kasvatavate otrade hulgas on oder 'Annil' keskmise suurusega terad. Põuasematel aastatel on terade täitumine häirunud ja 1000 tera mass jäänud madalamaks. Odral oli nagu nisulgi kõige kõrgem 1000 tera mass 2007.a. Sel aastal väetamine mineraalse lämmastikuga suurendas odra tuhande tera massi (tabel 25). Kõige suurema tuhande tera massiga terad saadi 2007.a. N80 variandis orgaaniliste väetisteta ja N40 variandis sõnniku järelmõju foonil. 2006.a. tuhande tera massi suurendas mineraalse lämmastikuga väetamine ainult orgaaniliste väetisteta foonil, olles kõige suurem N80 variandis. Sõnniku teise aasta järelmõju foonil mineraalväetistel tuhande tera massile mõju ei olnud. 2008.a. mineraalsel lämmastikväetamisel odra 1000 tera mass langes nii orgaaniliste väetisteta foonil kui ka sõnniku 2.a. järelmõju foonil. Statistiliselt usutavalt madalam tuhande tera mass oli N120 variandis orgaanilise väetiseta foonil ja N120 ja N160 variantides sõnniku 2.a. järelmõju foonil

Alternatiivse väetisena kasutatud linnaheitvee settemuda komposti 2.a järelmõju ja nisupõhu sissekännil 2006. ja 2007.a. ei muutnud odra tuhande tera massi võrreldes

kontrolliga. Samuti ei määranud lihakondijahu ei otse ega järelmõjuna odra tuhande tera massi muutumist. 2008.a. kasutatud haava puitmassi jääkmuda ei mõjutanud odra tuhande tera massi, see jäi pea samaks võrreldes väetamata kontrollvariandiga. Mineraalse lämmastikväetamisega oli 2007.a. positiivne seos ( $r = 0,65$ ). Saagiga oli positiivne seos 2007.a. ( $r = 0,75$ ) ja negatiivne seos 2008.a. ( $r = -0,45$ ). Suviteraviljade tuhande tera mass sõltus peamiselt väetamise ja ilmastikutingimuste koosmõjudest.

Tabel 25. Oder 'Anni' 1000 tera mass (TTM, 14 % niiskuse juures) aastatel 2006–2008 sõltuvalt väetamisest

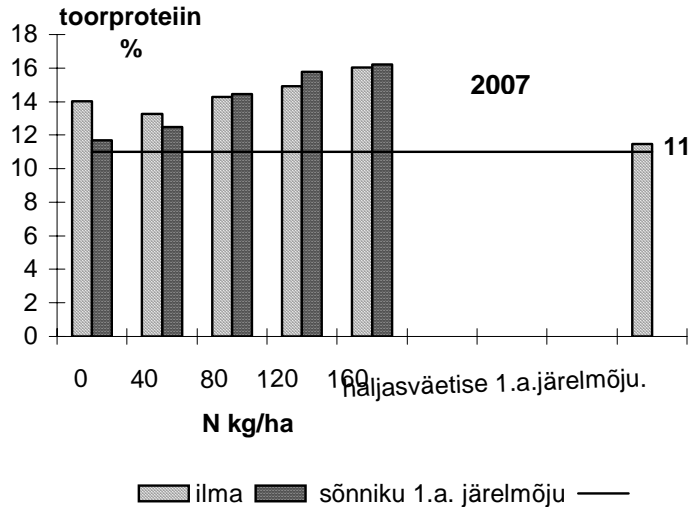
Orgaanilise väetis	N kg/ha	2006		2007		2008	
		TTM	erinevus	TTM	erinevus	TTM	erinevus
		g	%-des	g	%-des	g	%-des
Ilma orgaanilise väetiseta	0	38,1		44,6		40,7	
	40	39,2	3	46,9	5*	37,7*	-7*
	80	40,6	7*	47,4	6*	39,3	-3
	120	39,9	5	49,4	11*	36,0	-12
	160	40,0	5	48,4	9*	38,2	-6
Sõnniku 2.a. järelmõju	0	38,7	2	44,7	0	41,6	2
	40	38,9	2	46,4	4	38,7	-5
	80	37,9	0	47,3	6*	38,9	-4
	120	38,1	0	48,4	9*	37,0*	-9*
	160	36,4	-4	48,8	9*	37,5*	-8*
Alternatiivne väetis ***	0	38,0	0	43,7	-2	42,1	3
	0	37,9	0	44,7	0		
	0	36,5	-4	45,9	3		
	0	36,7	-4	45,0	1		
	0	39,0	2	47,0	5*		
Keskmine mass		38,4		46,6		39,7	

\* statistiliselt usutav erinevus võrreldes väetamata variandiga ( $p < 0,05$ )

\*\* 2006.a. lihakondijahu 400 kg/ha otsemõju; 2007.a. 200 kg/ha järelmõju; 2008.a. haava puitmassi jääkmuda

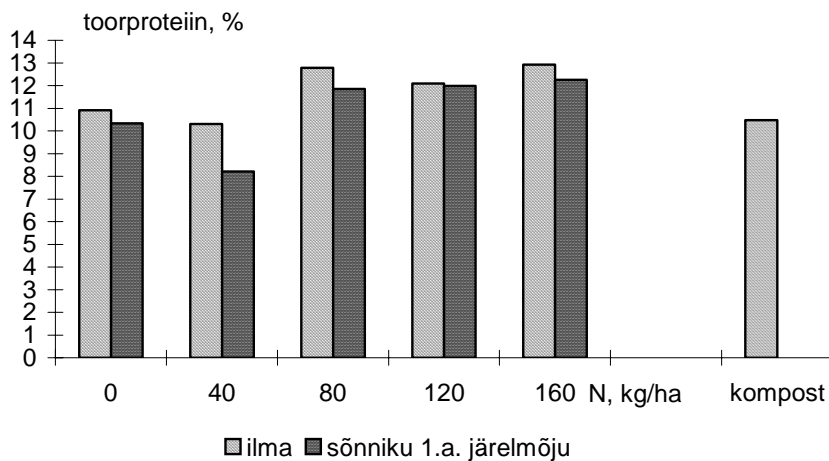
### 3.2.5. Teraviljade toorproteiinisaldus

Teraviljade toorproteiinisaldus on leitud terade lämmastikusisalduse baasil, korrutades viimast koefitsiendiga 6,25. Suvinisu toorproteiinisaldus peaks olema vähemalt 11 %, alla mille saadud jahu küpsetusomadused kannatavad. Suvinisu 'Vinjett' toorproteiinisaldus varieerus 2007.a. 11,5...16,2 % ning 2008.a. 8,2...12,9% vahel (joonis 7 ja 8). Mineraalne lämmastikväetamine suurendas toorproteiinisaldust nii orgaaniliste väetisteta kui ka sõnniku 1.a. järelmõju foonil. Sõnniku järelmõju ja alternatiivsete väetiste foonil vähenes toorproteiinisaldus 2007.a. Sel aastal ei langenud toorproteiinisaldus ka kõige madalamate väärtuste korral alla 11%.



Joonis 7. Suvinisu 'Vinjett' toorproteiinisaldus sõltuvalt mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisest 2007. aastal.

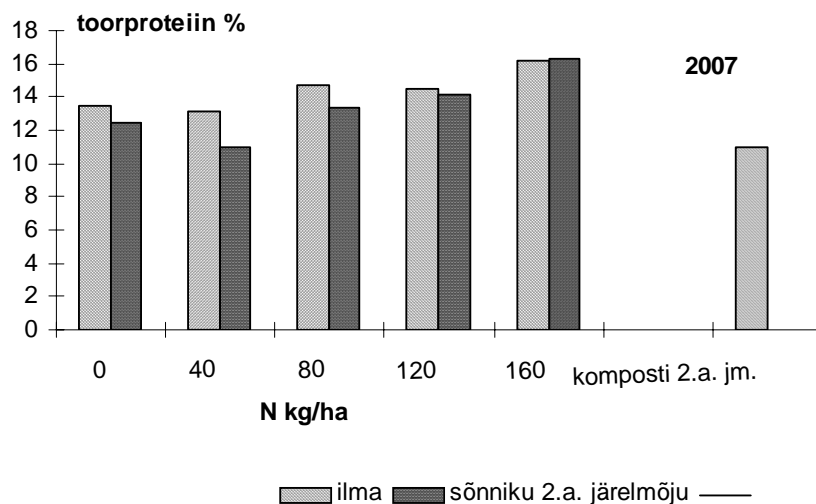
2008. aastal jäi toorproteiinisaldus väetamata ja ainult orgaanilise väetisi saanud variantides alla piirmäära (11%). Alles mineraalse lämmastiku suuremate normide (alates N80) kasutamisel kasvas toorproteiini sisaldus üle 11% (joonis 8). Haava puitmassi jääkmuda ja puukoore komposti variandis oli toorproteiini sisaldus 10,5 %, mis on ligilähedane kontrollvariandi omaga (10,9 %). Suvinisu toorproteiini sisaldus korreleerus positiivselt saagiga ja tuhande tera massiga 2007.a. ja N-väetise normiga ( $r = 0,70$ ) 2008 aastal.



Joonis 8. Suvinisu 'Vinjett' toorproteiinisaldus sõltuvalt mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisest 2008. aastal. Kompost – haava puitmassi jääkmuda ja puukoore kompost.

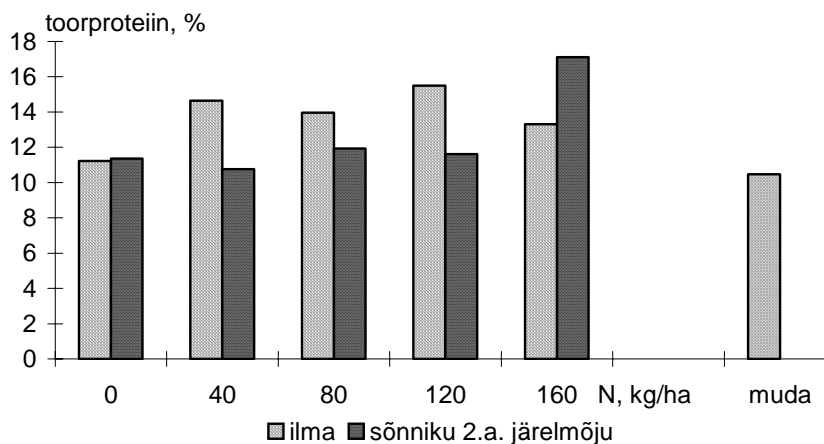
Odra toorproteiini sisaldusele kui kvaliteedinäitajale on erinevad nõuded sõltuvalt kasutusotstarbest. Õlleodral on hea kui toorproteiin jääb 9 ja 12% vahele. Söödaodrale on optimaalne toorproteiini sisaldus 12...14%. Oder 'Anni' väetisvariantide keskmine toorproteiinisaldus oli 2007.a. 13,5% ja 2008.a. 12,9%. Kõrgeim toorproteiinisaldus oli

mõlemal aastal sõnniku järelmõju foonil 160 kg mineraalse lämmastiku kasutamisel (joonis 9 ja 10). Üldiselt sõnniku 2.a. järelmõju foonil odra toorproteiinisaldus on pisut madalam kui orgaaniliste väetisteta foonil, kuid erinevus pole statistiliselt usutav. Alternatiivsete väetistena nii linnahetitvee settemuda komposti 2. a. järelmõjul kui ka haava puitmassi jääkmuda otsemõju ei omanud võrreldes väetamata kontrollvariandiga toorproteiinisaldusele usutavat mõju.



Joonis 9. Odra toorproteiinisaldus sõltuvalt mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisest 2007. aastal. Kompost- linnahetitvee settemuda komposti 2.a järelmõju.

Odra toorproteiin sõltus mõlemal aastal positiivselt mineraalsest lämmastikväetamisest. 2007.a orgaaniline väetisega väetamine korreleerus negatiivselt odra toorproteiiniga. Saagiga oli 2007.a seos positiivne, kuid 2008.a puudus. Tuhande tera massiga oli 2007.a positiivne ja 2008.a negatiivne korreleerumine. Seega 2008.a. odra tuumakusega vähenes toorproteiinisaldus.



Joonis 10. Odra toorproteiinisaldus sõltuvalt mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisest 2008. aastal. Muda- haava puitmassi muda.



### **3.3. Orgaaniliste ja mineraalväetiste mõju mulla agrokeemilistele näitajatele**

#### **3.3.1. Mulla huumusesisaldus**

Mulla huumusesisaldus kui üks olulisem mulla viljakust iseloomustav näitaja sõltub mitmetest mullaomadustest nagu mulla mineraloogiline ja mehhaaniline koostis, reaktsioon, veerežiim, lasuvustihedus, mulla bioloogiline aktiivsus ja paljudest inimese poolt mõjutatavatest teguritest – mullaharimine, kasvatatavad kultuurid, nende produktiivsus, viljavaheldus, kasutatavad orgaanilised ja mineraalväetised. Huumusesisaldusega (huumusevaruga) on otseses seoses mulla viljakus kui taimetoitainete reserv, mulla füüsikalise-keemilised omadused nagu neelamismahutavus, mulla puhverdusvõime, struktuursus, aktiivveemahutavus ja haritavus. Mulla huumusesisaldus on võrdlemisi stabiilne näitaja ja igale mullale on iseloomulik oma kindel huumushoiuvõime mis sõltub eelnenud mullaomadustest. Lõuna-Eestile iseloomulikud kahkjad (näivleatud) mullad on oma olemuselt suhteliselt madala huumusesisaldusega. Nende muldade huumushoiu võime parandamise võteteks on lupjamine – selle kaudu mulla reaktsiooni reguleerimine, mulla neelamismahutavuse ja küllastusastme tõstmine ning erinevate orgaaniliste väetiste ja mineraalväetiste kasutamine ning selle kaudu bioproduktiooni tõstmine.

Katse rajamisel 1989. a. jäi katseala mulla huumusesisaldus vahemikku 1,6...1,8%. Mulla huumusesisaldus on lühema perioodi jooksul suhteliselt vähemuutuv näitaja, mis on otseses sõltuvuses mulda sattunud orgaanilise aine kogusest, selle koostisest ja mulla mikrobioloogilisest tegevusest. Käesolevas aruandes on esitatud andmed (tabel 26) katse kolme korduse keskmistena erinevatel orgaanilise väetise foonidel.

Erinevad mineraalväetise doosid ei ole märgatavalt mõjutanud huumusesisaldust, kuid see on viimase 15 aasta jooksul ilma orgaanilise väetise kasutamata langenud 0,2...0,3 % võrra. Perioodilisel laudasõnniku kasutamisel (igal kolmandal aastal 40 t/ha kääritatud laudasõnnikut) on huumusesisaldus tõusnud ca 0,2 % võrra.

Alternatiivsete orgaaniliste väetistena on kasutatud varasematel aastatel peedilehti 40 t/ha, samal väljal kasvatatud teravilja põhku 4 t/ha, rekultiveerimisainet 20...60 t/ha, rekultiveerimisainest ja linna heitvee settemudast ning rekultiveerimisainest ja sealäga tahesest valmistatud komposte 40 t/ha, lihakondijahu 200...600 kg/ha. Kõigi kolme põllu kolmandatel väljadel eelnenud orgaaniliste väetiste kasutamine 15 aasta jooksul on jätnud mulla huumusesisalduse vähemalt katse rajamiseelsele tasemele.

Mulla huumusesisaldust ei ole muutnud kõigi kolme põllu kolmandate väljade 40...120 kg/ha mineraalse lämmastiku variantidele antud 200...600 kg/ha liha-kondijahu. Huumusesisalduse tõstmiseks 0,1 % võrra peaks tekkima huumust 3 t/ha kohta ja selleks peab mulda sattuma orgaanilist ainet täiendavalt vähemalt 12 t/ha kuivainena. Iga-aastane huumuse kulu sõltuvalt mulla omadustest, kasvatatavast kultuurist ja selle saagikusest ulatub 2...5 t/ha. Seega sõltub mulla väljakurnamine või ka huumusevaru suurenemine eeskätt mulda sattuva orgaanilise aine humifikatsiooni ja huumuse mineralisatsiooni vahetusest.

Tabel 26. Eerika katsepõllu mulla huumusesisaldus (%) katse rajamisel ja 2007. aasta kevadel sõltuvalt väetusfoonist

Mineraalväetise norm kg/ha N	Põld 1			Põld 2			Põld 3		
	Ilma org. väetiseta	Sõnnik kartuile	Alternatiivsed org. väetised	Ilma org. väetiseta	Sõnnik kartuile	Alternatiivsed org. väetised	Ilma org. väetiseta		Alternatiivsed org. väetised
0	1,5	2,0	1,5	1,5	1,7	1,8	1,6	1,8	1,7
40	1,6	2,2	1,4	1,5	2,0	2,0	1,7	1,9	1,8
80	1,4	1,9	1,8	1,6	1,9	1,7	1,7	2,0	1,6
120	1,4	2,1	1,9	1,5	1,8	1,5	1,7	1,9	1,7
160	1,5	2,0	1,7	1,6	1,9	1,8	1,7	1,8	1,7
Keskmine 2007	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>
Keskmine 1989	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>

### 3.3.2. Mulla aktiivne happesus

Katse rajamise ajal 1989. a. jäi katseala mulla  $pH_{KCl}$  vahemikku 6,1...6,4 (nõrgalt happeline) (tabel 27), mis on vastuvõetav kõigile põllukultuuridele. Ilmselt oli põldu suurmajandite ajal enne katse rajamist korduvalt lubjatud. Katse korraldamisel hakkas

Tabel 27. Mulla  $pH_{KCl}$  1989., 2007. ja 2008. aasta kevadel sõltuvalt väetisfoonist. 1989.a. tulemused esimeses reas; 2007.a. tulemused teises reas ja 2008.a. tulemused **paksus kirjas**.

Mineraalväetis, N kg/ha	Põld 1			Põld 2			Põld 3		
	Ilma org. väetiseta	Sõnnik	Metaan-kääritatud läga tahes*	Ilma org. väetiseta	Sõnniku I.a. aasta järelmõju	Haava puitmassi muda kompost 30 t/ha	Ilma org. väetiseta	Sõnniku II a. järelmõju	Haava puitmassi muda 60 t/ha
0	5,9	6,5	6,4	6,4	6,4	6,1	6,2	6,2	6,2
	5,8	6,2	6,6	6,2	6,3	6,8	6,1	6,1	6,4
40	6,0	6,5	6,6	6,4	6,3	6,2	6,0	6,0	5,8
	5,9	6,3	6,6	6,2	6,3	6,8	6,0	6,1	6,4
80	6,3	6,5	6,5	6,4	6,3	6,0	6,2	6,3	6,0
	6,0	6,2	6,7	6,1	6,4	6,8	5,9	6,1	6,4
120	6,2	6,4	6,5	6,4	6,5	6,3	6,1	6,2	6,1
	5,9	6,2	6,7	6,0	6,3	6,9	5,7	6,1	6,5
160	5,9	6,5	6,5	6,3	6,4	6,3	6,2	6,4	6,3
	5,9	6,2	6,7	6,0	6,3	6,9	5,8	6,1	6,4
<b>Keskmine</b>	6,1	6,5	6,5	6,3	6,4	6,2	6,1	6,2	6,1
	5,9	6,2	6,7	6,1	6,3	6,8	5,9	6,1	6,4
			<b>6,7</b>			<b>6,9</b>			<b>6,5</b>

\* - 2007. a. sügisel said metaankääritatud sealäga tahes N-40 10 t/ha, N-80 15 t/ha ja N120 20t/ha;

vähehaaval muld hapestuma ja 2000. aastaks oli osade katselappide  $pH_{KCl}$  langenud 5,5-ni (mõõdukalt happeline) ning muld vajas lupjamist. 2000. a. sügisel viidigi läbi katseala mulla lupjamine dolomiidijahuga ühtlase normiga 5 t/ha, mille tulemusena järgmiseks kevadeks tõusis mulla  $pH_{KCl}$  5,9...6,1-ni.

2007. a. kevadeks oli ilma orgaaniliste väetisteta fooni pH langenud 0,1...0,2 ühiku võrra jäädes valdavalt 5,9..6,0-ni, kusjuures erinevad mineraalväetiste normid ei ole usutavalt mulla reaktsiooni muutnud. 2008. a. kevadel võetud mullaproovidest määrati mulla reaktsioon ainult alternatiivseid orgaanilisi väetisi saanud variantide mullaproovidest (tabel 19). Mulla reaktsioon jäi I põllu kolmandal väljal kogu fooni ulatuses ( $pH_{KCl}$  6,7) muutumatuks nii metaankääritatud sealäga taheda fraktsiooni kasutamisel 10...20 t/ha kui ka ilma selleta.

Teise põllu kolmandal väljal, kus kasutati Kunda haava puitmassi jääkmudast ja haavakoorest valmistatud komposti 30 t/ha, on selle kasutamise tulemusena tõusnud mulla  $pH_{KCl}$  0,1 ühiku võrra. Kolmandal põllul, kus kasutati Kunda haava puitmassi komposteerimata jääkmuda 60 t/ha, on pH enamikel katselappidel muutumatuks jäänud. Perioodiline laudasõnniku kasutamine on aidanud seitsme aasta jooksul peale lupjamist vältida mulla reaktsiooni langust ( $pH_{KCl}$  on jäänud 2007. a. kevadeks 6,1...6,2-ni).

Alternatiivsetest orgaanilistest väetistest on rekultiveerimisaine ja sellega segus valmistatud erinevate kompostide kasutamine tõstnud mulla reaktsiooni märgatavalt ( $pH_{KCl}$  6,6...6,8) ja seda oma leelise komponendi, Kiviõli Keemiatööstuse jäätme - poolkoksi sisalduse tõttu.

### 3.3.3. Mulla liikuva fosfori sisaldus

Katsepõllu mulla liikuva fosfori sisalduse kohta on koostatud tabel 28, milles on paralleelselt 2006. ja 2007. aasta tulemustele esitatud andmed liikuva fosfori sisaldus kohta 2008. a. (numbrid paksus kirjas) kevadise seisuga kohta. Andmetest selgub, et katseala mullas on liikuva fosfori sisaldus keskmine kuni kõrge, seega väetustarve fosfori osas keskmine kuni väike. Liikuva fosfori sisalduse osas on näha, et kõigi kolme põllu ilma orgaaniliste väetisteta foonidel jäi see madalamaks orgaanilisi väetisi saanud variantidest (fosfori tarve oli keskmine). Mineraalväetiste erinevate normide järelmõjuna (4 aastat tagasi lõpetati kompleksväetiste kasutamine) on jäänud väetamata kontrollvariandi liikuva fosfori sisaldus 5...10 mg/kg kohta madalamaks võrrelduna 160 kg/ha N-variantist. Perioodiliselt laudasõnnikut saanud foonide liikuva fosfori sisaldus oli 2008. a. seisuga fooni keskmisena 20...35 mg/kg mulla kohta kõrgem ilma orgaanilise väetiseta foonide vastavast näitajast. Alternatiivseid orgaanilisi väetisi saanud foonide liikuva fosfori sisaldus jäi ligilähedaseks sõnniku foonide sisaldusega ja seal on fosfori vajadus ka väike. Mineraalväetistega mulda antud fosfori erinevate annuste mõju ilmnes ka sõnnikut saanud ja alternatiivsete orgaaniliste väetiste foonidel, kuigi seal ei ole enam nii selget fosfori sisalduse tõusu seoses mineraalväetise normiga. Kuigi 2008. a. ilmnes kõigis väetisvariantides liikuva fosfori sisalduse langus, on selgelt näha metaankääritatud sealäga tahese aga ka Kunda haava puitmassi muda ja sellest valmistatud komposti positiivset mõju mulla liikuva fosfori sisaldusele. 2006. aastal mulda antud lihakondijahu (200...600 kg/ha) ei ole oluliselt tõstnud mullas liikuva fosfori sisaldust. Ilmselt on selles sisalduv fosfor raskesti lahustuv vormis ja taimede poolt raskesti omastatav.

Tabel 28. Mulla liikuva fosfori sisaldus (mg/kg, AL-meetodil) aastatel 1992, 2006...2008 sõltuvalt väetisfoonist. 1992.a. tulemused esimeses reas; 2006.a. teises reas; 2007.a. kursivkirjas ja 2008.a. paksus kirjas.

Mineraalväetis, N kg/ha	Põld 1			Põld 2			Põld 3		
	Ilma org. väetiseta	Sõnnik	Metaan- kääritatud läga tahes*	Ilma org. väetiseta	Sõnniku 1.a. aasta järelmõju	Haava puitmassi muda kompost 30 t/ha	Ilma org. väetiseta	Sõnniku 2.a. järelmõju	Haava puitmassi muda 60 t/ha
0	55	73	64	53	57	61	58	70	57
	93	132	126	62	85	99	58	96	123
	70	112	91	55	80	81	64	86	100
	<b>64</b>	<b>94</b>	<b>85</b>	<b>49</b>	<b>81</b>	<b>94</b>	<b>47</b>	<b>68</b>	<b>89</b>
40	53	72	65	52	58	60	56	61	60
	87	130	119	63	88	103	52	95	106
	71	112	94	58	83	94	65	82	96
	<b>58</b>	<b>94</b>	<b>85</b>	<b>47</b>	<b>82</b>	<b>87</b>	<b>41</b>	<b>65</b>	<b>77</b>
80	52	68	58	49	51	57	58	64	55
	83	124	117	64	82	108	57	100	119
	64	103	105	58	82	89	66	80	105
	<b>58</b>	<b>98</b>	<b>94</b>	<b>50</b>	<b>83</b>	<b>88</b>	<b>44</b>	<b>66</b>	<b>81</b>
120	55	66	55	48	63	63	52	68	58
	94	133	106	62	86	103	59	105	115
	71	108	95	56	93	86	73	90	103
	<b>61</b>	<b>95</b>	<b>94</b>	<b>52</b>	<b>83</b>	<b>89</b>	<b>46</b>	<b>69</b>	<b>90</b>
160	50	59	57	52	57	61	57	70	57
	104	154	109	70	94	111	65	112	125
	83	116	100	60	93	104	72	100	111
	<b>64</b>	<b>102</b>	<b>84</b>	<b>55</b>	<b>86</b>	<b>94</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>96</b>
Kesk- mine	53	68	60	51	57	60	56	67	57
	72	135	115	64	87	105	58	102	118
	72	110	97	57	86	91	68	88	103
	<b>61</b>	<b>97</b>	<b>88</b>	<b>51</b>	<b>83</b>	<b>90</b>	<b>46</b>	<b>69</b>	<b>87</b>

\* - 2007. a. sügisel said metaankääritatud sealäga tahest N-40 10 t/ha, N-80 15 t/ha ja N120 20t/ha

Liikuva fosfori sisalduse pikaajaliste muutuste võrdlemisel on aluseks võetud aastad 1992 ja 2008. Kuna analüüsi andmed on võrdlemisi kõikuvad, on ilma orgaaniliste väetisteta ja sõnniku fooni võrdlusel aluseks kolme põllu keskmine (tabel 30). Sõltuvalt mineraalse lämmastikväetise normist (aastatel 1999...2005 kasutati kompleksväetisi) on ilma orgaanilisi väetisi kasutamata liikuva fosfori sisaldus madalamatel foonidel langenud 2...5 mg/kg. Kõrgematel (120...160 kg/ha N) foonidel aga veidi tõusnud. Perioodiline laudasõnniku kasutamine on tõstnud mulla liikuva fosfori sisaldust 16 aasta jooksul kuni 20 mg/kg. Alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamine on hoidnud mulla liikuva fosfori sisalduse sõnniku fooni tasemel. Haava puitmassi muda ja sellest valmistatud kompost on aga järsult tõstnud mulla liikuva fosfori sisaldust (tabel 28).

### 3.3.4. Mulla liikuva kaaliumi sisaldus

Katsemulla liikuva kaaliumi sisaldus jäi 2008. a. kevadistes mullaproovides (tabel 29) kõigil juhtudel keskmiseks kuni kõrgeks. Katses uuritud kõigi väetusfoonide keskmisena peale sõnniku I aasta järeilmõju on 2008. a. liikuva kaaliumi sisaldus tõusnud 5...30 mg/kg kohta. Siin on selgelt näha, et ilma orgaaniliste väetisteta foonidel on liikuva kaaliumi sisaldus märgatavalt (50...130 mg/kg kohta) madalam perioodiliselt sõnnikut saanud foonist ja kuni 70 mg/kg kohta madalam alternatiivseid orgaanilisi väetisi saanud foonidest. Ka kaaliumi osas esineb sama tendents, et kõrgemal mineraalse lämmastiku foonil on liikutavat kaaliumi mullas 10...40 mg/kg kohta rohkem varasema kompleksväetise järeilmõju arvel, kaaliumi sisaldus ja ka tarve jäävad keskmiseks.

Tabel 29. Mulla liikuva kaaliumi sisaldus (mg/kg, AL-meetodil) aastatel 1992 ja 2006...2008 sõltuvalt väetisfoonist. 1992.a. tulemused esimeses reas; 2006.a. teises reas; 2007.a. *kursiivkirjas* ja 2008.a. **paksus kirjas**.

Mineraalväetis, N kg/ha	Põld 1			Põld 2			Põld 3		
	Ilma org. väetiseta	Sõnnik	Metaan- kääritatud läga tahes*	Ilma org. väetiseta	Sõnniku 1.a. aasta järeilmõju	Haava puitmassi muda kompost 30 t/ha	Ilma org. väetiseta	Sõnniku 2.a. järeilmõju	Haava puitmassi muda 60 t/ha
0	182	200	195	149	182	186	155	214	219
	116	179	138	92	161	124	74	217	161
	<i>101</i>	<i>142</i>	<i>126</i>	<i>101</i>	<i>219</i>	<i>161</i>	<i>114</i>	<i>193</i>	<i>162</i>
	<b>127</b>	<b>183</b>	<b>148</b>	<b>120</b>	<b>205</b>	<b>183</b>	<b>136</b>	<b>200</b>	<b>180</b>
40	178	198	192	137	171	184	154	209	220
	124	195	135	92	142	121	74	221	165
	<i>116</i>	<i>175</i>	<i>126</i>	<i>105</i>	<i>211</i>	<i>170</i>	<i>119</i>	<i>194</i>	<i>160</i>
	<b>134</b>	<b>200</b>	<b>148</b>	<b>115</b>	<b>200</b>	<b>176</b>	<b>118</b>	<b>203</b>	<b>180</b>
80	174	198	191	133	161	186	158	210	214
	133	190	128	112	147	130	93	228	171
	<i>125</i>	<i>160</i>	<i>123</i>	<i>119</i>	<i>219</i>	<i>149</i>	<i>130</i>	<i>217</i>	<i>163</i>
	<b>152</b>	<b>204</b>	<b>158</b>	<b>133</b>	<b>215</b>	<b>177</b>	<b>128</b>	<b>211</b>	<b>173</b>
120	185	209	194	147	174	185	155	204	219
	153	211	140	121	172	138	97	240	186
	<i>130</i>	<i>183</i>	<i>142</i>	<i>125</i>	<i>234</i>	<i>179</i>	<i>116</i>	<i>182</i>	<i>173</i>
	<b>158</b>	<b>207</b>	<b>165</b>	<b>139</b>	<b>219</b>	<b>192</b>	<b>142</b>	<b>213</b>	<b>185</b>
160	190	206	195	172	173	216	156	220	210
	167	237	149	133	204	163	111	264	205
	<i>138</i>	<i>202</i>	<i>140</i>	<i>144</i>	<i>256</i>	<i>205</i>	<i>125</i>	<i>228</i>	<i>191</i>
	<b>163</b>	<b>214</b>	<b>165</b>	<b>137</b>	<b>219</b>	<b>208</b>	<b>147</b>	<b>215</b>	<b>199</b>
Kesk- mine	182	202	193	148	172	191	156	211	216
	139	202	138	110	165	135	90	234	178
	<i>122</i>	<i>172</i>	<i>131</i>	<i>119</i>	<i>228</i>	<i>173</i>	<i>121</i>	<i>203</i>	<i>170</i>
	<b>147</b>	<b>202</b>	<b>157</b>	<b>129</b>	<b>212</b>	<b>187</b>	<b>134</b>	<b>208</b>	<b>183</b>

\* - 2007. a. sügisel said metaankääritatud sealäga tahest N-40 10 t/ha, N-80 15 t/ha ja N120 20t/ha

Sõnnik ja alternatiivsed orgaanilised väetised on märgatavalt tõstnud mulla liikuva kaaliumi sisaldust. Eelmisel sügisel antud sõnniku otsemõjul ulatub liikuva kaaliumi sisaldus sõltumata mineraalväetise normist üle 200 mg/kg mulla kohta, mis hakkab sõnniku järelmõju foonidel langema ca 25 mg/kg kohta aastas. Alternatiivsete orgaaniliste väetiste mõju mulla liikuva kaaliumi sisaldusele on jäänud tagasihoidlikumaks, jäädes keskmiselt sõnniku II aasta järelmõju tasemele või isegi madalamaks. Selgelt on tõstnud mulla liikuva kaaliumi sisaldust ka põhu ning haljasväetise sissekündmine. Lihakondijahul (200...600 kg/ha) puudus positiivne mõju mulla liikuva kaaliumi sisaldusele.

Liikuva kaaliumi sisaldus on ilma orgaanilisi väetisi kasutamata 16 aasta jooksul langenud ca 20...25 mg/kg mullas. Sõnniku perioodiline kasutamine ilma mineraalväetisteta on aidanud säilitada liikuva kaaliumi sisalduse muutumatuna (tabel 30). Mineraalväetiste kasutamine koos sõnnikuga on tõstnud mulla liikuva kaaliumi sisaldust 10...15 mg/kg mullas. Alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamine on selgelt (10...50 mg/kg) tõstnud mulla liikuva kaaliumi sisaldust (tabel 29), kuid see jääb madalamaks perioodiliselt sõnnikut saanud foonist.

Tabel 30. Liikuva fosfori ja kaaliumi sisalduse muutus mullas aastatel 1992 (tavalises kirjas) ja 2008 (paksus kirjas)

Min. N kg/ha	Fosfor		Kaalium	
	Ilma	Sõnnik	Ilma	Sõnnik
0	55	67	162	199
	<b>53</b>	<b>81</b>	<b>128</b>	<b>196</b>
40	54	64	156	193
	<b>49</b>	<b>80</b>	<b>122</b>	<b>201</b>
80	53	61	155	190
	<b>51</b>	<b>82</b>	<b>138</b>	<b>210</b>
120	52	66	162	196
	<b>53</b>	<b>82</b>	<b>146</b>	<b>213</b>
160	53	62	173	200
	<b>56</b>	<b>88</b>	<b>149</b>	<b>216</b>
Keskm.	53	64	162	195
	<b>53</b>	<b>83</b>	<b>137</b>	<b>207</b>

### 3.3.5. Mulla liikuva kaltsiumi ja magneesiumi sisaldus

Liikuva kaltsiumi sisaldus jäi 2007. a. kevadel katsemullas (tabel 31) erinevate orgaaniliste väetiste foonide keskmisena vahemikku 800...2100 mg/kg mulla kohta. Toodud andmetest nähtub, et mineraalväetiste erinevate normide kasutamine ei ole usutavalt mõjutanud mulla liikuva kaltsiumi sisaldust. Sõnniku perioodilisel kasutamisel on jäänud mulla liikuva kaltsiumi sisalduse langus 100...200 mg/kg kohta fooni keskmisena väiksemaks võrrelduna ainult mineraalväetiste kasutamisega. Suured erinevused mulla liikuva kaltsiumi sisalduses tulevad esile alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamisel, kus mullas on seda 500...1200 mg/kg kohta rohkem kui ainult mineraalväetisi saanud foonidel. Põhjuseks on siin alternatiivsete kompostide valmistamiseks kasutatud leelisene põlvkivi poolkoksist valmistatud rekultiveerimisaine. Teise põllu kolmas väli on pärast lupjamist saanud 2001.a. sügisel 40 t/ha rekultiveerimisainet ja hiljem veel kahel korral sellest erinevate lisanditega segus valmistatud komposte. Tulemuseks on veel 2007.a. kevadel välja keskmisena üle 1000 mg/kg kohta kõrgem liikuva kaltsiumi sisaldus mullas. Lihakondijahu kasutamine 200...600 kg/ha ei ole muutnud mulla liikuva kaltsiumi sisaldust.

Tabel 31. Mulla liikuva kaltsiumi sisaldus (mg/kg, AL-meetodil) aastatel 1989 ja 2006...2008 sõltuvalt väetisfoonist. 1989.a. tulemused esimeses reas; 2006.a. teises reas; 2007.a. kursivkirjas ja 2008.a. paksus kirjas.

Mineraalväetis, N kg/ha	Põld 1			Põld 2			Põld 3		
	Ilma org. väetiseta	Sõnnik	Metaan- kääritatud läga tahes*	Ilma org. väetiseta	Sõnniku 1.a. aasta järelmõju	Haava puitmassi muda kompost 30 t/ha	Ilma org. väetiseta	Sõnniku 2.a. järelmõju	Haava puitmassi muda 60 t/ha
0	917	1233	1133	1200	1183	1050	1017	1033	1100
	1241	1301	1770	1262	1491	2582	1230	1260	1747
	<i>943</i>	<i>1082</i>	<i>1400</i>	<i>985</i>	<i>1344</i>	<i>2152</i>	<i>946</i>	<i>988</i>	<i>1250</i>
	<b>961</b>	<b>1178</b>	<b>1564</b>	<b>1048</b>	<b>1295</b>	<b>2555</b>	<b>1026</b>	<b>1085</b>	<b>1430</b>
40	1000	1233	1233	1167	1067	1017	933	950	883
	1193	1325	1775	1132	1410	2775	1111	1202	1473
	<i>969</i>	<i>1146</i>	<i>1446</i>	<i>902</i>	<i>1153</i>	<i>2128</i>	<i>791</i>	<i>935</i>	<i>1391</i>
	<b>1017</b>	<b>1221</b>	<b>1588</b>	<b>967</b>	<b>1235</b>	<b>2599</b>	<b>889</b>	<b>930</b>	<b>1333</b>
80	1217	1250	1233	1167	1050	950	917	1050	1000
	1197	1321	1902	1225	1299	2827	1156	1112	1578
	<i>940</i>	<i>1009</i>	<i>1527</i>	<i>981</i>	<i>1130</i>	<i>2085</i>	<i>781</i>	<i>890</i>	<i>1223</i>
	<b>1033</b>	<b>1241</b>	<b>1624</b>	<b>970</b>	<b>1228</b>	<b>2365</b>	<b>889</b>	<b>917</b>	<b>1246</b>
120	1050	1133	1217	1183	1200	1133	883	1033	1017
	1169	1484	1761	1184	1314	2660	1125	1116	1543
	<i>919</i>	<i>1006</i>	<i>1546</i>	<i>973</i>	<i>1192</i>	<i>2104</i>	<i>827</i>	<i>899</i>	<i>1259</i>
	<b>931</b>	<b>1176</b>	<b>1594</b>	<b>1034</b>	<b>1216</b>	<b>2807</b>	<b>849</b>	<b>885</b>	<b>1366</b>
160	950	1217	1133	1150	1183	1200	950	1100	1067
	1127	1250	1838	1156	1390	2772	1045	1201	1496
	<i>833</i>	<i>945</i>	<i>1503</i>	<i>949</i>	<i>1088</i>	<i>2109</i>	<i>735</i>	<i>915</i>	<i>1376</i>
	<b>890</b>	<b>1078</b>	<b>1667</b>	<b>997</b>	<b>1178</b>	<b>2663</b>	<b>837</b>	<b>951</b>	<b>1333</b>
Kesk- mine	1027	1213	1190	1173	1137	1070	940	1033	1013
	1185	1336	1809	1192	1381	2723	1134	1178	1567
	<i>921</i>	<i>1038</i>	<i>1484</i>	<i>958</i>	<i>1181</i>	<i>2116</i>	<i>816</i>	<i>925</i>	<i>1300</i>
	<b>966</b>	<b>1179</b>	<b>1607</b>	<b>1003</b>	<b>1230</b>	<b>2598</b>	<b>898</b>	<b>954</b>	<b>1342</b>

\* - 2007. a. sügisel said metaankääritatud sealäga tahest N-40 10 t/ha, N-80 15 t/ha ja N120 20t/ha

Liikuva kaltsiumi jäi 1989. aastal 900 ja 1200 mg vahele kg mulla kohta (tabel 33). Pärast dolomiidijahuga lupjamist 2000. aastal tõusis see kahe aasta jooksul. Edasi hakkas liikuva kaltsiumi sisaldus mullas ilma orgaanilisi väetisi kasutamata ja sõnniku foonil järsult langema. 2008. aastal on liikuva kaltsiumi sisaldus langenud juba katse rajamise aegest (1989. aasta) madalamale. Leeliseste alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamisel (rekultiveerimisaine ja sellest valmistatud kompostid) on kõigi kolme põllu kolmandal väljal jäänud liikuva kaltsiumi sisaldus 350...500 mg/kg kõrgemaks (tabel 31). Teise põllu alternatiivse orgaanilise väetise fooni liikuva kaltsiumi sisaldus isegi 1000...1500 mg/kg kõrgem ülejäänud foonidest, sest seal kasutati pärast rekultiveerimisaine andmist veel kahel aastal sellest valmistatud komposte.

**Liikuva magneesiumi** sisaldus jäi 2007. a. kevadistes mullaproovides (tabel 32) katsepõllu keskmisena vahemikku 130...180 mg/kg mulla kohta. Liikuva magneesiumi sisaldust mullas ei ole mõjutanud mineraalse lämmastiku normid ega ka 2006. a. kevadine liha-

kondijahu kasutamine 200...600 kg/ha. Selgelt kõrgemaks (ca 20 mg/kg kohta) on osutunud liikuva magneesiumi sisaldus perioodiliselt sõnnikut saanud foonidel, ulatudes 175...180 mg/kg mulla kohta. Alternatiivseid rekultiveerimisainet ja seda sisaldavaid komposte saanud katsealal on liikuva magneesiumi sisaldus sõltunud kasutatud rekultiveerimisaine kogusest. Esimese põllu kolmas katseriba sai 2001. a. sügisel kõige rohkem so 60 t/ha rekultiveerimisainet, seal on ka mullas liikutavat magneesiumi kõige rohkem, teise põllu kolmas katseriba on aga lisaks 40 t/ha rekultiveerimisainele saanud hiljem kahel korral rekultiveerimisainest valmistatud komposti. Ca:Mg suhe jäi ainult mineraalväetisi ja perioodiliselt sõnnikut saanud foonidel 5,3...7,5:1, alternatiivseid (rekultiveerimisainet sisaldavaid) orgaanilisi väetisi saanud foonidel laienes suhe 7,9...11,7:1-le.

Tabel 32. Mulla liikuva magneesiumi sisaldus (mg/kg, AL-meetodil) aastatel 1989 ja 2006...2008 sõltuvalt väetisfoonist. 1989.a. tulemused esimeses reas; 2006.a. teises reas; 2007.a. kursivkirjas ja 2008.a. paksus kirjas.

Mineraalväetis, N kg/ha	Pöld 1			Pöld 2			Pöld 3		
	Ilma org. väetiseta	Sõnnik	Metaan- kääritatud läga tahes*	Ilma org. väetiseta	Sõnniku 1.a. aasta järelmõju	Haava puitmassi muda kompost 30 t/ha	Ilma org. väetiseta	Sõnniku 2.a. järelmõju	Haava puitmassi muda 60 t/ha
0	42	48	48	57	55	47	45	45	48
	150	153	159	130	178	203	156	179	186
	<i>140</i>	<i>171</i>	<i>184</i>	<i>123</i>	<i>161</i>	<i>178</i>	<i>165</i>	<i>177</i>	<i>175</i>
	<b>128</b>	<b>162</b>	<b>138</b>	<b>106</b>	<b>148</b>	<b>160</b>	<b>115</b>	<b>142</b>	<b>144</b>
40	45	53	50	53	50	52	52	45	38
	151	148	170	125	162	211	146	177	170
	<i>151</i>	<i>170</i>	<i>168</i>	<i>119</i>	<i>154</i>	<i>179</i>	<i>154</i>	<i>169</i>	<i>167</i>
	<b>108</b>	<b>152</b>	<b>142</b>	<b>100</b>	<b>140</b>	<b>155</b>	<b>110</b>	<b>140</b>	<b>133</b>
80	50	47	50	50	47	43	43	47	45
	148	152	170	134	155	218	150	173	174
	<i>149</i>	<i>181</i>	<i>189</i>	<i>124</i>	<i>157</i>	<i>172</i>	<i>151</i>	<i>169</i>	<i>148</i>
	<b>122</b>	<b>171</b>	<b>159</b>	<b>104</b>	<b>129</b>	<b>156</b>	<b>114</b>	<b>153</b>	<b>126</b>
120	45	45	47	50	52	48	40	45	45
	149	154	164	128	159	190	164	181	176
	<i>151</i>	<i>183</i>	<i>200</i>	<i>128</i>	<i>160</i>	<i>187</i>	<i>134</i>	<i>177</i>	<i>167</i>
	<b>115</b>	<b>161</b>	<b>135</b>	<b>110</b>	<b>138</b>	<b>180</b>	<b>115</b>	<b>144</b>	<b>137</b>
160	42	47	48	53	53	52	42	48	47
	155	148	163	133	166	239	146	188	180
	<i>144</i>	<i>166</i>	<i>181</i>	<i>142</i>	<i>160</i>	<i>188</i>	<i>149</i>	<i>174</i>	<i>165</i>
	<b>110</b>	<b>163</b>	<b>136</b>	<b>110</b>	<b>134</b>	<b>166</b>	<b>115</b>	<b>144</b>	<b>134</b>
Kesk- mine	45	48	49	53	51	48	44	46	45
	151	151	165	130	164	212	152	180	177
	<i>147</i>	<i>174</i>	<i>184</i>	<i>127</i>	<i>158</i>	<i>181</i>	<i>151</i>	<i>173</i>	<i>164</i>
	<b>117</b>	<b>162</b>	<b>142</b>	<b>106</b>	<b>138</b>	<b>163</b>	<b>114</b>	<b>145</b>	<b>135</b>

\* - 2007. a. sügisel said metaankääritatud sealäga tahest N-40 10 t/ha, N-80 15 t/ha ja N120 20t/ha

Liikuva magneesiumi sisaldus IOSDV katse mullas oli 1989. aastal (tabel 33) madal, ulatudes 40...45 mg/kg mullas. Magneesiumi sisaldust mullas tõstis ligikaudu kolmekordseks katsepõllu lupjamine 2000. aasta sügisel dolomiidijahuga 5 t/ha.



Vähehaaval on liikuva magneesiumi sisaldus hakanud langema, kusjuures märgatavam on see olnud ilma orgaanilise väetiseta foonil (tabel 25). Sõnniku foonil jääb liikuva magneesiumi sisalduse langus mullas vähemärgatavaks. Ka alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamisel on liikuva magneesiumi sisaldus langenud analoogselt sõnniku fooniga. Teistest kõrgemaks on liikuva magneesiumi sisaldus kahel aastal järjest rekultiveerimisainest valmistatud komposti saanud teisel väljal (tabel 24).

Tabel 33. Liikuva kaltsiumi ja magneesiumi sisalduse muutus mullas aastatel 1989 (tavalises kirjas) ja 2008 (paksus kirjas)

Min. N kg/ha	Kaltsium		Magneesium	
	Ilma	Sõnnik	Ilma	Sõnnik
0	1022	1150	48	49
	<b>1012</b>	<b>1186</b>	<b>116</b>	<b>151</b>
40	1033	1083	50	49
	<b>958</b>	<b>1129</b>	<b>106</b>	<b>144</b>
80	1100	1117	48	47
	<b>964</b>	<b>1129</b>	<b>113</b>	<b>151</b>
120	1039	1122	45	47
	<b>938</b>	<b>1092</b>	<b>113</b>	<b>148</b>
160	1017	1167	46	49
	<b>908</b>	<b>1069</b>	<b>112</b>	<b>147</b>
Keskm.	1047	1128	47	48
	<b>956</b>	<b>1121</b>	<b>112</b>	<b>148</b>

### 3.3.6. Väetamise mõju mulla hüdrofüütilisele happesusele, neeldunud aluste sisaldusele, neelamismahutavusele ja küllastusastmele

2007. aastal õnnestus katsemuldadest määrata ka hüdrofüütiline happesus ja neeldunud aluste sisaldus. Nende alusel arvutati välja mulla neelamismahutavus ja küllastusaste. Andmete selguse huvides on võrdluseks kasutatud 2003. ja 2005. a. vastavaid näitajaid. Kuna üksikute mineraalväetise variantide vahelised erinevused olid väikesed, siis on tabelis 34 esitatud andmed iga välja kolme korduse keskmisena.

Hüdrofüütiline happesus ei olnud 2003. a. võetud mullaproovides probleemiks (kogu katsepõld oli 2000. a. sügisel lubjatud dolomiidijahuga 5,0 t/ha) ja jäi erinevatel orgaanilise väetise foonidel vahemikku 0,3...0,9 mg/ekv. 100 g mulla kohta.

Veidi kõrgem oli see ilma orgaanilise väetiseta ja sõnnikut saanud foonidel, sest kompostide foonid olid eelnevalt saanud erinevas annuses leeliselist rekultiveerimisainet ja rekultiveerimisaine baasil valmistatud neutraalse reaktsiooniga komposte, mis neutraliseeris arvestatavalt ka mulla hüdrofüütilist happesust. Samal põhjusel oli komposte saanud katsevariantide neeldunud aluste sisaldus 3...4 mg/ekv. 100 g mulla kohta kõrgem. Samapalju on ka erinevaid komposte saanud muldade neelamismahutavus suurem ilma orgaaniliste väetisteta foonidest. Neelamismahutavust oli tõstnud 1..2 mg/ekv. 100 g kohta igal kolmandal aastal 40 t/ha laudasõnniku andmine. 2003. a. võetud mullaproovide küllastusaste oli väga kõrge (üle 90%) kõigil katses kasutatud foonidel, ulatudes komposte saanud foonidel isegi kuni 98%-ni.

Tabel 34. Eerika katsepõllu muldade hüdrolüütiline happesus, neeldunud aluste sisaldus ja neelamismahutavus (mg/ekv 100 g mulla kohta) ning küllastusaste (%) aastatel 2003...2007

Väetusvariant	Näitaja	Pöld 1	Pöld 2	Pöld 3
<b>Aasta</b>		<b>2003</b>		
Ilma org. väetisteta	H8,2	0,8	0,6	0,9
	S	9,4	10,4	9,4
	T	10,2	11,0	10,3
	V	91,8	94,5	90,7
Sõnnik 40 t/ha	H8,2	0,9	0,6	0,9
	S	10,7	12,3	11,3
	T	11,6	12,9	12,2
	V	92,5	95,3	92,6
Kompostid	H8,2	0,3	0,3	0,5
	S	14,7	15,9	13,6
	T	15,0	16,2	14,1
	V	98,0	98,1	96,7
<b>Aasta</b>		<b>2005</b>		
Ilma org. väetisteta	H8,2	1,3	1,1	1,3
	S	8,3	9,1	8,4
	T	9,6	10,2	9,7
	V	86,2	89,5	86,6
Sõnnik 40 t/ha	H8,2			
	S	Ei	Ei	Ei
	T	määratud	määratud	määratud
	V			
Kompostid	H8,2	0,9	0,7	0,9
	S	13,5	19,0	12,7
	T	14,4	19,7	13,6
	V	93,8	96,4	93,4
<b>Aasta</b>		<b>2007</b>		
Ilma org. väetisteta	H8,2	1,1	1,0	1,0
	S	8,4	9,4	8,5
	T	9,5	10,4	9,5
	V	89,6	90,0	89,5
Sõnnik 40 t/ha	H8,2	1,0	1,1	0,7
	S	10,4	11,3	10,3
	T	11,4	12,4	11,0
	V	91,2	90,8	93,6
Kompostid	H8,2	0,7	0,8	0,5
	S	13,1	17,9	13,1
	T	13,8	18,7	13,6
	V	94,9	95,6	96,7

2007. a. andmetest (tabel 34) nähtub, et muld on hakanud vähehaaval taashapestuma. Hüdrolüütiline happesus on tõusnud, ulatudes ilma orgaaniliste väetisteta ja sõnniku foonil 1,0 mg/ekv.-ni 100 g mulla kohta, kompostide foonil on see veidi madalam – 0,5...0,8 mg/ekv. Mulla neelamismahutavus on jäänud foonide keskmisena 2003. a. andmete ligilähedaseks, ainult teise põllu kompostide foonil on see ca 5 mg/ekv. 100 g kohta teiste

põldude vastavast näitajast kõrgem. Põhjuseks on sellel väljal kahel aastal järjest kasutatud rekultiveerimisaine ja Tartu linna heitvee settemuda kompost 40 t/ha. Seetõttu ulatus juba 2005. a. võetud mullaproovide neeldunud aluste sisaldus 19,7 mg/ekv.-ni 100 g mulla kohta. Mulla küllastusaste on 2007. a. kevadiste proovide analüüsi andmetel vaid paari % võrra langenud. Küllastusastme langus on veidi suurem orgaanilisi väetisi saanud foonidel, mis olid algselt kõrgema küllastusastmega ja kus orgaanilise aine lagunemisel tekib orgaanilisi happeid mis hakkavad mõjutama mulla happesust.

## 4. Väetamise agro-majanduslik analüüs

Väetamise mõju kvantitatiivseks hindamiseks saagikusele koostati katses olnud põllukultuuride kohta 2006–2008. aasta katsetulemuste põhjal saagifunktsioonid, mis iseloomustavad mineraalse lämmastikväetise normi seost tera- ja mugulasaagiga. Väetisnormide ja saagikuse vahelise seose väljendamiseks on tavaliselt sobivaim ruutfunktsioon, millest on võimalik leida nii agronoomiliselt kui ka majanduslikult optimaalsed väetisnormid.

Saagi ja väetisekoguse vahelist sõltuvust iseloomustav ruutfunktsiooni võrrandi üldkuju on järgmine:  $y_x = y_0 + a_1x - a_2x^2$ , kus  $x$  on väetise kogus,  $y_0$  - fooni saak,  $a_1$  ja  $a_2$  saagifunktsiooni kordajad. Saagifunktsiooni tuletis annab meile väetise diferentsiaalefektiivsuse ehk piirefektiivsuse, mis on kõige paremaks väetise efektiivsuse näitajaks. Pannes tuletise võrduma nulliga on võimalik leida agronoomiliselt efektiivne väetiskogus ( $X_{agr}$ ), mille juures saame maksimaalse saagi ehk millest suurema väetisekoguse juures saak enam ei kasva:

$$X_{agr} = \frac{a_1}{2a_2}$$

Majandusliku tasuvuse seisukohalt ei ole otstarbekas kasutada agronoomiliselt efektiivseid väetisekoguseid. Majanduslikult on veel tasuvad sellised väetisnormid, mille juures täiendavalt antud 1 kg väetist annab veel nii palju enamsaaki, millest saadav tulu katab täiendava väetamisega tehtud kulutused. Selleks leitakse majanduslikult efektiivne väetiskogus:

$$X_{maj} = \frac{a_1(P - Ce) - C_v}{2a_2(P - Ce)},$$

kus  $P$  on toodangu realiseerimishind (EEK/kg),  $C_v$  on väetamise kulud EEK 1 kg tootelemendi kohta,  $C_e$  on enamsaagi koristamise ja käitlemise kulud (EEK/kg).

Optimaalsed lämmastikväetiskogused sõltuvad katseaasta kasvutingimustest ja orgaaniliste väetiste foonist. Kõige väiksemad aastatevahelised erinevused agronoomiliselt efektiivsetes lämmastikväetiskogustes ilmnesid kartuli puhul. Maksimaalse mugulasaak saadi 135–160 kg mineraalse lämmastiku kasutamisel (tabel 35). Sõnniku kasutamisel võrreldes orgaaniliste väetisteta variandiga oli agronoomiline optimum 10–23 kg N/ha kõrgem. Sõnnikuga väetamine tagab mitmekülgsema taimetootelementidega varustatuse ja sellest tulenevalt kujuneb ka mineraalse lämmastikväetise efektiivsus ja optimaalne norm suuremaks.

Kõige suuremad erinevused agronoomiliselt efektiivsetes lämmastikväetiskogustes ilmnesid suvinisu korral. Näiteks 2007. ja 2008. aastal oli agronoomiline optimum 133–160 kg N/ha, kuid 2006. aastal oli see tunduvalt väiksem. Odra maksimaalne terasaak saadi analüüsitava tel katseaastatel 122–160 kg N/ha kasutamisel. Odra väetamisel kujunes 2008. aastal ilma orgaaniliste väetisteta variandis agronoomiliselt efektiivseks väetiskoguseks, mille juures saavutatakse maksimaalne saagikus, 135 kg N/ha. Sõnniku foonil kujunes agronoomiline optimum veelgi kõrgemaks. Saagifunktsioonide alusel oli ka võimalik välja arvutada, et haava puitmassi jääkmuda kasutamisel saadud saagikus vastas orgaaniliste väetisteta külvikorras 121 kg mineraalse lämmastiku ja sõnniku foonil 89 kg mineraalse lämmastiku mõjule.

Tabel 35. Agronoomiliselt efektiivsed mineraalse lämmastiku kogused, kg/ha

Kultuur	Aasta		
	2006	2007	2008
Kartul-	135	140	137
Kartul+	145	160	160
Nisu-	97	149	143
Nisu+	86	160	133
Oder-	160	122	135
Oder+	151	122	160

+ sõnnik kartulile; sõnniku järelmõju teraviljadel; - orgaanilise väetiseta

Põllumajandusliku tootmisega kaasneb alati risk, mis tuleneb muutuvatest toodangu realiseerimis- ja sisendite hindadest, ebastabiilsest saagist ja paljudest muudest teguritest. Tänapäeva tingimustes ei ole peamiseks eesmärgiks mitte niivõrd suurte saakide, kuivõrd maksimaalse tasuvuse saavutamine. Lisaks agronoomiliselt maksimaalse väetiskoguse (annab maksimaalse terasaagi) leidmisele, tuleks leida majanduslikult efektiivne väetiskoguse (annab maksimaalse kasumi), et teha järeldusi mineraalväetiste majandusliku efektiivsuse kohta. Kui lähtuda hetke turusituatsioonist, siis oleks kartuli väetamiseks majanduslikult efektiivne lämmastikväetiskogus 128–155 kg/ha (tabel 36). Majanduslikult optimaalsed väetise kogused on tabelis y leitud väetise hinna 15 EEK/kg N juures. Juhul kui saak ei vastaks toidunisu kvaliteedinõuetele ja see tuleks realiseerida söödaviljaks, siis 2006. aasta kasvutingimustes ei olnud lämmastikväetiste kasutamine majanduslikult otstarbekas. Toidunisuna realiseerides kujuneks väetiste omastamiseks soodsatel kasvuaastatel (2007 ja 2008) majanduslikult efektiivseks lämmastikuannuseks 95–114 kg/ha. Odra väetamise suurim tasuvus on saavutatav enamikel aastatel 60–80 kg mineraalse lämmastiku kasutamisel.

Tabel 36. Majanduslikult efektiivsed mineraalse lämmastiku kogused, kg/ha

Kultuur	Aasta		
	2006	2007	2008
Kartul- <sup>a</sup>	128	134	130
Kartul+ <sup>a</sup>	141	150	155
Toidunisu- <sup>b</sup>	48	95	114
Toidunisu+ <sup>b</sup>	36	100	103
Söödanisu- <sup>c</sup>	8	52	91
Söödanisu + <sup>c</sup>	0	40	79
Oder- <sup>d</sup>	74	67	70
Oder+ <sup>d</sup>	60	80	46

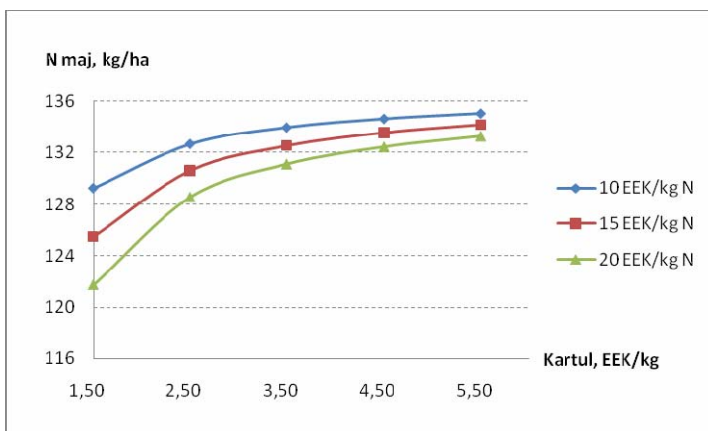
+ sõnnik kartulile; sõnniku järelmõju teraviljadel; - orgaanilise väetiseta

<sup>a</sup> - realiseerimishind 2,5 EEK/kg; <sup>b</sup> - realiseerimishind 2,2 EEK/kg; <sup>c</sup> - realiseerimishind 1,4 EEK/kg;

<sup>d</sup> - realiseerimishind 1,3 EEK/kg

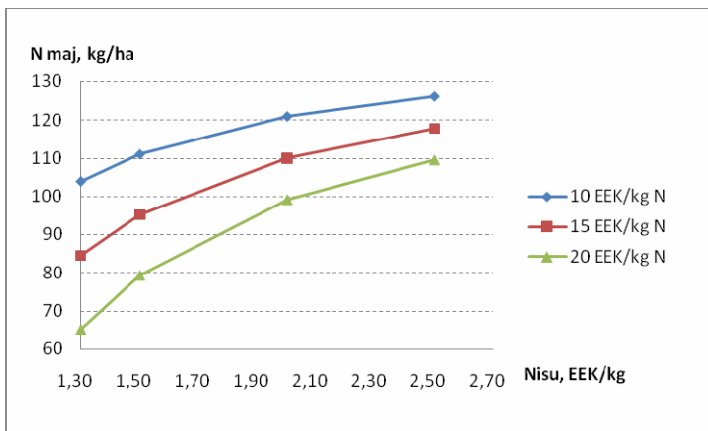
Kuna põllumajandussaaduste kokkuostuhinnad ja ka väetiste hinnad on suhteliselt ebastabiilsed, siis väetamise agro-majanduslikud soovitusel peavad arvestama muutuvaid turutingimusi. Joonistel 11, 12 ja 13 on ära toodud nomogrammid majanduslikult

efektiivsete väetiskoguste sõltuvusest toodangu realiseerimishindadest ja lämmastikväetise maksumusest. Kartuli väetamiseks majanduslikult optimaalne lämmastiku kogus küündib isegi madala kokkuostuhinna ja kõrge väetise hinna juures üle 120 kg/ha (joonis 11).



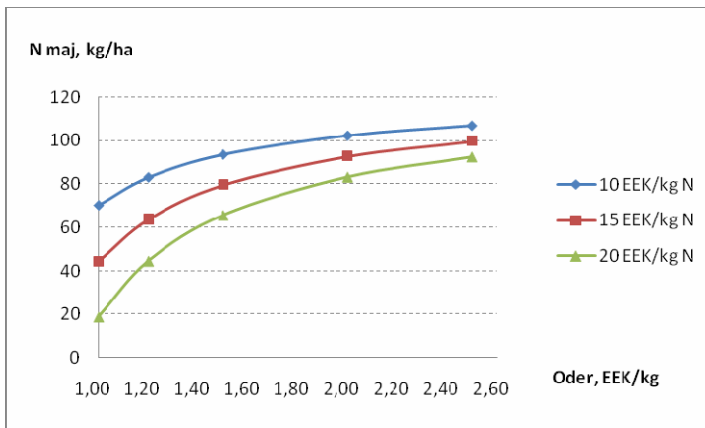
Joonis 11. Majanduslikult efektiivne mineraalse lämmastiku kogus sõltuvalt kartuli realiseerimishinnast ja väetise maksumusest (2008. aasta saagiandmete alusel orgaaniliste väetisteta katsevariant)

Nisu väetamise majanduslik optimum võib sõltuvalt realiseerimishinnast ja väetise maksumusest varieeruda 65–125 kg N/ha (joonis 12). Seega tootja peab majanduslikult tasuvaks väetamiseks äärmiselt tähelepanelikult arvestama muutusi turusituatsioonis.



Joonis 22. Majanduslikult efektiivne mineraalse lämmastiku kogus sõltuvalt nisu realiseerimishinnast ja väetise maksumusest (2008. aasta saagiandmete alusel orgaaniliste väetisteta katsevariant)

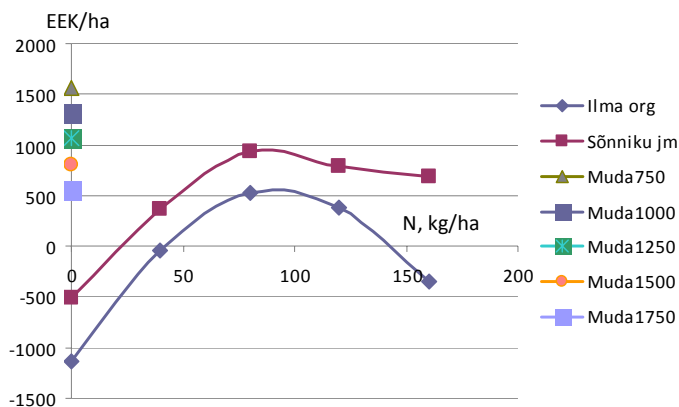
Kõrge väetise hinna juures jääb majanduslikult efektiivne lämmastiku kogus alla 80 kg/ha (joonis 13). Suuremad kogused on põhjendatud kui odra realiseerimishind küündib 2,1 EEK/kg. Mida kõrgem on toodangu kokkuostuhind ja madalam väetise maksumus seda väiksemad on väetamisega seotud majanduslikud riskid ning erinevused agronoomiliselt ja majanduslikult efektiivsete väetiskoguste vahel. Antud soovitusi on kohane rakendada ainult katsealaga sarnastes mullastik-kliimaatilistes tingimustes. Huumusvaestel muldadel oli 2008. aasta katsetulemuste näitel nisu väetamine lämmastikuga majanduslikult põhjendatud isegi ebasoodsas turusituatsiooni korral.



Joonis 13. Majanduslikult efektiivne mineraalne lämmastiku kogus sõltuvalt odra realiseerimishinnast ja väetise maksumusest (2008. aasta saagiandmete alusel orgaaniliste väetisteta katsevariant)

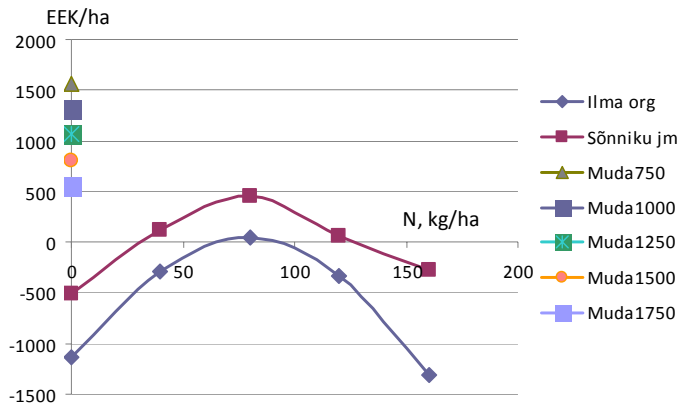
Lisaks mineraalväetiste kasutamise tasuvusele on oluline anda hinnang ka alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamise majanduslikule konkurentsivõimele võrreldes mineraalväetistega. Järgnevas odrakasvatuse kasumiarvestuses 2008. aasta katseandmete põhjal on lähtutud järgmistest väärtustest: tootmise üld- ja muud kulud 3000 EEK/ha, mineraalse lämmastiku maksumus 16 EEK/kg, enamsaagi koristamise ja käitlemise kulud 0,4 EEK/kg, realiseerimishind odrale 1,8 EEK/kg ja nisule 2,0 EEK/kg. Hinnatud on haava puitmassi tootmise jääkmuda kasutamisel saadavat arvutuslikku kasumit mineraalväetiste variantidega. Kuna orgaaniliste väetiste laotamise ja transpordikulud on tunduvalt suuremad võrreldes mineraalväetiste käitlemisega, siis alternatiivsete orgaaniliste väetiste variandi kasumiarvutustes on analüüsitud vastava lisakulu mõju alates 750 EEK/ha ja edasi iga täiendava 250 EEK/ha lisanduva kulu juures. Kasumiarvestusse ei ole lisatud toetusi.

Mineraalväetiste katsevariantides saavutati suurim odrakasvatuse arvutuslik kasum 70–90 kg/ha mineraalse lämmastiku kasutamisel (joonis 14). Haava puitmassi muda kasutamine omab kasumieelist võrreldes mineraalse väetamisega kui orgaaniliste väetiste käitlemisega kaasnevad lisakulud ei ületa 1250–1500 EEK/ha. Käesolev analüüs annab ainult esialgse ülevaate, millise lisakulu taseme juures võiks puitmassi tootmise jäätmed omada kasumieelist võrreldes mineraalväetiste kasutamisega.



Joonis 14. Odrakasvatuse arvestuslik kasum erinevates väetusvariantides 2008. aastal. Mineraalse N maksumus 16 EEK/kg; Muda750, Muda1000 jne tähistavad kasumit haava puitmassi kasutamise lisakulu vastavalt 750 EEK/ha, 1000 EEK/ha jne juures.

Juhul kui mineraalse lämmastiku maksumus küündib juba 22 EEK/kg, siis omab muda kasutamine kasumieelist ka üle 1700-kroonise lisakulu korral (joonis 15).



Joonis 15. Odrakasvatuse arvestuslik kasum erinevates väetusvariantides 2008. aastal. Mineraalse N maksumus 22 EEK/kg; Muda750, Muda1000 jne tähistavad kasumit haava puitmassi kasutamise lisakulu vastavalt 750 EEK/ha, 1000 EEK/ha jne juures.

Selline mineraalse lämmastiku maksumus oli reaalne 2007/2008. aastal energiahindade kõrgperioodil ammoniumnitraati ostes. Kui haava puitmassi jääkmuda transpordi ja laotamise lisakulud võrreldes tavatootmisega ei ületa 1000 EEK/ha kohta, siis on 2008. aasta katsetulemuste põhjal hinnates hetke turusituatsioonis haava puitmassi jääkmuda kasutamine ka majanduslikult konkurentsivõimeline.



## 5. Kokkuvõte ja järeldused

Üheksateist aastat kestnud pikaajalise külvikorrakatse andmetest ja käesoleva projekti (2006–2008) katsetulemuste põhjal, kus on uuritud väetiste efektiivsust erinevate maaviljelusviiside võrdluses saab teha järgmised üldistused.

Vaatamata järjepidevale väetiste mittekasutamisele pole üheksateistkümnepäevase jooksul katses olnud põllukultuuride saagikus külvikordade keskmisena väga suurel määral langenud. Järelikult on muld tänu iseregulatsiooni võimele suuteline oma potentsiaalsetest varudest toitaineid järk-järgult vabastama ja säilitama sellega vähemalt mõnda aega oma looduslikku produktioonivõimet. Ilma väetamiseta vähenes suvinisu ja odra terasaagikus kuue rotatsiooni jooksul vastavalt 1,6% ja 1,7% ühe aasta kohta. Sõnniku perioodilisel kasutamisel oli saagilangus oluliselt väiksem. Ilma orgaanilise väetiseta külvikorras tagasuviteraviljade pikaajalise produktioonitaseme säilimise mineraalväetisnorm ca 80 kg N/ha. Kartuli saagikust 20 t/ha on võimalik säilitada pikaajaliselt ainuüksi sõnniku kasutamisel, ent kõrgema produktiivsuse saavutamiseks on vajalik ka mineraalväetiste kasutamine.

Mineraalväetiste kasutamisest loobumine on võrreldes sõnniku ja mineraalväetiste kooskasutamise tulemusel saadud saakidega kaasa toonud põllukultuuride saagikuse languse. Mineraalväetised (eriti katses olnud kompleksväetised) omasid peale nende kasutamisest loobumist veel kahe aasta jooksul arvestatavat järelmõju põllukultuuride saagikusele.

Väetamisest märgatavamalt rohkem on kartuli ja teraviljade saagikust mõjutanud katseaasta ilmastikutingimused, eriti sademed. Külvikorrarotatsiooni (kolme aasta) keskmised saagid kõikusid väetamata katsealal kartulil 13,2 kuni 21,5 tonnini, suvinisul 1,6 kuni 2,8 tonnini ja odral 1,0 kuni 1,8 tonnini hektari kohta. Üksikute aastate lõikes olid need katseaasta kasvutingimustest põhjustatud saagivahed veelgi suuremad.

Väetistest on sõnniku regulaarne kasutamine külvikorras (igal kolmandal aastal 40...60 t/ha) suurendanud kartuli saagikust otsemõjuna 5,1 tonni võrra ja järelmõjuna teraviljade saagikust 0,34...0,36 tonni võrra hektari kohta.

Mineraalväetiste, eeskätt lämmastikväetise otsemõju kartuli saagikusele on olnud sõnniku otsemõjust mõnevõrra suurem. Kartuli saagikus on külvikorrarotatsioonide keskmisena mineraalväetise toime suurenenud 7,1 t/ha. Kõige suurema saagitõusu on andnud sõnniku ja mineraalväetiste kooskasutamine, mille tulemusena suurenes kartuli saagikus katseaastate keskmisena 11,5 t/ha, suvinisu saagikus 1,4 t/ha ja odra saagikus 2,5 t/ha kohta.

Katsest selgus samuti, et taimekasvatustalus on mullaviljakuse säilitamiseks ja põllukultuuride saagikuse suurendamiseks võimalik sõnnikut edukalt asendada alternatiivsete orgaaniliste väetistega: tööstusjäätmed, kompostid, põhk ja haljasväetised. Hinnates 2008. aastal esmakordselt Eestis katsetatud alternatiivsete orgaaniliste väetiste (biogaasi ja haava puitmassi tootmisjäätmete) mõju põllukultuuride saagile ja selle kvaliteedile saab järeldada, et nendega saab edukalt asendada traditsioonilisi orgaanilisi väetisi. See võiks olla perspektiivne lahend spetsialiseerunud taimekasvatustalude ning

mahetootjate põldudel mulla orgaanilise aine ja toiteelementide bilansi tasakaalustamiseks ja selle kaudu ka saagikuse suurendamiseks. Uuringud erinevate tööstusjäätmete sobivusest väetamiseks peavad aga põhjalikumate soovitude andmiseks kindlasti jätkuma, sest mõju mulla omadustele ja keskkonnale selgub alles pikema perioodi jooksul ja nende toime võib sõltuvalt aasta kliimaatilisest tingimustest suurel määral erineda.

Väetamise kaudu on olulisel määral võimalik mõjutada põllukultuuride saagi kvaliteeti. Väetiste mõjul suurenes nii kartuli mugulate arvukus pesas kui ka mugula keskmine mass ning suurte mugulate osakaal kogusaagis. Kartulimugulate nitraatide sisaldus suureneb koos kasvavate väetisnormidega. Aastal 2008 jäi see kõigis katsevariantides alla kehtestatud piirnormi (140 mg/kg). Kuigi väetiste toimel alanes kartulimugulate tärgklise sisaldus, saadi produktiivsuse suurenemise kaudu ikkagi väetamisel suurim tärgklise saak hektari kohta. Teraviljade toorproteiinisaldus on tugevas positiivses seoses kasutatud lämmastikväetise kogusega. Väetamise mõju teraviljade 1000 tera massile võib sõltuvalt aasta kliimaatilistest tingimustest olla nii positiivne kui ka negatiivne.

Erinevad mineraalväetise normid ei ole oluliselt mõjutanud mulla huumusesisaldust, kuid ilma orgaanilisi väetisi kasutamata on see 18 aasta jooksul langenud 0,2...0,3% võrra. Perioodilisel laudasõnniku kasutamisel (igal kolmandal aastal 40...60 t/ha tahedat veisesõnnikut) on huumusesisaldus tõusnud ca 0,2 % võrra ning see on aidanud vältida ka mulla reaktsiooni langust. Katseala lupjamisest möödunud kaheksa aasta jooksul on mulla liikuva kaltsiumi sisaldus osal väljadel langenud alla 1000 mg/kg ja põld vajaks korduslupjamist, kuigi mulla pH jääb veel vahemikku 5,8...6,9.

Mulla liikuva fosfori sisaldus suurenes eeskätt sõnniku ja kompostide kasutamise mõjul, mineraalväetiste mõju oli vähemärgatav. Ka pikka aega kestnud väetiste mittekasutamine pole mulla liikuva fosfori sisaldusele oluliselt mõjunud, fosfori sisalduse aste (keskmine) on jäänud endisele tasemele. Alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamine on hoidnud mulla liikuva fosfori sisalduse perioodilise sõnniku kasutamise tasemel.

Sõnnik ja alternatiivsed orgaanilised väetised on märgatavalt tõstnud mulla liikuva kaaliumi sisaldust. Selgelt on tõstnud mulla liikuva kaaliumi sisaldust ka põhu ning haljasväetise sissekündmine. Pikka aega kestnud orgaaniliste ja mineraalväetiste mittekasutamine on viinud mulla liikuva kaaliumi sisalduse keskmiselt tasemelt madalale. Perioodiline laudasõnniku ja alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamine on ära hoidnud järsu magneesiumi sisalduse languse mullas.

Optimaalsed lämmastikväetise kogused sõltuvad katseaasta kasvutingimustest ja orgaaniliste väetiste foonist. Sõnniku kasutamisel võrreldes orgaaniliste väetisteta variandiga oli agronoomiline optimum kartulile 10–23 kg N/ha kõrgem. Hetke turusituatsioonis oleks kartuli väetamiseks majanduslikult efektiivne lämmastikväetise annus 128–155 kg/ha, toidunisule soodsatel kasvuaastatel 95–114 kg/ha ning odrale 60–80 kg/ha. Antud soovitusi on kohane rakendada ainult katsealaga sarnastes mullastik-kliimaatilistes tingimustes ning arvestada tuleb väetise ja kokkostuhindade muutusi. Haava puitmassi jääkmuda kasutamine omas 2008. aastal kasumieelist võrreldes mineraalse väetamisega juhul, kui orgaaniliste väetiste käitlemisega kaasnevad lisakulud ei ületa 1250–1500 EEK/ha.