

EESTI MAAÜLIKOOL  
PÕLLUMAJANDUS- JA KESKKONNAINSTITUUT  
TAIMEKASVATUSE JA ROHUMAAVILJELUSE OSAKOND

MULLA HUUMUSSEISUNDI JA TOITAINETE BILANSI  
REGULEERIMISE VÕIMALUSTE NING  
HALJASVÄETISKULTUURIDE FÜTOPRODUKTIIVSUSE  
SELGITAMINE TAVA- JA MAHEVILJELUSE TINGIMUSTES

Projekti juht: dr Enn Lauringson

Projekti täitjad: Liina Talgre  
Hugo Roostalu  
Arvo Makke

## Sisukord

1. Sissejuhatus	3
2. Põldkatsete kirjeldus ja metoodika	4
3. Põldkatsete tulemused	10
3.1. Haljasväetiskultuuride biomass ja sellega mulda tagastuvad taimetoiteelementide kogused	10
3.2. Orgaanilise aine lagunemine mullas	36
3.3. Mineraal- ja haljasväetise lämmastiku efektiivsus	36
3.4. Haljasväetiste mõju teraviljade saagi kvaliteedile	44
3.5. Haljasväetiste mõju mulla omadustele	50
3.5.1. Haljasväetiste mõju mulla lasuvustihedusele	50
3.5.2. Haljasväetiste mõju mulla kõvadusele	52
3.5.3. Haljasväetiste mõju vihmausside arvukusele	54
3.5.4. Haljasväetiste mõju mulla agrokeemilistele omadustele	56
3.2. Vahekultuuride biomass ja sellega mulda tagastuvad taimetoiteelementide kogused	62
4. Kokkuvõte ja järeldused	70
Lisad	

## 1. Sissejuhatus

Ajendatuna tootjate huvist, alustati Eesti Maaülikoolis haljasväetiskatsetega 2004. aastal. Uurimise alla võeti külviaasta haljasväetised põhikultuurina, odra allakülvina ja lisaks hernes ning odra-herne segavili. Neid võrreldi sõnnik 60 t/ha, oder N<sub>0</sub>, oder N<sub>50</sub> ja N<sub>100</sub> fooniga.

Riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2009–2014” toel jätkus ja laienes vastav uurimisteema aastatel 2008–2010.

Lisaks haljasväetisalastele probleemide teaduslike lahenduste otsimisele on rajatud katsed aidanud kaasa ka tootjatele info edastamisele. Katsete tulemusi on tutvustatud tootjatele (nii mahe- kui tavaviljelejatele) mitmetel koolitustel ja teabepäeval. Katsetulemusi tutvustatakse ja analüüsitakse Maaviljeluse õppeaine raames taimekasvatuse suunilusega üliõpilastele. Katsetelt kogutud andmete põhjal on valmimas Liina Talgre doktoritöö ning kaitstud on 4 magistritööd ja 6 bakalaureusetööd.

Uurimuse põhieesmärgiks oli mulla huumusseisundit ja toitaineringeid mõjutavate tegurite uurimine. Lähtuvalt põhieesmärgist uuriti erinevate haljasväetiskultuuride ja vahekultuuride fütoproduktiivsust, maapealse orgaanilise aine ja juurte moodustumist, toitainete omastamist, mulda viidava orgaanilise aine lagunemist

Haljasväetiskultuuride mõju hinnatakse järgnevatel aastatel teraviljade saagi kaudu. Haljasväetiste mõju mulla bioloogilistele ja füüsikalisele-mehaanilistele omadustele analüüsitakse vastavalt vihmausside arvukuse, mulla kõvaduse ja lasuvustiheduse määramisel.

### Hüpoteesid

- Agroökosüsteemis mulda ladestuva orgaanilise aine kogus sõltub taimeliigist, pedokliimaatilistest tingimustest, rakendatud agrotehnikast ja fütotsönoosi kasutamise spetsiifikast.
- Mullas orgaanilise aine mineralisatsiooni tulemusena mulda vabaneva lämmastiku kogus ja kestus sõltub taimeliigist ning on võimalik mõjutada lagundatava materjali keemilise koostise muutmise teel.
- Orgaanilise aine lagunemine ja lämmastiku sidumine mikroorganismide poolt sõltub mulla temperatuurist. Hilissügisel ja kevadel muldaviidud haljasväetisega vähendame lämmastiku leostumist mullast ja keskkonnareostust.
- Kultuurtaimedest vabal perioodil vahekultuuride nn püüdjate kultuuride kasvatamisel on võimalik vähendada toitainete leostumist ja järgnevate kultuuride bioproduktiooni suurendada.

Liblikõieliste haljasväetiskultuuride ja vahekultuuride mõju ja sobilikkuse uurimine põldkatsete tingimustes on oluline lähtuvalt mitmest aspektist:

- Analüüsides eelnevate aastate põllukultuuride kasvupinna struktuuri Eestis selgub, et paljudel maakasutajatel on huumusbilans viljavahelduses negatiivne. Huumusesisaldust saame mõjutada agrotehniliste võtetega, neist olulisemad on õige kultuuride valik

külvikorras ja oskuslik orgaaniliste väetistega väetamine. Kui külvikorra huumusbilanss on negatiivne, siis mullaviljakus ilma orgaanilise väetiseta ei püsi.

- Seega, lähimate aastate üheks olulisemaks ülesandeks põllumajanduses oleks külvipinna struktuuri korrastamine st. viia külvikorda selliseid põllukultuure mis muudaksid huumusbilanssi positiivsemaks ning suurendada orgaanilise väetisannuste hulka. Kuna loomade arvukus ja sõnniku kogused on pidevalt vähenenud (kunagiselt 12-lt tonnilt ligikaudu 3-le tonnile keskmiselt külvipinna hektari kohta), tuleb rõhuasetus viia haljasväetistega väetamisele.

- Mineraalväetiste hinnatõusu tõttu on liblikõielised haljasväetised muutunud arvestatavaks orgaaniliseks väetiseks nii tava- kui mahe tootmises.

- Seega tagamaks jätkusuutlikku taimekasvatust on vajadus alternatiivsete orgaaniliste väetiste järele ilmne. See on aktuaalne nii tava- kui maheviljelusliku tootmise tingimustes.

## 2. Põldkatsete kirjeldus ja meetodika

Selgitamaks haljasväetiste otse- ja järelmõju, alustati katse ettevalmistamist 2006.–2007. aastal. Lõpparuande koostamiseks kasutatakse ka 2004. aastal rajatud katseandmeid, selgitamaks erinevate aastate mõju haljasväetiste biomassi moodustumisele ja mulla huumus seisundile.

### Katse Eerika 1

Katse rajati 2004. aastal näivleetunud savi-liivmullale (*Stagnic Luvisol*, WRB klassifikatsiooni järgi), mille huumushorizonti iseloomustavad järgmised näitajad:  $C_{org}$  1,1–1,2 %,  $N_{üld}$  0,10–0,12%, P 9–12 mg 100g<sup>-1</sup>, K 25–26 mg 100g<sup>-1</sup>, Mg 11–12 mg 100g<sup>-1</sup>, Ca 156–175 mg 100g<sup>-1</sup> (P, K, Ca ja Mg on määratud Melich 3 meetodil).  $pH_{KCl}$  5,9–6,0. Huumushorizonti tüsedus 27–29 cm. Mulla lasuvustihedus 1,45–1,50 Mg m<sup>-3</sup>.

Katsevariandid olid järgmised:

- a) liblikõielised haljasväetiskultuurid põhikultuurina (punane ristik, harilik lutsern, hübriidlutsern, nõiahammas, hernes);
- b) haljasväetiskultuurid odra allakülvina (punane ristik, harilik lutsern, hübriidlutsern, nõiahammas, itaalia raihein, hernes);
- c) mineraalväetisega väetatud oder (50 ja 100 kg N ha<sup>-1</sup>);
- d) väetamata oder (kontroll);
- e) sõnnik 60 Mg ha<sup>-1</sup> (25. oktoober 2004)

Kattekultuuriks oli 2004.a oder 'Arve'

Liblikõieliste puhaskülvide biomass künti mulda kahel ajal: nii sügisel kui ka kevadel.

Herne põhk künti mulda sügisel. Teravilja puhaskülvide ja allakülvide korral oli kasutusel ainult sügiskünn.

Järelkultuurideks olid 2005.a kaer 'Jaak', 2006.a oder 'Inari' ja 2007.a kaer 'Jaak'.

Teravilja külvisenorm oli 500 idanevat tera m<sup>-1</sup>.

### **Projekti raames rajati järgmised katsed:**

#### **Katse Haage A**

Katse rajati 2007. aastal näivleetunud savi-liivmullale (*Stagnic Luvisol*, WRB klassifikatsiooni järgi), mille huumushorizonti iseloomustavad järgmised näitajad:  $C_{org}$  1,3–1,4 %,  $N_{üld}$  0,10–0,11%, P 3,3–3,5 mg 100g<sup>-1</sup>, K 15–17 mg 100g<sup>-1</sup> (P ja K määratud AL meetodil). Mulla lasuvustihedus 1,4–1,5 Mg m<sup>-3</sup>. Huumushorisoni tüsedus 28–31 cm.  $pH_{KCl}$  – 5,7–5,8.

Katsevariandid olid järgmised:

- a) liblikõielised haljasväetiskultuurid põhikultuurina (punane ristik, harilik lutsern, hübriidlutsern, nõiahammas, valge mesikas);
- b) liblikõielised haljasväetiskultuurid odra allakülvina (punane ristik, harilik lutsern, hübriidlutsern, valge mesikas);
- c) mineraalväetisega väetatud oder (50 ja 100 kg N ha<sup>-1</sup>);
- d) väetamata oder (kontroll);

Kattekultuuriks oli 2007.a. oder 'Inari'.

Liblikõieliste puhaskülvide biomass künti mulda kahel ajal: nii sügisel kui ka kevadel.

Teravilja puhaskülvide ja allakülvide korral oli kasutusel ainult sügiskünd.

Järelkultuuridena kasvatati 2008.a. suvinisu 'Vinjet' ja 2009.a. otra 'Inari'. Teravilja külvisenorm oli 500 idanevat tera m<sup>-1</sup>.

#### **Katse Haage B**

Katse rajati 2006. aastal samale mullale nagu eelmine katse.

Katsevariandid olid järgmised:

- a) liblikõielised haljasväetiskultuurid odra allakülvina (punane ristik, harilik lutsern, hübriidlutsern, valge mesikas, nõiahammas);
- b) mineraalväetisega väetatud oder (100 kg N ha<sup>-1</sup>);
- c) väetamata oder (kontroll)

2007. aastal kasvanud haljasmass künti mulda 17. augustil ja 7. septembril külvati talinisu 'Ramiro'. 2009 aastal oli järelkultuuriks oder 'Inari'. Odra külvisenorm oli 500 idanevat tera ja nisul 550 idanevat tera m<sup>-1</sup>.

#### **Katse Eerika 2A**

Katse rajati 2008. aastal näivleetunud saviliivmullale, mille huumushorizonti iseloomustavad järgmised näitajad:  $C_{org}$  1,1–1,2 %,  $N_{üld}$  0,10–0,11%, P 5,5–10 mg 100g<sup>-1</sup>, K 15,4–17,4 mg 100g<sup>-1</sup>, Mg 11–12 mg 100g<sup>-1</sup>, Ca 156–175 mg 100g<sup>-1</sup> (P ja K määratud AL meetodil).  $pH_{KCl}$  5,6–5,8. Huumushorisoni tüsedus oli 27–29 cm ja lasuvustihedus oli 1,40–1,55 Mg m<sup>-3</sup>.

Katsevariandid olid järgmised:

- a) liblikõielised haljasväetiskultuurid põhikultuurina (punane ristik, valge mesikas, hulgalehine lupiin);
- b) liblikõielised haljasväetiskultuurid odra allakülvina (punane ristik, valge mesikas, hulgalehine lupiin);  
allfaktorid  
- väetamata allakülvi variandid  
- väetatud allakülvi variandid ( $N_{50}$ )
- c) mineraalväetisega väetatud oder (50 ja 100 kg N ha<sup>-1</sup>);

- d) väetamata oder (kontroll)
- e) sõnnik 50 Mg ha<sup>-1</sup> (28 oktoober 2008)

Kattekultuuriks oli 2008.a. oder 'Inari'.

Kõikide katsevariantide biomass künti mulda sügisel.

Järelkultuuridena kasvatati 2009.a suvinisu 'Trappe' ja 2010.a oder 'Inari'. Teravilja külvisenorm oli 500 idanevat tera m<sup>-1</sup>.

### **Katse Eerika 2B**

Katse rajati 2008. aastal samale näivleetunud saviliivmullale nagu eelmine katse.

Katsevariandid olid järgmised:

- a) liblikõielised haljasväetiskultuurid odra allakülvina (punane ristik, valge mesikas, hulgalehine lupiin);
- b) mineraalväetisega väetatud oder (50 ja 100 kg N ha<sup>-1</sup>);
- c) väetamata oder (kontroll)

Kattekultuuriks oli 2008.a oder 'Inari'. Mineraalväetisega väetatud variantidel 2009 aastal oder 'Inari'. 2009. aastal kasvanud liblikõieliste haljasmass künti 17. augustil mulda ja 2. septembril külvati talinisu 'Ada'.

Odra külvisenorm oli 500 ja nisul 550 idanevat tera m<sup>-1</sup>.

### **Katse Eerika 3**

Katse rajati 2009. aastal samale näivleetunud saviliivmullale nagu katse Eerika 2A.

Katsevariandid olid järgmised:

- a) liblikõielised haljasväetiskultuurid põhikultuurina (punane ristik, hübriidlutsern, hulgalehine lupiin, hernes, põlduba);
- b) haljasväetiskultuurid odra allakülvina (punane ristik, hulgalehine lupiin, itaalia raihein);
- c) mineraalväetisega väetatud oder (50 ja 100 kg N ha<sup>-1</sup>);
- d) väetamata oder (kontroll)
- g) sõnnik 50 Mg ha<sup>-1</sup> (23 oktoober 2009)

Kattekultuuriks oli 2009.a oder 'Inari'.

Kõikide katsevariantide biomass künti mulda sügisel.

Järelkultuurideks olid 2010.a suvinisu 'Mooni' ja 2010.a oder 'Inari'. Odra külvisenorm oli 500 ja nisul 550 idanevat tera m<sup>-1</sup>.

### **Katse Eerika 4**

Katse rajati 2010. aastal samale näivleetunud saviliivmullale nagu eelmine katse.

Katsevariandid olid järgmised:

- a) liblikõielised haljasväetiskultuurid põhikultuurina (punane ristik, hulgalehine lupiin, hernes, põlduba);
- b) haljasväetiskultuurid odra allakülvina (punane ristik, hulgalehine lupiin, itaalia raihein);
- c) mineraalväetisega väetatud oder (50 kg N ha<sup>-1</sup>);
- d) väetamata oder (kontroll);

Kattekultuuriks oli oder 'Inari' külvisenormiga 500 idanevat tera m<sup>-1</sup>.

Haljaväetiskatsete rajamisel oli eelviljaks oder.

Kevadisi mullaharimistõid alustati aprilli III dekaadis (libistamine + kultiveerimine). Teraviljakülv toimus külvikutega Saxonía (Eerika 1) ja Kongskilde. Heinaseemne külvati külvikutega Wintersteiger ja Kongskilde.

Teravili koristati katsekombainiga Sampo. Põhk peenestati ja viidi mulda.

Haljasväetis enne kündi peenestati hooldusniidukiga Müthing.

Katsetes olnud haljasväetiskultuuride sordid ja külvisenormid on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Katses kasvatatud haljaväetiskultuuride sordid ja külvisenormid

Liik, sort	Puhaskülv kg ha <sup>-1</sup>	Allakülv kg ha <sup>-1</sup>
Punane ristik 'Jõgeva 433'	15	7,5
Hübriidlutsern 'Karlu'	20	10
Harilik lutsern	13	6,5
Harilik nõiahammas 'Norcen'	12	6
Valge mesikas 'Kuusiku'	35	18
Hulgalehine lupiin	30	40
Hernes 'Nitouche'	205–220	110
Põlduba 'Jõgeva'	300 kg	x
Itaalia raihein 'Talvike'	x	10

### Katseaastate meteoroloogilised tingimused

Katseperioodi ilmastikuandmed on saadud Eerikal asuvast automaatilmajaamast. Ilmastiku iseloomustamiseks on kasutatud kuude keskmisi õhutemperatuure (°C) ja sademetehulka (mm), mida on võrreldud paljude aastate keskmiste näitajatega (1966–1998) (tabel 2 ja 3).

2004. a vegetatsiooniperiood oli sademeterikkam kui paljude aastate keskmine. 2005. aastal oli sademeid paljude aastate keskmise piires, kuid 2006. aasta vegetatsiooniperiood oli suhteliselt soe ja erakordselt sademetevaene. Eriti kuiv oli kasvuperioodi esimene pool, kuni augusti alguseni sadas vaevalt pool Eesti keskmisest sademetenormist. Põua tagajärjel lühenes taimede kasvuaeg ja see mõjutas tugevalt nii saaki kui saagi kvaliteeti. 2007. a vegetatsiooniperiood oli alates juulist väga sademetevaene, augustis oli ka keskmisest soojem.

2008. a kevad oli suhteliselt varajane. Taimekasvuperioodi esimene pool oli kuivapoolne ja mai lõpus ning juuni esimesel poolel andis tunda põud. Juuni lõpp ja suve teine pool oli sajused. Erakordselt sajuseks kujunes teravilja koristusperiood. Keskmised temperatuurid vegetatsiooniperioodil jäid madalamaks paljude aastate keskmisest.

2009. a vegetatsiooniperiood oli tavalisest pikem, kuid mõõduka temperatuurirežiimiga. Vegetatsiooniperioodi algus oli kuiv, teine pool sajune. Aprillis ja mais sadas väga vähe. Juuni ja august (sh koristusperiood) olid tavalisest sajusemad.

2010. a vegetatsiooniperiood kujunes erakordselt soojaks. Sademeid oli mais ja juunis normile lähedaselt. Juuli ja augusti esimese poole erakordse kuumalaine ajal kannatas enamik põllukultuure põua all. Augusti teine pool ja september olid normist sajusemad.

Tabel 2. Keskmise õhutemperatuur (°C) kuude lõikes Eerikal 2004–2010. a. võrreldes 1966–1998. a keskmisega\*

Kuu	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	keskmise*
Jaauar	-7,6	-1,7	-5,5	-2,2	-1,3	-3,4	-12,7	-7,1
Veebruar	-4,5	-7,3	-8,7	-10,9	0,6	-4,9	-7,9	-6,6
Märts	-0,4	-4,9	-3,5	4,0	0,4	-1,5	-2,1	-2,4
Aprill	5,6	5,0	6,2	5,1	7,1	5,3	6,1	4,2
Mai	12,7	10,8	11,9	12,0	10,7	11,5	12,6	11,6
Juuni	13,4	14,4	16,2	15,9	14,5	13,8	14,6	15,1
Juuli	16,4	19,5	18,7	16,9	16,1	16,9	22,2	16,7
August	17,0	16,5	17,1	18,1	15,7	15,4	18,2	15,6
September	11,9	12,7	13,6	11,1	9,8	12,8	11,1	10,4
Oktoober	5,7	6,7	8,1	6,8	8,2	4,1	12,4	5,7
November	-0,7	2,6	5,3	-0,2	2,3	2,3	0,8	0,3
Detsember	-0,1	-3,2	3,8	0,6	-1,1	-4,1	-7,7	-4,2

Tabel 3. Sademete hulk (mm) kuude lõikes Eerikal 2004–2010. a. võrreldes 1966–1998. a keskmisega\*

	Sademed, mm							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	keskmise*
Jaauar	6	114	5	59	21	10	3	29
Veebruar	18	0	8	11	34	7	4	23
Märts	36	4	13	23	8	22	30	26
Aprill	8	22	15	32	26	14	26	33
Mai	34	114	34	91	27	13	61	55
Juuni	210	54	47	44	110	137	72	66
Juuli	113	22	16	54	53	54	36	72
August	116	92	80	10	117	89	106	79
September	99	59	35	9	45	49	93	66
Oktoober	61	38	111	8	67	116	49	52
November	25	30	10	17	49	35	52	48
Detsember	27	17	38	7	23	40	17	40

### Vahekultuuride katsed

Vahekultuuride katsed rajati 2008.–2010. aastatel samale näivleeturud saviliivmullale nagu Eerika 1 katse.

#### Katse 1 2008. a.

Katsevariandid: valge sinep, õlirõigas, taliraps ja põlduba.

Järeilkultuurina kasvatati 2009.a suvinisu 'Trappe'

#### Katse 2 2009. a.

Katsevariandid: valge sinep, õlirõigas, talirüps, põlduba, hernes ja itaalia raihein.

Biomass künti mulda kahel ajal, sügisel ja kevadel.

Järeilkultuurina kasvatati 2010.a suvinisu 'Mooni'

#### Katse 3 2010. a.

Katsevariandid: valge sinep, õlirõigas, talirüps, taliraps, põlduba, hernes, rukis, itaalia raihein ja keerispea

Eelviljaks oli kõigil aastatel oder 'Inari'. Odra koristamisel põhk peenestati.



Koristamisjärgselt põld kooriti noaäkkega ja vahekultuurid külvati külvikuga Kongskilde (reavahe 12,5 cm). Vahekultuurid külvati kohe odra koristamise järgselt – 2008.a 21. aug., 2009. a 14. aug. ja 2010.a 2. augustil.

Vahekultuuride sordid ja külvisenormid: talirüps 'Largo' ja taliraps 8 kg ha<sup>-1</sup>, õlirõigas 'Adios' 22 kg ha<sup>-1</sup>, valge sinep 'Condor' 18 kg ha<sup>-1</sup>, hernes 'Clarissa' 180 kg ha<sup>-1</sup> (80 idanevat seemet m<sup>-2</sup>), põlduba 'Jõgeva' 280 kg ha<sup>-1</sup> (40 idanevat seemet m<sup>-2</sup>), itaalia raihein 'Talvike' 25 kg ha<sup>-1</sup>, rukis 210 kg ha<sup>-1</sup> ning keerispea 'Stala' 11 kg ha<sup>-1</sup>. Vahekultuuride maapealne biomass ja juurte mass määrati kasvuperioodi lõpus, enne küнди. Olenevalt kasvuperioodi pikkusest küнти vahekultuurid 22–24 cm sügavusele mulda oktoobri II–III dekaadis. Taimses materjalis määrati N, C, P ja K sisaldus, 2009. a ka väävel.

Vahekultuuride kasvuperioodi iseloomustamiseks on kasutatud nende kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summat (temperatuurid üle 5 kraadi) ja keskmist sademete hulka (mm) (tabel 4).

Tabel 4. Efektiivsete temperatuuride (>5°C) ja sademete summa (mm) vahekultuuride kasvuperioodil

Aasta	Efektiivsete temperatuuride summa, °C	Sademeid, mm	Kasvuperiood, päeva
2008	352	134	72
2009	427	207	60
2010	602	225	72

### Määramised

Proovid teravilja puhaskülvide biomassi määramiseks võeti enne saagi koristust ja juurte mass kuni 60 cm sügavuseni. Allakülvidega variantides määrati haljasväetiskultuuride biomass kahel korral: esimene kord üheaegselt teravilja koristamisega ja ädala mass enne sügisküнди. Liblikõieliste kultuuride puhaskülvide biomass ja juurte mass määrati oktoobri I–II dekaadis.

Teravilja puhaskülvide ja haljasväetiste sisseküнд toimus 23–25 cm sügavuselt.

Mullaproovid võeti 0–27 cm mullakihist enne katse rajamist, peale haljasväetiste sisseküнди ja järelkultuuride kasvuajal.

Mulla lasuvustiheduse proovid võeti 88,20 cm<sup>3</sup> terassilindritega 10–20 ja 20–30 cm sügavuselt peale teravilja koristamist, samal ajal määrati ka vihmausside arvukus. Vihmaussid sorteeriti mullast (40x40 cm kaevest 30 cm sügavuseni) käsitsi. Mulla kõvadus e. penetromeetriline takistus määrati järelkultuuride koristamise järgselt penetromeetriga kuni 40 cm sügavuseni.

Taimse materjali proovid kuivatati õhkkuivaks ja jahvatati. Saadud proovist määrati N, P, K, C sisaldus. 2009. aastal määrati vahekultuurides ka väävli sisaldus. Nisul määrati 1000 tera mass (g), mahumass (g/l), toorproteiini ja kleepvalgu sisaldus (%) ning gluteeniindeks (%).

Mullaproovidest määrati orgaanilise aine sisaldus, K, P, N<sub>üld</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ja NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

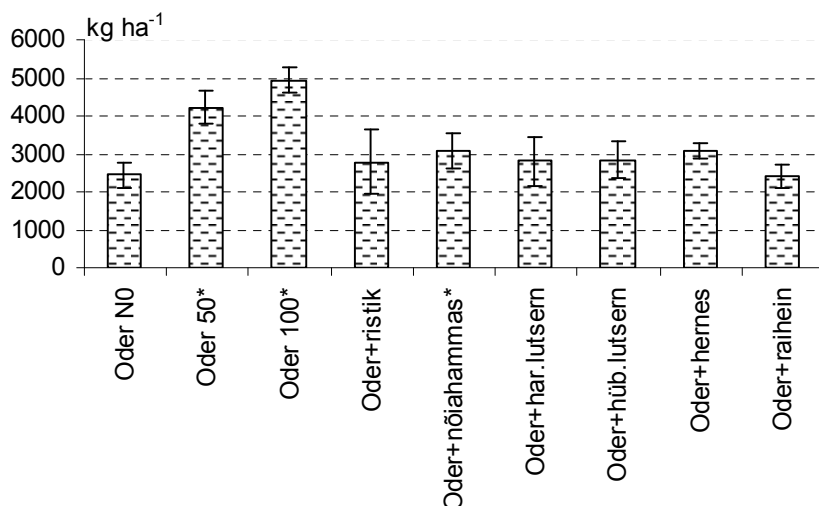
Katsetulemuste andmetöötlusel kasutati 'Statistica 7' programmi. Saagiandmete 95%-lise usutavusega erinevus fooni suhtes on tähistatud joonistel \*, kui aga haljasväetise efekt ületas N<sub>50</sub> väetisnormi taset, siis need erinevused on joonistel tähistatud \*\*.

Variantide vaheline varieeruvus on joonistel välja toodud standardhällbena või standardveana.

### 3. Põldkatsete tulemused

#### 3.1. Haljasväetiskultuuride biomass ja sellega mulda tagastuvad taimetoitelementide kogused

Eerikal 2004. aastal alustatud katses (**Eerika 1**), kus võrreldi odra, herne, punase ristiku, hariliku lutserni, hübriidlutserni, hariliku nõiahamba ja itaalia raiheina bioproduktiooni, selgus, et haljasväetiskultuuride allakülvid ei vähendanud odra saagikust (joonis 1). Liblikõieliste allakülvide korral, eriti hariliku nõiahamba puhul, oli odra saagikus fooniga võrrelduna isegi mõnevõrra kõrgem. Kuna katsemuld oli suhteliselt huumusvaene ja üldlämmastikku oli huumuskihis vaid 0,10–0,12%, siis ammoniumnitraadiga mulda viidud lämmastiku efektiivsus oli sellel aastal erakordselt kõrge,  $N_{50}$  ja  $N_{100}$  väetisnormidega saadi enamsaaki vastavalt 1,78 ja 2,50  $Mg\ ha^{-1}$ .

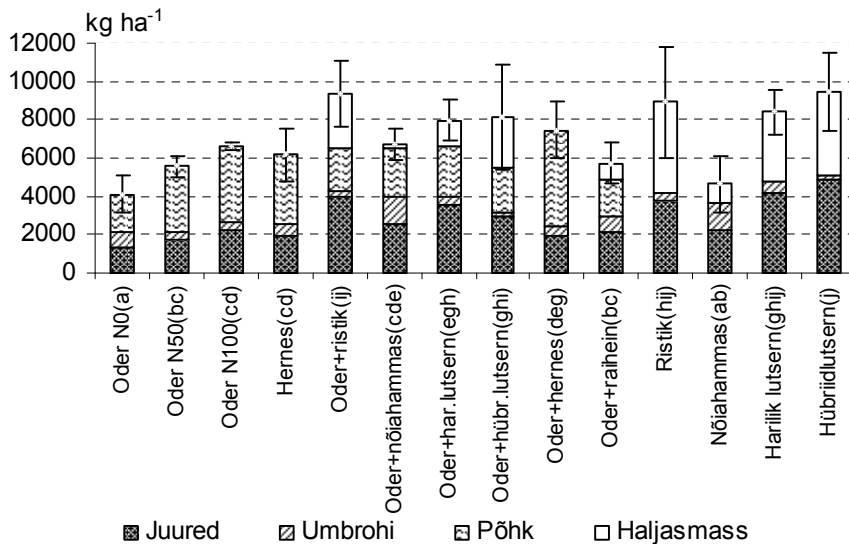


Joonis 1. Odra terasaak olenevalt lämmastikväetisnormist ja allakülvist 2004.a.

Odra puhaskülvide puhul, olenevalt lämmastikväetisnormist, viidi pärast saagi koristamist värsket orgaanilist ainet mulda kuivaines 4,1–6,60  $Mg\ ha^{-1}$ , millest juurte mass moodustas 31–35% (joonis 2). Odra allakülvide korral, kus lisaks põhule viidi mulda ka haljasväetiskultuuride biomass, varieerusid kuivaine üldkogused 5,72–9,35  $Mg\ ha^{-1}$ , kusjuures kõige suurem oli see odra ja punase ristiku allakülvi korral ja kõige väiksemaks jäi see odra ja hariliku nõiahamba ning odra ja itaalia raiheina allakülvides. Viimase variandi puhul oli see ka täiesti loogiline, sest nii odra kui ka itaalia raiheina kasvu limiteeris taimetoitainete, eriti lämmastiku defitsiit mullas. Odra ja herne segukülvi korral viidi mulda orgaanilist ainet kuivaines 7,44  $Mg\ ha^{-1}$ , millest juurte mass moodustas 1,96  $Mg\ ha^{-1}$ . Hariliku lutserni ja punase ristiku allakülvide korral oli juurte mass vastavalt 3,58 ja 3,99  $Mg\ ha^{-1}$ , mis moodustas kogu mulda viidavast biomassist 43–45%. Põhu osatähtsus oli punase ristiku allakülvi korral 25% ja hariliku lutserni allakülvis 34%.

Hariliku nõiahamba puhaskülvis formeerus kuivainet vaid 4,64  $Mg\ ha^{-1}$ , samal ajal moodustas punase ristiku puhaskülvi biomass 8,91  $Mg\ ha^{-1}$  ning hariliku ja

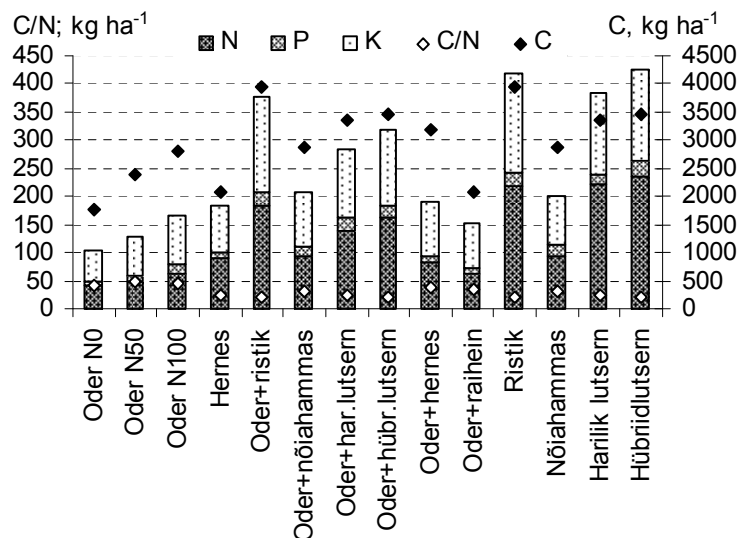
hübriidlutserni puhul oli see 8,40 ja 9,43 Mg ha<sup>-1</sup>. Liblikõieliste haljasväetiskultuuride puhaskülvides moodustas juurte mass kogu biomassist 42–52%. Olenevalt väetisnormist viidi odra terasaagiga põllult minema 39–87 kg lämmastikku, 9–19 kg fosforit ja 15–37 kg kaaliumi hektari kohta. Herne terasaagis oli aga 154 kg lämmastikku, 9 kg fosforit ja 41 kg kaaliumi hektari kohta.



Joonis 2. Mulda viidud biomassi kogused kuivaines olenevalt kultuurist, lämmastikväetisnormist, haljasväetiskultuuride alla- ja puhaskylvist 2004.a.

Odra juurte ja põhuga tagastati mulda 1,75–2,81 Mg C ja 42–62 kg N, 8–17 kg P ning 56–87 kg K ha<sup>-1</sup> (joonis 3). See odra koristusjärgselt mulda viidav orgaaniline aine on suhteliselt lämmastikuvaene, mistõttu kogu biomassi keskmine C/N suhe oli lai – 42–50. Kui nüüd lähtuda, et odra põllul on mulda viidava orgaanilise aine keskmine C/N suhe 48 ja mulda viidavast süsinikust kasutavad mikroorganismid oma rakkude ülesehitamiseks mitte üle 25% ning mikroobse biomassi C/N suhe on ligikaudu 8:1, siis iga Mg süsiniku kohta kasutavad mikroorganismid lisaks mulda viidava orgaanilise aine lämmastikule veel täiendavalt mullavarudest 10–11 kg N ha<sup>-1</sup>. Seega põllumees peab järgmisel kevadel lisaks tavaväetisnormile, mis on ette nähtud konkreetsele kultuurile, kompenseerima lisaväetamisega teravilja põhu ja juurte lagundamisega seonduva lämmastiku immobilisatsiooni.

Odra ja itaalia raiheina allakülvi puhul viidi orgaanilise ainega mulda vaid 2,06 Mg C, 62 kg N, 9 kg P ja 81 kg K ha<sup>-1</sup>. Seevastu kõige enam viidi toitaineid mulda punase ristiku, hariliku- ja hübriidlutserni allakülvide biomassiga. Süsiniku kogused jäid siin 3,4–4,0 Mg piiridesse hektari kohta, lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kogused aga olid vastavalt 140–185 kg, 19–24 ja 121–170 kg ha<sup>-1</sup>. Süsiniku ja lämmastiku suhe oli siin 21–24. Taolise orgaanilise aine lagundamisel ei kasuta mikroorganismid täiendavalt mulla lämmastikuvarusid, iga tonni süsiniku kohta vabaneb nüüd mulda 12–16 kg N ha<sup>-1</sup>. Tegelikult peame arvestama, et pärast orgaanilise aine lagunemist mikroorganismide elutegevuse lõppedes leiab aset nende keharakkude autolüüs ning ka mikroobse valgu lämmastik vabaneb mulda.

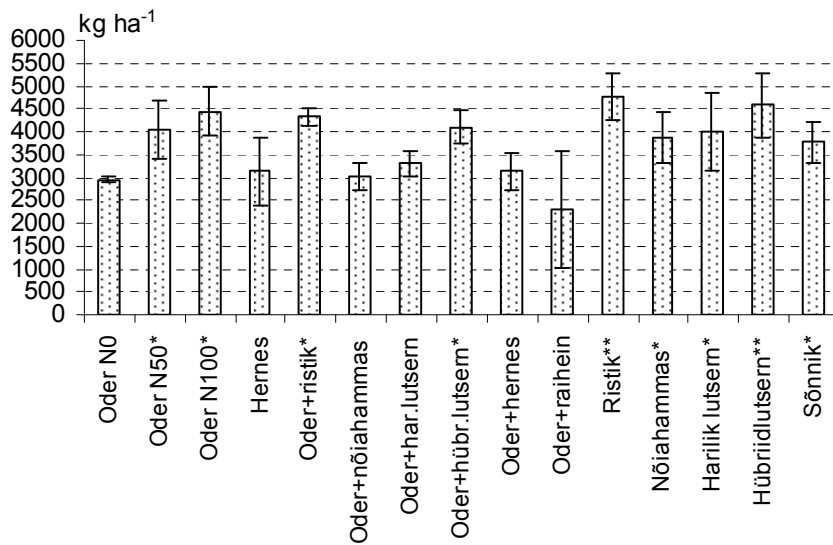


Joonis 3. Biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning biomassi C/N suhe 2004.a.

Liblikõieliste puhaskülvidest viidi toitaineid mulda kõige vähem herne ja hariliku nõiahamba, kuid kõige enam punase ristiku, hariliku- ja hübriidlutserni biomassiga. Lämmastiku kogused küündisid siin 220–237 kg N ha<sup>-1</sup>, fosfori ja kaaliumi kogused olid nende kultuuride biomassi puhul vastavalt 18–27 kg P ja 144–177 kg K ha<sup>-1</sup>. Mulda viidava süsiniku kogus jäi siin samale tasemele nagu seda oli allakülvide puhul – 3,4–4,0 Mg ha<sup>-1</sup> ja ka C/N suhe oli 21–24.

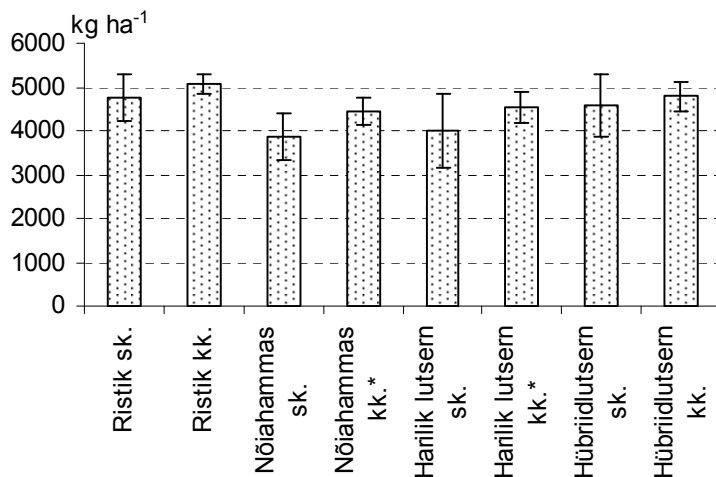
Kui lähtuda antud mulla toitainete sisaldusest ja kogu biomassis leiduvatest toitainete kogustest, siis võime järeldada, et väetamata mullal kasutas oder humuskihi üldlämmastiku varust ära ligikaudu 1,5%, liikuva fosfori ja kaaliumi varust aga vastavalt 2 ja 5%. Liblikõielised kultuurid aga kasutasid kogu biomassi formeerimiseks humuskihi liikuva fosfori varust 3,5–5% ja kaaliumi varust ligikaudu 11–14%. Siin on arvestatud, et kogu kasutatud toitainete kogusest 80% võeti humuskihist. Suhteliselt madalate kasutusmäärade selgituseks peame veelkord märkima, et antud katsemulla liikuva fosfori sisaldus oli üle keskmise ja kaaliumi väetistarve oli väike.

Järgmisel aastal külvati sellele katsealale järelkultuuriks kaer. Olenevalt lämmastikväetisnormist ja sügisel eelkultuuride biomassiga mulda viidud toitainete kogustest varieerus kaera saak 2,30–4,76 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 4). Fooni suhtes oli saagikuse tõus 95%-lise usutavusega ristiku ja hübriidlutserni allakülvide ning hariliku nõiahamba ja hariliku lutserni puhaskülvide järgselt. Nende katsevariantide puhul oli kaera saagikus ligikaudu sama, mis saadi 60 Mg ha<sup>-1</sup> sõnniku kasutamisel. Punase ristiku ja hübriidlutserni puhaskülvide järgselt aga ületas kaera saagikus isegi mineraalse lämmastikväetisnormi N<sub>100</sub> kasutamisel saadud saagitaset. Kui aga eelnevalt oli odra allakülvina kasvatatud itaalia raiheina, siis kaera saak jäi fooni tasemest oluliselt madalamaks.



Joonis 4. Kaera terasaak olenevalt lämmastikväetisnormist, sõnniku kasutamisest ja eelkultuurist 2005.a.

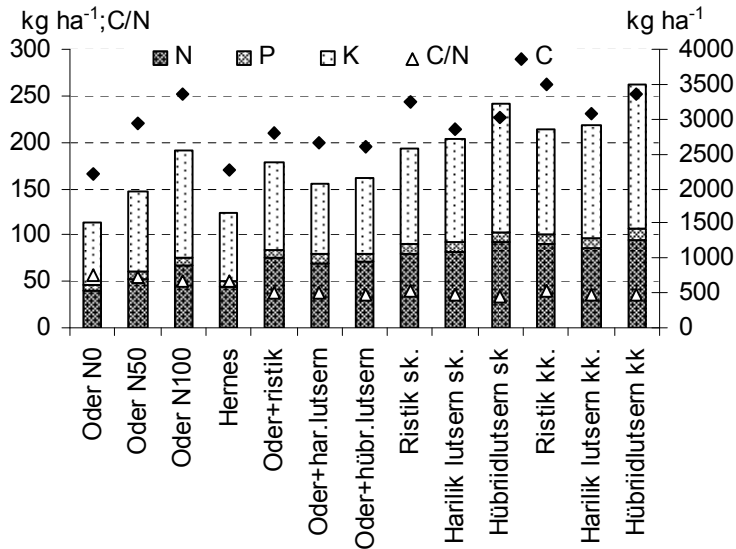
Väga oluline on ka orgaanilise aine, eriti haljasväetiskultuuride biomassi mulda viimise aeg. Sügise sissekünni korral algab kergemini lagundatavate taimeosade nagu lehtede orgaanilise aine kiire mineralisatsioon, mistõttu osa vabanenud toitaineid uhutakse laskuva veega enne järgmise aasta vegetatsiooniperioodi mullast minema. Ka antud katses oli järelkultuurina kasvatatud kaera saak kõrgem kevadise liblikõieliste haljasväetiskultuuride biomassi sissekünni korral (joonis 5).



Joonis 5. Kaera terasaak 2005.a. olenevalt haljasväetise mulda viimise ajast

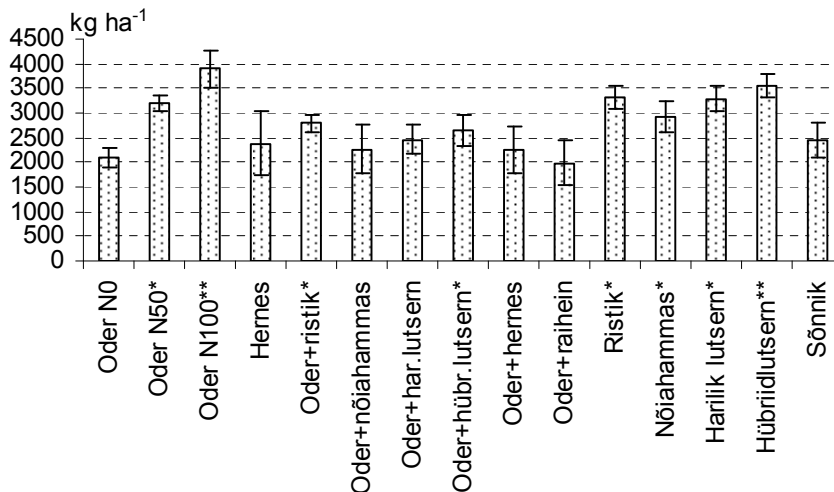
Olenevalt kaera saagi tasemest viidi sellega põllult ära 53–106 kg N, 10–18 kg P ja 8–27 kg K ha<sup>-1</sup>. Kaera põhu ja juurtega aga tagastati mulda 2,21–3,51 Mg C, 39–95 kg N, 6–12 kg P ja 67–156 kg K ha<sup>-1</sup> (joonis 6). Oluline on veel märkida, et haljasväetised mõjutasid oluliselt nii kaera terasaagi kui ka mulda tagastuva orgaanilise aine keemilist koostist. Nii näiteks, väetamata mullal ehk fooni puhul oli mulda tagastuva orgaanilise aine C/N suhe

56, kuid kõigi liblikõieliste haljasväetiskultuuride järgselt kasvanud kaera puhul oli see 32–40.

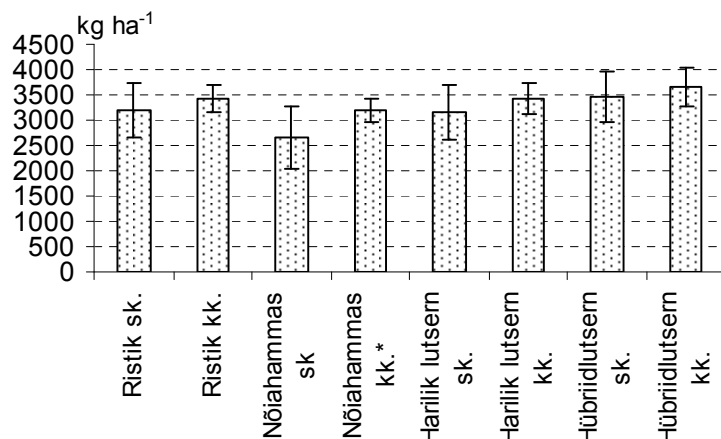


Joonis 6. Kaera põllul biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning biomassi süsiniku ja lämmastiku suhe 2005.a.

Järgmisel aastal kasvatati antud katses järelkultuurina otra. Kui eelmisel aastal küündis haljasväetise arvel saadav enamsaak kuni 1,6–1,8 Mg ha<sup>-1</sup>, siis 2006. aastal ei ületanud see 1,2–1,5 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 7). Fooniga võrreldes oli haljasväetise sügisese sissekünni mõju teisel aastal usutav punase ristiku ja hübriidlutserni allakülvi ja kõigi liblikõieliste haljasväetiskultuuride puhaskülvide korral. Kuid ka teise aasta järelmõjust ilmneb, et võrreldes sügisese haljasväetise sissekünniga saadakse kevadise biomassi mulda viimise korral kõrgemad saagid (joonis 8).



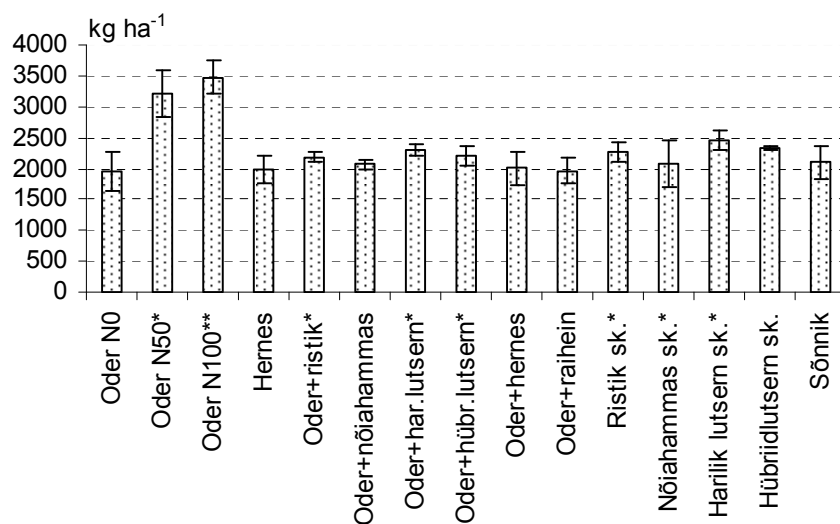
Joonis 7. Lämmastikväetisnormi ja sõnniku ning haljasväetise järelmõju odra terasaagile 2006.aastal.



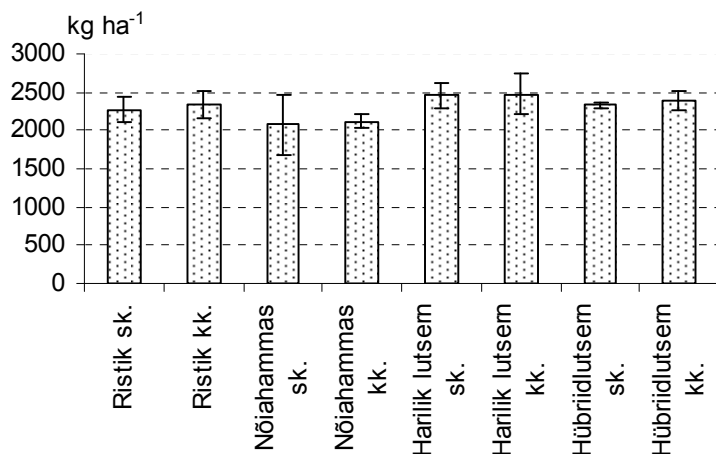
Joonis 8. Odra terasaak 2006.a. olenevalt haljasväetise mulda viimise ajast 2004.a.

Olenevalt odra saagi suuruselt viidi põllult minema 30–73 kg N, 6–11 kg P ja 11–18 kg K ha<sup>-1</sup>. Odra põhu ja juurtega viidi mulda värsket orgaanilist ainet 3,48–5,43 Mg ha<sup>-1</sup>, kusjuures juured moodustasid sellest 36–39%. Põhu ja juurtega tagastati mulda 33–58 kg N, 4–8 kg P ja 34–54 kg K ha<sup>-1</sup>.

2007. aastal oli katses järelkultuuriks jällegi kaer. Haljasväetis andis kolmandal aastal usutavat efekti nii punase ristiku, hariliku- ja hübriidlutserni allakülvide kui ka puhaskülvide katsevariantide puhul (joonis 9). Kuid ka nende haljasväetiskultuuride korral ei ületanud enamsaak 0,5 Mg ha<sup>-1</sup>. Haljasväetise mulda viimise aeg kolmandal aastal usutavalt kaera terasaaki enam ei mõjutanud (joonis 10). Kaera terasaak odra järgselt 2007. aastal varieerus olenevalt lämmastikväetisnormist ja haljasväetise järeilmõjust sõltuvalt 1,97–3,48 Mg piires hektari kohta, millega viidi mullast minema 28–65 kg N, 7–15 kg P ja 8–16 kg K ha<sup>-1</sup>. Põhuga tagastati mulda 1,93–3,97 Mg kuivainet, mis sisaldas 13–42 kg N, 4–10 kg P ja 41–102 kg K ha<sup>-1</sup>.



Joonis 9. Kaera terasaak odra järgselt 2007.aastal.



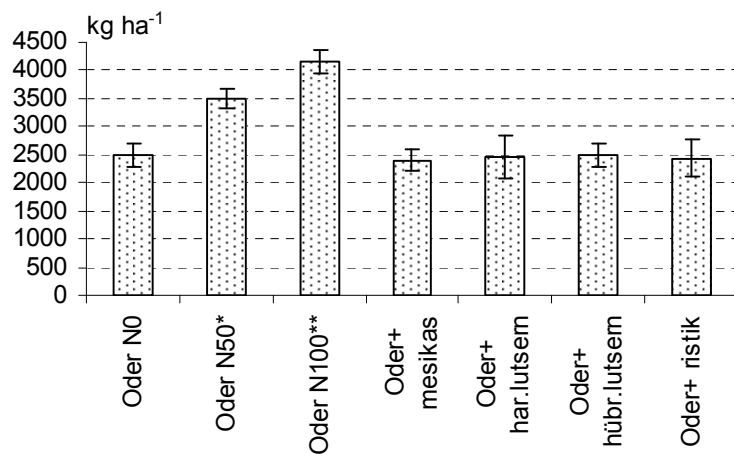
Joonis 10. Kaera terasaak 2007.a. olenevalt haljasväetise mulda viimise ajast 2004.a.

Katses **Haage A** võrreldi samuti haljasväetiste efektiivsust mineraalse lämmastikväetisega. Haljasväetiskultuuride puhaskülvid rajati punase ristiku, hariliku- ja hübriidlutserni, hariliku nõiahamba ja valge mesikaga. Odra allakülvid tehti punase ristiku, hariliku- ja hübriidlutserni ja valge mesikaga. Ammooniumnitraadi normid odra puhaskülvi puhul olid N<sub>0</sub>, N<sub>50</sub> ja N<sub>100</sub>.

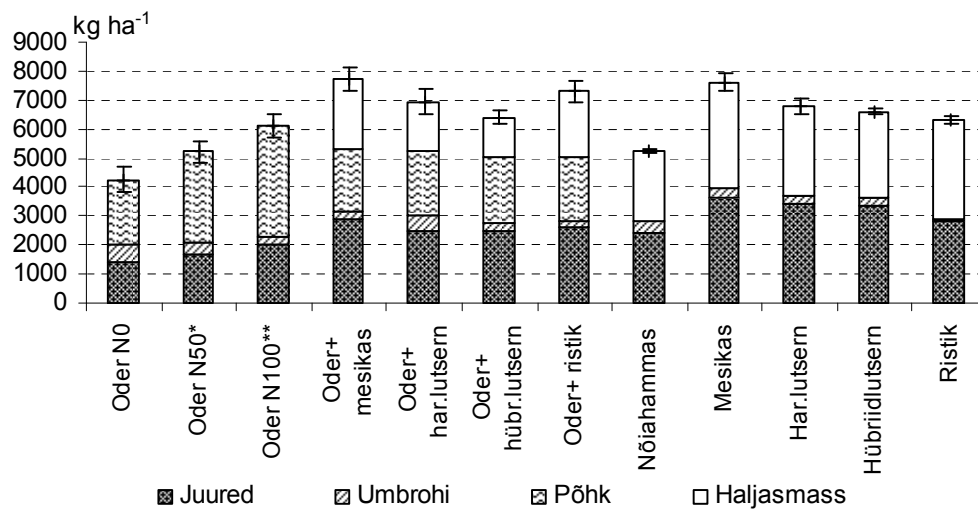
Ka selle katse puhul odra saagikus katse rajamise aastal ei sõltunud oluliselt allakülvidest, kuid ammooniumnitraadi arvel saadi odra puhaskülvi korral enamsaaki kuni 1,67 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 11). Väetamata mullal oli odra saak 2,49 Mg ha<sup>-1</sup> ja sellega viidi mullast ära 40 kg N, 9 kg P ja 15 kg K ha<sup>-1</sup>. Lämmastikväetist kasutades aga viidi saagiga mullast minema 57–73 kg N, 14–16 kg P ja 25–31 kg K ha<sup>-1</sup>.

Pärast odra koristust viidi põhu ja juurtega mulda orgaanilist ainet 4,26–6,10 Mg ha<sup>-1</sup>, millest juurte osa oli 33% (joonis 12). Odra ja liblikõieliste kultuuride allakülvide korral oli mulda viidava biomassi kogus 6,40–7,70 Mg ha<sup>-1</sup>, kusjuures juurte osatähtsus oli 35–38%. Allakülvidest kõige suuremaks kujunes valge mesika ja punase ristiku maaepalne biomass, kuivainet vastavalt 2,36 ja 2,24 Mg ha<sup>-1</sup>. Liblikõieliste haljasväetiskultuuride puhaskülvides viidi orgaanilist ainet kõige enam mulda valge mesika (7,62 Mg ha<sup>-1</sup>) ja hariliku lutserni (6,30 Mg ha<sup>-1</sup>) biomassiga, kuid kõige väiksemaks jäi see hariliku nõiahamba puhul. Liblikõieliste haljasväetiskultuuride kogu biomassist moodustas juurte osa 45–50%.

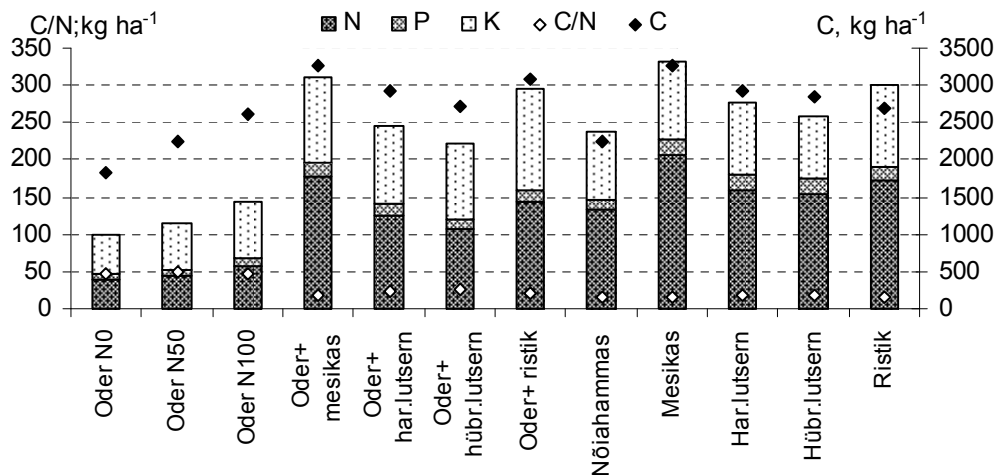




Joonis 11. Odra saagikus Haage katses A olenevalt lämmastikvæetisnormist ja liblikõieliste haljasvæetiskultuuride allakülvist 2007.a.

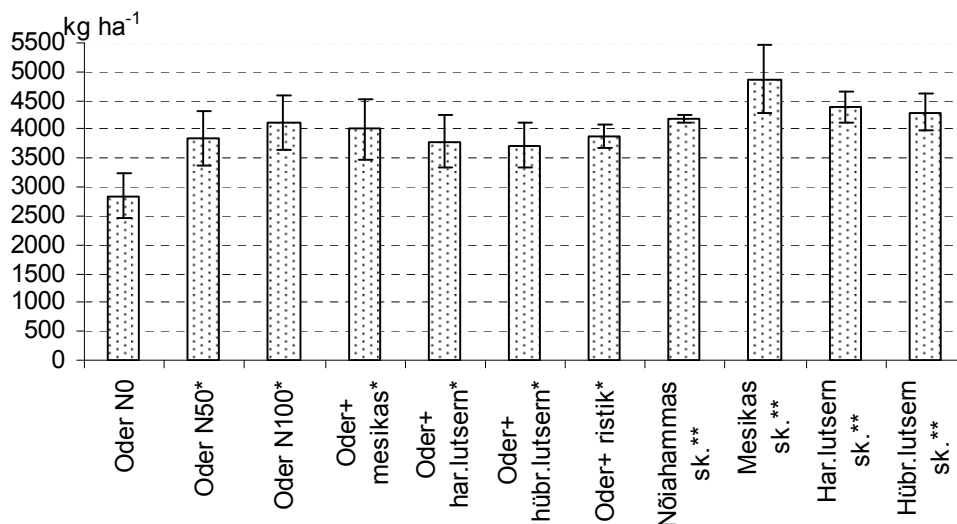


Joonis 12. Odra põhuga, umbrohuga ja liblikõieliste haljasvæetiskultuuridega mulda viidud biomassi kogused 2007.a.



Joonis 13. Odra põhuga ja liblikõieliste haljasväetiskultuuride biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2007.a.

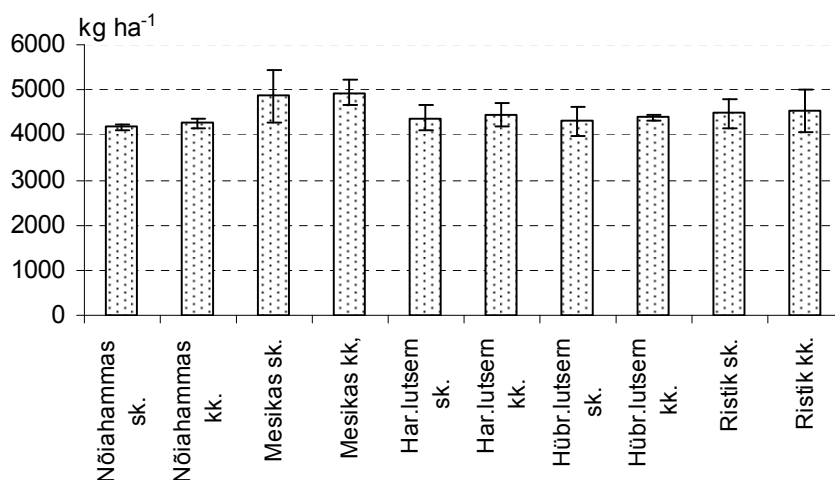
Esimese aasta järelkultuuriks oli selles katses suvinisu. Nagu katsetulemustest selgub, andis sügisel mulda küntud haljasväetis usutavat enamsaaki nii liblikõieliste kultuuride allakülvide kui ka puhaskülvide korral (joonis 14). Olenevalt haljasväetiskultuurist varieerus nisu saak 3,72–4,87 Mg piires hektari kohta. Liblikõieliste puhaskülvide biomassi efekt ületas N<sub>50</sub> väetisnormi taset, valge mesika ja punase ristiku biomassi sissekünni korral nisu saagikus ületas isegi N<sub>100</sub> väetisnormi saagitaset. Haljasmassi sissekünni aeg selle katse puhul ei mõjutanud usutavalt järelkultuurina kasvatatud nisu saaki (joonis 15).



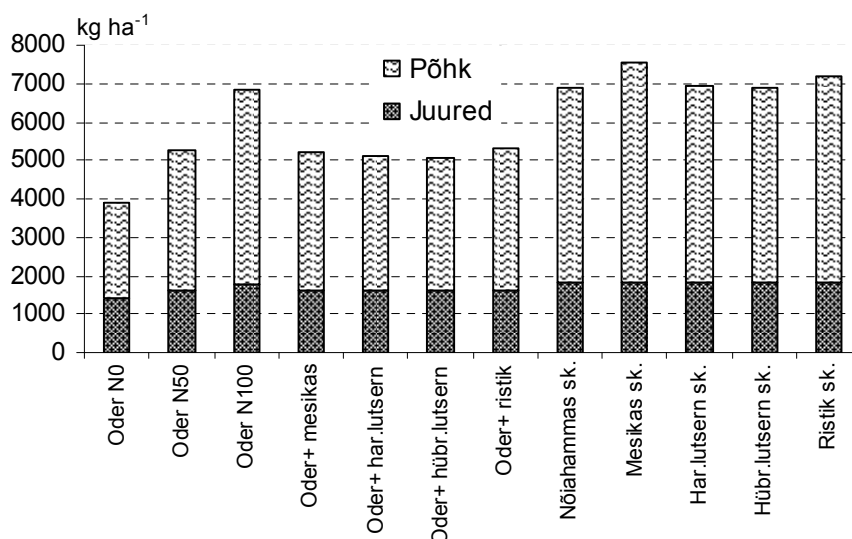
Joonis 14. Suvinisu saak olenevalt väetamisest ja eelkultuurist 2008.a.

Kokku kasutas nisu kogu biomassi sünteesiks mullavarudest 71–146 kg N, 16–28 kg P ja 49–111 kg K ha<sup>-1</sup>. Saagiga eemaldati põllult lämmastikku 47–97 kg, fosforit 10–19 kg ja kaaliumi 15–26 kg hektari kohta. Pärast saagi koristamist viidi nisu põhu ja juurtega

mulda värsket orgaanilist ainet 3,91–7,56 Mg ha<sup>-1</sup>, millest juurte osa moodustas 24–38% (joonis 16). Mida madalam oli nisu saagikus, seda suurem oli juurte osatähtsus.



Joonis 15. Suvinisu saagikus olenevalt haljasmassi mulda viimise ajast

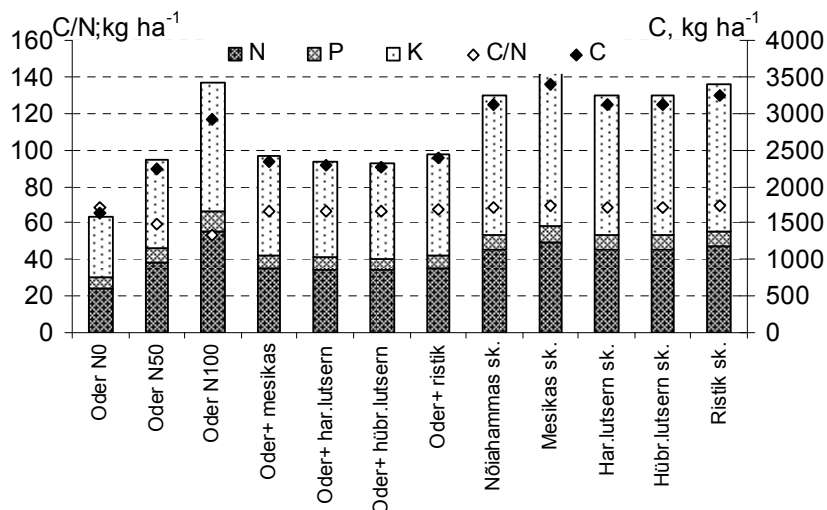


Joonis 16. Suvinisu juurte ja põhu mass olenevalt väetamisest ja eelkultuurist 2008.a.

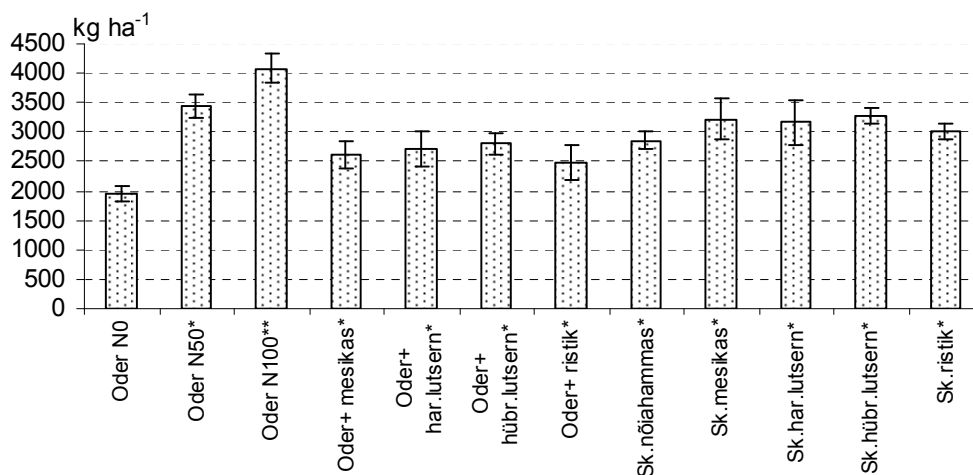
Suvinisu põhu ja juurtega viidi mulda süsinikku 1,63–3,41 Mg, lämmastikku 24–55 kg, fosforit 6–11 kg ja kaaliumi 34–85 kg hektari kohta (joonis 17). Kuna nisu põhu ja juurte lämmastikusisaldus on madal, siis kogu mulda viidava biomassi C/N suhe on lai – 53–69. Sellise orgaanilise aine lagundamisel kasutavad mikroorganismid täiendavalt mullavarudest lämmastikku 12,4–16,8 kg süsiniku kohta või 5,6–7,5 kg mulda viidava orgaanilise aine Mg kohta.

2009. aastal kasvatati antud katses otra, mille saagikus varieerus olenevalt mineraalsest lämmastikväetisnormist ja haljasväetise järeilmõjust sõltuvalt 1,95–4,09 Mg piires hektari kohta (joonis 18). Kui ammoniumnitraadi väetisnormi N<sub>100</sub> kasutamisel saadi enamsaaki 2,14 Mg ha<sup>-1</sup>, siis teisel järeilmõju aastal saadi haljasväetise arvel enamsaaki kuni 1,34 Mg ha<sup>-1</sup>. Fooniga võrrelduna oli haljasväetise positiivne järeilmõju 95%-liselt usutav kõigi liblikõieliste kultuuride puhul, nii nende allakülvide kui ka puhaskülvide järgselt.

Odra terasaagiga viidi põllult minema 29–80 kg N, 7–14 kg P ja 11–21 kg K ha<sup>-1</sup>. Odra põhku viidi mulda väetamata mullal 1,39 Mg ha<sup>-1</sup>, N<sub>50</sub> ja N<sub>100</sub> väetisnormi korral aga vastavalt 2,44 ja 4,30 Mg ha<sup>-1</sup>. Haljasväetiste järelmõju korral oli mulda viidava odrapõhu kogus 2,07–2,40 Mg ha<sup>-1</sup>. Juurte mass oli 1,12–1,48 Mg ha<sup>-1</sup> ja nende osatähtsus moodustas kogu mulda viidavast orgaanilisest ainest 25–47%.

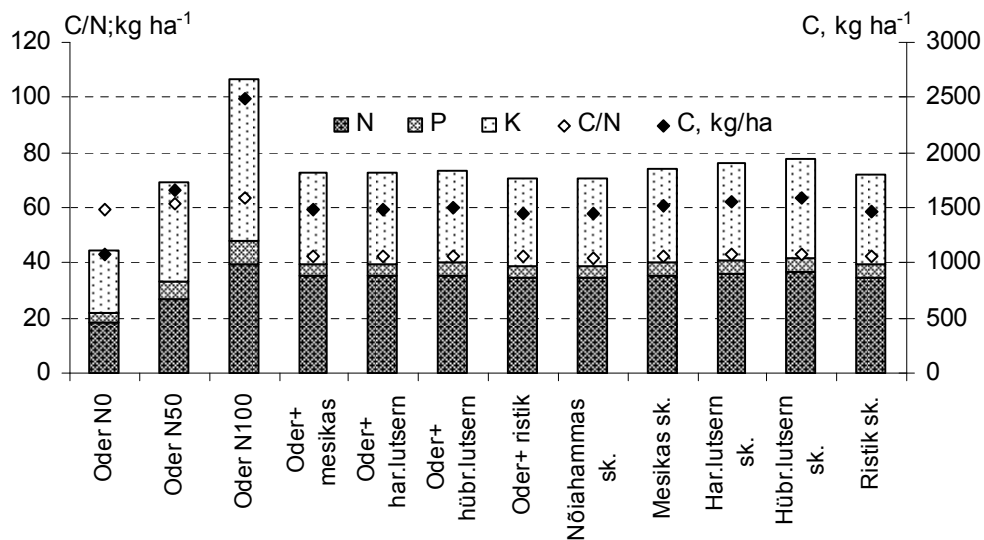


Joonis 17. Suvinisu juurte ja põhuga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning biomassi C/N suhe 2008.a.



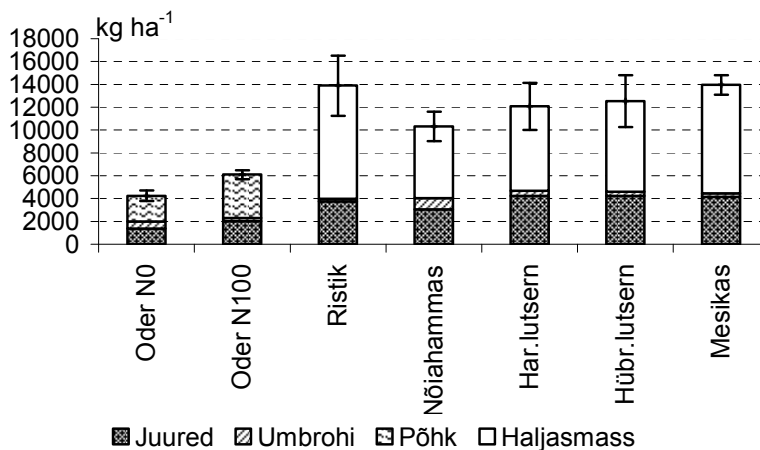
Joonis 18. Odra saak olenevalt väetamisest ja eelkultuurist 2009.a.

Odra põhu ja juurtega tagastati mulda 1,08–2,48 Mg süsinikku, 18–39 kg lämmastikku, 4–9 kg fosforit ja 23–58 kg kaaliumi hektari kohta (joonis 19). Mulda viidava põhu süsiniku ja lämmastiku suhe varieerus 42–63-ni.



Joonis 19. Odra põhu ja juurtega mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning C/N suhe 2009.a.

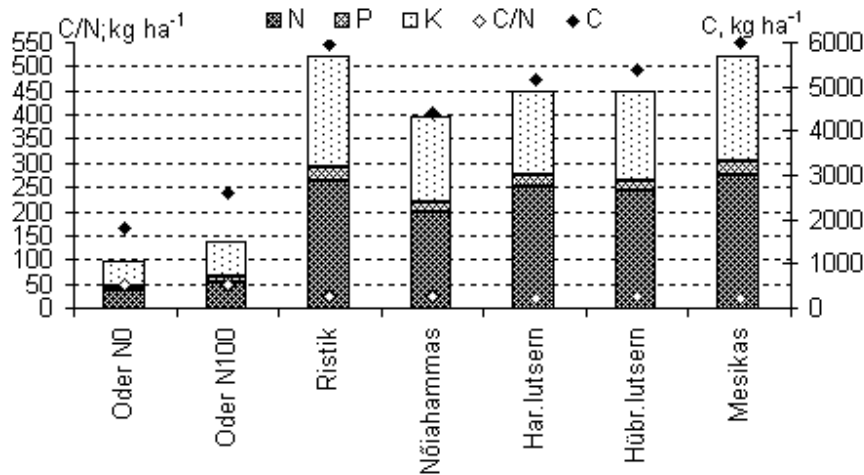
Katses **Haage B** tehti odra allakülvid punase ristiku, hariliku- ja hübriidlutserni, valge mesika ning hariliku nõiahangaga. Haljasväetise efekti järelkultuuride saagile võrreldi siin väetamata mullal ( $N_0$ ) ja  $N_{100}$  mineraalse lämmastikväetisnormi kasutamisel saadud saakidega. Haljasväetiskultuuride biomass künti mulda järgmise aasta sügisel. Selles katses küündis mulda viidav biomass valgel mesikal ja punasel ristikul  $13,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  (joonis 20). Liblikõieliste kultuuride juurte mass oli  $3,07\text{--}4,26 \text{ Mg ha}^{-1}$  ja see moodustas kogu biomassist 29–35%. Olenevalt väetamisest viidi odra põhu ja juurtega mulda orgaanilist ainet  $4,26\text{--}6,10 \text{ Mg ha}^{-1}$ , millest juured moodustasid 33%. Odra terasaak väetamata mullal oli sel aastal  $2,49 \text{ Mg ha}^{-1}$  ja  $N_{100}$  väetisnormi korral  $4,16 \text{ Mg ha}^{-1}$ .



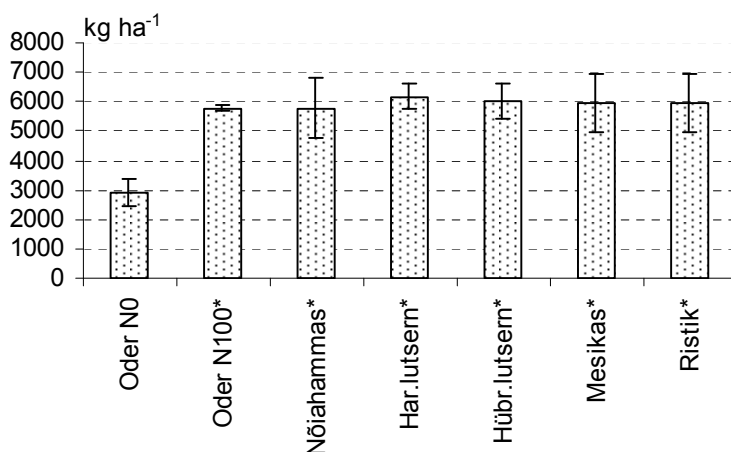
Joonis 20. Odra põhuga, umbrohtudega ja liblikõieliste haljasväetiskultuuridega mulda viidud biomassi kogused 2007.a. Haage B katses

Odra terasaagiga viidi mullast minema 40–73 kg lämmastikku, 9–16 kg fosforit ja 15–31 kg kaaliumi hektari kohta. Odra põhu ja juurtega viidi aga mulda tagasi 1,83–2,62 Mg C, 37–53 kg N, 7–10 kg P ja 52–75 kg K ha<sup>-1</sup>. Liblikõieliste haljasväetiskultuuride biomassiga viidi mulda 4,43–5,99 Mg C, 198–274 kg N, 21–31 kg P ja 175–230 kg K ha<sup>-1</sup>. Kui teravilja korral oli mulda viidava biomassi C/N suhe 49–50, siis liblikõieliste biomassis oli see 20–23 (joonis 21).

Järelkultuurina kasvatati talinisu, mille saagikus haljasväetiste arvel ületas isegi mineraalväetise N<sub>100</sub> normiga saadud saaki (joonis 22). Fooniga võrreldes olid saagid haljasväetise kasutamise tulemusena kaks korda kõrgemad. Pärast talinisu koristamist viidi juurte ja põhuga mulda orgaanilist ainet 4,29–8,78 Mg ha<sup>-1</sup>, millest juurte osa oli 24–31%. Talinisu juurte ja põhuga viidi mulda 1,84–3,89 Mg C, 24–49 kg N, 9–18 kg P ja 37–88 kg K ha<sup>-1</sup> (joonis 23). Selle orgaanilise aine lämmastikusisaldus on aga väga madal, mistõttu C/N suhe on 76–79.



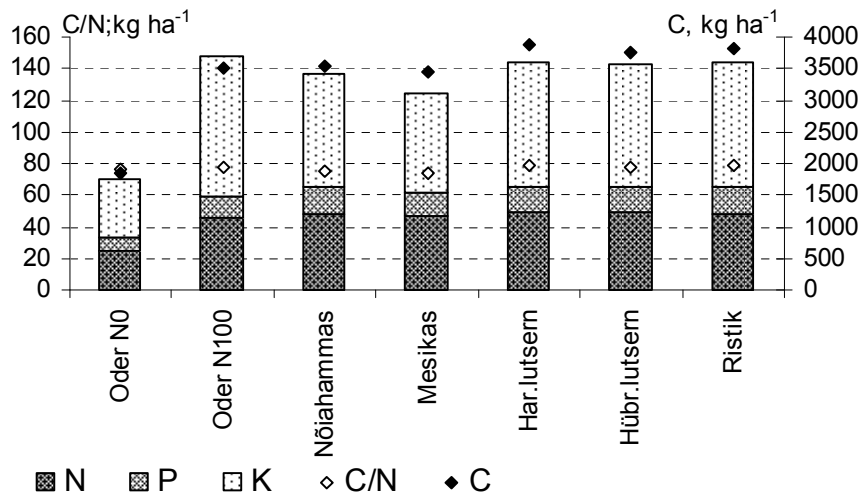
Joonis 21. Haage B katses odra põhuga ja liblikõieliste haljasväetiskultuuride biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning kuivaine C/N suhe 2007.a.



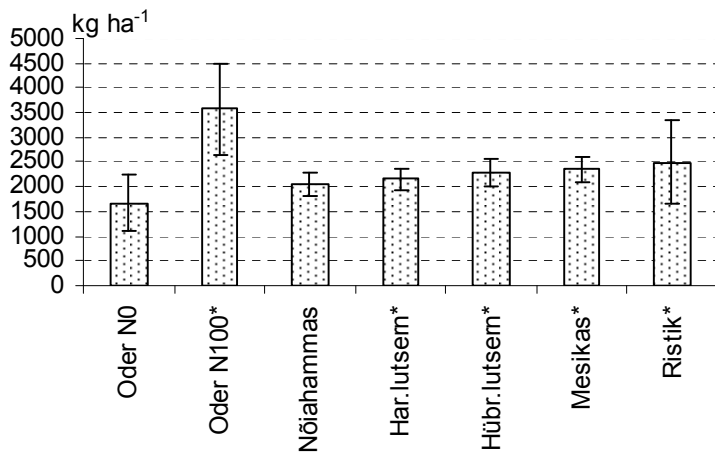
Joonis 22. Talinisu saak olenevalt ammooniumnitraadi ja haljasväetise kasutamisest 2008. a.

Teise aasta järelkultuuriks oli oder, mille saagikus varieerus lämmastikväetisnormist ja haljasväetise järelmõjust olenevalt 1,67–3,57 Mg piires hektari kohta (joonis 24) Saagiga viidi ära 25–70 kg N, 6–12 kgP ja 9–17 kg K ha<sup>-1</sup>.

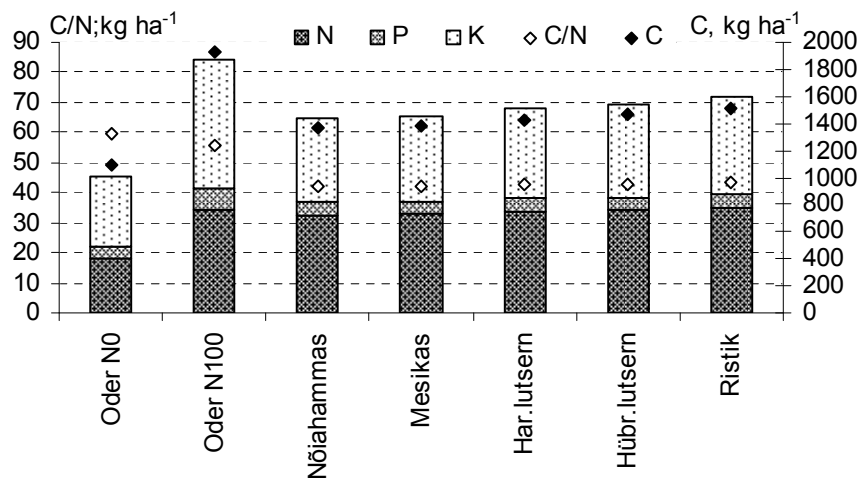
Odra põhu ja juurtega viidi mulda orgaanist ainet 2,56–4,46 Mg ha<sup>-1</sup>. Sellega viidi mulda 1,10–1,92 Mg C, 18–35 kg N, 4–7 kg P ja 23–42 kg K ha<sup>-1</sup>. Süsiniku ja lämmastiku suhe oli 42–60 (joonis 25).



Joonis 23. Haage B katses talinisu juurte ja põhuga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning C/N suhe 2008.a.

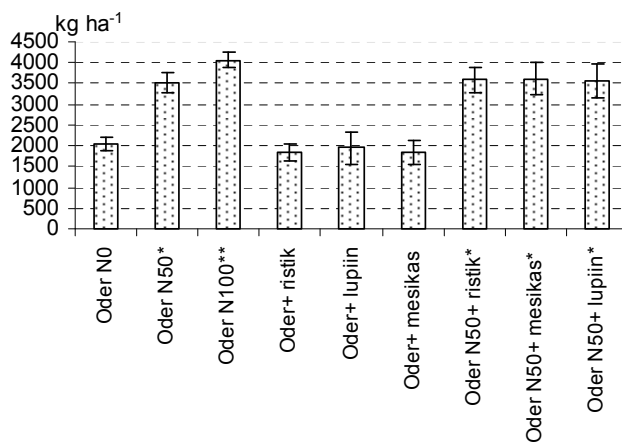


Joonis 24. Odra saak olenevalt ammooniumnitraadi ja haljasväetise kasutamisest 2009. a.



Joonis 25. Odra juurte ja põhuga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning C/N suhe 2009.a.

**Eerika 2A** katses võrreldi punase ristiku, valge mesika ja hulgalehise lupiini bioproduktiooni alla- ja puhaskülvides. Odra puhaskülvides oli kolm mineraalse lämmastikväetise normi – N<sub>0</sub>, N<sub>50</sub> ja N<sub>100</sub>. Ka odra allakülvid tehti ühel juhul väetamata mullale, teistes juhul aga anti täiendavalt lämmastikväetist normiga N<sub>50</sub>. Biomass künti mulda sügisel. Ühe katsevariandina viidi sügiskünniga mulda ka sõnnikut normiga 50 Mg ha<sup>-1</sup>.

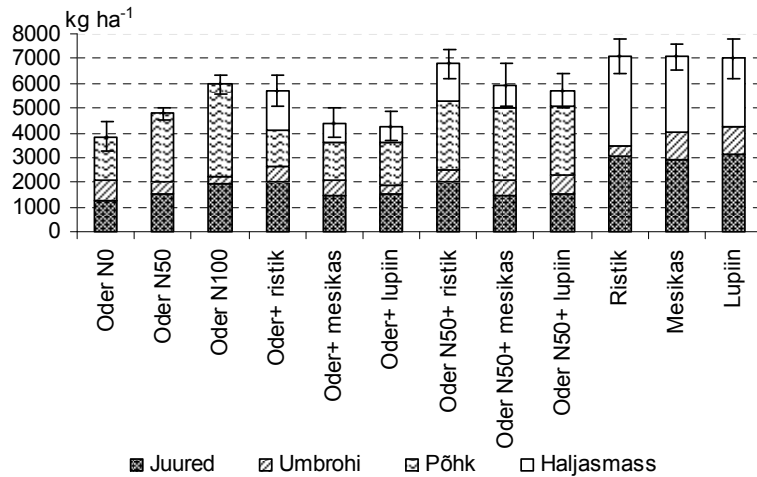


Joonis 26. Odra saagikus Eerika 2A katses olenevalt lämmastikväetisnormist ja liblikõieliste haljasväetiskultuuride allakülvist 2008.a.

Odra saagikus varieerus olenevalt lämmastikväetisnormist 1,84–4,07 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 26). Pärast saagi koristamist künti odra puhaskülvi korral põhu ja juurtega mulda orgaanilist ainet 3,85–5,95 Mg ha<sup>-1</sup>, millest juurte mass moodustas 32% (joonis 27). Odra allakülvide korral, kui lämmastikväetist ei kasutatud, moodustas mulda viidav biomass 4,28–5,70 Mg ha<sup>-1</sup>, kuid täiendava lämmastikväetise kasutamise korral oli see 5,70–6,78 Mg ha<sup>-1</sup>. Juurte osatähtsus kogu mulda viidavast biomassis oli allakülvides 25–36%. Liblikõielistest kultuuridest oli allakülvides kõige suurema maapealse biomassiga punane ristik ja suhteliselt kõige väiksem oli see hulgalehelisel lupiinil. Lisaväetamine



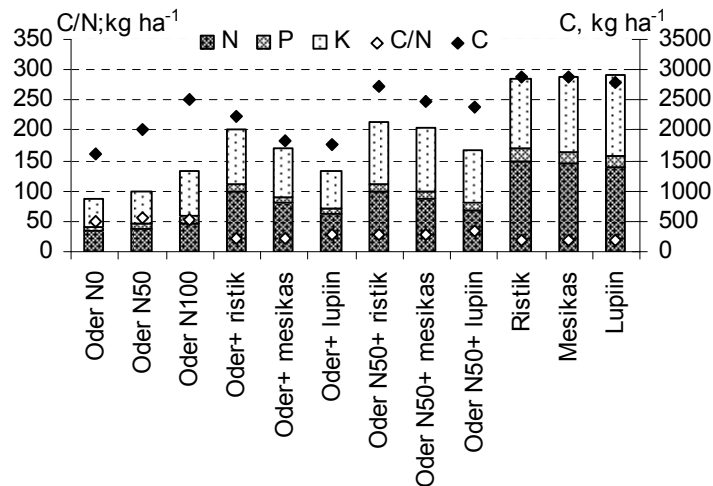
mõnevõrra suurendas valge mesika maapealset biomassi, kuid vähendas seda punasel ristikul ja hulgalehelisel lupiinil.



Joonis 27. Odra põhuga, umbrohtudega ja liblikõieliste haljasväetiskultuuridega mulda viidud biomassi kogused 2008.a. Eerika 2A katses

Liblikõieliste haljasväetiskultuuride puhaskülvides oli mulda viidav biomass 7 Mg hektari kohta, kusjuures juurte mass moodustas sellest 40–44%. Nagu allakülvide korral, nii ka puhaskülvis oli maapealne biomass suurim punasel ristikul ja väikseim hulgalehelisel lupiinil.

Olenevalt saagi tasemest viidi mullast ära 25–59 kg N, 6–14 kg P ja 11–35 kg K hektari kohta. Tagasi viidi mulda odra puhaskülvide põhu ja juurtega 1,61–2,52 Mg C, 33–48 kg N, 7–10 kg P ja 48–75 kg K hektari kohta (joonis 28).



Joonis 28. Odra põhuga ja liblikõieliste haljasväetiskultuuride biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2008.a.

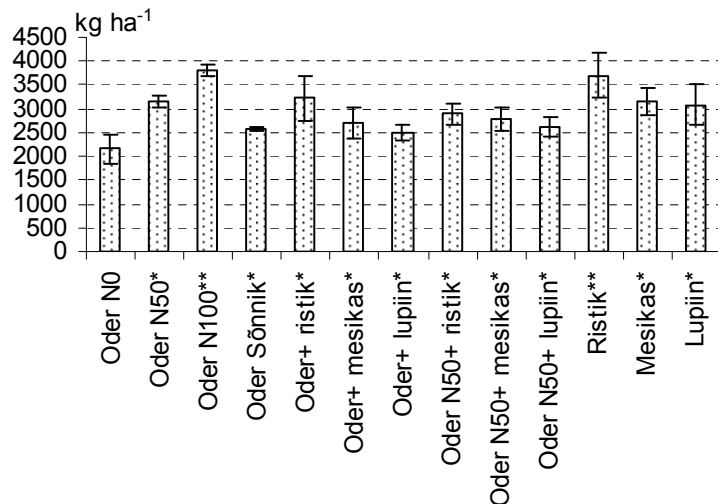
Mulda viidava orgaanilise aine C/N suhe oli 49–56. Liblikõielite allakülvide korral tagastus 1,77–2,71 Mg C, 68–99 kg N, 9–14 kg P ja 62–107 kg K ha<sup>-1</sup>, kusjuures biomassi

C/N suhe oli 23–35. Liblikõieliste puhaskülvides viidi biomassiga mulda 2,78–2,89 Mg C, 139–148 kg N, 19–21 kg P ja 115–133 kg K ha<sup>-1</sup>, C/N suhtega 19–20.

Järgmisel aastal oli selles katses järelkultuuriks suvinisu. Selle saak varieerus lämmastikväetisnormist, sõnniku mõjust ja haljasväetise kogusest sõltuvalt 2,15–3,81 Mg piires hektari kohta (joonis 29). Nii sõnniku kui ka kõigi haljasväetiskultuuride arvel saadav suvinisu enamsaak oli 95%-lise usutavusega. Kuna punase ristiku alla- kui ka puhaskülvide korral viidi biomassiga mulda kõige enam toitaineid, siis ka suvinisu saak oli valge mesika ja hulgalehise lupiiniga võrrelduna punase ristiku järgselt kõige kõrgem. Haljasväetise efekt ületas isegi sõnniku mõju.

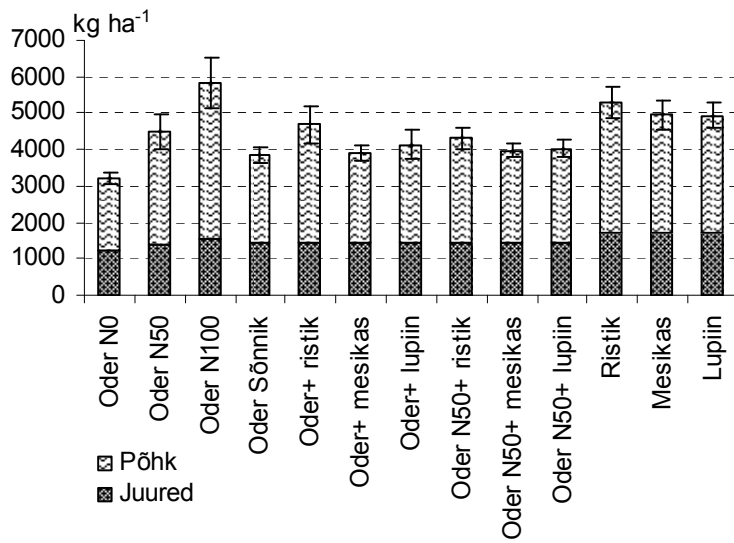
Terasaagiga viidi põllult minema 32–74 kg N, 7–12 kg P ja 21–42 kg K ha<sup>-1</sup>. Suvinisu põhu ja juurtega viidi mulda värsket orgaanilist ainet 3,20–5,82 Mg ha<sup>-1</sup>, millest juured moodustasid 27–39% (joonis 30). Sellega tagastati mulda 1,39–2,57 Mg C, 20–36 kg N, 5–8 kg P ja 33–57 kg K ha<sup>-1</sup> (joonis 31). Seega, nisu põhk ja juured on suhteliselt toitainetevaesed, seda eriti lämmastiku poolest. Siin oli mulda viidava orgaanilise aine lämmastiku ja süsiniku suhe 69–78.

Teisel aastal oli järelkultuuriks oder, mille puhul usutav haljasväetise efekt avaldus vaid liblikõieliste kultuuride puhaskülvide järgselt ja nende allakülvide korral, mida rajamise aastal väetati lämmastikväetisnormiga N<sub>50</sub>. Ka sõnniku järelmõju oli veel usutav. Väetamata liblikõieliste allakülvide järgselt haljasväetise mõju oli minimaalne, sest eelnevalt mulda viidud nisu põhu lagundamisel toimus ulatuslik mulla mineraalse lämmastiku immobilisatsioon (joonis 32).

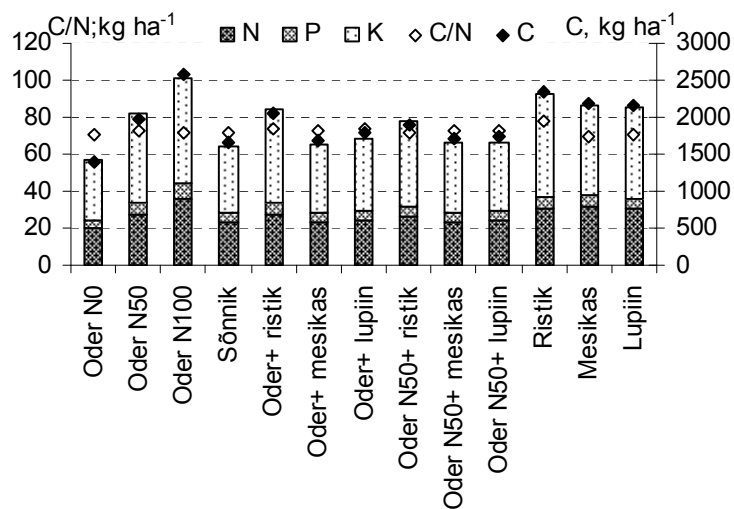


Joonis 29. Suvinisu saak olenevalt ammooniumnitraadi, sõnniku ja haljasväetise kasutamisest 2009. a.

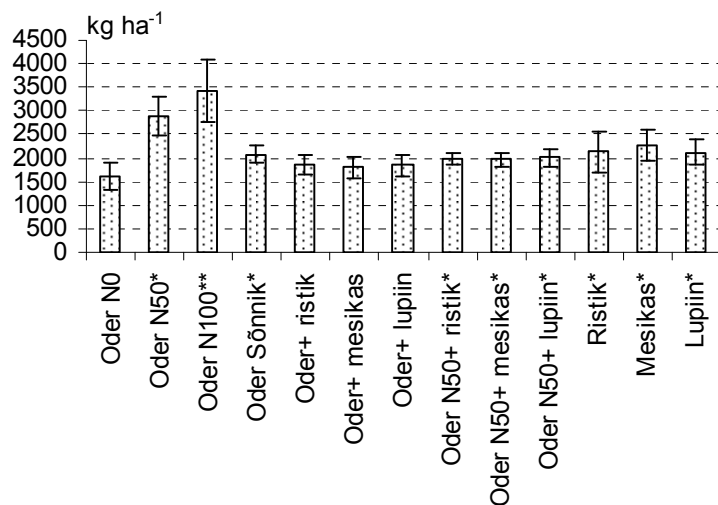
Odra saagiga viidi mullast ära 30–73 kg N, 5–14 kg P ja 9–23 kg K hektari kohta. Mulda viidi värsket orgaanilist ainet juurtega 0,90–1,61 Mg ja põhku 1,43–3,34 Mg ha<sup>-1</sup>. Põhuga tagastati mulda 0,64–1,52 Mg C, 10–25 kg N, 3–7 kg P ja 17–42 kg K ha<sup>-1</sup>. Põhu C/N suhe oli 61–78 (joonis 33). Juurtega tagastati mulda täiendavalt 8–18 kg N, 1–4 kg P ja 5–12 kg K ha<sup>-1</sup>.



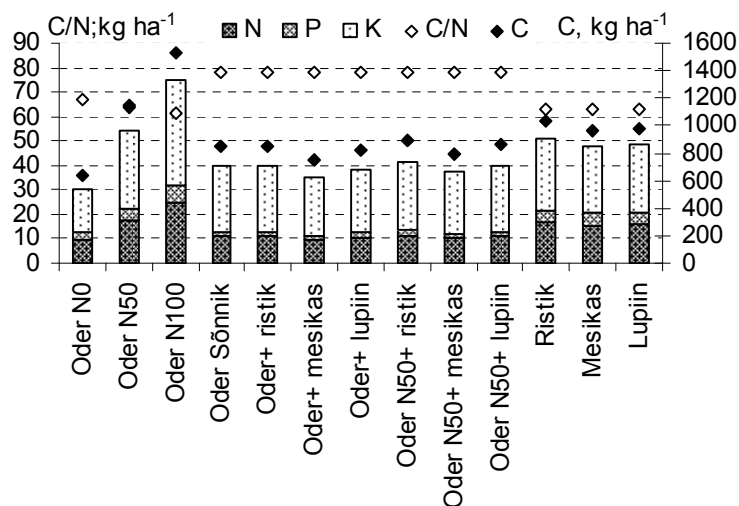
Joonis 30. Suvinisu põhu ja juurtega mulda tagastatud biomassi kogused 2009. a.



Joonis 31. Suvinisu põhu ja juurtega mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2009.a.



Joonis 32. Odra saak olenevalt ammooniumnitraadi otse- ja sõnniku ning haljasväetise järelmõjust 2010. a.

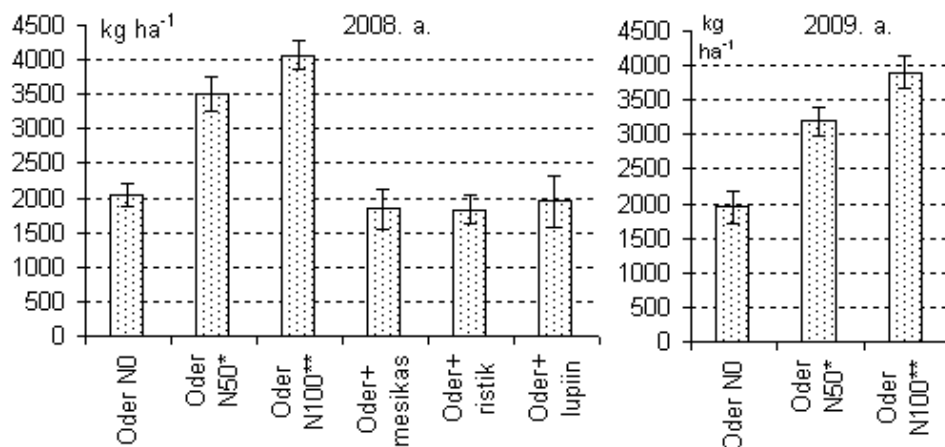


Joonis 33. Odra põhuga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2010.a.

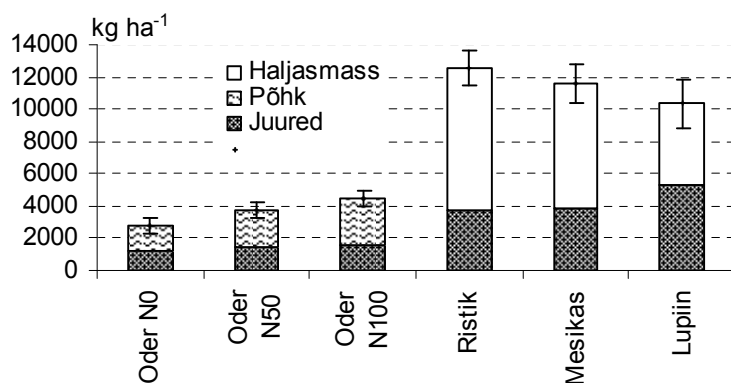
Katses **Eerika B** uuriti samuti punase ristiku, valge mesika ja hulgalehise lupiini alla- ja puhaskülvide bioproduksiooni. Võrdluseks võeti ka siin mineraalse lämmastikväetise variandid N<sub>0</sub>, N<sub>50</sub> ja N<sub>100</sub>.

Odra saagikus olenevalt lämmastikväetisnormist ja liblikõieliste kultuuride allakülvist varieerus katse rajamise aastal 2,05–4,07 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 34). Siin allakülvide korral saak fooniga võrreldes mõnevõrra langes. Mulda viidava biomassi kogused olid esimesel aastal nagu eelmise katse puhul 3,84–5,95 Mg ha<sup>-1</sup>, millest juured moodustasid 32–36%. Siin jäeti liblikõielised kultuurid esimesel aastal kasvama, kogu biomass künti mulda teisel kasvuaastal. Teisel aastal oli odra saak lämmastikväetisnormist olenevalt 2,22–4,27 Mg ha<sup>-1</sup>.

Odra põhu ja juurtega viidi mulda orgaanilist ainet 2,83–4,49 Mg ha<sup>-1</sup>, kuid liblikõieliste taimede kogu maapealne ja juurte mass moodustas 10,34–12,59 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 35). Juurte osatähtsus oli odra puhul 36–45%, liblikõielistel kultuuridel aga 30–51%. Odra põhu ja juurtega viidi mulda 1,20–1,60 Mg C, 22–35 kg N, 4–6 kg P ja 35–62 kg K ha<sup>-1</sup>, kusjuures C/N suhe oli 55–57. Liblikõieliste haljasväetiskultuuride biomassiga viidi mulda 4,58–5,70 Mg C, 201–221 kg N, 29–31 kg P ja 159–223 kg K ha<sup>-1</sup>. Kaalutud keskmine C/N suhe oli selles biomassis 21–27 (joonis 36).



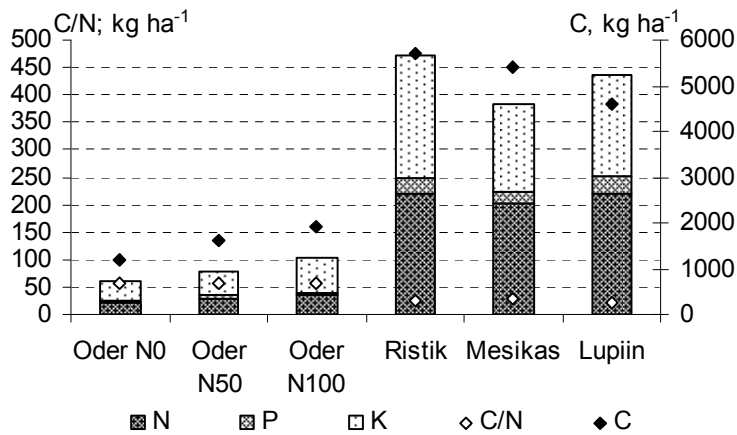
Joonis 34. Odra saagikus olenevalt lämmastikväetisnormist ja liblikõieliste kultuuride allakülvist 2008.a. ja 2009.a.



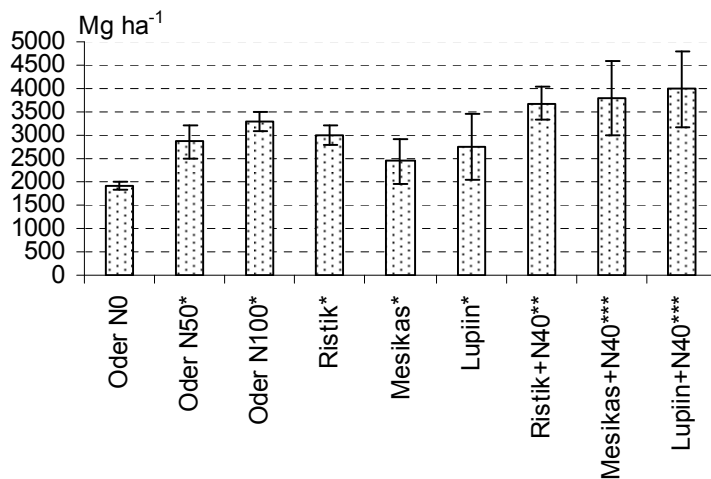
Joonis 35. Odra põhuga, umbrohtudega ja liblikõieliste haljasväetiskultuuridega mulda viidud biomassi kogused 2009.a. Eerika 2B katses

Järelkultuurina kasvatatud talinisu saak oli väetamata mullal 1,91 Mg ha<sup>-1</sup>, kuid lämmastikväetisnormi N<sub>100</sub> juures oli see 3,29 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 37). Kõigi kolme haljasväetiskultuuri arvel saadi fooniga võrreldes usutavat enamsaaki, kusjuures kõige kõrgemaks kujunes see punase ristiku biomassi sissekünni järgselt. Kui aga lisaks haljasväetisele anti talinisuale täiendavalt kevadel pealtväetisena ammoniumnitraati normiga N<sub>40</sub>, siis talinisu saak tõusis 3,68–3,98 Mg ha<sup>-1</sup>, mis on usutavalt enam N<sub>100</sub>

väetisnormiga saadud saagitasemest. Seejuures kõige kõrgem talinisu saak saadi hulgalehise lupiini järgselt.

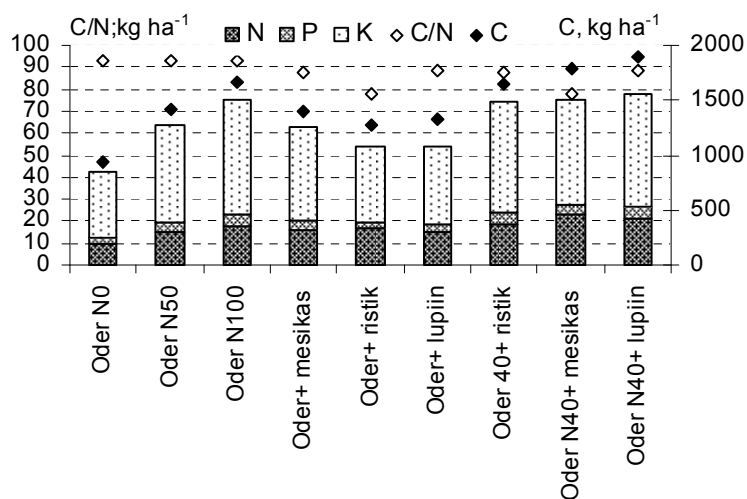


Joonis 36. Odra põhu ja juurtega ning liblikõieliste biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2009.a.



Joonis 37. Talinisu saak olenevalt lämmastikväetisnormist ja haljasväetise järelmõjust 2010.a.

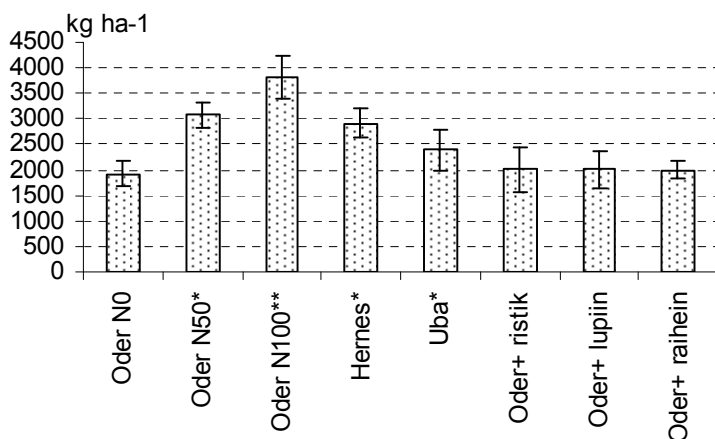
Talinisu põhu saak varieerus lämmastikväetisnormist ja haljasväetise järelmõjust sõltuvalt 2,07–4,16 Mg piires hektari kohta. Põhuga viidi mulda 0,94–1,90 Mg C, 10–23 kg N, 3–5 kg P ja 30–52 kg K ha<sup>-1</sup> (joonis 38). Seega nisu põhu üks Mg sisaldas 450–460 kg süsinikku, 5–6 kg lämmastikku, 12–14 kg kaaliumi ja 1,1–1,4 kg fosforit. Põhu süsiniku ja lämmastiku suhe oli 78–93.



Joonis 38. Talinisu põhuga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2010.a.

**Eerika 3** katses tehti odra allakülvid punase ristiku, hulgalehise lupiini ja itaalia raiheinaga. Liblikõielistest haljasväetiskultuuridest puhaskülvis kasvatati punast ristikut, hübriidlutserni, hulgalehist lupiini, hernest ja põlduba. Võrdluseks olid odra puhaskülvid lämmastikväetisnormidega N<sub>0</sub>, N<sub>50</sub> ja N<sub>100</sub>. Ühe katsevariandi puhul viidi sügiskünniga mulda 50 Mg ha<sup>-1</sup> sõnnikut.

Odra saagikus oli katse rajamise aastal lämmastikväetisnormist ja allakülvidest sõltuvalt 1,92–3,80 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 39). Seejuures herne ja põldoa saak ületas oluliselt väetamata odra saagi taset.



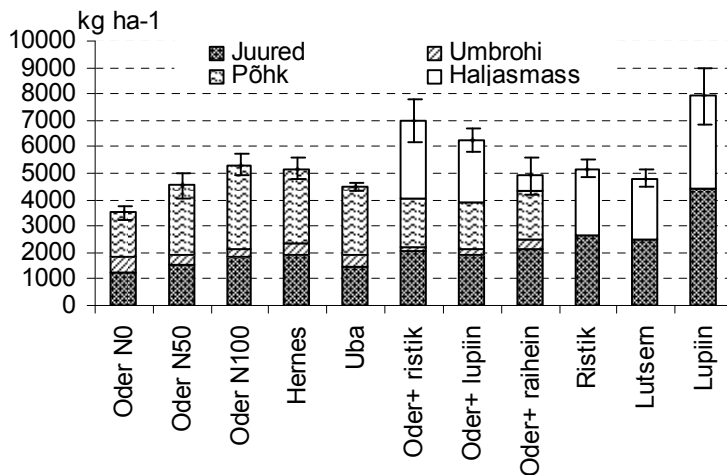
Joonis 39. Odra, herne ja põldoa saak 2009.a.

Olenevalt lämmastikväetise kasutamisest künti sügisel odra puhaskülvide korral mulda orgaanilist ainet kuivaines 3,50–5,32 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 40). Sellest põhu oli 1,22–1,83 Mg ja umbrohtude mass moodustas 0,31–0,59 Mg ha<sup>-1</sup>. Juurte osatähtsus moodustas kogu biomassist odra puhaskülvides 34–35%. Herne ja põldoa põhu ja juurtega viidi mulda värsket orgaanilist ainet vastavalt 5,17 ja 4,47 Mg ha<sup>-1</sup>.

Odra allakülvidest oli mulda viidav biomass kõige suurem punase ristiku ( $7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) puhul ja kõige väiksem itaalia raiheina allakülvi ( $4,90 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) korral. Juurte osatähtsus moodustas itaalia raiheina allakülvi kogu biomassist 44% ja raiheina maapealne mass vaid 12%.

Kõige suurem biomassi kogus saadi selles katses hulgalehise lupiini puhaskülvi korral,  $7,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Punase ristiku ja hübriidlutserni puhaskülvides moodustas mulda viidav biomass vastavalt  $5,17$  ja  $4,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Nende liblikõieliste heintaimede korral moodustas juurte mass kogu biomassist 51–56%.

Odra põhu ja juurtega viidi puhaskülvides lämmastikvæetisnormist sõltuvalt mulda  $1,45$ – $2,21 \text{ Mg C}$ ,  $28$ – $42 \text{ kg N}$ ,  $5$ – $8 \text{ kg P}$  ja  $45$ – $74 \text{ kg K}$  hektari kohta (joonis 41). Odra biomassi süsiniku ja lämmastiku suhe oli 52–55. Herne põhu ja juurtega viidi mulda  $2,28 \text{ Mg C}$ ,  $76 \text{ kg N}$ ,  $13 \text{ kg P}$  ja  $74 \text{ kg K}$  hektari kohta, kusjuures biomassi C/N suhe oli 30. Põldoa puhul olid mulda viidavad süsiniku, eriti aga fosfori ja lämmastiku kogused hernega võrreldes väiksemad, kuid kaaliumi viidi põldoa biomassiga mulda isegi rohkem.



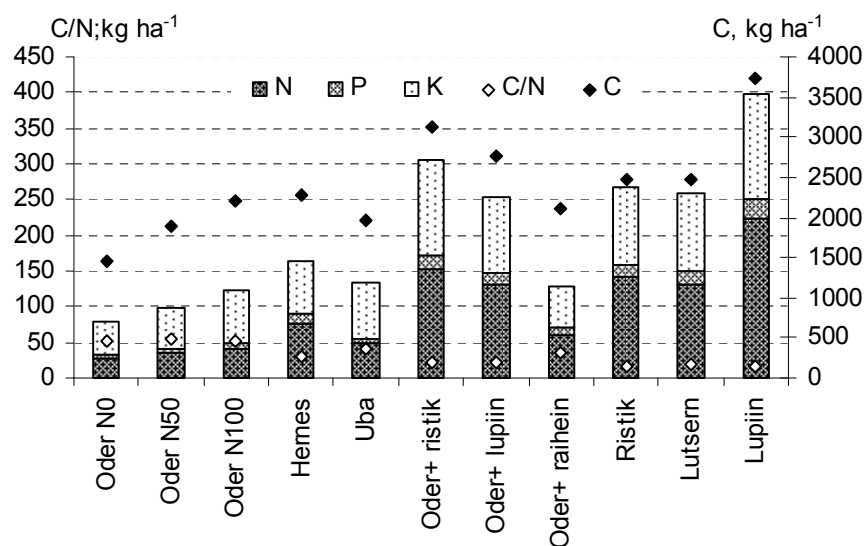
Joonis 40. Odra põhuga, umbrohtudega ja haljasvæetiskultuuridega mulda viidud biomassi kogused 2009.a. Eerika 3 katses

Odra allakülvidest viidi biomassiga taimetoitaineid mulda kõige vähem itaalia raiheina korral, lämmastikku  $61 \text{ kg}$ , fosforit  $11 \text{ kg}$  ja kaaliumi  $55 \text{ kg ha}^{-1}$ . Mulda viidava biomassi C/N suhe oli siin 35. Seevastu punase ristiku allakülvi korral viidi koos põhuga mulda  $3,13 \text{ Mg C}$ ,  $152 \text{ kg N}$ ,  $19 \text{ kg P}$  ja  $133 \text{ kg K}$  hektari kohta, kusjuures biomassi C/N suhe oli 21.

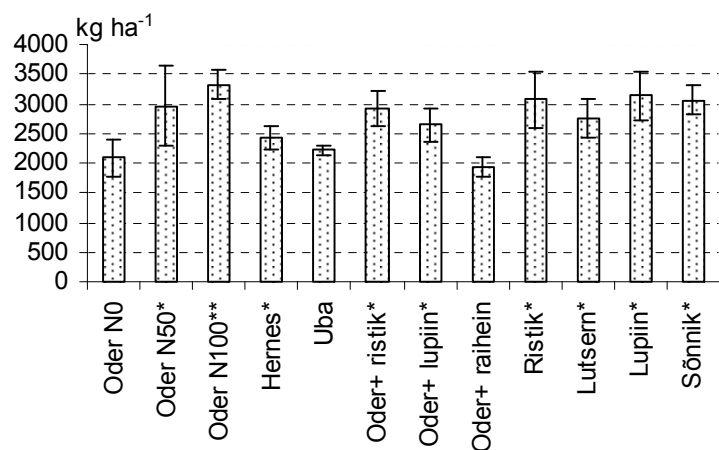
Liblikõieliste heintaimede puhaskülvi biomassiga viidi mulda  $2,48$ – $3,74 \text{ Mg C}$ ,  $131$ – $224 \text{ kg N}$ ,  $15$ – $27 \text{ kg P}$  ja  $108$ – $147 \text{ kg K}$  hektari kohta, C/N suhtega 17–19.

Järelkultuurina kasvatati järgmisel aastal suvinisu, mille saak varieerus olenevalt väetistest  $2,09$ – $3,31 \text{ Mg ha}^{-1}$  (joonis 42). Väetamata mullaga võrreldes ei saadud usutavat saagikuse tõusu põldoa järgselt nisu kasvatades, itaalia raiheina allakülvi järgselt aga suvinisu saak langes. Punase ristiku alla- ja puhaskülvi ning hulgalehise lupiini ja sõnnikut saanud mullal oli suvinisu saagitase võrreldav või isegi ületas  $\text{N}_{50}$  lämmastikvæetisnormiga saadud nisu saaki.



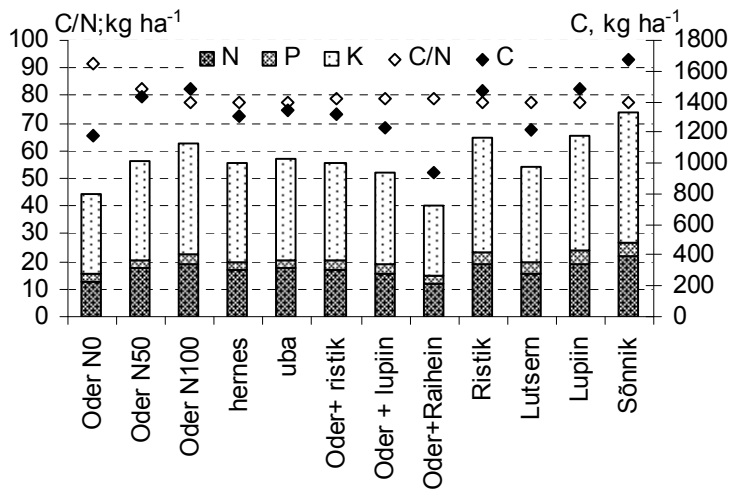


Joonis 41. Odra põhu ja juurtega ning haljasväetiskultuuride biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2009.a.



Joonis 42. Suviniisu saak olenevalt lämmastikväetisnormist, haljasväetise ja sõnniku mõjust 2010.a.

Suviniisu põhuga ( $2,53\text{--}3,70 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) tagastati mulda  $1,18\text{--}1,67 \text{ Mg C}$ ,  $13\text{--}22 \text{ kg N}$ ,  $2\text{--}5 \text{ kg P}$  ja  $29\text{--}47 \text{ kg K}$  hektari kohta (joonis 43). Ka suviniisu põhk on toitainetevaene, põhu C/N suhe oli väetustasemest sõltuvalt 77–92.

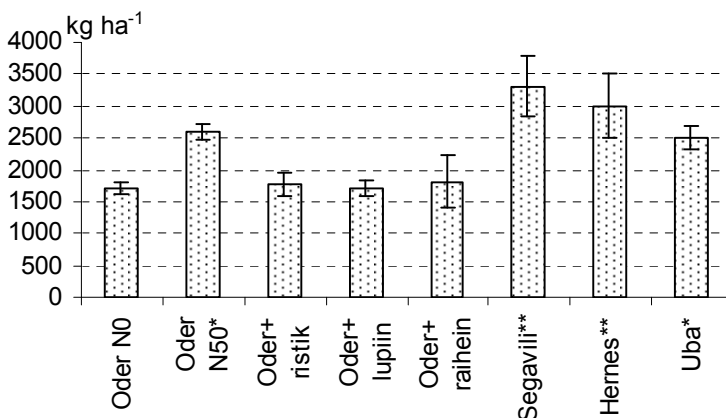


Joonis 43. Suvinisu põhuga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2010.a.

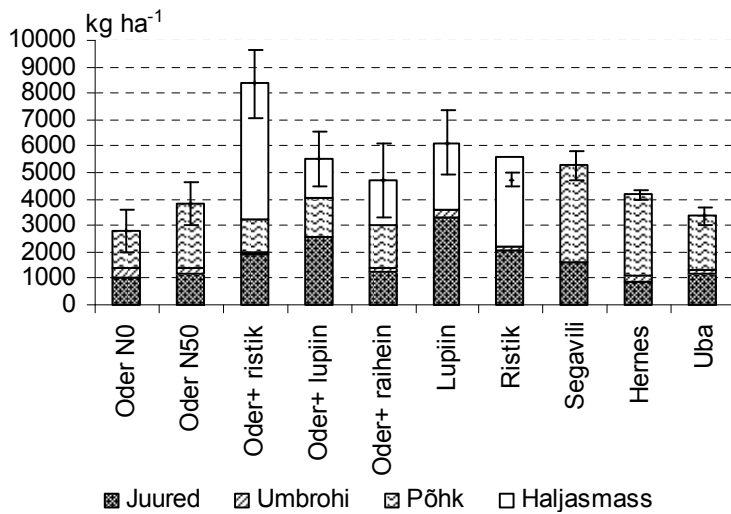
Ka 2010. aastal rajatud **Eerika 4** katses uuriti punane ristiku, hulgalehise lupiini, herne ja põldoa bioproduktiooni ja taimetoidainete kasutamist nii alla- kui ka puhaskülvides. Võrdluseks olid katses väetamata ja N<sub>50</sub> väetisnormiga väetatud odra külvid.

Saagiandmetest selgub, et N<sub>50</sub> arvel saadi enamsaaki 0,88 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 44). Allakülvides jäi odra saak võrreldavaks fooni tasemega. Oluliselt kõrgem oli saak põldoa, eriti aga segavilja ja herne puhul.

Kui odra puhaskülvides moodustas põhu ja juurtega mulda viidav biomass 2,82–3,80 Mg ha<sup>-1</sup>, siis odra allakülvides oli see itaalia raiheina puhul 4,74 Mg ha<sup>-1</sup>, kuid punase ristiku allakülviga viidi sügisel mulda orgaanilist ainet isegi 8,36 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 45). Hulgalehise lupiini allakülvi korral moodustas kogu biomass 5,53 Mg ha<sup>-1</sup>, millest juurte mass moodustas 46%. Suhteliselt suur oli ka hulgalehise lupiini biomass puhaskülvi korral (6,13 Mg ha<sup>-1</sup>), kusjuures juured moodustasid siin kogu biomassist 54%. Segavilja põhu ja juurte biomass oli 5,28 Mg ha<sup>-1</sup> ja hernel ning põldoal vastavalt 4,17 ja 3,35 Mg ha<sup>-1</sup>.

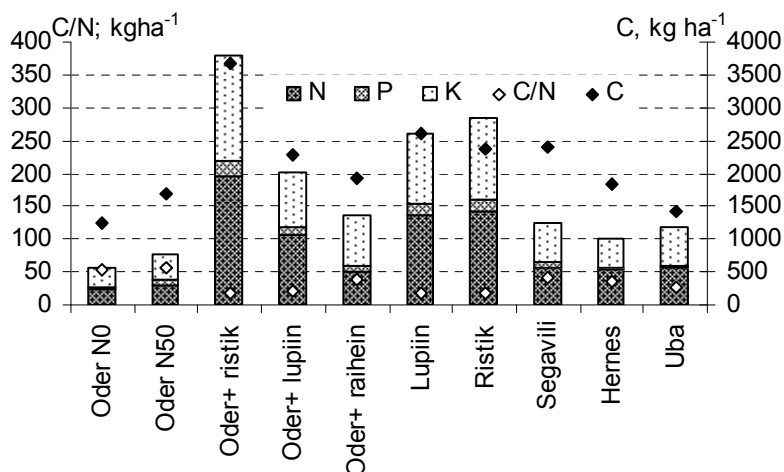


Joonis 44. Odra, segavilja, herne ja põldoa saagid 2010.a.



Joonis 45. Odra põhuga, umbrohtudega ja haljasväetiskultuuridega mulda viidud biomassi kogused 2010.a. Eerika 4 katses

Ka biomassiga mulda viidud taimetoitainete kogused varieerusid väga suurtes piirides (joonis 46). Kõige enam viidi taimetoitaineid tagasi mulda punase ristiku alla- ja puhaskülvide biomassiga, 142–197 kg N, 18–23 kg P ja 124–160 kg K hektari kohta. Süsinikku viidi selle biomassiga mulda 2,37–3,68 Mg ha<sup>-1</sup>, kusjuures C/N suhe oli 17–19. Hulgalehise lupiini alla- ja puhaskülvide biomassiga viidi mulda 107–136 kg N, 12–17 kg P ja 83–108 kg K ning 2,28–2,61 Mg ha<sup>-1</sup> süsinikku, C/N suhtega 19–21. Odra põhu ja juurtega viidi mulda 1,24–1,69 Mg C, 23–30 kg N, 5–8 kg P ja 29–40 kg K hektari kohta ning C/N suhe oli siin 54–57. Võrreldes väetamata odra biomassiga, viidi segavilja, herne ja põldoa põhu ja juurtega mulda üle kahe korra rohkem lämmastikku ja 1,5–2 korda rohkem kaaliumi. Segavilja puhul oli ka tagastuva fosfori kogus ligikaudu 1,5 korda suurem. Tagastuva biomassi C/N suhe oli segavilja, herne ja põldoa puhul vastavalt 42, 36 ja 25.



Joonis 46. Odra põhu ja juurtega ning haljasväetiskultuuride biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused ning orgaanilise aine C/N suhe 2010.a.

### 3.2. Orgaanilise aine lagunemine mullas

Taimetoiteelenendid vabanevad mulda ladestunud orgaanilise aine koostisest selle lagunemis- ehk mineralisatsiooniprotsessi tulemusena. Mulda viidava orgaanilise aine lagunemine ja taimetoitainete vabanemine sõltub orgaanilise aine koostisest, mulla omadustest, selle vee- ja õhurežiimist, lagundajatest, ilmastikutingimustest jt teguritest. Orgaanilise aine lagunemise uurimiseks korraldati selle projekti raames kolm katset, üks Haage ja kaks Eerika näivleeturunud mullal. Haage katses võrreldi kahe aasta kestel punase ristiku, hariliku nõiahamba, hübriidlutserni ja valge mesika maapealse biomassi ja juurte lagunemist ja lämmastiku vabanemist ammonifikatsiooni- ja nitrifikatsiooni tulemusena. Katseandmetest selgub, et sügisel mulda viidud haljasväetiskultuuride maapealsest biomassist lagunes aastaga mineraliseerus sellest biomassist 60–70% ja kahe aastaga 70–80%. Juurte lagunemine on aeglasem. Aastaga mineraliseerus juurte massist 50–60% ja kahe aastaga 65–75%.

Ligikaudu analoogsed tulemused saadi ka Eerika näivleeturunud mullal aastatel 2007–2009 korraldatud katses punase ristiku, hulgatehise lupiini ja valge mesikaga.

Eraldi katse rajati 2009. aastal punase ristiku maapealse biomassi, juurte ja põhu lagunemise uurimiseks. Ühe variandina pandi lagunema ka põhu ja ristiku maapealse biomassi segu. Lagunemise käigus muutus C/N suhe ristiku kui ka põhu ning ristiku segu korral oluliselt kitsamaks, sest lagundatavas lähtematerjalis oli piisavalt lämmastikku mikroorganismide elutegevuseks. Põhus oli lämmastikku vähe, mistõttu lagunemine oli aeglane ja C/N suhe muutus vähe. Algsest orgaanilise aine koostises olevast lämmastikust vabanes mineraalsel kujul mulda kõige enam põhu ja ristiku biomassi segu korral ja suhteliselt kõige vähem ristiku juurte lagunemise käigus.

### 3.3. Mineraal- ja haljasväetise lämmastiku efektiivsus

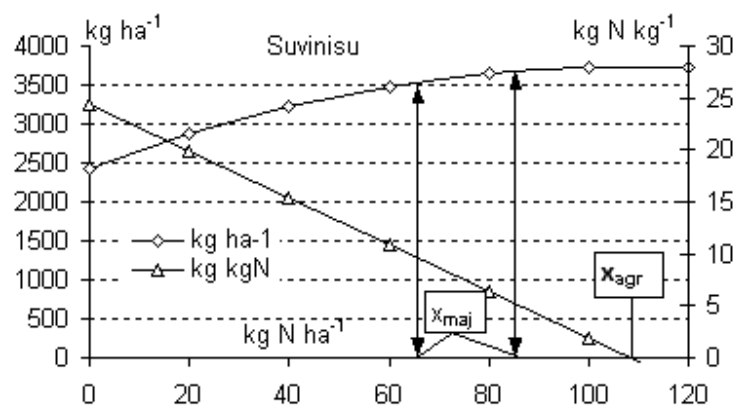
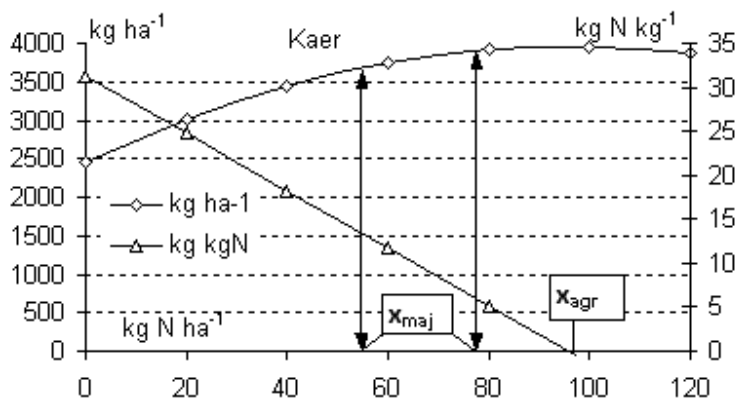
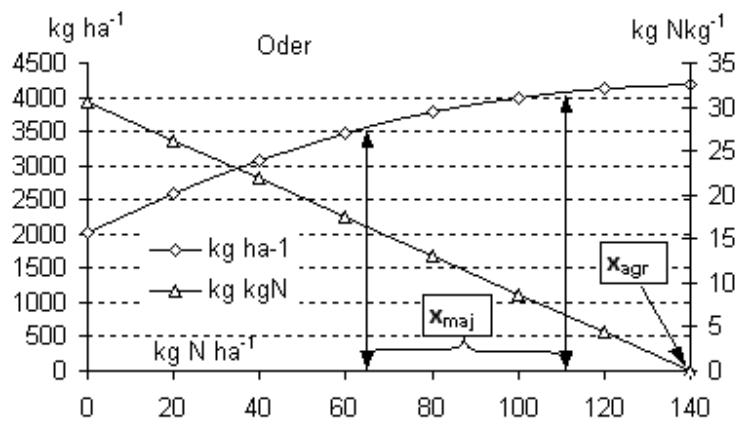
Kõigi korraldatud katsete keskmisena oli väetamata mullal odra, kaera ja suvinisu saagikus vastavalt 2,03, 2,46 ja 2,42 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 47). Lämmastikväetisnormi N<sub>50</sub> kasutamisel saadi odra puhul enamsaaki 1,26 Mg ha<sup>-1</sup>, mis teeb keskmiseks efektiivsuseks 25 kg teri kg lämmastiku kohta. Kaera ja suvinisu puhul oli N<sub>50</sub> väetisnormi puhul enamsaak vastavalt 1,16 ja 0,94 Mg ha<sup>-1</sup>, mis on keskmiselt 23 ja 19 kg teri kg N kohta. Täiendava N<sub>50</sub> väetiskoguse arvel saadi keskmiselt 14 kg otra kg N kohta, kuid kaera ja suvinisu puhul oli täiendava lämmastikväetisnormi keskmine efektiivsus poole võrra madalam.

Agronoomiliselt efektiivne lämmastikväetisväetisnorm, mis tagab maksimaalse saagi, oli odral, kaeral ja suvinisul vastavalt 140, 96 ja 108 kg N ha<sup>-1</sup>. Selle väetisnormi juures on väetise diferentsiaalefektiivsus null, kuid sellest suuremate väetiskoguste kasutamisel hakkab saak vilja lamandumisest tingituna langema.

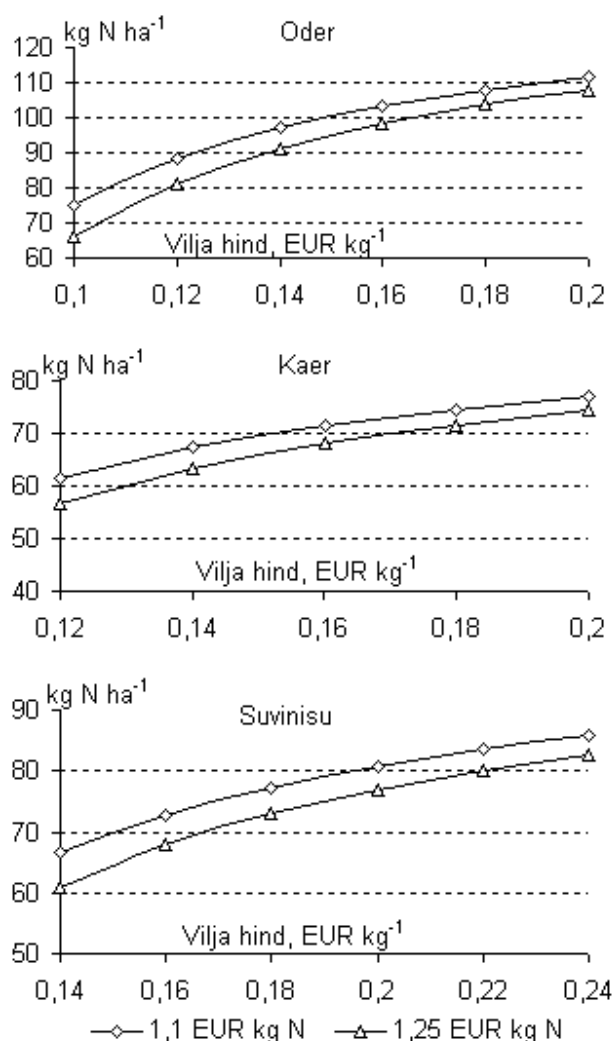
Majanduslikult efektiivne lämmastikväetisnorm on alati väiksem agronoomiliselt efektiivsest väetisnormist, sest teatud väetiskogusest alates on väetise diferentsiaalefektiivsus sedavõrd madal, mille juures enamsaagist saadav tulu ei kata väetamise ja enamsaagi koristamisega tehtud kulutusi. Mida madalam on väetise

efektiivsus ja vilja kokkuostu hind ja mida kõrgem on väetamise ja enamsaagi koristamise maksumus, seda suurem on erinevus agronoomiliselt ja majanduslikult efektiivsete väetiskoguste vahel. Seega väetiste kasutamise seisukohalt tuleb lähtuda majanduslikult efektiivsetest väetiskogustest, sest need kindlustavad antud agromajanduslikes tingimustes maksimaalse kasumi.

Antud katsetulemuste analüüsil lähtuti hetkel kehtivatest teravilja kokkuostu ja väetiste hindadest (joonis 48). Eesti Konjunkturiinstituudile tuginevalt võeti odra kokkuosuhinnaks 100–200, kaeral 120–200 ning suvinisul 140–240 EUR Mg<sup>-1</sup>, mis on mõnevõrra kõrgemad varasemate aastate hindadest. Baltic Agro AN34 hinnast lähtuvalt võeti väetamise maksumuseks 1,1–1,25 EUR N kg<sup>-1</sup>. Enamsaagi koristamise maksumuseks võeti arvutustes 22,4 EUR Mg<sup>-1</sup>. Taoliste suhteliselt soodsate teravilja kokkuostu hindade juures oleks majanduslikult efektiivsed lämmastikväetiskogused odral 66–112, kaeral 57–77 ja suvinisul 61–86 kg N ha<sup>-1</sup>. Vilja kokkuostu hinnast ja väetamise maksumusest sõltuvalt oleks odra enamsaak majanduslikult efektiivsete lämmastikväetisnormide kasutamisel 1,55–2,05 Mg ha<sup>-1</sup>, kusjuures väetamise keskmine tulukus võib ulatuda 40–140%-ni. Kaera puhul on majanduslikult efektiivsete lämmastikväetisnormide korral enamsaagid 1,68–1,88 Mg ha<sup>-1</sup> ja väetamise keskmine tulukus varieeruks 96–196% piires. Suvinisu enamsaak, mis tagab maksimaalse kasumi, on hinnasituatsioonist sõltuvalt 1,46–1,65 Mg ha<sup>-1</sup>. Sel juhul väetamise keskmine tulukus võib olla 98–202%.



Joonis 47. Odra, kaera ja suvinisu saagikus sõltuvalt lämmastikvæetisnormist



Joonis 48. Majanduslikult efektiivsed lämmastikvæetisnormid sõltuvalt odra, kaera ja suvinisu kokkuostu hinnast ning väetamise maksumusest

Juhul, kui teravilja kokkuostuhinnad langeksid, siis loomulikult väheneksid majanduslikult efektiivsed väetiskogused kui ka väetamise tulukus. Siin on otstarbekas veel märkida, et antud katsete mullad olid suhteliselt vaesed huumuse ja lämmastiku poolest, mistõttu mineraalse lämmastikväetise efektiivsus kui ka väetamise tulukus oli keskmise tasemega võrreldes suhteliselt kõrge.

Et hinnata mineraalse lämmastikväetise kasutamise efektiivsust ja ka mullavarude kasutamist, selleks analüüsime odra poolt bioloogilises ringesse viidud lämmastiku, fosfori ja kaaliumi koguseid (tabel 5).

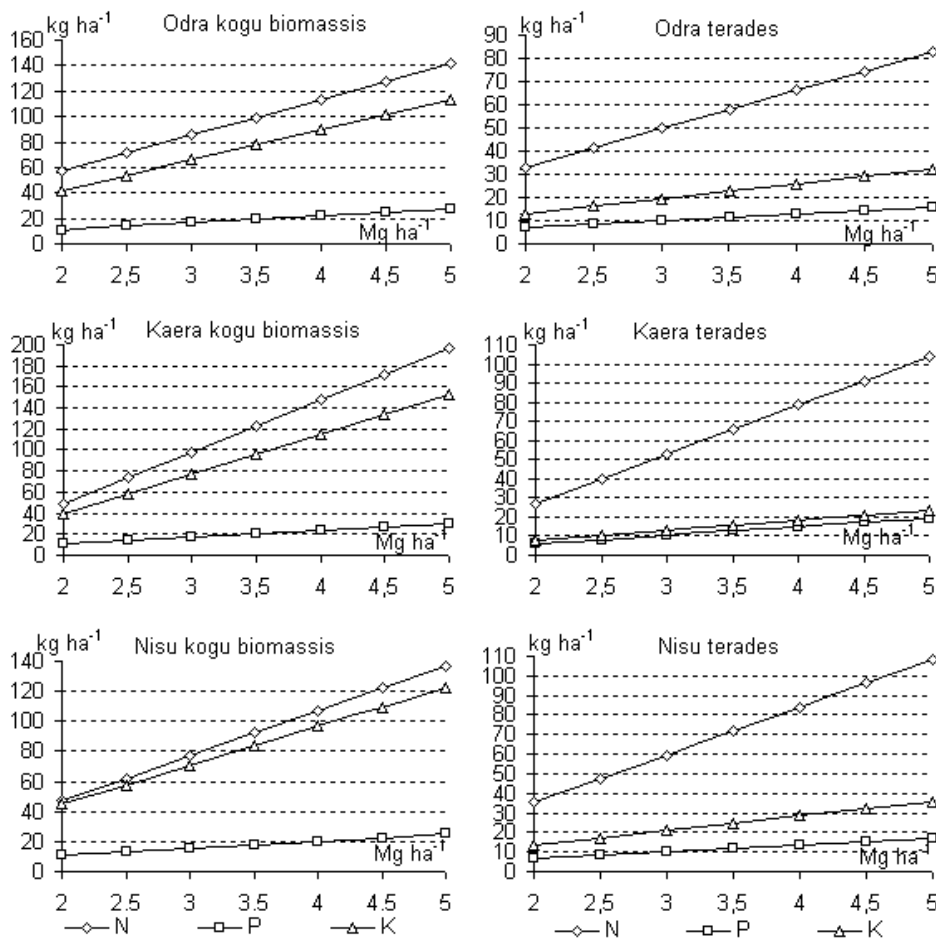
Väetamata mullal on odra mullavarudest 59,9 kg N, 11,8 kg P ja 52,2 kg K ha<sup>-1</sup>. Lämmastikväetisnormi N<sub>50</sub> korral kasutas odra nii lämmastikku, fosforit kui ka kaaliumi ühe Mg terasaagi kohta bioloogilises ringes efektiivsemalt, kuid N<sub>100</sub> väetisnormi korral suureneb nende taimetoitelementide suhteline kasutamine oluliselt. N<sub>100</sub> väetisnormi korral, kui saadi keskmiselt 3,99 Mg ha<sup>-1</sup> teri, oli odra terades, põhus ja juurtes kokku 118,1 kg N, 23,5 kg P ja 94,6 kg K hektari kohta.

Tabel 5. Odra poolt bioloogilisse ringesse viidud lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kogused

Väetisvariant	Saak, Mg ha <sup>-1</sup>	N	P	K	N	P	K
		kg Mg <sup>-1</sup>			kg ha <sup>-1</sup>		
N <sub>0</sub>	2,03	29,5	5,8	25,7	59,9	11,8	52,2
N <sub>50</sub>	3,29	26,9	5,7	22,2	88,5	18,8	73,0
N <sub>100</sub>	3,99	29,6	5,9	23,7	118,1	23,5	94,6

Arvestades, et antud muldade humuskihis oli liikuva ehk taimede poolt omastatava fosfori ja kaaliumi varu 430 kg P ja 1050 kg K hektari kohta ja 80% kogu ringesse viidavatest toitainetest võetakse humuskihist, siis selle põhjal võime järeldada, et oder kasutas humuskihi fosfori varust aastas ära 2–4% ja kaaliumi varust 4–7%. See fosfori ja kaaliumi kasutamise tase on antud muldade toitainete sisaldust ja väetistarvet arvestades tavapärane. Mullavarude lämmastikust kasutas oder aastas ära lgikaudu 1,2%, mis ühtlasi tähendab, et humust mineraliseerus aastas 1 Mg ha<sup>-1</sup>. Mulda viidud mineraalväetise lämmastikku kasutati odra poolt ära aga suhteliselt efektiivselt – 57–58%.

Bioloogilisse ringesse viidavad taimetoiteelementide ja saagiga eemaldatavad kogused sõltuvad teravilja liigist ja saagitasemest (joonis 49).



Joonis 49. Lämmastiku, fosfori ja kaaliumi omastamine odra, kaera ja nisu poolt sõltuvalt saagitasemest



Terasaagi lämmastik moodustas kogu biomassi lämmastikuvarust odra, kaera ja nisu puhul vastavalt 58–59%, 53–54% ja 75–79%. Saagitaseme tõustes suurenes terasaagi lämmastiku osatähtsus nisul, kuid kaera ja odra puhul saagi tase seda olulist ei mõjutanud. Kogu bioloogilises ringes olevast fosforist moodustas terades sisalduv fosfor odral 56–66%, kaeral 55–65% ja nisul 65–69%. Kaera ja nisu puhul saagitaseme tõustes suurenes terasaagi fosfori osatähtsus, kuid odral kõrgema terasaagi korral selle osatähtsus kogu biomassi fosfori kogusest vähenes. Kui võrrelda terade kaaliumi ja kogu biomassi kaaliumi koguseid, siis seda viiakse saagiga põllult ära suhteliselt kõige vähem – 15–33%, kusjuures kaeral on see protsent kõige väiksem. Mida kõrgem on saak, seda suhteliselt väiksem on terades oleva kaaliumi osatähtsus.

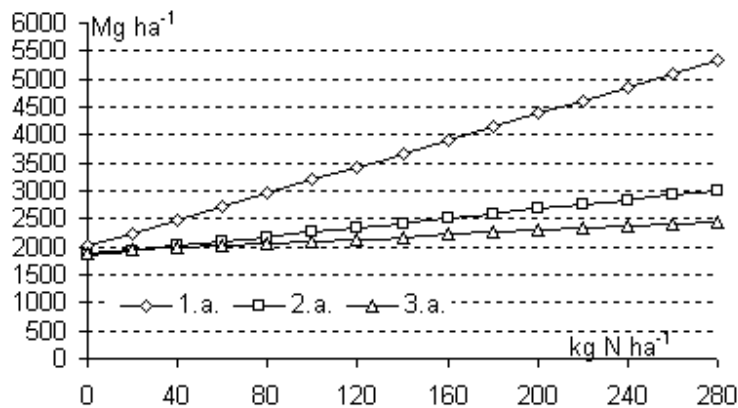
Kõigi korraldatud katsete põhjal võime võrrelda erinevate haljasväetiskultuuride alla- ja puhaskülvidega mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku koguseid (tabel 6). Allakülvide korral on nende koguste hulka arvatud ka katteviljaks olnud odra põhu ja juurte toitained. Meie peamiste liblikõieliste haljasväetiskultuuride puhaskülvides seotakse aastas bioloogilises ringes 90–270 kg N, 15–30 kg P, 80–230 kg K ja 2–6 Mg süsinikku hektari kohta. Herne ja põldoa järgselt viime mulda lämmastikku 50–90 kg, fosforit 4–13 kg ja kaaliumi 45–84 kg ha<sup>-1</sup>. Liblikõieliste kultuuride allakülvide korral viime koos kattevilja põhuga mulda 60–200 kg N, 10–24 kg P, 80–170 kg K ning 1,8–3,4 Mg C ha<sup>-1</sup>. Seega, liblikõieliste haljasväetiskultuuride biomassiga viiakse mulda väga suures koguses lämmastikku ja süsinikku, mille tulemusena paraneb muldade huumus seisund. Kuid oluline on liblikõieliste haljasväetiskultuuride puhul ka see, et hästi arenenud ja sügavale mulda tunginud juurtega kasutatakse ära sealseid taimetoitaineid ja maapealse biomassiga tagastuvad need pindmisse mullakihti. Taoline taimetoitainete ümberpaigutumine, eriti fosfori ja kaaliumi osas on äärmiselt oluline eriti mahepõllumajanduse seisukohalt.

Tabel 6. Kattevilja põhu ja juurtega ning haljasväetiskultuuride biomassiga mulda viidud lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja süsiniku kogused

Alla-ja puhaskylv	N kg ha <sup>-1</sup>	P kg ha <sup>-1</sup>	K kg ha <sup>-1</sup>	C Mg ha <sup>-1</sup>
Oder+ristik	101–197	15–23	109–170	2,23–3,09
Oder+har.lutsern	124–140	16–24	106–120	2,94–3,37
Oder+hübr.lutsern	108–164	13–19	100–135	2,71–3,44
Oder+lupiin	64–130	10–17	78–107	1,78–2,77
Oder+mesikas	82–177	12–20	101–112	1,82–3,25
Oder+nõiahammas	93	17	98	2,86
Oder+raihein	49–62	9–11	55–81	1,92–2,12
Oder+hernes	82	11	98	3,17
Punane ristik	142–263	15–29	108–230	2,48–5,96
Harilik lutsern	160–252	18–22	95–175	2,92–5,17
Hübriidlutsern	131–237	20–27	83–186	2,48–5,37
Hulgalehine lupiin	136–224	17–31	108–185	2,61–4,58
Valge mesikas	146–274	19–31	104–219	2,89–5,98
Har. nõiahammas	94–198	14–21	89–179	1,96–4,43
Hernes	52–91	5–13	45–84	1,84–2,28
Põlduba	49–56	4–6	58–80	1,42–1,96

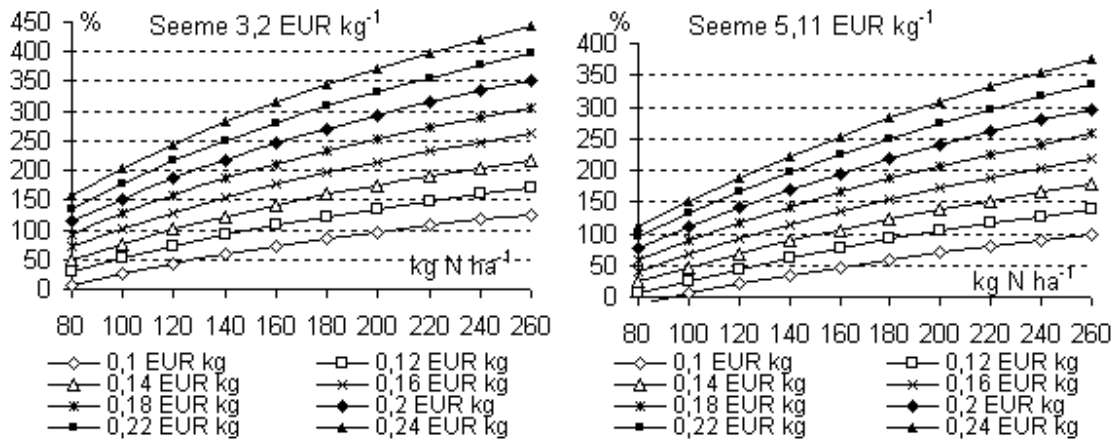
Haljasväetistega mulda viidud lämmastiku mõju järelkultuuridena kasvatatud teraviljade saagikusele sõltub biomassi lämmastiku kogusest (joonis 50). Esimesel aastal on haljasväetise lämmastiku efektiivsuseks 11,8 kg teri kilogrammi lämmastiku kohta. Teisel ja kolmandal aastal on selle esialgse lämmastiku efekt vastavalt 4,2 ja 2,0 kg N kg kohta. Kui mulda viiakse haljasväetisega 100 N ha<sup>-1</sup>, siis esimesel järelmõju aastal fooniga võrreldes on saagi tõus 59%, teisel ja kolmandal aastal saadakse selle lämmastiku arvel veel enamsaaki 23 ja 10%. Poole suurema lämmastiku koguse korral, mis on puhaskülvi liblikõieliste korral täiesti reaalne, saadakse esimesi aastal enamsaaki 118 %, teisel ja kolmandal aastal vastavalt 45 ja 21%. Kolme aasta summaarne enamsaak moodustab N<sub>200</sub> lämmastikukoguse korral 3,6 Mg ha<sup>-1</sup>.

Haljasväetise lämmastiku majandusliku tasuvuse analüüsil lähtuti, et haljasväetiskultuuride seeme maksab harilikul lutsernil ja punasel ristikul 4,15 (3,20–5,11) EUR, hübriidlutsernil 5,75 EUR, harilikul nõiahambal 4,47 EUR, valgel mesikal ja itaalia raiheinal 1,92 EUR kg<sup>-1</sup>. Seemne külvi ja haljasmassi purustamise maksumuseks võeti arvutustes vastavalt 25,56 ja 28,76 EUR ha<sup>-1</sup>. Enamsaagi koristamise maksumuseks võeti nagu mineraalväetise puhul 22,4 EUR Mg<sup>-1</sup>. Teravilja kokkuostu hinnaks võeti 100–240 EUR Mg<sup>-1</sup>. Kõigepealt analüüsiti lämmastiku majanduslikku tasuvust punase ristiku näitel, kus lähtuti erinevatest lämmastiku kogustest ja erinevast ristiku seemne hinnast (joonis 51). Kui arvestada, et punase ristiku biomassiga viidi kõigi katsete keskmisena allakülvide korral mulda 156 kg N ha<sup>-1</sup> ja puhaskülvide korral 188 kg N ha<sup>-1</sup>, siis olenevalt ristiku seemne ja vilja hinnast varieerus lämmastiku tulukus 50–300% piires.



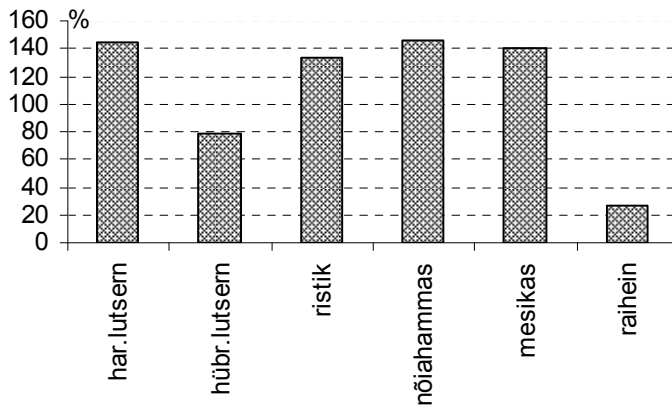
Joonis 50. Haljasväetistega mulda viidud lämmastiku mõju järelkultuuridena kasvatatud teraviljade saagikusele

Vaid erakordselt ebasoodsatel tingimustel, kui ristiku seemne hind on kõrge ja teravilja kokkuostu hind madal ning kasvutingimused on ristiku kasvuks ebasoodsad, mistõttu biomassiga viiakse mulda suhteliselt väike kogus lämmastikku, võib selle tulukus langeda alla 50%. Seega praeguses majandussituatsioonis, kus mineraalväetiste hinnad on kõrged, on haljasväetiste lämmastiku majanduslik efekt kõrgem.



Joonis 51. Punase ristiku biomassiga mulda viidud lämmastiku tulukus sõltuvalt ristiku seemne ja teravilja hinnast

Erinevate haljasväetiskultuuridega mulda viidava lämmastiku tulukuse võrdlemisel lähtusime, et liblikõielistega viiakse mulda 140 kg N ha<sup>-1</sup> ja odra ning itaalia raiheina allakülvi korral 60 kg N ha<sup>-1</sup>. Teravilja hinnaks võeti arvutustes 160 EUR Mg<sup>-1</sup>. Seemne oluliselt kõrgemast hinnast tingituna on biomassiga mulda viidava lämmastiku tulukus hübriidlutserni korral oluliselt väiksem kui teiste liblikõieliste haljasväetiskultuuride korral (joonis 52). Itaalia raiheina kasutamine järelkultuuride lämmastiktootumise ja majandusliku tasuvuse seisukohalt olulist efekti ei anna.



Joonis 52. Haljasväetiskultuuride lämmastiku tulukus

### 3.4. Haljasväetiste mõju teraviljade saagi kvaliteedile

Katses **Eerika 1** määrati teraviljade mahumass ja 1000 tera mass. Üldiselt arvatakse, et tera suurus ja mahumass on pöördvõrdelised näitajad, siis antud katses see ei kehtinud. Väikese mahumassiga sortidel oli ka väiksem tera. Mineraalse lämmastikuga väetatud kaeral (2005) ja odral moodustus palju kõrvalvõrseid ning mahumass ja 1000 seemne mass jäid madalaks. Sama tendents ilmneb ka punane ristiku ja hübriidlutserni järgsel kaeral. 2006. aasta järeldõjuna oli suurem 1000 tera mass haljasväetiste järgselt, ilmnis ka mahumassi suurenemise tendents (tabel 7).

Mineraalse lämmastiku normi suurendamine parandas odra ja kaera (2007) 1000 seemne massi. 2007. aastal puudus reeglipärane seos mahumassil ja mineraalväetistega väetamisel.

Tabel 7. Haljasväetiste mõju järeldõjude mahumassile ( $\text{g l}^{-1}$ ) ja 1000 (g) tera massile katses Eerika 1 aastatel 2005–2007

Eelvili 2004. a.	Kaer (2005)		Oder (2006)		Kaer (2007)	
	Mahumass	1000 seemne mass	Mahumass	1000 seemne mass	Mahumass	1000 seemne mass
<b>Teravilja puhaskülv</b>						
Oder N <sub>0</sub>	546	34,6	653	43,4	475	34,7
Oder N <sub>50</sub>	536*	32,9*	649	45,9*	473	36,8*
Oder N <sub>100</sub>	526*	32,1*	643	45,2*	477	37,3*
Sõnnik (sügisel)	544	34,7	653	43,8	480	35,1
Hernes	545	34,8	660	44,2	470	34,3
Oder+hernes	542	34,2	659	44,8*	478	35,1
<b>Allakülvid</b>						
Oder+itaalia raihein	543	34,7	659	42,5	474	34,7
Oder+punane ristik	532*	32,2*	656	46,0	474	35,4
Oder+nõiahammas	545	34,9	655	44,6	481	35,5*
Oder+harilik lutsern	544	33,9	660	45,1*	478	35,5*
Oder+hübriidlutsern	541	33,2*	657	46,0*	472	35,1
<b>Liblikõieliste puhaskülv</b>						
<b>Sügiskülv</b>						
Punane ristik	530*	31,5*	656	46,4*	473	35,3
Nõiahammas	544	33,8	656	45,9*	475	36,0*
Harilik lutsern	541	34,1	654	47,3*	483*	36,3*
Hübriidlutsern	536*	32,8*	658	47,5*	473	35,2
<b>Kevadkülv</b>						
Punane ristik	523*	31,7*	658	46,0*	478	35,7*
Nõiahammas	544	33,7	654	46,5*	480	35,7*
Harilik lutsern	541	33,3*	656	46,9*	482	35,3
Hübriidlutsern	538	33,0*	658	47,3*	481	35,4
PD <sub>0,5</sub>	6,4	1,06	12,3	1,38	7,41	0,80

**Haage A** katses, kus järeldõjuna kasvatati 2008. a. suvinisu mõjus haljasväetiste sissekülv soodsalt proteiinisalduse suurenemisele (N<sub>0</sub> 10,4%, N<sub>50</sub> 11,0%, N<sub>100</sub> 13,7%

allakülvide keskmisena 11,6%, puhaskülvide keskmisena 12,6%). Sisseküntud haljasväetise allakülv suurendas suvinisu mahumassi ja 1000 seemne massi, jäädes N<sub>100</sub> tasemele kuid mõju ei olnud statistiliselt usutav. Liblikõieliste haljasväetiste puhaskülv suurendas suvinisu mahumassi ja 1000 seemne massi nii sügis- kui kevadkünni korral. Puhaskülvide sissekünni järgselt ületasid kõigi variantide mahumassid N<sub>100</sub> variandi mahumassi (+ 30–39 g/l). Erinevate haljasväetiste vahel erinevused puudusid (tabel 8). Haljasväetiste järgselt teisel aastal ületasid odra kõigi variantide mahumassid ja 1000 tera mass N<sub>0</sub>variandi vastavad näitajad.

Tabel 8. Haljasväetiste mõju järelkultuuride mahumassile (g l<sup>-1</sup>) ja 1000 (g) tera massile katses Haage A aastatel 2008–2009

Eelvili 2007. a.	Suvinisu (2008)		Oder (2009)	
	Mahumass	1000 seemne mass	Mahumass	1000 seemne mass
<b>Teravilja puhaskülv</b>				
Oder N <sub>0</sub>	712	32,1	588	37,1
Oder N <sub>50</sub>	717	33,3*	609*	38,3*
Oder N <sub>100</sub>	712	33,3*	631*	42,7*
<b>Allakülvid</b>				
Oder+punane ristik	713	32,6	605*	38,4*
Oder+valge mesikas	718*	33,0	601*	37,6
Oder+harilik lutsern	716	32,6	600*	39,6*
Oder+hübriidlutsern	714	32,8	605*	39,1*
<b>Liblikõieliste puhaskülv</b>				
<b>Sügisküünd</b>				
Punane ristik	747*	36,6*	646*	44,5*
Nõiahammas	755*	38,3*	646*	43,2*
Harilik lutsern	753*	37,8*	654*	44,6*
Hübriidlutsern	753*	37,6*	652*	44,8*
Valge mesikas	756*	37,5*	650*	43,8*
<b>Kevadküünd</b>				
Punane ristik	752*	38,0*	x	x
Nõiahammas	749*	38,6*	x	x
Harilik lutsern	755*	38,2*	x	x
Hübriidlutsern	754*	38,3*	x	x
Valge mesikas	753*	37,6*	x	x
PD <sub>0,5</sub>	5,3	1,09	2,0	0,95

Vaatamata põuasele kevadele oli 2008. aasta ilmastik taliviljade saagi kujunemiseks soodne, kuid saagi kvaliteeti mõjutas vihmane koristusperiood. Näiteks teraviljade proteiinisaldus sõltub ilmastikust kasvuperioodil ja toitainetega varustatusest. Katses **Haage B** suurendasid haljasväetiste ja mineraalväetise normi N<sub>100</sub> kasutamine usutavalt talinisu mahumassi ja 1000 seemne massi. Mulda küntud liblikõielised haljasväetised mõjusid soodsalt talinisu terade kvaliteedile. Talinisu terade proteiinisaldus haljasväetiste foonil oli 11,7–12,8% (N<sub>0</sub> 9,4%, N<sub>100</sub> 12,9%), olles madalam variandis, kus kasvatati eelviljana hübriidlutserni ja nõiahammast. Parim mõju talinisu kvaliteedile oli punasel ristikul. Proteiinisalduse suurenedes, suurenes märja kleepvalgu sisaldus.

Haljasväetiste järgselt ületasid kõigi variantide mahumassid N<sub>100</sub> variandi mahumassi. Kleepvalgu kvaliteedi ja seega küpsetusomaduste paranemisest annab märku gluteeniindeksi suurenemine 33–43 ühiku võrra variantides, kus kasvatati eelviljana haljasväetisi, võrreldes N<sub>100</sub> variandiga. Teisel aastal kasvatati järelkultuurina otra. Odra mahumass suurenes haljasväetiste kasutamisel, kuid 1000 seemne massi ületas usutavalt punase ristiku järgne oder võrreldes N<sub>0</sub> variandiga (tabel 9 ja 10).

Tabel 9. Haljaväetiste mõju järelkultuuride mahumassile (g l<sup>-1</sup>) ja 1000 (g) tera massile katses Haage B aastatel 2008–2009

Eelvili 2007. a.	Talinisu (2008)		Oder (2009)	
	Mahumass	1000 seemne mass	Mahumass	1000 seemne mass
<b>Teravilja puhaskülv</b>				
Oder N <sub>0</sub>	753*	29,8	580	35,2
Oder N <sub>100</sub>	796*	40,0*	629*	40,6*
<b>Liblikõielised</b>				
Punane ristik	801*	40,3*	596*	37,0*
Nõiahammas	799*	40,4*	581	34,2
Harilik lutsern	802*	40,8*	596*	36,0
Hübriidlutsern	800*	40,3*	596*	36,0
Valge mesikas	800*	39,8*	593*	35,7
PD <sub>0,5</sub>	5,3	1,39	1,9	1,07

Tabel 10. Haljaväetiste mõju talinisu 'Ramiro' saagi kvaliteedile katses Haage B, 2008. a.

Eelvili 2007. a.	Saak Mg ha <sup>-1</sup>	1000 tera mass g	mahumass g l <sup>-1</sup>	Proteiin (k.a.) %	Märg kleepvalk %	Gluteeniindeks %
<b>Teravilja puhaskülv</b>						
Oder N <sub>0</sub>	2,89	29,8	753*	9.4	x	x
Oder N <sub>100</sub>	5,78	40,0*	796*	12.9	30.8	55
<b>Liblikõielised</b>						
Punane ristik	5,95	40,3*	801*	12.2	23.3	88
Nõiahammas	5,78	40,4*	799*	11.8	22.5	91
Harilik lutsern	6,15	40,8*	802*	11.9	23.0	87
Hübriidlutsern	5,98	40,3*	800*	11.7	22.8	92
Valge mesikas	5,39	39,8*	800*	12.8	24.6	98
PD <sub>0,5</sub>	582	1,39	5,3			

X-ei olnud väljapestav

2009. aasta suvinisu saagi kvaliteeti mõjutasid väga sajused ilmad koristusperioodil. Suvinisu 1000 tera mass suurenes haljasväetiste ädala sissekünni järgselt. Allakülvide väetamine ei suurendanud mahumasse võrreldes väetamata variandiga. Suvinisu kvaliteedinäitajad ei vastanud teraviljade kokkuostul kehtestatud nõuetele (tabel 11 ja 12).

Tabel 11. Haljasväetiste mõju järelkultuuride mahumassile ( $\text{g l}^{-1}$ ) ja 1000 (g) tera massile katses Eerika 2 A aastatel 2009–2010

Eelvili 2008. a.	Suvinisu (2009)		Oder (2010)	
	Mahumass	1000 seemne mass	Mahumass	1000 seemne mass
<b>Teravilja puhaskülv</b>				
Oder N <sub>0</sub>	778	34,5	622	35,5
Oder N <sub>50</sub>	784	36,9*	638*	40,3*
Oder N <sub>100</sub>	792*	38,0*	641*	41,6*
Sõnnik	784	37,4*	654*	36,9*
<b>Allakülvid</b>				
Oder+punane ristik	788*	36,7*	646*	34,9
Oder+valge mesikas	784	36,4*	640*	35,6
Oder+hulgalehine lupiin	782	36,6*	639*	36,0
<b>Allakülvid +N<sub>50</sub></b>				
Oder+punane ristik	786*	37,4*	654*	36,1
Oder+valge mesikas	783	36,8*	659*	36,4
Oder+hulgalehine lupiin	780	34,7	657*	36,6
<b>Liblikõieliste puhaskülv</b>				
Punane ristik	782	36,4*	638*	36,8*
Valge mesikas	780	34,9	638*	36,8*
Hulgalehine lupiin	781	35,0	636*	35,6
PD <sub>0,5</sub>	6,8	0,99	6,9	1,20

2010. aastal vähendas talinisu saagikust halb talvitumine ja saagi kvaliteeti suvine põuaperiood. Kõrge temperatuur ja põud terade täitumise ajal pärsivad tärklise sünteesi (vähendavad terade suurust) ja põhjustavad seega terade kõrgemat proteiinisaldust.

2010. aasta kevadel lisati katses **Eerika 2B** variant, kus lisaks liblikõieliste biomassi sissekännile anti veel mineraalset lämmastikku – N<sub>40</sub>. Liblikõieliste haljasväetised parandasid neile järgnenud talinisu kvaliteeti. Nisu mahumass ja 1000 seemne mass suurenes usutavalt haljasväetiste N<sub>40</sub> foonil kuni 16 g l<sup>-1</sup> võrreldes N<sub>0</sub> variandiga. Nisu terade proteiinisaldus varieerus haljasväetiste N<sub>40</sub> foonil vahemikus 12,0–14,2%, olles madalam variandis, kus kasvatati eelviljana valget mesikat (tabel 13).

2010. aasta suvi oli erakordselt kuum. Toimus nn hädavalmimine, mille tulemusena jäi suvinisu tera peeneks. Haljasväetiskultuuride mõju suvinisu kvaliteedile ei olnud ühesuunaline. Parima mõjuga eelviljad olid punane ristik ja hulgalehine lupiin. Haljasväetiste kasvatamisel eelviljana paranes terade proteiinisaldus ja kleepvalgu %. Proteiini sisaldus kuivaines jäi madalaks herne järgsel odral – 11,2 %. Mineraalse lämmastiku normi suurendamisel suures terade saak, ja paranesid kvaliteedinäitajad (tabel 14).

Tabel 12. Haljaväetiste mõju suvinisu saagi kvaliteedile katses Eerika 2A, 2009. a.

Eelvili 2008. a.	Suvinisu (2009)				
	Mahumass	1000 seemne mass	Proteiin (k.a.) %	Märg kleepvalk %	Gluteeniindeks %
<b>Teravilja puhaskülv</b>					
Oder N <sub>0</sub>	778	34,5	8,4	8,1	99
Oder N <sub>50</sub>	784	36,9*	9,1	14,5	94
Oder N <sub>100</sub>	792*	38,0*	10,9	21,1	68
Sõnnik	784	37,4*	9,5	15,8	94
<b>Allakülvid</b>					
Oder+punane ristik	788*	36,7*	9,0	Mitte väljapestav	
Oder+valge mesikas	784	36,4*	8,8	10,8	96
Oder+hulgalehine lupiin	782	36,6*	8,8	Mitte väljapestav	
<b>Liblikõieliste puhaskülv</b>					
Punane ristik	782	36,4*	8,8	Mitte väljapestav	
Valge mesikas	780	34,9	10,1	10,8	90
Hulgalehine lupiin	781	35,0	9,3	14,3	95
PD <sub>0,5</sub>	6,8	0,99			

Tabel 13. Haljaväetiste mõju järelkultuuride saagi kvaliteedile Eerika 2B, 2010. a.

Eelvili 2009. a.	Talinisu (2010)				
	Mahumass	1000 seemne mass	Proteiin (k.a.) %	Märg kleepvalk %	Gluteeniindeks %
<b>Teravilja puhaskülv</b>					
Oder N <sub>0</sub>	802	37,3	11,5	18,4	95
Oder N <sub>50</sub>	809	40,7*	11,0	17,0	95
Oder N <sub>100</sub>	814*	42,2*	15,0	32,1	57
<b>Liblikõielised (talinisu N<sub>0</sub>)</b>					
Punane ristik	810	40,1*	13,0	23,9	87
Valge mesikas	811	38,5	x	x	x
Hulgalehine lupiin	816*	39,4*	x	x	x
<b>Liblikõielised (talinisu N<sub>40</sub>)</b>					
Punane ristik	816*	41,9*	14,2	28,7	72
Valge mesikas	815*	41,6*	12,0	20,9	92
Hulgalehine lupiin	818*	41,4*	12,4	22,6	94
PD <sub>0,5</sub>	10,3	1,35			

X – ei määratud



Tabel 14. Haljaväetiste mõju järelkultuuride saagi kvaliteedile katses Eerika 3, 2010.a.

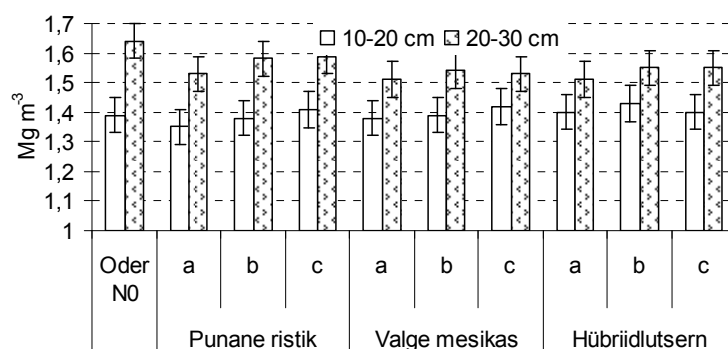
Eelvili 2009. a.	Suvinisu (2010)				
	1000 seemne mass	Mahumass	Proteiin (k.a.) %	Märg kleepvalk %	Gluteeniindeks %
<b>Teravilja puhaskülv</b>					
Oder N <sub>0</sub>	29,4	757	11,7	20,6	82
Oder N <sub>50</sub>	30,9*	766*	16,4	36,6	46
Oder N <sub>100</sub>	31,1*	769*	17,9	38,5	33
Sõnnik	31,1*	764*	14,3	29,7	64
Hernes	30,7*	760	11,2	20,0	75
Uba	31,5*	759	x	x	x
<b>Allakülvid</b>					
Oder+punane ristik	30,8*	764*	14,0	28,6	59
Oder+hulgalehine lupiin	29,9	759	12,8	25,1	72
Oder+itaalia raihein	28,8	754	x	x	x
<b>Liblikõieliste puhaskülv</b>					
Punane ristik	31,2*	758	14,0	25,9	65
Hulgalehine lupiin	30,7*	758	13,4	25,1	72
Hübriidlutsern	30,1	760	x	x	x
PD <sub>0,5</sub>	1,2	4,9			

### 3.5. Haljasväetiste mõju mulla omadustele

#### 3.5.1. Haljasväetiste mõju mulla lasuvustihedusele

Mulla lasuvustihedus on üks olulisemaid mulla viljakust iseloomustavad näitajaid, sest selle muutumine mõjutab peaaegu kõiki mulla omadusi ja taimede kasvutingimusi nii huumushorisondis kui ka sellest sügavamal. Lasuvustihedusest sõltub mulla veerežiim ja toitainete omastamine.

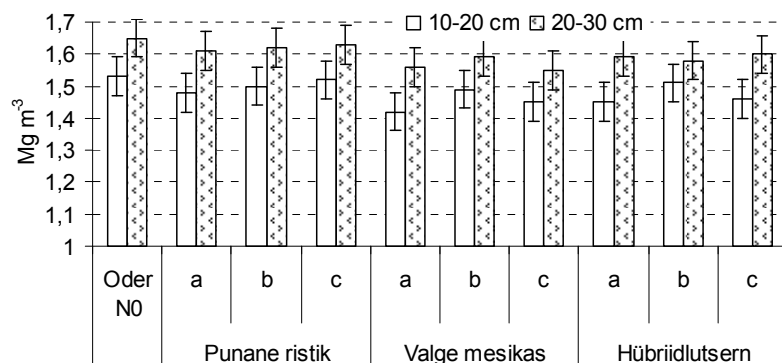
Haagel läbi viidud katsetes mõjutas haljasväetise sissekünni järgselt lasuvustihedust 10–20 cm mullakihi kõige enam punase ristiku teise kasvuaasta biomass, kuid võrreldes teravilja variandiga jäid erinevused siiski katsevea piiridesse. (joonis 53). Põhjuseks on ilmselt suur maapealse biomassi kogus. 20–30 cm kihis ilmnes teise kasvuaasta liblikõieliste mulda kobestav tendents. Võrreldes teravilja variandiga vähenes lasuvustihedus huumushorisondi 20–30 cm sügavuses mullakihi kõige enam variantides, kus künti mulda suurema ja sügavamale ulatuva juurekavaga hübriidlutserni ja valge mesika biomass.



a – 2. kasvuaasta liblikõielised, b – liblikõieliste puhaskülv, c – liblikõieliste allakülv

Joonis 53. Haljasväetise mõju mulla lasuvustihedusele esimese aasta järelkultuuri põllul (Haage, 2008. a., nisu)

Teise aasta järelmõju avaldus kõige selgemini valge mesika sissekünni järgselt. Ristiku järelmõju võrreldes valge mesikaga jäi tagasihoidlikumaks (Joonis 54). Antud katse käigus tehtud uurimised näitasid, et punase ristiku biomass laguneb võrreldes teiste katsetes olnud liblikõieliste biomassiga kiiremini ja seega tema mõju mulla hüdrofüüsikalistele omadustele võib jääda lühiajalisemaks aeglasemalt lagunevatest liblikõielistest. Allakülvide ja esimese kasvuaasta liblikõieliste järel (teise aasta järelmõjuna) olid lasuvustihedused ühtlustunud mõlemas mullakihis.



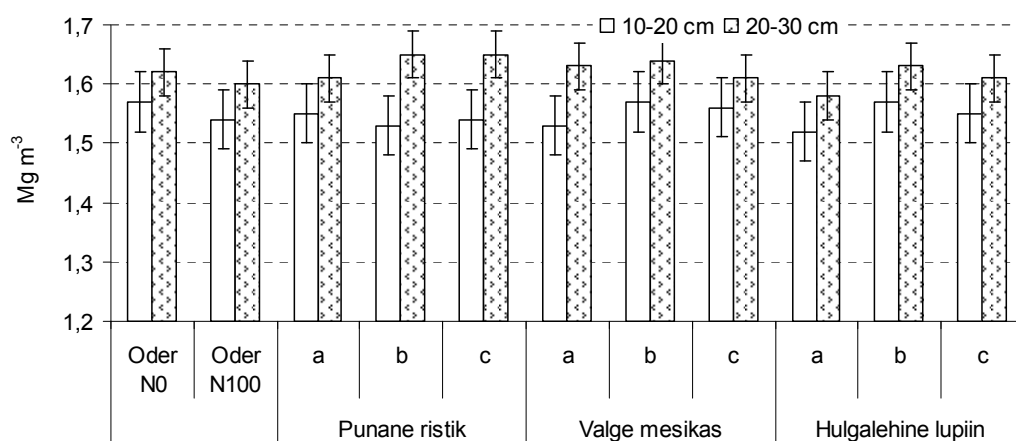
a – 2. kasvuaasta liblikõielised, b – liblikõieliste puhaskülv, c – liblikõieliste allakülv  
 Joonis 54. Haljasväetise mõju mulla lasuvustihedusele teise aasta järelkultuuri põllul (Haage, 2009. a., oder)

Eerikal läbiviidud katsetes lisati allakülvidele variant, kus allakülve väetati mineraallämmastikuga, normiga N<sub>50</sub>.

Lasuvustiheduse määramisel selgus, et valdavalt oli muld taimede kasvuks ebasoodsa tihedusega (künnikihis 1,5–1,6 Mg m<sup>-3</sup>).

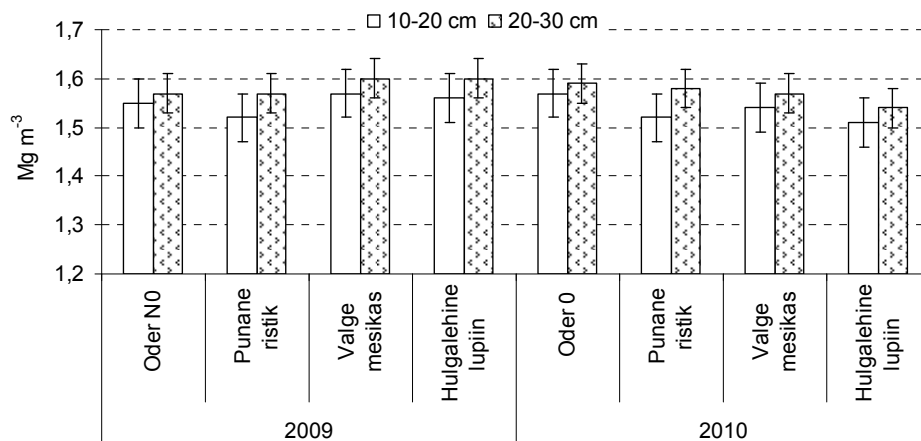
Esimese aasta järelkultuuri (nisu) põllul ei olnud 10–20 cm mullakihis olulisi erinevusi lasuvustiheduse näitajate osas (erinevused jäid katsevea piiridesse) sõltumata sellest, kas tegemist oli allakülvi, liblikõieliste puhaskülvi või väetatud allakülviga. Kuna allakülvide väetamisel põhu kogus suurenes, siis suurenes ka kogu mulda tagastatava biomassi kogus. Oli tendents, et võrreldes väetamata allakülvidega suurem kogus muldaviidud biomassi mõjutas ka mulla lasuvustihedust, kuid 20–30 cm mullakihis ühesuunalist mõju ei täheldatud (joonis 55).

Teise aasta järelkultuuri (oder) põllul olid lasuvustihedused ühtlustunud mõlemas mullakihis.



a – liblikõieliste puhaskülv, b – liblikõieliste allakülv c – liblikõieliste allakülv +N50  
 Joonis 55. Haljasväetise mõju mulla lasuvustihedusele esimese aasta järelkultuuri põllul (Eerika 2A, 2009.a., nisu)

Teise kasvuaasta haljasväetiste sissekünni eelselt tehtud mõõtmised näitasid, et valge mesika ja hulgalehise lupiini variantides oli mulla lasuvustihedus alumises mullakihis mõnevõrra (variantide vahel puudusid usutavad erinevused) suurem kui teraviljal ja punasel ristikul (joonis 56). Arvatavalt võis mulla lasuvustihedust suurendada (2009. a) ka juurte toime. Nende kahe liigi juured on jämedamad ja sügavamale ulatuvad kui ristikul ja teraviljal. Teise kasvuaasta haljasväetiste sissekünnil ilmnes tendentsina hulgalehise lupiini mulda kobestav mõju, kuid variantide vahel ka siin usutavad erinevused puudusid.



Joonis 56. Teise kasvuaasta haljasväetiste mõju mulla lasuvustihedusele haljasmassi künnieelselt (2009.a.) talinisu koristusjärgselt (2010.a.) Eerika 2B

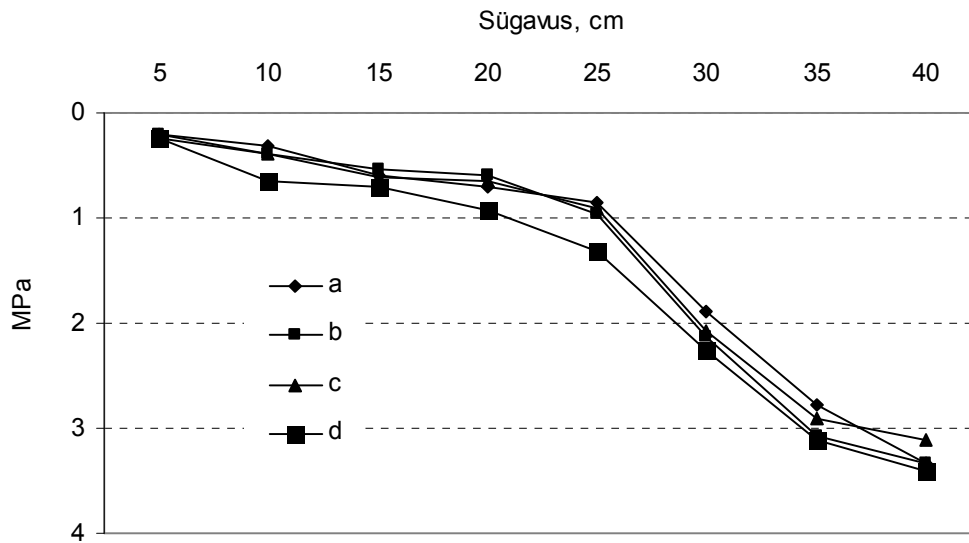
Eerikal tihedamal mullal läbiviidud katsetes liblikõieliste haljasväetiste muldakündmisel nende mõju lasuvustiheduse näitajatele jäi väga minimaalseks või puudus.

### 3.5.2. Haljasväetiste mõju mulla kõvadusele

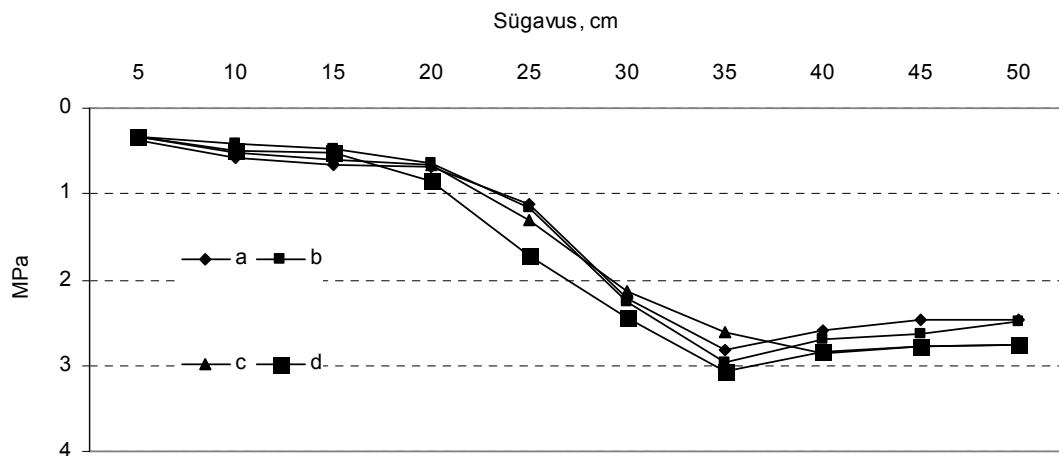
Mulla tihenemise uurimiseks kasutatakse lisaks lasuvustiheduse näitajatele ka kõvaduse e. penetromeetrilise takistuse näitajaid. Mulla penetromeetriline takistus iseloomustab mulla vastupanuvõimet mingile kehale (näiteks vastupanu taimejuurte levimisele mullas). Mulla kõvadusest sõltub oluliselt mullaharimise kvaliteet.

Haigel läbiviidud katsetest selgus, et kuni 5 cm mullakihis ei avaldanud sisseküntud haljasväetised mõju mulla kõvadusele. Sügavamates kihtides avaldus just teise kasvuaasta liblikõieliste kobestav mõju võrreldes teraviljaga (joonis 57).

Teise aasta järelmõjuna võis täheldada mõningast künnikihi aluse kihi kõvaduse vähenemist. Järelikult avaldub mulla sügavamaid kihte kobestav mõju alles siis, kui liblikõieliste juured on kõdunenud. Künnikihi alune muld oli kõige kõvem variantides, kus kasvatati kolmel aastal teravilja. Pindmises, kuni 15 cm kihis teisel järelmõju aastal oli mulla kõvadus ühtlustunud (joonis 58).



a – 2. kasvuaasta liblikõielised, b – liblikõieliste puhaskülv, c – liblikõieliste allakülv, d – teravili  
 Joonis 57. Mulla penetromeetriline takistus sõltuvalt haljasväetisest järelkultuuri koristamise järgselt (Haage, 2008.a)



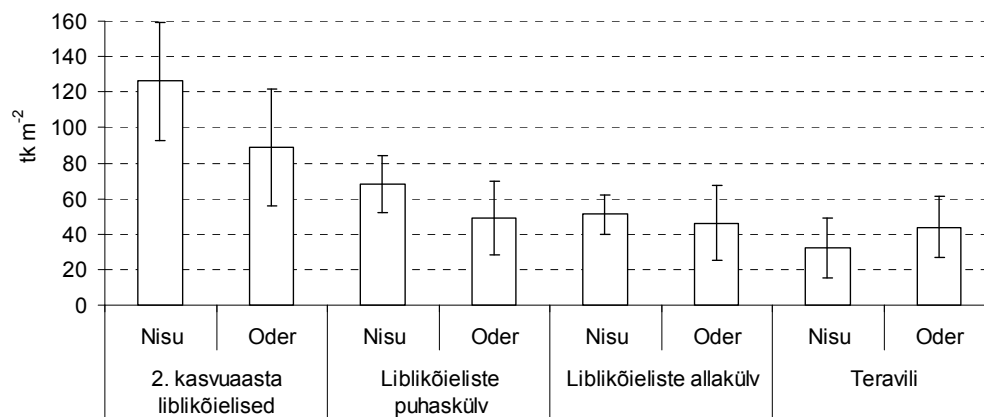
a – 2. kasvuaasta liblikõielised, b – liblikõieliste puhaskülv, c – liblikõieliste allakülv, d – teravili  
 Joonis 58. Mulla penetromeetriline takistus teise aasta järelkultuuri (oder) koristamise järgselt (Haage, 2009.a)

Kõvaduse arvvaartuste muutumine on mitmekordne sügavuse suurenemise suunas. Alates 25 cm sügavusest, kuhu kumuleerub nii adratalla (kännitihes) kui ka masinate käiguosa poolt tekitatud tihes, tõusis mulla kõvadus järsult kõikidel aastatel. Sarnased tulemused saadi ka Eerikal läbiviidud katsetes.

### 3.5.3. Haljasväetiste mõju vihmausside arvukusele

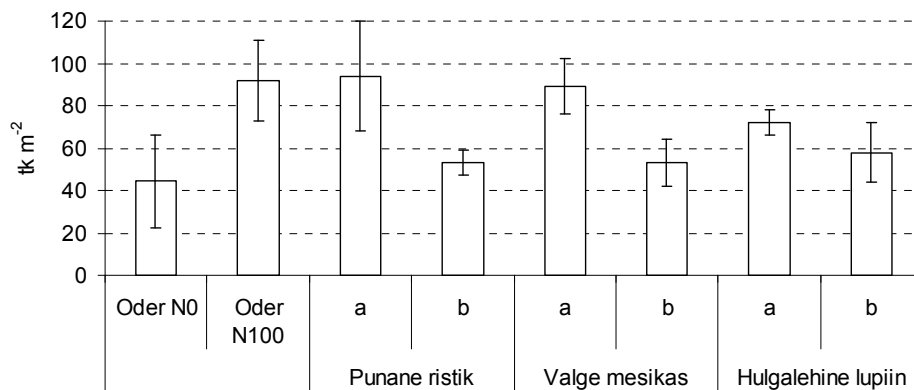
Vihmausse hinnatakse kui mullafauna olulisimat komponenti lagunemisprotsessis ja ainete ringluse regulatsioonil. Vihmausside elutegevuse tagajärjel suurenevad orgaanilise lämmastiku mineraliseerumise ja nitrifikatsiooni kiirus.

Kõige olulisem faktor, mis mõjutab vihmaussipopulatsioone, on kättesaadava orgaanilise aine või varise kogus ja kvaliteet. Ka antud katsetes oli vihmausside arvukus suurim variantides, kus teise kasvuaasta liblikõielistega viidi mulda suurim kogus värsket orgaanilist ainet ja nende kasvuperioodil oli ka pikem nn „mullarahu“, kus mullaharimist ei toimunud. Liblikõieliste positiivne mõju vihmaussidele avaldus ka veel teisel järelmõju aastal (2009 oder), kuid variantide vahel ei leitud statistiliselt usaldusväärseid erinevusi. Kõige madalam oli vihmausside arvukus variandis, kus kasvatati ainult teravilja (joonis 59).



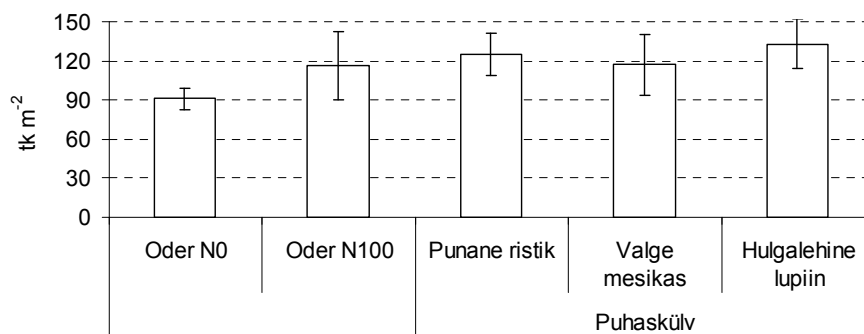
Joonis 59. Haljasväetiste mõju vihmausside arvukusele (Haage 2008.a., nisu, 2009.a., oder)

Eerikal läbiviidud katsetes selgus, et kuigi puhas- ja allakülvidega viidi mulda ligikaudselt võrdne biomassi kogus ei olnud vihmausside arvukus nendes katsevariantide muldades sarnane. Allakülvide biomassis (põhk+liblikõielised) on laiem C/N suhe ja orgaanilise aine lagunemine toimub aeglasemalt. Seega tagas liblikõieliste puhaskülvide biomass sissekünd vihmaussidele soodsamad tingimused ja nende suurema arvukuse (joonis 60, joonis 61). Sarnane tendents ilmnes ka Haagel läbiviidud katsetes. Sarnaselt Haage katsega oli madalaim vihmausside arvukus variandis, kus kasvatati teravilja N<sub>0</sub> foonil. Odra väetamisel suurenes mulda viidava biomassi kogus ja ka vihmausside arvukus.



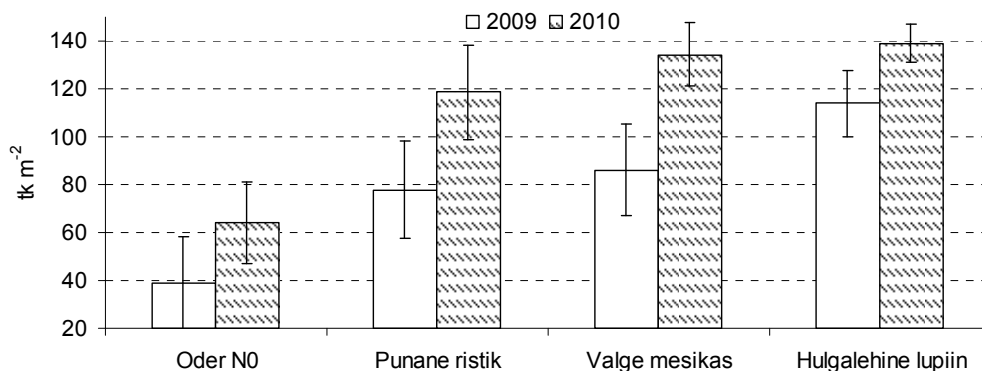
a – liblikõieliste puhaskülv, b – liblikõieliste allakülv,

Joonis 60. Haljasväetiste mõju vihmausside arvukusele 2009.a. suvinisu koristusjärgselt (Eerika 2A)



Joonis 61. Haljasväetiste mõju vihmausside arvukusele 2010.a. odra koristusjärgselt (Eerika 2A)

Eerika katses, kus vihmausside arvukust määrati ka teise aasta liblikõieliste kasvuajal, oli kõige rohkem vihmausse liblikõieliste variantides – ligi 3 korda rohkem kui vihmaussidele eluks ebasoodsas teravilja mullas (joonis 62). Katsepõllu vihmausside arvukus oli 2009. aastal 39–118 isendit m<sup>2</sup>. Kõige rohkem oli vihmausse hulgalehise lupiini variantide mullas, nii lupiini kasvuaegselt kui ka lupiini sissekünni järgselt. Mulla vihmausside arvukus erines usutavalt kõigi liblikõieliste järgselt võrreldes variandiga, kus teravili järgnes teraviljale.



Joonis 62. Haljasväetiste mõju vihmausside arvukusele teise kasvuaasta liblikõieliste sissekünni eelselt (2009.a.) ja järelkultuuri (talinisu) koristusjärgselt (2010.a.) (Eerika 2B)

### 3.5.4. Haljasväetiste mõju mulla agrokeemilistele omadustele

Kõigis Eerikalt võetud mullaproovides oli määramisaegne  $\text{NO}_3$  ja  $\text{NH}_4$  sisaldus madal. **Eerika 2A** katses 2009.a kevadel võetud mullaproovides (22 cm mullapuuriga) oli nitraatide ja ammoniumlämmastiku sisaldus mõnevõrra suurem lämmastikuga väetatud variantides ja liblikõieliste haljasväetiste sissekünni järgselt. Hilisemates määramistes ei olnud muutused  $\text{NO}_3$  ja  $\text{NH}_4$  sisalduse osas mullas kindlasuunalised (tabel 15). Sama tendents ilmnes ka katsetes **Eerika 2B** (tabel 16) ja **Eerika 3** (tabel 17).

Ilmselt puudub haljasväetistega ka suurte lämmastikukoguste muldaviimisel taimekasvuperioodil väljaleostumise oht, kuna lämmastik vabaneb biomassi lagunemisel aeglaselt ja järelkultuurid kasutavad selle ära.

Tabel 15. Haljasväetiste mõju mulla lämmastiku sisaldusele katses Eerika 2A

Eelvili 2008.a	25.05.2009		9.09.2009		21.06.2010	
	$\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{mg kg}^{-1}$	$\text{NH}_4\text{-N}$ $\text{mg kg}^{-1}$	$\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{mg kg}^{-1}$	$\text{NH}_4\text{-N}$ $\text{mg kg}^{-1}$	$\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{mg kg}^{-1}$	$\text{NH}_4\text{-N}$ $\text{mg kg}^{-1}$
Oder $\text{N}_0$	4,20	0	1,41	0,76	0	2,09
Oder $\text{N}_{50}$	12,37	1,18	x	x	x	x
Oder $\text{N}_{100}$	16,70	1,49	0,99	1,43	0	3,03
<b>Liblikõieliste allakülvid</b>						
Oder+punane ristik	7,90	1,14	0,65	1,06	x	x
Oder+valge mesikas	7,44	0	1,14	0,98	x	x
Oder+hulgalehine lupiin	5,64	0	0,78	0,83	x	x
<b>Liblikõieliste puhaskülvid</b>						
Punane ristik	7,19	0	1,30	0,79	0	2,99
Valge mesikas	7,44	0	1,44	1,11	0	2,28
Hulgalehine lupiin	11,86	0	0,74	0,97	0	1,83



Tabel 16. Haljasväetiste mõju mulla lämmastiku sisaldusele katses Eerika 2B

Eelvili 2008. a	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>		NH <sub>4</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	
	9.09.2009			
Oder N <sub>0</sub>	1,85		2,19	
Punane ristik	5,54		1,49	
Valge mesikas	3,92		1,01	
Hulgalehine lupiin	3,69		0,86	
	21.04.2010			
Oder N <sub>0</sub>	2,95		1,02	
Punane ristik	5,40		0,51	
Valge mesikas	3,98		1,06	
Hulgalehine lupiin	4,93		1,14	
	21.06.2010			
Oder N <sub>0</sub>	0		1,58	
Punane ristik	0		1,39	
Valge mesikas	0		2,32	
Hulgalehine lupiin	0		4,13	

Tabel 17. Haljasväetiste mõju mulla lämmastiku sisaldusele katses Eerika 3

Eelvili 2009.a	9.09.2009		21.04.2010		21.06.2010	
	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>
Oder N <sub>0</sub>	0,59	0,52	2,82	0,43	0,41	2,50
Oder Sõnnik (2009. a sügisel)	0,59	0,52	x	x	0,80	3,85
Hernes	0,85	0,56	x	x	0	1,99
Uba	0,57	0,53	x	x	0	1,87
Liblikõieliste allakülvid						
Oder+punane ristik	0,25	0,62	x	x	0,07	3,73
Oder+ hulgalehine lupiin	1,14	0,64	x	x	0,05	3,44
Oder+itaalia raihein	0,41	0,49	x	x	0	2,15
Liblikõieliste puhaskülvid						
Punane ristik	0,27	0,98	3,95	0,34	0	2,41
Hulgalehine lupiin	0,32	0,62	4,89	1,21	0	2,51
Hübriidlutsern	0,38	0,85	x	x	0,19	2,87

Mulla liikuva fosfori ja kaaliumi sisaldus määrati mullast AL meetodil pärast liblikõieliste sisseküüdi.

Liblikõieliste haljasväetiskultuuridega seotakse aastas bioloogilises ringesse küllalt suured kogused fosforit ning eriti kaaliumi. Kui saak eemaldatakse põllult, siis eriti maheviljeluses, toitainetevaestel muldadel (kui toitaineid ei tagastata väetistega), mullad võivad toitainetest vaesuda. Kui mulla fosfori- ja kaaliumivarud vähenevad, väheneb ka bioloogiline lämmastiku sidumine. Sügavajurelised liblikõielised on aga võimelised ka alumistest mullakihtidest toitaineid üles tooma ja biomassi mulda kündes sellega rikastama künnikihi toitainete sisaldust. Et suurendada fosfori või kaaliumi sisaldust künnikihis  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  peaks lisanduma ligikaudu  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  eelpoolnimetatud toitaineid. Seega lühiajalise liblikõieliste haljasväetiskultuuride kasvatamisega ei saa me oluliselt muuta mulla toitainete sisaldust kuid nende regulaarsel kasvatamisel külvikorras saame parandada taimede toitumist. Seejuures on oluline ka see, et liblikõielised kultuurid on võimelised raskemini lahustuvat fosforit ja kaaliumi võrreldes teraviljadega paremini omastama ja biomassi mulda kündes muuta seda teistele kultuuridele kättesaadavamaks. Katses **Eerika 2A** liikuva fosfori sisalduse osas kindlasuunalist muutumist ei ilmnenud (tabel 18). Võrreldes teiste liblikõielistega jäi punase ristiku allakülvi ja puhaskülvi mõju tagasihoidlikumaks. Punase ristiku juurestik ei ole nii sügav võrreldes valge mesika ja hulgalehise lupiiniga, mistõttu toob vähem toitaineid mulla sügavamatest kihtidest üles. Eerika 2A katsest selgus, et liikuva kaaliumi sisaldus mullas suurenes kõigi haljasväetiste foonil.

Tabel 18. Mulla toitainete sisaldus künnikihis järelkultuuri (suvinisu) koristamise järgselt katses Eerika 2A

Eelvili 2008. a	09.09.2009	
	P $\text{mg kg}^{-1}$ (AL)	K $\text{mg kg}^{-1}$ (AL)
Oder N <sub>0</sub>	65	149
Oder N <sub>100</sub>	73	168
<b>Liblikõieliste allakülvid</b>		
Oder+punane ristik	68	171
Oder+valge mesikas	78	182
Oder+hulgalehine lupiin	77	172
<b>Liblikõieliste puhaskülvid</b>		
Punane ristik	61	162
Valge mesikas	67	158
Hulgalehine lupiin	74	169

Katses **Eerika 2B** liikuva fosfori, kaltsiumi ja magneesiumi osas statistiliselt usutavaid muutusi ei olnud. Kaaliumisisaldus oli liblikõieliste sissekünni järgselt veidi madalam võrreldes N<sub>0</sub> variandiga. Arvatavalt ei olnud sisseküntud biomass veel lagunenu ja sellest toitaineid vabanenu (tabel 19). Sama tendents ilmnis ka katses **Eerika 3** (tabel 20).

Tabel 19. Mulla toitainete sisaldus künnikihis järelkultuuri (talinisu) kasvuaegselt katses Eerika 2B

Katsevariant	21. 06.2010			
	P mg kg <sup>-1</sup> (AL)	K mg kg <sup>-1</sup> (AL)	Ca mg kg <sup>-1</sup>	Mg mg kg <sup>-1</sup>
Oder N <sub>0</sub>	102	173	698	61
Punane ristik	100	162	710	63
Valge mesikas	101	158	709	62
Hulgalehine lupiin	102	152	711	65

Tabel 20. Mulla toitainete sisaldus künnikihis järelkultuuri (suvinisu) kasvuaegselt katses Eerika 3

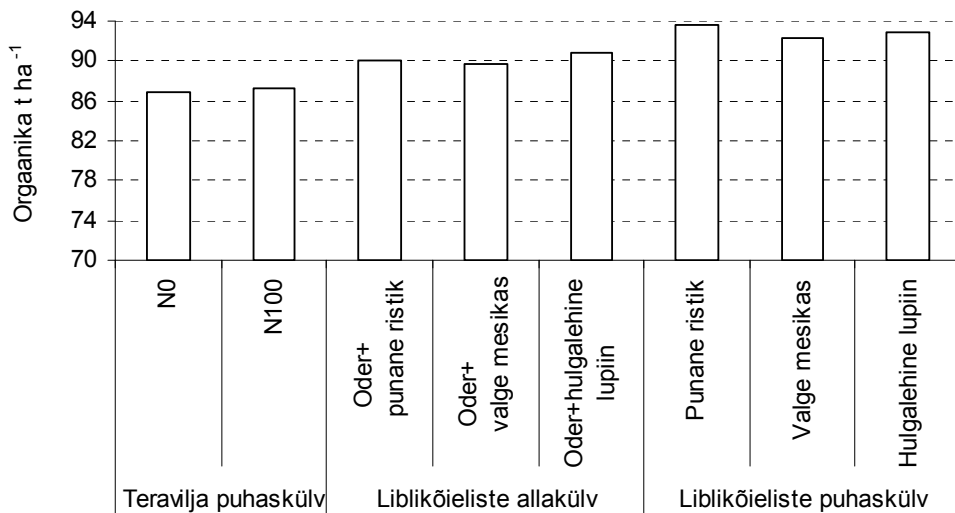
Eelvili 2009.a	21. 06.2010			
	P mg kg <sup>-1</sup> (AL)	K mg kg <sup>-1</sup> (AL)	Ca mg kg <sup>-1</sup>	Mg mg kg <sup>-1</sup>
Oder N <sub>0</sub>	59	132	622	43
Oder Sõnnik (sügisel)	68	150	667	45
Hernes	52	108	614	44
Uba	50	99	636	41
Liblikõieliste allakülvid				
Oder+punane ristik	62	117	617	41
Oder+ hulgalehine lupiin	60	102	603	22
Oder+itaalia raihein	49	96	628	43
Liblikõieliste puhaskülvid				
Punane ristik	45	92	626	30
Hulgalehine lupiin	52	117	621	37
Hübriidlutsern	45	121	645	34

Mulla orgaanilise aine sisaldus määrati kaalukao meetodil kuumutamisel 360 °C juures. Mulla orgaanilise aine sisaldus on pidevas muutuses ja see sõltub mulda antavast orgaanilisest väetisest, seal kasvatatavast kultuurist, selle saagikusest ja veel paljudest teistest teguritest. Mulla orgaanilise aine sisaldus hõlmab kõiki mulla elusorganisme ning surnud organismide erinevas lagunemistastmes jäänuseid. Orgaanilise aine allikad on põllukultuuride jäägid, loomasõnnik ja haljasväetistaimed. Orgaanilise aine tekkimine põllumaade mullas sõltub mullaharimisest ja ka sellest, kas põllukultuuride jäägid koristatakse või jäetakse põllule. Esimesel kasvuaastal muldaküntud liblikõieliste mõju mullaomadustele on väiksem ja lühiajalisem.

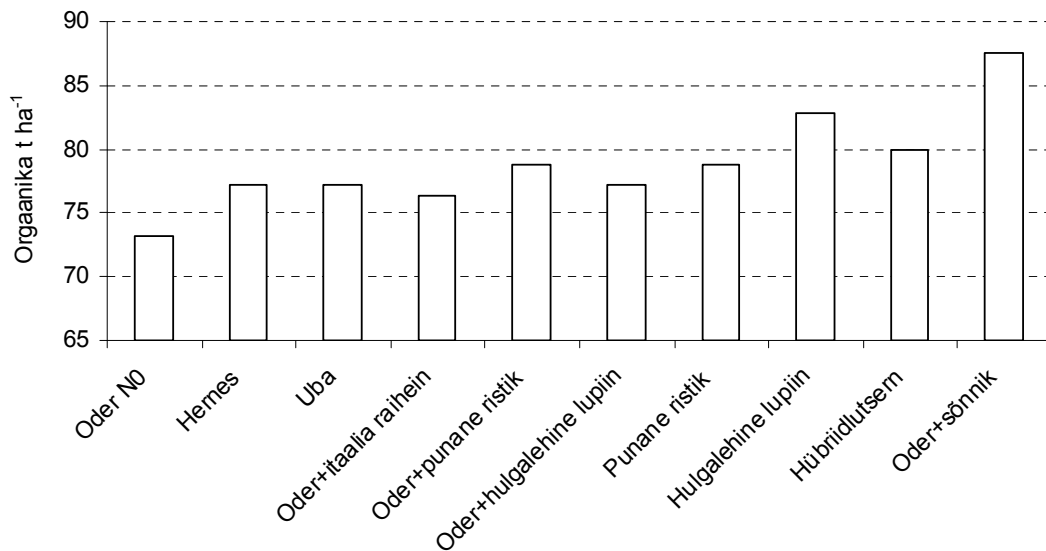
Teraviljade kasvatamisel mitu aastat järjest väheneb mulla orgaanilise aine sisaldus. Vaatamata sellele, et antud katses (Eerika 2A) künti kogu põhk mulda jäi orgaanilise aine sisaldus teravilja puhaskülvi variantides madalaks, mulla orgaanilise aine varu huumuskihis oli 86–87 Mg ha<sup>-1</sup>. Liblikõielised haljasväetiskultuurid jätavad mulda rohkesti orgaanilist ainet ja haljasväetistega väetamine tõstis mulla orgaanilise aine

sisaldust. Kasutades liblikõieliste allakülve suurenes mulla orgaanilise aine sisaldus võrreldes teraviljaga kuni 0,1%. Liblikõieliste puhaskülvide sissekünni korral viime mulda kuni 10 tonni kuivainet, mis suurendas mulla orgaanilise aine sisaldust kuni 0,17% võrreldes variandiga, kus teravilja kasvatati kahel aastal järjest (joonis 63).

Sarnased tendentsid ilmsesid ka katses Eerika 3. Suurim orgaanilise aine muutus toimus variandis, kus sügisel anti põllule sõnnikut 50 Mg ha<sup>-1</sup>. Itaalia raiheina haljasmass jäi väikeseks ja mulla orgaanilise aine sisaldus võrreldes teiste haljasväetistega madalamaks. Väiksema orgaanilise aine sisalduse mullas tagasid ka hernes ja põlduba (joonis 64).

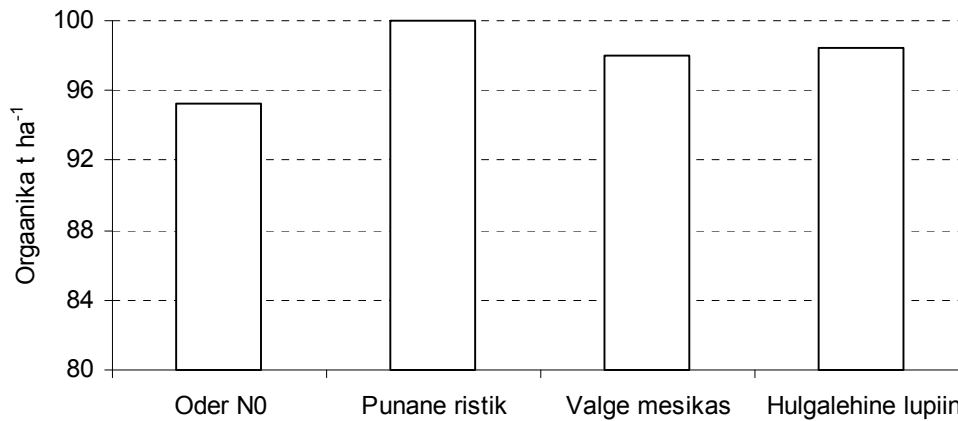


Joonis 63. Mulla humuskihi orgaanilise aine sisaldus järelkultuuri (suvinisu) koristusjärgselt (09.09.2009) katses Eerika 2A



Joonis 64. Mulla humuskihi orgaanilise aine sisaldus järelkultuuri (suvinisu) kasvuaegselt (21.06.2010) katses Eerika 3

Teise kasvuaasta liblikõielistel moodustus suurem biomass ja sissekünni järgselt tõstis haljasväetistega väetamine mulla orgaanilise aine sisaldust. Haljasmassi sisseküünd toimus augusti II dekaadis, orgaanika sisalduse määramine toimus järelkultuuri (taliniisu) kasvuaegselt (21.06.2010). Võrreldes teraviljale järgneva teravilja variandiga oli orgaanilise aine sisaldus mullas suurenenud 0,07–0,12% (joonis 65).



Joonis 65. Mulla huumuskihi orgaanilise aine sisaldus järelkultuuri (taliniisu) kasvuaegselt (21.06.2010) katses Eerika 2B

### 3.2. Vahekultuuride biomass ja sellega mulda tagastuvad taimetoitelementide kogused

Viimastel aastatel on hakatud paljudes riikides uurima, kuidas on võimalik vähendada mulla taimetoitainete kadu taimedest vabal perioodil. Ka antud projekti raames rajati EMÜ põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Eerika katsepõllule 2008–2010. aastatel katsed, mille eesmärgiks oli selgitada, kui suure biomassi moodustavad vahekultuurid (nn. püüdjad kultuurid) ja millisel hulgal nad seovad bioringes toitaineid. Katsesse valiti enamlevinud vahekultuurid: õlirõigas, valge sinep, taliraps, talirüps, rukis, itaalia raihein ja keerispea. Liblikõielistest kasvatati hernest ja põlduba.

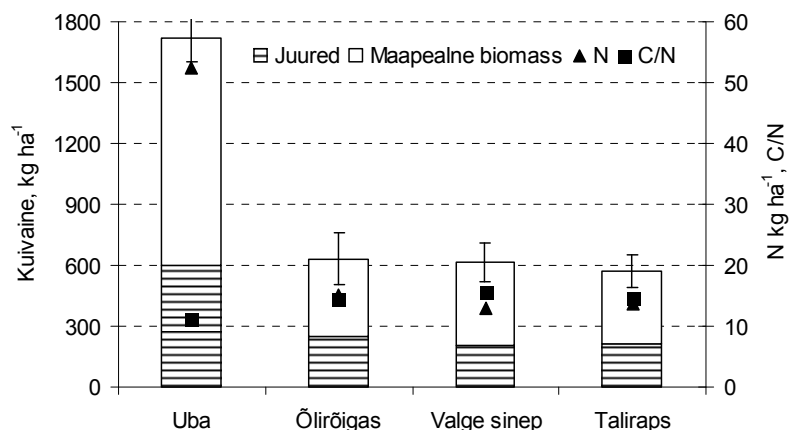
Vahekultuurid tuleks külvata kohe pärast varakult valminud teravilja koristamist augustis ja kasvuperioodi pikkus peaks olema vähemalt 50 päeva. Kuna tänapäeval on külvikordades teravilja osakaal küllaltki suur, siis vahekultuurile valitud eelvili oder 'Inari' peaks iseloomustama võimalikku kasutatavat vahekultuuride kasvupinda. Keskiline odrasort tagaks piisava pikkusega kasvuperioodi vahekultuuridele. Vahekultuure külvatakse enamasti teraviljade järel, kuid üha enam külvatakse neid ka varajaste kõögiviljade ja liblikõieliste (uba, hernes) põldudele. Vahekultuuridest on seda rohkem kasu, mida varem nad külvatakse.

Vahekultuuride normaalseks arenguks peaks päevane temperatuur olema vähemalt 9°C ja sademeid kasvuperioodil 150–200 mm.

Vahekultuuride biomassi saak oli aastate lõikes küllaltki varieeruv. 2008. aasta august kujunes väga vihmaseks ja sellistes ilmastikutingimustes toimus odrakoristus augusti II dekaadi lõpus. Kuna efektiivsete (>5 °C) temperatuuride summa septembris jäi madalaks (1948–2007. a keskmisest ligi 30 kraadi vähem), jäi vahekultuuride biomass suhteliselt tagasihoidlikuks. Seda ei kompenseerinud ka küllalt pikk ja soe kasvuperiood, mis kestis oktoobri lõpuni. Efektiivseid, üle 5 kraadi temperatuure kogunes kuu jooksul üle 90 kraadi, mis on tavalisest 30 kraadi enam.

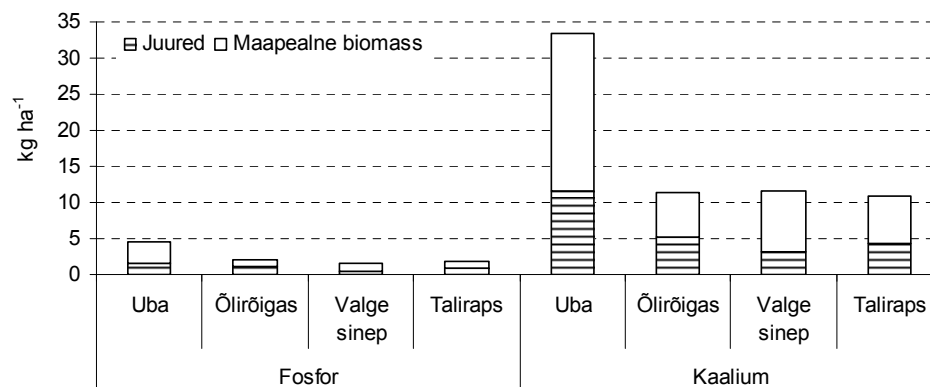
Vahekultuuride kogu biomass varieerus vahemikus 0,57 Mg ha<sup>-1</sup> talirapsil kuni 1,72 Mg ha<sup>-1</sup> põldoal, millega seoti lämmastikku 13–52 kg N ha<sup>-1</sup> (joonis 66). Kogu biomassist moodustasid juured kuni 39% (õlirõikal), teistel kultuuridel jäi juurte osatähtsus madalamaks.

Mulda viidud orgaanilise aine lagunemine sõltub suurel määral selle C/N suhtest. Soovitav C/N suhe peaks olema 30. Mulda viidava biomassi C/N suhe varieerus vahemikus 13 (uba) kuni 18 (valge sinep ja taliraps). Järelikult oli vahekultuuride orgaaniline aine mullas suhteliselt kergesti lagunev ja ei toimunud lämmastiku sidumist mullast mikroorganismide poolt. Lagunemise käigus vabanev lämmastik on põhikultuurile (järelkultuurile) kohe selle algarengus kättesaadav.



Joonis 66. Vahekultuuride biomass ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), lämmastiku kogus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ja C/N suhe 2008. aastal

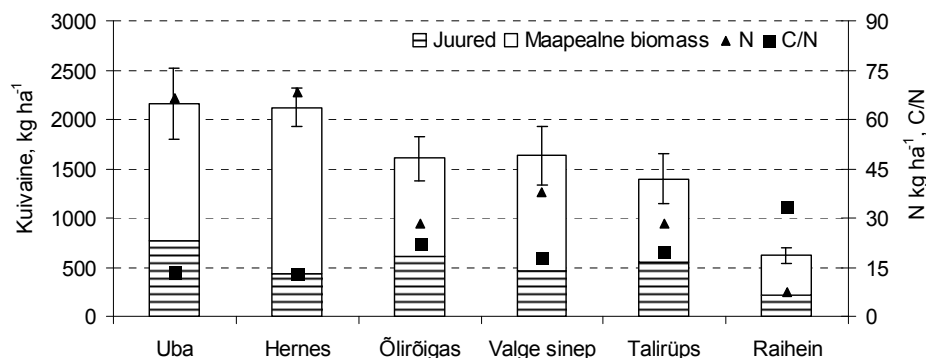
Fosfori ja kaaliumisisaldus taimedes sõltub taimeliigist, kasvufaasist ja taimeosast. Kaaliumi sisaldavad rohkem noored taimeosad ja fosforit maapealsed osad rohkem kui juured. Sõltuvalt biomassi suuruselt omastati 2008. a vahekultuuride poolt bioloogilises ainerings 10 (taliraps) kuni 33  $\text{kg K ha}^{-1}$  (uba) ja kuni 4,5  $\text{kg P ha}^{-1}$  (uba). Väikseim kogus fosforit seoti 2008. aastal valge sinepi poolt – 1,6  $\text{kg P ha}^{-1}$  (joonis 67).



Joonis 67. Vahekultuuride poolt seotud fosfori ja kaaliumi kogus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 2008. aastal

2009. aastal koristati eelvili 14. augustil, seega nädal varem kui 2008. aastal. Sügis oli 2009.a. järelkultuuride kasvuks soodne. Efektivrõivsete temperatuuride summaks kasvuperioodil kogunes 427 kraadi ja kasvuperioodi pikkus oli 60 päeva.

2009. a. moodustus suurim biomass põldoal – 2,2  $\text{Mg ha}^{-1}$ , kuid usutavalt väiksem ei olnud sellest ka herne biomass, kusjuures juurte osa moodustas sellest oal 35% ja hernel 20%. Õlirõika ja valge sinepi biomass oli võrdne – 1,6  $\text{Mg ha}^{-1}$ , sellest juurte osatähtsus vastavalt 38% ja 28%. Talirüpsi biomass oli 1,4  $\text{Mg ha}^{-1}$ , millest juurte mass moodustas 40%. Oluliselt väiksem oli itaalia raiheina biomass. Ristõielistega viidi mulda 28–37  $\text{kg N ha}^{-1}$ . Liblikõielistel, mis seovad lisaks ka õhulämmastikku, oli biomassiga mulda viidav N kogus keskmiselt 67  $\text{kg ha}^{-1}$  (joonis 68).



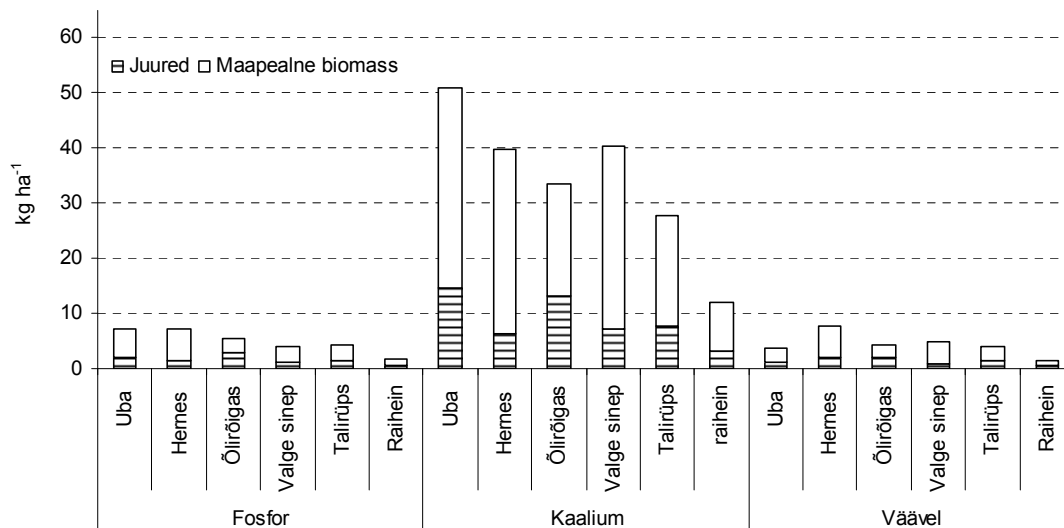
Joonis 68. Vahekultuuride biomass ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), lämmastiku kogus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ja C/N suhe 2009. aastal

Mulda viidava biomassi C/N suhe varieerus vahemikus 13 (uba, hernes) kuni 33 (itaalia raihein).

Sõltuvalt kultuurist ja biomassi kogusest viidi 2009. aastal vahekultuuride poolt bioloogilisse aineringsesse 12 (itaalia raihein) kuni 51  $\text{kg K ha}^{-1}$  (uba) ja kuni 7,3  $\text{kg P ha}^{-1}$  (uba). Väikseim kogus fosforit seoti 2009. aastal itaalia raiheina (kogu biomass ainult 0,62  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) poolt – 1,6  $\text{kg P ha}^{-1}$  (joonis 73).

2009. aastal määrati ka taimede poolt seotud väävli kogused. Väävel teatavasti mõjutab taimede lämmastiku kasutamist, taimed on elujulisemad. Väävliga normaalselt varustatud taimed kasvavad rikkalikuma ja kvaliteetsema saagi.

Suurima koguse väävli sidus hernes 7,8  $\text{kg S ha}^{-1}$ . Kuigi oa biomass oli suhteliselt suur, jäi tema poolt seotud väävli kogus samale tasemele ristõieliste vahekultuuridega. itaalia raiheina biomassiga viidi mulda tagasi vaid 1,5  $\text{kg S ha}^{-1}$  (joonis 69).



Joonis 69. Vahekultuuride poolt seotud fosfori, kaaliumi ja väävli kogused ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 2009. aastal

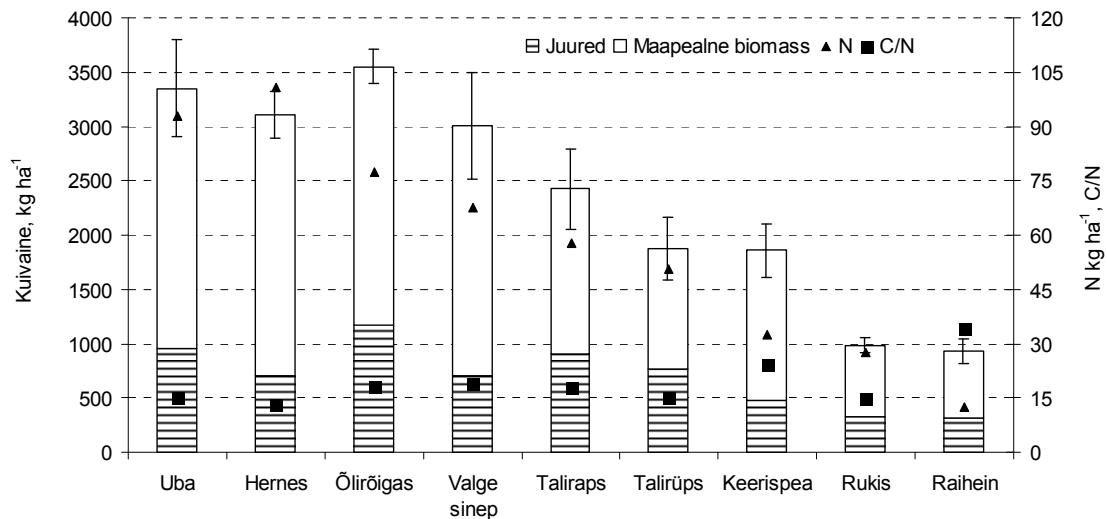
2010. aasta ilmastikutingimused võimaldasid küllaltki varajase odrakoristuse (02. august) ja vahekultuuride külvi. Vahekultuuride kasvuperioodi pikkus oli 72 päeva ja efektiivsete



temperatuuride summaks kogunes 602 kraadi. Piisavalt soe august (efektiivsete temperatuuride summa 410 kraadi) tagas ka katseaastate vahekultuuride suurima biomassi saagi.

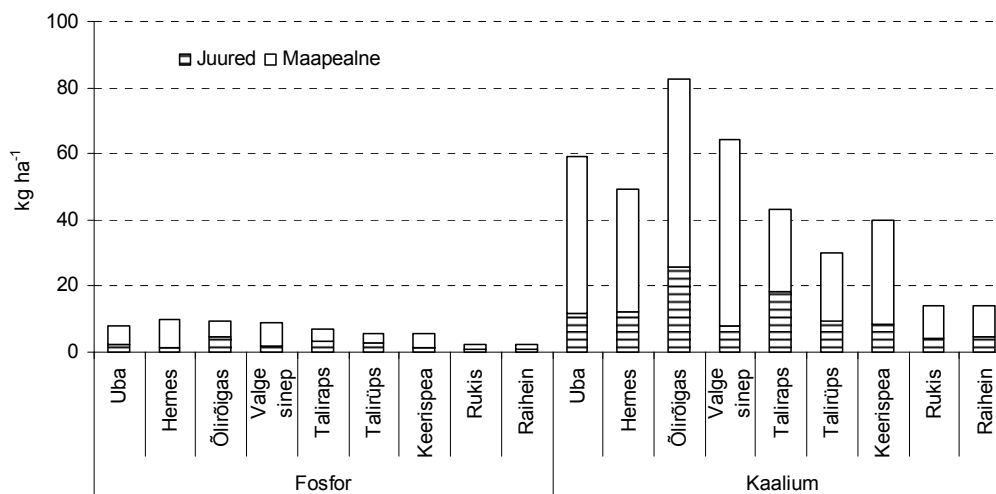
2010. aastal viidi vahekultuuride biomassiga (maapealne+juured) mulda 0,9 (itaalia raihein ja rukis) – 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> (õlirõigas) orgaanilist ainet. Kui varasematel aastatel oli valgel sinepil moodustunud võrdne biomass (maapealne+juured) õlirõikaga, siis sel aastal see nii ei olnud. Valge sinep on pikapäeva taim ja varem (augusti algul) külvates hakkab taim kiiresti õitsema. Õitsemine vähendab juurte aktiivsust ja ka toitainete omastamist.

Väga heaks vahekultuuriks peetakse keerispead. Keerispea peaks moodustama lühikese ajaga suure juuremassi ning siduma suures koguses lämmastikku, kuid antud katses see nii ei olnud. Talirüpsil ja keerispeal moodustus võrdne biomass, juurte osatähtsus selles oli vastavalt 41 ja 26%. Kuigi talirüpsi ja keerispea biomassid olid võrdsed, sidus keerispea 1,6 korda vähem lämmastikku kui talirüps (joonis 70). Lämmastikku viidi biomassiga mulda 10 (itaalia raihein) – 100,3 kg ha<sup>-1</sup> (hernes). Ristõielistest kultuuridest viis suurima lämmastikukoguse mulda õlirõigas Biomassi C/N suhe jäi kõigil vahekultuuridel, v a itaalia raihein, alla 30.



Joonis 70. Vahekultuuride biomass (kg ha<sup>-1</sup>), lämmastiku kogus (kg ha<sup>-1</sup>) ja C/N suhe 2010. aastal

Sõltuvalt biomassi suuruselt viidi 2010.a vahekultuuridega mulda kuni 82 kg K ha<sup>-1</sup> (õlirõigas) ja kuni 9,9 kg P ha<sup>-1</sup> (hernes) (joonis 71).

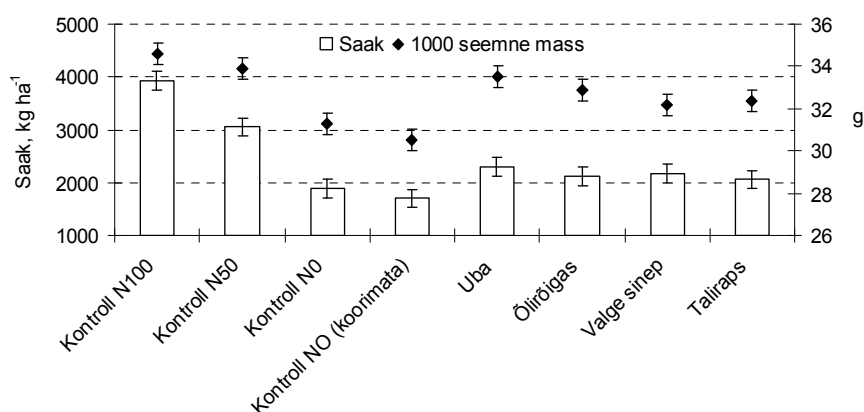


Joonis 71. Vahekultuuride poolt seotud P ja K kogus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 2010. aastal

### Vahekultuuride mõju järelkultuuri saagile

Aastatel 2009 ja 2010 kasvatati vahekultuuride katses järelkultuurina suvinisu.

2009. aasta suvinisu saak väetamata mullal oli  $1,70 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Sügisene põllu koorimine ei suurendanud usutavalt  $N_0$  fooni saaki. Vahekultuuridest andis kõige suuremat efekti järelkultuuride saagile uba, võrreldes  $N_0$  fooniga suurenes suvinisu saak  $0,59 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Vaatamata sellele, et oaga viidi mulda suurem kogus lämmastikku, ei erinenud oa järgse nisu saak usutavalt ristõielistele vahekultuuridele järgnenud nisu saagist. Oluliselt mõjutasid vahekultuurid nisu 1000 tera massi. Oa järgi külvatud nisu 1000 tera mass ei erinenud  $N_{50}$  väetustasemest (joonis 72). Teiste vahekultuuride 1000 tera mass erines usutavalt  $N_0$  variandist.

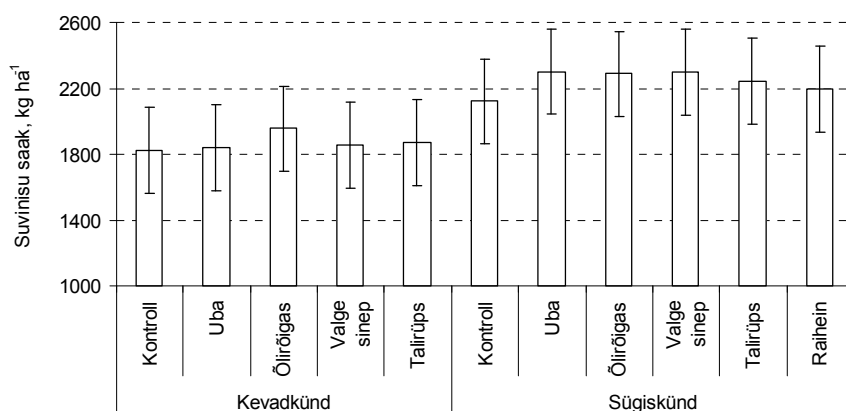


Joonis 72. Vahekultuuride järelmõju suvinisu saagile ja 1000 seemne massile 2009. a.

2010. aasta juulikuu kuumuse ja kuivuse tõttu valmisid teraviljad väga kiiresti ja koristusaeg saabus erakordselt vara. Nisu koristati juba 04. augustil.

Nisule eelnenud vahekultuuride sissekünnil kasutati erinevaid künni aegu – sügis- ja kevadkünni. Uurimisaluseks küsimuseks oli, kas kevadise künni korral muldaküntud biomass suurendab järelkultuuri saaki. 2010. aasta tulemused näitasid, et kevadise künni

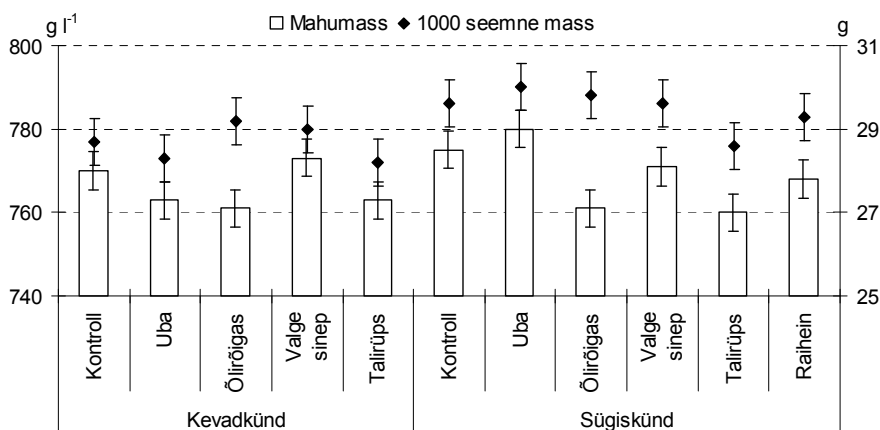
korral oli suvinisu saak variantide keskmisena 0,2–0,3 Mg ha<sup>-1</sup> väiksem kui sügise künni korral, kuid statistiliselt usutav erinevus variantide vahel puudus (joonis 73).



Joonis 73. Vahekultuuride järelmõju suvinisu saagile 2010. a.

Ühe aasta põhjal ei saa veel paikapidavaid järeldusi teha, sest oluliselt mõjutavad saaki ka ilmastikutingimused, millist mõju avaldab kevadine künn mulla niiskusrežiimile ja orgaanilise aine lagunemiskiirusele. Orgaanilise aine mineralisatsioon sõltub ka mulla temperatuurist. Mida soojem on muld, seda kiiremini see toimub ja seda enam seotakse ka lämmastikku mikroorganismide poolt.

Kvaliteedinäitajatest määrati antud aastal 1000 seemne mass ja mahumass. Tera suuruse määravad kasvutingimused õitsemisest kuni küpsuseni. Kuna viljad valmisid väga kiiresti siis jäi 1000 seemne mass madalaks. Suurim 1000 seemne mass ja mahumass moodustus sügiskünni variandis oa järgsel nisul (joonis 74). Mahumass sõltub eelkõige sordist ja kasvuaasta ilmastikust. Väetamisega mahumassi suurendada ei saa. Mahumass peab olema minimaalselt 750 g l<sup>-1</sup> ja kõrgema kategooria nõuete täitmiseks kuni 780 g l<sup>-1</sup>. Kevadkünni variantidel jäi mahumass madalamaks sügiskünni variantidest, kuid ei olnud madalam, kui 760 g l<sup>-1</sup>. Sügiskünnil korral oli oa järgse nisu mahumass usutavalt suurem teistest vahekultuuride järgse nisu mahumassist. Nagu on näidanud varasemad katsed (nt Jõgeva SAI-s) ei ole kindlat korrelatsiooni teravilja mahumassi ja 100 teramassi vahel.



Joonis 74. Suvinisu mahumass (g l<sup>-1</sup>) ja 1000 seemne mass (g) 2010. a.

### Vahekultuuride mõju mulla lämmastikisisaldusele

Ammoonium- ja nitraatlämmastiku sisaldus võib varieeruda sõltuvalt mullast ja määramise ajast väga suurtes piirides ja seda ei saa lugeda stabiilseks mullaviljakuse näitajaks. Muld ei suuda NO<sub>3</sub> kinni hoida ja seetõttu allub see leostumisele. Vahekultuurid peaksid siduma vabad toitained ja bioloogiliselt seotud lämmastik ei tohiks taimedest vabal perioodil välja leostuda.

2009 aasta kevadel nisupõllult võetud mullaproovides oli ammoonium- ja nitraatlämmastiku sisaldus suurem variantides, mida oli väetatud mineraalse lämmastikuga, ristõieliste vahekultuuride all ei olnud olulist erinevust N<sub>0</sub> variandi mullaga (tabel 21).

Vahekultuuride kasvuaegselt määratud nitraatlämmastiku sisaldus oli suhteliselt ühtlane, ammooniumlämmastikku oli mullas rohkem oa variantides. Kirjanduse andmetel seovad vahekultuurid mullast lämmastikku ja seetõttu mineraalse lämmastiku sisaldus peaks mullas vähenema. Antud katsetes vahekultuurid ei vähendanud mulla NO<sub>3</sub> ja NH<sub>4</sub> sisaldust (tabel 21).

Tabel 21. Mulla NO<sub>3</sub> ja NH<sub>4</sub> sisaldus 25. mail 2009.a suvinisu põllul (vahekultuur 2008)

Katsevariant	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>
N <sub>0</sub>	5,8	0
N <sub>50</sub>	13,8	3,5
N <sub>100</sub>	18,0	1,2
N <sub>0</sub> (koorimata)	5,6	0
Uba	9,1	0,9
Valge sinep	5,7	0,5
Õlirõigas	5,5	0

Tabel 22. Nitraat- ja ammooniumlämmastiku sisaldus mullas vahekultuuride kasvu ajal (19. okt 2009)

Katsevariant	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>
Uba	7,5	12,5
Valge sinep	6,2	8,8
Õlirõigas	6,3	9,4
Kontroll	5,8	5,8

Vahekultuuride järgselt, enne põhikultuuri külvi määratud nitraat- ja ammooniumlämmastiku sisaldus oli suhteliselt ühtlane ristõieliste kultuuride järel. Kui vahekultuurid olid mulda küntud sügisel, siis kevadeks oli tendents NO<sub>3</sub> ja NH<sub>4</sub> sisalduse suurenemisele võrreldes kevadise sissekunniga (tabel 23).

Nitraatide kõrge kontsentratsioon viitab eriti vegetatsiooniperioodi alguses kui taimede N-tarve on väike ja lõpus kui saak on koristatud lämmastiku leostumisriski suurenemisele. Mulla liikuva lämmastiku sisalduses ei olnud antud katsetes olulisi erinevusi.

Tabel 23. Nitraat- ja ammooniumlämmastiku sisaldus mullas kevadel enne mullaharimisi (21. aprill 2010)

Katsevariant (2009.a.)	Külmata (enne kevadküüdi)		Sügisküüdi	
	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>
Uba	6,5	0,7	9,2	3,6
Valge sinep	5,1	0,7	5,7	1,7
Õlirõõgas	5,8	0,7	6,0	1,0
Talirüps	5,2	1,3	3,3	1,1
Itaalia raihein	x	x	5,3	1,2
Kontroll	4,7	0,7	3,8	0,5

#### 4. Kokkuvõte ja järeldused

2004. aastast alustatud katses ja käesoleva projekti (2008–2010) raames rajatud katsetes uuriti haljasväetiskultuuride ja vahekultuuride fütoproduktiivsust, maapealse orgaanilise aine ja juurte moodustumist, toitainete omastamist, mulda viidava toitainete koguseid ja orgaanilise aine lagunemist.

Antud katsete mullad olid suhteliselt vaesed huumuse ja lämmastiku poolest, mistõttu mineraalse lämmastikväetise efektiivsus kui ka väetamise tulukus oli keskmise tasemega võrreldes suhteliselt kõrge. Antud katsetulemuste analüüsil lähtuti hetkel kehtivatest teravilja kokkuostu ja väetiste hindadest.

Teravilja puhaskülvide katsete keskmisena oli väetamata mullal odra, kaera ja suvinisu saagikus vastavalt 2,03, 2,46 ja 2,42 Mg ha<sup>-1</sup>. Lämmastikväetisnormi N<sub>50</sub> kasutamisel saadi odra puhul keskmiseks efektiivsuseks 25 kg teri kg lämmastiku kohta. Kaera ja suvinisu puhul oli efektiivsus vastavalt 23 ja 19 kg teri kg N kohta. Täiendava N<sub>50</sub> väetiskoguse arvel saadi keskmiselt 14 kg otra kg N kohta, kuid kaera ja suvinisu puhul oli täiendava lämmastikväetisnormi keskmine efektiivsus poole võrra madalam.

Suhteliselt soodsate teravilja kokkuostu hindade juures oleks majanduslikult efektiivsed lämmastikväetiskogused odral 66–112, kaeral 57–77 ja suvinisul 61–86 kg N ha<sup>-1</sup>. Vilja kokkuostu hinnast ja väetamise maksumusest sõltuvalt oleks odra enamsaak majanduslikult efektiivsete lämmastikväetisnormide kasutamisel 1,55–2,05 Mg ha<sup>-1</sup>, kusjuures väetamise keskmine tulukus võib ulatuda 40–140%-ni. Kaera puhul on majanduslikult efektiivsete lämmastikväetisnormide korral enamsaagid 1,68–1,88 Mg ha<sup>-1</sup> ja väetamise keskmine tulukus varieeruks 96–196% piires. Suvinisu enamsaak, mis tagab maksimaalse kasumi, on hinnasituatsioonist sõltuvalt 1,46–1,65 Mg ha<sup>-1</sup>. Sel juhul väetamise keskmine tulukus võib olla 98–202%.

Arvestades, et antud muldade huumuskihis oli liikuva ehk taimede poolt omastatava fosfori ja kaaliumi varu 430 kg P ja 1050 kg K hektari kohta ja 80% kogu ringesse viidavatest toitainetest võetakse huumuskihist, siis selle põhjal võime järeldada, et oder kasutas huumuskihi fosfori varust aastas ära 2–4% ja kaaliumi varust 4–7%. See fosfori ja kaaliumi kasutamise tase on antud muldade toitainete sisaldust ja väetistarvet arvestades tavapärane. Mullavarude lämmastikust kasutas oder aastas ära ligikaudu 1,2%, mis ühtlasi tähendab, et huumust mineraliseerus aastas 1 Mg ha<sup>-1</sup>.

Praeguses majanduslikus situatsioonis, kus väetiste ning taimekaitsevahendite hinnad on suhteliselt kõrged, on ka põllumehel rahalisi vahendeid vähem. Mineraalväetiste hinnatõusu tõttu on liblikõielised haljasväetised muutunud arvestatavaks orgaaniliseks väetiseks nii tava- kui mahetootmises. Liblikõieliste haljasväetiskultuuride biomassiga viiakse mulda väga suures koguses lämmastikku ja süsinikku, mille tulemusena paraneb muldade huumus seisund.

Liblikõieliste kultuuride allakülvide korral viime koos kattevilja põhuga mulda 60–200 kg N, 10–24 kg P, 80–170 kg K ning 1,8–3,4 Mg C ha<sup>-1</sup>. Allakülvidel sõltub biomassi

suurus ja mulda tagastatava C ja N kogus ädala moodustumisest. Allakülvide haljasväetiseks kasutamisel on stabiilsema biomassi andnud punase ristiku kasvatamine, mulda viime 100–200 kg N, 15–23 kg P, 109–170 kg K ning 2,23–3,09 Mg C ha<sup>-1</sup>. Lutserni ja valge mesika ädalakasv sõltub enam sellest, millal me suudame kattevilja koristada. Vihmase augusti korral, kattevilja koristamise hilinedes, väheneb oluliselt ka allakülvide ädalamass. Tänu suurele juurtemassile on lutsernide ja valge mesika biomaasiga viidud mulda 1,82–3,44 Mg C ha<sup>-1</sup>. Itaalia raiheina kasutamine järelkultuuride lämmastiktoitumise ja majandusliku tasuvuse seisukohalt olulist efekti ei anna. Samuti leidis kinnitust, et harilik nõiahammas ei sobi haljasväetiskultuuriks allkülvinu kasvatades.

Allakülvide väetamine mineraalväetistega (N<sub>50</sub>) vähendas mõnevõrra punase ristiku ja hulgalehise lupiini haljasmassi saaki, kuid hea konkurentsivõimega mesikal haljasmassi saak isegi suurenes. Kuna allakülvide väetamisel põhu kogus suurenes, siis seega ka kogu mulda tagastatava biomassi kogus suurenes 1–1,5 t ha<sup>-1</sup>, kuid laienes ka C/N suhe. Sellise kasutusviisi korral muldaviidud orgaanika lagundamiseks seotakse mikroorganismide poolt suurem kogus lämmastikku.

Herne ja põldoa järgselt viime mulda lämmastikku 50–90 kg, fosforit 4–13 kg ja kaaliumi 45–84 kg ha<sup>-1</sup>. Meie peamiste liblikõieliste haljasväetiskultuuride puhaskülvides seotakse aastas bioloogilises ringes 90–270 kg N, 15–30 kg P, 80–230 kg K ja 2–6 Mg süsinikku hektari kohta.

Allakülvide biomassi muldaviimise järgse teravilja saagikus oli samal tasemel kui teravilja väetamine normiga N<sub>50</sub> või väetamine sõnnikuga 50–60 Mg ha<sup>-1</sup>. Punase ristiku puhaskülvi biomassi mõju oli ligikaudu võrdne väetisnormiga N<sub>100</sub>. Teiste liblikõieliste biomassi sissekännijärgne järelmõju teravilja saagile varieerus (hulgalehine lupiin, hübriidlutsern). Tagasihoidlikumaks võrreldes teiste liblikõieliste haljasväetistega jäi hariliku nõiahamba mõju.

Oluline on liblikõieliste haljasväetiskultuuride puhul ka see, et hästi arenenud ja sügavale mulda tunginud juurtega kasutatakse ära sealseid taimetoitaineid ja maapealse biomassiga tagastuvad need pindmisse mullakihti. Taoline taimetoitainete ümberpaigutumine, eriti fosfori ja kaaliumi osas on äärmiselt oluline eriti mahepõllumajanduse seisukohalt.

Taimetoitelemendid vabanevad mulda ladestunud orgaanilise aine koostisest selle lagunemis- ehk mineralisatsiooniprotsessi tulemusena. Katseandmetest selgus, et sügisel mulda viidud haljasväetiskultuuride maapealsest biomassist lagunes aastaga olenevalt kultuurist 55–70% ja kahe aastaga 70–80%. Juurte lagunemine on aeglasem. Aastaga mineraliseerus juurte massist 50–60% ja kahe aastaga 65–85%.

Aeglasema biomassi lagunemisega lutsernide, valge mesika ja hulgalehise lupiini saagikust tõstev mõju võrreldes punase ristikuga ilmnes 2–3 sissekänni järgsel järelmõjuaastal enam. Ilmselt eelnevast tingituna oli märgata hübriidlutserni ning mõningal määral ka hulgalehise lupiini ja hariliku lutserni invasiivsust – järgnevates teraviljades kasvamist. Probleemsem on see maheviljeluse tingimustes, herbitsiidide kasutamise võimalus puudub.

Oluline on ka orgaanilise aine, eriti haljasväetiskultuuride biomassi mulda viimise aeg. Sügise sissekünni korral algab kergemini lagundatavate taimeosade nagu lehtede orgaanilise aine kiire mineralisatsioon, mistõttu osa vabanenud toitaineid võidakse uhtuda laskuva veega enne järgmise aasta vegetatsiooniperioodi mullast minema. Võrreldes sügise künniga suurenes esimesel katseperioodil järelkultuuri saak 5–13%. Kevadkünni efekt ei ilmnud kõikidel katseaastatel.

Haljasväetistega mulda viidud lämmastiku mõju järelkultuuridena kasvatatud teraviljade saagikusele sõltub biomassi lämmastiku kogusest. Esimesel aastal oli haljasväetise lämmastiku efektiivsuseks 11,8 kg teri kilogrammi lämmastiku kohta. Teisel ja kolmandal aastal oli selle esialgse lämmastiku efekt vastavalt 4,2 ja 2,0 kg N kg kohta. Kui mulda viiakse haljasväetisega 100 N ha<sup>-1</sup>, siis esimesel järelmõju aastal fooniga võrreldes on saagi tõus 59%, teisel ja kolmandal aastal saadakse selle lämmastiku arvel veel enamsaaki 23 ja 10%. Poole suurema lämmastiku koguse korral, mis on puhaskülvi liblikõieliste korral täiesti reaalne, saadakse esimesel aastal enamsaaki 118 %, teisel ja kolmandal aastal vastavalt 45 ja 21%. Kolme aasta summaarne enamsaak moodustab N<sub>200</sub> lämmastikukoguse korral 3,6 Mg ha<sup>-1</sup>.

Kui arvestada, et punase ristiku biomassiga viidi kõigi katsete keskmisena allakülvide korral mulda 156 kg N ha<sup>-1</sup> ja puhaskülvide korral 188 kg N ha<sup>-1</sup>, siis olenevalt ristiku seemne ja vilja hinnast varieerus lämmastiku tulukus 50–300% piires.

Vaid erakordselt ebasoodsatel tingimustel, kui ristiku seemne hind on kõrge ja teravilja kokkuostu hind madal ning kasvutingimused on ristiku kasvuks ebasoodsad, mistõttu biomassiga viiakse mulda suhteliselt väike kogus lämmastikku, võib selle tulukus langeda alla 50%.

Seemne oluliselt kõrgemast hinnast tingituna on biomassiga mulda viidava lämmastiku tulukus hübriidlutserni korral oluliselt väiksem kui teiste liblikõieliste haljasväetiskultuuride korral. Itaalia raiheina kasutamine järelkultuuride lämmastiktootumise ja majandusliku tasuvuse seisukohalt olulist efekti ei anna.

Mulda viidud orgaanilise aine lagunemine sõltub suurel määral selle C/N suhtest. Mida kitsam on orgaanilise aine C/N suhe ja mida suurem on selle lämmastikusisaldus, seda enam vabaneb mulda haljasväetise mineralisatsioonil lämmastikku. Seda tuleb arvestada põhu ja teraviljajuurte muldakünnil, sest nende C/N suhe on väga lai. Kui odra põhus oli C/N suhe 50–60, siis liblikõieliste kultuuride maapealses biomassis oli see 12–18. Seega, liblikõieliste kasvatamisel allakülvidena paraneb C/N suhe orgaanilises aines, mis loob paremad tingimused orgaanilise aine lagunemiseks mullas ja vähendab lämmastiku sidumist mullast mikroorganismide poolt. Sellest tulenevalt on soovitatav kasvatada viljavahelduses liblikõieliste allakülve, mis oluliselt aitavad kaasa orgaanika lagundamisele ja ei ole vaja lisada põhu lagundamiseks lisälämmastikku.

Kuna mulda viidavast süsinikust kasutavad mikroorganismid oma rakkude ülesehitamiseks mitte üle 25% ning mikroobse biomassi C/N suhe on ligikaudu 8:1, siis iga Mg süsiniku kohta kasutavad mikroorganismid lisaks mulda viidava orgaanilise aine lämmastikule veel täiendavalt mullavarudest 10–11 kg N ha<sup>-1</sup>. Kui odra saagikus on



ligikaudu  $4 \text{ Mg ha}^{-1}$ , siis viime mulda põhu ja juurtega ligikaudu  $5 \text{ Mg ha}^{-1}$  orgaanikat, mille C/N suhe on orienteeruvalt 40–50. Sellisel juhul peaksime lisaks tavaväetisnormile mis on ette nähtud konkreetsele kultuurile, mulda lisama ligikaudu  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$ , et kompenseerida lisaväetamisega teravilja põhu ja juurte lagundamisega seonduva lämmastiku immobilisatsiooni.

Väetamine mineraalväetisega ja haljasväetiste kasutamine parandasid tali- ja suvinisu saagi kvaliteeti, kuid haljasväetiste vahel erinevused puudusid. Kasutades haljasväetisi, vabaneb neist lämmastikku pika aja jooksul ja taimede varustamine lämmastikuga on ühtlane kogu kasvuperioodi jooksul, mis aitab tagada kõrgemat nisu kvaliteeti.

Haljasväetiste kasvatamisel eelviljana paranes terade proteiinisaldus, kleepvalgusisaldus ja gluteeniindeks. Üldiselt arvatakse, et tera suurus ja mahumass on pöördvõrdelised näitajad, siis antud katses see ei kehtinud. Väikse mahumassiga sortidel oli ka väike tera. Mineraalse lämmastiku normi suurendamisel suures terade saak, kuid oluliselt ei paranenud kvaliteedinäitajad.

Liblikõielised haljasväetiskultuurid mõjutasid enamikel aastatel oluliselt järgnevatel teraviljadel mitte ainult terasaagi kvaliteeti vaid ka mulda tagastuva orgaanilise aine keemilist koostist. Nii näiteks, väetamata mullal ehk fooni puhul oli mulda tagastuva orgaanilise aine C/N suhe 56, kuid kõigi liblikõieliste haljasväetiskultuuride järgselt kasvanud kaera puhul oli see 32–40.

Haljasväetise sissekünni järgselt mõjutas 10–20 cm mullakihi lasuvustihedust kõige enam punase ristiku teise kasvuaasta biomass, 20–30 cm kihis ilmnes teise kasvuaasta liblikõieliste mulda kobestav tendents. Katsed kinnitasid, et Lõuna-Eesti suhteliselt huumusvaesed ning halva struktuuriga mullad tihenevad kiiresti, on seega tallamisõrnad ja nende muldade omaduste oluliseks parandamiseks ei piisa lühikesel perioodil rakendatavatest abinõudest.

Sügavamates mullakihtides avaldus just teise kasvuaasta liblikõieliste kobestav mõju võrreldes teraviljaga. Teise aasta järelmõjuna võis täheldada mõningast künnikihi aluse kihi kõvaduse vähenemist. Järelikult avaldub mulla sügavamaid kihte kobestav mõju alles siis, kui liblikõieliste juured on kõdunenud.

Kõigis Eerikalt võetud mullaproovides oli  $\text{NO}_3$  ja  $\text{NH}_4$  sisaldus madal. Ilmselt puudub haljasväetistega ka suurte lämmastikukoguste muldaviimisel väljaleostumise oht, kuna lämmastik vabaneb biomassi lagunemisel aeglaselt ja järelkultuurid kasutavad selle ära.

Kõigis katsetes tõstis haljasväetistega väetamine mulla orgaanilise aine sisaldust. Esimesel kasvuaastal muldaküntud liblikõieliste mõju mullaomadustele on väiksem ja lühiajalisem. Väiksema orgaanilise aine sisalduse mullas tagasid ka hernes ja põlduba ning itaalia raihein.

Kõige olulisem faktor, mis mõjutab vihmaussipopulatsioone, on kättesaadava orgaanilise aine või varise kogus ja kvaliteet. Ka antud katsetes oli vihmausside arvukus suurim variantides, kus teise kasvuaasta liblikõielistega viidi mulda suurim kogus värsket orgaanilist ainet ja nende kasvuperioodil oli ka pikem nn „mullarahu“, kus mullaharimist

ei toimunud. Liblikõieliste positiivne mõju vihmaussidele avaldus ka veel teisel järelmõju aastal

Vahekultuuride katses biomassi saak on eri aastatel küllaltki varieeruv. Sõltudes eelkõige nende kasvuperioodi efektiivsete ( $>5$  °C) temperatuuride summast. Suurimad toitainete sidujad on liblikõielised hernes ja uba. Soodsamatel kasvuaastatel (2009–2010) seoti 50–100 kg N, 7–10 kg P, 40–60 kg K ha<sup>-1</sup>. Nende miinuseks on aga suur külvisenorm ja sellega kaasnevad suured rajamiskulud.

Ristõielistest on perspektiivikamad vahekultuurid õlirõigas ja valge sinep, sidusid toitaineid järgnevalt: 30–80 kg N, 5–9 kg P, 30–60 kg K ha<sup>-1</sup>.

Katseaastatel täheldati, et hilisemate külvide korral moodustus õlirõikal väiksem maapealne biomass võrreldes valge sinepiga. Varasema külvi korral aga ületas valge sinepi maapealse biomassi saaki. Põhjuseks oli ilmselt see, et mida varasem külv, seda varem valge sinepi pikapäeva taime omadused ilmnevad – kiiresti moodustuvad vars ja õied.

Väiksema biomassi moodustasid itaalia raihein ja rukis. Samuti oli lämmastiku sidumine nende puhul väiksem kui rist- ja liblikõielistel kultuuridel. Otstarbekam oleks itaalia raihein külvata kevadel koos teraviljaga – sellisel juhul on muldaküntava itaalia raiheina biomass tunduvalt suurem. Vahekultuurid tuleks mulda künda kas sügisel vahetult enne maa külmumist või kevadel. Hiline sügiskünd või kevadküund vähendavad N leostumise riski. Vahekultuuride poolt mullast seotud toitained on järgnevatele kultuuridele paremini kättesaadavad.

Lisad

Kasutatud fotode autor: Enn Lauringson

Haljasväetiste mõju kaera saagile 2005.a



Eelvili punane ristik



Eelvili hübriidlutsern



Eelvili oder + sõnnik



Eelvili oder N<sub>0</sub>

Haljasväetiste biomassi lagunemine 1 aasta jooksul



Ristiku maapealne biomass



Ristiku juured



Lutserni maapealne biomass



Lutserni juured



Valge mesika maapealne biomass



Valge mesika juured



## Haljasväetiste ädala moodustumine



Hulgalehise lupiini ädal 2009.a



Hulgalehise lupiini ädal 2008.a

Enim varieerus ädala kasv katseaastatel hulgalehisel lupiinil ja valgel mesikal.  
Hulgalehise lupiini kasvu mõjutab oluliselt ka mullas olevate mügarbakterite olemasolu



Punase ristiku ja raiheina ädal 2005.a  
Stabiilseima ädalasaagi tagas punane ristik



Punase ristiku ädal 2010.a

## Invasiivsus



Hübriidlutsern ja hulgalehine lupiin järgnevas teraviljas



## Vahekultuurid



Vahekultuuride katse 2009.a (vasakult: põlduba, talirüps, õlirõigas, valge sinep)

## Vahekultuurid 2010.a



Õlirõigas



Valge sinep



Põlduba



Keerispea