

JÕGEVA SORDIARETUSE INSTITUUT
EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
EESTI MAAVILJELUSE INSTITUUT

JÕGEVA PLANT BREEDING INSTITUTE
ESTONIAN UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES
Institute of Agricultural and Environmental Sciences
ESTONIAN RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

AGRONOOMIA 2009
AGRONOMY 2009

Jõgeva 2009

TOIMETUS/EDITORIAL

Toimetajad Sirje Tamm
Associate Editors Reelika Schmidt

Tehniline toimetaja Sirje Tamm
Technical Editor

Kogumik ilmub teaduskonverentsiks Agronoomia 2009.

The present book is published for the conference Agronomy 2009.

Toimetus tänab artiklite retsensente nende suurepärase töö eest.

Editors would like to thank all reviewers for their perfect work.

© 2009 Jõgeva Sordiaretuse Instituut / Jõgeva Plant Breeding Institute
Eesti Maaülikool / Estonian University Of Life Sciences
Eesti Maaviljeluse Instituut / Estonian Research Institute Of Agriculture

Trükitud Tartus trükikojas PAAR OÜ
Printed at Tartu by PAAR OÜ

Ilmatsalu 3-6
51014 Tartu
www.paar.ee

ISBN ISSN 1736-6275

SISUKORD

Maaviljelus

Muutused Eesti põllumuldade toiteelementide bilanssides perioodil 1996–2006.	12
<i>Indrek Tamm, Alar Astover, Liia Kukk, Hugo Roostalu</i>	
Pedo- ja agroökoloogilistest seaduspärasustest Eesti muldade orgaanilise süsiniku dünaamikas.	18
<i>Raimo Kõlli, Indrek Tamm</i>	
Lubiväetiste mõju liikuva kaltsiumi sisalduse dünaamikale künnikihis.	26
<i>Valli Loide, Ahto Räni</i>	
Mulla tallamise mõju hariliku keraheina, päideroo ja ohtetu luste juurtele ning mõningatele mulla füüsikalistele omadustele.	34
<i>Endla Reintam, Katrin Trükmann, Jaan Kuht, Henn Raave, Kadri Krebstein, Alar Astover, Janar Leeduks</i>	
Lutserni kasvatamisest tihedal mullal.	42
<i>Jaan Kuht, Endla Reintam, Enn Lauringson, Liina Talgre</i>	
Liblikõieliste haljasväetiskultuuride järelmõju mulla lasuvutihedusele ja vihmausside arvukusele.	48
<i>Enn Lauringson, Liina Talgre, Jaan Kuht, Arvo Makke</i>	
Viljelusviisi mõju kaera (avena sativa) umbrohtumusele mahe- ja tavapõllumajanduslikus külvikorras.	54
<i>Liina Edesi, Malle Järvan, Miralda Paivel</i>	
Eelviljade mõjust kartuli kasvutingimustele.	62
<i>Luule Tartlan, Edvin Nugis</i>	

Põllukultuurid

Erineval ajal külvatud mahesuviniisu 'Manu' terasaak ja -kvaliteet ning kasvatamise kattetulu.	70
<i>Karli Sepp, Jaan Kanger, Marje Särekanno</i>	
Suviteraviljade proteiinisaldus tava- ja maheviljeluses.	78
<i>Ilmar Tamm, Ülle Tamm, Anne Ingver</i>	
Mahe- ja tavatingimustes kasvanud suvinisu küpsetusomaduste võrdlus.	82
<i>Anne Ingver, Reine Koppel, Ilmar Tamm, Ülle Tamm</i>	
Väetamise mõjust suvinisu küpsetuskvaliteedile.	90
<i>Tiia Kangor, Anne Ingver</i>	
Suviviki mõju suvinisule ja kaerale kaheliigilistes segukülvides.	94
<i>Ruth Lauk, Ervi Lauk</i>	
Ilmastiku mõju suvinisu morfoloogiliste tunnuste avaldumisele.	102
<i>Merlin Haljak, Anne Ingver, Reine Koppel</i>	
Speltanisu katsetulemustest Jõgeva Sordiaretuse Instituudis.	106
<i>Reine Koppel, Anne Ingver</i>	
Lühikõrrelise talirukki omadused.	112
<i>Ilme Tupits</i>	
Haava puitmassi jääkmuda ja selle komposti mõju odra saagikusele.	118
<i>Triin Teesalu, Alar Astover, Avo Toomsoo, Enn Leedu</i>	
Alternatiivsete orgaaniliste väetiste mõju kartulile võrrelduna sõnniku ja mineraalse lämmastikväetisega.	122
<i>Avo Toomsoo, Alar Astover, Enn Leedu, Triin Teesalu</i>	
Kartuli mahekatse tulemustest 2009.	126
<i>Aide Tsahkna, Terje Tähtjärvi</i>	
Mõnede kartuli kvaliteedinäitajate muutustest säilitamisel.	132
<i>Luule Tartlan, Ann Akk</i>	
Külvisenormi mõju talirüpsi saagile ja kvaliteedinäitajatele.	136
<i>Lea Narits</i>	

Rohumaaviljelus

- Vedelsõnniku kasutamine rohumaade väetamisel.** 146
Rein Viiralt, Henn Raave, Karin Kauer, Are Selge, Argaadi Parol
- Fenoloogilise arengu mõju lutserni ja punase ristiku saagile ning toiteväärtusele.** 156
Uno Tamm, Silvi Tamm
- Kõrreliste heintaimede puhas- ja segukülvide saagikus turvasmullal.** 162
Rene Aavola, Jüri Karelson
- Kõrreliste heintaimede puhas- ja segukülvide botaanilise koostise dünaamika turvasmullal.** 168
Rene Aavola, Jüri Karelson
- Erinevate piimhappebakterite ja silomaterjali mõju silo käärimise kvaliteedile rasketes käärimistingimustes.** 174
Paul Lättemäe, Uno Tamm, Heli Meripõld
- Punase ristiku sordi 'Varte' seemnekesta värvuse ja vanemtaime seemnesaagi ning 1000 seemne massi vahelised seosed.** 178
Ants Bender

Taimekaitse

- Muutunud lehemädaniku tekitaja.** 186
Eve Runno-Paurson, Mati Koppel
- Neemazal T/S mõju kartulimardika (*Leptinotarsa decemlineata* say) käitumisele.** 192
Küllli Hiiesaar, Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Eha Švilponis, Angela Ploomi, Irja Kivimägi
- Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum* (lib.)de bary) mõju suvirapsi (*Brassica napus*) saagikusele I-taimekaitse katsetes 2007–2008. a.** 198
Ene Ilumäe, Veiko Kastanje, Arvi Hansson
- Naeri-hiilamardika (*Meligethes aeneus* fab.) peremeestaimede eelistused.** 204
Luule Metspalu, Külli Hiiesaar, Katrin Jõgar, Irja Kivimägi, Teivi Miil, Angela Ploomi, Eha švilponis, Eve Veromann

Mitmesugust

Taimetootelementide põllule viimise kulud sõltuvalt väetise liigist. <i>Enno Koik, Kalvi Tamm, Raivo Vettik, Peeter Viil</i>	212
Suviteraviljade kasvatamise energeetiline efektiivsus sõltuvalt mineraalse lämmastikväetise kasutamisest. <i>Alar Astover, Helis Rossner, Avo Toomsoo</i>	218
Maisi, kanepi ja päevalille kasvatamisest energiataimena. <i>Ruth Lauk, Maarika Alaru, Merrit Noormets</i>	225
Säilitustingimuste mõju jahvatatud söödateravilja ohutusele. <i>Heino Lõiveke, Elina Akk, Ene Ilumäe</i>	232
Kuivade ja liigniiskete kuude statistikast Jõgeva põldudel viimase 45 aasta andmetel. <i>Laine Keppart, Tiina Tammets, Külli Loodla</i>	236
Mõnede kannasmustika sortide produktiivsus Lõuna-Eesti tingimustes 2008. a. <i>Marge Starast, Tea Tasa, Kadri Karp, Ele Vool, Taimi Paal</i>	242
Heintaimede sobivusest ja agrotehnikast energiaheina tootmiseks. <i>Henn Raave, Epp Espenberg, Anneliis Muga, Are Selge, Rein Viiralt</i>	248
Hugo Sutter – 100 <i>Merrit Noormets, Juhan Jõudu, Rein Viiralt, Maria Michelson</i>	254

CONTENTS

Soil science and soil management

Changes in plant nutrient balances of Estonian arable soils in 1996–2006.	12
<i>Indrek Tamm, Alar Astover, Liia Kukk, Hugo Roostalu</i>	
Pedo- and agroecological patterns of organic carbon dynamics in Estonian soils.	18
<i>Raimo Kõlli, Indrek Tamm</i>	
The effect of agricultural limes on the dynamics of available calcium content in topsoil.	26
<i>Valli Loide, Ahto Räni</i>	
Effect soil compaction on <i>Phalaris arundinacea</i>, <i>Dactylis glomerata</i> and <i>Bromus inermis</i> roots and on some soil physical properties.	34
<i>Endla Reintam, Katrin Trükmann, Jaan Kuht, Henn Raave, Kadri Kребstein, Alar Astover, Janar Leeduks</i>	
About alfalfa growing on compacted soil.	42
<i>Jaan Kuht, Endla Reintam, Enn Lauringson, Liina Talgre</i>	
Effect of green manure legume crops on soil bulk density and earthworm quantity.	48
<i>Enn Lauringson, Liina Talgre, Jaan Kuht, Arvo Makke</i>	
The influence of tillage systems on oat (<i>Avena sativa</i>) weediness in organic and conventional cropping systems	54
<i>Liina Edesi, Malle Järvan, Miralda Paivel</i>	
Influence of preceding crops on the growing conditions of potato plants.	62
<i>Luule Tartlan, Edvin Nugis</i>	

Field Crops

The grain yield and quality of organic spring wheat sowed on different times and gross margins of wheat growing technologies.	70
<i>Karli Sepp, Jaan Kanger, Marje Särekanno</i>	
Protein content in conventional and organic cultivation.	78
<i>Ilmar Tamm, Ülle Tamm, Anne Ingver</i>	
Comparison of baking quality of spring wheat cultivated in organic and conventional conditionst.	82
<i>Anne Ingver , Reine Koppel, Ilmar Tamm, Ülle Tamm</i>	
The effect of fertilization on baking quality of spring wheat.	90
<i>Tiia Kangor, Anne Ingver</i>	
The influence of common vetch on wheat and oat in dual component intercrops.	94
<i>Ruth Lauk, Ervi Lauk</i>	
The effect of the weather conditions to the morphological characteristics of spring wheat.	102
<i>Merlin Haljak, Anne Ingver, Reine Koppel</i>	
Results of spelt wheat at the Jõgeva Plant Breeding Institute.	106
<i>Reine Koppel, Anne Ingver</i>	
Characteristics of short straw winter rye.	112
<i>Ilme Tupits</i>	
The effect of pulp sludge of aspen and its compost on the yield of spring barley.	118
<i>Triin Teesalu, Alar Astover, Avo Toomsoo, Enn Leedu</i>	
The effect of alternative organic fertilisers on potato compared with farmyard manure and mineral nitrogen fertiliser.	122
<i>Avo Toomsoo, Alar Astover, Enn Leedu, Triin Teesalu</i>	
Results of organic farming trial of potato in 2009.	126
<i>Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv</i>	
Changesis in some qualities characteristics of table potato varieties during storage.	132
<i>Luule Tartlan, Ann Akk</i>	
Impact of seeding rate on the yield and the quality indicators of winter turnip rape	136
<i>Lea Narits</i>	

Grassland management

- The use of liquid manure to fertilize grasslands.** 146
Rein Viiralt, Henn Raave, Karin Kauer, Are Selge, Argaadi Parol
- The effects of phenological development on the yield and nutritive value of alfalfa and red clover.** 156
Uno Tamm, Silvi Tamm
- Productivity of pure and mixed stands of grasses on peat soil.** 162
Rene Aavola, Jüri Karelson
- The dynamics of botanical composition of pure and mixed grass stands on peat soil.** 168
Rene Aavola, Jüri Karelson
- Influence of different lactic acid bacteria and silage crop on quality of silage under difficult fermentation conditions.** 174
Paul Lättemäe, Uno Tamm, Heli Meripõld
- Relations between the colour of seed coat, seed yield of parental plant and 1000 seed weight in red clover cv. 'Varte'.** 178
Ants Bender

Plant Protection

- Changes in Estonian population of *Phytophthora infestans*.** 186
Eve Runno-Paurson, Mati Koppel
- Influence of NeemAzal T/S on the behaviour of Colorado potato beetles, (*Leptinotarsa decemlineata* Say).** 192
Küllli Hiiesaar, Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Eha Švilponis, Angela Ploomi, Irja Kivimägi
- The Impact of Sclerotinia stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.)De Bary) on the yielding of spring rape (*Brassica napus*).** 198
Ene Ilumäe, Veiko Kastanje, Arvi Hansson
- Host-plant preferences of pollen beetle (*Meligethes aeneus* Fab.).** 204
Luule Metspalu, Külli Hiiesaar, Katrin Jõgar, Irja Kivimägi, Teivi Miil, Angela Ploomi, Eha švilponis, Eve Veromann

Miscellaneous

- Expenses of carrying of plant nutrition elements from storage to the field, depending on the type of fertiliser.** 212
Enno Koik, Kalvi Tamm, Raivo Vettik, Peeter Viil
- Energy efficiency of spring cereal cultivation depending on the use of mineral nitrogen fertilizer.** 218
Alar Astover, Helis Rossner, Avo Toomsoo
- Production of maize, hemp and sunflower as energy plants.** 225
Ruth Lauk, Maarika Alaru, Merrit Noormets
- The effect of storage conditions on the safety of milled fodder grain.** 232
Heino Lõiveke, Elina Akk, Ene Ilumäe
- About statistics of dry and wet months at Jõgeva during the last 45 years.** 236
Laine Keppart, Tiina Tammets, Külli Loodla
- The productivity of some highbush blueberry cultivars under South Estonian condition.** 242
Marge Starast, Tea Tasa, Kadri Karp, Ele Vool, Taimi Paal
- Herbage species' suitability and agrotechnics for energy hay production.** 248
Henn Raave, Epp Espenberg, Anneliis Muga, Are Selge, Rein Viiralt
- Hugo Sutter – 100** 254
Merrit Noormets, Juhan Jõudu, Rein Viiralt, Maria Michelson

MULLATEADUS JA MAAVILJELUS
SOIL SCIENCE AND SOIL MANAGEMENT

MUUTUSED EESTI PÕLLUMULDADE TOITEELEMENTIDE BILANSSIDES PERIOODIL 1996–2006

Indrek Tamm, Alar Astover, Liia Kukk, Hugo Roostalu
EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Tamm, I., Astover, A., Kukk, L., Roostalu, H. 2009. Changes in plant nutrient balances of Estonian arable soils in 1996–2006. – *Agronomy* 2009.

The aim of current study was to investigate changes in fertilization and plant nutrient balances of arable soils in Estonia (1996–2006). The nitrogen, phosphorus and potassium balances of arable soils in Estonia were calculated at the national level on the principal of active soil surface balance on the basis of the inputs of plant available nutrients. In last years fertilization has been slightly increased but despite of that are plant nutrient balances negative. The largest deficit is of P followed by K and N. The most negative active nutrient balance is for forage crops.

Figure 1. Application of mineral and organic fertilizers in Estonia in period 1939–2007

Table 1. Nitrogen, phosphorus and potassium use (kg ha^{-1}) with mineral and organic fertilizers in 1996–2006 (number in parenthesis indicates mineral fertilizers)

Table 2. Nitrogen, phosphorus and potassium recovery rate (%) by active balance in Estonian arable soils

Table 3. Active plant nutrient balances (kg ha^{-1}) by crops

Keywords: mineral and organic fertilizers, plant nutrient balances, arable soils

Indrek Tamm, Alar Astover, Liia Kukk, Hugo Roostalu, Dep. of Soil Science and Agrochemistry, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences, 1 Kreutzwaldi St., 51014 Tartu, Estonia

Sissejuhatus

Põllumajandustootmine peab olema jätkusuutlik, majanduslikult efektiivne ja keskkonnasõbralik. Pärast Eesti taasiseseisvumist, 1990ndate alguses, toimus põllumajandustootmise drastiline langus ning olulised muutused leidsid aset ka väetiste kasutamises (Astover, 2007). Agroökosüsteemide jätkusuutlikkuse kesksiks indikaatoriks on võimalikult suletud aineriing ja efektiivne toiteelementide kasutus nii intensiivtootmises, kus toitainete kaod võivad põhjustada keskkonnareostust, kui ka ekstensiivsetes maakasutussüsteemides, kus võib esineda mullaviljakuse ja produktiivsuse langus toiteelementide limiteerituse tõttu ja varude vähenemise kaudu. Toiteelementide bilansse on vaja teada: 1) taimede toitumise ja väetamise optimaalseks planeerimiseks, 2) mullaviljakuse säilitamiseks või parandamiseks ja 3) keskkonnakaitseks hinnanguteks ja meetmeteks (mulla-, vee- ja õhukaitse). Kiire väetise hinna tõus tekitabki tootjal küsimuse kas kasu-

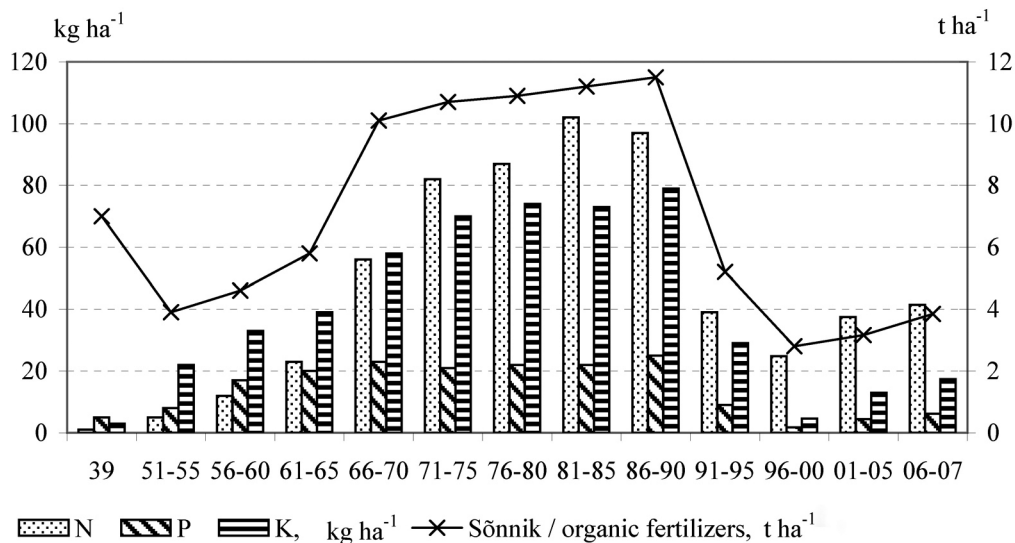
tada väetisi või mitte. Käesoleva uurimustöö eesmärgiks on hinnata viimastel aastatel toimunud muutusi väetiste kasutamises ja Eesti põllumaade toiteelementide bilanssides.

Metoodika

Uurimustöö on koostatud perioodi 1996–2006 kohta. Töös käsitletakse mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamist ja toiteelementide lihtsustatud aktiivbilanssi söödakultuuridele, tera- ja kaunviljadele, kartulile ja tehnilistele kultuuridele. Lihtsustatud aktiivbilanss on leitud sisendite (taimedele omastatavate) ja eemaldatud koguste vahena, kuid kadusid leostumise ja lendumise teel arvesse ei võeta. Sisenditena on kasutatud lisaks mineraal- ja orgaaniliste väetistega antud lämmastikule sademete lämmastikku ja seemnetega tagasi viidavat (Frey *et al.*, 1988; Kärblane *et al.*, 2002) ning liblikõieliste taimedega seotud lämmastikku (Piho, 1967). Fosfori ja kaaliumi sisenditeks on arvestatud mineraal- ja orgaanilised väetised ning seemnetega tagastatud kogused. Aktiivbilansi juures taimedele omastatava sisendite leidmisel on arvestatud, et lämmastiku omastamine on mineraalväetistest 55% ja orgaanilistest väetistest 50%. Fosfori ja kaaliumi vastavad näitajad on mineraalväetistega 35 ja 70% ning orgaaniliste väetistega 50 ja 75% (Piho, 1973). Andmed kasutatud väetiskoguste, saagikuste ja külvipinna struktuuri kohta pärinevad riiklikust statistikast.

Tulemused ja arutelu

Turumajanduse tingimustes on maa kui põllumajanduse tootmis põhivahendi kvaliteedil ettevõtte tootmistegevuse seisukohalt erakordselt suur tähtsus. Maa kvaliteedist oleneb talu või ettevõtte maakasutuse spetsiifika, tootmistase, tulukus, investeeringute otstarbekus ja konkurentsivõime (Roostalu, 2001). Mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamine Eestis hakkas oluliselt suurenema 1960ndatel ja saavutas kõrgeima taseme 1980ndatel aastatel (joonis 1). Väetiste suurem kasutamine ei taganud aga proportsionaalset saagikuse tõusu. Mulda viidavad taimetoitainete kogused ületasid taimede poolt kasutatavaid koguseid lämmastiku osas 2–2,3 korda, kaaliumi puhul 1,9–2,2 korda ning fosforit viidi mulda 3–3,5 korda rohkem (Astover *et al.*, 2006). Märkimisväärsest positiivsest taimetoitelementide bilansist tulenevalt suurenes sel perioodil muldade laktaatlahustuva fosfori- ja kaaliumisisaldus. Intensiivne tootmine ja väetiste kasutamine kestis kuni 1990ndate alguseni. Seejärel leidis väetiste kasutamises aset drastiline langus kuni 2000. aastani ning seejärel on väetiste kasutamisel märgata jällegi mõõdukat kasvu. Kui 1980ndatel küündis mineraalse lämmastiku kasutamine ca 100 kg ha⁻¹, siis 1996–2000 oli see alla 30 kg ha⁻¹.



Joonis 1. Mineraal- ja orgaaniliste väetise kasutamine Eestis perioodil 1939–2007

Antud uurimusest selgub, et neljast kultuuride rühmast kõige rohkem kasutatakse mineraal- ja orgaanilisi väetisi kartulile, seejärel tehnilistele kultuuridele ning tera- ja kaunviljadele (tabel 1). Kartulikasvatuses on suur osa orgaanilistel väetistel. Kõige vähem antakse väetisi söödakultuuridele (peamiselt heintaimed). Võrreldes väetiste kasutamise trendi selgub, et kõige enam on tõusnud väetiste kasutamine söödakultuuride osas ehk üle 120% ning see tõus on

Tabel 1. Lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kasutamine (kg ha⁻¹) mineraal- ja orgaaniliste väetistega aastatel 1996–2006 (sulgudes arv näitab mineraalväetise kogust)

Kultuur	1996-2000			2001-2005			2006		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Söödakultuurid	18	1,2	5,3	34	3,6	16	57	8,7	36
Forage crops	(13)	(0,3)	(1,2)	(22)	(1,0)	(3,5)	(30)	(2,9)	(8,4)
Tera- ja kaunviljad	59	7,3	27	63	9,2	32	58	10	31
Cereals and legumes	(39)	(3,0)	(6,9)	(46)	(5,6)	(15)	(46)	(7,4)	(19)
Kartul	155	35	153	139	34	144	105	35	124
Potatoes	(16)	(5,9)	(15)	(21)	(8,8)	(26)	(41)	(21)	(60)
Tehnilised kultuurid	61	9,0	30	76	12	41	63	11	34
Industrial crops	(53)	(7,2)	(21)	(67)	(10)	(32)	(53)	(8,5)	(24)

jätkunud ka 2006. aastal. Tehniliste kultuuride (rapsi) mõnevõrra intensiivsem väetamine võrreldes teraviljadega on taganud parema saagipotentsiaali realiseerumise (Vasiliev *et al.*, 2006).

Kuigi viimastel aastatel on väetiste kasutamine mõnevõrra suurenenud, siis sellest hoolimata on põllumuldade lämmastiku, kaaliumi ja fosfori aktiivbilanss negatiivne (tabel 2). Taimetoiteelementide aktiivbilansist lähtuvalt on praegu kõige suurem defitsiit fosfori ja kaaliumi osas, kuid puudujääk on ka lämmastiku osas. Saagiga eemaldavast kogusest viiakse mulda ainult tagasi 32–38% fosforist. A. Piho andmetel on mullaviljakuse säilimine tagatud kui aktiivbilansi järgi tagastatakse 75–85% fosforist. Lämmastiku puhul peaks tagastamine moodustama 65–80% ja kaaliumi puhul 70–100%. Taimedele omastatava mulda viidud toiteelementide ja mullast saagiga eemaldatavate koguste vahe on negatiivne: -23,7 kg N, -7,6 kg P ja -28,4 kg K ha⁻¹. Järelikult toimub praegune taimekasvatustoodangu formeerumine peamiselt 1970–1980ndate suurtootmises loodud mullavarude arvelt.

Tabel 2. Eesti haritava maa lämmastiku, fosfori ja kaaliumi tagastamise tase (%) aktiivbilansi järgi

Periood	N	P	K
1996–2000	56	35	34
2001–2005	63	32	45
2006	66	38	57

Aastatel 1996–2000 oli kõige kehvas seisus söodakultuuride väetamine, mille aktiivbilanss oli lämmastikul -29, fosforil -8 ja kaaliumil -51 kg ha⁻¹ (tabel 3). Järgneval viiel aastal paranes söodakultuuride aktiivbilanss N ja K osas ligi 14 kg ringis hektari kohta ning vaadeldes 2006. aastal on näha tunduvat NPK aktiivbilanssi paranemist. Fosfori ja kaaliumi mullarvarude ammendumine võib muuta saagikust limiteerivaks faktoriks eelkõige suure rohumaade osatähtsusega mahepõllumajanduses. Põllumajandus- ja keskkonnapoliitika peaks aga edaspidi suuremat tähelepanu pöörama negatiivsest toiteelementide bilansist tuleneva muldade degradeerumise vältimisele (Astover *et al.*, 2006).

Lämmastiku ja fosfori bilansse kasutatakse põllumajanduse keskkonnanurve indikaatorina. OECD liikmesriikidel on vastavad bilansiarvestused kohustuslikud. Kui Eestis ja paljudes teistes Ida-Euroopa riikides on probleemiks negatiivsest bilansist tulenev oht mullaviljakusele (Csathó *et al.*, 2007), siis Lääne-Euroopa riikides on probleemid vastupidised, sest lämmastiku ja fosfori üleküllusega kaasnevad arvestatavad keskkonnakahjud. Näiteks Saksamaal oli mulla N bilanss aastatel 1992–2006 ülejäägis 89–121 kg ha⁻¹.

Tabel 3. Toiteelementide aktiivbilanss (kg ha⁻¹) erinevates kultuurirühmades

Kultuur	1996–2000			2001–2005			2006		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Söödakultuurid Forage crops	-29	-8	-51	-20	-7	-47	1	-4	-28
Tera- ja kaunviljad Cereals and legumes	-17	-6	-12	-26	-8	-16	-41	-10	-25
Kartul Potatoes	21	6	34	9	4	20	-14	1	-6
Tehnilised kultuurid Industrial crops	-10	-6	-5	-17	-8	-6	-24	-9	-10

Kokkuvõte

Viimastel aastatel on küll väetiskogused mingil määral suurenenud kuid bilanss on jätkuvalt negatiivne. Selliste väikeste väetisannustega kurnab põllumees oma kallimat vara, maad, tekitades suure ohu põllumajanduse jätkusuutlikusele mullaviljakuse ja saagikuse vähenemise kaudu. Kõige suurem probleem on P puudujäägi osas, mida tagastatakse 32–38% vajaminevast kogusest. Võrreldes nelja kultuuride rühma on põllumees heintaimede väetamisele suhteliselt vähe rõhunud ja seega bilansid on siin kõige negatiivsemad.

Kasutatud kirjandus

- Astover, A. 2007. Land use and soil management in Estonian agriculture during the transition from the Soviet period to the EU and its current optimisation by the spatial agro-economic decision support system. Väitekiri. Tartu, 144 p.
- Astover, A., Roostalu, H., Lauringson, E., Lemetti, I., Selge, A., Talgre, L., Vasiliev, N., Mõtte, M., Tõrra, T. & Penu, P. 2006. Changes in agricultural land use and in plant nutrient balances of arable soils in Estonia, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 52(2), pp. 223–231.
- Csathó, P., Sisák, I., Radimsky, L., Lushaj, S., Spiegel, H., Nikolova, M.T., Nikolov, N., Čermák, P., Klir, J., Astover, A., Karklins, A., Lazauskas, S., Kopiński, J., Hera, C., Dumitru, E., Manojlovic, M., Čuvardić, M., Bogdanović, D., Torma, S., Leskošek, M., Khristenko, A. 2007. Agriculture as a source of phosphorus causing eutrophication in Central and Eastern Europe. *Soil Use and Management*, 23, pp. 36–56.
- Frey, J., Frey, T., Rästa, E. 1988. Tähtsamate saasteainete koormus 1987. a. sademetes. Kaasaegse ökoloogia probleemid, pp. 20–23.
- Kärblane, H., Hannolainen, E., Kanger, J., Kevvai, L. 2002. Balance of plant nutrients Estonian agriculture. *Agraarteadus* 13(4), pp. 230–236. (in Estonian).

- Piho, A. 1967. Lämmastikubilansist Eesti NSV maaviljeluses. *Trans. Est. Res. Inst. Agric.* 10, pp. 67–82.
- Piho, A. 1973. Väetiste kasutamise mullastikulised tingimused, efektiivsus põllukultuuride väetamisel ning mineraalväetiste jaotamine külvikorras Eesti NSV-s. Doktoritöö/D.Sc. thesis. Kuusiku, 399 lk.
- Roostalu, H. 2001. Riskitegurid põllumajanduses I. *Maamajandus* 3, lk. 22–24.
- Vasiliev, N., Astover, A., Roostalu, H., Matveev, E. 2006. An agro-economic analysis of grain production in Estonia after its transition to market economy. *Agron Res* 4(1), pp. 99–110.

PEDO- JA AGROÖKOLOOGILISTEST SEADUSPÄRASUSTEST EESTI MULDADE ORGAANILISE SÜSINIKU DÜNAAMIKAS

Raimo Kõlli, Indrek Tamm

EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Kõlli R., Tamm, I. 2009. *Pedo- and agroecological patterns of organic carbon dynamics in Estonian soils.* – *Agronomy 2009.*

The soil organic carbon (OC) sequestration capacities (Mg ha⁻¹) of 20 mineral and organic soil groups are given for the soil cover as a whole and also for its epipedon and subsoil layers. In the Estonian soil cover (42,400 km²) totally 593.8±36.9 Tg of OC is retained. The annual OC inputs and outputs (Mg OC ha⁻¹ yr⁻¹) of soil cover were analyzed by soil groups and land management peculiarities.

Soil groups: I – Leptosols, II – Cambisols, III – Luvisols, IV – Albeluvisols (AB) (stagnic), V – AB (haplic), VI – Podzols (PZ) (haplic), VII – Gleysols (GL) (mollic, calcic), VIII – GL (luvic), IX – GL (dystric, spodic), X – GL (histic), XI – PZ (histic), XII – eroded, XIII – colluvial, XIV – Fluvisols (FL) (haplic), XV – FL (salic), XVI – Histosols (HS) (sapric), XVII – HS (fluvic), XVIII – HS (dystric), XIX – HS (fibric), XX – Regosols.

Figure 1. *Distribution of Estonian soil cover by soil groups and land use*

Figure 2. *Stocks of soil organic carbon (Mg OC ha⁻¹) by soil groups*

Figure 3. *Distribution of total organic carbon stocks (Tg) of Estonian soil cover*

Figure 4. *Soil organic carbon annual circulation (Mg OC ha⁻¹ yr⁻¹)*

Table 1. *Weighted mean thickness (cm) and organic carbon sequestration capacity (Mg OC ha⁻¹) of soils.*

Keywords: *carbon stocks, carbon turnover, land use*

Raimo Kõlli, Indrek Tamm, *Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia*

Sissejuhatus

Mulla orgaanilisse ainesse seotud süsiniku pedoökoloogiliste aspektide lahtiseletamine aitab paremini mõista nii mullas toimuvaid looduslikke arenguid kui ka juurutada teaduspõhiseid agrotehnoloogiaid. Esimeseks sammuks sellel teel on muldade orgaanilise aine koostise (alates värskest varisest kuni stabiliseerunud humuseni), kontsentratsiooni, varude, vertikaalse jaotumuse, kvaliteedi ja moodustumise bioloogiliste külgede selgitamine erinevate maakasutuse ja ökoloogiliste tingimuste korral. Järgnevas süvitsi minevas sammuks on muldade orgaanilise süsiniku (OS) dünaamika selgitamine.

Süsiniku dünaamikat võib vaadelda erinevatelt tasemetelt. Näiteks mais-
maaökosüsteemide tasemelt, kuhu ühe komponendina kuulub ka muldkate, tuues

välja süsiniku kogubilansi (bruto) või uurides üksnes fütomassi akumulunud süsiniku (neto) käivet. Mulla omaduste mõistmise seisukohalt on esmatähtis selle OS dünaamika jälgimine, mis satub varise (maapealse ja -aluse) koosseisus mulda ja millest vaid väike osa (<30%) võib muunduda huumuseks. Esimesel juhul saame rääkida muldade OS käibest (bilansist) kogu mulla orgaanilise aine koosseisus, teisel juhul OS käibest huumuse koosseisus.

Süsiniku dünaamikat võiks vaadelda ka erineva kestvusega tsüklite – ööpäevane, sesoonne, aastane, külvikord ja raiering kaupa, kusjuures taolisi dünaamikaid võiksime väljendada nii orgaanilise ainena, OS-na või hoopiski energiaühikutes. Suurt mõju OS dünaamikale avaldab muldade harimine (Koch, Stockfish, 2006).

Käesoleva töö eesmärgiks on analüüsida Eesti muldade orgaanilise aine aastakäivet ja bilansi mulla OS baasil (Mg OS ha⁻¹ a⁻¹). Kuid enne muldade OS aastakäibe arutelu anname lühiülevaate selle analüüsi aluseks olevatest Eesti muldade orgaanilise aine varudest.

Materjal ja meetodika

Muldade huumusseisundi kvantitatiivsed näitajad pärinevad valdavalt muldaprofilide andmebaasist (AB) PEDON, mis koostati aastatel 1967–85 ja mida täiendati aastatel 1986–95 ja 1999–2005. Erosioonist mõjustatud ja rannikumuldade huumusseisundi iseloomustamisel on kasutatud veel ka AB-i KATEENA, mis moodustati marsruut-uurimise käigus aastatel 1987–92.

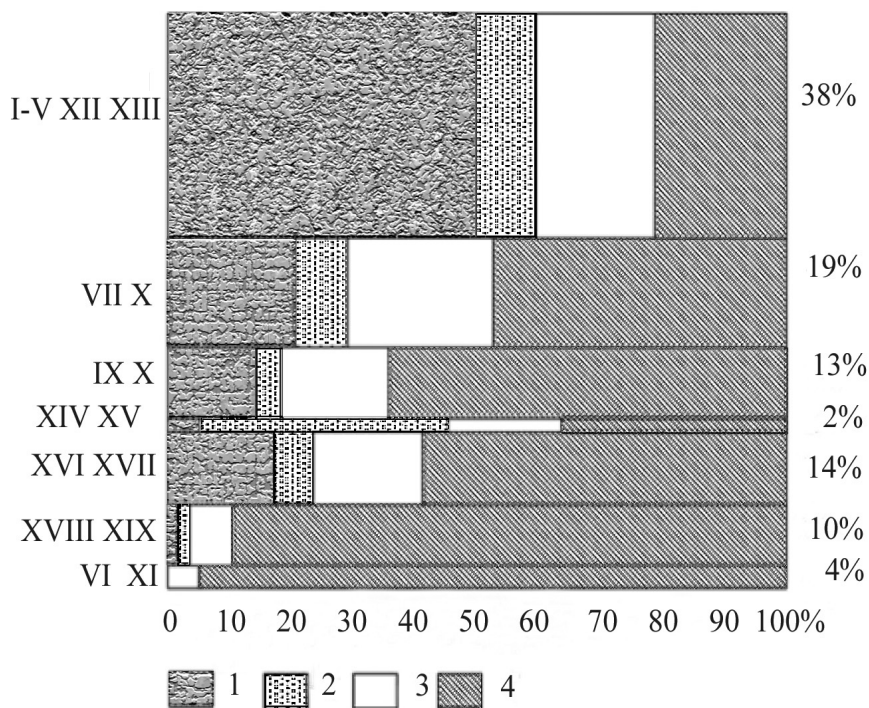
Põhimõtteliselt on OS varud arvatud iga mullahorisoni või selle alajaotuse peeneselise ($\varnothing < 1$ mm) osa kohta tema OS kontsentratsiooni ja mulla lasuvustiheduse baasil, võttes arvesse ka korese sisalduse. Profiilide algandmed on antud töö tarvis üldistatud mullaliikide või -rühmade, maakasutuse ja profiili erinevate osade (epipedon – O, A, AT ja T ning alusmuld – E ja B horisonid) kaupa. Muldkate koosneb seega epipedonist ja alusmullast ning ulatub maapinnalt kuni mullatekkest oluliselt mõjustamata lähtekivimini. Üleminekuhorisoni (BC ja analoogid) olemasolul lähtekivimi piiril on muldkatte alumiseks piiriks võetud BC horisoni keskkoh. Kõigi turvasmuldade puhul on epipedoni ja muldkatte tinglikuks tusedusteks võetud vastavalt 30 ja 50 cm ning rikutud muldade puhul vastavalt 10 ja 25 cm. OS sisaldus mullas määrati Tjurini järgi.

Töös on Eesti mullad jaotatud 20-sse gruppi, kusjuures parasniisked (ka põuakartlikud) ja niisked sama tüüpi mullad on koondatud ühte gruppi. Eesti mullanimetuste vasted on antud ka WRB süsteemis (FAO 2006), mis on toodud ingliskeelses kokkuvõttes.

Eesti muldade OS koguvarude arvutamisel võeti muldadega kaetud ala ehk muldkatte pindalaks 42400 km² (Kõlli *et al.*, 2009b). Muldade jaotumuse aluseks olid Eesti mullastiku suuremõõtkavalise (1:10000) kaardistamise andmed (Kokk, 1995).

Tulemused ja arutelu

Muldkatte jaotus. Eesti muldkatte kasutamist viimase aastatuhande vahetusel kajastab joonis 1. Maakasutamise kujunemisel mistahes Eesti piirkonnas on aluseks olnud parimate muldade valimine põllumaaks. Põhja-Eestis on parimateks olnud rähksed, leostunud ja leetjad, kuid Lõuna-Eestis kahkjad ja leetunud mullad. Nimetatutest on sobivamad olnud omakorda liivsavidel ja saviliivadel moodustunud parasniisked, kuid vähem sobivad, nii ajutiselt liigniisked, kui ka põuakartlikud mullad. Lisaks parimatele on madalama viljakusega muldadest põllumaana kasutatud Põhja-Eestis veel ka paepealseid ja koreserikkaid rähk ning Lõuna-Eestis erodeeritud ja deluviaalmuldadeid. Seoses maade kuivendamise ja laienes haritav maa ka glei-, turvastunud ja madalsoomuldadele. Ehitiste ja teede all kadunud parimaid muldasid kompenseerisid need alad siiski vaid osaliselt.



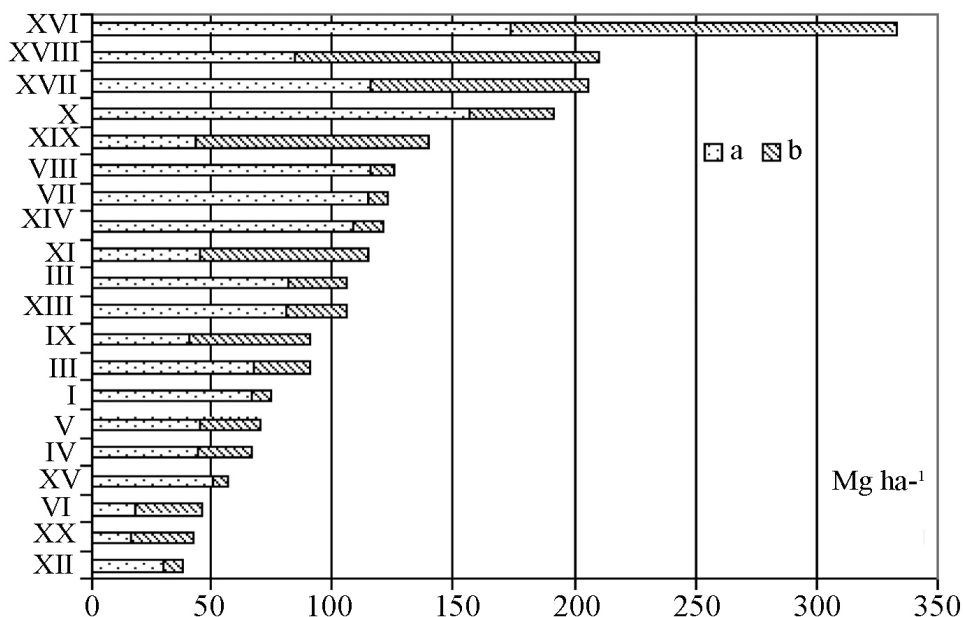
Joonis 1. Muldkatte jaotus mullagruppide ja maakasutuse lõikes

Maakasutus: 1- põllu-, 2 - rohu-, 3 - muu- ja 4 - metsamaa. Mullad: I – paepealsed, II – rähk- ja leostunud, III – leetjad, IV – kahkjad, V – leetunud, VI – leede-, VII – rähk- ja leostunud glei-, VIII – leetjad glei-, IX – leetunud ja kahkjad glei-, X – turvastunud glei-, XI – leede-glei-, XII – erodeeritud, XIII – deluviaalsed, XIV – lammi-, XV – ranniku-, XVI – madalsoo-, XVII – lammi-madalsoo-, XVIII – siirdesoo-, XIX – raba- ja XX – rikutud mullad.

Teiselt poolt võttes, on metsa alla jäetud leedemullad (kui tüüpilised metsamullad) ja valdav osa raba- ja siirdesoo muldasid. Valdavas osas on metsaaladena kasutusel ka karbonaativaestel lähtekivimitel moodustunud glei- ja turvastunud ning madalsoomullad.

Rohumaana kasutus on kõige kõrgem lammi- ja rannikumuldadel. Teistel aladel (välja arvatud leede- ja rabamullad) jäävad rohumaad justkui põllu ja metsaalade vahele olles seega reserviks ühte või teist laadi maakasutuse laiendamisel.

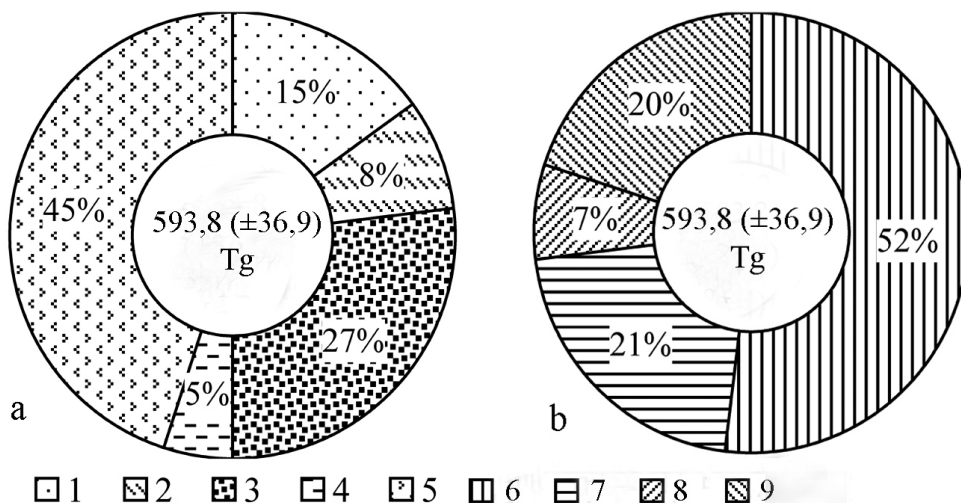
Süsiniku varud. OS varud (või OS mahutamismõime) on muldade lõikes väga erinev (joonis 2), kusjuures suured erinevused on nii epipedonite kui alusmuldade OS mahutamise osas. Jooniselt 3a selgub, et valdava osa kogu Eesti muldkatte OS varust (kokku $593,8 \pm 36,9$ Tg) moodustab soode muldkattesse talletatud OS. Soo- ehk turvasmuldadele järgnevad OS koguakumulatsiooni osatähtsuse poolest karbonaatsed hüdرو- ja automorfsed mullad. OS koguakumulatsiooni struktuuris maakasutuse lõikes (joonis 3b), peegeldub selgelt ka muldade kasutuse struktuur. Üle poole mulla OS-st asub metsades ja vaid 1/5 haritavate maade muldades, kus OS aastakäive on tunduvalt ebastabiilsem.



Joonis 2. Mullagrupid orgaanilise süsiniku varud (Mg ha^{-1})
Mullad (vt. joonis 1); mullaprofiili osad: a – epipedon, b – alusmull.

Mulla OS akumulatsioonivõime ökoloogilisi seaduspärasusi aitavad selgitada erinevate mullarühmade muldkatte kaalutud keskmised (Mg ha^{-1}) OS varud ning epipedoni ja alusmulla osatähtsused selles (tabel 1). Olulist rolli etendab siin ka muldkatte tüsedus, mis on mineraalmuldadel tihedalt seotud muldade

liigniiskuse ja karbonaatsusega. Nii on mittekarbonaatsete muldade түsedused suuremad nii auto- kui hüdromorfsete muldade korral, mis on tingitud eluviaalsetest protsessidest, sealhulgas OS süsiniku ümberpaiknemisest sügavamatesse kihtidesse. Samas on automorfsete muldade түsedused suuremad nii karbonaatsete kui mittekarbonaatsete muldade korral.



Joonis 3. Eesti muldkatte orgaanilise süsiniku koguaru (Tg) jaotused

a) Mullarühmad: 1) Automorfsete (AM) karbonaadsete, 2) AM mittekarbonaadsete, 3) Hüdromorfsete (HM) karbonaadsete, 4) HM mittekarbonaadsete, 5) Turvasmullad; b) Maa kasutus: 6 – metsad, 7 – põllud, 8 – rohumaad, 9 – muud maad.

Muldade OS akumulatsioonivõime sõltub peamiselt mulla veerežiimist, savi ja karbonaatide sisaldusest ning kasutatavast agrotehnoloogiast (Kern *et al.*, 1998, Körchens *et al.*, 1998, Percival *et al.*, 2000, Robert, 2001).

Suurim OS akumulatsioonivõime (keskmiselt 265 Mg ha⁻¹) on omane muidugi turvasmuldadele, kus epipedoni (30 cm) ja alusmulla (20 cm) OS kogused on ligikaudu võrdsed tänu alusmulla suuremale lasuvustihedusele. Ligikaudu võrdsed OS epipedonisse akumulatsioonivõimega on turvastunud muldad, kuid seoses bioloogilise aktiivsuse seiskumusega alaliselt liigniisketes tingimustes on nende alusmuld äärmiselt vaene OS poolest (vaid 13,3 Mg OS ha⁻¹). Kuigi hüdromorfsete mittekarbonaatsete ja automorfsete karbonaatsete muldade OS mahutusvõimed on praktiliselt sarnased, on siin erinevused selles, et esimestel muldadel on ligikaudu pool varust maetud muldkatte alumistesse kihtidesse ehk eemaldatud aktiivsest ringest. Automorfsete karbonaatsete muldade epipedon on aga rikas OS varude poolest, kusjuures see on ka hea kvaliteediga ning hästi õhustatud alusmulla (Bw, Bt) OS võtab aktiivselt osa ka aineriingest. Mis puutub karbonaadivaeste muldade epipedonite OS varusse, siis need on tagasihoidlikud (<50 Mg ha⁻¹) ning paistavad silma huumuse fulvaatse iseloomu poolest.

Tabel 1. Muldade kaalutud keskmised түsedused ja orgaanilise süsiniku (OS) akumuleerimisvõimед (AV)

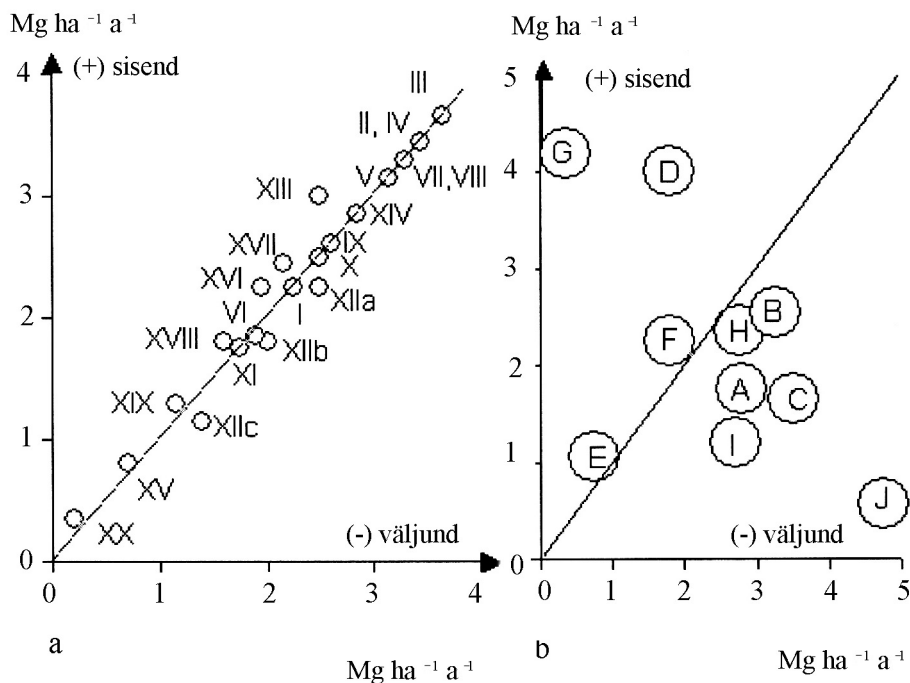
Mullad	Pind-ala, %	Tүse-dus, cm	OS AV, Mg ha ⁻¹	sh. %%-des	
				epi-pedonis	alus-mullas
^a AM karbonaatsed	22,5	74,7	92,0	76,7	23,3
AM mittekarbonaatsed	18,2	91,9	64,8	63,7	36,3
^b HM karbonaatsed	28,1	47,3	133,9	90,1	9,9
HM mittekarbonaatsed	7,5	67,8	95,8	47,9	52,1
Turvasmullad	23,7	50,0	264,7	48,0	52,0
Mineraalmullad	76,3	61,8	101,3	78,6	21,4
Mullad kokku	100,0	59,0	140,0	64,9	35,1

a) AM – automorfseid, b) HM – hüdro-morfseid

Sүsiniku dünaamika. Mulla orgaanilise aine aastakäibe võrdlev analüüs on esitatud joonisel 4. Joonise 4a osa kajastab erinevate muldade pikaajalise perioodi orgaanilise aine koostises oleva OS keskmist aastakäivet ehk sisendi ja väljundi voogusid (Mg OS ha⁻¹ a⁻¹) ning nende omavahelisi suhteid (bilanssi). Suurim OS aastakäive on omane looduslikult tasakaalustunud ökosüsteemidega automorfsetele leetjatele, rähksetele, leostunud ja kahkjatele muldadele. Madal on OS aastakäive oma arengu algstaadiumis olevatel rikutud ja rannikumuldadel ning ka tugevasti erodeeritud ja rabamuldadel.

Diagonaaljoonel asuvate mullarühmade OS aastakäive on pikaajalise plaanis tasakaalustunud ehk OS sisend- ja väljundvood on praktiliselt ühel tasemel. Mulla asumine diagonaaljoonest ülevalpool viitab pidevale mulla OS varude suurenemisele. Nii toimub see näiteks looduslikes turvasmuldades, kui ka inimese poolt mõjutatud deluviaalmuldades. Nii näiteks akumuleerub Eesti looduslikel madalloomuldadel aastas ca 230 kg OS hektari kohta (Kõlli *et al.*, 2009a). Raba- ja siirdesoomuldadel on see näitaja piirides 130–140 kg OS ha⁻¹ a⁻¹. OS aastabilanss on negatiivne erodeeritud muldade puhul, kusjuures aastakäive väheneb seoses mulla erosiooniastme suurenemisega.

Joonis 4b selgitab erinevat laadi inimtegevuse mõju muldade orgaanilise aine käibe. Põllumuldade OS bilanssi mõjutab suurel määral külvikorda võetud erinevate kultuuride kasvatuses seotud agrotehnoloogia. Nii on OS bilanss negatiivne teraviljade (A – oder, B – rukis) kasvatamisel, kuigi suurema fütomassiga (ka kõrgema saagiga) kultuuride puhul on sisendid mulda suuremad. Suur mulla OS aastakulu kaasneb vahelharitavate kultuuride (C – kartul) kasvatamisega, kus aastaväljund kompenseeritakse kultuuri varisega vaid ca pooles ulatuses. Hoopiski vastupidise bilansiga ehk kogu külvikorra OS bilanssi tasakaalustava toimega on põldheinte (D) kasvatamine.



Joonis 4. Mulla orgaanilise süsiniku aastakäive

a) tasakaalustunud ökosüsteemides (mullad vt. joonis 1), b) tugeva agrotehnoloogilise mõjutuse tingimustes (A-J – seletused tekstis).

Looduslikel rohumaadel, kus OS keskmine aastabilanss on kergelt positiivne on OS aastakäive valdavalt madalam (E) võrreldes nii metsade, kui põllukultuuridega. Erandiks selle juures on lammimullad (F), milliste puhul positiivne OS bilanss kaasneb ka kõrge OS aastakäibega ehk teisiti öeldes produktiivsusega.

Drenaažiga kuivendatud turvasmuldade OS aastakadu Rootsis ja Soomes on olnud 2,5–2,9 Mg ha⁻¹, Kanadas veelgi suurem – 2,8–3,4 Mg ha⁻¹. Seda kadu tavaliselt ei suuda kompenseerida kultuuride kasvatamine (H – kõrge, J – madal produktiivsus). Ääretult suured kaod võivad olla turvasmuldadel, mis on kuivendatud, kuid kultuuridega katmata, siin võib OS aastakulu ulatuda >5 Mg hektari kohta (J). Taolise kulu saaksime, näiteks mineraalmuldade puhul, kompenseerida ca 45 tonni tahke sõnnikuga (G).

Järeldused

Eesti erinevate mullagrupidel muldkatte (solumi) OS varu (varieerub piirides 38–333 Mg ha⁻¹) ning selle jaotumine epipedoni (48–90%) ja alusmulla (10–52%) vahel on tihedalt seotud mulla profiili tüübi, koostise, omaduste ja kasutatava agrotehnoloogiaga.

Eesti muldkatte (42400 km²) OS koguvaru, mis on määratud erinevate mulla-gruppide OS mahutamisvõime, nende leviku pindala ja maakasutuse lõikes on 593,8±36,9 Tg.

Paljuaastate keskmised OS sisend- ja väljundvood muldkatte suhtes, mis on tasakaalustatud ökosüsteemide puhul praktiliselt võrdsed, varieeruvad piirides 0,7–3,6 Mg OS ha⁻¹ a⁻¹. Muldade ülesharimise ja liigniiskete alade kuivendamise toimel muutub mulla orgaanilise aine bilanss negatiivseks ennekoike epipedoni piires. Muldade produktsioonivõime säilitamine nõuab (hea põllumajandustava järgides) kulutatud orgaanilise aine kompenseerimist, kas siis kohalkasvatatud või juurdetoodud orgaanilise aine arvel.

Kasutatud kirjandus

- FAO 2006. World reference base for soil resources 2006. World soil resources reports 103, Rome, 128 p.
- Kern, J. S., Turner, D.P., Dodson, R.F. 1998. Spatial patterns of soil organic carbon pool size in the Northwestern United States. In: Lal, R., Kimble, J. M., Follet, R. F., Stewart, B. A. (eds) Soil Processes and the Carbon Cycle. CRC Press, Boca Raton, pp. 29–43.
- Koch, H.-J., Stockfisch, N. 2006. Loss of soil organic matter upon ploughing under loess soil after several years of soil conservation tillage. Soil & Tillage Research, 86, pp. 73–83.
- Kokk, R. 1995. Muldade jaotumus ja omadused. Rmt: Eesti. Loodus. Tallinn, Valgus. lk. 430–439.
- Kõlli, R., Astover, A., Noormets, M., Tõnutare, T., Szajdak, L. 2009a. Histosol as an ecologically active constituent of peatland: a case study from Estonia. Plant and Soil, 315, pp. 3–17.
- Kõlli, R., Ellermäe, O., Köster, T., Lemetti, I., Asi, E., Kauer, K. 2009b. Stocks of organic carbon in Estonian soils. Estonian Journal of Earth Sciences, 58, pp. 95–108.
- Körchens, M., Weigel, A., Shulz, E. 1998. Turnover of soil organic matter (SOM) and long-term balances – tools for evaluating sustainable productivity of soils. Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde, 161, pp. 409–424.
- Percival, H. J., Parfitt, R. L., Scott, N. A. 2000. Factors controlling soil carbon levels in New Zealand grasslands: Is clay content important? Soil Science Society of America Journal, 64, pp. 1623–1630.
- Robert, M. 2001. Soil carbon sequestration for improved land management. World Soil Resources Reports 96, FAO, Rome, 57 p.

LUBIVÄETISTE MÕJU LIIKUVA KALTSIUMI SISALDUSE DÜNAAMIKALE KÜNNIKIHIS

Valli Loide¹, Ahto Räni²

¹Eesti Maaviljeluse Instituut, ²DK Lubjakivilabor

Abstract. Loide, V., Räni, A. 2009. The effect of agricultural limes on the dynamics of available calcium content in topsoil. – Agronomy 2009.

Proper Ca content is a precondition for optimum soil reaction of the growing environment of plants. Low-calcium soils constitute up to 22–23% of the Estonian agricultural land. To enrich the soil with Ca and reduce acidity, the fine dusty production residue – cement kiln dust and, to a lesser extent, limestone at 5 t ha⁻¹ every 5th year – predominates as the agricultural lime used in Estonia. As the trial results of four years show, liming had an effect on the available Ca content up to three years, not more. For longer effect, limestone should contain sufficient amount of coarser fraction, dissolving in 3rd–4th year.

Table 1. Effect of different agricultural limes on the available calcium content and soil reaction dynamics in the topsoil during the first two months after liming

Table 2. The influence of different agricultural limes on the available calcium content and soil reaction dynamics in different soil depths

Figure 1a, b. Variations in available calcium content and soil reaction depending on liming (cement kiln dust 5 t ha⁻¹, limestone meal 5+5 t ha⁻¹)

Figure 2. Available potassium dynamics in the upmost and lowest soil stratum upon liming with cement kiln dust

Keywords: cement kiln dust, limestone, limestone dissolubility, calcium, soil acidity

Valli Loide, Estonian Research Institute of Agriculture, Teaduse 11, Saku 75501, Estonia
Ahto Räni, EDK Laboratory of Limestone, Männiku tee 123/1, Tallinn 11216, Estonia

Sissejuhatus

Kaltsium on mullale ja taimedele niisama vajalik kui loomadele ning inimestele. Kaltsium on oluline mulla viljakust iseloomustav näitaja, olles peamine komponent mulla neeldunud aluste kompleksis. Taimedele soodsa mullareaktsiooni eeltingimuseks on kaltsiumi õige sisaldus mullas. PMK mullaseire andmetel on kaltsiumivaeseid muldi 22–23% Eesti põllumajandusmaast. Enamasti esineb kaltsiumipuudus kaltsiumkarbonaatidest vaesel lähtekivimil arenenud muldadel ja neid iseloomustab väiksem toitainete ja vee kinnipidamisvõime (raskema lõimisega muldadel ka vee läbilaskevõime), mistõttu on seal kasvavatel taimedel halvem kasvukeskkond ning produktiivsus.

Arvestades kaltsiumi tähtsust mulla neelavas kompleksis, mulla füüsikaliste, keemiliste ja bioloogiliste omaduste parendamisel, mis omakorda mõjutavad

positiivselt ka mullaviljakust, on vaja tähelepanu osutada kaltsiumisisaldusele ja selle dünaamikale künnikihis. Eriti tähtis on seda jälgida lubjatavatel muldadel, kus lupjamise eesmärk on kaltsiumiseisundi optimeerimine.

Mulla happesuse kõrvaldamiseks kasutatakse maailmas laialdaselt lubjakivi. Ka Eestis on hakatud seda vähehaaval kasutama. Majanduslikel kaalutlustel on aga Eestis lubiväetisena levinud valdavalt tolmpõlevkivituhk ja klinkritolm. Viimane on praegu paremate toimeomaduste (kaltsiumkarbonaadid, toitained) tõttu kasutatavaim lubiväetis. Mulla reaktsiooni ja kaltsiumisisaldust mõjutavad aga lubjakivijahu, tolmpõlevkivituhk ning klinkritolm erinevalt. Kõige tugevam toime mulla reaktsioonile on tolmpõlevkivituhal, järgnevad klinkritolm ja lubjakivijahu (Turbas, Lauk, 1982). Lubiväetise mõju kiirus sõltub selle peensusastmest, mulla happesusest jt teguritest.

Soome uurijate andmetel (Kalkitusopas, 1999) sõltub lubjakivis oleva kaltsiumi lahustuvus sama temperatuuri ja CO₂ partsiaalrõhu juures esmajoonelise lubjakivi osakeste mõõtmetest ja seejärel reaktsioonist. Klinkritolm on peentolmjas ja kergestilahustuv materjal. Kasutades klinkritolmu põhilise lubiväetisena, on tähtis teada, milline on selle mõju mulla kaltsiumisisaldusele. Lähtuvalt klinkritolmu omadustest ja tähelepanekutest, võib klinkritolmu lahustuvus olla oodatust kiirem, eriti tugevasti happelistel muldadel. Sel juhul võivad lupjamistsükli viimased aastad jääda ilma lubiväetise mõjuta. Klinkritolm eristub lubjakivist lisaks suuremale peensusastmele ka suhteliselt suure kaaliumisisalduse poolest, mis esineb klinkritolmus kaaliumsulfaadina. Et muld väävlit ei seo ja sulfaatioonid neelduvad mullas füüsikaliselt negatiivselt, siis soodustab see anioonide leostumist koos katioonidega, eeskätt kaltsium- ja magneesiumkatioonidena (Lauk, Turbas, 1988, Turbas, 1996). Seega on klinkritolmuga mulda viidav kaltsium väävlit mõjutatuna koos teiste elementidega leostumise teel mullast kergesti eemalduv. See aga vähendab lupjamise efektiivsust.

Järgnevas selgitakse praegu kasutatavate lubiväetiste, s.o klinkritolmu ja lubjakivijahu mõju mulla liikuva kaltsiumi sisaldusele ja selle dünaamikale, et vajadusel täiendada muldade lupjamise metoodikat.

Materjal ja metoodika

Lupjamise põldkatse rajati 2005. a Kuusiku katsekeskuse gleistunud leetunud keskmise liivsavi lõimisega mullale. FAO-UNESCO järgi on mulla liigiks *Gleyic Podzoluvisol* (Kõlli, Lemetti, 1999). Mulla agrokeemilised näitajad katse rajamisel: C_{org} 1,6–1,9%, pH_{KCl} 4,4–4,8; P 80–130 mg kg⁻¹ – tarve väike; K 125–130 mg kg⁻¹, – tarve keskmine; Ca 400–1000 mg kg⁻¹ – tarve suur; Mg 50–65 mg kg⁻¹ – tarve suur.

Hinnanguliselt oli katsemulla CaCO₃-tarve 8,7 t ha⁻¹. Lubiväetisena kasutati klinkritolmu ja lubjakivijahu. Katses kasutatud lubiväetiste neutraliseerimisvõime (CaCO₃) oli klinkritolmul 76% ja lubjakivijahul 92%. Olulistest

taimetoiteelementidest sisaldas klinkritolm K – 6,5%, S – 3,1% ja Mg – 2,0%. Lubjakivijahus oli Mg – 0,3% ja teisi toiteelemente veelgi vähem. Klinkritolmu viidi lubiväetisena mulda 5 t ha⁻¹ 2005. a kevadel kultiveerimise alla ja jälgiti selle mõju nelja järgmise aasta jooksul. Lubjakivijahu variandis kasutati lubiväetist kokku 10 t ha⁻¹, millest esimene annus 5 t ha⁻¹ viidi 2005. a kevadel kultiveerimise alla ja teine pool 2006. a sügiskünni alla. Sügisene mullaharimine erines aastati. 2005. ja 2006. a tehti sügiskünn, 2007. ja 2008. a hariti mulda ainult pindmiselt. Mullaproovid võeti igal aastal pärast saagikoristust ja lisaks võeti esimesel aastal täiendavad mullaproovid lupjamiseelselt ja neljal korral lupjamisjärgselt (mais, juunis, juulis) selgitamaks lubiväetiste mõju esimestel kuudel. Mulla keemilised analüüsid tehti Põllumajandusuuringute Keskuses.

Põldkatsete mullaanalüüsi andmeid töödeldi matemaatilisel dispersioon- ja regressioonanalüüsi meetodil.

Tulemused ja arutelu

Nelja aasta uurimistulemused põldude lupjamiseks kasutatava klinkritolmu ja lubjakivijahu mõjust liikuva kaltsiumi sisalduse ja selle stabiilsusele näitasid järgmist. Lubiväetiste mõju algperioodil (tabel 1) ilmnes, et klinkritolmu variandis suurenes järsult kaltsiumisisaldus ja tõusis pH juba esimese 3 nädala jooksul, vastavalt 800 mg kg⁻¹ ja 1,0 ühiku võrra, samal ajal lubjakivi variandis aga vastavalt 280 mg kg⁻¹ ja 1,0 pH ühiku võrra. Seega avaldus klinkritolmu mõju kaltsiumisisaldusele kohe algul kiiremini ja tugevamini kui lubjakivil. Mullareaktsioonile oli lubiväetiste mõju esimese 3 nädala jooksul võrdne. Edasised andmed kaltsiumi ja pH muutuste kohta näitavad, et klinkritolmu variandis kaltsiumisisaldus aja möödudes järjest vähenes, pH aga tõusis teise kuu lõpuni ja kolmandal kuul hakkas samuti langema. Lubjakivi variandis suurenes liikuva kaltsiumi sisaldus ja tõusis pH pidevalt ning kolmandal kuul olid Ca ja pH näitajad taimedele soodsal tasemel. Kuna seemnete idanemisel on suur tähtsus idanemiskeskonnal (Haller, 1969), siis lubiväetiste reageerimiskiirust on otstarbekas silmas pidada happesuse suhtes tundlike kultuuride seemnekülvil.

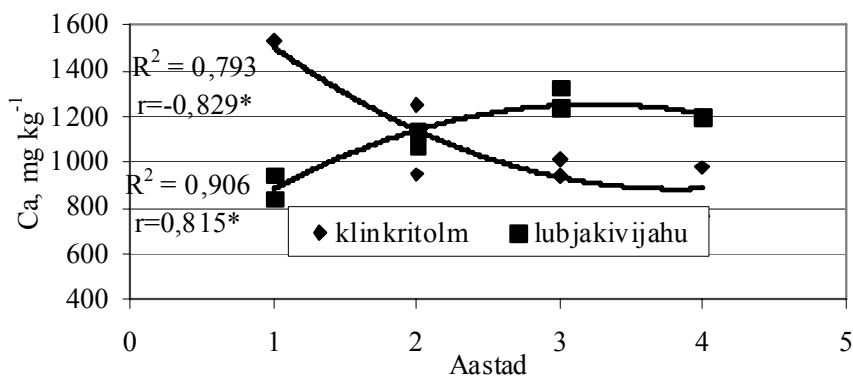
Tabel 1. Erinevate lubiväetiste mõju esimesel kahel kuul mullareaktsioonile ja liikuva kaltsiumi sisalduse dünaamikale künnikihis

Lubiväetis	Näitaja	Aeg					PD ₀₅
		^a 09.05	25.05	13.06	04.07	25.07	
Klinkritolm, 5 t ha ⁻¹	Ca, mg kg ⁻¹	1000	1900	1600	1500	1300	417
	pH _{KCl}	4,6	5,6	5,7	5,7	5,4	0,58
Lubjakivijahu, 5 t ha ⁻¹	Ca, mg kg ⁻¹	420	700	1100	1400	1700	465
	pH _{KCl}	4,3	5,3	5,1	5,6	6,3	0,91

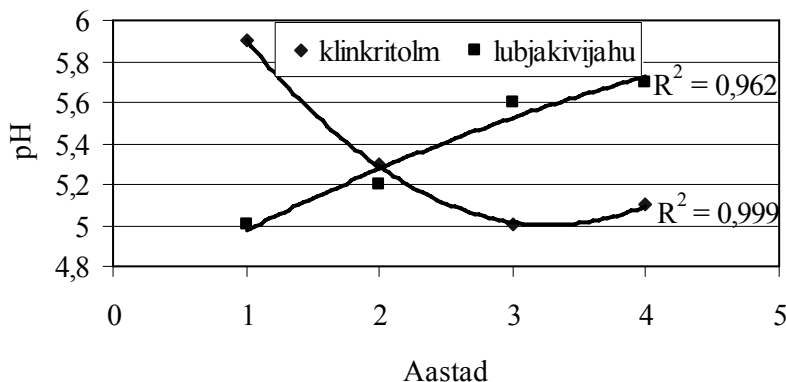
^a09.05 – näitajad enne lupjamist

Lubiväetiste pikemaajalise mõju jälgimisel selgus, et (joonis 1a) liikuva kaltsiumi sisaldus mullas hakkas vähenema, klinkritolmu variandis kiiremini kui lubjakivijahu variandis mõnevõrra aeglasemalt. Kolmandaks aastaks oli kaltsiumisisaldus vähenenud klinkritolmu variandis lupjamise eelsele tasemele. Lubjatarbe katmiseks jätkuvalt klinkritolmu kasutada ei ole otstarbekas juba ainuüksi ressursi säästlikkuse aspektist, kuna suur osa mulda viidud toitainetest on taimedele kättesaadavad vaid esimesel aastal, vähesel määral veel ka teisel aastal, sest väävel ja magneesium on kergesti liikuvad ja ei püsi kauat mullas. Pikemat aega saavad taimed osa muldaviidud kaaliumist, kuid sellestki läheb osa aja jooksul taimede jaoks kaduma. Kaaliumi, väävlit ja magneesiumi satub 5 t klinkritolmuga mulda aga enamike taimede mitmeaastane vajadus, suure lubjatarbe korral aga jääb väiksemate klinkritolmu annuste kasutamisel vajaka veelgi enam. Kaaliumikadu soodustab asjaolu, et klinkritolmus sisalduv kaalium on kergesti lahustuv ja mida rohkem on lahustuvaid aineid mullas, seda rohkem

a)



b)



Joonis 1a ja b. Liikuva kaltsiumi sisalduse ja mullareaktsiooni muutused sõltuvalt lupjamisest (klinkritolmu 5 t ha⁻¹; lubjakivijahu 5+5 t ha⁻¹)

neid välja uhutakse (Turbas, Lauk, 1982; Turbas, 1992). Et mulla kaltsiumisisalduse optimeerimise aspektist ei osutunud klinkritolm kaltsiumivaesel mullal piisavalt efektiivseks, jätkati kaltsiumidünaamika jälgimist lubjakivi kasutamisel, mille kohta on seni andmeid suhteliselt vähe.

Lubjakivijahu variandis jäi liikuva kaltsiumi sisaldus künnikihis poole lubjatarbe annuse mõjul juba teise vegetatsiooniperioodi järel alla optimaalse taseme ($<1500 \text{ mg kg}^{-1}$), mistõttu viidi mulda lubjanormist teine pool arvestusega, et üks osa lubjast sattus künnikihi alapooltele ja teine ülapiirile, ühtlustades sel viisil künnikihi kaltsiumisisaldust. Tulemustest ilmnes, et liikuva kaltsiumi sisaldus suurenes künnikihis katse kolmandaks aastaks pisut üle 1200 mg kg^{-1} ja jäi ka neljandal aastal enam-vähem samale tasemele. Katse jätkub, kuid sisalduse suurenemist järgnevatel aastatel tõenäoliselt oodata ei ole, pigem hakkab see vähenema. Seega vaatamata lubjatarbega ettenähtud kasutatud lubimaterjali kogusest jäi mulla liikuva kaltsiumi sisaldus antud katses optimaalsest tasemest väiksemaks.

Mulla kaltsiumisisaldusele sarnaselt muutus nii klinkritolmu kui lubjakivi variandis (joonis 1b) ka mullareaktsioon. Vaid poole ühiku võrra oli pH neljanda mõjuaasta lõpuks lupjamiseelsest tasemest kõrgem, mis tähendab, et mulla kaltsiumi ja happesuse näitajate tase ei rahulda taimi.

Vaadeldes ka liikuva kaltsiumi sisalduse dünaamikat künnikihis koos selle pööramisega ja künnikihist allpool (tabel 2), selgus järgmist. Klinkritolmuga lubjatud variandis oli nii künnikiht kui künnikihi alune kiht kaltsiumisisalduse ja mullareaktsiooni poolest juba kolmandast mõjuaastast niisama kaltsiumivaene ning happeline kui lupjamata muld. Lubjakivijahu variandis ilmnes, et künniga lubiväetise sügavamale viimine ei mõjuta kaltsiumisisaldust künnikihi all. Kün-

Tabel 2. Erinevate lubiväetiste mõju liikuva kaltsiumi sisalduse ja mullareaktsiooni dünaamikale mulla erinevates sügavustes

Sügavus, cm	0		Klinkritolm, 5 t ha ⁻¹		Lubjakivi, 5+5 t ha ⁻¹	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
	Ca, mg kg ⁻¹					
0-10	870	775	875	950	1080	1330
10-20	760	655	885	668	2560	1100
20-30	835	560	710	401	550	395
30-40	645	490	560	340	340	320
PD95%	159	195	245	442	1593	805
	pH					
0-10	4,9	4,7	4,9	5,0	5,4	5,9
10-20	4,6	4,5	4,8	4,5	6,5	5,5
20-30	4,8	4,5	4,7	4,4	4,6	4,4
30-40	4,8	4,7	4,6	4,5	4,5	4,5
PD95%	0,2	0,2	0,2	0,4	1,5	1,2

nikihi pööramine koos lubiväetisega aitas ühtlustada kaltsiumisisaldust vaid künnikihis. Kuid ka lubjakivi variandis jäi kaltsiumisisaldus künnikihis alla optimaalse taseme, kuigi lubiväetist viidi mulda vastavalt lubjatarbele kokku 10 t ha⁻¹. Järelikult lubjatarbega ettenähtud ja antud omadustega lubiväetise mõju mulla kaltsiumisisaldusele jäi nõrgaks. Analoogselt kaltsiumisisaldusele mõjutasid lubiväetised ka mulla reaktsiooni, muld hakkas üsna ruttu taashapestuma.

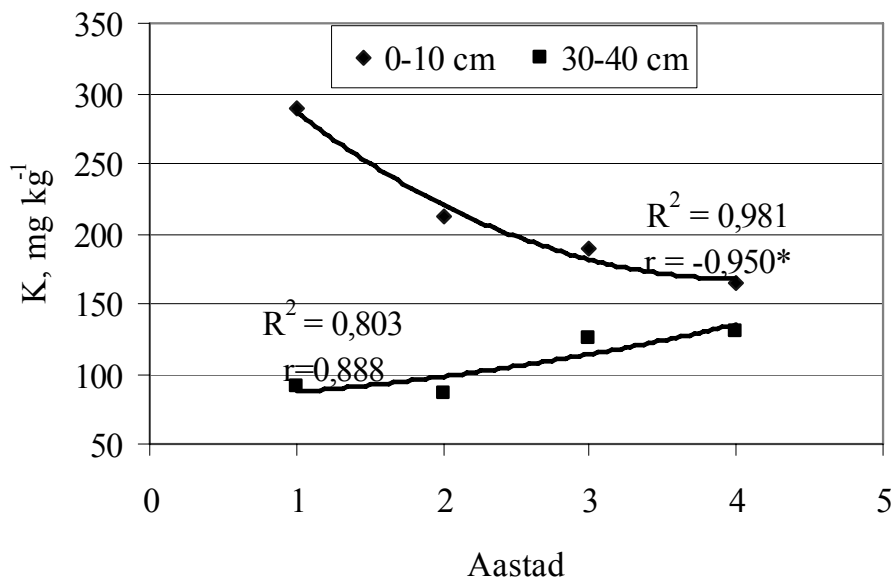
Eeltoodust võib järeldada, et ebapüsiva kaltsiumiseisundi tingimustes ei kujune mullas püsivaid mullaviljakust soodustavaid tegureid (füüsikalised, keemilised, mikrobioloogilised jpt), mis looksid stabiilse olukorra. Seega püsiva optimaalse kaltsiumitaseme säilitamiseks tuleb arvestada lubiväetiste lahustuvuse kiirust, mis oleneb osakeste mõõtmetest – mida peenem, seda kiiremini ka lahustub (Kalkitusopas, 1999). Klinkritolm on väga peen ja see on ka üks põhjusi, miks klinkritolmu mõju mulla kaltsiumisisaldusele on lühiajaline. Ka lubjakivijahu mõju oli üsna lühike, mis samuti võib olla tingitud peenfraktsiooni liiga suurest osakaalust, mistõttu ongi neid soovitatav lühema intervalliga ja korraga väiksemates kogustes. Lubiväetiste lühemat, kolmeaastast kasutussagedust soovitatakse ka teistes riikides (Havlin *et al.*, 2005; Rahmenempfehlungen ..., 2000). Eriti otstarbekas on väiksemates kogustes kasutada klinkritolmu, sest ainuüksi selle 1 t ha⁻¹ katab enamiku taimede põhiliste toiteelementide aastavajaduse, v.a fosfor (ja lämmastik).

Vaadeldes veel nelja katseaasta andmeid klinkritolmuga muldaviidud kaaliumi mõju mulla kaaliumisisaldusele (joonis 2) selgus järgmist. Klinkritolmuga 5 t ha⁻¹ lubjatud künnikihi pindmises, 0–10 cm kihis liikuva kaaliumi sisaldus vähenes aastatega 290–165 mg kg⁻¹ (optimaalne sisaldus 150 mg kg⁻¹), siis samal ajal suurenes see künnikihi aluses, 30–40 cm sügavuses kihis 90–130 mg kg⁻¹. Seega kaalium, mille sisaldus oli ülemises kihis lupjamise algul suur, liikus aegamööda alumistesse kihtidesse, ühtlustades kogu 0–40 cm tusedust kihti. Muld künnikihi all on liialt happeline enamiku taimede juurekava arenguks ning kaalium jääb seal taimedele kättesaamatuks. Ühtlasi on ebamajanduslik taimede kaaliumi lukustarbimine kõrgel kaaliumi foonil.

Järelikult lubiväetiste efektiivsemaks kasutamiseks on veel palju teha. Et lubiväetisi pikemaajaliselt täpsemini doseerida on vaja selgitada erinevate mõõtmega fraktsioonide lahustumiskestvust ja nende vajalikku osatähtsust, mis tagaksid lubiväetise etteantud kestvuse. Pikemaajalise kestusega lubiväetis peaks sisaldama teatud osa jämedamaid osakesi, mis lahustuvad aegamööda ja stabiliseeriks nii kaltsiumitaset.

Eeltoodut kokku võttes võib öelda, et lubiväetiste efektiivsuse hindamisel on peale neutraliseerimisvõime ja taimedele vajalike toitainete sisalduse suurenemise vaja arvestada ka lubiväetise lahustuvuse kiirust. Lubiväetise lahustuvuse kiirusest ja muldaviidud kaltsiumkarbonaadi hulgast oleneb mulla kaltsiumi tase ja selle stabiilsus. Arvestades kaltsiumi tähtsust mulla neelava kompleksis,

mõju mulla füüsikaliste, mikrobioloogiliste jt omadustele on tähepanu osutamine mulla kaltsiumisaldusele ja selle olukorra parandamisele tähtis ka mulla kaitse



Joonis 2. Liikuva kaaliumi dünaamika mulla ülemises ja alumises kihis klinkritolmuga lupjamisel

aspektist. Muldade vaesumine kaltsiumist toimub pidevalt ja selle asendamine on võimalik ainult lupamise teel. Kaltsiumivaeste muldade vastupanuvõime mitmesugustele mõjuritele väheneb ja väheneb viljakus. Praegune olukord muldade lupjamiskorralduses on võrreldes aastatetaguse lupjamiskõrgperioodiga, kardinaalselt muutunud nii finantsiliselt, organisaatoorselt, tehnoloogiliselt jt aspektidest ning seetõttu ei ole lupjamistegevus saavutanud siiani piisavat aktiivsust ja kaltsiumidefitsiit üha süveneb. Seda suurem tähtsus on lupjamismeetmete efektiivsusel ja seetõttu on ka sellekohast uurimistööd vaja jätkata ja leida paremaid lahendusi. Lisaks saagikuse suurenemisele aitab lubiväetiste tõhusam kasutamine optimeerida transpordikulusid ja majandada ressursisäästvalt.

Järeldused

Käesolevast uurimusest selgus, et muldade lupjamisel on klinkritolmu mõju liikuva kaltsiumi sisaldusele kiirem, kuid lühiajalisem lubjakivijahu mõjust. Klinkritolmu variandis saavutas kaltsiumisisaldus maksimumi juba 2–3 nädalat pärast lubiväetise muldaviimist, lubjakivijahu variandis aga alles kolmandal kuul pärast lupjamist.

Pikema perioodi vaatlustulemustest ilmnas, et lubiväetiste positiivne mõju

liikuva kaltsiumi sisaldusele oli oodatust lühem. Klinkritolmu annuse 5 t ha⁻¹ positiivne mõju kaltsiumisisaldusele avaldus esimesel kahel aastal ja hakkas seejärel vähenema. Lubjakivijahu annuste 5+5 t ha⁻¹ mõjul suurenes kaltsiumisisaldus mullas kolmanda mõjuaastani, kuid jäi siiski alla optimaalsest tasemest.

Kaltsiumisisalduse suurenemine künnikihis ei toonud kaasa selle suurenemist künnikihi aluses kihis.

Lupjamisvajaduse hindamisel tuleb silmas pidada ka mulla liikuva kaltsiumi sisaldust.

Lubiväetiste senisest paremaks kasutamiseks on uurimistööd lubiväetiste lahustuvuse alal vaja jätkata ja täiendada põldude lupjamismetoodikat.

Tänuavaldus

Suur tänu Põllumajandusuuringute Keskuse töötajatele mitmekülgse abi eest.

Kasutatud kirjandus

- Haller, E. 1969. Idanemiskeskonna mõju põllukultuuride saagile. Tallinn, 274 lk.
- Havlin, J. L., Beaton J., D., Tisdale S. L., Nelson W. L. 2005. Application of Liming Materials. Soil Fertility and Fertilizers. 7th ed., Pearson Prentice Hall, pp. 73–80.
- Kalkitusopas, 1999, www.kalkitusyhdistys.net, p. 20.
- Kõlli, R., Lemetti, I. 1999. Leetunud mullad. Eesti muldade iseloomustus. I Normaalsed mineraalmullad. Tartu, lk 43–48.
- Lauk, E., Turbas, E. 1988. Lüsimeetrivete keemilisest koostisest ja toitainete väljaleostumisest lainja moreenmaastiku põllumuldadest. Eesti maastike geokeemia küsimusi. Tallinn, lk 59–75.
- Rahmenempfehlungen zur Düngung 2000 im Land Brandenburg. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, 60 S.
- Turbas, E. 1992. Muldade lupjamisest eile, täna ja homme. Põllumajandus, nr 3, lk 9–10.
- Turbas, E. 1996. Kaltsiumi ja teiste aluseliste ainete väljaleostumine muldadest. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Koostanud Kärblane, H. Tallinn, lk 69–74.
- Turbas, E., Lauk, E. (koostajad) 1982. Lupjamisalase uurimistöö tulemustest ja soovitusused muldade korduslupjamiseks. Tallinn, 60 lk.

MULLA TALLAMISE MÕJU HARILIKU KERAHEINA, PÄIDEROO JA OHTETU LUSTE JUURTELE NING MÕNINGATELE MULLA FÜÜSIKALISTELE OMADUSTELE

Endla Reintam¹, Katrin Trükmann^{1,2}, Jaan Kuht¹, Henn Raave¹, Kadri Krestein¹, Alar Astover¹, Janar Leeduks¹

¹EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

²CAU Taimede toitumise ja mullateaduse instituut

Abstract. E. Reintam, K. Trükmann, J. Kuht, H. Raave, K. Krestein, A. Astover, J. Leeduks. 2009. Effect soil compaction on *Phalaris arundinacea*, *Dactylis glomerata* and *Bromus inermis* roots and on some soil physical properties. – Agronomy 2009.

The field experiment with *Phalaris arundinacea*, *Dactylis glomerata* and *Bromus inermis* have been established on the experimental station of Estonian University of Life Sciences on sandy loam Haplic Luvisol (siltic) in Rõhu in 2007. Soil was compacted by three ton water tank (tyre-to-tyre two times) two times during the vegetation period in year 2008: in the spring before intensive growing period and in the summer after first cut. The first year results indicated formation of dense layer 0–10 cm depth after first compaction and 0–25 cm depth after second compaction. In those depths the significantly higher bulk density and penetration resistance was detected. Compaction had the most negative effect on *Phalaris a.* root volume and less effect on *Dactylis g.* and *Bromus i.* *Bromus i.* had the highest root volume and under it, the lowest values of penetration resistance and bulk density were detected in compacted and un-compacted soil compared to the other investigated species. *Bromus i.* and *Phalaris a.* had the thickest roots and *Dactylis g.* had twice thinner roots compared to other species. Compaction increased root diameter of *Dactylis g.* and *Phalaris a.*

Table 1. Direct and co-effect of trial factors from total impact (Cv) on soil dry bulk density, penetration resistance, plant root volume and root average diameter. The effect of trial factors is calculated by Fischer test

Figure 1. The soil penetration resistance (a) and bulk density (b) under different grasses depending on soil compaction. The bars indicate standard error of the mean

Figure 2. The root volume (a) and average diameter (b) of different grasses depending on soil compaction. The bars indicate standard error of the mean

Keywords: *Phalaris arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Bromus inermis*, soil compaction, roots

Endla Reintam, Jaan Kuht, Henn Raave, Kadri Krestein, Alar Astover, Janar Leeduks, Estonian University of Life Sciences, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Kreutzwaldi 1a, 51014 Tartu, Estonia

Katrin Trükmann, Christian-Albrechts-University in Kiel, Institute for plant nutrition and soil science, Hermann-Rodewaldstr.2, 24118 Kiel, Germany

Sissejuhatus

Muld on kahtlemata üks kõige olulisemaid keskkonna komponente, kuid see on ilmselt ka üks kõige alahinnatuimaid, kuritarvitatud ning väärkoheldud ressursse Maal (Ellis, Mellor, 1995). Mitmeaastastelt rohumaadelt sööda tootmine tähendab intensiivset ülesõitmist põllust (väetamine, läga laotamine, niitmine, kaarutamine, kogumine ja transport) eriti saagi kogumisel (Jorajuria, Draghi, 1997) ja seega suurt survet mullale. Douglas'e (1994) järgi võib olla rohumaal ülesõitude sagedus kuni kaks korda suurem kui haritavaal maal. Frost (1984) näitas, et rohumaadel, mida kasutatakse silo tootmiseks, sõidetakse kogu põld ainuüksi ühe aasta jooksul üheksa korda üle. Surveuringutes mullale on kindlaks tehtud, et surve mõjub kolmesuunalisena (Horn, 2003; Keller *et al.*, 2007) ning mõju ja mulla vastupanuvõime sõltub nii masina liikumiskiirusest, sagedusest, kaalust kui erisurve pinnaühiku kohta ning eeskätt ka mulla liigist, veesisaldusest ja -režiimist, huumuse sisaldusest mullas ning taimkattest antud kohal (Håkansson, 2005; Raper, 2005). Kultuuride teadlik valik võimaldab vähendada masinate survest põhjustatud kahju mullale. Rohumaakultuurid loetakse sealjuures tallamise suhtes kõige vastupidavamateks. Mullas olevad juured võivad suurendada mulla vastupanu survele ning aidata taastada mullas jätkuval poore.

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida kolme rohumaakultuuri – päideroo (*Phalaris arundinacea*), hariliku keraheina (*Dactylis glomerata*) ja ohtetu luste (*Bromus inermis*) – juurte levimist mullas ning juurte mõju mulla omadustele sõltuvalt mulla tallamisest.

Materjal ja meetoodika

Põldkatse on rajatud 2007. a EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi katsebaasi Rõhule, uurimaks erinevate rohumaakultuuride sobivust energiakultuuriks ning nende taluvust mulla tihendamisele. Mullaks määrati liivsaviilõimisega leetjas muld (K_1), mille liiva (0,063–2 mm) sisaldus oli 51,5%, tolmu (0,002–0,063 mm) sisaldus 37,4% ja savi (<0,002 mm) sisaldus 11,1%.

Katsefaktoriteks olid: 1) taimeliik ja 2) mulla tallamine. Taimeliigid, mida uuriti antud töö raames olid päideroog (*Phalaris arundinacea* L.), harilik kerahein (*Dactylis glomerata* L.) ja ohtetu luste (*Bromus inermis* Leyss.). Antud liikide puhaskülvid rajati 06. juunil 2007. Kasutati järgnevaid sorte ja külvisnorme: päideroog 'Pedja' – 16 kg ha⁻¹, ohtetu luste 'Lehis' – 38 kg ha⁻¹, harilik kerahein 'Jõgeva' – 20 kg ha⁻¹. Antud töös esitatud andmed koguti väetamata katselappidelt. Mulla tallamine viidi läbi 2008. aasta kevadel mai kuus ja suvel juulis. Selleks kasutati 0,5 tonnise 2-teljelist traktorit, mis oli varustatud 3 tonnise üheteljelise veepaagiga. Ühel tallamiskorral sõideti katselappidest üle 2 korda jälg-jälje kõrval.

Mullaproovid koguti septembris 2008 kaheaastaselt taimikult pärast esimest aastat mulla tihendamist. Mulla lasuvustiheduse ja juurte proovid võeti igalt katselapilt 235,5 cm³ (diameeter 10 cm, kõrgus 3 cm) terassilindritega 5 cm intervalliga

30 cm sügavuseni (6 sügavust) vastavalt 9 ja 3 korduses. Mulla penetromeetiline takistus määrati elektroonilise loendiga penetromeetriga Eijkelkamp Penetrologger (koonuse nurk 60°, läbimõõt 1 cm, kontaktpind 1 cm², varda diameeter 0,7 cm) 40 cm sügavuseni 1 cm intervalliga kuues korduses. Mulla ja taimede analüüs viidi läbi Eesti Maaülikooli mullateaduse ja agrookeemia osakonna laboris. Mulla niiskuse sisalduse ja lasuvustiheduse leidmiseks kaaluti põllult toodud proovid ning kuivatati 105°C juures konstantse kaaluni ning kaaluti seejärel uuesti. Pärast seda arvutati mulla mahuline veesisaldus ja lasuvustihedus. Mulla mahuline niiskus proovide võtmisel 2008. aastal oli: 1) tallamata mullas 32% ülemises 20 cm mullas ning 28% 20–40 cm mullas (vastavalt pF1,8 36,5 ja 32,4); 2) tallatud mullas 28% ülemises 20 cm mullas ning 27% 20–40 cm mullas (vastavalt pF1,8 32 ja 31). Katselappide suurus oli 10,5 m² (1,5 x 7 m). Mulla mehhaanilise koostise määramiseks mullaproovid kuivatati ning sõeluti läbi 2 mm avadega sõelte. Lõimisel määrati liiva fraktsioon sõeltega ning osakesed läbimõõduga alla 0,063 mm pipettmeetodil (van Reeuwijk, 2002). Juurte proovid pesti ettevaatlikult 0,25 mm avadega sõeltel. Värsked juured analüüsiti WinRhizo (versioon 2004a) skanneri ja tarkvara abil. Skannerit kasutati digitaalse pildi loomiseks taime juurtest ning selle abil arvutati juurte maht ja läbimõõt.

Andmete statistiliseks töötlemiseks kasutati analüüsipaketti Statistica 8,0, millega viidi läbi kolmefaktoriline faktoranalüüs Fischeri testi põhjal. Faktoriteks olid liik, tallamine ja mulla kiht (sügavus).

Tulemused

Kõik uurimise all olnud katsefaktorid avaldasid statistiliselt usutavat mõju uuritud teguritele (tabel 1). Uuritud taimeliik avaldas suuremat mõju mulla lasuvustihedusele, penetromeetrilisele takistusele ja juurte keskmisele läbimõõdule. Ka mulla tallamine, mullakihi sügavus ja faktorite koosmõju avaldasid uurimistulemustele usutavat mõju, väljaarvatud tallamise–sügavuse koosmõju lasuvustihedusele. Et enamus taimede juurtest oli koondunud 0–5 cm mulla ülemisse

Tabel 1. Katsefaktorite otse- ja koosmõju kogumõjust mulla lasuvustihedusele, penetromeetrilisele takistusele, juurte mahule ja keskmisele läbimõõdule Fischeri testi põhjal

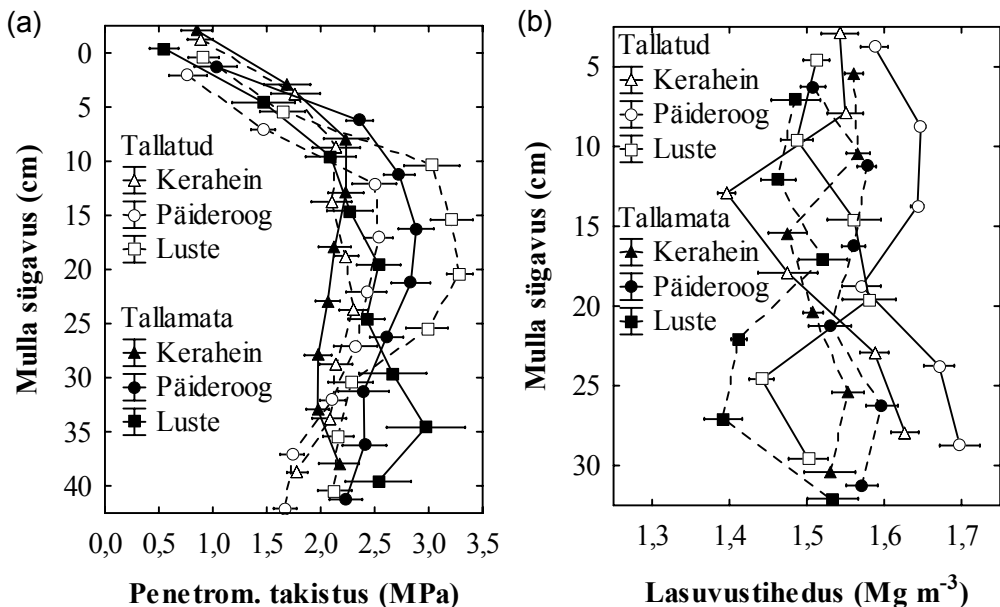
Katsefaktor	Faktorite otse- ja koosmõju kogumõjust (%)			
	Lasuvus- tihedus	Penetromeetri- line takistus	Juurte maht	Juurte läbimõõt
Liik (L)	52,5***	46,9***	12,5***	84,3***
Tallamine (T)	23,0***	4,4***	10,7**	2,8
Mulla sügavus (S)	4,4***	14,9**	62,2***	4,0**
L+T	7,7***	30,2***	7,2**	1,0
L+S	7,7***	0,9***	2,0	2,2*
T+S	0,9	1,3***	1,9	3,0**
L+T+S	2,9***	1,0***	2,3*	1,9*
Viga	0,8	0,5	1,1	0,9

* usutav $P < 0.05$; ** usutav $P < 0.01$; *** usutav $P < 0.001$

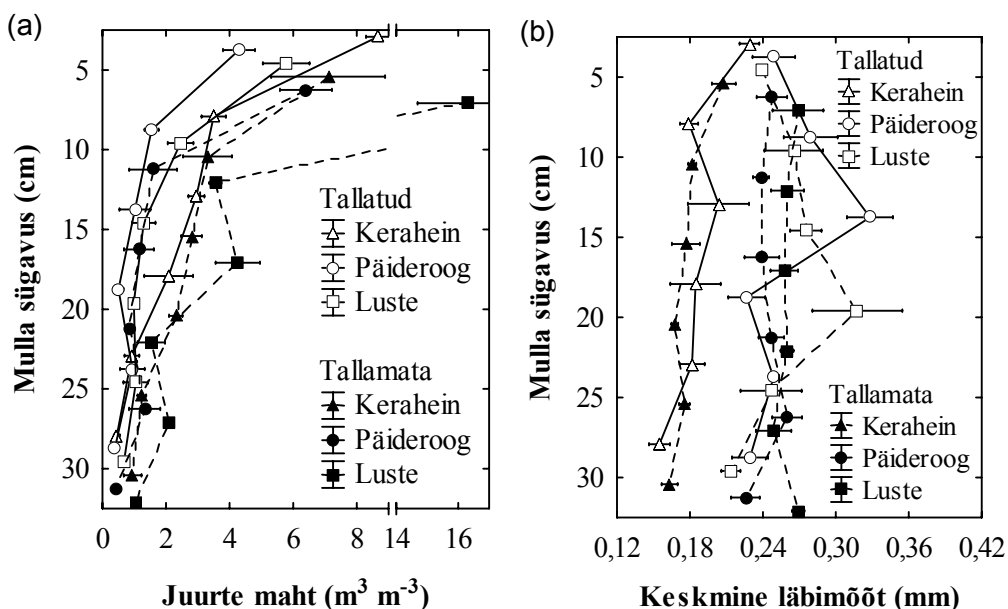
kihti (joonis 2), siis avaldab sügavus statistiliselt olulist mõju juurte mahule ja läbimõõdule. Statistiliselt usutav oli ka liigi ja tallamise mõju taimede juurte mahule, kuid puudus liigi–sügavuse ja tallamise–sügavuse oluline mõju. Mulla tallamine eraldi faktorina ja liigi–tallamise koosmõju ei avaldanud juurte läbimõõdule usutavat mõju, kuid tallamise–sügavuse ja kõikide faktorite koosmõju olid usutavad Fischeri testi põhjal.

Kõige suuremad penetromeetrilise takistuse väärtused mõõdeti luste puhul tallatud, kuid päideroo puhul ka tallamata mullas, kus see näitaja ületas 3 MPa (joonis 1, a). Statistiliselt usutavalt väiksem penetromeetriline takistus mõõdeti keraheina kasvatamisel, samas puudus ka mulla tallamise usutav mõju. Tallamine suurendas penetromeetrilist takistust mullas luste kasvatamisel. Arvatavasti suurema niiskuse sisalduse tõttu oli penetromeetriline takistus päideroo puhul suurem tallamata kui tallatud mullas. Nii tallatud kui ka tallamata mullas oli penetromeetriline takistus suurim 10–25 cm mullakihis.

Uurimisala mulla lasuvustiheduseks enne katse rajamist mõõdeti pindmises 20 cm kihis $1,63 \text{ Mg m}^{-3}$ ja järgnevas 10 cm kihis $1,58 \text{ Mg m}^{-3}$. Esimesel katseasjal läbi viidud mõõtmised näitasid lasuvustiheduse vähenemist võrreldes rajamiseelse tihedusega tallamata mullas (joonis 1, b). Vastupidiselt penetromeetrilisele takistusele, mõjutas mulla lasuvustihedust kõige rohkem luste, mille kasvatamisel mõõdeti väiksem lasuvustihedus nii tallamata kui ka tallatud mullas võrreldes teiste uuritud taimeliikidega (joonis 1, b). Suurimad lasuvustiheduse näitajad mõõdeti päideroo puhul nii tallatud ($1,65 \text{ Mg m}^{-3}$) kui ka tallamata ($1,57 \text{ Mg m}^{-3}$)



Joonis 1. Mulla penetromeetriline takistus (a) ja lasuvustihedus (b) sõltuvalt mulla tallamisest ja erinevatest liikidest. Horisontaaljooned näitavad keskmise standarddviiga



Joonis 2. Erinevate taimeliikide juurte maht (a) ja keskmine läbimõõt (b) sõltuvalt mulla tallamisest. Horisontaaljooned näitavad keskmise standardviga

mullas. Liik mõjutaski mulla lasuvustihedust rohkem kui mulla tallamine, kuid mõlema faktori mõju oli statistiliselt usutav (tabel 1). Tallamine suurendas lasuvustihedust päideroo ja luste puhul, kuid ei mõjutanud keraheina kasvatamisel, kus muutused lasuvustiheduses olid tingitud pigem mulla lõimise muutusest kui mulla tallamisest.

Juurte uuringud näitasid, et suurima ruumalaga olid luste juured tallamata mullas ning väikseima ruumalaga päideroo juured tallatud mullas kõikides uuritud mullakihtides (joonis 2, a). Kõikide uuritud kihtide keskmisena avaldas mulla tallamine statistiliselt usutavat mõju luste juurte ruumalale, mis vähenes tallamise mõjul poole võrra. Keraheinal oli tallatud mullas juurte ruumala mõnevõrra suurem kui tallamata mullas, kuid see erinevus ei olnud statistiliselt usutav. Päideroo juurte ruumala vähenemine mulla tallamise tõttu oli statistiliselt usutav ülemises 5 cm mullakihis. Nii tallatud kui ka tallamata mullas paiknes enamus juuri ülemises 5 cm kihis. Jämedaimad juured olid uuritud liikidest lustel (keskmiselt 0,260 mm) ja päiderool (0,251 mm) ning kõige peenemad keraheinal (0,185 mm) (joonis 2, b). Tallamine suurendas juurte läbimõõtu kõigil kolmel kultuuril, kuid see suurenemine ei olnud statistiliselt usutav. Jämedaimad juured olid keraheinal 5 cm, päiderool 15 cm ja lustel 20 cm sügavusel.

Arutelu

Mulla tallamine avaldas negatiivset mõju nii mulla omadustele kui ka uuritud liikide juurte mahule. Tallamise mõju mulla omadustele jäi väiksemaks keraheinal, mille puhul ei olnud tallamisel statistiliselt usutavat mõju. Põhjuseks võis

olla nii tallamise suhteliselt väike intensiivsus (2x2 ülesõitu) kui ka keraheina peenemad juured. Varasemad uurimistööd lutserniga (Kuht *et al.*, 2006) ja teiste liikidega (Trükmann *et al.*, 2006) on näidanud, et intensiivsem tallamine (6 korda 4,5 tonnise masinaga) suurendab mulla kõvadust ja lasuvustihedust ning vähendab juurte ruumala ning massi. Päiderool ja lustel võis mulla lasuvustihedust suurendada ka juurte toime. Nende kahe liigi juured olid kuni kaks korda jämedamad kui keraheinal ning mulla tallamine suurendas juurte läbimõõtu veelgi. Üldjuhul on juurte diameeter tavaliselt suurem kui mulla pooridel ning kasvades lükkab juur mullaosakesi koomale ning lasuvustihedus juurte lähedal tõuseb (Bruand *et al.*, 1996). Juurte tihendav toime võib ilmned ka tihenenud mullas, kus juured on tavaliselt lühemad ja jämedamad (Lipiec, Simota, 1994). Jämedamad olid tallatud mullas kõigi kolme liigi juured. Kuigi tallamine ei mõjutanud oluliselt keraheina, vähendas see päideroo ja luste juurte ruumala kuni neli korda pinnalähedases mullakihis. Uurimistöödes on väga hästi kindlaks tehtud, et lasuvustiheduse ja penetromeetrilise takistuse tõus üle teatud piiri takistab juurte kasvu (Sidiras *et al.*, 2001; Clark *et al.*, 2003; Kuchenbuch, Ingram, 2004). Milline see piir on, sõltub konkreetse taimeliigi vastupanuvõimest mullaomaduste halvenemisele. Mulla kõvaduse kasvades juurte pikkuskasv väheneb mullaosakeste suurenenud vastupanu tõttu ümberpaigutumisele. Antud uurimuses jäi mulla penetromeetiline takistus mulla pindmises kihis 1 MPa juurde, kuid 10–25 cm mullakihis ületas 3 MPa nii luste kui ka päideroo puhul, mida peetakse juba kriitiliseks piiriks enamuse kultuurtaimedel. Ishaq jt. (2001) leidsid, et igasugune vastupanu üle 2,0 MPa võib usutavalt vähendada juurte kasvu ja arengut. Arvatavasti mulla suurenenud vastupanuvõimest tulenevalt olid antud uurimustöös tallatud mullas juured jämedamad kui tallamata mullas kuigi see seos ei olnud statistiliselt usutav. Ka Benni (1991) leidis, et mehhaaniliselt mõjutatud juured on lühemad ja jämedamad ning rohkem harunenud kui mõjutamata juured.

Samas, mulla ülemises 10 cm kihis olid nii mulla lasuvustihedus kui ka penetromeetiline takistus väikseimad luste puhul, kuid uuritud mullakihi keskmisena keraheina puhul. Ka katsetes Türgis savirikkal mullal mõõdeti väiksem lasuvustihedus ja penetromeetiline takistus ohtetu luste kasvatamisel, võrreldes teiste uuritud rohumaa liikidega, nagu raihein (*Lolium perenne* L.) ja lutsern (*Medicago sativa* L.) (Gülser, 2006). Mõlemas uurimistöös (käesolevas kui ka Gülser, 2006) vähendas rohumaa kultuuride kasvatamine mulla lasuvustihedust. Antud uurimuses vähenes mulla lasuvustihedus rohkem kui 0,1 Mg m⁻³ võrra võrreldes mulla lasuvustihedusega enne katse rajamist (teravili) ja seda ka tallatud mullas. Ka Arshad jt. (2004) leidsid, et mulla agregatsioon oli parem ning vastupanu erosioonile suurem mitmeaastaste liikide, nagu ohtetu luste ja punase aruheina (*Festuca rubra* L.) kasvatamisel, võrreldes üheaastaste viljelussüsteemidega.

Järeldused

Vähenenud lasuvustihedus võrreldes katse rajamise algusega näitab, et kõik uuritud liigid, nagu harilik kerahein, ohtetu luste ja päideroog, on võimelised kasvama suhteliselt tihedal mullal ning oma juurtega parandama mulla füüsikalisi omadusi. Suurima juurte mahuga uuritud liikidest oli ohtetu luste nii tallatud kui tallamata mullas. Mulla tallamine mõjutas enim päideroogu, vähendades tema juurte ruumala ning suurendades lasuvustihedust ja penetromeetrist takistust. Mulla tallamine ei avaldanud olulist mõju keraheinale. Et tegemist oli esimese uurimisaasta tulemustega, on vaja jätkuvaid uuringuid, selgitamaks nende kultuuride vastupanuvõimet mulla tallamisele ning uurimaks nende juurte positiivset mõju mulla omadustele.

Tänuavaldused

Uurimusi on toetanud ETF grant nr 7622 ja Eesti Maaülikool.

Kasutatud kirjandus

- Arshad M.A., Franzluebbbers, A.J., Azooz, R.H. 2004. Surface-soil structural properties under grass and cereal production on a Mollic Cyroboralf in Canada. *Soil & Tillage Research* 77, pp. 15–23.
- Benni, A.T.P. 1991. Growth and mechanical impedance. In: *Plant Roots: The Hidden Half*. Waisel, Y., A. Eshel, U. Kafkafi (eds.), Marcel Dekker Inc., NY, pp. 393–414.
- Bruand, A., Cousin, I., Nicoullad, B., Duval, O., Begon, J.C. 1996. Backscattered electron scanning images of soil porosity for analyzing soil compaction around roots. *Soil Science Society of America Journal* 60, pp. 895–901.
- Clark, L.J., Whalley, W.R., Barraclough, P.B. 2003. Hoe do roots penetrate strong soil? *Plant and Soil* 255, pp. 93–104.
- Douglas, J.T. 1994. Responses of perennial forage crops to soil compaction. Part D. In: *Compaction in Crop Production. Soil Developments in Agricultural Engineering Series, Vol. 11*. Soane, B.D., C. van Ouwkerk, (eds.), Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands, pp. 343–364.
- Ellis, S., Mellor, A. 1995. London and New York. *Soils and Environment, XIV. Environmental Assessment of Soil for Monitoring*. 2006. Deliverable 2, Indicators and Criteria Report. Cranfield University, UK, 116 p.
- Frost, J.P. 1984. Some effects of machinery traffic on grass yield. . In: *Machinery for Silage*. Nelson, J.K., E.R. Dinnis (eds.), British Grassland Society Occ. Symposium, 17, pp. 18–25.
- Gülser, C. 2006. Effect of forage cropping treatments on soil structure and relationships with fractal dimensions. *Geoderma* 131, pp. 33–44.
- Håkansson, I. 2005. *Machinery-Induced Compaction of Arable Soils: Incidence – Consequences – Counter-Measures*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Soil Sciences. Reports from the division of soil management No. 109, 153 p.
- Horn, R. 2003. Stress-strain effects in structured unsaturated soils on coupled mechanical and hydraulic processes. *Geoderma* 1126, pp. 77–88.

- Ishag, M., Ibrahim, M., Hassan, A., Saeed, M., Lal, R. 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. *Soil & Tillage Research* 60, pp. 153–161.
- Jorajuria, D., Draghi, L. 1997. The distribution of soil compaction with depth and the response of a perennial forage crop. *Journal of Agricultural Engineering Research* 66, pp. 261–265.
- Keller, T., Défossez, P., Weisskopf, P., Arvidsson, J., Richard, G. 2007. SoilFlex: A model for prediction of soil stresses and soil compaction due to agricultural field traffic including a synthesis of analytical approaches. *Soil & Tillage Research* 93, pp. 391–411.
- Kuchenbuch, R.O., Ingram, K.T. 2004. Effect of soil bulk density on seminal and lateral roots of young maize plants (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167, pp. 229–235.
- Kuht, J., Reintam, E., Rääts, V., Trükmann, K., Edesi, L., Nugis, E. 2006. Lutserni kasvatamise mõjust tihedate muldade omadustele. Nurmekivi, Henu; Kask, Eve; Unt, Liidia (Toim.). *Agronoomia* 2006. Jõgeva: Atlex, lk. 162–165.
- Lipiec, J., Simota, C. 1994. Role of soil and climate factors influencing crop responses to compaction in Central and Eastern Europe. In: *Soil compaction in Crop Production*, Soane, B.D., van Ouwerkerk, C. (eds.), Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 365–390
- Raper, R.L. 2005 Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics* 42, pp. 259–280.
- Sidiras, N., Bilalis, D., Vavoulidou, E. 2001. Effect of tillage and fertilization on some selected physical properties of soil (0–30 cm depth) and on the root growth dynamic of winter barley (*Hordeum vulgare* cv. Niki). *Journal of Agronomy Crop Science* 187, pp. 167–176.
- Trükmann, K., Reintam, E., Kuht, J., Rääts, V. 2006. Growing of mugwort (*Artemisia vulgaris* L.), Canadian thistle (*Cirsium arvense* L.) and yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) on compacted soil. In: *Soil Management for sustainability*, Horn, R. Fleige, H., Peth, S., Peng, X. (eds.). CATENA VERLAG GMBH, Reiskirchen, Germany, pp. 362–369
- van Reeuwijk, L. P. (Ed.) 2002. *Procedures for Soil Analysis*. Sixth Edition. ISRIC Technical Paper 9, Wageningen, The Netherlands. 120 p.

LUTSERNI KASVATAMISEST TIHEDAL MULLAL

Jaan Kuht, Endla Reintam, Enn Lauringson, Liina Talgre
EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Kuht, J., Reintam, E., Lauringson E., Talgre L. 2009. About alfalfa growing on compacted soil. – Agronomy 2009.

The aim of this study was to investigate the influence of growing alfalfa (*Medicago x varia* Mart.) on physical qualities of compacted soil. The experiments were carried out at the Estonian University of Life Sciences in the research field at Erika, near Tartu. The sandy loam Stagnic Luvisol was compacted by tractor MTZ-82 (total weight 4,9 tons by multiple tyre-to-tyre passing covering uniformly the entire plots three or six times. One plot remained without compact as a control. The field trials of growing alfalfa were established in 2003. Compaction of soil for six times increased soil penetration for more than four MPa compared to the control. Total dry mass of alfalfa roots increased by 35% in the case of three times and 9% in the case of six times compaction compared to the control. The more the soil was compacted the more the dry mass of alfalfa roots accumulated in the upper layers of soil. The root system of alfalfa was able to penetrate the compacted subsoil of all treatments. In 2006 spring wheat was grown on the same plots and the penetration resistance of compacted soil was decreased due to the positive effect of alfalfa roots.

Figure 1. Soil penetration resistance of alfalfa plots in 2003 (A), 2004 (B), 2005 (C) and on spring wheat plots by different rates of compaction

Table 1. Dry mass of alfalfa roots in different soil layers by various compaction rates on the area 1m²

Keywords: alfalfa, soil compaction, roots, penetration resistance

Jaan Kuht, Endla Reintam, Enn Lauringson, Liina Talgre, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia.

Sissejuhatus

Tehnika põldudest ülesõiduga põhjustatud mulla liigtihenemise tagajärjed muudavad mulla vee- ja õhurežiimi kultuurtaimedele ebasoodsateks. Aluskihi tihenemise risk on kõrge kui avaldatud pinge on suurem mulla agrotehnilisest kandvusest. Mulla agrotehniline kandvus on mulla võime taluda traktori liikumist põllul sellisel määral, kus mulda ei tallata kinni ning taimed suudavad mulla tihenened tingimustes takistamatult areneda (Nugis, 2004). Mehaaniline sügavkobestamine on väga energiamahukas ja kulukas, sest tihes kujuneb künnikihist allapoole. Mullatihese vähendamiseks soovitatakse kasvatada sügavajuurelisi kultuure (Dexter, 1991). Ka meil pakub head perspektiivi ülemäärase mulatihese kõrvaldamisel sügavajuureliste kultuuride kasvatamine. Üheks selleks võib kujuneda lutsern. Lutsern arendab tugeva juurestiku, mis võib ulatuda isegi

mitme meetri sügavustesse kihtidesse. Soodsa niiskusrežiimiga muldadel kasvab lutsern samal kohal isegi üle 10 aasta. Lutsern on üks paremaid tihedaid muldi taluv kultuur (Bowen, 1981), kuid see taluvusvõime sõltub tugevasti mulla happesusest (Radcliffe *et al.*, 1986). E. Halleri (1969) uurimused aga näitasid, et happesus on tähtis vaid lutserniseemnete idanemisel. Reaktsiooni suhtes soodsas keskkonnas idandatud ja seejärel külvatud seemnetest või lubiväetiste toel tärganud lutsern kasvas hästi ka tugevalt happelisel (pH 4,0–4,5) mullal. Hübridlutsern eelistab kuivavõitu või soodsa niiskusrežiimiga keskmise sügavusega rähkmuldi ning saviliiv- ja liivsavimuldi. Turvas-, savi- ning liivmullad ja üleujutatavad lammimullad talle ei sobi.

Käesoleva artikliga seotud uurimistöö eesmärgiks oli uurida hübriidlutserni (*Medicago x varia* Mart.) kasvatamise mõju tihedatele muldadele.

Materjal ja meetodika

Andmete aluseks on põldkatse tulemused, mis koguti Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonna instituudi Eerika katsealalt 2003–2006. aastate vegetatsiooniperioodide vältel. Katseala mullaks oli pruun kahkjass liivsavimuld (*Stagnic Luvisol*, WRB alusel).

Katse oli rajatud foonkatsena. 2002. a. sügisel küntud põllule rajati 2003. aasta kevadel järgmised tallamisvariandid: tallamata (kontroll), tallatud 3 ja 6 kordselt ratastraktori MTZ-82 (kogumass 4,9 tons) jälg-jälje kõrval ülesõitudega põllust.

Tallamisjärgselt 2003. a. katseala kultiveeriti kahekordselt ja külvati sinna hübriidlutsern (sort 'Karlu') varajase odra allakülvina. 'Karlu' on vegetatiivse levikuvõimega hübriidlutsern, millel on väga hea talvekindlus. Sordilehel alates 1993. aastast. Samade variantidega tallati lutserni ka 2004. a. kevadel. 2005. a. lutsern koristati ja ala künti 21–22 cm sügavuselt.

2006. a. külvati samale alale suvinisu, normiga 450 idanevat tera m²-le.

Lutserni juurte proovid võeti kuni 60 cm sügavuseni 15 cm intervallidega neljas korduses, milleks kasutati terassilindreid mahuga 1130 cm³. Juured eraldati mullast sõelpesemise meetodil, kuivatati termostaadis ja arvatati nende kuivmass mullakihtides 0–15, 25–30, 30–45 ja 45–60 cm ühe ruutmeetrise mullapinna ulatuses. Samast kaevest määrati ka mulla lasuvustihedus silindrite meetodil 10 cm intervallidega.

Kogutud andmed süstematiseeriti ja tulemused arvatati arvutiprogrammi Exel abil korrelatsioon ja regressioonanalüüsi meetoditel.

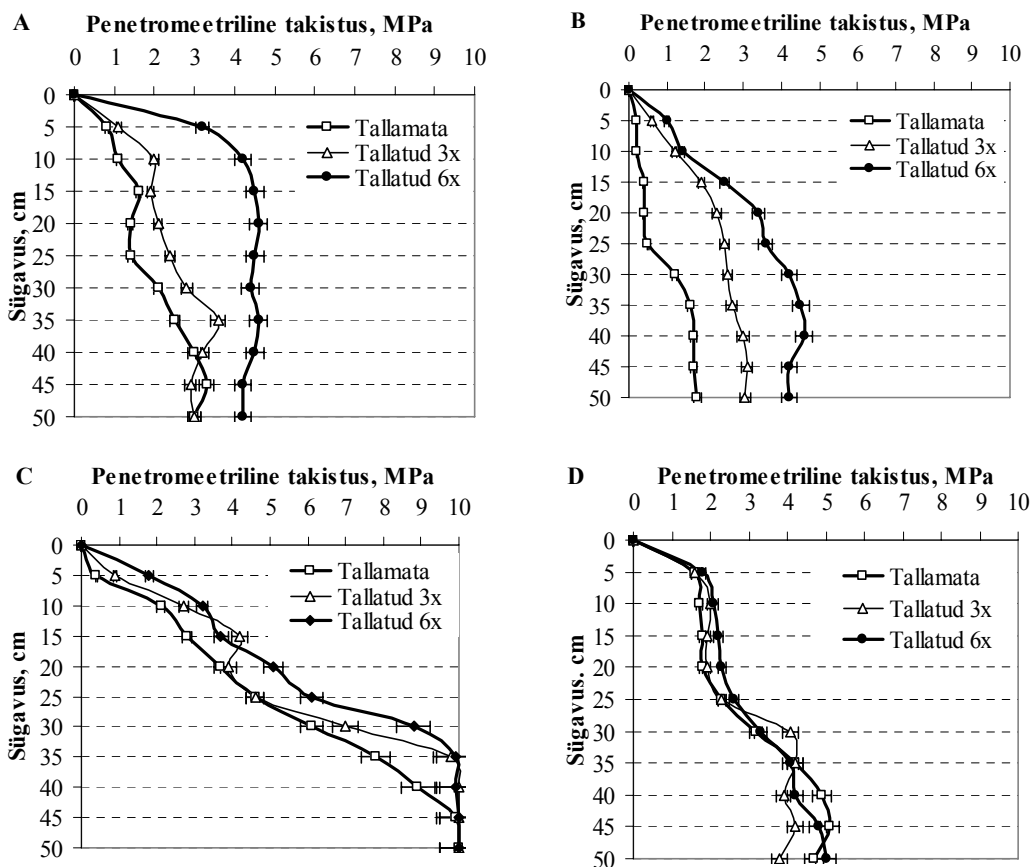
Tulemused ja arutelu

Mulla kõvadusnäitajate arvulised väärtused sõltuvad mulla niiskusesisaldusest mõõtmise ajal. Mida kuivem on muld mõõtmisperioodil, seda suurem on penetromeetrilise takistuse väärtus ning väiksemad on ka variantidevahelised erine-

vused.

2003. ja 2004. aastal oli mullas keskmine niiskusesisaldus sarnane (sügavuses 0–30 cm 16–19%, sügavuses 30–50 cm 13–15%) ja vegetatsiooniperioodid olid teistest katseaastatest viimasemad. 2005. aastal oli proovide võtmise ajal mullas vaid 12% niiskust ja variantidevahelised erinevused mulla kõvaduses olid võrreldes teiste aastatega väiksemad (joonis 1, C).

2003. aastal suurendas kuuekordne mulla tihendamine kõvadust võrreldes teiste tallamisvariantidega juba ülemises mullakihis kuni 4,6 MPa-ni mis püsis ka sügavamal suurusjärgus üle 4 MPa (joonis 1, A).



Joonis 1. Lutserni kasvuala mulla penetromeetriline takistus 2003. (A), 2004. (B), 2005. (C) aastatel ja suvinisul 2006. aastal (D) erinevatel mulla tihendamise tasemetel

2004. a. tõusis kõvadus kontrolli suhtes põhiliselt traktoriga kolmekordse lutsernipõllust ülesõidu foonil (joonis 1, B). On märgatud, et orgaanilise aine koguse suurenemine mullas mõjutab positiivselt ka mulla vastupanuvõimet tihendamisele (Quiroga *et al.*, 2000). Samas aga võis täheldada mõningast künnikihi

kõvaduse vähenemist. Kui 0–25 cm oli tallamata ala keskmine kõvadus 0,3 MPa, siis kolmekordsel tallamisel 1,4 MPa ning kuuekordsel 2,0 MPa võrra sellest suurem. Sügavamal, 25–50 cm kihis mõõdeti kontrollvariandi keskmiseks kõvaduseks 1,6 MPa, kolmekordsel tallamisel oli see 1,3 MPa ning kuuekordsel 2,7 MPa võrra suurem. On tähelepanekuid, et taimejuurte toimel mulla kõvadus suureneb. Juurte diameeter on tavaliselt suurem kui enamikul mulla pooridest ning kasvades lükkab juur mullaosakesi koomale ning lasuvustihedus juurte lähedal tõuseb (Bruand *et al.*, 1996).

Mulla süvakihtides paiknev tihe mõjutab ka paljusid teisi mulla omadusi, sealhulgas kõvadust, õhustatust, vee- ja soojusrežiimi, mis omakorda mõjutavad juurte levikut, kultuuride kasvu ning produktsiooni (Lipiec, Hatano, 2003).

Tihedaks tallatud muldadel on takistatud taimejuurte kasv ja ka arenemine. Juurekava jääb nõrgaks ning väheneb nende vett ja toitaineid omastav pind. Väga tallatud alal ei õnnestugi juurtel tungida sügavamatesse mullakihtidesse (Bowman, Arts, 2000). Juba 1,2 MPa juures väheneb järsult enamike kultuurtaimede juurestiku edasitungimisvõime (Benni, 1991), millega pidurdub taime kasv ja muutub tema areng.

2004. a. mõõtmistulemuste alusel suurenes kolmekordse tallamise tulemusel lutserni juurte kuivmass kontrolliga võrreldes 0–15 cm kihis 2,2, 15–30 cm kihis 1,45 kordselt ja 30–45 cm kihis vaid 1,1 kordselt (tabel 1). Kuid samas vähenes see märgatavalt kõige sügavamas, 45–60 cm kihis – 3,9 kordselt võrreldes kontrolliga.

Tabel 1. Lutserni juurte kuivmass erinevatel tihendamise tasemetel 1 m² alal erinevates sügavustes 2004. ja 2005. aastal

Mullakiht cm	Tallamiskorrad ja aastad					
	Kontroll		3 korda		6 korda	
	2004.a	2005.a.	2004.a	2005.a.	2004.a	2005.a.
0–15	686	835	1530	815	1323	782
15–30	589	431	545	663	389	681
30–45	208	358	231	187	167	148
45–60	268	207	69	76	38	78
Kokku	1751	1831	2375	1741	1917	1689

Nagu erinevatest tallamisvariantidest võib märgata, suurenes tallatud ala lutserni juurte kogu kuivmass 2004. a. võrreldes tallamata fooniga ja vähenes halvenenud mullaomaduste tagajärjel kuus korda tallatud variandis uuesti. Mulla ülemises 30 cm paksuses kihis paiknes kogu mõõdetud juurte massist 73% tallamata alal, kolmekordsel 87% ning kuuekordsel tallamisel 89%.

Ka 2005. a. mõõtmistulemused näitasid, et tallamise mõjule allunud variantides paiknes mulla ülemises, 0–30 cm osas rohkem lutserni juuri kui kontrollis, kuid mõnevõrra suurenes juurte osatähtsus ka sügavamas, 30–60 cm kihis. Mulla

ülemises 30 cm paksuses kihis paiknes kogu mõõdetud juurte massist kontrollalal 69%, kolmekordsel 85% ning kuuekordsel tallamisel 86%.

Siit järeldub, et mida rohkem mulda tallatakse, seda enam juuri paigutub mulla ülakihtidesse, kuid järgnevatel aastatel levib neid rohkem ka sügavamatesse, püsiva tihesega mulla osadesse. Selle tulemusena tekib lutsernjuurte toimel mullapoore ka süvakihtidesse. Taimede juured võivad läbi tungida tihendatud kihtidest ning mulla elustik saab aeglaselt suurendada makropoorsust (Johnson *et al.*, 1990). Jämedamad taimejuured on võimelised mullas paremini levima kui peenikesed juured (Whitely, Dexter, 1984). Kaheiduleheliste juuri mõjutab tihe muld vähem kui üheiduleheliste omi (Materachera *et al.*, 1991).

See väljendus selgesti ka järgneva aasta suvinisu all oleva tallatud mulla kõvaduse vähenemises (joonis 1, D). Künnikihis selgepiirilisi erinevusi kõvaduses ei esinenud ja 30–50 kihis oli märgata vaid 0,3 MPa võrre suurem kõvadus vaid kuuekordse tallamise foonil.

Järeldused

Uurimistulemustest selgus, et mida rohkem mulda tallatakse, seda enam lutserni juuri paigutub mulla ülakihtidesse, kuid järgnevatel aastatel levib neid rohkem ka sügavamatesse, püsiva tihesega mulla osadesse. Kuid lutserni kasvatamise perioodil ei vähenenud mulla kõvadus ja ega ilmnenud lutsernil 2004. ja 2005. a. tihendatud mullale ka kobestavat toimet. Küll aga avaldus lutsernjuurte mulla süvakihte kobestav mõju alles järgneva, 2006 aasta suvinisu foonil kui lutserni juurejäänused olid kõdunenud. See asjaolu viitab võimalusele, et pärast lutserni kasvatamist paranevad mullaomadused surnud lutsernitaimede juurekäikude abil tallatud muldadel ja seda ka mulla sügavamates osades. Lutserni mitmeaastane kasvatamine on seega kasulik mitte ainult mulla orgaanilise toitainetevaru täiendamise seisukohalt, vaid ka tihedate muldade omaduste parandamisel nii künnikihis kui selle all.

Tänuavaldused

Artikkel on valminud tänu ETF grandil nr 5418 ja 7622 toetusele.

Kasutatud kirjandus

- Bennie, A. T. P. 1996. Growth and mechanical impedance. In *Plant Roots: The Hidden Half*. Eds.), Waisel, Y., Eshel, A. & Kafkafi. 2nd Edition. Marcel Dekker Inc, New York, pp. 453–470.
- Bowen, H. D. 1981. Arkin, A. F., Taylor, H. M. Modifying the root environment to reduce crop stress. *Am. Soc. Agric. Eng. Monogr.* 4. ASAE, St. Joseph, MI, p. 21–57.
- Bowman, L. A., Arts, W. B. M. 2000. Effect of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. *Applies Soil Ecology*, 14 (3), pp. 213–222.
- Bruand, A., Cousin, I., Nicoullad, B., Duval, O., Begon, J. C. 1996. Backscattered electron

- scanning images of soil porosity for analysing soil compaction around roots. *Soil Sci. Soc. Am. Journal*, 60, pp. 895–901.
- Dexter, A.R. 1991. Amelioration of soil by neutral processes. – *Soil Tillage Res.* 20, pp. 87–100.
- Johanson, J. F., Voorhees, W. B., Nelson, W. W. & Randall, G. W. 1990. Soybean growth and yield as affected by surface and subsoil compaction. *Agronomy Journal*, 82, pp. 973–979.
- Haller, E. 1969. *Idanemiskeskonna mõju põllukultuuride saagile*. Tallinn, 275 lk.
- Lipiec, J, Hatano, R. 2003. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. Elsevier Science, *Geoderma* 116, pp. 107–136.
- Materachera, S.A., Dexter, A.R. & Alston A.M. 1991. Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species. *Plant & Soil*, 135, pp. 31–41.
- Nugis, E. 2004. Teoreetilised lähtealused muldade tallamisel ja tallatavuse hindamisel. E., Kuht, J., Viil, P., Müüripeal, M. Kuidas vältida tootlike masintehnoloogiate tallamismõju mullale? Sihtasutus Eesti Teadusfond, Saku, lk.15–42.
- Quiroga, A.R., Buschiazzo, D.E. & Peinemann, N. 2000. Soil compaction is related to managements practices in the semi arid Argentina pampas. *Soil & Tillage Research*, 52 (1–2), pp. 21–28.
- Radcliffe, D. E., Clark, R. L., Summer, M. E. 1986. Effect of gypsur and deep-rooting perennials on subsoil mechanical impedance. – *Soc. Sci. Soc. Am. J.* 50, pp. 1566–1570.
- Whitely, G. M. & Dexter, A. R. 1984. The behaviour of root encountering cracs in soil. I Experimental methods and results. *Plant & Soil*, 77, pp. 141–149.

LIBLIKÕIELISTE HALJASVÄETISKULTUURIDE JÄRELMÕJU MULLA LASUVUSTIHEDUSELE JA VIHMAUSSIDE ARVUKUSELE

Enn Lauringson, Liina Talgre, Jaan Kuht, Arvo Makke

EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Lauringson, E., Talgre, L., Kuht, J., Makke, A. 2009. Effect of green manure legume crops on soil bulk density and earthworm quantity. – *Agronomy* 2009.

An experiment was carried out on the experimental fields of Estonian University of Agriculture in 2006 and 2007. One of the goals was to study the effects of green manure crops on soil characteristics and the quantity of earthworms.

The green manure crops in the experiment were red clover, white sweet clover and hybrid lucerne, ploughed into the soil either in autumn or the following spring. Biomass, brought into the soil with green manure, affected soil bulk density and earthworm quantity in the soils under successive crops. Compared to a cereal trial, decrease in soil bulk density in the upper 20-30 cm layer was the biggest in the trials where lucerne and sweet clover having wide and deep root systems were ploughed in. Earthworm population was the most numerous in the variants, where the legumes cultivated for the second year brought large amount of organic matter in the soil. In those trials "calm" period of the soil left without tillage was also longer.

Figure 1. *Effect of green manure crop on soil bulk density of first year after-crop (wheat)*

Figure 2. *Effect of green manure crop on soil bulk density of second year after-crop (barley)*

Figure 3. *Effect of green manure on earthworm quantity*

Keywords: *soil, planting time, bulk density, earthworm*

Enn Lauringson, Liina Talgre, Jaan Kuht, Arvo Makke, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia

Sissejuhatus

Nii mahe- kui ka tavaviljeluse korral sõltub mullaviljakus olulisel määral orgaaniliste väetiste kasutamisest. Mulda viidava orgaanilise aine arvel paraneb muldade humusseisund, sellest tulenevalt ka struktuursus, füüsikalised ja hüdrofüüsikalised omadused. Rikkalik orgaanilise aine muldaviimine mõjub soodsalt mulla elustikule ja mulla bioloogilisele aktiivsusele.

Mulla lasuvustihedus on üks olulisemaid mulla viljakust iseloomustavad näitajaid, sest selle muutumine mõjutab peaaegu kõiki mulla omadusi ja taimede kasvutingimusi nii humushorisondis kui ka sellest sügavamal. Mulla lasuvustihedus on dünaamiline suurus ja väga keerulises sõltuvuses mulla struktuuri vastupidavusest, lasuvuse iseloomust, sademetest, kultuurist ja mulla veesisalduse muutumisest. Põllukultuuride saagikuse ja mulla lasuvustiheduse vahelise seose

analüüs on näidanud, et optimaalseks lasuvutiheduseks on 1,20–1,35 g cm⁻³ (Kitse, 1978). Mullastruktuur saab säilida ja paraneda üksnes nendes agroökosüsteemides, mis tagastavad piisava koguse taimevarist põllumulda. Koristusjärgselt põllule jääva orgaanilise aine ja lasuvutiheduse vahel on tihe korrelatiivne seos (Streltšenko jt., 1989). Järelikult peaks külvikorras olema oluline koht haljasväetiskultuuridel, mille sissekännil viime mulda suure koguse orgaanilist ainet.

Oluline osa mullaviljakuse kujunemisel on vihmaussidel, mis teeb selle loomarühma vähemalt taimede produktiivsuse seisukohalt kõige tähtsamaks teiste loomade seas, kes kunagi on inimkonnaga maakera pinda jaganud (Lee, Foster, 1991). Taimset materjali ümber töötades soodustavad nad huumuse moodustumist ja mulla rikastamist lämmastikuga. Nende intensiivse elutegevuse tulemusena on täheldatud paljude kultuuride saagikuse suurenemist. Tugevat mõju vihmausside elutegevusele avaldavad mullaharimine, viljavaheldus, väetamine ja taimekaitse.

2006. ja 2007. a. rajati EMÜ põllumajandus- ja keskkonnainstituudi katsepõllule katse, kus ühe uurimisteamana selgitati millist mõju avaldavad haljasväetiskultuurid mulla omadustele ja vihmausside arvukusele.

Materjal ja meetodika

Katse toimus ebastabiilse niiskusraamiga kahkjäl kerge liivsaviõimisega mullal (*Stagnic Luvisol* (WRB klassifikatsiooni järgi)), mille künnikihi tüsedus oli 27–29 cm.

Katselapid paiknesid neljas korduses.

Katsevariandid olid järgmised:

a) liblikõielised haljasväetiskultuurid (punane ristik, valge mesikas, hübriidlutsern), muldakünd külviaasta sügisel. Esimese aasta järelkultuuriks oli suvinisu, teisel aastal oder

b) liblikõielised haljasväetiskultuurid (punane ristik, valge mesikas, hübriidlutsern) odra allakülvina, muldakünd külviaasta sügisel. Esimese aasta järelkultuuriks oli suvinisu, teisel aastal oder

c) liblikõielised haljasväetiskultuurid (punane ristik, valge mesikas, hübriidlutsern) odra allakülvina, muldakünd teise kasvuaasta suvel. Esimese aasta järelkultuuriks oli talinisu, teisel aastal oder

d) väetamata oder (kontroll)

Kattekultuuriks oli oder 'Inari'. Liblikõieliste kultuuride maapealne biomass ja juurte mass määrati enne kündi, teraviljadel enne koristamist. Liblikõieliste haljasmass ja teravilja põhk künti mulda.

Liblikõieliste haljasväetiste sissekünd toimus 23–25 cm sügavuselt.

Lasuvutiheduse proovid võeti 88,20 cm³ terassilindritega peale teravilja koristamist, samal ajal määrati ka vihmausside arvukus. Vihmaussid sorteeriti mullast (40x40 cm kaeve 30 cm sügavuseni) käsitsi. Katseandmed töödeldi statistiliselt ühefaktorilise dispersioonanalüüsi (ANOVA) meetodil.

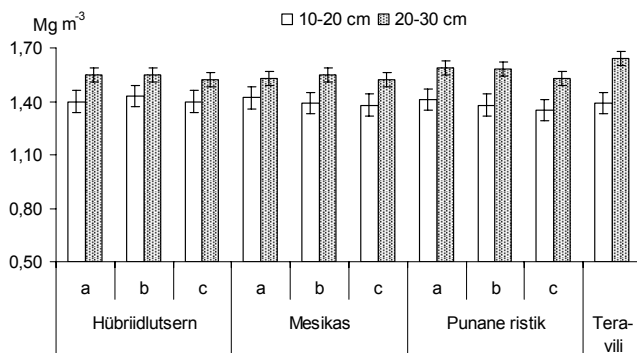
Tulemused

Haljasv etiskultuuri kasvuaeg ja konkurentsivõime mõjutas taimiku biomassi. Allak ulvidest moodustas suurima biomassi (juured+maapealne mass) valge mesikas. Puhask ulvidest moodustasid külviaastal suurima biomassi mesikas ja lutsern 7,2 ja 6,5 t ha⁻¹ kuivainet, kusjuures puhaskülvides moodustas juurte mass kogu biomassist keskmiselt 45–50%. Teise aasta puhaskülvide biomass oli tunduvalt suurem, kusjuures suurim maapealne biomass moodustus ristikul ja suurima juurtemassiga oli lutsern. Teravilja puhaskülvidega viidi mulda tagasi põhku ja juuri keskmiselt 3,9–4,2 t ha⁻¹.

On leitud, et suurem juurte mass mitte ainult ei mõjuta mulla f uusalisi omadusi, vaid ka mulla bioloogilisi omadusi ja j relkultuuride saaki (Lauringson jt., 2004). Tihedas mullas oli odra toitainete omastamine kuni 70% väiksem, kui normaalse tihedusega mullas (Reintam, Kuht, 2004).

Haljasv etiskultuuride sissekünni järgselt mõjutas 10–20 cm mullakihis lasuvutihedust kõige enam, võrreldes teravilja variandiga, ristiku teise kasvuaasta sissekünd (joonis 1). Põhjuseks ilmselt suurim mulda viidud maapealse biomassi kogus. Antud katse käigus tehtud uurimised näitavad, et punase ristiku nii maapealne biomass kui ka juured lagunevad võrreldes teiste katses olnud liblik oeliste biomassiga kiiremini ja seega tema mõju mulla h udrof uusalistele omadustele võib j ada l uhiajalisemaks aeglasemalt lagunevatest liblik oelistest.

Kui 10–20 cm mullakihis ei olnud olulisi erinevusi lasuvutiheduse näitajate osas (erinevused jäid katsevea piiridesse) sõltumata sellest, kas tegemist oli allak ulvi, külviaasta puhaskülvi või teise aasta haljasmassi sissek unniga, siis 20–30 cm kihis ilmnes teise kasvuaasta liblik oeliste mulda kobestav tendents. Võrreldes teravilja variandiga vähenes lasuvutihedus huumushorisondi 20–30 cm sügavuses mullakihis kõige enam variantides, kus künti mulda suurema ja sügavamale ulatuva juurekavaga lutsern ja mesikas.

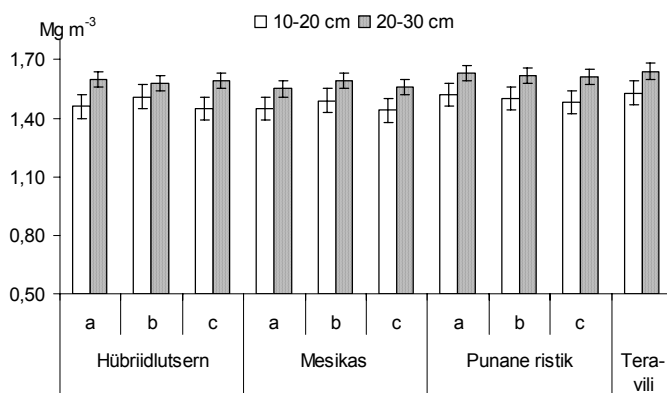


a – allakülv, b – puhaskülv, c – 2. kasvuaasta liblik oelised

I – näitab usalduspiire 95% usutavuse juures

Joonis 1. Haljasv etise mõju mulla lasuvutihedusele esimese aasta j relkultuuri põllul (nisu)

Teise aasta järelkultuuri (nisu) põllul olid lasuvustihedused ühtlustunud mõlemas mullakihis (joonis 2). See kinnitab, et Lõuna- ja Kesk-Eesti suhteliselt huumusvaesed ning halva struktuuriga mullad tihenevad kiiresti, on seega tal- lamisõrnad ja nende oluliseks parandamiseks ei piisa lühikesel perioodil raken- datavatest abinõudest. Sama tendents on ilmnenud ka varasemates uuringutes (Vipper, Lauringson, 1987). Küll aga on uurimused näidanud, et pikaajalistes külvikorrakatsetes avaldus just teises rotatsioonis kobestav mõju veel kolm aastat pärast põldheina kasvatamist (Lauringson jt., 2004). Väiksem mulla tihedus tagab ka suurema mulla veesisalduse ja suurema veevaru künnikihis. Tihedamas mullas on gravitatsioonivee äraliikumine takistatud, mistõttu vesi püsib kauem mullas. Ka suureneb peente pooride osa, kus on vesi, ning väheneb suurte õhu- ga täidetud pooride hulk (Reintam jt., 2008). P. Viili (2004) andmetel suurenes veeläbilaskvus kaheaastase ristikurohke põldheina kasvatamise järel 50% võrra.



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

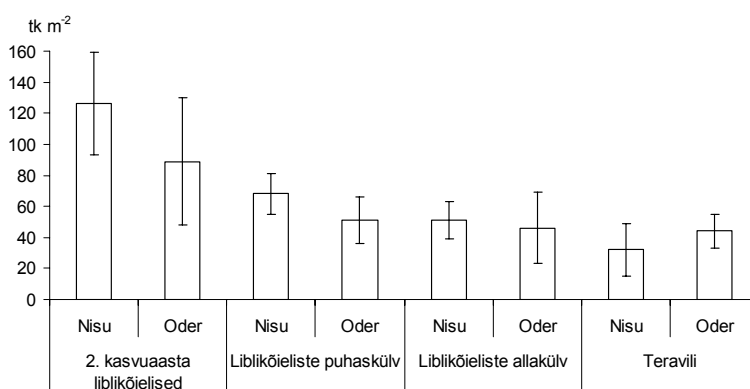
I – näitab usalduspiire 95% usutavuse juures

Joonis 2. Haljasväetise mõju mulla lasuvustihedusele teise aasta järelkultuuri põllul (oder)

Vihmausside arvukus sõltub paljudest teguritest. A. El Titi ja U. Upach (1989) väidavad, et kõige olulisem faktor, mis mõjutab vihmaussi populatsioone, on kättesaadava orgaanilise aine või varise kogus ja kvaliteet. Ka antud katses 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. Puhas- ja allakülvidega viidi mulda ligikaudselt võrdne biomassi kogus. Allakülvide biomassis (põhk+liblikõielised) on laiem C/N suhe ja orgaanilise aine lagunemine toimub aeglasemalt. Seega tagas liblikõieliste puhaskülvide biomassi sissekünd vihmaussidele soodsamad tingimused ja nende suurema arvukuse. Kõige madalam oli vihmausside arvukus variandis, kus kasvatati ainult teravilja (joonis 3). Ka varasemad uurimused on näidanud, et vihmausside arvukuse ja teise kasvuaasta põldheina juurtemassi vahel

oli tihe seos ($r = 0,88^{**}$) (Laurinson, 2003). P. Viili (2006) andmetel oli kõige rohkem vihmausse teise aasta põldheinaväljal, ning vihmausside eluks ebasoodsatele tingimustele teravilja väljadel viitas ka nende väiksem biomass kui põldheinaväljal.

Otsest vihmausside mõju kultuurtaimede saagile on metoodiliselt väga raske tõestada, sest nad mõjutavad mulda nii füüsikalise-keemiliselt kui ka bioloogiliselt. Vihmaussid ja sügavajuurelised liblikõielised tekitavad allpool künnikihti suure biopooride hulga, mis parandab oluliselt muldade hüdrofüüsikalisi omadusi. See omakorda soodustab taimejuurte tungimist mulda ja tagab paremad tingimused järelkultuuride saagi moodustumiseks.



I – näitab standardviga

Joonis 3. Haljasväetiste mõju vihmausside arvukusele

Kokkuvõte

Haljasväetistega muldaviidud biomass mõjutas mulla lasuvustihedust ja vihmausside arvukust järelkultuuride mullas. Võrreldes teravilja variandiga vähenes lasuvustihedus huumushorisoni 20-30 cm sügavuses mullakihi kõige enam variantides, kus künti mulda suurema ja sügavamale ulatuva juurekavaga lutsern ja mesikas. Vihmausside arvukus oli suurim variantides, kus teise kasvuaasta liblikõielistega viidi mulda suur kogus värsket orgaanilist ainet ja tagati neile ka pikem nn „mullarahu“, kus mullaharimist ei toimunud.

Tänuavaldused

Uurimisi on toetanud Põllumajandusministeerium

Kasutatud kirjandus

- El Titi, A., Upach, U. 1989. Soil fauna in sustainable agriculture: results of an integrated farming system at Lautenbach, F. R. G. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 27, pp. 561–572.
- Lauringson, E. 2003. Agrotehniliste võtete mõju mulla omadustele, umbrohtumusele ja põllukultuuride saagile. Väitekiri. Tartu, 179 lk.
- Lauringson, E., Vipper, H., Talgre, L. 2004. Agrotehniliste võtete mõju mulla füüsikalistele omadustele. *Agrarteadus XV*, 2., pp. 107–117.
- Lee, K. E., Foster, R. C. 1991. Soil fauna and soil structure. *Aust. J. Soil Res.*, 29, pp. 745–775.
- Kitse, E. 1978. Mullavesi. Tallinn. Valgus, 142 lk.
- Reintam, E., Kuht, J. 2004. Muutused odra toitainete tarbimises sõltuvalt liigtihendatud mulla agroökoloogilisest seisundist. *Agrarteadus 15*, pp. 146–153.
- Reintam, E., Trükman, K., Kuht, J., Selge, A., Krebstein, K. 2008. Mõningate mulla füüsikaliste omaduste muutusest intensiivse kasutusega rohumaal. *Agronoomia 2008*, lk. 111–114.
- Streltšenko jt.: Стрельченко В. П., Кожушко Н. П., Хризмал С. Л. 1989. Влияние органических остатков на плотность легких дерново-подзолистых почв. *Почвоведение*, 9, с. 52–57.
- Viil, P. 2004. Mulla tallamise agrotehnoloogilised aspektid. Kuidas vältida tootlike masintehnoloogiate negatiivset tallatismõju mullale. Koostaja E. Nugis. 165 lk.
- Viil, P. 2006. "Erinevate mullaharimise ja külvitehnoloogiate mõju uuring tera- ja kaunviljade saagikusele viljavahelduslikus ja monokultuurses külvikorras" http://www.pikk.ee/upload/File/Rakendusuringud/Lopparuanne_111_2002_2006.pdf
- Vipper, H., Lauringson, E. 1987. Erinevate agrokomplekside mõjust mulla omadustele. Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses, 1, lk. 3–14.

VILJELUSVIISI MÕJU KAERA (*AVENA SATIVA*) UMBROHTUMUSELE MAHE- JA TAVAPÕLLUMAJANDUSLIKUS KÜLVIKORRAS

Liina Edesi¹⁾, Malle Järvan¹⁾, Miralda Paivel²⁾

Eesti Maaviljeluse Instituut¹⁾, Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool²⁾

Abstract. Edesi, L., Järvan, M., Paivel, M. 2009. The influence of tillage systems on oat (*Avena sativa*) weediness in organic and conventional cropping systems. *Agronomy* 2009.

Interest in organic farming is growing rapidly in Europe. The resulting expansion of the organic farming area has been expected to enhance the biodiversity of agricultural habitats. Organic cropping practices can be hypothesized to support a higher number of weed species than conventional cropping and also to favor herbicide-susceptible and less-nitrophilous species. The effect of organic and conventional methods on the number and dry mass of weeds in oat trials was identified. The field trials were performed in Central-Estonia in Olustvere during years 2007–2008. In the trial area the field crops have been grown according to the principles of organic farming since 2002. There was since 2007 a five-field crop rotation, the crops being clover, winter rye, potato, oats and barley with undersown clover. In the crop rotation the size of each field was 1,2 ha, which was divided into three equal parts (4000 m² each) between the farming methods. Since 2007 the following cultivation methods were carried out: organic I – with green manure, organic II – with cattle- and green manure, and conventional (manure, mineral fertilizer and pesticides were used).

This study showed that even a short period of organic cropping is beneficial for weed species diversity, but the differences in weed species numbers between organically and conventionally cropped fields were, however, smaller than reported in previous studies.

Figure 1. Number of weed species (mean ±SE) in 2007 and 2008

Figure 2. Number of weeds (mean±SE) in 2007 and 2008

Figure 3. Dry mass of weeds (mean±SE) in 2007 and 2008

Table 1. The Number and dry mass of weeds in 2008

Keywords: organic and conventional cropping methods, the number and dry mass of weeds

Liina Edesi, Malle Järvan Department of Plant Sciences, Estonian Research Institute of Agriculture, Teaduse St. 13, 75501 Saku, Estonia

Miralda Paivel Olustvere School of Service and Rural Economics, Müüri St. 4, 70401 Olustvere, Estonia

Sissejuhatus

Seoses Euroopa Liidu põllumajanduspoliitikaga on toimunud mahepõllumajandusliku tootmise kiire kasv. Tänapäeval on tavapõllumajanduslik toot-

mine põhjustanud põllumajandusmaastikel loodusliku mitmekesisuse vähenemist (Potter, 1997; Potts, 1997), nüüd loodetakse, et seoses mahepõllumajandusliku tootmise kasvuga see protsess pöörduv. Mitmetes Põhja- ja Kesk-Euroopas teostatud uuringutes on võrreldud umbrohtude liigilise koosseisu erinevust teraviljapõllul seoses põllumajanduse intensiivsusega (mahe vs. tava) ja enamusel juhtudel on ilmnenud suurem umbrohuliikide arvukus just mahepõllumajanduslikus tootmises (Hole *et al.*, 2005). Mahepõllumajanduslik tootmine erineb tavapõllumajanduslikust selle poolest, et seal ei kasutata keemilisi taimekaitsevahendeid ja mineraalväetisi, mullaviljakuse säilimise tagamiseks rakendatakse erinevatest põllukultuuridest koosnevat külvikorda. On leitud, et tänu sellistele meetmetele on umbrohukoosluste liigiline koosseis mahepõllumajanduslikult viljeletavatel põldudel märkimisväärselt suurem kui tavapõldudel (Callauch, 1981; Ammer *et al.*, 1988; Moreby *et al.*, 1994; Hald, 1999). Samuti on leitud, et mahevilljelu toetab nende umbrohuliikide säilimist, mille populatsioone ohustaks muidu hävimine (Albrecht, Mattheis, 1998; Rydberg, Milberg, 2000). Uuringutes on leitud, et seoses herbitsiidide kasutamise vähenemisega on tõusnud laialehiste umbrohuliikide arvukus (Moreby *et al.*, 1994) ning umbrohuliikide tundlikus herbitsiidide suhtes (Hald, 1999; Hyvönen, Salonen, 2002) on hakanud suurenema. Mahepõllumajanduses kasutada lubatud väetistega antakse võrrelduna tavatootmises kasutatavate väetistega mulda madalamad lämmastiku kogused, mis loovad soodsad tingimused mitte-lämmastikulembestele liikidele (Rydberg, Milberg, 2000) ja liblikõielistele (van Elsen, 2000). Teisest küljest aga on leitud, et mahepõllumajanduses kasutatav sõnnik on soodne lämmastikulembestele liikidele, nagu näiteks maltsaliste (*Chenopodiaceae*) sugukonna esindajatele (van Elsen, 2000). Sõnnikut võib kasutada kas otse või kompostitult. Kompostitud sõnnikul on värske sõnniku ees mitmeid eeliseid nagu näiteks umbrohuseemnete eluvõime vähenemine ja osakeste väiksem ja ühtlasem struktuur, mis loob head tingimused sõnniku ühtlaseks laotamiseks põllule (Wiese *et al.*, 1998; Richard, Choi, 1999; Larney, Blackshaw, 2003). Lämmastikku sisaldavad väetised, nagu ka värske- ja kompostitud sõnnik, võivad mõjutada umbrohuseemnete idanemist (Egley, Duke, 1985; Menalled *et al.*, 2002). Paljud umbrohud on suure lämmastiku tarbega (Qasem, 1992; Hans, Johnson, 2002), limiteerides sellega kultuurtaimede kasvu. Umbrohud vähendavad nii kultuurtaimede omastatava lämmastiku kogust ja nende kasv suureneb suurema lämmastiku sisaldusega muldadel (Supasilapa *et al.*, 1992; Blackshaw *et al.*, 2003).

Mahepõllumajanduses tuleb läbida kaheaastane üleminekuperiood, enne kui oma saadusi saab mahepõllumajandusele viitavalt märgistada. Siiski võib oletada, et see võtab aega kauem kui kaks aastat, enne kui leiavad aset muutused umbrohuliikide koosluses (Becker, Hurler, 1998). See on eriti tähtis siis, kui uut mahepõllumajanduslikult viljeldavat põldu on eelnevalt haritud intensiivse viljeluse printsiipide alusel seega on kasutatud herbitsiide ja mineraalväetisi.

Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida kaera väljal esinenud pika- ja

lühiealiste umbrohtude arvukuse ning kuivmassi erinevusi mahe- ja tavapõllumajanduslikus külvikorras 2007. ja 2008. aastal.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö viidi läbi 2007–2008. aastal Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskooli õppetalu põllul, kus on alates 2002. aastast järgitud maheviljeluse printsiipe. Uurimistöös võrreldi kaera umbrohtumust kolmes viieväljalises külvikorras, kus kultuuride järjestus oli sama (oder ristiku allakülviga, ristik, rukis, kartul, kaer), erinevus oli vaid kasutatavates taimekaitsevahendites ja väetistes. 2007. aasta kevadel jagati ca 1,2 ha suurused pikad väljad kolme võrdsesse ossa, mis võimaldas võrdsetes tingimustes võrrelda kaht maheviljeluse viisi (I - haljasväetisega II – haljasväetise ja sõnnikuga) ja tavaviljelust (III).

2007. ja 2008. aastal väetati tavapõllumajanduslikus variandis kaera enne külvi NPK-kompleksväetisega (N 60 P 20 K 60 kg ha⁻¹), mahepõllumajanduslikke kaera variante ei väetatud. 2008. aastal oli kaera eelviljaks kartul, mille II ja III variandile anti 2007. aastal sõnnikut. 2007. aastal oli aga kaera eelviljaks oder (eelnimetatud kultuuride järjestusega külvikorra sisseviimist alustati 2007. aastal), millele ei antud 2006. aastal sõnnikut. 2004. ja 2005. aastal aga kasvatati samal väljal ristikut, mis haljasväetisena sisse künti. Seega saame käsitleda 2007. aastal vaid mahepõllumajanduslikku varianti- I.

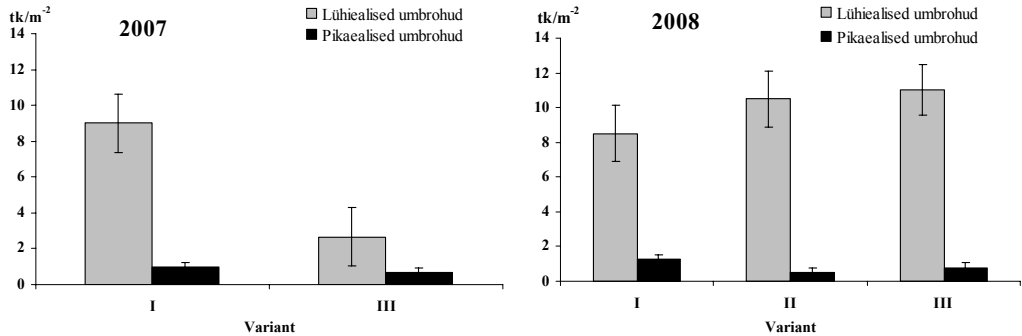
Kaer külvati aprilli lõpus normiga 200 kg ha⁻¹. Tavapõllumajanduslikus variandis (III) kasutati mai keskpaigas kaheiduleheliste umbrohtude tõrjeks herbitsiidi Sekator. Mai lõpus äestati ökoäketega kõik katsevariandid.

Juuni lõpus - juuli alguses võeti kaera välja erinevate katsevariantide 0,25 m² suuruselt pinnalt neljas korduses proovid, umbrohtude liigilise koosseisu, arvukuse ja kuivmassi määramiseks.

Tulemused ja arutelu

Umbrohuliikide arv. 2007 aasta kaera eelkultuuriks oli oder. Enne otra kasvatati sellel väljal kaks aastat ristikut. 2007 aastal oli umbrohuliike I variandis oluliselt rohkem (joonis 1; 9 liiki m⁻²), kui tavapõllumajanduslikus III variandis (4 liiki m⁻²) ja seda olenemata sellest, et ka tavapõllumajanduslikku varianti oli eelneva viie aasta jooksul viljeldud mahepõllumajandusliku taimekasvatuse nõuete kohaselt.

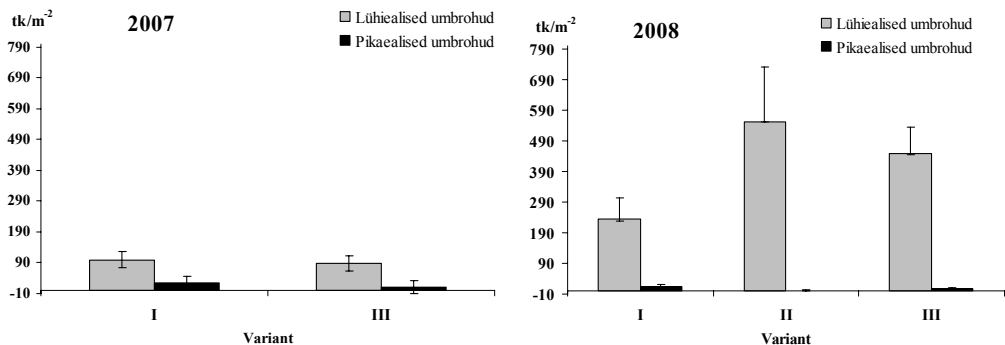
2007. aasta sügisel anti nii II ja III variandi kartulile sõnnikut, normiga 60 t ha⁻¹. Sõnnikut saanud kartuli variandid olid 2007. aastal tugevalt umbrohtunud. 2007. aastal moodustasid valdava osa kartuli umbrohtudest seemnetega hästilevivad üheaastased umbrohud. Seega 2008. aastal oli kaera põllul selgelt märgata samade umbrohtude massilist esinemist II ja III variandis. 2008. aastal tõusis kaeral umbrohuliikide arv märgatavalt. Eriti suur oli lühiealiste umbrohuliikide arvukuse tõus III variandis (2007.– 3 liiki m⁻² ja 2008. –11 liiki m⁻²). 2008. aastal pikaealiste umbrohuliikide osas võrreldes 2007. aastaga suuri muutusi ei toimunud.



I – mahepõllumajanduslik haljasväetisega, II – mahepõllumajanduslik haljasväetise ja sõnnikuga, III – tavapõllumajanduslik

Joonis 1. Umbrohuliikide arv m^{-2} (keskmine \pm SE) 2007. ja 2008. aastal

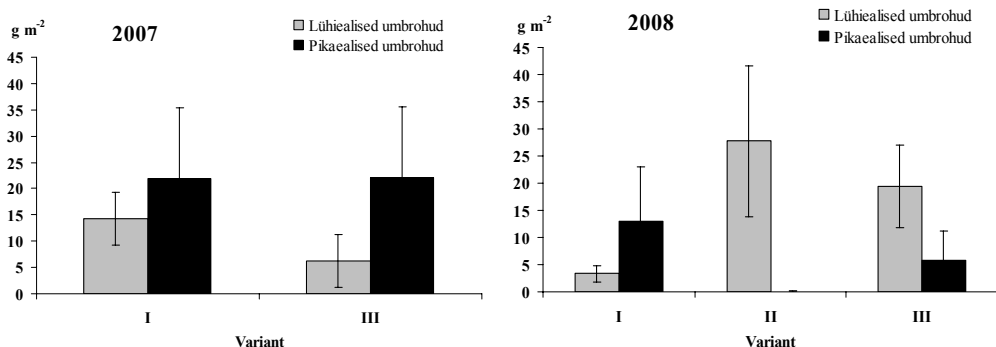
Umbrohtude arvukus. 2007. aastal oli nii pikaealiste kui ka lühiealiste umbrohtude arvukus erinevates katsevariantides praktiliselt ühesugune (joonis 2). 2008. aastal oli aga variantides II ja III lühiealist umbrohtude arvukuse tõus võrreldes 2007. aastaga umbes viiekordne. Peamiseks põhjuseks saab siin pidada sõnnikut, mida anti 2007. aastal kaera eelviljale. Esiteks leidub sõnnikus alati umbrohuseemneid, mis on veel idanemisvõimelised, ja teiseks oli muld toitainerikkam kui variandis I, soodustades sellega umbrohtude paremat arengut.



Joonis 2. Lühi- ja pikaealiste umbrohtude arvukus, $tk\ m^{-2}$ (keskmine \pm SE) 2007. ja 2008. aastal

Umbrohtude kuivmass. Kuigi võrreldes 2007. aastaga oli 2008. aastal umbrohtuainete arvukuse tõus variandis III ligikaudu viiekordne (joonis 2), siis kuivmassi osas oli see tõus vaid kolmekordne (joonis 3). Suurim lühiealiste umbrohtude mass ($28\ g\ m^{-2}$) oli 2008. aastal II variandis.

Enamlevinud umbrohud. Kui 2007. aastal olid kaera välja kõikides katsevariantides enamlevinumateks umbrohtudeks pikaealised umbrohud, siis 2008. aastal domineerisid I ja II variandis üheaastased umbrohud (tabel 1); harilik



I – mahepõllumajanduslik haljasväetisega, II – mahepõllumajanduslik haljasväetise ja sõnnikuga, III – tavapõllumajanduslik

Joonis 3. Lühi- ja pikaealiste umbrohtude kuivmass, g m⁻² (keskmine±SE) 2007. ja 2008. aastal

Tabel 1. Enamlevinud umbrohtude arvukus ja kuivmass 2008. aastal

Liik/Species	Variant	Arvukus, tk m ⁻²	Kuivmass, g m ⁻²
Kare kõrvik (<i>Galeopsis tetrahit</i> L.)	I	45	1,19
	II	97	2,62
	III	68	5,81
	<i>PD₉₅</i>	21	3,69
Harilik nälghein (<i>Spergula arvensis</i> L.)	I	19	0,71
	II	68	3,70
	III	69	3,45
	<i>PD₉₅</i>	22	0,98
Valge hanemalts (<i>Chenopodium album</i> L.)	I	28	0,25
	II	73	1,83
	III	72	1,36
	<i>PD₉₅</i>	34	0,44
Põldkannike (<i>Viola arvensis</i> Murray)	I	18	-
	II	32	-
	III	39	-
	<i>PD₉₅</i>	15	-
Põld-litterhein (<i>Thlaspi arvense</i> L.)	I	36	0,31
	II	68	2,00
	III	58	1,98
	<i>PD₉₅</i>	27	1,16
Verev iminõges (<i>Lamium purpureum</i> L.)	I	57	0,64
	II	133	2,82
	III	58	1,27
	<i>PD₉₅</i>	18	0,49

nälghein (*Spergula arvensis* L.), valge hanemalts (*Chenopodium album* L.), põldkannike (*Viola arvensis* Murray), põld-litterhein (*Thlaspi arvense* L.), verev iminõges (*Lamium purpureum* L.). II ja III katsevariandis esinenud üheaastaste liikide arvukus ja kuivmass oli suhteliselt sarnane. Oluliselt väiksem oli üheaastaste umbrohtude arvukus ja kuivmass I katsevariandis.

Järeldused

Katse tulemuste põhjal selgus, et kuigi kaera põllul kõikides katsevariantides rakendati nii 2007. kui ka 2008. aastal samu agrotehnilisi võtteid, ei olnud tulemused sarnased. Umbrohtumuse seisukohalt mängis väga olulist rolli sõnnik, mida anti 2007. aastal kaera eelviljale (kartulile). Selle tulemusel oli 2008. aastal isegi tavapõllumajanduslikus variandis hoolimata teostatud umbrohutõrjest nii lühiealiste umbrohtude arvukus (2007 – 88 tk m⁻² ; 2008 – 447 tk m⁻²) kui ka kuivmass (2007 – 6,0 g m⁻²; 2008 – 19,0 g m⁻²) tunduvalt suurem kui 2007. aastal. Samuti tõusis seal ka lühiealiste umbrohuliikide arv (2007 – 3 liiki; 2008 – 11 liiki). Peamine osa umbrohuseemnetest satub sõnnikusse söötade ja ka allapanuga. Väga oluline on see, et kasutatav sõnnik oleks hästi käärinud, kuna selle tagajärjel umbrohuseemned kaotavad idanemisvõime. Praktikas see kahjuks alati nii ei ole. Tavapõllumajanduslikus tootmises umbrohtumine nii suurt ohtu ei kujuta, kuna saab kasutada herbitsiide. Mahe tootmises võib see kujuneda aga märksa suuremaks probleemiks. Mahepõllumajanduslikus tootmises ei saa põlde üldjuhul kunagi umbrohupuhtaks, kuid põldudel kujuneb välja kindel umbrohukooslus, mis ei sega otseselt tootmist ja ei vähenda ka olulisel määral saaki. Kui nüüd aga sõnnikuga toome sisse teiste umbrohuliikide seemneid, lööme segi olemasoleva umbrohukoosluse. Sellisel juhul kaasneb ka oluline saagilangus. Sellepärast tuleb mahepõllumajanduslikus tootmises pöörata erilist tähelepanu kasutatava sõnniku kvaliteedile, kuna vastasel korral võib kasu asemel saada hoopis kahju.

Tänuavaldused

Uurimistöö toimus Eesti Vabariigi Põllumajandusministeeriumi poolt tellitud rakendusuuringute projekti raames.

Kasutatud kirjandus

- Albrecht, H., Mattheis, A. 1998. The effects of organic and integrated farming on rare arable weeds on the Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) research station in southern Bavaria. *Biol. Conserv.* 86, 347–356.
- Ammer, U., Utschick, H., Anton, H. 1988. Die Auswirkungen von biologischen und konventionellen Landbau auf Flora und Fauna. *Forstwiss. Centralbl.* 107, 274–291.

- Becker, B., Hurle, K., 1998. Unkrautflora auf Feldern mit unterschiedlich langer ökologischer Bewirtschaftung. In: Benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122, 113–130.
- Blackshaw, R.E., Brandt, R.N., Janzen, H.H., Entz, T., Grant, C.A., Derksen, D.A. 2003. Differential response of weed species to added nitrogen. *Weed Sci.* 51, 532–539.
- Callauch, R. 1981. Ackerunkraut-Gesellschaften auf biologisch und konventionell bewirtschafteten Äckern in der weiteren Umgebung von Göttingen. *Tuexenia* 1, 25–37.
- Egley, G.H., Duke, S.O. 1985. Physiology of weed seed dormancy and germination. In: Duke, S.O. (Ed.), *Weed Physiology. Volume I. Reproduction and Ecophysiology.* CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 27–34.
- Hald, A.B. 1999. Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark. *Ann. Appl. Biol.* 134, 307–314.
- Hans, S.R., Johnson, W.G. 2002. Influence of shattercane [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] interference on corn (*Zea mays* L.) yield and nitrogen accumulation. *Weed Technol.* 16, 787–791.
- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122: 113–130.
- Hyvönen, T., Salonen, J. 2002. Weed species diversity and community composition in cropping practices at two intensity levels – a six-year experiment. *Plant Ecol.* 159, 73–81.
- Larney, F.J., Blackshaw, R.E. 2003. Weed seed viability in composted beef cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.* 32, 1105–1113.
- Menalled, F.D., Liebman, M., Buhler, D.D. 2002. Impact of composted swine manure on crop and weed establishment and growth. *Proceedings of the Workshop European Weed Research Society Working Group on Physical and Cultural Weed Control, Pisa, Italy*, p. 183.
- Moreby, S.J., Aebischer, N.J., Souhway, S.E., Sotherton, N.W. 1994. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter wheat in southern England. *Ann. Appl. Biol.* 125, 13–27.
- Potter, C. 1997. Europe's changing farmed landscapes. In: Pain, D.J., Pienkowski, M.W. (Eds.), *Farming and Birds in Europe.* Academic Press, London, pp. 25–42.
- Potts, D. 1997. Cereal farming, pesticides and grey partridges. In: Pain, D.J., Pienkowski, M.W. (Eds.), *Farming and Birds in Europe.* Academic Press, London, pp. 150–177.
- Qasem, J.R. 1992. Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. *J. Hortic. Sci.* 67, 189–195.
- Richard, T.L., Choi, H.L. 1999. Eliminating waste: strategies for sustainable manure management. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 12, 1162–1169.

- Rydberg, N.T., Milberg, P. 2000. A survey of weeds in organic farming in Sweden. *Biol. Agric. Hortic.* 18, 175–185.
- Supasilapa, S., Steer, B.T., Milroy, S.P. 1992. Competition between lupin (*Lupinus angustifolia* L.) and great brome (*Bromus diandrus* Roth.): development of leaf area, light interception and yields. *Aust. J. Exp. Agric.* 32, 71–81.
- van Elsen, T. 2000. Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.* 77, 101–109.
- Wiese, A.F., Sweeten, J.M., Bean, B.W., Salisbury, C.D., Chenault, E.W. 1998. High temperature composting of cattle feedlot manure kills weed seed. *Appl. Eng. Agric.* 14, 377–380.

EELVILJADE MÕJUST KARTULI KASVUTINGIMUSTELE

Luule Tartlan, Edvin Nugis
Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Tartlan, L. Nugis, E. 2009. Influence of preceding crops on the growing conditions of potato plants.- *Agronomy*, 2009.

The field trials were carried out at the Experimental Station of the Estonian Institute of Agriculture in 2007. We have observed the most applicability preceding crops, the suitable level of soil structure and phytosanitary properties. According to our complex investigations and results of field experiments it could be concluded that concerning the above mentioned preceding crops the potato was completely unsuitable. More weeds appear in the field where spring rape and pea grow. For measuring of soil structure level we have used the special equipment which we obtained from the Uppsala Agricultural University.

Preceding crops have had an important role in forming of favorable soil structure. Our results have indicated that wheat influences on soil structure conditions are more favorable, followed by barley and pea. Red clover under barley had no effect on soil structural level (figure 1, 2).

Assessing the soil phytosanitary properties level it appeared that the interval between crop rotation reduces soil contamination, but we must keep in mind that the first tests were too short, and at the same time the variances were quite small. Fusarium appeared quite mostly, depending on preceding crops. Moulds appeared almost always when potato was grown after potato.

Table 1. The presence of microorganisms per gram of soil under oilseed radish

Figure 2. The impact of furrowing of potato field on soil structure parameters

Figure 1. Soil structure coefficient K_{str}

Keywords: soil, potato, preceding crops, soil structure, phytosanitary

Luule Tartlan, Edvin Nugis, Estonian Research Institute of Agriculture, Teaduse 13, Saku 75 501, Estonia

Sissejuhatus

Tänapäeva oludes on taimekasvatustlikus tootmises toimunud suured muutused. Vähenenud on kasvatatavate kultuuride arv, samuti on vähenenud rühvelkultuuride kasvupind ning kartulile sobiva eelvilja valik on keeruline, sageli vajatakse rendimaid. Varasematel aastatel kasvatati kartulit külvikorras, kus on vajalik üldistest maaviljeluse nõuetest ja seisukohtadest kinnipidamine. Kujunenud situatsioonis on tootjail esmatähtsaks viljavahelduse nõuete arvestamine. Kartulit peetakse tähtsaks eelviljaks küll teistele kultuuridele, sest intensiivistab teravilja-kultuuride kasvamist ja vähendab põldude umbrohtumist. Negatiivseks pooleks

on see, et kartuli kasvatamisel külvikorras väheneb mulla huumusesisaldus ja ka toitainete eemaldamine saakidega on küllalt suur, eriti kaaliumi osas. Kartuli halvemaks küljeks on veel ka see, et harimistöödega lõhustub mulla struktuur, mille normaalne taastumine toimub alles mõne aasta möödumisel. Vähesel struktuursusega või struktuuritus mullas kulgeb enamus mikrobioloogilisi protsesse liiga aeglaselt. Selletõttu aeglustub ka mulla toitainete potentsiaalsete varude efektiivseteks üleminek ja taimede kasv on pidurdunud (Schnürer, Rosswall, 1982). Ka ei toimu kartulitaimede kasvu ajal mikrobioloogiline tegevus mullas ühesuguse intensiivsusega. Varakevadel on mikroobide arv mullas väiksem, suvel tõuseb see maksimumini, sügisel väheneb. Mulla üldseisundist ja struktuurist sõltub suurel määral taimede tervislik seisund. Kartuli kasvatamisel happelistel muldadel esineb mugulasaagis rohkem seenhaigusi, leeliselistel ja neutraalsetel muldadel aga bakterhaigusi (Mulder, Turkensteen, 2005). Kuna mullalahus on aktiivne ja võtab osa kartulitaimede toitumisprotsessist, siis on vajalik teada mullalahuse reaktsiooni. Antud uurimistöö eesmärgiks oli selgitada eelviljade mõju kartuli kasvukeskkonnale.

Materjal ja meetodika

Toidukartulile sobivate eelviljade valiku ja viljavahelduse vajalikkuse selgitamiseks on alates 2007. aastast rajatud igal aastal kaks põldkatset EMVI Kõbu katsealale. Kartuli eelviljad olid järgmised: 1) odra sort 'Anni', 2) odra sort 'Anni' punase ristiku sordi 'Varte' allakülviga, 3) herne sort 'Celine', 4) suvirapsi sort 'Ability', 5) õlirõika sort 'Atinol'; 6) suvinisu sort 'Mooni' 7) kartuli sort 'Elfe'. Ühe eelvilja katsepind oli 350 m². Väetati normiga (N 100 P 40 K 170) 1000 kg ha⁻¹. Eelviljade katses kasutati tavapäraselt agrotehnikat. Eelviljade katsealale rajati järgmistel aastatel kartulikatsed. Kartulikatsetes oli lapipind 21 m², kolm kordust. Mahapanekuks kasutati eelidandatud seemnekartulit.

Mulla struktuursus määrati Uppsala Ülikoolis väljatöötatud niiske mulla sõelumise meetodil vaostatud ja vaostamata katseala mullal. Muld fraktsioneeriti mullaosakeste läbimõõdu aluse <2 mm, 2–5 mm ja >5 mm rühmadeks. Saadud fraktsioonide suhte alusel hinnati mulla agronoomilist sobivust sõltuvalt eelviljadest kartuli kasvatamiseks.

Mulla fütosanitaarse seisundi hindamiseks võeti peale eelviljade koristamist vastavad mullaproovid, mis analüüsiti Põllumajandusuuringute Keskuse taime-tervise ja mikrobioloogia laboratooriumis analüüsimeetoditel ISO 10390-94; EVS-EN 13040:2000, ICC nr 125 ja 144 ning 146. Mulla biomassi aktiivsus määrati fluorestsiiinmeetodil PMK Agrokeemia laboratooriumis.

Tulemused ja arutelu

Suvinisu ja odra kasvatamisel kartuli eelviljana jäi agronoomiliselt sobivate mullaosakeste protsent suhteliselt kõrgeks, keskmiseks jäi see hernel ja madalaks kartuli kasvatamisel eelviljana (joonis 1).

Rapsi kasvatamine kartuli eelviljana põhjustas kartuli suurt umbrohtumist, sest rapsi koristuskoad seemne varisemise tõttu võivad ulatuda kuni 300 kg ha^{-1} . Kartuli järgnemisel rapsile oli rapsitaimi umbrohuna $4\text{--}12 \text{ tk m}^2$. Ka on rapsil kartuliga ühiseid haigusi. Esialgsed uurimistulemused näitavad vajadust pikendada rapsi ja kartuli viljelusvahet ning vajadust vähendada rapsi osa külvikorras kuni 25%-ni.

Hernes kartuli eelviljana jättis küll keskmise struktuursusega mulla kartulile, kuid kartuli järgnemisel hernele esines mugulatel enam *Rhizoctonia solani* poolt põhjustatud mustkärna ja moondeid.

Katsetulemused näitasid kartuli vähest sobivust eelviljaks kartulile. Mahajäänud kartulimugulad, millised ei külmunud talvel, muutusid umbrohuks nii kartuli kui järelkultuuride külvides. Kasvatatav sort segunes mahajäänud sortidega. Seemnekartuli kasvatamisel toimuv sortide segunemine võib põhjustada kasvatajaile olulist majanduslikku kahju.

Õlirõigas vähendas mulla fütoaanitaarset koormust ja selle omaduse tõttu osutus kartulile sobivaks eelviljaks. Oluliselt vähenes mullas *Fusariumide* ja *Rhizoctonia solani* arvukus ning suurenes bakterite üldarv. Õlirõikas sisalduvate isotiotsüanaadide tõttu võib ta osutada meie tingimustes suurepäraseks biofungitsiidiks. Kasvatamisel eelkultuurina oli sobivaks külviajaks juuliku algus, sest taimed kasvasid intensiivselt ja jõudsid septembrikuu alguses õitsemise faasi. Teiste eelviljadega samaaegsel külvamisel, maikuu alguses, kasvas ta liiga suureks ning andis seemnesaagi. 01. septembril külvatuna kasvasid taimed enne külmade tulekut $10\text{--}15 \text{ cm}$ kõrgusteks. Õlirõigast kasvatatakse edukalt kartulile eel-, vahe- või järelkultuurina Lätis, Saksamaal jm.

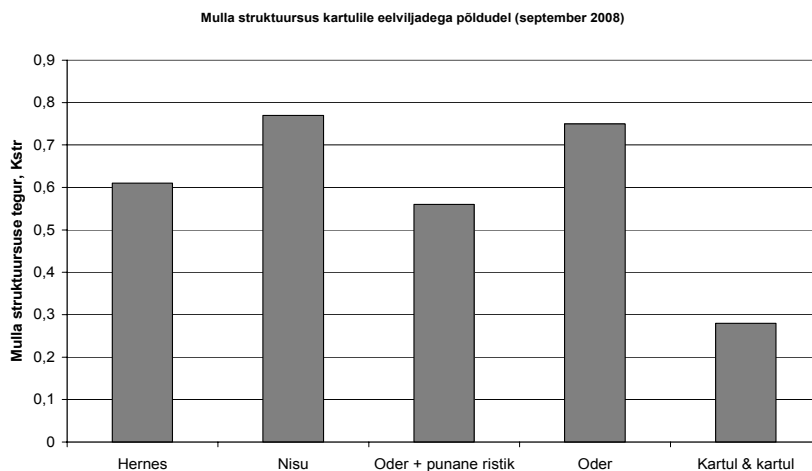
Enne sügiskünni võetud mullaproovidest määrati mikroorganismide arvukus 1 g kuivaine kohta (tabel 1).

Tabel 1. Mikroorganismide esinemine õlirõika mullas 1 g kuivaine kohta

Bakterite üldarv	Mesofiilsed eosbakterid	Hallitusseened	Pärmseened	Fusariumid
$3,50 \times 10^6$	$1,14 \times 10^5$	$1,13 \times 10^5$	$2,69 \times 10^3$	$3,07 \times 10^3$

Hallitusseeni esines rohkem kartuli kasvatamisel kartuli järel $3,69 \times 10^5$ ja odra puhaskülvis $3,54 \times 10^5$.

Õlirõika kasvatamisel vähenes oluliselt hallitusseente arvukus mullas, nende sisaldus oli 1 g mulla kohta ainult $1,13 \times 10^5$ (tabel 1). Võrreldes odra puhaskülvi oli ka rapsi mullaproovides hallitusseente arvukus väike. Haigusetekitajatest esines küllalt palju *Fusariumi*. Selgus, et *Fusariumi* suurem arvukus oli herne ja odra puhaskülvi mullaproovis. Meie varasematest analüüsitulemustest (2004–2006) selgus, et kolmeaastase viljavahelduse puhul oli *Fusariumide* vähenemine ligi 2-kordne.



Joonis 1. Mulla struktuursuse tegur K_{str}

Antud tulemustest võib järeldada, et mulla soodsa struktuuri ettevalmistamise seisukohast annab eelviljadest kõige parema tulemuse nisu, seejärel oder. Hernes on kolmandal kohal. Punane ristik ei ole veel mõjunud. Kartulipõld sai koristusajal tugevasti tallata, selletõttu moodustasid mullakamakad mahu üldosast 72% nisupõllu 37% vastu. Kui kõikide eelviljade puhul (võrreldes kartuliga) mulla peenemaid struktuuriosakesi < 2 mm oli 13% ja 24% vahel, siis kartuli eelvilja puhul, mis eelnes kartulile oli peent struktuuri vaid 7%. <2 mm ja >5 mm läbimõõduga mullaosakesi loetakse agronoomiliselt mittedobivaiks struktuuri- osadeks, keskmisi so 2–5 mm läbimõõduga aga kõige sobivamateks. Saadud tule- muste alusel leiti arvutuslikult vastav struktuursuse tegur. Struktuursuse terguri arvutamiseks kasutati valemit:

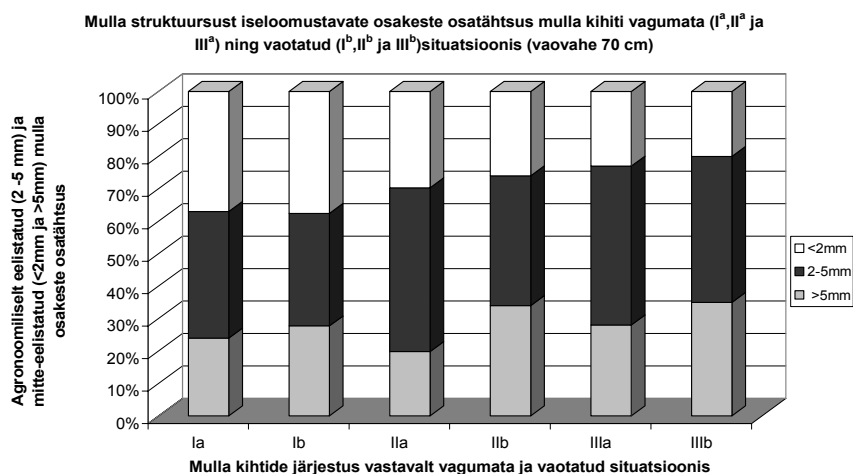
$$K_{str} = Ak A_{mk(5)} + A_{mk(2)},$$

kus A_k on agronoomiliselt hinnatavate mullaosakeste läbimõõduga 2–5 mm sisaldus protsentides peale sõelumist fraktsioonide kogumassist;

$A_{mk(5)}$ mullakamakad, mille läbimõõt on > 5 mm, sisaldus protsentides frakt- sioonide kogumassist;

$A_{mk(2)}$ mulla peene osa, läbimõõduga < 2 mm sisaldus protsentides.

Mulla struktuursuse parameetrite [agronoomiliselt eelistatud struktuuriosake- sed 2–5 mm ja mitte kasulikud >5 mm (mullakamakad) ning (peene struktuur) <2 mm] võrdlust, kolmes erinevas mullakihis sügavuti (3–5 cm), mida igat ühte sõeluti läbi vastavate Uppsala sõeladega eraldi enne ja pärast vagumist, võib näha joonisel 2.



Joonis 2. Kartulipõllu vaostamise mõju mulla struktuursust iseloomustavatele parameetritele

Kaasaegsed kartulisordid on aretatud õhukesekoorelistena ja probleemiks kujunevad vigastuste osas kõvad mullatükid, kivid ja haigusetekitajad, mis läbivad kergesti õhukese koore.

Kartulimugulate mulla kleepuvuse määramisel selgus, et enam kleepusid peenemad mullaosakesed ($<0,0029 \mu\text{m}$). Seega on eelistatud kartuli pesemise ja pakendamise ettevõttele struktuursel mullal kasvatatud kartul ja kartulisordid, milliste mugulatele kleepub mulda vähem.

Viljavahelduse tähtsus kartuli kasvatamisel seisnebki selles, et arvestatakse taime bioloogilistest iseärasustest tulenevaid nõudeid ja tagatakse fütosanitaarselt puhas kasvukeskkond. Sellega vähendatakse haigusriske ja saadakse kvaliteetsem kaubasaak (Termorshuizen, 2007).

Mulla biomassi aktiivsus ($\mu\text{g g}^{-1}$) oli kartuli järgnemisel: kartulile 46,08; odrale 60,24; odrale põldheina allakülviga 26,13; suvinisule 35,05; hernele 18,97; rapsile 42,01; õlirõikale 37,11.

Kokkuvõte

Eelviljad mõjutasid kartuli kasvukeskkonnas mulla mikroobikooslust erinevalt. Mikrobioloogilist aktiivsust suurendasid mullas õlirõigas ja teraviljadest nisu.

Haigusetekitajate esinemist mullas vähendas eelviljadest enam õlirõigas.

Raps kartuli eelviljana suurendas kartulikatsete umbrohtumust ja haigusetekitajatest *Rhizoctonia solani* esinemist.

Kartuli kasvatamisel eelviljana kartulile (kartuli kasvatamisel kaks aastat samal kasvukohal) tekkis sortide segunemine.

Eelviljade valiku ja viljavahelduse nõuete järgimisega luuakse eeldused kar-

tuli efektiivsemaks tootmiseks.

Mulla struktuuri püsivuse tagamiseks on otstarbekas alustada harimistöodega, kui muld on saavutanud harimisküpsuse.

Mulda loetakse struktuurseks, kui agronoomiliselt hinnatavaid mullaosi läbimõõduga 2–5 mm on kõikide fraktsioonide kogumassist 50% ja enam.

Tänuavaldused

Uurimusi on toetanud Põllumajandusministeerium. Mikrobioloogilised analüüsid on tehtud Põllumajandusuuringute Keskuses Helgi Laitamme poolt.

Põldkatseid aitasid läbi viia Juhannes Sapas ja Jaan Erik.

Kasutatud kirjandus

Mulder, A., Turkensteen, L. J. 2005. Potato diseases. AC Den Haag The Netherlands, pp. 15–81.

Schnürer, J., Rosswall, T. 1982. Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a Measure of total Microbial Activity in Soil and Litter. Applied and environmental Microbiology, June 1982, pp. 1256–1261, Uppsala.

Termorshuizen, A. J. 2007. Fungal and Fungus-Like Pathogens of Potato. Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives, Wageningen, pp. 643–655.

PÕLLUKULTUURID
FIELD CROPS

ERINEVAL AJAL KÜLVATUD MAHESUVINISU 'MANU' TERASAAG JA -KVALITEET NING KASVATAMISE KATTETULU

Karli Sepp, Jaan Kanger, Marje Särekanno
Põllumajandusuuringute Keskus

Abstract. Sepp, K., Kanger, J., Särekanno, M. 2009. The grain yield and quality of organic spring wheat sowed on different times and gross margins of wheat growing technologies. – Agronomy 2009.

The grain yield of organic spring wheat 'Manu' sowed at the first sowing time was higher the one sowed 2–2.5 weeks later. The sowing time and year have a considerable impact on the baking quality of wheat, but the quality remains on an acceptable level in most cases. Gross margins can be very different according to the price and quality of grain. The extra yield from solid manure does not compensate expenses of application of manure.

Table 1. Grain yield and baking quality of organic spring wheat 'Manu' on different sowing time

Figure 1. Gross margins and grain yields of organic spring wheat 'Manu' in case of different technologies in 2008

Figure 2. Gross margins and grain yields of organic spring wheat 'Manu' in case of different technologies in 2009

Keywords: organic wheat, sowing time, quality, grain yield, gross margins

Karli Sepp, Jaan Kanger, Marje Särekanno, Agricultural Research Centre, Teaduse 4/6, Saku, Harju mk, 75501, Estonia

Sissejuhatus

Toidunisu kvaliteedinõuetele vastava nisu kasvatamine maheviljeluses on olnud problemaatiline nii mujal maailmas kui ka Eestis. Seda eeskätt kasvu-aegse lämmastiku vaeguse tõttu mullas, mille tagajärjel nisu terade proteiini ja kleepvalgu sisaldus jääb madalaks. Seetõttu soovitatakse nisu paigutada mahekülvikorras liblikõieliste või liblikõielisterikka põldheina järele ja väetada teda piisava koguse sõnnikuga.

Suurt mõju nisu terasaagile ja kvaliteedile omab ka külviaeg. E. Halleri (1984) uuringute alusel sõltub kultuuride saagikus kõigepealt neist tingimustest, mis valitsevad seemnete idanemisel. Tema uurimuste alusel on paremad idanemistingimused suviteraviljade külviks enamikul aastatel just esimesel mullaharimisvõimalusel, tänu paremale niiskus- ja õhurežiimile mullas ja tärkamisjärgsele temperatuurirežiimile, mis võimaldab teraviljadel parema juurekava teket ning väetiste paremat ärakasutamist. Seetõttu on varasemad külvivid enamikul aastatel

andnud märksa suuremaid terasaake kui hilisemad.

Eestis külvavad mahepõllumehed teravilju sageli suhteliselt hilja. Karde-takse ka öökülmi, mis võiksid nisu orast kahjustada. Tegelikult hinnatakse nisu külmataluvust tärkamisel isegi $-9...-10^{\circ}\text{C}$ ja koos kaeraga on ta kõige külma-kindlam teravili Eestis. Samas ei saa väita, et kõik meil viljeldavad nisu sordid nii külmakindlad oleksid. Hiljem külvates on muld sageli kuivem. Sellisesse mulda külvates arenevad taimed aeglasemalt ja saagikus langeb. Üldiselt pole teada, kuivõrd varasem ja hilisem külviaeg mõjutab näiteks mahetoidunisu kvaliteeti. Põllumajandusuuringute Keskuse Kuusiku katsekeskuses mahetaimekasvatuse uuringute ühe osana selgitatakse külviaja (esimesel mullaharimisvõimalusel ja 2–2,5 nädalat hiljem) mõju mahesuviniisu terasaagile ja kvaliteedile. Kvaliteedist oleneb aga nisu müügihind kas toidu- või söödaviljana ja kokkuvõttes kattetulu, millele agrotehnikast lähtuvalt uuringus samuti tähelepanu pööratakse.

Kahjuks tuleb nentida, et mahetoiduvilja turg, kus oleks kehtestatud kvaliteedinõuded just mahetootmisest lähtuvalt ja makstaks kõrgemat kokkuostuhinda nagu paljudes välisriikides, on Eestis seni veel nõrgalt arenenud.

Materjal ja meetodika

Katseala paikneb raske liivsaviõimisega rähkmullal, mis on neutraalse mullareaktsiooniga, mille huumuse-, fosfori- ja kaaliumisisaldus on keskmine ning mikroelementide sisaldus madal. Uuringuid teostati kultuuride ruumilise ja ajalise järjestusega 5-väljalises külvikorras: ristikurohke põldhein – ristikurohke põldhein – suvinisu – rüps/hernes/hernes + kaer – suvioder allakülviga. Rüps asendati hernega 2007. a. Hernes + kaer külvati 2009. a. Katselapi suurus on 75 m^2 . Iga katsevariant paikneb neljas korduses.

Katsefaktoriteks on külviaeg: külv esimesel mullaharimise võimalusel ja 2–2,5 nädalat hiljem; sügisene mullaharimine: pindmine mullaharimine, ainult kündmine ja 2-kordne tüükoorimine koos künniga ning väetamine: sõnnikuga ja väetamata. Pindmist mullaharimist ja tüükoorimist tehti randaali ja tüükultivaatoriga 8–10 cm sügavuselt. Künti vinthõlmalise pöördadraga. Iga sügisese harimiskorra vahe oli umbes kaks nädalat. Allapanuga tahesõnnikut anti külvikorrarotatsiooni jooksul kaks korda – nisule põldheina sissekünni alla 30 t ha^{-1} ja varem rüpsile 50 t ha^{-1} ja peale rüpsi kasvatusest loobumist allakülviga odrale 30 t ha^{-1} . Mõlemal külviajal külvati võrdse külvinormiga – olenevalt aastast 500 või 550 idanevat tera m^{-2} .

Mehaaniliseks umbrohutõrjeks kasutati vedrupiiäket, suvinisu äestati kaks korda – esimene kord tärkamisel ja teine kord kolme-nelja lehe või võrsumise faasis.

Katselappidelt koristatud ja puhastatud teraproovide kogused on ümber arvestatud hektari kohta 13% teraniiskusega. Kvaliteedinäitajad määrati iga variandi kohta PMK Taimse Materjali Laboratooriumis. Kasutatud meetodid olid järg-

mised: proteiin kuivaines – NIT-meetod, mahukaal – ISO 7971-2, langemisarv – ISO 3093, märg kleepvalk – ICC 155, gluteeniindeks – ICC 155.

Artiklis esitatakse suvinisu külviaja võrdluste terasaagid ja kvaliteedinäitajad erineva sügise mullaharimise ja sõnnikuga väetamise ning mitteväetamise keskmisena. Andmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil. Tabelis 1 puuduvad 2009. aasta kleepvalgu, gluteeniindeksi ja langemisarvu näitajad, kuna analüüsid olid artikli esitamise ajaks veel tegemata.

Kattetulu on arvestatud uuringus kasutatud erinevate agrotehnoloogiate tulemusel (12 katsevarianti) saadud terasaakide koguste korrutamisel Eestis septembris 2008 ja 2009 kehtinud nisu kokkuostuhindade alusel, millest on maha arvatud tehtud masintöö- ja kuivatuskulud. Kulused arvestati Eesti Maaviljeluse Instituudi ja Jäneda Maamajanduse Infokeskuse masinkulude maksumuste ning mõne ettevõtte teenushindade järgi. Toetustena võeti arvesse pindalatoetused ja põllumajanduse keskkonnatoetus mahetootmisele. 2009. aasta pindalatoetused arvestati 2008. aasta määrade järgi, kuna artikli esitamise ajaks polnud 2009. aasta vastavad määrad veel teada. Kattetulu arvestused on üksnes orienteeruvad ega ole standardsed. Lähtutud on ettevõttest, millel on külvipinda 400–500 ha ja mis kasutab Euroopa päritolu masinaid.

Erineva külviaja terasaak ja -kvaliteet

Külvikorras kasvatatav suvinisusort 'Manu' on varane ja kõrgete kvaliteedinäitajatega. Teadaolevalt on selle sordi puhul võimalik saada normaalne toidunisu kvaliteet ka mõõduka koguse lämmastiku andmisega (Ilumäe, 1999). Seega peaks see sort maheviljelusse sobima.

Saagianalüüs näitas, et nii mahesuvininisu terasaak kui ka kvaliteet kõigub märkimisväärselt nii külviaja kui aastate lõikes. Viiest aastast neljal oli nisu terasaak esimesel mullaharimisvõimalusel külvates kõrgem kui hiljem külvates (tabel 1). 2005. ja 2006. aastal olid nisu terasaagid esimesel mullaharimisvõimalusel oluliselt kõrgemad kui kaks nädalat hiljem külvates (vastavalt 347 ja 340 kg ha⁻¹). Seda võib seletada külvi järgse põuaperioodiga, mis algas Kuusikul peale esimest külvi ja kestis 2005. aastal mai lõpuni ja 2006. aastal mai 3. dekaadi alguseni, põhjustades hilisema külvi taimede märgatavalt kehvema arengu. 2006. aastal jätkus aga põuaperiood juuni 1. dekaadi lõpust praktiliselt juuli lõpuni. Seetõttu jäid mõlema külvi terasaagid tavalisest märksa madalamaks. 2007.–2009. aastal pikemaajad põuaperioodid Kuusikul ei esinenud, mis võis olla ka üheks põhjuseks, miks külviaegade terasaagid erinesid üksteisest vähem. Suhteliselt vihmased olid siinjuures 2008. ja 2009. aasta vegetatsiooniperioodid. 2008. aastal kahjustasid tärgranud suvinisu taimi tugevalt kõrreliste maakirbud, kusjuures kahjustus esimesel külvil oli suurem kui teisel. See võis põhjustada ka väiksema nisu terasaagi vastupidiselt ülejäänud aastatele just esimese külviaja korral. Kahjurite poolt nõrgestatud taimi kahjustas mõnevõrra ka umbrohu äestamine. Seetõttu

umrohtusid hõredamad põlluosad tugevamalt ohakate, orasheina jm umbrohtudega. Ülejäänud aastatel oli suvinisu umbrohtumus suhteliselt väike. Umbrohtude kasvu soodustasid 2008. aastal ka rohked sademed. Eeltoodu põhjustas ilmselt terasaagi olulise alanemise 2008. aastal, kuigi sademete rohkust silmas pidades eeldanuks vastupidist.

Tabel 1. Mahesuviniisu 'Manu' terasaagid (niiskus 13%) ja terakvaliteet erineval külviajal

Näitaja	Külviaeg	2005. 25.04. 09.05.	2006. 26.04. 09.05.	2007. 12.04. 26.04.	2008. 16.04. 04.05.	2009. 22.04. 08.05.	Kesk- mine	Kva- lit. nõu- ded
Terasaak kg ha ⁻¹	1. võim.	2884*	2011*	2590*	1852*	2217*	2311	-
	Hilisem	2537*	1671*	2390*	2084*	2097*	2156	
Proteiin %	1. võim.	11,5*	14,2*	11,5*	15,5	12,9*	13,1	12;
	Hilisem	12,0*	15,5*	12,0*	15,5	13,3*	13,7	min 11
Kleepvalk %	1. võim.	24,2*	29,3*	24,5	34,4*	-	28,1	Min
	Hilisem	28,1*	34,2*	24,5	30,2*	-	29,3	23; opt 25-32
Gluteeni- indeks %	1. võim.	78*	96*	67*	88*	-	82	41-90
	Hilisem	36*	87*	83*	91*	-	74	
Lange- misarv sek	1. võim.	136*	378	338*	359*	-	303	Alates
	Hilisem	227*	367	329*	294*	-	304	220
Mahukaal g l ⁻¹	1. võim.	765*	762*	811*	755*	707*	760	Min
	Hilisem	781*	742*	791*	727*	688*	746	730; opt 780

Statist. usutav erinevus PD_{0,05}*

Proteiinisisaldus oli 2005. ja 2007. aastal toidunisu kvaliteedinõuetele vastamiseks piiri peal ja oluliselt madalam kui ülejäänud kolmel aastal. Neljal aastal viiest andis madalama terasaagiga hiljem külvatud nisu selgelt terade kõrgema proteiinisisalduse kui varem külvatud nisu. Väiksemat proteiinisisaldust soodustavad pikem valmimisperiod, suurem mullaniiskus ja madalamad öised temperatuurid (Tupits jt, 1999). Tavaliselt esinevad sellised tingimused sagedamini varakult külvates, mis seega võisid põhjustada ka madalamat proteiinisisaldust. J. Lepajõe (1984) järgi on terasaak ja proteiinisisaldus enamasti negatiivses korrelatsioonis ja kõrgem terade valmimisaegne temperatuur, mis soodustab kiiremat lehtede vananemist ning valmimist, põhjustab suuremat proteiinisisaldust terades. Üldiselt ongi täheldatud, et põuasemal vegetatsiooniperioodi kasvanud nisuterades on kõrgem proteiinisisaldus. Antud juhul pole sellega kuidagi seletatav, miks vihmasel 2008. aastal proteiinisisaldus katsenisus kõrgeim oli.

Üldiselt muutus ka terade kleepvalgu (oleneb taigna kerkimine) sisaldus sarnaselt proteiinisaldusega – esimesel võimalusel külvatuna oli kleepvalgu sisaldus terades madalam kui hilisemal külvil (välja arvatud 2007. a.) ja kõrgema proteiinisaldusega aastatel oli ka kleepvalgu terades rohkem. Üldiselt võib 'Manu' proteiini- ja kleepvalgusisalduse katseaastate jooksul hinnata rahuldavaks kuni heaks, kusjuures hilisemal külvil mõnevõrra paremaks kui esimesel mullaharimisvõimalusel külvatuna.

Tähtis näitaja on toidunisu puhul ka gluteeniindeks. Gluteen on üks kleepvalgu osa ja selle sisaldusest sõltub saia koospüsimine. Gluteeniindeksis võis suurt kõikumist külviaegade lõikes täheldada 2005. aastal, kus hilisel külvil oli gluteeniindeks madal ega vastanud toidunisu kvaliteedinõudele. Samas varasemal külvil oli gluteeniindeks kõrge. Järgnevatel aastatel oli gluteeniindeks püsivalt kõrge mõlemal külviajal külvatud nisuterades.

Langemisarv oli uuringus olnud aastate lõikes üldiselt optimaalne. Vaid 2005. aastal esimesel võimalusel külvatud nisu langemisarv jäi madalaks, kuna terade valmimisaegse sajuperioodi ja kõrgema õhusoojuse tõttu läksid terad peas osaliselt idanema. Madala langemisarvuga nisust tehtud jahu kaotab veesidumisvõimet ja võib jääda nätskeks. 2006.–2009. aastal oli esimesel võimalusel külvatud nisu langemisarv mõnevõrra suurem kui hiljem külvatud nisul.

Terade mahumass oli 2005–2008. aastatel üldiselt rahuldav. 2009. aastal oli mahumass aga suhteliselt madal (707 g l⁻¹ esimesel võimalusel külvatud ja 688 g l⁻¹ hilisemal külv) ega vastanud kvaliteedinõuetele (730 g l⁻¹). Selline teravili läheks kokkuostul tõenäoliselt vaid söödaniisu kategooriasse. 2009. aasta katseniisu madalamat mahumassi põhjustas kindlasti kasvuaasta sademeterohkus. I. Tamm (2008) on leidnud selge seose nisu külvist-loomise perioodi sademeterohkuse ja madalama mahumassi vahel. Esines ka tavalisest suurem lehetäide kahjustus, mis põhjustas väiksemat tera. Kokkuvõttes oli esimesel võimalusel külvatud terade mahumass neljal aastal viiest mõnevõrra kõrgem kui hilisemal külvil.

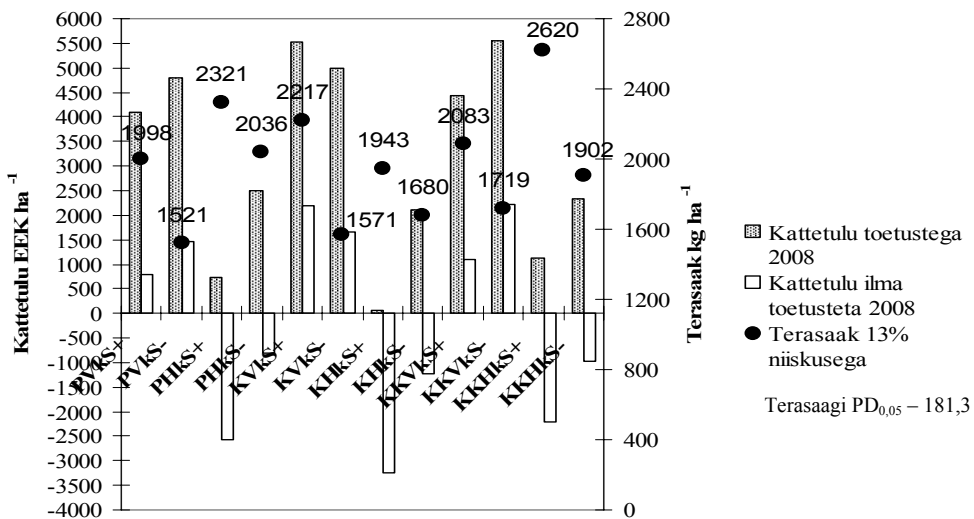
Üksikud erandid väljaarvatud, olid mahesuviniisu 'Manu' toiduvilja kvaliteedinäitajad viie uuringu aasta jooksul Kuusikul üldiselt rahuldavad. Selle põhjal võib soovitada 'Manu' maheviljelusse sobivaks sordiks kui seda kasva tada külvikorras liblikõieliste rohke põldheina järel. Samas tuleb silmas pidada, et kvaliteet võib kõikuda olenevalt külviajast ja terasaagikus on üldiselt kõrgem esimesel mullaharimisvõimalusel külvates.

Kattetulu

Mahesuviniisu müügitulu kujunes kindla kvaliteedi põhjal makstavast kokkuostuhinnast, terasaakidest ja selle kokkuostuhinna muutustest aastate lõikes. Kvaliteeti mõjutasid peamiselt konkreetse aasta ilmastik ja külviaeg. Suhteliselt väheoluline oli harimisviisi (koorimine+kündmine, ainult kündmine või pindmine mullaharimine) järelmõju ja tahesõnnikuga 30 t ha⁻¹ väetamine.

Tehtavad kulutused (peamiselt masintööd) suurenesid aastate lõikes sisendi-hindade tõusu tõttu. Samas mõnevõrra kõrgema nisu kokkuostuhinnaga aastatele (2007. ja 2008.) järgnes kokkuostuhinna järsk langus 2009. aastal.

Uuringus esimesel mullaharimisvõimalusel külvatud kvaliteediga maaheuviniisu saanuks 2008. aasta septembris müüa AS Tartu Veskile hinnaga 4 EEK kg⁻¹, kuid 2,5 nädalat hilisema külvi puhul söödaviljana 2 EEK kg⁻¹, kuna mahumass ei vastanud toidunisu kvaliteedi nõudele. See põhjustas oluliselt madalama kattetulu hilisema külvi variantidel, kuigi terasaak oli tollel aastal esimesel võimalusel külvatud variantidest märksa kõrgem (joonis 1). 2009. aasta nisu saanuks septembris

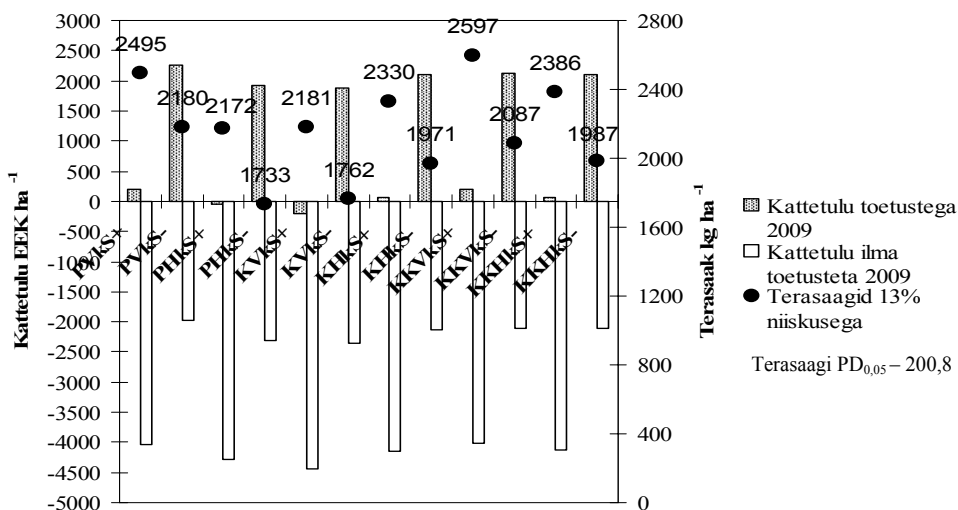


Variandide tähistused joonisel: P – pindmine mullaharimine (8-10 cm) 2-korda (järelmõju peale põldheina); K – ainult kündmine; KK – tüükoorimine (8-10 cm) 2-korda (järelmõju peale põldheina) + kündmine; V – külv 1.-mullaharimisvõimalusel (22.04.); H – hilisem külv (08.05.); S+ - sõnnik 30 t ha⁻¹; S- - ilma

Joonis 1. Maaheuviniisu 'Manu' kattetulu (kokkuostuhind 4 EEK kg⁻¹ esimesel mullaharimisvõimalusel; 2 EEK kg⁻¹ hilisem külv) ja terasaak erineva agrotehnika korral 2008. aastal

müüa Eestis söödaviljana umbes 1,25 EEK kg⁻¹, kuna mahumass ei vastanud toidunisu nõudele. Sellisel juhul oluks kattetulu olematu või suhteliselt madal (joonis 2).

Tahesõnniku kasutamine põhjustas suvinisu kattetulu järsu languse. Tehtud kalkulatsioonides maksab 30 t ha⁻¹ allapanuga tahesõnniku laadimine, põllule viimine ja laotamine kokku 2300 EEK ha⁻¹. Samas pole tahesõnnik suviteraviljadele otsemõjuna küllalt efektiivne, kuna selle mineraliseerumine ja toitainete



Variantide tähistused joonisel: P – pindmine mullaharimine 2-korda 8-10 cm (järelmõju peale põldheina); K – ainult kündmine; KK – tüükoorimine 2-korda 8-10 cm (järelmõju peale põldheina) + kündmine; V – külv 1.-mullaharimisvõimalusel (22.04.); H – hilisem külv (08.05.); S+ - sõnnik 30 t ha⁻¹; S- - ilma

Joonis 2. Mahesuviniisu 'Manu' kattetulu (kokkuostuhind 1,25 EEK kg⁻¹) ja terasaak erineva agrotehnika korral 2009. aastal

vabanemine suure kuivainesisalduse tõttu on raskes liivsavimullas suhteliselt aeglane, võrreldes vedelsõnnikuga. Tahesõnniku arvelt saadud terasaagitõus (2008. aastal keskmiselt 459 ja 2009. a. 407 kg ha⁻¹) ja müügitulu ei olnud nii suur, et oleks kompenseerinud selle andmisega seotud kulutused. Seetõttu oli suvinisu kattetulu ilma tahesõnnikuga väetamata oluliselt suurem. Selline tendents on püsunud ka varasematel aastatel. Samas on tahesõnniku efektiivsus mahekülvikorras viimasel paaril aastal tõusnud ja seda osalt arvatavasti ka sõnniku järelmõju kumuleerumise tõttu mullas. Tahesõnnikuga väetamisest loobumist mahekülvikorras ei saa aga soovitada, kuna sel juhul toimub tõenäoliselt mulla toitainetesisalduse ja üldise viljakuse vähenemine.

Järeldused

Uuringutulemused näitasid, et kevadine külviaeg mõjutab mahesuviniisu 'Manu' terakvaliteeti ja -saaki märkimisväärselt. Esimesel mullaharimisvõimalusel külvates oli terasaak üldiselt suurem kui kaks kuni kaks pool nädalat hiljem külvates (aastate keskmisena 160 kg ha⁻¹). Põuasema vegetatsiooniperioodiga aastatel olid terasaagi vahed külviaegade vahel (esimese mullaharimise võimalusel külvamise kasuks) suuremad.

Toidunisu kvaliteedinäitajatest olid terade proteiini ja kleepvalgu sisaldused

hilisemal külvil üldiselt kõrgemad kui esimesel mullaharimisvõimalusel külvatuna. Gluteeniindeks oli kahel aastal esimesel mullaharimisvõimalusel külvatuna kõrgem kui hilisemal külvil, kahel aastal vastupidi. Langemisarv oli esimesel mullaharimisvõimalusel külvatuna kõrgem kui hilisemal. Erandiks oli 2005. aasta, kus esimesel mullaharimisvõimalusel külvatud nisuterade langemisarv langes järsult koristusperioodi aegsete sadude ajal peas idanema mineku tõttu. Terade mahumass oli esimesel mullaharimisvõimalusel külvatuna neljal aastal viiest kõrgem kui hilisemal külvil. Üldiselt olid 'Manu' toidunisu kvaliteedinäitajad katseperioodi jooksul enamusel aastatest rahuldavad. Madala mahumassi tõttu 2008. aastal hiljem külvatud ja 2009. aastal mõlemal külviajal külvatud nisu ei saanud müüa toiduviljana. Esimesel külvivõimalusel külvatud nisu poleks madala langemisarvu ja proteiinisalduse tõttu sobinud toidunisuks 2005. aastal.

Mahesuviniisu kattetulu oli aastate lõikes tugevasti kõikuva kokkuostuhinna (2008. mahesuviniisu 4 EEK kg⁻¹, söödavili 2 EEK kg⁻¹ ja 2009. söödavili 1,25 EEK kg⁻¹) ja nisu erineva kvaliteedi tõttu oluliselt erinev. Tahesõnniku kasutamine põhjustas suviniisu kattetulu järsu languse, kuna allapanuga tahesõnniku laadimine, põllule viimine ja laotamine on kulukas (30 t ha⁻¹ 2300 EEK ha⁻¹). Saadav enamsaak (umbes 400 kg ha⁻¹) oli liiga väike, et sõnniku andmise kulused kompenseerida. Sõnnikuga väetamisest loobumist ei saa aga maheviljeluses soovitada mullaviljakuse languse tõttu. Tahesõnnikust võiks olla ökonoomsem allapanuta sõnniku ja vedelsõnniku põllule viimine. Neist vabanevad taimetoitained suhteliselt kiiresti.

Madalat kokkuostuhinda kompenseerib teatud määral toetuste maksmine. Samas ei ole need madala teravilja kokkuostuhinna juures kaugeltki piisavad, et tagada maheteraviljakasvataja jätkusuutlikkus. Ilma toetusteta pole madala hinna juures võimalik kahjumita maheniisu üldiselt kasvatada. Maheviljelejad võiks kasvatada sertifitseeritavat maheseemnevilja, mille puudus Eestis on suur ja seemnevilja müügihind suhteliselt kõrge. Teiseks võimaluseks on valmistada maheniisust ise tooteid ja neid turustada.

Kasutatud kirjandus

- Ilumäe, E. 1999. Nõuded toiduviljale ja selle kvaliteet Eestis. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Saku, lk. 271–280.
- Haller, E., Karmin, M. 1984. Bioloogilised seaduspärasused. Maaviljelus. Tallinn, lk. 68–82.
- Lepajõe, J. 1984. Nisu. Tallinn, lk. 40–41.
- Tamm, I., Tamm Ü., Ingver, A. 2008. Suviteraviljade mahumass ja seda mõjutavad tegurid. Agronoomia 2008. Tartu, lk. 76–79.
- Tupits, I., Kukk, V., Ingver, A., Koppel, R., Tamm, I., Tamm, Ü., Küüts, H., Küüts, I., Kallas, E., Rand, L. 1999. Sordid ja seemnekasvatus. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Saku, lk. 93.

SUVITERAVILJADE PROTEIINISISALDUS TAVA- JA MAHEVILJELUSES

Ilmar Tamm, Ülle Tamm, Anne Ingver
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. *Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A. 2009 Protein content in conventional and organic cultivation. Agronomy – 2009.*

The field trials were carried out at the Jõgeva Plant Breeding Institute to compare the protein content of spring wheat, barley and oat in organic and conventional conditions. The trials were established on soddy-podzolic soil. Thirteen varieties of each cereal crop were tested during the four trial years (2005–2008). By the results turned out that the protein content of all spring cereals was lower in organic conditions compared to the conventional. The differences were highest for wheat. The protein content of spring wheat was superior to that of barley and oat. The differences between varieties in protein content were smaller in organic conditions. The same varieties showed the highest and the lowest level of protein in both managements.

Figure 1. *The protein content of spring cereals in organic and conventional trial 2005-2008*

Table 1. *The variation coefficients of protein contents of spring cereal varieties in organic and conventional conditions*

Keywords: *spring cereals, protein content, organic and conventional cultivation*

Ilmar Tamm, Ülle Tamm, Anne Ingver, *Jõgeva Plant Breeding Institute, 1 J. Aamisepa St., 48309 Jõgeva, Estonia*

Sissejuhatus

Teraviljade proteiinisaldusest sõltub suurel määral nende söödaväärtus, samuti nisu küpsetuskvaliteet. Odra terade proteiinisaldus on tavaliselt 9–13% (Briggs, 1978; Duffus, Cochrane, 1992). Kaera terade proteiinisaldus jääb valdavalt piiridesse 7–16% (Welch, 1995). Nisu proteiinisaldus on enamasti vahemikus 6–20% sõltuvalt sordist, nisu liigist, kvaliteediklassist ja kasvutingimustest (Halverson, Zeleny, 1988).

Kaera keskmine proteiinisaldus on mõnevõrra madalam kui odral ja nisul (Welch, 1986). Selle põhjuseks on sökalde väike proteiinisaldus. Bioloogiliste uuringute ja keemiliste analüüsidega on aga tõestatud kaera proteiini kõrge toiteväärtus (Webster, 1986;). Kaera proteiinil on hea asendamatute aminohapete vahekord. Asendamatute aminohapete osatähtsus on kaera proteiinis suurem kui see on odral, nisul ja rukkil (Burrows, 1986).

Teraviljade proteiinisaldus sõltub toitainetega varustatusest ja ilmastikust kasvuperioodil, kuid kaldumus suuremale või väiksemale proteiinisaldusele

on ka sordiomane tunnus (Burrows, 1986; Welch, 1986; Halverson, Zeleny, 1988; Briggs, 1998). Kõrge temperatuur ja põud terade täitumise ajal pärsivad tähtsate sünteesi (vähendavad terade suurust) ja põhjustavad seega terade kõrgeimat proteiinisaldust (Duffus, Cochrane, 1992; Ullirch, 2002). Põuastel aastatel võib proteiinisaldus terades suureneeda isegi 4–5 % võrra (Ullirch, 2002). Proteiinisaldus tõuseb lämmastikväetise normi suurendamisel (Brown *et al.*, 1961; Peterson, 1976;). Terade madalamat proteiinisaldust soodustab pikk küpsemisperiood, mil mullas on küllaldaselt niiskust, mõõdukas mullaviljakus ja õhutemperatuur (Duffus, Cochrane, 1992; Ullirch, 2002). Mahetingimustes võib teraviljade madalamat proteiinisaldust põhjustada asjaolu, et taimsetest jäänustest ja teistest orgaanilistest väetistest mullas vabanevad toitained kasvuajal aeglasemalt kui mineraalväetistest.

Antud katsete eesmärgiks oli suviteraviljade proteiinisalduse võrdlemine mahe- ja tavaviljeluse tingimustes kasvatamisel.

Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi aastatel 2005–2008. Hinnati 13 suvinisu, kaera ja odra sordi omadusi nii mahe- kui ka tavatootmise tingimustes. Katsepõllul oli kamar-karbonaatne liivsavi lõimisega muld. Sordid külvati 4 korduses 5 m² lappidele. Külvisenorm oli odral 500, kaeral ja nisul 600 idanevat tera/m². Mahekatse eelviljadeks olid 2005. ja 2006. aastal punane ristik ning 2007. ja 2008. aastal tatar. Tavakatsete eelviljadeks olid raps, kartul, talirukis ja mustkesa. Umbrohutõrjeks äestati mahekatset oraste tärkamise eel ja teraviljade 3–4 lehe kasvufaasis. Tavakatses kasutati keemilist umbrohutõrjet, vajadusel ka kahjuritõrjet. Tavavariandis anti teraviljadele külvieelselt liitväetist normiga N₉₀P₂₀K₃₈ (nisu, oder) ja N₇₀P₁₆K₂₉ (kaer).

Ilmastik oli teravilja kasvuks kõige soodsam 2005. aastal, mil suve esimese poole ilmad oli jahedad ja niiskust oli mullas piisavalt. Juulikuine põud pidurdas mõnevõrra taimede kasvu, saagikus oli aga vaatamata põuale hea. 2006. ja 2007. aastal kannatas teravili tugevasti põua käes. Põud pärssis teraviljade kasvu ka 2008. aasta kasvuperioodi esimesel poolel. Juuni keskpaigast algasid vihmad, mis kestsid mõne vaheajaga kuni sügiseni ja parandasid oluliselt teravilja saagikust. Koristus oli aga sajaste ilmade tõttu raskendatud. Tavakatses lamandus vili osaliselt tugevate tuulte ja vihmade mõjul, mahekatstes lamandumist peaaegu ei esinenud.

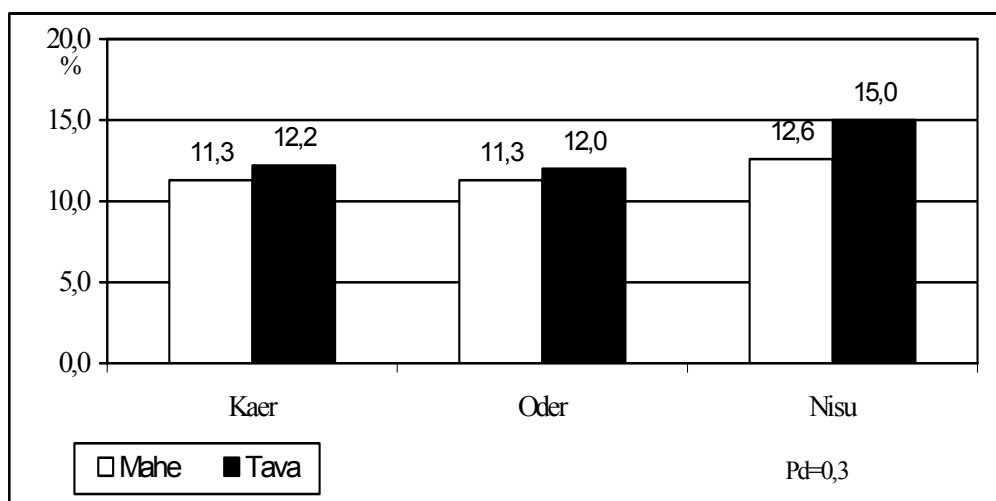
Tulemused ja arutelu

Suviteraviljade võrdluskatses olid sortide proteiinisaldused nisul 10,3–18,8%, odral 10,0–14,5% ja kaeral 8,7–15,3% sõltuvalt viljelusviisist, katseaasta kasvutingimustest ja sordist.

Mahekatstes jäid kõigi suviteraviljade proteiinisaldused katseaastate kesk-

misena väiksemaks kui tavakatses. Kõige rohkem, keskmiselt 2,4%, erinesid terade proteiinisaldused viljelusviiside vahel suvinisul (joonis 1). Seejuures oli nisu proteiinisaldus ka kõigil üksikutel aastatel mahekatses väiksem. Odra ja kaera keskmiste proteiinisalduste erinevused viljelusviiside vahel olid väiksemad, katseaastate keskmisena vastavalt 0,7 ja 0,9%. Mõlema kultuuri sortide proteiinisaldused olid maheviljeluses kahel esimesel katseaastal hea eelvilja (punane ristik) järel samaväärsel tasemel kui tavaviljeluses. Kahel järgneval katseaastal jäid odra ja kaera sortide proteiinisaldused mahekatses ebasobiva eelvilja (teravili) järel kasvades väiksemaks kui tavakatses.

Kolme suviteravilja võrdluses oli mõlemas katses kõige suurema proteiinisaldusega suvinisu. Kaera ja odra proteiinisaldused jäid samale tasemele. Mahekatses olid kultuuride vahelised erinevused väiksemad kui tavakatses.



Joonis 1. Suviteraviljade proteiinisaldused mahe- ja tavakatses 2005–2008. a

Variatsioonikoefitsiendid näitasid, et proteiinisalduste erinevused sortide vahel olid nisul suuremad kui kaeral ja odral (tabel 1). Mahekatses erinesid kõigi suviteraviljade sordid proteiinisalduse poolest üksteisest mõnevõrra vähem kui tavakatses. Mõlemas viljelusviisis olid suurema proteiinisaldusega kaerasordid 'Jaak' ja 'Hecht', odrasordid 'Mette', 'Viire' ja 'Barke' ning nisusordid 'Helle' ja 'Manu'. Proteiinirikkamad sordid ei kuulunud kummaski katses enamasti saagikamate hulka. Tavakatses oli sortide saagikuse ja proteiinisalduse vahel kõigil suviteraviljadel tugev negatiivne korrelatsioon, kaeral ja odral $-0,7^{**}$ ning nisul $-0,8^{**}$. Mahekatses olid eeltoodud korrelatsioonid mitteusutavad.

Kaera- ja nisusordid järjestusid proteiinisalduse järgi viljelusviisides sarnaselt, korrelatsioon mahe- ja tavakatse tulemuste vahel oli mõlemal kultuuril $0,9^{***}$. Odrasortidel oli vastav korrelatsioon nõrgem, $0,6^*$.

Tabel 1. Suiteraviljade sortide proteiinisalduste variatsioonikoefitsiendid mahe- ja tavakatses

	Kaer	Oder	Nisu
Mahekatses	3,4	2,7	5,0
Tavakatses	3,8	3,9	5,8

Järeldused

Katsetingimused näitasid, et suiteraviljade proteiinisaldused jäid mahe-tingimustes väiksemaks kui tavaviljeluses. Nisu proteiinisaldused erinesid viljelusviisides kõige rohkem.

Suvinisu proteiinisaldus oli mõlemas viljelusviisis suurem kui kaeral ja odral. Mahekatses jäid kõigi kultuuride sortide proteiinisalduste vahelised erinevused väiksemaks kui tavakatses. Mõlemas katses olid suurema ja ka väiksema proteiinisaldusega valdavalt samad sordid.

Kasutatud kirjandus

- Briggs, D. E. 1978. Barley. London, 587 pp.
- Briggs, D. E. 1998. Malts and Malting. Blackie Academic & Professional, London, 796 pp.
- Brown, A. R., Morris, H. D., Morey, D. D. 1961. Response of seven oat varieties to different levels of fertilization. – *Agronomy Journal*, 53, pp. 366–369.
- Burrows, V. D., 1986. Breeding Oats for Food and Feed: Conventional and New Techniques and materials. – *Oats: Chemistry and Technology*. Ed. Webster, F. H. American Association of Cereal Chemists, St. Paul. Minnesota, pp. 13–46.
- Duffus, C. M., Cochrane, M. P. 1992. Grain Structure and Composition. Barley: Genetics, Biochemistry, Molecular Biology and Biotechnology. *Biotechnology in Agriculture*, No. 5, ed. Shewry, P. R., Oxford, C.A.B. International, pp. 291–317.
- Halverson, J., Zeleny, L. 1988. Criteria of wheat quality. – *Wheat Chemistry and Technology I*, (ed. Y. Pomeranz), Minnesota, pp. 15–45.
- Peterson, D. M. 1976. Protein concentration, concentration of protein fractions and amino acid balance in oats. – *Crop Science*, 16, pp. 663–666.
- Ullrich, S. E. 2002. Genetics and Breeding of Barley Feed Quality Attributes. *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*, ed. Slafer *et al.*, Food Products Press, USA, pp. 115–142.
- Webster, F. H. 1986. Oat Utilization: Past, Present and Future. – *Oats: Chemistry and Technology*. Ed. Webster, F. H. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, pp. 413–426.
- Welch, R. W. 1986. Oat quality – present status and future prospects. – *Proceedings of the Second International Oats Conference*. Eds. Lawes, A., Thomas, H. Martinus Nijhoff Publishers, the Netherlands, pp. 200–209.
- Welch, R. W. 1995. Oats in human nutrition and health. – *The Oat Crop. Production and utilization*. Ed. Welch, W. Chapman and Hall, London, pp. 434–479.

MAHE- JA TAVATINGIMUSTES KASVANUD SUVINISU KÜPSETUSOMADUSTE VÕRDLUS

Anne Ingver , Reine Koppel, Ilmar Tamm, Ülle Tamm
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Ingver, A., Koppel, R., Tamm, I., Tamm, Ü., 2009. Comparison of baking quality of spring wheat cultivated in organic and conventional conditionst. – Agronomy 2009.

The baking tests were carried out at the Jõgeva Plant Breeding Institute during 2005–2008. Thirteen spring wheat varietie were tested in two cultivation regimes – organic and conventional. As average of the years minimum for baking protein and gluten contents were obtained in the both regimes. Long fermentation yeast bread was baked by the methods of Finnish State Granary.

Correlations between quality characteristics showed that wheat which had used nitrogen of organic origin showed a bit different behaviour in baking process. Most of the quality characteristics were lower in organic conditions. But the differences between the varieties in dough development time and dough stability were more stable in organic trial The least dependent on cultivation regime and weather conditions of the year was flour water absorption. The biggest bread volume in the both cultivations produced early varieties Meri, Manu ja Helle which have also the highest protein contents. Significant correlation of bread loaf volume between organic and conventional trial was not found. It maybe concluded that organically cultivated wheat needs somewhat different baking technology.

Figure 1. Flour water absorption capacity of spring wheat varieties in organic and conventional trial during 2005–2008

Figure 2. Dough development time (min) of spring wheat varieties in organic and conventional trial during 2005–2008

Figure 3. Dough stability of spring wheat varieties in organic and conventional trial during 2005–2008

Figure 4. Loaf volume of spring wheat varieties in organic and conventional trial during 2005–2008

Keywords: spring wheat, baking quality, organic, conventional

Anne Ingver, Reine Koppel, Ilmar Tamm, Ülle Tamm, Jõgeva Plant Breeding Institute, I Aamisepa St., 48309 Jõgeva, Estonia

Sissejuhatus

Tänapäeval on tarbija teadlikkus toidu tervislikkusest oluliselt suurenenud. Mahepõllumajanduse printsiipide järgi kasvatatud nisutoodete turg on laienenud (Whitaker, 2007), kuid mahetoidu tarbijad ootavad lisaainetest vabu saadusi (<http://www.darcof.dk/enews/dec03/bake.html>). Tarbijate varustamine tervislike

ja kvaliteetsete toodetega on mahepõllumeeste ja -pagarite suurim väljakutse. Tavanisust saaduste valmistamisel kasutatakse tihti mõningaid lisaaineid, et selle kaudu tagada jahu ja küpsetatavate saiatoodete stabiilne kvaliteet.

Nisu kasvatamisel nii mahe- kui ka tavatingimustes on oluline saavutada kõrge küpsetuskvaliteet. Samas on taimede kasvu ja arengu ajal väga tähtis piisava koguse lämmastiku olemasolu, et terades moodustuks küpsetuseks vajalik kogus proteiini ja kleepevalku. Nisuaretuses on eesmärgiks saada vili, mille proteiini-sisaldus oleks vähemalt 12%, kleepevalgu sisaldus 25% ja gluteeniindeks 50–90. Kuigi proteiini ja kleepevalgu järgi on võimalik prognoosida saadava jahu ja saia kvaliteeti, annavad antud sordile lõpliku hinnangu küpsetuskatsed (Finney *et al.*, 1987). Mahetingimustes tuleb saianisu kasvatamisel tähelepanu pöörata ka sobiva eelvilja valikule. Oluline on lämmastiku kogus ja ka lämmastiku päritolu (mineraalne või orgaaniline). Jahu proteiinisaldus ja mitmed omadused, nagu taigna moodustumise aeg, stabiilsus, veesidumisvõime ja pätsi maht, on ühed tähtsamad küpsetuse kvaliteedi näitajad (Finney *et al.*, 1987; Souza *et al.*, 1993). Suvinisu küpsetusomadused sõltuvad nii geneetilistest teguritest, keskkonna tingimustest (Finney *et al.*, 1987) (kasvukoha ilmastik, mullastik) kui ka kasutatavast agrotehnikast.

Eelnevatest uuringutest on teada, et mahetingimustes jääb suvinisu proteiini-sisaldus madalamaks kui tavatingimustes. Kui palju see aga mõjutab üksikuid küpsetuses olulisi näitajaid?

Antud uurimuse eesmärgiks oli kasvatusrežiimi mõju uurimine suvinisu küpsetuskvaliteedile.

Materjal ja meetodika

Suvinisu küpsetusanalüüsid viidi läbi Jõgeva Sordiaretuse Instituudi küpsetuslaboris aastatel 2005–2008 vastavalt Soome Riigi viljasalve küpsetusemetoodikale (Suomen valtion..., 1996). Hinnati 13 suvinisu sordi omadusi nii mahe- kui ka tavatootmise tingimustes. Katses olid Soome/Eesti sordid 'Helle', 'Meri' ja 'Mooni', Rootsi sordid 'Vinjett', 'Tjalve', 'Zebra' ja 'SW Estrad', Saksamaa sordid 'Munk', 'Triso' ja 'Monsun', Soome sordid 'Manu' ja 'Mahti' ning Hollandi sort 'Baldus'. Püülijahu jahvatamiseks kasutati Quadrumat Senior jahuveskit. Proteiinisaldused määrati Kjeldahli meetodil, kleepevalk Falling Number Glutomatic 2200 ja gluteeniindeksi leidmiseks kasutati Centrifuge 2015 (ICC standard 137). Brabenderi farinograafia määrati taigna omadused: jahu veesidumisvõime, taigna moodustumise aeg, stabiilsus ja taigna pehmenemine (ICC standard 115). Küpsetuseks kasutati järgmist retsepti: 250 g jahu (14% niiskust), 5 g suhkrut, soola ja margariini, 7,5 g pärimi ja 6 ml 0,1% askorbiinhappe lahust. Vett lisati vastavalt farinogrammilt saadud veesidumisvõimele. Kui langemisarv ületas 250 sek, lisati linnasejahu. Taigna sõtkumise imiteerimiseks, lasti taigen mitu korda läbi Friladon-valtside. Kerkimisaeg oli 90 min. Kasutati kaheastmelist

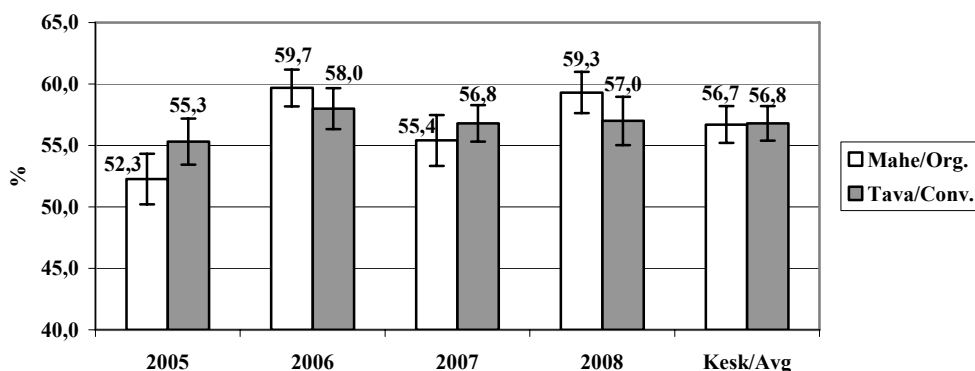
küpsetust ahjus Juno Convectomat (10 min 150°C koos niisutusega ja 10 min 200°C ilma niisutusega). Pätsid hinnati küpsetusele järgneval päeval. Saia pätsi ruumala määramiseks kasutati omavalmistatud mõõturit. Pätsi mahu määramise aparaadis kasutatakse rapsiseemneid, mis paigutuvad ümber mõõdetava saiapätsi ja vastavalt skaalalt loetakse uuritava pätsi maht kuupsentimeetrites.

Täpsem põldkatsete läbiviimise meetodika ja katseaastate ilmastik on kirjeldatud varasemas publikatsioonis (Tamm *et al.*, 2009a).

Tulemused ja arutelu

Jahvatus-küpsetuskatse tulemusena saadakse suur hulk informatsiooni nisusortide kohta. Antud uurimuses käsitletakse vaid mõningaid olulisemaid küpsetusomadusi.

Jahu veesidumisvõime on küpsetuse seisukohast oluline parameeter, mida määratakse farinograafia. See on vee kogus, mis on vajalik kindla viskoosusega taigna saamiseks. Heaks loetakse veesidumisvõimet vahemikus 55–65%. Veesidumisvõimet mõjutab kleepealgu kogus ja kvaliteet. Farinogrammilt saadi andmed jahu veesidumisvõime, taigna moodustumise aja, stabiilsuse ja vedeldumise kohta (joonised 1, 2, 3).



I - Sortide jahu veesidumisvõime standardhälbed /standard deviations of flour water absorption

Joonis 1. Suvinisu sortide keskmine jahu veesidumisvõime (%) mahe- ja tavaviljeluses 2005–2008. a

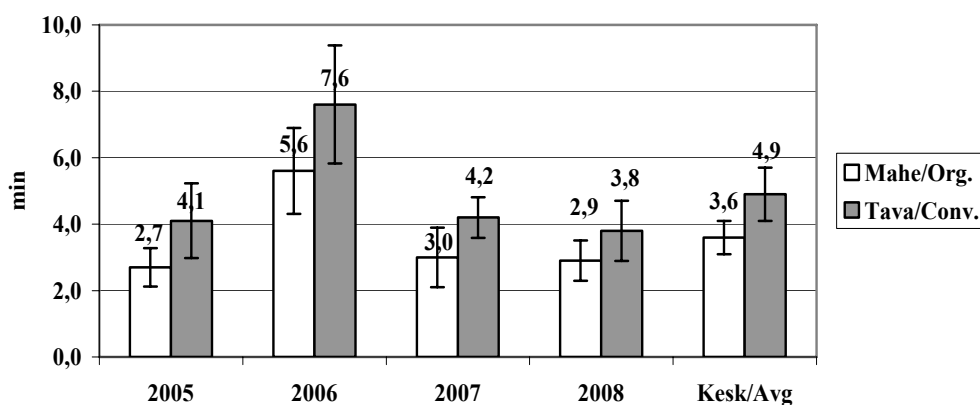
Suvinisu sortide aastate keskmine jahu veesidumisvõime jäi nii mahe- kui ka tavakatses ligikaudu samasse vahemikku (mahe 53,6–58,7%, tava 53,6–58,0%). Sordid käitusid sarnaselt mõlemas viljelusviisis. Suurema veesidumisvõimega olid sordid ‘Mooni’, ‘Meri’ ja ‘Munk’ ning väiksemaga ‘Baldus’ ja ‘Vinjett’.

Viljelusviis ei avaldanud aastate keskmisena antud näitajale mõju (mahe 56,7%, tava 56,8%). Katseaastate vahel olid aga üsna suured erinevused. Veesidumisvõime oli väiksem 2005. a, mil mahekatses vaid ‘Mooni’, tavakatses aga poolte sortide tase jäi sobivasse vahemikku. Kõrgeim oli see näitaja 2006. a, kui

kõigi sortide veesidumisvõime oli suurem kui 55%.

Taigna moodustumise aeg. Taigen moodustub jahu segamisel veega. Segamisega saavutatakse kolm eesmärki: moodustub homogeenne süsteem, kujuneb välja proteiini võrgustik, mis on võimeline kinni pidama eralduvat gaasi ja taignasse lisatakse õhku. Taigna moodustumise aeg on ajavahemik jahu ja vee segamise algusest kuni farinogrammi maksimaalse kõrguseni.

Antud uurimuses jäi sortide keskmine taigna moodustumise aeg mahekatses vahemikku 2,9 ('Munk', 'Mahti') – 4,3 min ('Manu', 'Baldus') ja tavakatses 4,0 ('Munk', 'Estrad', 'Monsun') – 6,6 min ('Meri'). Sordid käitusid küll erinevates viljelusviisides mõnevõrra erinevalt, kuid olulisi vahesid sortide vahel ei esinenud. Taigna moodustumise aeg oli sortide keskmisena pikem põuasemal 2006. a. Mahekatses moodustus taigen kõigil aastatel lühema aja jooksul. Taigna moodustumise lühike aeg on küll pagari jaoks hea näitaja, kuid tihti kaasneb sellega kiirem pehmenemine. Selline taigen hakkab peale moodustumist kohe pehmenema.

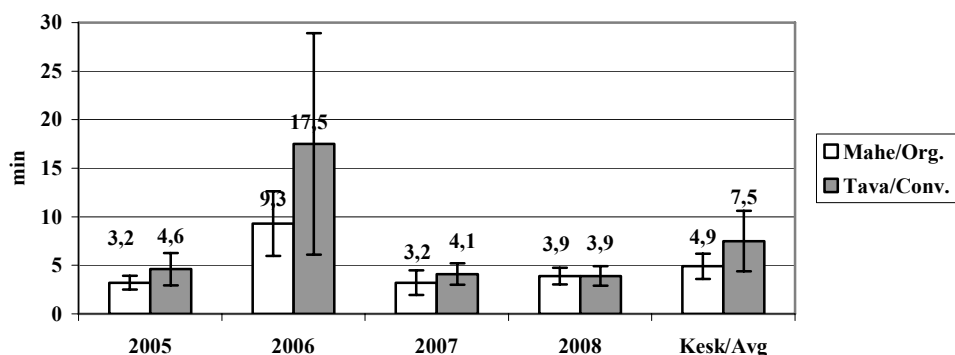


I - Sortide taigna moodustumise aja standardhälbed / *standard deviations of dough development time*

Joonis 2. Suvinisu sortide keskmine taigna moodustumise aeg (min) mahe- ja tavaviljeluses 2005–2008. a

Taigna stabiilsus on aeg, mille kestel farinogrammi kaar on standardarvust 500 BU kõrgemal. Taigna segamiseks (sõtkumiseks) tuleb kulutada teatud aja kestel ühesugust jõudu. Seejärel muutub tainas vedelamaks ja tema segamine kergeneb. Üks tähtsaim farinogrammi parameeter on aeg, mis kulub vedeldumise alguseni. Mida kiiremini tainas vedelaks muutub, seda halvem on jahu pagari pilgu läbi. Üks erinevus pehme ja tugeva nisu vahel on see, et pehmest nisust valmistatud taigna segamisel on taigna stabiilsus lühike (1–4 min), tugeval nisul pikk (üle 10 min). See muudab pehmest nisust jahvatatud jahust taigna segamise probleemiks – taigen jõuab vaevalt tekkida ja läheb kohe vedelaks.

Kõva nisu endosperm on homogeenne, koosnedes “ühtesulanud” peeneteralistest valgu ja tärklise osadest. See annab kõva nisu terale mehhaanilise kõvaduse ja suure klaasisuse. Pehme nisu endosperm on sõmerjas, koosnedes tärklise ja valgu graanulitest. Kui jahvatada kõva nisu, siis endospermi purustamisel tekib nn. kahjustatud tärklis. Pehme nisu endosperm laguneb purustamisel ülalmainitud graanuliteks ja kahjustatud tärklise osatähtsus on väike. Peale proteiini (kleepevalgu sisalduse) määratakse saia ruumala veel tärklise veesidumisvõimega. Kahjustatud tärklisel ongi oluline osa taigna veesidumisvõime määramisel. Ensüümide toimel tekivad kahjustatud tärklisest pärmseente toiteks vabad suhkrud. Pehme nisu juures korvatakse madal tärklise kahjustus suhkruga või spetsiaalsete ensüümide lisamisega (Pomeranz, 1988).

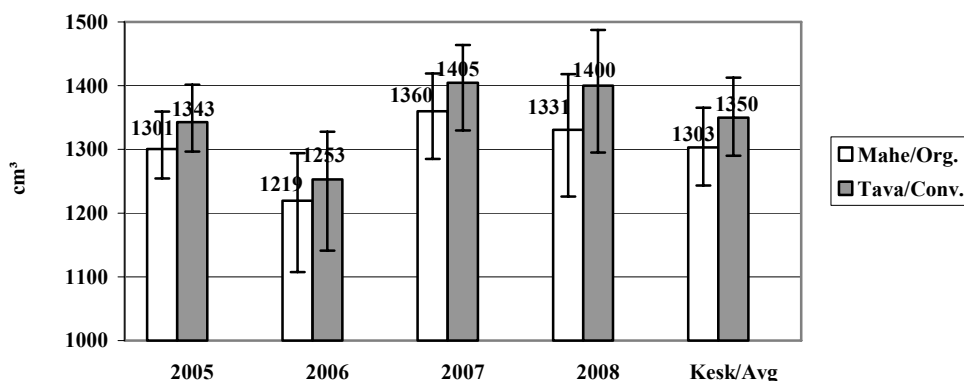


I - Sortide taigna stabiilsuse standardhälbed/ *standard deviations of dough stability*

Joonis 3. Suviniisu sortide keskmine taigna stabiilsus mahe- ja tavaviiljeluses 2005–2008. a

Meie uurimuses jäi mahekatses sortide keskmine taigna stabiilsus madalamaks (mahe 4,9 ja tava 7,5 min). Sordid käitusid erinevates viljelusviisides sarnaselt. Kõrgeim stabiilsus oli mõlemas katses sordil ‘Manu’ ja madalaim sordil ‘SW Estrad’. Oluline oli ka aasta. Vaid põuasel 2006. a moodustus väga kõrge stabiilsusega taigen nii mahe- kui ka tavakatse sortidel.

Pätsi maht. Varasematest uurimustest selgub, et mahetingimustes kasvanud nisul proteiinisaldus madalam ja pätsi maht väiksem (Gooding *et al.*, 1993). Selle näitaja osas käitusid sordid erinevates viljelusviisides mõnevõrra erinevalt. Suviniisu sortide pätsi mahu ja proteiini ning kleepevalgu sisalduste vahel leiti tavakatses tugevad positiivsed korrelatsioonid, mõlemad $r=0,8^{**}$. Mahekatses jäid eelnimetatud seosed nõrgemaks ja olid mitteusutavad. Suurema mahuga pätsid olid mõlema viljelusviisi puhul sortidel ‘Meri’, ‘Manu’ ja ‘Helle’ (mahekatses 1360, 1353, 1345 cm³ ja tavakatses 1450, 1443, 1435 cm³). Väiksema mahuga pätsid olid mahekatses sortidel ‘SW Estrad’ ja ‘Monsoon’ (vastavalt 1210 ja 1270 cm³)



I - Pätsi mahtude standardhälbed / *standard deviations of loaf volumes*

Joonis 4. Suvinisu sortide keskmine pätsi maht mahe- ja tavaviljeluses 2005–2008.a

ning tavakatses ‘Monsoon’, ‘Baldus’ (1280 cm³) ja ‘Munk’ (1251 cm³).

Sortide proteiini ja kleepealgu sisaldused ületasid aastate keskmisena mõlemas katses aretuseesmärkides püstitatud küpsetuseks vajaliku miinimumi (mahe 12,6% ja 27,1% ning tava 14,9% ja 32,0%) (Tamm et al., 2009b).

Mahe-tava kvaliteedi võrdlus. Suvinisu sortide enamike uuritud kvaliteedinäitajate vahel mahe- ja tavatingimustes olid tugevad korrelatsioonid (taigna veesidumisvõime, kleepealgu sisaldus ja proteiinisaldus $r=0,9^{***}$, gluteeniindeks $r=0,8^{**}$, taigna moodustumise aeg $r=0,7^{**}$ ja taigna stabiilsus $r=0,6^*$). Seega olid sortidevahelised küpsetuskvaliteedi erinevused mõlema viljelusviisi puhul sarnased. Usutatavat korrelatiivset seost ei leitud vaid tava- ja maheviljeluses kasvanud nisusortide pätsi mahtude vahel.

Proteiinisalduse ja terasaagi vahel oli tavakatses tugev negatiivne korrelatsioon ($r=-0,8^{**}$). Ka mahekatses ei kuulunud suurema proteiinisaldusega sordid enamasti saagikamate hulka, vastav korrelatsioon jäi siiski mitteusutavaks. Taigna moodustumise aeg oli tavakatses proteiinirikamatel sortidel pikem ($r=0,7^*$). Mahekatses jäi nimetatud näitajate vaheline seos sortide väiksema proteiinisalduse korral mitteusutavaks.

Suvinisu kvaliteedinäitajate vahelised korrelatiivsed seosed näitasid, et küpsetuses käitusid mahetingimustes kasvanud sordid mõnevõrra erinevalt. Sortidevahelised erinevused taigna moodustumise ajas (variatsioonikoefitsiendid vastavalt 14 ja 17%) ja taigna stabiilsuses (27 ja 42%) olid mahetingimustes väiksemad kui tavaviljeluses.

Veesidumisvõime sõltus kõige vähem katseaastate ilmastikust ja viljelusviisist. Ülejäänud kvaliteedinäitajad erinesid katseaastate keskmisest kõige rohkem

põuasel 2006. a. Taigna moodustumise aeg ja stabiilsus olid sel aastal keskmisest oluliselt kõrgemad, pätsi maht jäi aga keskmisest väiksemaks.

Järeldused

Mahekatses jäi enamus suvinisu küpsetuskvaliteeti iseloomustavaid näitajaid madalamaks kui tavakatses. Samas olid sortidevahelised erinevused taigna moodustumise aja ja taigna stabiilsuse osas mahetingimustes väiksemad. Veesisidumisvõime sõltus kõige vähem viljelusviisist ja katseaastate ilmastikust. Teiste näitajate tasemed olid põuasel aastal keskmisest oluliselt erinevamad mõlemas katses.

Mahe- ja tavatingimustes kasvanud suvinisu kvaliteedinäitajate vahelised korrelatiivsed seosed näitasid, et maheviljeluses käitusid sordid mõnevõrra erinevalt kui tavaviljeluses, kuigi enamike näitajate vahel olid tugevad positiivsed korrelatsioonid. Usutavat seost ei leitud vaid tava- ja maheviljeluses kasvanud nisusortide pätsi mahtude vahel. Suurema pätsiga saia andsid mõlemas viljelusviisis varajased kõrge proteiinisaldusega sordid 'Meri', 'Manu' ja 'Helle'. Võib arvata, et mahetingimustes kasvanud nisust valmistatud sai vajab pisut teistsugust küpsetuse tehnoloogiat, kui oli kasutatud antud uurimuses (näiteks pikemat kerkimise aega).

Kasutatud kirjandus

- Finney, K.F., Yamazaki, W.T., Youngs, V.L., and Rubenthaler, G.L. 1987. Quality of hard, soft, and durum wheats. - Wheat and Wheat Improvement. Agronomy Monogr. 13, 2nd ed. E.G. Heyne, ed. American Society of Agronomy, Madison, WI., pp. 677–741.
- Gooding, M.J., Davies, W.P., Thompson, A.J., and Smith, S.P. 1993. The challenge of achieving breadmaking quality in organic and low input wheat in the UK – A review. *Aspects Appl. Biol.* 36: 189–198.
- <http://www.darcof.dk/enews/dec03/bake.html>
- Pomeranz, Y. 1988. Composition and functionality of wheat flour components. – Wheat Chemistry and Technology. Vol. II. Ed. Y. Pomeranz, Minnesota, USA, pp. 219–370.
- Suomen Valtion Viljavarasto Koeleivontamenetelmä 1996. Viljalaboratorio, pp 1–7.
- Souza, E., Tyler, M.J., Kephart, K.D., Kruk, M. 1993. Genetic Improvement in Milling and Baking Quality of Hard Red Spring Wheat Cultivars. – *Cereal Chem.* Vol.70, No.3, pp. 280–285.
- Tamm, I., Tamm Ü., Ingver, A. 2007. Suviteraviljade saagikuse ja kvaliteedi võrdlus mahe- ning tavatingimustes. *Agronomia 2007*. Koostaja J. Kadaja. Saku, lk. 57–60.
- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A. 2009a. Spring cereals performance in organic and conventional cultivation. *Agronomy Research*, Volume 7, pp. 522–527.

- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A. 2009b. Suviteraviljade proteiinisaldus tava- ja maheviljeluses. *Agronoomia* 2009. Jõgeva, (avaldamisel).
- Whitaker, S. 2007. Organics overflow. *Milling & Baking News*, 86, 19–20, 22 ,24.

VÄETAMISE MÕJUST SUVINISU KÜPSETUSKVALITEEDILE

Tiia Kangor, Anne Ingver
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Kangor, T., Ingver, A. 2009. The effect of fertilization on baking quality of spring wheat. – *Agronomy 2009*.

The effect of baking quality properties (gluten content, flour falling number, dough development time, dough stability, valorimetric value, loaf volume) on fertilization was observed using the spring wheat varieties Vinjett and Monsun. Four fertilizer doses ($N1=N_0P_0K_0$; $N2=N_{60}P_{13}K_{23}$; $N3=N_{100}P_{22}K_{39}$; $N4=N_{140}P_{31}K_{54}$) were utilized. All the baking quality properties were significantly influenced by fertilization. Gluten content and dough developing time depended on the fertilization the most. The effect of year for the flour falling number, dough stability and valorimetric value was the greatest. The genotype effect for loaf volume was the most noticeable.

Table 1. The coefficients of determination for baking quality of spring wheat

Table 2. The average baking quality characteristics on different fertilizer doses during the years 2006–2008

Keywords: spring wheat, fertilization; baking quality

Tiia Kangor, Anne Ingver, Jõgeva Plant Breeding Institute, 1 J. Aamisepa St., 48309 Jõgeva alevik, Estonia

Sissejuhatus

Igale riigile on strateegiliselt oluline varustada oma rahvas kohapeal toodetud toiduainetega, sealhulgas kohaliku kvaliteetse nisujahuga. Eestis on võimalik toota küpsetuseks sobivate kvaliteediomadustega toidunisu (Kallas, 1995).

Töö eesmärgiks oli võrrelda mõningaid nisu küpsetuskvaliteedi omadusi erinevatel väetisfoonidel ning analüüsida nende omaduste varieeruvust sõltuvalt väetamisest, sordist, aastast ja nende koosmõjust.

Materjal ja meetodika

Katses võrreldi kolmel aastal (2006–2008) kahe suvinisu sordi ('Vinjett', 'Monsun') mõningaid küpsetuskvaliteeti mõjutavaid omadusi. Katse rajati raske liivsavi lõimiseega leetjale kamar-karbonaatmullale neljal erineval väetisfoonil ($N1=N_0P_0K_0$; $N2=N_{60}P_{13}K_{23}$; $N3=N_{100}P_{22}K_{39}$; $N4=N_{140}P_{31}K_{54}$) kompleksväetisega Power 18-9-15. Väetis külvati enne suvinisu külvi ja kultiveeriti mulda. Katsed külvati kolmes korduses 9 m² suurustele katselappidele. Külvisenormiks kasutati 600 idanevat tera ruutmeetrile.

Küpsetuskvaliteedi omadustest võrreldi jahu langemisarvu, kleepvalgu si-

saldust, taigna moodustumise aega, selle stabiilsust, valorimeetri arvu ning saiapätsi mahtu. Langemisarvu määrati püülijahust aparaadiga Falling Number 1800. Kleepvalgu sisalduse määramiseks kasutati Glutomatic 2200. Farinograafi-ga (Senior) määrati taigna moodustumise aeg ja selle stabiilsus. Farinogrammi analüüsimisel mõõdeti valorimeetri arv. Saiapätsi mahu mõõtmiseks kasutati rap-siseemneid, mis paigutusid vastavas aparaadis ümber saiapätsi ning skaalalt loeti pätsi maht.

Andmed töödeldi faktoriaalse dispersioonanalüüsi meetodil andmetöötlus-programmiga Agrobase 4. Determinatsioonikoefitsiendi arvutamisel leiti prot-sentuaalselt iga faktori (aasta, sort, väetisfoon) otsemõju ja nende koosmõju osa-tähtsus erinevatele omadustele, s.t leiti, mitu % antud faktor kirjeldab omaduse hajuvusest.

Suvinisu kasvuaegne ilm oli kahel esimesel katseaastal (2006, 2007) sarnane. Nisu kasvuperiood oli antud aastatel küllalt kuiv ja kuum ning esines pikema-ajalisi põuaperioode. 2008. a oli taimede võrsumisest kõrsumiseni kuum ja kuiv, kuid peale loomist muutus ilm jahedaks ja niiskeks. Koristusperiood oli vihmane, mistõttu nisuterad läksid peas idanema, vähenes saak ja halvenes selle kvaliteet.

Tulemused ja arutelu

Taigna kerkimisvõime sõltub oluliselt kleepvalgu sisaldusest. Kleepvalk e gluteen tekib jahu segamisel veega (Lepajõe, 1984). Kirjanduse andmeil sõltub kleepvalgu sisaldus 70% ulatuses kasvutingimustest. Saia küpsetamiseks peaks kleepvalgu sisaldus olema üle 25% (Ingver *et al.*, 1995), kuid liialt suure (üle 30 %) ja tugeva kleepvalgu koguse korral ei suuda pärmirakud tainast piisavalt kaua kohevana hoida, mistõttu sai ei kerki piisavalt (Lukme, 2006). Antud katses määras kleepvalgu sisalduse varieeruvuse peamiselt väetisfoon (91%) (tabel 1). Kõikidel foonidel, v.a väetamata foonil N1, oli antud näitaja kolme katseaasta keskmisena saia küpsetamiseks vajaliku suurusega (tabel 2). Aasta mõju ei olnud usutatav, sest kõigil kolmel katseaastal jäi erinevus kleepvalgu sisalduses vea pii-ridesse. Sama kehtis ka sordi kui faktori analüüsimisel. Aasta ja sordi koosmõju jäi väikeseks.

Tabel 1. Determinatsioonikoefitsiendid (%) suvinisu küpsetusomadustele

Näitaja	Determinatsioonikoefitsient				
	Aasta	Väetisfoon	Sort	AxF	AxS
Kleepvalgu sisaldus	1 ns	91***	0,2 ns	4 ns	3*
Jahu langemisarv	88***	2*	5***	3*	4 ns
Taigna moodustumise aeg	22**	32**	2 ns	17 ns	19*
Taigna stabiilsus	42**	18*	0,0 ns	23 ns	5 ns
Valorimeetri arv	42***	35***	0,2 ns	14*	7*
Pätsi maht	7 ns	23*	32**	19 ns	3 ns

* – usutatavus $p < 0.05$; ** – usutatavus $p < 0.01$; *** – usutatavus $p < 0.001$; ns – mitte usutatav; AxF – aasta ja väetisfooni koosmõju; AxS – aasta ja sordi koosmõju

Jahu langemisarv on oluline taigna kerkimiseks ja näitab ensüümi alfa-amülaasi seisundit. Vihmasel koristusperioodil on suur tõenäosus, et alfa-amülaasi aktiivsus on nisuterades suurenenud, osa tähtsust on lõhustunud suhkruteks, mistõttu langemisarv on alanenud ja taigen ei kerki. Saiaküpsetuseks heaks langemisarvuks loetakse 250 sekundit (Ingver *et al.*, 1995). Antud katses mõjutab jahu langemisarvu varieerumist peamiselt katseaastast kui faktorist tulenevad iseärasused (88%). Kahel aastal (2006, 2007) oli langemisarv kypsetuseks hea, vastavalt 380 ja 384 sek, kuid 2008. a saia kypsetuseks madal (153 sek). Teiste faktorite mõju langemisarvule jäi väikeseks. Kolme katseaasta keskmisena jäi

Tabel 2. Kypsetusomadused erinevatel väetisfoonidel kolme aasta (2006-2008) keskmisena

Näitaja	Väetisfoon			
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
Kleepvalgu sisaldus %, PD ₀₅ = 1,2	19,7	25,3*	29,6*	32,7*
Jahu langemisarv sek, PD ₀₅ = 30	282	309	324*	309
Taigna moodustumise aeg min, PD ₀₅ = 1,4	3,0	4,0	4,8*	5,5*
Taigna stabiilsus min, PD ₀₅ = 2,6	3,7	6,0	7,3*	6,8*
Valorimeetri arv, PD ₀₅ = 5	46	53*	58*	59*
Pätsi maht cm ³ , PD ₀₅ = 86	1187	1263	1310*	1340*

* – usutavus $p < 0.05$ võrreldes fooniga N₁

sordi 'Vinjett' jahu langemisarv (279 sek) usutavalt väiksemaks 'Monsuni' omast (332 sek), kuid oli siiski saia kypsetuseks hea. 2008. a oli eespool nimetatud sortide langemisarv kypsetuseks madal, vastavalt 129 sek 'Vinjetil' ja 178 sek 'Monsunil'. Kõigil väetisfoonidel oli jahu langemisarvu suurus katseaastate keskmisena saia kypsetuseks piisav, kuid väetamata foonist usutavalt kõrgem langemisarv oli foonil N₃ teradest saadud jahul.

Taigna moodustumise aega mõjutasid väetisfoon (32%), aasta (22%) ning aasta ja sordi koosmõju (19%). Kirjanduse andmetel on leitud korrelatsioon, et mida pikem on taigna moodustumise aeg, seda suurem on üldjuhul tema stabiilsus ning seda paremate kypsetusomadustega on jahu (Finney, *et al.*, 1987). Suurte väetise koguste kasutamisel (N₃, N₄) läks taigna moodustumiseks oluliselt kauem aega. Kui kahel esimesel aastal (2006, 2007) kulus taigna moodustumiseks võrdsest aega (5 min), siis 2008.a jahust moodustus taigen tunduvalt kiiremini (3 min).

Taigna stabiilsus on seotud kleepvalgu koguse ja kvaliteediga (Lukme, 2006). Antud katses määras selle peamiselt aasta (42%), väetamine mõjutas vähem (18%). Oluliselt parema taigna stabiilsusega oli 2006.a jahu (9 min). 2007.a ja 2008.a koristatud nisul jäi see näitaja tunduvalt väiksemaks, vastavalt 5 ja 4 minutit. Pagarid on huvitatud hea stabiilsusega jahust (vähemalt 6 min). Antud katses saavutas taigen 6 minutilise ja suurema stabiilsuse väetatud foonidel, kuid foonil N₂ ei olnud see näitaja usutavalt erinev väetamata foonilt saadud näitajast.

Valorimeetri arvu kui farinogrammi koondhinde kaudu hinnatakse taigna moodustumise aega, stabiilsust ja pehmenemist komplekselt. Mida suurem see näitaja on, seda paremad on taigna küpsetusomadused. Antud katses määras valorimeetri arvu varieeruvuse põhiliselt kaks faktorit – aasta (42%) ja väetisfoon (35%). Kõigil kolmel aastal oli antud näitaja osas usutavad erinevused, olles suurim 2006. a (59) ja usutavalt väiksem 2008. a (46). Erinevatel väetisfoonidel jäi valorimeetri arv rahuldavaks (46–59), jäädes väetamise korral (N2, N3, N4) oluliselt suuremaks väetamata variandist. Sordi mõju antud näitajale puudus. Koosmõjud aasta ja sordi ning aasta ja fooni vahel jäid samuti väikeseks.

Kõige parema informatsiooni küpsetusomadustest annab proovipätsi küpsetus. Proovipätsi maht peaks olema vähemalt 550 cm³ 100 g jahu kohta (Lepajõe, 1984). Pätsi mahu määrasid kaks faktorit – sort (32%) ja väetamine (23%). Nisusordi ‘Monsun’ pätsi mahu suurus (1207 cm³) jäi sordi ‘Vinjett’ pätsist (1343 cm³) kõikidel aastatel tunduvalt väiksemaks. Suuremate väetise annuste korral (N3 ja N4) oli pätsi maht usutavalt suurem kui väetamata foonil N1 saadud jahust tehtud saial. Nisusordi ‘Vinjett’ pätsi mahu suuruse varieeruvus oli erinevatel väetisfoonidel kolme aasta keskmisena väiksem kui sordil ‘Monsun’.

Järeldused

Väetamisel oli oluline mõju antud töös kõigile uuritud küpsetusomadustele. Hea saia saamiseks oli sobivaim väetisfoon N100P22K39. Määrav tähtsus väetamisel kujunes antud tingimustes kleepvalgu sisaldusele ja taigna moodustumise ajale. Kui jahu langemisarv, taigna stabiilsus ning valorimeetri arv sõltusid enam aasta mõjust, siis saiapätsi mahu määrasid sordi geneetilised erinevused.

Tänuavaldused

Uurimusi on toetanud Kemira GrowHow AS.

Kasutatud kirjandus

- Finney, K. F., Yamazaki, W., T., Youngs, V. L., Rubenthaler, G., L. 1987. Quality of Hard, Soft and Durum Wheats. Wheat and Wheat Improvement. Agronomy No 13, Second Edition, p. 677–748.
- Ingver, A., Küüts, H., Annamaa, K., Nõges, M. 1995. Eestis kasvatamiseks sobivatest suvinisusortidest. Nisukasvatuse arendamisest Eesti Vabariigis nr. 8, lk. 69–80.
- Kallas, E. 1995. Sordi ja kasvutingimuste mõju jahvatus-küpsetusomadustele. Nisukasvatuse arendamisest Eesti Vabariigis. Nr. 8, lk. 85–90.
- Lepajõe, J. 1984. Nisu. 134 lk.
- Lukme, L. 2006. Millisest nisusordist saab head saia. <http://pmk.agri.ee/est/ettekanded/lea.pdf>

SUVIVIKI MÕJU SUVINISULE JA KAERALE KAHELIIGILISTES SEGUKÜLVIDES

Ruth Lauk, Ervi Lauk

EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Lauk, R., Lauk, E. 2009. The influence of common vetch on wheat and oat in dual component intercrops. – *Agronomy 2009*.

A research project of common vetch (*Vicia sativa*) cultivation together with wheat (*Triticum aestivum*) or oat (*Avena sativa*) was conducted on the experimental fields of the Institute of Agricultural and Environmental Sciences of the Estonian University of Life Sciences in 2003–2005. The field trials were performed on a pseudopodzolic, moderately moist soil having a slightly sandy-clayey texture. The preceding crop was spring wheat. It was found that the inclusion of vetch in cereals seed mixes and increase of its sowing rate led to considerable decrease in the yield of cereal component ($R = 0,986–0,993$; $p = < 0,001$). The adverse effect of vetch led to a reduction of wheat yield up to 4 times (without N fertilizer) or 2,5 times (with N fertilizer) on average of three years, and in oat yield up to 2,5 times. One reason for the decrease of cereal yield was the formation of smaller grains under increased vetch seed densities ($R = 0,971–0,985$; $p < 0,001$). The amount of nitrogen (kg/ha) of the cereals was highest in monoculture. The inclusion of vetch in cereal mixes and the increase of its sowing rate had a very strong adverse effect on the nitrogen content of cereal grains. The correlations were very strong and significant ($0,983–0,995$; $p < 0,001$). The vetch-cereal mixes proved to be effective in terms of protein yield. The maximum protein yields were obtained at the vetch sowing rate of 72 germinating seeds per square meter.

Figure 1. The grain yield of wheat and oat depending on vetch sowing rate on average of three years

Figure 2. The 1000-seed weight of wheat and oat depending on vetch sowing rate on average of three years

Figure 3. The amount of nitrogen (kg/ha) removed by wheat and oat grains depending on vetch sowing rate on average of three years

Figure 4. The amount of nitrogen (kg/ha) removed by intercrop yield depending on vetch sowing rate on average of three years

Keywords: cereal, intercropping, sowing rate, seed weight, *Vicia sativa*.

Ruth Lauk, Ervi Lauk, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Kreutzwaldi 64, Tartu 51014, Estonia.

Sissejuhatus

Taimikasvatuses esineb väga erinevaid viljelusviise, üks neist on orgaaniline viljelusviis. Kuna sellise viljelusviisi juures ei kasutata üldjuhul mineraalseid

väetisi ja pestitsiide, siis kuulub see viljelusviis madala sisenditega viljelusviiside hulka ning seega on ka tehtavad kulutused kultuuride kasvatamisel väiksemad. Orgaanilise maaviljeluse tingimustes soovitatakse laiendada ka õhulämmastikku siduvate kultuuride kasvupinda, sealhulgas ka segukülvide kasvupinda (Mueller, Thorup-Kristensen, 2001). Haritaval maal tulevad eelkõige arvesse kaunviljade-teraviljade segukülvid, millised teatud mõttes imiteerivad looduslikke taimekooslusi. On leitud (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2003; 2006), et kaunviljade-teraviljade segukülvid kasutavad paremini ära looduslikke ressursse võrreldes eri taimeliikide puhaskülvidega.

Nii mitmeski uurimuses on selgunud (Rauber *et al.*, 2001; Andersen *et al.*, 2004), et kaunviljad segukülvides on tugevasti mõjutatud ja alla surutud teraviljast komponendi poolt. Eriti ilmneb see lühivarreliste kaunviljasortide puhul (Rauber *et al.*, 2001). Suhteliselt vähe on andmeid selle kohta, millist konkurentsi pakuvad kaunviljad teraviljadele ja kuidas mõjutavad kaunviljad teravilju segukülvides.

Eeldada võib, et kaunviljad pakuvad tugevat konkurentsi teraviljadele segukülvides. Kaunviljad vajavad kasvamiseks ja arenemiseks võrreldes teraviljadega suhteliselt palju kasvuruumi. Seda saab järeldada puhaskülvide külvisenormide põhjal (seemneid pinnauhikule). Kaunviljade (suvivikk, hernes) külvisenormid puhaskülvides on mitu korda väiksemad kui suviteraviljade (nisu, kaer, oder) külvisenormid puhaskülvides.

Lõplikult ja üheselt ei ole selge, kuidas kaunviljad mõjutavad teraviljade lämmastiktootumise tingimusi.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö viidi läbi kolme aasta kestel (2003–2005) Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi katsejaama põldudel Tartu lähedal Eerikal. Katse rajati kahkjale liivsavi lõimisega mullale, millise omadused olid järgmised: künnikihi PH_{KCl} varieerus olenevalt aastast piirides 4,9–6,1, mulla orgaanilise aine sisaldus piirides 2,3–3,2% ning omastatava P ja K sisaldus (määratud AL meetodil) vastavalt piirides 76–174 mg kg⁻¹ ja 84–204 mg kg⁻¹. Eelviljaks katses oli suvinisu ja mineraalseid väetisi külvidele ei kasutatud. PK-väetisi katseastal ei kasutatud. N-väetist kasutati ühes katseseerias.

Põldkatse viidi läbi vastavalt meetodikale (Lauk, E., Lauk, Y., 2000; Lauk *et al.*, 2004) kolmeseerialise katsena ning katseseeriad olid järgmised: vikk ('Carolina') + nisu ('Tjalve'); vikk + nisu N-väetise foonil (N₅₀); vikk + kaer ('Jaak'). Teraviljade külvisenorm oli ühesugune kõikides katseseeriates ja variantides – 250 seemet m⁻². Suviviki külvisenorm varieerus kõikides katseseeriates vahemikus 0 kuni 120 idanevat seemet m⁻², sammuga 12 idanevat seemet m⁻².

Sademetes hulk kasvuperioodil oli kõigil aastatel normist suurem, seda eriti 2003. ja 2004. aastal. Viimatinimetatud kahel aastal oli õhutemperatuur pikaaja-

lisest keskmisest madalam. Sademetevaene oli 2005. aasta juulikuu.

Koristamise järel registreeriti terasaagid komponentide lõikes eraldi ja summaarse saagina. Määrati kaunviljade ja teraviljade 1000 seemne massid. Saagi-proovide lämmastiksisaldus määrati Eesti Maaülikooli Taimebiokeemia laboratooriumis Kjeldahli meetodil.

Uurimistöö tulemused allutati regressioonanalüüsile, seejuures kasutati ruutvõrrandit:

$y = a + bx + cx^2$, millises:

y – arvutuslikud teraviljade terasaagid (kg ha^{-1}), teraviljade 1000 seemne massid (g), seemnesaagiga eemaldatavad N kogused (kg ha^{-1});

a – võrrandi vabaliige;

b ja c – regressioonvõrrandi kordajad;

x – viki külvisenorm seemet m^{-2} .

Võrdluspaaride arv (n) regressioonanalüüsil oli 12.

Artikli joonistel kasutatakse veel järgmisi sümboleid:

R^2 – determinatsioonikoefitsient;

R – korrelatsioonikoefitsient;

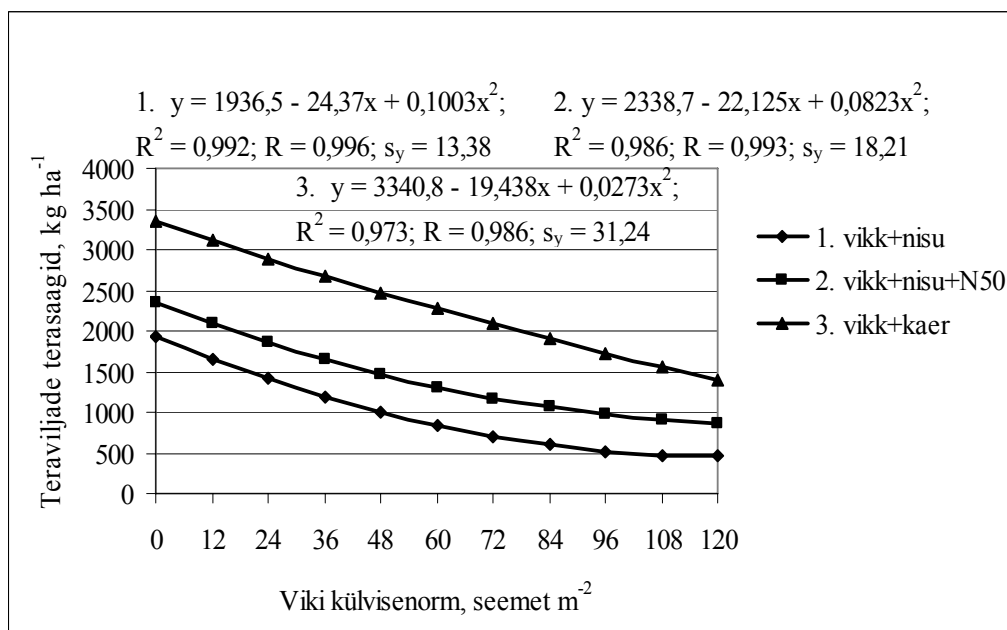
s_y – standardviga (arvutuslike tulemuste standardhälve).

Kõikide artiklis esitatud seoste usutavuse aste on 99,9 % (usalduslävi $p < 0,001$).

Tulemused ja arutelu

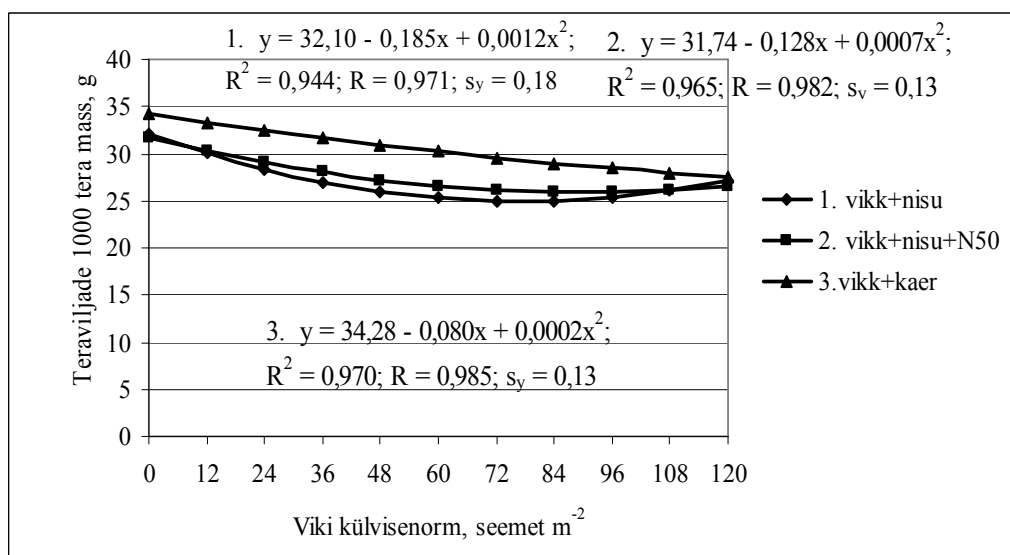
Uurimistöö tulemused viki-nisu ja viki-kaera segukülvide saakide osas on avaldatud 2008. aastal (Lauk, E., Lauk, R., 2008). Saakide osas selgus, et segukülvides saadi 425–520 kg võrra hektari kohta suuremaid saake kui teraviljade puhaskülvides. Seejuures maksimaalne saak segukülvides moodustus kui vikki võeti teraviljade seemne hulka arvestusega 45–50 idanevat seemet m^{-2} . Viki optimaalse külvisenormi ületamise järel hakkas segukülvide saak üha intensiivsemalt langema, kui välja arvata katseseeria, millises kasutati N-väetist.

Uurimistöös kasutatud metoodika (viki lineaarselt kasvav külvisenorm, teraviljade ühesugune külvisenorm kõikides variantides) võimaldab väga hästi esile tuua, kuidas mõjutab viki kasvav külvisenorm teravilju segukülvides. Jooniselt 1 on näha, et viki võtmise seemnesegusse ja viki suurenev külvisenorm mõjutas negatiivselt teraviljade saake ($R = 0,986\text{--}0,993$). Seos viki külvisenormi ja teravilja saagi vahel on väga tihe. Nisu saak lämmastikväetiseta mullal väheneb kuni 4 korda ja lämmastiku foonil kuni 2,5 korda, kaera saak väheneb ligikaudu kuni 2,5 korda. Väga tugevat negatiivset mõju nisu ja kaera saagile avaldavad isegi suhteliselt väikesed viki külvisenormid (12–36 seemet m^{-2}). Selles piirkonnas on seos praktiliselt lineaarne. Järelikult, segavilja suurem saak võrreldes teraviljade puhaskülvidega moodustub kaunviljast komponendi arvel ja segukülvide suurema efekti ilmnemist takistab kaunviljade surve teraviljadele.



Joonis 1. Nisu ja kaera terasaigid sõltuvalt viki külvisenormist kolme aasta keskmisena

Millised on nisu ja kaera terasaagi vähenemise põhjused? Üheks oluliseks saagi languse põhjuseks oli väiksemate terade moodustumine teraviljadel. Seda võib selgelt jälgida jooniselt 2, vikk vähendas oluliselt nisu ja kaera 1000 tera masse. Seosed viki külvisenormi ja teraviljade 1000 tera massi vahel olid väga tihe. Kui nisu ja kaera 1000 tera mass puhaskülvis oli vastavalt ligikaudu 32 g



Joonis 2. Nisu ja kaera 1000 tera massid sõltuvalt viki külvisenormist kolme aasta keskmisena

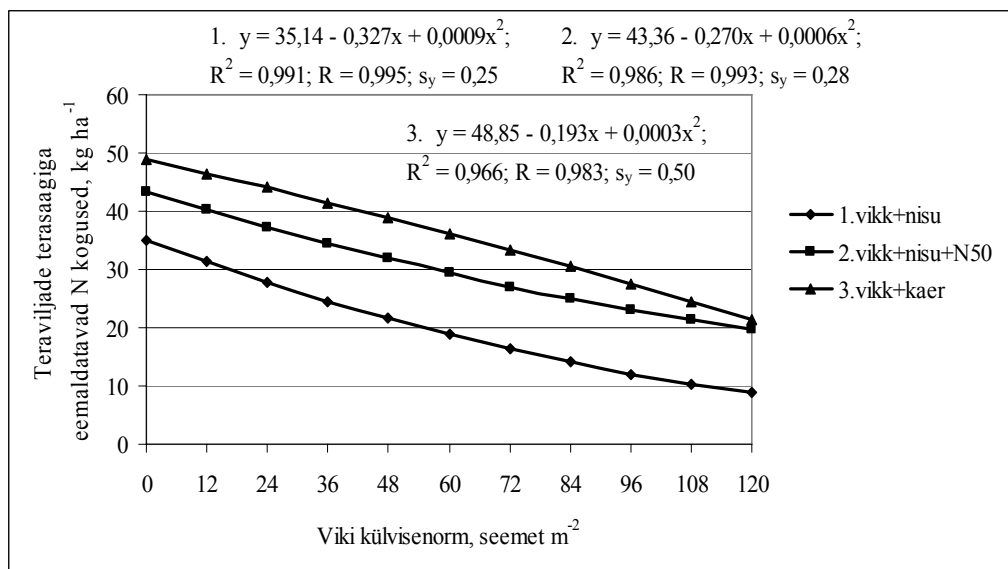
ja 34,3 g, siis maksimaalse viki külvisenormi juures olid teraviljade 1000 tera massid ligikaudu 27 g. Teiste, teraviljade saagistruktuuri elementide osas meil muutusi ei õnnestunud fikseerida, sest ei õnnestunud koguda proovivihke, mis oleksid määramiste seisukohalt kvaliteetsed. Viki ja teraviljade taimed olid segukülvides väga tihedasti üksteisest läbi põimunud. Kirjanduse põhjal märgitakse (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2006), et kaunviljad avaldavad teraviljadele survet just vegetatsiooniperioodi teisel poolel. See tähendab, teraviljade terade formeermise ajal.

Varasemate uuringute põhjal on selgunud (Lauk, Lauk, 2009), et kuiva vegetatsiooniperioodiga aastal ei ole viki negatiivne mõju nisu ja kaera saagile ning teraviljade 1000 tera massidele nii suur. Ka hernes segus teraviljadega (nisu, kaer, oder) on uurimuste põhjal avaldanud negatiivset mõju teraviljade saakidele ja teraviljade 1000 tera massidele (Lauk, Lauk, 2008).

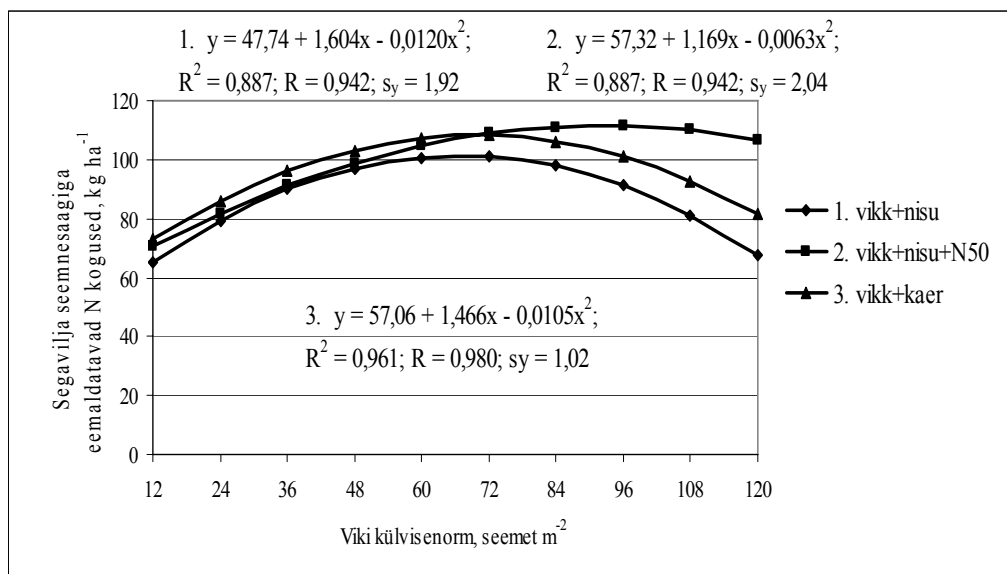
Paljudel juhtudel eeldatakse, et teraviljade kooskasvatamisel kaunviljadega võivad teraviljade lämmastiktoitumise tingimused paraneda. See tähendab, kaunviljade poolt fikseeritud õhulämmastikku võivad kasutada teraviljad. Vastavad uuringud näitavad (Cowell *et al.*, 1989), et seda siiski ei toimu. Meie poolt läbiviidud uuringute põhjal võime väita, et nisu ja kaera kooskasvatamisel vikiga teraviljade lämmastiktoitumise tingimused ei parane, pigem vastupidi, halvenevad, mis tuleneb viki tugevast survest teraviljadele. Jooniselt 3 võib näha, et teraviljade terasaagis sisalduvad lämmastikukogused vähenevad kooskasvatamisel vikiga. Seosed viki külvisenormi ja teraviljade terasaagis sisalduvate lämmastikukoguste vahel on väga tihedad. Kaera puhul läheneb seos lineaarsele.

Kui N-väetiseta mullal sisaldas nisu terasaak puhaskülvis 35 kg N-i (hektari kohta), siis viki maksimaalse külvisenormi juures sisaldas nisu terasaak ligikaudu 10 kg N-i, N-väetise foonil olid vastavad arvud 43 kg ja 20 kg. Samasugune olukord valitses kaera juures, kaera puhaskülvis eemaldati terasaagiga 49 kg lämmastikku hektarilt, viki maksimaalse külvisenormi juures eemaldus terasaagiga ligikaudu 20 kg ha⁻¹. Erinevused on mitmekordsed. Suurem osa (70 %) teraviljades olevast lämmastikust paiknebki terades (Loomis, Connor, 1996), millest järeldub, et teraviljad kasutasid segukülvis vikiga vähem lämmastikku kui puhaskülvides.

Vaatamata sellele, et teraviljade terasaagid sisaldavad kooskasvatamisel vikiga vähem lämmastikku kui teraviljade puhaskülvid, eemaldatakse viki-nisu ja viki-kaera segukülvide seemnesaakidega tunduvalt rohkem lämmastikku võrreldes teraviljade puhaskülvidega (joonis 4). Lämmastikväetiseta mullal eemaldati saakidega kuni 100–110 kg N-i hektarilt, mis on märkimisväärselt rohkem kui teraviljade puhaskülvide terasaakides. Seejuures, maksimaalne N kogus seemnesaagis oli viki külvisenormil 72 seemet m⁻². Järgnev viki külvisenormi suurendamine hakkas üha intensiivsemalt vähendama eemaldatavaid N koguseid. N-väetise foonil optimaalse viki külvisenormi saavutamise järel oli langus



Joonis 3. Nisu ja kaera terasaakidega eemaldatavad lämmastikukogused sõltuvalt viki külvisenormist kolme aasta keskmisena



Joonis 4. Segavilja seemnesaakidega eemaldatavad lämmastikukogused sõltuvalt viki külvisenormist kolme aasta keskmisena

eemaldatavates N kogustes suhteliselt väike. Kui teha vastav arvutustehe (koeffitsient 6,25), siis võib märkida, et viki-nisu ja viki-kaera segukülvidega on võimalik saada 625–675 kg proteiini hektari kohta, mis on märkimisväärselt suurem kui teraviljade puhaskülvides, seda isegi N-väetiseta mullal.

Järeldused

Viki võtmine seemnesegusse ja viki suurenev külvisenorm mõjutab negatiivselt teraviljade saake. Väga tugevat negatiivset mõju nisu ja kaera saagile avaldavad isegi suhteliselt väikesed viki külvisenormid (12–36 seemet m²). Seejuures, üheks oluliseks saagi languse põhjuseks oli väiksemate terade moodustumine teraviljadel. Teraviljad kasutasid segukülvis vikiga vähem lämmastikku kui puhaskülvides.

Lämmastikväetiseta mullal (ka orgaanilise maaviljeluse tingimustes) on soovitatav kasvatada viki-nisu ja viki-kaera segukülve, sest võimaldavad saada tunduvalt suuremaid proteiinisaake võrreldes teraviljade puhaskülvidega samades tingimustes. Proteiinisaagi seisukohalt on optimaalne viki külvisenorm 70 seemet m². Vältida tuleks oluliselt suuremaid külvisenorme.

Kasutatud kirjandus

- Andersen, M. K., Hauggaard-Nilsen, H., Ambus, P., Jensen, E. S. 2004. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use dual and tri-component annual intercrops. *Plant and Soil*, 266, pp. 273–287.
- Cowell, L. E., Bremer, E., van Kessel, C. 1989. Yield and N₂ fixation of pea and lentil as affected by intercropping and N application. *Canadian Journal of Soil Science*, 69, pp. 243–251.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., Jensen, E. S. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 64, pp. 289–300.
- Hauggaard-Nielsen, H., Andersen, M. K., Jørnsgaard, B., Jensen, E. S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. *Field Crops Research*, 95, pp. 256–267.
- Lauk, E., Lauk, R. 2008. Viki-nisu ja viki-kaera segukülvide saakidest. *Agronomia* 2008. Tartu, lk. 51-54.
- Lauk, E., Lauk, R., Lauk, Y. 2004. Experimental Planning and Methods in Regression Analysis – In: *Proceeding of the 12th International Conference and Exhibition on Mechanization of Field Experiments, IAMFE/RUSSIA 2004*. Moskva, Rosinformagroteks, pp. 58–63.
- Lauk, E., Lauk, Y., 2000. Methodology of experiment and data processing in research works on herbicides. *Aspects of Applied Biology*, 61, pp. 41–46.
- Lauk, R., Lauk, E., 2008. Pea-oat intercrops are superior to pea-wheat and pea-barley intercrops. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 58, pp. 139–144.

- Lauk, R., Lauk, E. 2009. Dual intercropping of common vetch and wheat or oats, effects on yields and interspecific competition. *Agronomy Research* 7, pp. 21–32.
- Loomis R. S., Connor D. J. 1996. *Crop ecology: productivity and management in agricultural systems*. Cambridge University Press, 538 p..
- Mueller, T., Thorup-Kristensen, K. 2001. N-fixation on selected green manure plants in an organic crop rotation. *Biological Agriculture & Horticulture*. 18, pp. 345–363.
- Rauber, R., Schmidtke, K., Kimpel-Freund, H. 2001. The performance of pea (*Pisum sativum* L.) and its role in determining yield advantages in mixed stands of pea and oat (*Avena sativa* L.). *Agronomy and Crop Science* 187: pp. 137–144.

ILMASTIKU MÕJU SUVINISU MORFOLOOGILISTE TUNNUSTE AVALDUMISELE

Merlin Haljak, Anne Ingver, Reine Koppel
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Haljak, M., Ingver, A., Koppel R. 2009. The effect of the weather conditions to the morphological characteristics of spring wheat. – *Agronomy 2009*.

There are the morphological characteristics in spring wheat what depends on the weather conditions. The purpose of this research was found out the effect of weather conditions to the morphological characteristics. There were seven spring wheat varieties: Monsun, SW Estrad, Zebra, Triso, Vinjett, Trappe and Mooni included.

Data were analysed by analyses of variance. The most influenced by year were the frequency of plants with recurved flag leaves, the glaucosity of ear and the glaucosity of neck of culm. Only antocyanin coloration of auricles of flag leaf had no influence during the tested years.

The variety Trappe turned out to be the most uniform in two characteristics the glaucosity of ear and the glaucosity of neck of culm. The least uniformity showed the variety Zebra. The morphological characteristics such as the antocyanin coloration of auricles of flag leaf and the frequency of plants with recurved flag leaves varied the most during the years.

Table 1. The determination indexes of morphological characteristics in spring wheat

Table 2. The average coefficient of variation and the average value of morphological characteristics of spring wheat during the years 2007–2008

Keywords: spring wheat, morphological characteristics, weather conditions

Merlin Haljak, Anne Ingver, Reine Koppel, Jõgeva Plant Breeding Institute, 1 J. Aamisepa Jõgeva alevik 48309, Estonia

Sissejuhatus

Taimedel on mitmed morfoloogilised tunnused, mille esinemistugevust mõjutab tihti ilmastik, mistõttu paljud samades tingimustes erinevate tunnustega sordid võivad erisugustes tingimustes omada samasuguseid tunnuseid ja vastupidi (Annus, 1974). Samas sõltuvad mõned tunnused vähem, teised jälle rohkem ilmastikutingimustest.

Antud katse eesmärgiks oli välja selgitada, milliseid nisul esinevaid morfoloogilisi tunnuseid mõjutab enam ilmastik ja milliseid genotüüp.

Materjal ja meetodika

Katses käsitleti seitset suvinisu sordilehe sorti. Need olid 'Monsun', 'SW Estrad', 'Zebra', 'Triso', 'Vinjett', 'Trappe' ja 'Mooni'. Lähema vaatluse all oli

neli morfoloogilist tunnust, mis on põllul kergesti märgatavad. Need olid lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine, lipulehe kooldumise osatähtsus, kõrrekaela ja pea glaukosiidsus (vahajas kirme). Tunnuste hindamiseks kasutati UPOV-i meetodikat, kus hinded anti 1–9 pallilises skaalas (1– puudub või väga nõrk; 9–väga tugev). Morfoloogiliste tunnuste hindamisel olid abiks UPOV-i meetodikas etteantud näitesordid, mida kasutati tunnuste võrdlevaks hindamiseks. Katsed rajati kolmes korduse 9 m² suurustele lappidele. Tunnuste vaatlemiseks ja hinnangu andmiseks oli vaatluse all igal lapil 5–6 taime. Vaatlused on läbi viidud aastatel 2007–2008.

Katseaastad olid ilmastikutingimuste poolest väga erinevad. 2007. a oli sademetevaene ja soe, aga 2008. a seevastu jahedapoolne ja sademeterikas.

2007. a kevadel kuivasid põllud kiiresti, taimede rohke veetarbe tõttu muutus muld kiiresti tuhkjalt kuivaks, esimesed vihmad saabusid alles juuni teisel poolel. Varajase põua tõttu jäi vilil madalaks, samuti jäid nisu saagid väikeseks. 2008. a vegetatsiooniperioodi algus oli tavalisest jahedam ja pikem, esines nii põuda kui liigniiskust, vegetatsiooniperioodi teine pool oli erakordselt vihmane. Taimed kannatasid ekstreemsete ilmastikuolude tõttu stressi all.

Andmeid töödeldi andmetöötlusprogrammis Agrobase 4, kasutati mitmefaktorilist dispersioonanalüüsi.

Katsetulemused ja arutelu

Lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine. See on tähtis tunnus sortide üksteisest eristamisel. Nimetatud morfoloogiline tunnus sõltub sageli ilmastikutingimustest. Taimedes leiduvad antotsüaanid on seotud selliste stressitekitajatega nagu põud ja UVB kiirgus (Gould, 2004). Seetõttu värvuvad lipulehe kõrvakesed tugevamini kuival ja päikesepaistelisel suvel ning vähem vihmasel ja jahedamal suvel (Ulvinen, 1974). Lipulehe kõrvakeste antotsüaanse värvuse kahe aasta keskmine hinne oli 2,7 palli (väga nõrk kuni nõrk), (andmed ei ole esitatud tabelitena). Tunnuse esinemist mõjutas kõige enam sort (tabel 1), kuigi teooria väidab, et tunnus sõltub ilmastikutingimustest. Antud uurimuses 2007 ja 2008. a ilmastikutingimused tunnust ei mõjutanud. Lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine esines kõige tugevamalt sordil 'Zebra', mis oli 5,3 palli ja kõige nõrgemalt sordil 'Trappe' (1,3 palli ehk väga nõrk). Tunnuse keskmine variatsioonikoefitsient oli 2007. a 74,3% ja 2008. a 54,4% (tabel 2). Kahe katseaasta põhjal oli suurim varieeruvus sordil 'Mooni' (79,5%) ehk kõige ebaühtlasem ja väiksem sordil 'Triso' (18,8%) ehk kõige ühtlasem.

Kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus. Kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus võib olla väga väike (lehed on püstised), väike (1/4 lehtedest kooldunud), keskmine (1/2 lehtedest kooldunud), suur (3/4 lehtedest kooldunud) ja väga suur (100% lehtedest kooldunud) (UPOV, 1994). Nimetatud tunnuse puhul oli keskmine hinne 4 palli ehk lipulehtede kooldumine kogu katselapi ulatuses oli

Tabel 1. Suvinisu morfoloogiliste tunnuste determinatsiooniindeksid

Morfoloogilised tunnused	Determinatsiooni indeks (%)		
	Aasta R_A^2	Sort R_S^2	Aasta*Sort $R_A^2 * R_S^2$
Lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine	3,2ns	65,8***	4,1ns
Kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus	5,7**	41***	39***
Kõrrekaela glaukosiidsus	9,4*	14,1ns	14,1ns
Pea glaukosiidsus	17,3***	48,1***	13,6*

ns=mitte usutav; ***, **, * usutav vastavalt $P < 0,001$; $0,01$; $0,05$

Tabel 2. Morfoloogiliste tunnuste keskmine väärtus pallides ja keskmine variatsioonikoefitsient (%) suvinisul 2007–2008

Morfoloogilised tunnused	2007		2008	
	keskmine	CV%	keskmine	CV%
Lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine	2,4	74,3	3,1	54,4
Kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus	3,5	72,6	4,5	39,3
Kõrrekaela glaukosiidsus	9	0	8,8	6,2
Pea glaukosiidsus	7,9	10,9	6,8	22,4

CV-keskmine variatsiooni koefitsient (%)

väike kuni keskmine. Kõige suurem oli kooldunud lipulehtedega taimede hulk sordil 'Monsun' (peaaegu kõik lipulehed kooldunud), väiksem sordil 'Zebra' (vähem kui 1/4 lehtedest oli kooldunud). Suurimal määral mõjutas tunnuse esinemist sort, usutav oli ka aasta ja sordi koosmõju. Kahe aasta (2007 ja 2008) vahel olid usutavad erinevused sortidel 'SW Estrad', 'Triso', 'Trappe', 'Mooni', seega mõjutas ka aasta usutavalt lipulehtede kooldumist. Uuritud sortide keskmine variatsioonikoefitsient selle tunnuse osas oli suurem 2007. a (72,6%), 2008. a oli see 39,3%. Väiksem oli variatsioon kahe aasta keskmisena sordil 'Vinjett' (18,2%), kõige ebaühtlasem oli sort 'Trappe' (79,7%).

Glaukosiidsus. Katses olid lähima vaatluse all kõrrekaela ja pea glaukosiidsus. See on tähtis tunnus sortide üksteisest eristamisel, mis annab olenevalt esinemistugevusest erinevatele sortidele hallikassinise vahaja kirme ja kaitseb taimi väliste tegurite eest. Ka teadlased Richards, Rawson ja Johnon (1986) on leidnud oma uurimuses positiivse korrelatsiooni nisu terasaagi ning glaukosiidsuse vahel põuatingimustes. Kirjanduse andmetel omab majanduslikku tähtsust ka see, et tugevamalt glaukosiidsetel sortidel on põuastes tingimustes suurem veekasutuse efektiivsus (Richards *et al.*, 1986).

Kahe aasta keskmine hinne kõrrekaela glaukosiidsuse kohta oli 8,9 palli (väga tugev). Tunnus esines väga tugevalt kõigil uuritud suvinisu sortidel. Tunnuse esinemisele oli usutav mõju aastal. Sordi mõju antud tunnuse osas ei esinenud,

sest tegemist oli suhteliselt sarnaste sortidega. Variatsiooni 2007. a ei esinenud, 2008. a oli see 6,2%. Kõige ühtlasemad sordid olid kahel katseaastal 'Monsun', 'Triso', 'Vinjett' ja 'Trappe'. Suurim oli varieeruvus sordil 'Zebra' (9,4%).

Kahe aasta keskmine pea glaukosiidsuse puhul oli 7,3 palli (tugev), järeltult esines glaukosiidne kirme kõigil uuritud sortidel tugevalt. Kõige tugevam oli see sordil 'Trappe' (9 palli ehk väga tugev), kõige nõrgem sortidel 'Monsun' ja 'Mooni' (mõlemal 6,5 palli). Kõige suurem mõju pea glaukosiidsusele oli sordil. Usutav oli ka aasta ja sordi koosmõju, usutavad erinevused aastate vahel olid sortidel 'Zebra', 'Triso' ja 'Vinjett'. Pea glaukosiidsusele avaldas usutavat mõju ka aasta. Variatsioonikoefitsient oli 2007. a 10,9%, 2008. a 22,4%. Suurim oli varieeruvus kahe katseaasta keskmisena sordil 'Zebra' (24,5%). Variatsiooni ei esinenud üldse sordil 'Trappe'.

Järeldused

Lipulehe kõrvakeste antotsüaanse värvuse puhul oli suurim sordi mõju, kõrrekaela glaukosiidsuse puhul oli suurim aasta mõju ning pea glaukosiidsuse ja kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsust mõjutasid usutavalt kõik faktorid.

Sortidest oli kõige ühtlasem 'Trappe', millel variatsiooni ei esinenud kahe tunnuse osas. Sortidel 'Monsun', 'Triso' ja 'Vinjett' puudus variatsioon ühe tunnuse osas. Kõige ebahõlpsam oli sortidest 'Zebra', sest see varieerus kahe tunnuse osas.

Kasutatud kirjandus

Annus, H. 1974. Põldtunnustamine seemnekasvatases. Tallinn: Valgus, 435 lk.

Gould S. K. 2004. Nature's Swiss Army Knife: The Diverse Protective Roles of Antihocyanins in Leaves. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1082902&rel=nofollow> (22.09.2009).

Richards, R. A., Rawson H. M., Johnson, D. A. 1986. Glauconess in Wheat: Its Development and Effect on Wateruse Efficiency, Gas Exchange and Temperatures. – Australian Journal of Plant Physiology, Vol. 13 No. 4, 465–473. <http://www.publish.csiro.au/index.cfm>

Ulvinen, O. 1974. Lajikkeen aitouden tarkastus. Pohjoismaine siementarkastuskäsikirja 10. Valtion siementarkastuslaitos, 63. (soome keeles)

UPOV TG/3/11 Wheat. 1994. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. International Union For The Protection Of New Varieties Of Plants.

SPELTANISU KATSETULEMUSTEST JÕGEVA SORDIARETUSE INSTITUUDIS

Reine Koppel, Anne Ingver
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Koppel, R., Ingver, A. 2009. Results of spelt wheat at the Jõgeva Plant Breeding Institute. – *Agronomy* 2009.

Spelt wheat (Triticum spelta) is one of the oldest cultivated crops that have been re-discovered during the recent years. It is adapted to less favourable soils, produces high quality seeds and therefore its popularity among organic farmers has increased. The trials with spring and winter spelt were carried out at the Jõgeva PBI in 2006–2008. As standards 2 common (Trit. aestivum) spring and winter wheat varieties were used. Yield of spring spelt was 45–53 % from winter spelt and 59–80 % from common spring wheat except in 2007 when Manu and spring spelt in organic conditions had equal yield level. Winter spelt had 56-69% lower yield than common winter wheat varieties. Difference in the yield of winter spelt cultivated in the nitrogen fertilizer level of N60 and N0 kg/ha was not found in 2006. The growing period of spring spelt was up to 4 days longer than common wheat variety SW Estrad. The growing period of winter spelt was similar or 3 days longer than common wheat variety Portal.

Table 1. The growing period of winter and spring spelt in 2006–2008

Figure 1. The yield of winter and spring spelt in 2006

Figure 2. The yield of winter and spring spelt in 2007

Figure 3. The yield of winter and spring spelt in 2008

Keywords: spring spelt, winter spelt, yield, growing period

Reine Koppel, Anne Ingver, Jõgeva Plant Breeding Institute, 1 J. Aamisepa St., 48309 Jõgeva, Estonia

Sissejuhatus

Speltanisu (*Triticum spelta* L.; *Triticum aestivum* subsp *spelta*) on üks vanimaid kultuurtaimi, mida on kasvatatud juba 9000 aastat. Seda leidus laialdaselt veel 19. sajandil, kuid jäi siis produktiivsemale ja vähem töötlust nõudvale pehmele nisule alla (Mansberg, 2002). Spelta on tavalise pehme nisu (*Triticum aestivum*) sugulane ja kuulub samasse heksaploidse (42 kromosoomi) genoomiga nisude rühma. Kasvatatakse seda nii tali- kui suvivormina. Spelta on vähenõudlik toitainete suhtes ja sügava juurekava tõttu talub hästi mitmeid ebasoodsaid kasvutingimusi. Samas on speltanisu toiteväärtus kõrge, sisaldades kõiki inimtoiduks vajalikke komponente. Vähenõudlikkus kasvuolude suhtes ja kõrge toiteväärtus ning toitainete omastamise võime on muutnud spelta populaarseks mahetalunike hulgas.

Speltal on pikk ja habras pearaag, pähikud koosnevad 1–3 tugevalt sõkalde vahel paiknevast terast. Tihedalt ja tugevasti spelta tera ümbritsevad sõklad kaitsevad seemet mullas leiduvate patogeenide ja nisupeas putukate kahjustuse eest. Ilma spetsiaalse töötluseta on seemned sõkaldest raskesti eemaldatavad (Mansberg, 2002). Kirjanduse andmetel moodustab spelta puhta tera saak 55–80% kesktaga koristatud vilja saagist. Stallkneck *et al.* (1996) andmetel oli 4 katseaasta keskmisena puhta tera osakaal 60%. Nevalainen ja Klemola (www.sisa-savonseudyhtyma.fi//...) väidavad, et Soomes on spelta puhta tera osakaal olnud 70–80 % olenevalt aastast ja sordist. Mõnede katsete andmetel on spelta saak osutunud pehmest nisust keskmiselt 1,8 t/ha väiksemaks (Neeson *et al.*, 2008). Soomlaste andmetel on talispelta saagikus mahetingimustes kasvades olnud 1000–3000 kg/ha (www.sisa-savonseudyhtyma.fi//...).

Kuna Eestis on speltanisu teadlaste poolt veel suhteliselt vähe uuritud, on antud töö eesmärgiks avaldada esialgsed tulemused selle liigi kasvatamise eripära ja omaduste kohta. Saadud info põhjal saab edaspidi planeerida katseid uurimaks süvitsi speltanisu erinevaid omadusi ja kasvatustehnoloogiaid speltale kohandatud katsemetoodikat rakendades.

Materjal ja meetodika

Speltanisu katsed viidi läbi Jõgeva Sordiaretuse Instituudis aastatel 2006–2008. Nii tali- kui suvispelta sort on teadmata. Seeme saadi mahetalunik Margo Mansbergilt. Seetõttu ei saa välja tuua sortidevahelisi erinevusi, kuid saab võrrelda suvi- ja talispeltat kui erinevaid vorme ja spelta omadusi tava- ja maheviljeluse tingimustes. Võrdluseks on kasutatud pehme suvinisu ‘Manu’ ja ‘SW Estradi’ ning talinisudest ‘Ada’ ja ‘Portali’ andmeid. Tavatingimusteks (artiklis lühendatud - tava) on nimetatud suvi- ja talinisu aretuspõllul kasutatavat agrofooni, kus suvinisu (sh suvispelta) sai liitväetist lämmastiku normiga N 90 kg/ha, talispelta 2006. a vegetatsiooniperioodi alguses ammoniumnitraati normiga N 60 ja 2008. a N 80 kg/ha. Mahepõllul kasvanud pehmet nisu ja speltanisu nimetatakse artiklis lühidalt mahenisuks. 2006. a kasvatati üks talispelta variant ka N 0 foonil, kuid mahetingimusteks seda nimetada ei ole õige, sest ülejäänud agrotehnika vastas tavaviljeluses tehtule (külviaelne põhiväetis ja umbrohutõrje).

Sordid külvati kolmes korduses 5–9 m² lappidele, nõrgalt leetunud kamarkarbonaatmuldadele. Külvisenorm oli talispeltal 450 idanevat tera/m², suvispeltal 600 idanevat tera/m².

Katseskeemid olid aastati erinevad. 2006. aastal katsetati suvispelta kasvatamist mahetingimustes, talispelta kasvatamist lämmastikufooniga N 60 kg/ha ja ilma lämmastikväetiseta (N 0). 2007. a katsetati suvispeltat nii mahe- kui tavatingimustes. 2008. a katsetati suvispeltat mahe- ja tavatingimustes ning talispeltat tavatingimustes.

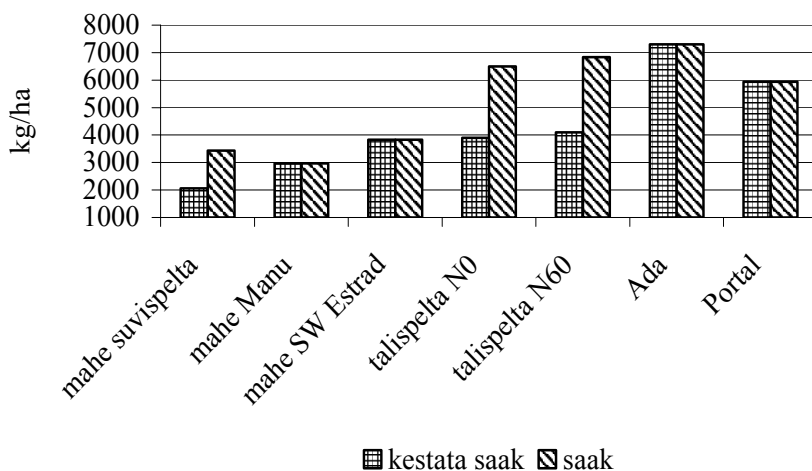
Põldvaatlustega määrati kasvuaeg ja see on väljendatud päevade arvuga

külvist kuni vahaküpsuse lõpuni. Vahaküpsus määrati taimestiku ja tera visuaalse vaatlusega. Laboris kaaluti saak. Kuna spelta tera on sõkalde vahelt väga raske eemaldada ja selleks on vaja spetsiaalset masinat, siis kaaluti spelta saak koos sõkaldega. Puhta tera saak arvestati kestaga tera saagist 60%. See protsent on võetud kirjanduse andmetel (vt sissejuhatus) kuna antud näitajat ei ole vastava aparatuuri puudumise tõttu Jõgeva SAI-s võimalik määrata. Võrdluseks kasutati Eestis laialdasemalt kasvatatavaid pehme nisu sorte – ‘Ada’ ja ‘Manu’ (lühike kasvuaeg, hea küpsetuskvaliteet) ning ‘Portal’ ja ‘SW Estrad’ (pikk kasvuaeg).

Statistilise andmetöötlusega leiti kestata saagi ja kasvuaja andmetele piirdiferents. Piirdiferentsid leiti eraldi iga aasta andmetele. Samuti arvutati piirdiferents eraldi mahenisule (nii pehme nisu kui speltanisu andmed koos, väljendatud $PD_{0,05}$ mahesuvi(tali)nisu), tavanisule (nii pehme nisu kui speltanisu andmed koos, väljendatud $PD_{0,05}$ tavasuvi(tali)nisu) ja tali- ning suvispelta andmetele (väljendatud $PD_{0,05}$ suvispelta/talispelta) ning talispelta erineva N fooniga saadud saagi andmetele (väljendatud $PD_{0,05}$ talispelta N 0 / N 60).

Tulemused ja arutelu

2006. a oli suvispelta ainult mahekatses, talispeltat kasvatati kahel erineval agrotehnika foonil: N 0 ja N 60 kg/ha. Talispelta N 0 ja N 60 fooni puhul ei olnud usutavat saagikuse vahet (joonis 1). Talispelta saagikus N 60 foonil oli usutavalt väiksem ‘Ada’ ja ‘Portali’ saagikusest. N 0 foonil kasvatatud talispelta ületas mahedalt kasvatatud suvispelta saagikust 1836 kg/ha võrra. Saagivahe oli piisavalt suur, et teha järeldus talispelta suurema saagipotentsiaali osas kasvutingimustes, kus mineraalset lämmastikväetist ei ole antud.



* $PD_{0,05}$ mahesuviniisu=335 kg/ha; $PD_{0,05}$ taliniisu=902 kg/ha;

$PD_{0,05}$ =suvimahepelta/talispeltaN0= 200 kg/ha

Joonis 1. Tali- ja suvispelta ning pehme nisu sortide saagikus 2006. a Jõgeva SAI katses

Mahesuvispelta oli usutavalt väiksema saagikusega ka mahekatses kasvatatud pehme nisu sortidest ‘Manu’ ja ‘SW Estrad’. Eesti tingimustes, mil suve lõpp on tihti vihmane ja koristuseks sobivate päevade arv kahaneb augustis kiiresti, on nisusortide valikul tähtis näitaja ka kasvuaja pikkus. 2006. a oli mahesuvispelta varajasest suvinisu sordist ‘Manu’ 11 päeva ja hilisest sordist ‘SW Estrad’ 4 päeva hilisem (tabel 1). Talispelta N 60 foonil olid varajase talinisu sordiga ‘Ada’ võrreldes 2 päeva hilisem ja sordist ‘Portal’ 2 päeva varajasem. N 0 ja N 60 foonil kasvanud talispelta kasvuaja pikkus usutavalt ei erinenud.

Tabel 1. Tali- ja suvispelta kasvuage (päevi külvist vahaküpsuseni) 2006–2008. a Jõgeva SAI-s

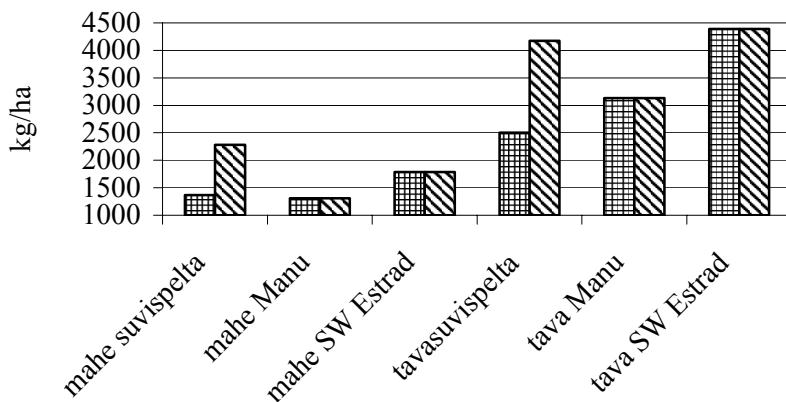
	2006	2007	2008
mahesuvispelta	101	98	118
mahe Manu	90	90	107
mahe SW Estrad	97	97	116
tavasuvispelta	X	110	122
tava Manu	X	101	112
tava SW Estrad	X	110	122
talispelta N0	320	X	X
talispelta N60 (2008. a N80)	321	X	334
tava Ada	319	X	325
tava Portal	322	X	331
LSD _{0,05} talinisu	1,5	X	1,9
LSD _{0,05} mahesuviniisu	0,4	0,7	0,4
LSD _{0,05} tavasuviniisu	X	1,0	1,4
LSD _{0,05}	X	0,5	1,0
tavasuvispelta/mahesuvispelta			
LSD _{0,05} talispeltaN0/talispeltaN60	1,0	X	X

X – andmed puuduvad

2007. a oli katses ainult suvispelta. Suvispelta oli 8–9 päeva pikema kasvuajaga kui ‘Manu’, kuid ‘SW Estradiga’ usutavat kasvuaja pikkuse vahet ei ilmnenud ei tava- ega mahetingimustes. Samas oli tavatingimustes kasvanud suvispelta 12 päeva pikema kasvuajaga kui mahespelta. 2007. a jäi mahekatses saagitase madalaks (joonis 2). Kestata tera saak oli mahesuvispeltal usutavalt väiksem kui ‘SW Estradil’, kuid ‘Manu’ saak mahetingimustes speltast usutavalt ei erinenud. Tavatingimustes jäi spelta saak ‘SW Estradist’ ja ‘Manust’ usutavalt väiksemaks. ‘Manu’ ületas speltat ligi 600 kg/ha ja ‘SW Estrad’ ligi 1900 kg/ha võrra. Võrreldes omavahel tava- ja maheviljeluses kasvanud suvispeltat, moodustas mahespelta tavaspelta saagist ligi 55%. Kasvuage oli tavaspeltal 12 päeva pikem.

2008. a olid katses mahesuvispelta, tavasuvispelta ja tavatalispelta. Mahesuvispelta oli kasvuajalt ‘Manust’ 11 ja SW Estradist 2 päeva hilisem. Tavaviljeluses jäi suvispelta ‘Manust’ 10 päeva hilisemaks, ‘SW Estradiga’ oli kasvuage võrdne.

Mahekatses valmis suvispelta 4 päeva kiiremini kui tavakatses. Talispelta oli 'Portalist' 3 ja 'Adast' 9 päeva hilisem. Talispelta oli suvispeltast ligi 3 t/ha suurema

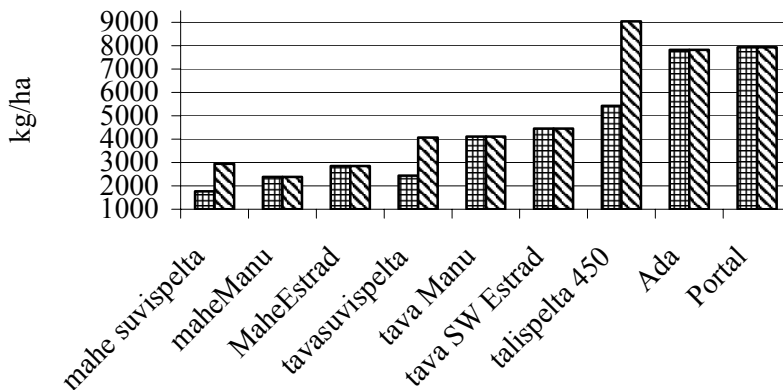


▣ kestata saak ▤ saak

*PD_{0,05} mahesuviniisu=150 kg/ha; PD_{0,05}tavasuviniisu=235 kg/ha;

PD_{0,05}tavasuvispelta/mahesuvispelta= 232 kg/ha

Joonis 2. Tali- ja suvispelta ning pehme nisu sortide saagikus 2007. a Jõgeva SAI katses



▣ kestata saak ▤ saak

*PD_{0,05} mahesuviniisu=103 kg/ha; PD_{0,05}tavasuviniisu=256 kg/ha;

PD_{0,05}tavasuvispelta/tavatalispelta= 303 kg/ha; PD_{0,05} taliniisu=1491 kg/ha

Joonis 3. Tali- ja suvispelta ning pehme nisu sortide saagikus 2008. a Jõgeva SAI katses

saagiga. Vaatamata talispelta väga kõrgele saagitasemele 2008. a (ligi 5 t/ha) oli see siiski 2,4–2,5 t/ha väiksem kui pehme nisu sortidel.

Kokkuvõte

Jõgeval korraldatud katse andmetel oli suvispelta kasvuaeg varajasest pehme nisu sordist ‘Manu’ tunduvalt pikem nii tava- kui maheviljeluse tingimustes kasvatades. Erinevust suvispelta ja pikema kasvuajaga pehme suvinisu sordi ‘SW Estrad’ vahel mõnel aastal ei esinenud, mõnel aastal oli spelta tavatingimustes kuni 4 päeva hilisem kuid mahetingimustes olid kasvuajad võrdsed. Talispelta kasvuaeg oli võrdne või paar päeva pikem kui sordil ‘Portal’. Suvispelta moodustas 45–53% talispelta saagist. Nii tava kui mahetingimustes oli suvispelta saak igal aastal suvinisu sordist ‘SW Estrad’ tunduvalt väiksem. Kuigi suvispelta oli ka ‘Manust’ väiksema saagiga, ei olnud see saagivahe mõnel aastal väga suur, eriti mahetingimustes. Talispelta saak moodustas 56–69% pehme talinisu sortide saagist. 2006. a ei olnud N0 ja N60 foonil kasvanud talispelta saakidel usutavat vahet.

Eelpooltoodust järeldub, et spelta on Eestis kasvatamiseks sobilik liik. Kuna tavaviljeluses kasvatades jääb saagikus pehme nisu sortidele alla ja suvispelta kasvuaeg võib kujuneda liiga pikaks, on spelta nisule sobivamad vähemviljakad mullad ning madalamad agrofoonid.

Tänuavaldused

Tänan Margo Mansbergi spelta nisu seemnete eest.

Kasutatud kirjandus

- Mansberg, M. (2002). Taasavastatud speltanisu. Mahepõllumajanduse leht (august), lk. 6-7.
- Neeson R, Evans J, Burnett V, Luckett D, Wellings C, Taylor H, Raman H, Van Meeuwen E and Bowden P (2008). Optimising the quality and yield of spelt under organic production in SE Australia. Editors Unkovich, M.J. “Global Issues, Paddock Action – Proceedings of the 14th Australian Society of Agronomy Conf., 21 – 25 Sept., Adelaide, South Australia”. Australian Society of Agronomy.
- Stallknecht G.F., Gilbertson K.M., Ranney J.E., 1996. Alternative Wheat Cereals as Food Grains: Einkorn, Emmer, Spelt, Kamut, and Triticale. Progress in new crops (ed. J.Janick), ASHS Press, Alexandria, VA, p 156-170. www.spelt.com/spelthis-tory.html (15. okt.2009)
- Nevalainen, H., Klemola, S. Erikoispeltokasvit – viljelyteknikka. <http://www.sisa-savonseutuuyhtyma.fi/www/fi/elinkeinopalvelut/marjaosaamiskeskus/> (15. okt. 2009)

LÜHIKÕRRELISE TALIRUKKI OMADUSED

Ilme Tupits

Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. *Tupits, I. 2009. Characteristics of short straw winter rye. – Agronomy 2009.*

The main task of the study was to compare yield and quality of short straw winter rye lines from Lithuania – LIA426, Latvia – LAT9504, and Estonia – J 92-5 in Estonian climatic and soil conditions. The Estonian variety Elvi was used as the reference. The lines were sown using conventional cultivation in 2005–2007 at the Jõgeva Plant Breeding Institute (PBI). Weather conditions were different – 2005 relatively rainy, 2006 and 2007 dry and warm. All the lines demonstrated high yielding potential. In three-year average, no significant differences between yield of the lines and reference variety were found. In an average, the lines were 13–17 cm shorter compared to reference variety. The thousand-kernel weight of all the lines was large or very large and high correlation with yield ($r=71.5\%$, $p<0.01$) was found. In three-year average, the falling number (FN) was high and suitable for bread baking quality. Significant correlation with precipitation during harvesting period ($r=55.1\%$, $p<0.01$) was found. According to the results, it is important to improve stability of FN of the line LIA426, to uniform plant height and yield of LAT9504, and to enhance grain weight per head and TKW of J 92-5 during future breeding process.

Figure 1. *Yield of the winter rye variety Elvi and lines tested in 2005–2007 at the Jõgeva PBI*

Figure 2. *Thousand-kernel weight of the winter rye variety Elvi and lines tested in 2005–2007 at the Jõgeva PBI*

Figure 3. *Falling number of the winter rye variety Elvi and lines tested in 2005–2007 at the Jõgeva PBI*

Table 1. *Plant height and grain yield components in 2005–2007 at the Jõgeva PBI*

Keywords: *winter rye, short straw, yield, quality*

Ilme Tupits, *Jõgeva Plant Breeding Institute, Jõgeva alevik 48309, Estonia*

Sissejuhatus

Talirukki saagi suurus sõltub sordi omapärast, kasvuaasta ilmastikutingimusest ja mullaviljakusest. Sordid erinevad üksteisest kõrre ja pea pikkuse poolest. Terade arv peas ja terade kaal varieerub aastati ja sorditi ning sortidel on erinev võrsumisvõime. Produktiivne võrsumine sõltub ka ilmastikutingimustest. Rukki kõrre pikkus on sordiomane ja seda mõjutab kasvukoha mullastiku toitainetesisaldus, toitainete ja vee kättesaadavus ja omastatavus ning kasvuaja ilmastikutingimused. Sama sordi kõrre pikkus võib erinevates kasvukohtades oluliselt erineda (Tupits, 2006). Kirjanduse andmetel on talirukki kõrre pikkuse ja saagi vahel positiivne korrelatsioon (Кобылянский, 1982; Ruzgas *et al.*, 2005).

Keskmise ja pika kõrrega talirukki sortide puuduseks on ebastabiilne seisukindlus. Lamandunud rukki koristamine on aega ja energiat nõudev ning enamasti on saagi kvaliteet ebarahuldav. Välismaised hübriidsordid on lühema kõrrega, kuid rohkete sademete ja tugeva tuulega lamanduvad needki. Hübriidsortide talvekindlus on olnud kõigis kolmes riigis ebarahuldav ning seetõttu nende viljelemine majanduslikult riskantne. Lisaks on hübriidsortide kõrs peenem ja hapram kui keskmise pikkusega ja pikakõrrelistel sortidel, seepärast võivad kõrred lamandudes kergesti murduda (Tupits jt, 1999; Tupits, 2005).

Pikema kõrrega populatsioonisortidel on enamasti kõrgem α -amülaasi aktiivsus, mille tõttu lähevad terad enne koristamist niisketes tingimustes kergesti peas kasvama, lühema kõrrega sortide langemisarv on kõrgem ja stabiilsem (Weipert, 1996). Eestis, Lätis ja Leedus on viimastel aastakümnetel otsitud võimalusi lühema kõrrega talirukki sortide aretamiseks, mis oleks samal ajal vastupidavad talvetingimustele, suure saagipotentsiaaliga ja kõrge kvaliteediga. Katsete eesmärk oli võrrelda kolme riigi talirukki lühikõrreliste aretiste majanduslikke ja bioloogilisi omadusi Eesti ilmastikutingimustes ning tuginedes katsetulemustele vajadusel korrigeerida aretustööd, et saada lamandumiskindlaid, saagikaid ja kõrge kvaliteediga populatsioonisorte.

Materjal ja meetodika

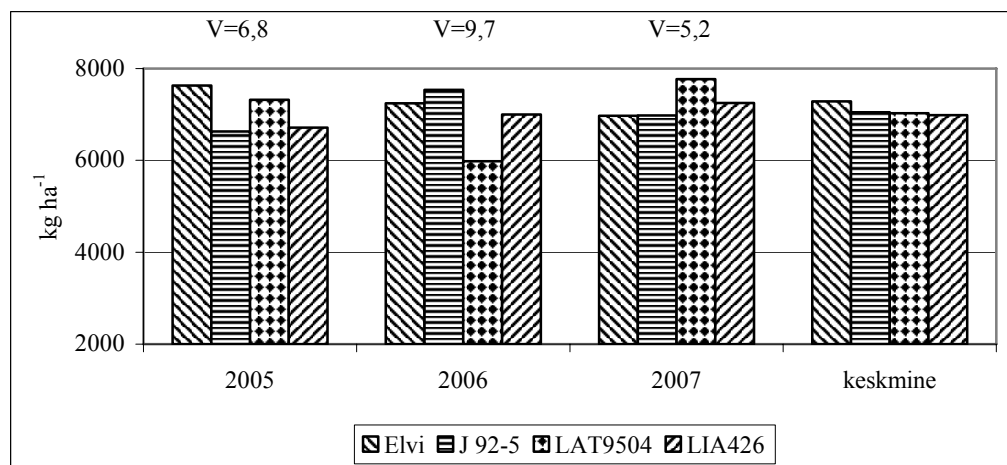
Talirukki lühikõrreliste aretiste omadusi võrreldi Jõgeva Sordiaretuse Instituudi (SAI) katsepõllul 2005., 2006. ja 2007. aastal. Katsed rajati mustkesale optimaalsel ajal – septembri esimestel päevadel. Katseala muld oli keskmine liivsavi (pH_{KCl} 6,5). Külvielselt väetati põldu Kemira Skalsa väetisega 290 kg ha^{-1} ($\text{N}_0\text{P}_{12}\text{K}_{24}$) ja taimi kevadel pärast taimekasvu algust ammooniumnitraadiga 150 kg ha^{-1} (N_{51}). Katselapid paiknesid randomiseeritult kolmes korduses, lapi suurus oli 5 m^2 ja külvisenorm 500 idanevat tera m^{-2} . Külvisenorm ei puhitud, umbrohtu tõrjuti herbitsiidiga Lintur WG 70, kulunormiga 170 g ha^{-1} ning taimehaigusi ja -kahjureid ei tõrjutud. Katses võrreldi aretiste J 92-5 (Eesti), LAT9504 (Läti) ja LIA426 (Leedu) saagikust, saagi kvaliteeti ja saagistruktuuri elemente, standardsort oli 'Elvi'. Kuivatatud ja sorteeritud saak kaaluti ja arvestati 14% niiskusesisaldusele (kg ha^{-1}), tuhande tera mass (TTM) määrati vastavalt meetodikale laboratooriumis. Langemisarv määrati standardmeetodiga AACC 56-81A (American..., 1969) Falling Number 1800 instrumendiga. Saagistruktuuri analüüs tehti igalt katselappidelt juhuslikkuse printsiibil võetud proovivihust. Andmed töödeldi faktoriaalse dispersioonanalüüsi meetodil programmiga Agrobases (AgrobasesTM 20, 1999) ja leiti piirdiferents tõenäosusega 5% (PD0,05). Saagikuse ja kvaliteedi ning saagistruktuuri elementide vahel leiti korrelatiivsed seosed (r). Variatsioonikoefitsienti (V) kasutati aretiste saagikuse, TTM ja langemisarvu võrdlemiseks omavahel ning standardsordiga ja nimetatud näita-

jate võrdlemiseks erinevatel katseaastatel. Kuna talvekahjustusi ja lamandumist katseperioodil ei esinenud, siis aretiste talve- ja seisukindlust ei analüüsitud.

Ilmastikutingimused vegetatsiooniperioodi algusest koristuseni registreeris digitaalne ilmajaam Metos Compact. 2005. aasta oli soe ja vihmane, 2006. ja 2007. aasta soojad ja kuivad.

Tulemused ja arutelu

Katseperioodil oli standardsordi ja aretiste saagitase kõrge ja jäi 5980–7770 kg ha⁻¹ vahemikku (joonis 1). Katse kõrgeim keskmine saak oli 2007. aastal – 7240 kg ha⁻¹ (V=5,2) ja väikseim 2006. aastal 6940 kg ha⁻¹ (V=9,7). Katseperioodi suurim keskmine saak oli standardsordil ‘Elvi’ – 7280 kg ha⁻¹ (V=4,6) ja väikseim aretisel LIA426 – 6990 kg ha⁻¹ (V=3,9). Katseaastate jooksul varieerus enim aretise LAT9504 saak – V=13,3. Kolme aasta keskmisena ei olnud standardsordi ja aretiste saakide vahel statistiliselt usutavat erinevust.



PD_{0,05} 2005=996; 2006=1006; 2007=1080

Joonis 1. Talirukki sordi ‘Elvi’ ja aretiste saak 2005–2007. aastal Jõgeva SAI-s

Saagi suuruse ja kõrre pikkuse vahel usutavat korrelatiivset seost ei olnud. Katseperioodi keskmine kõrre pikkus oli aretistel 128–132 cm ja standardsordil 145 cm (tabel 1). Aretised olid standardsordist seega 13–17 cm võrra lühemad.

Talirukki saagikust mõjutab terade arv peas, pea terade kaal ning produktiivne võrsumine. Kolme aasta keskmisena oli ‘Elvil’ peas 58 tera, LAT9504 57, J 92-5 56 ja LIA426 54 tera. Pea terade kaal oli katseaastate keskmisena suurim aretisel LAT9504 – 2,2 g, LIA426 2,1 g, ‘Elvil’ 2,0 g ja aretisel J 92-5 1,9 g. Pea terade arv terasaaki ei mõjutanud. Katseaastate sademete hulk mõjutas pea terade kaalu ($r=-0,42$). Pea terade kaalu ja saagi vahel oli negatiivne ebaoluline korrelatsioon ($r=-0,36$).

Talirukis realiseerib saagipotentsiaali kui pikakõrrelistel sortidel on 4–5, hübriidsortidel ja lühikõrrelistel aretistel 5–6 produktiivset võrset. Produktiivne

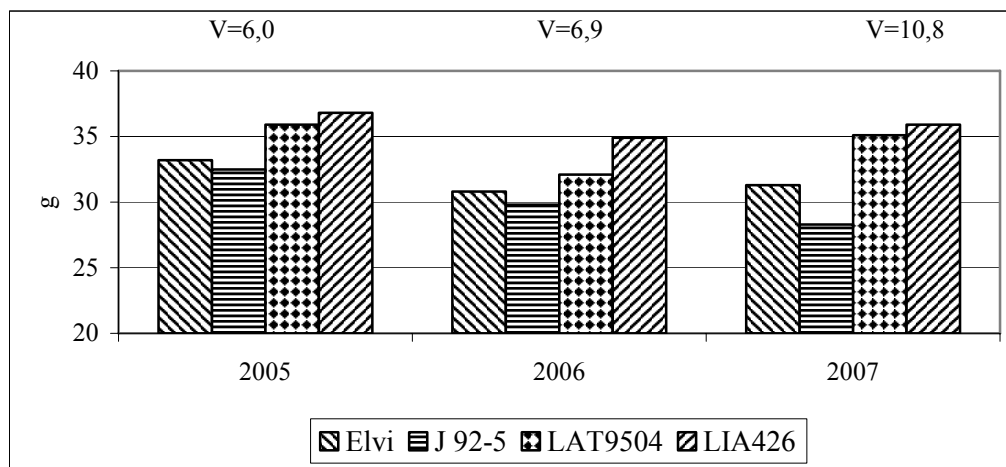
võrsumine oli aastati erinev ja sõltus aretisest ning ilmast külviaasta sügisel. Esimene katseaasta oli soe ja sajune ning rukis võrsus hästi, keskmiselt oli taimedel 5 võrset. Teisel aastal oli sügis pikk, soe ja väheste sademetega ja taimedel oli keskmiselt üle 7 võrse. Kolmandal aastal võrsus rukis optimaalselt. Katseaasta ilmastikutingimustel oli negatiivne mitteusutav mõju taimede võrsete arvule ($r=-0,1$).

Tabel 1. Kõrre pikkus ja saagistruktuuri komponendid 2005–2007. aastal

Sort/aretis	Kõrre pikkus			Prod. võrsumine			Terade arv peas			Pea terade kaal		
	cm			võrse/taim			tk			g		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
Elvi	154	153	127	4,1	6,6	4,9	53	56	64	2,2	1,7	2,2
J 92-5	131	127	127	4,5	6,6	4,2	59	53	56	2,2	1,7	1,7
LAT9504	132	140	124	6,5	11,7	5,1	56	57	59	2,4	2,3	1,9
LIA426	141	126	127	5,4	4,8	4,1	52	50	60	2,2	1,9	2,2

Katseperioodil oli aretisel LAT9504 keskmiselt 7,8 produktiivset võrset ja kõige vähem võrsus aretis LIA426 – 4,8 võrset. ‘Elvil’ ja aretisel J 92-5 oli katse keskmisena vastavalt 5,2 ja 5,1 võrset. Suurem võrsete arv taimedel vähendas pea terade arvu, kuid statistiliselt usutavat seost saagistruktuuri elementide vahel ei olnud.

Tuhande tera mass sõltub terade suurusel ja tihedusest. Suure TTM terades on endospermi osakaal suurem ning niisugused terad on hea idanevuse ja ühtlase tärkamisega. Katseaastatel oli TTM suur (>28 g) kuni väga suur (>32 g) nii standardsordil kui ka aretistel (joonis 2). Aretistel LIA426 ja LAT9504 oli kogu katseperioodi jooksul väga suur TTM, siiski varieerus LAT9504 TTM katseperioodi jooksul rohkem (5,8%) kui LIA426 (2,6%). ‘Elvi’ ja aretise J 92-5 TTM

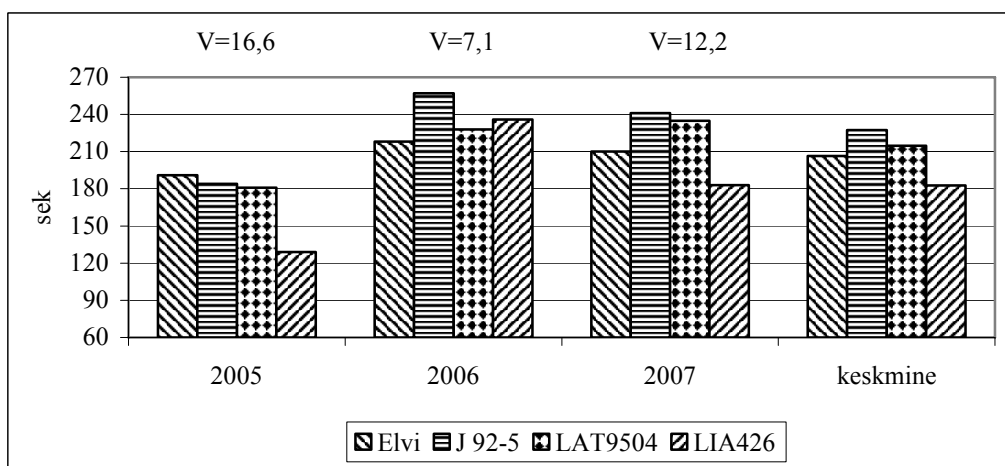


PD_{0,05} 2005=1,7; 2006=1,0; 2007=2,3

Joonis 2. Talirukki sordi ‘Elvi’ ja aretiste tuhande tera mass 2005–2007. aastal Jõgeva SAI-s

oli 2005. aastal väga suur, kuid järgmistel aastatel, kui terade küpsemise ajal valitses põud, TTM vähenes. 'Elvi' TTM varieerus 4% ja J 92-5 7% ulatuses. TTM suurus sõltus statistiliselt usutavalt genotüübist ($r=0,71^*$). Kõrre pikkus tuhande tera massi ei mõjutanud.

Talirukki kvaliteedinäitajatest on tähtsaim langemisarv (sek). Leiva küpsetamiseks peab rukkijahu langemisarv olema 120 kuni 180 sekundit, madala langemisarvuga leiva sisu on tänkjas ja küpsetamisel võib leivakoorik sisust eralduda. Madalaim langemisarv oli katseperioodi esimesel aastal (2005), mil vahetult enne koristusperioodi hakkas sadama (joonis 3). 2006. ja 2007. aastal moodustusid ja küpsesid rukkiterad põua tingimustes ning standardsordi ja aretiste langemisarv oli kõrge. Kõige vähem varieerusid standardsordi ja aretiste langemisarvud 2006. aastal ($V=7,1$).



PD_{0,05} 2005=32; 2006=29; 2007=37

Joonis 3. Talirukki sordi 'Elvi' ja aretiste langemisarv 2005–2007. aastal Jõgeva SAI-s

Katseaastate jooksul varieerus enim aretise LIA426 langemisarv ($V=29,3$), olles minimaalselt 129 ja maksimaalselt 236 sekundit. Kõrgeim langemisarv oli aretisel J 92-5 2006. aastal – 257 sekundit. Kolme katseaasta keskmisena oli standardsordi ja aretiste langemisarv leiva küpsetamiseks (90–160 sek) sobiv (www.tartuveski.ee), jäädes 183 (LIA426) ja 227 sekundi (J 92-5) vahele. Katseaasta ilmastikutingimuste mõju oli langemisarvule statistiliselt usutav ($r=0,55^*$). Saagi suurus, TTM ja kõrre pikkus langemisarvu väärtust ei mõjutanud.

Järeldused

Katses võrreldud aretised olid suure saagipotentsiaaliga ja 13–17 cm võrra lühemad standardsordist. Aretiste kolme aasta keskmine saak oli usutavalt võrdne standardsordi saagiga. TTM oli kõigil aretistel suur kuni väga suur. Katseperioodi stabiilseim saak ja TTM oli Leedu aretisel LIA426. Aretis J 92-5 oli kõige lühema kõrrega ja kõrre pikkus varieerus katseperioodil teistest vähem. Katse-

aasta ilmastikutingimused mõjutasid taimede võrsete arvu ja pea terade kaalu. Kõrgeim langemisarv oli aretsel J 92-5. Kolme aasta keskmisena ületas kõigi aretiste langemisarv toidurukki kvaliteedi baasnäitaja. Langemisarvu mõjutasid koristuseelsed ja -aegsed ilmastikutingimused.

Saagikate ja kvaliteetsete lühema kõrrega sortide saamiseks peab edaspidises aretustöös Leedu aretise LIA426 puhul pöörama tähelepanu langemisarvu stabiilsusele ja püsivusele. Läti aretsel LAT0904 oli katseperioodil ebauhtlane kõrre pikkus, produktiivne võrsumine ja ebastabiilne saak. Eesti aretsel J 92-5 oli suhteliselt väike pea terade kaal ja põua tingimustes vähenes tuhande tera mass.

Tänuavaldus

Täna kolleege Aina Kokaret Priekuli Riiklikust Sordiaretuse Instituudist ja Vida Plyčevaitienet Dotnuva Akademijast meeldiva koostöö eest.

Kasutatud kirjandus

- Agrobases™ 20. Addendum & Instructional Guide. 1999. Winnipeg, Canada. 95 p.
- American Association of Cereal Chemists. 1969. Approved Methods of the AACCC Method 56–81 A. The Association: St. Paul, Minnesota.
- Кобьялянский, В.Д. 1982. Рожь. Генетические основы селекции. Москва. 241 стр.
- Ruzgas, V., Plyčevaitiene, V., Dabkevičius, Z. 2005. Genetic material of tall-growing winter rye for varietal improvement. *Biologija. Lietuvos mokslo akademija*. Nr. 4. p. 29–33.
- Toiduvilja varumine. Tartu veski. <http://www.tartuveski.ee> (21.09.2009)
- Tupits, I., Kukk, V., Ingver, A., Koppel, R., Tamm, I., Tamm, Ü., Küüts, H., Küüts, I., Kallas, E., Rand, L. 1999. Sordid ja seemnekasvatus. koostaja H. Older. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Saku. lk. 76–114.
- Tupits, I. 2005. Talirukki saagi kujunemine erinevates tingimustes. *Eesti Põllumees* nr. 7/10. lk. 19.
- Tupits, I. 2006. Talirukki morfoloogilised tunnused ja sortide eristamise võimalused. *Agronoomia* 2006. koostaja H. Nurmekivi. Jõgeva. lk. 70–73.
- Weipert, D. 1996. Pentosans as selection traits in rye breeding. *Vorträge für Pflanzenzüchtung*. Heft 35. Stuttgart, Germany. p. 109–119.

HAAVA PUITMASSI JÄÄKMUDA JA SELLE KOMPOSTI MÕJU ODRA SAAGIKUSELE

Triin Teesalu, Alar Astover, Avo Toomsoo, Enn Leedu
EMÜ Põllumajandus- ja keskkonna instituut

Abstract. Teesalu, T., Astover, A., Toomsoo, A., Leedu, E. 2009. The effect of pulp sludge of aspen and its compost on the yield of spring barley. – Agronomy 2009.

The pulp sludge of aspen and its compost was used for spring barley 'Anni' in 2008 and in 2009 in long-term field experiment. The goal was to study the possibility to use pulp sludge as fertiliser for field crops. The pulp sludge were applied in 2008 in previous autumn with norm 60 t ha^{-1} and in 2009 in spring with norm 40 t ha^{-1} and the compost was applied in spring 2009 with norms 20 and 40 t ha^{-1} . The yields were compared with results from treatments of different rates of mineral nitrogen with and without background of farmyard manure. Results showed that pulp sludge is comparable with mineral fertilizer ammonium nitrate applied with norms N 80, N 120 and N 160 kg ha^{-1} . Its compost increased the yields more and was comparable with highest mineral nitrogen norms against farmyard manure residual effect.

Table 1. The properties of applied pulp sludge of aspen and its compost

Figure 1. Barley yield (86 % dry matter) of different treatments t ha^{-1} in years 2008 and 2009. Muda 60 - sludge of aspen pulp 60 t ha^{-1} ; N 0...N 160 rates of mineral nitrogen (kg ha^{-1}); N 0+...N 160+ rates of mineral nitrogen against background of manure; Muda 40 – sludge of aspen pulp 40 t ha^{-1} ; kompost 20 and kompost 40 - compost of sludge with clincer dust 20 and 40 t ha^{-1} , foon – background of residual effect of compost of sludge. Vertical bars denote +/-standard error. Different letters denote significant differences between treatments with sludge with others in current year. A - difference with sludge, b and c difference with compost different rate.

Keywords: fertilisation, spring barley yield, pulp sludge and its compost

Triin Teesalu, Alar Astover, Avo Toomsoo, Enn Leedu, Department of Soil Science and agrochemistry, Estonian University of Life Science, 1 Kreutzwaldi St., 51014 Tartu, Estonia

Sissejuhatus

2008. ja 2009. aastal uuriti Eesti Maaülikooli pikaajalises põldkatses AS Estonian Cell tootmisjäägi, haava puitmassi jääkmuda, kasutusvõimalusi põllumajanduses alternatiivse orgaanilise väetisena. Selle kasutamine oleks kasulik nii tööstusele kui põllumehel. Tööstusettevõtetal on huvi leida väljund tööstusjäätmete utiliseerimiseks ning ühe perspektiivse võimalusena nähakse nende kasutamist põllumajanduses. Taasiseseisvumisjärgsel perioodil on Eestis traditsiooniliste orgaaniliste väetiste (sõnnik) kasutamine oluliselt vähenenud ning seetõttu on põllumuldade huumusbilanss valdavalt negatiivne. Tagamaks jätkusuutlikku

taimekasvatust on vajadus alternatiivsete orgaaniliste väetiste järele ilmne. Mineeraalväetiste hindade mitmekordistumine viimastel aastatel on suurendanud põllumajandustootjate huvi alternatiivsete orgaaniliste väetiste vastu. Haava puitmassi tootmisel tekkiva jääkmuda ja selle komposti väetusomadusi polnud Eestis seni veel katsetingimustes uuritud. Antud artikli eesmärk on hinnata haava puitmassi jääkmuda ja sellest valmistatud komposti mõju odra saagikusele.

Metoodika

Pikaajalises kolmeväljalise külvikorra (kartul-suviniisu-oder) põldkatses on uuritavateks katsevariantideks mineraalse lämmastikväetise (ammooniumsalpeeter) ning orgaanilise väetise (sõnniku) mõju ja koosmõju ning alternatiivsete orgaaniliste väetiste kasutamine. Katsepõld asub Eerika kahkjal (näivleettunud) liivsavimullal, mis on madala huumusesisalduse (1,5–2,0%) ja keskmise fosfori ning kaaliumi sisaldusega. Mulla pH_{KCl} on 5,9–6,7. Liikuvat Ca oli mullas 900 – 2660 ja Mg 100 – 170 mg kg⁻¹, mis teeb Ca/Mg suhteks 6–11. Katselapid on 50 m² ja kõik variandid on kolmes korduses.

2008. a kasutati alternatiivseks väetiseks odrale haava puitmassi jääkmuda (60 t ha⁻¹), mis künti mulda eelmisel sügisel koos nisupõhuga. 2009. a. olid alternatiivsed väetusvariandid odrale järgnevad: puitmassi jääkmuda (40 t ha⁻¹) ning samast jääkmudast klinkritolmuga valmistatud komposti normid 20 ja 40 t ha⁻¹ eelmise aasta jääkmuda puukoore komposti järelmõju foonil. Haava puitmassi jääkmuda kompost segati 10 osast jääkmudast ja 1 osast klinkritolmust kaks nädalat enne mulda andmist. Antud väetiste keemiline koostis on toodud tabelis 1. Klinkritolmu lisamisel suurenes märgavalt kaaliumi ja vähenes süsiniku ning lämmastiku sisaldus. Kompost oli ka leeliselisema reaktsiooniga kui puhas muda. Haava puitmassi jääkmuda viidi 2008. a. saagiks mulda 320 kg ha⁻¹ N, 14 kg ha⁻¹ P ja 42 kg ha⁻¹ K. 2009. a. saagiks anti 40 t ha⁻¹ mudaga 267 kg ha⁻¹ ning 40 t ha⁻¹ kompostiga 239 kg ha⁻¹ üldlämmastikku. Üldfosforit anti mõlemal juhul

Tabel 1. Haava puitmassi jääkmuda ja selle komposti keemilised näitajad

Parameeter	Haava puitmassi jääkmuda		Haava puitmassi jääkmuda ja klinkritolmu segu
	2007.a sügis	2009.a. kevad	
Kuivaine %	14.4	14.2	22.1
pH_{KCl}	7.0	7,4	10,6
Tuhasus % ¹	3.4	määramata	määramata
N, % ¹	3.7	4,7	2,7
P, % ¹	0.16	0,31	0,2
K, % ¹	0.49	0,58	2,86
Ca, % ¹	2.5	määramata	määramata
Mg, % ¹	1.0	määramata	määramata
S, % ¹	0.4	määramata	määramata
C, % ¹	41.1	45,4	28,9
C/N	11.1	9,7	10,7

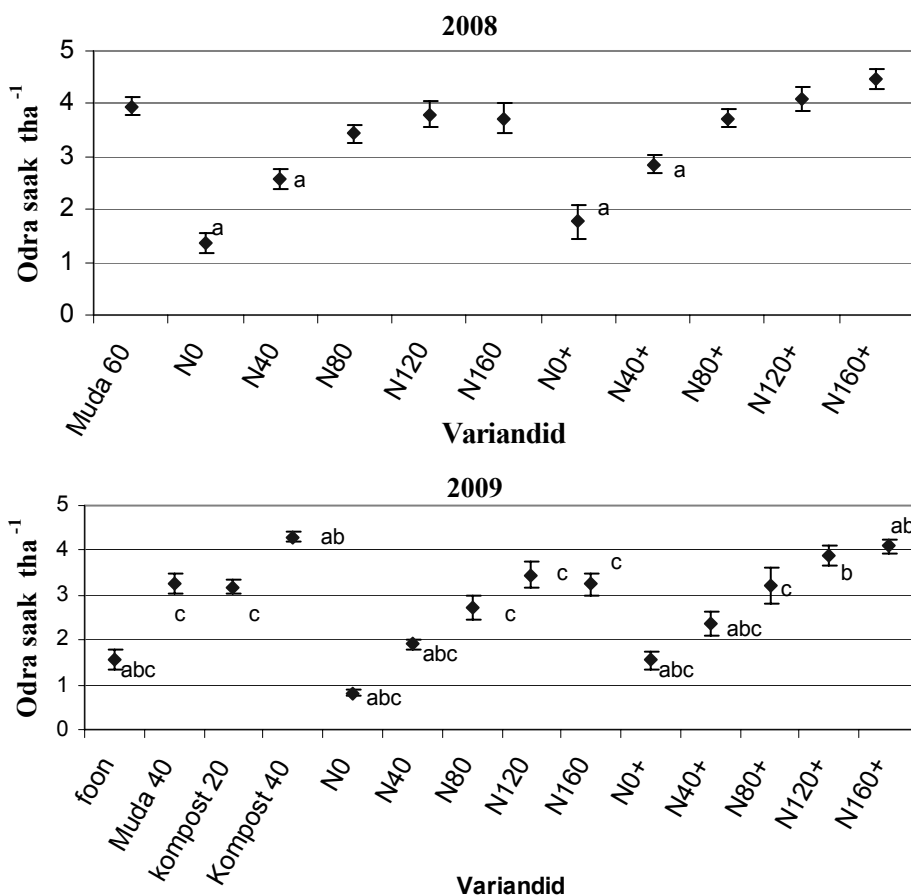
¹ % kuivaine kohta

18 kg ha⁻¹ ning kaaliumi vastavalt 33 ja 253 kg ha⁻¹. Jääkmudas leidub ka puidust pärinevaid raskmetalle, mille sisaldus ei ole suurem kui sõnnikus. Jääkmudas leiduv naatrium võib põhjustada mulla kvaliteedi langust sooldumise tõttu.

Odra kasvuperioodiks kujunes 2008. a. 112 ja 2009. a. 108 päeva. Efektiivsete temperatuuride summa odra kasvuperioodil oli 2008. aastal 1035 ja 2009. aastal 986°C ja sademete summa vastavalt 286 ja 210 mm. Saagi koristusel kaaluti lapi terasaak, mis hiljem arvutati ümber 14% niiskuse juurde.

Tulemused

Odra terasaak oli 2008. aastal olenevalt väetisvariantidest 1,4 kuni 4,5 t ha⁻¹ ja 2009.a. 0,8 kuni 4,3 t ha⁻¹ aidakaalus (joonis 1). Mineraalne lämmastikväetis suurendas terasaaki oluliselt mõlemal katseaastal ning maksimaalsed saigid saadi



Joonis 1. Odra saagikus t ha⁻¹ aidakaalus 2008. ja 2009.a. katse väetisvariantides Muda 60 – puitmassi muda 60 t ha⁻¹; N0–N160 mineraalse lämmastiku normid (kg/ha); N0+... N160+ sõnniku järelmõju foonil; foon – puitmassi komposti järelmõju; Muda 40 – puitmassi muda 40 t ha⁻¹; kompost 20 ja kompost 40 – puitmassi muda kompost 20 t ha⁻¹ ja 40 t ha⁻¹. Vertikaalribad tähistavad keskmise standardviga. Tähed a, b ja c näitavad vastavalt muda, komposti 20 t ha⁻¹ ja 40 t ha⁻¹ usutatavat erinevust ($p < 0,05$) võrreldes ülejäänud variantidega

mineraalväetiste kõrgete normide (N 120 ja N 160) korral sõnniku järelmõju foonil.

2008.a. haava puitmassi jääkmuda (normiga 60 t ha⁻¹) mõjul suurenes odra saagikus võrreldes väetamata kontrollvariandiga 2,4 t ha⁻¹ võrra. Keskmiseks saagiks haava puitmassi kasutamisel kujunes 3,8 t ha⁻¹. Seega oli jääkmuda efekt odra saagikusele võrreldav 120–160 kg mineraalse lämmastiku mõjuga.

2009. a. kevadel 40 t ha⁻¹ antud jääkmuda suurendas samuti odra saaki. Jääkmuda mõjul saadud terasaak 3,3 t ha⁻¹ oli võrreldav 80–160 kg mineraalse lämmastiku toimet saadud saagiga orgaaniliste väetisteta foonil. Samas koguses (40 t ha⁻¹) antud jääkmuda kompost klinkritolmuga suurendas odra saaki rohkem kui puhas jääkmuda. Selles katsevariandis saadi 2009. a. kõrgeim saagikus, mis oli võrreldav N120 ja N160 variandi saakidega sõnniku järelmõju foonil. Jääkmuda kompost klinkritolmuga normiga 20 t ha⁻¹ andis võrdse odra saagi puhta jääkmuda variandilt saaduga.

Sõnniku 2. a. järelmõju (N0+) ning haava puitmassi jääkmuda ja puukoore komposti järelmõju (variant foon) toimet tõusis odra saak võrreldes väetamata variandiga 18%.

Orgaaniliste väetiste kasutamisel tuleb arvestada, et haava puitmassi jääkmudas ületas üldlämmastiku sisaldus mitmekordselt odra vajaduse, mis aga ei ole taimedele kohe kõik kättesaadav. Üheteist kuu jooksul mineraliseerus sügisel mulda viidud haava puitmassi jääkmudast 60% (Astover jt., 2009). Haava puitmassi jääkmuda antud eelneval sügisel normiga 60 t ha⁻¹ kui kevadel normiga 40 t ha⁻¹ komposti järelmõju foonil andsid mõlemad arvestatava saagitõusu. Ilmselt kasutas oder paremini ära kevadel vabanevaid toitaineid. Sügisene jääkmuda andmine võib põhjustada lämmastiku kadu. Klinkritolmuga haava puitmassi jääkmuda kompost sisaldas mitu korda rohkem kaaliumi, aga ka vajalikku väävlit, mis võisidki põhjustada suuremat odra enamsaaki võrreldes puhta jääkmudaga.

Kokkuvõte

Katsealale iseloomulikel madala huumusesisaldusega muldadel on haava puitmassi jääkmuda kasutamine perspektiivne lahend tagamaks ka ilma mineraalväetisteta kõrget produktsioonitaset. Agronoomiliselt ja keskkonnakaitseliselt oleks soovituslikuks haava puitmassi jääkmuda anda kevadel 20–40 t ha⁻¹. Kompost klinkritolmuga oli veelgi efektiivsem ja seda võiks soovitada happelistele ja suure kaaliumitarbega muldadele. Haava puitmassi jääkmuda ja selle komposti(de) mõju mulla omadustele vajab edasist uurimist.

Tänuavaldused

Uurimustööd on toetanud AS Estonian Cell.

Kasutatud kirjandus

Astover, A., Paul Kuldkepp, Leedu, E., Teesalu, T., Toomsoo, A., Rossner, H. 2009. Haava puitmassi tootmise jääkmuda mõju odra saagile. – Teraviljafoorum 2009. koost. Olav Kreen. Põllumajandus-kaubanduskoda, lk.30–31.

ALTERNATIIVSETE ORGAANILISTE VÄETISTE MÕJU KARTULILE VÕRRELDUNA SÖNNIKU JA MINERAALSE LÄMMASTIKVÄETISEGA

Avo Toomsoo, Alar Astover, Enn Leedu, Triin Teesalu

EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Toomsoo, A., Astover, A., Leedu, E., Teesalu, T. 2009. The effect of alternative organic fertilisers on potato compared with farmyard manure and mineral nitrogen fertiliser. – Agronomy 2009.

The effect of some organic residues (meat and bone meal, solid biogas digestate from pig slurry) on the yield of potato was studied in comparison common farmyard manure and mineral nitrogen fertiliser. Solid biogas digestate can successfully replace traditional farmyard manure. The effect of meat and bone meal remained smaller compared with manure. Main results are presented in Figure 1 and 2: The yield of potato in years 2006 (Fig. 1) and 2008 (Fig. 2) on IOSDV field experiment depending on organic and mineral fertilisation.

Figure 1. The yield of potato in years 2006 on IOSDV field experiment depending on organic and mineral fertilisation

Figure 2. The yield of potato in years 2008 on IOSDV field experiment depending on organic and mineral fertilisation

Keywords: Organic fertiliser, mineral nitrogen fertiliser, potato, yield

Avo Toomsoo, Enn Leedu, Alar Astover, Triin Teesalu, Department of Soil Science and Agrochemistry Estonian University of Life Science. Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia

Sissejuhatus

Taasisesisvuse järgsel perioodil on Eesti põllumajanduses sõnniku kasutamine oluliselt vähenenud ja huumusbilanss seetõttu valdavalt negatiivne. Seega tagamaks jätkusuutlikku põllumajandust, tuleb kasutada alternatiivseid orgaanilisi väetisi. Üheks võimaluseks on orgaaniliste tööstusjäätmete kasutamine põllumajanduses. Selliselt toimides saavad üheaegselt rahuldatud nii põllumajandustootjate kui ka tööstusettevõtete vajadused ning saaks vältida taaskasutuseks sobilike tööstusjäätmete ladestamist prügilatesse. Käesolevas töös selgitatakse lihakondijahu (Loomsete Jäätmete Käitlemise AS) ja biogaasi tootmise metaankääritatud taheda separaadi (OÜ Saare Economics) mõju kartulile.

Uurimistöö metoodika ja tingimused

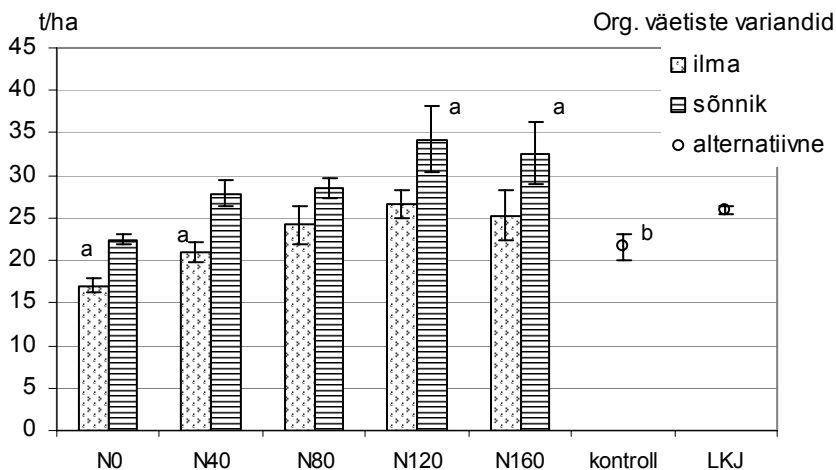
Uurimistöö toimus pikaajalisel kolmeväljalise (kartul – suvinisu – oder)

külvikorruga põldkatsel, mis rajati 1989. aasta sügisel Tartu lähedale Eerikale kahkjale mullale (WRB klassifikatsiooni järgi *Fragi-Stagnic Albeluvisol*). Mulda huumusesisaldus on vahemikus 1,5–2,0% ning fosfori ja kaaliumi sisaldus keskmine. Katseala kõik kolm külvikorravälja on pikisuunas jagatud kolmeks erinevalt orgaanilisi väetisi saanud ribaks. Esimesel ribal ei ole katse rajamisest alates (1989. a.) kasutatud orgaanilisi väetisi. Teisele ribale antakse igal kolmandal aastal (kartulile) käärinud põhusõnnikut 40 t/ha. Kolmandat riba on väetatud erinevate alternatiivsete orgaaniliste väetistega (põhk, kompostid jm.). 2006. aastal kasutati kartulil kolmandaks orgaanilise väetise variandiks lihakondijahu normiga 600 kg/ha ja 2008. aastal metaankääritatud läga kolme erineva normiga (10, 15 ja 20 t/ha). Kõik pikiribad ehk orgaanilise väetise foonid on ristisuunas jagatud 10 meetri pikkusteks katselappideks, milliseid väetatatakse viie erineva mineraalväetise normiga (0, 40, 80, 120 ja 160 kg/ha lämmastikku). Kolmandal orgaanilise väetise foonil ei ole alates 2005. aastast mineraalväetisi kasutatud. Lihakondijahu tekib jääkproduktina Väike-Maarjas Loomsete Jäätmete Käitlemise AS-is, kus seda kasutatakse senini kütteks. Samas on lihakondijahu puhul tegemist väärtusliku väetisega, mida paljudes Euroopa maades kasutatakse fosforväetisena madala fosforisisaldusega muldadel (Ylivainio *et al.*, 2008). Antud katses viidi 600 kg/ha lihakondijahu kasutamisel mulda 61 kg üldlämmastikku ja 24 kg üldfosforit. Metaankääritatud läga tahe fraktsioon on toitaineerikas orgaaniline väetis. Kolme erineva normiga (10, 15 ja 20 t/ha) anti vastavalt 67, 100 ja 134 kg/ha üldlämmastikku, 73, 110 ja 147 kg/ha üldfosforit ning 26, 38 ja 51 kg/ha üldkaaliumi.

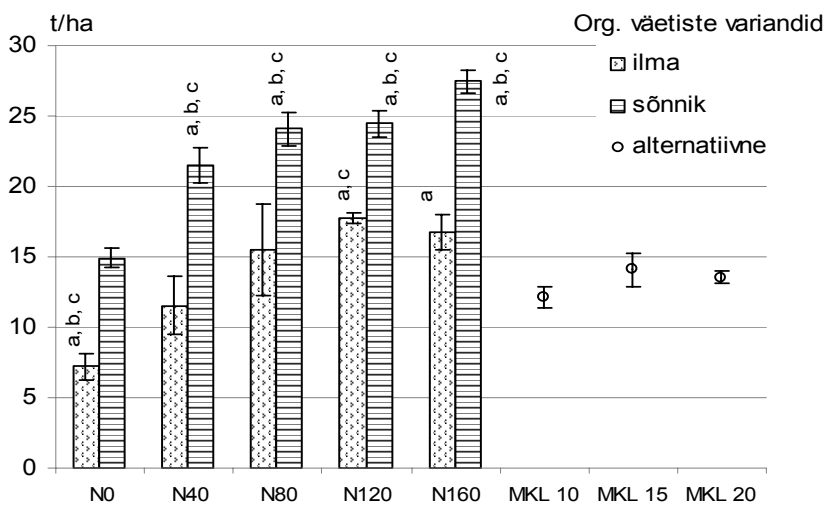
Tulemused ja arutelu

2006. aasta osutus kartuli kasvuks igati soodsaks (joonis 1), isegi 17 aastat väetisteta olnud katsevariant andis keskmiseks mugulasaagiks 17,0 t/ha. Sõnniku kasutamine normiga 40 t/ha täiendava mineraalväetiseta andis mugulasaagile 5,4 t/ha lisa võrrelduna kontrollvariandiga. Lihakondijahu mõju kartulisaagile jäi küll madalamaks 40 t/ha sõnniku mõjust, kuid normi 600 kg/ha kasutamisel suurendas see kartuli mugulasaaki 4 tonni võrra. Madala fosforisisaldusega muldadel on lihakondijahu kasutamine andnud mujal maailmas märgatavat efekti (Ylivainio *et al.*, 2008). Seega sobiks lihakondijahu edukalt asendada kallist fosforväetist.

2008. aastal jäid kartuli mugulasaagid ebasoodsa ilmastiku tõttu suhteliselt tagasihoidlikuks. Väetamata katsevariant andis mugulasaagiks kõigest 7,2 tonni hektarilt (joonis 2). Sõnniku mõjul ilma täiendava mineraalse lämmastikväetiseta tõusis mugulasaak kahekordseks (14,9 t/ha). Metaankääritatud sealäga tahe separaat andis suurimat efekti 15 t/ha suuruse normi kasutamisel, kus mugulasaak (14,1 t/ha) oli ligilähedane saagiga, mida andis taheda veisesõnniku normi 40 t/ha kasutamine. Edasine metaankääritatud läga tahese normi suurendamine



Joonis 1. Kartuli mugulasaak (t/ha) 2006. aastal IOSDV põldkatses sõltuvalt mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisest. Vertikaalribad näitavad iga katsevariandi keskmise standardviga. Tähistus a või b näitab usutavaid erinevusi vastavalt 95% ja 90%lise tõenäosuse juures võrreldes lihakondijahu (LKJ) variandiga.



Joonis 2. Kartuli mugulasaak (t/ha) 2008. aastal IOSDV põldkatses sõltuvalt mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisest. Vertikaalribad näitavad iga katsevariandi keskmise standardviga. Tähistused a, b või c märgivad usutavaid erinevusi (95%) metaankääritatud läga separaadi (MKL) normide 10, 15 või 20 t/ha võrdluses.

2008. aastal kartuli saagikust ei tõstnud. Kartuli saagikuse tõus läga tahese erinevate normide kasutamisel jäi võrrelduna kontrollvariandiga vahemikku 39–62%. Seega võib öelda, et metaankääritatud läga tahe fraktsioon sobib edukalt asendada traditsioonilist laudasõnnikut. Võrreldes erinevaid väetusvariante omavahel selgub, et maksimaalse kartuli mugulasaagi tagab sõnniku ja mineraalse lämmastikväetise kooskasutamine.

Kokkuvõte

Biogaasi tootmisel läga metaankääritamisel järele jääv tahe fraktsioon on väärtulik orgaaniline väetis, mida võib soovitada laudasõnniku asendajana taimekasvatusele spetsialiseerunud taludes. Lihakondijahu kasutamine kartuli kasvatamisel andis märgatavat efekti. Lihakondijahu võib esialgsetel andmetel soovitada kasutada selle kõrge fosforisisalduse tõttu eeskätt fosforivaestel muldadel.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud EV põllumajandusministeerium.

Kasutatud kirjandus

Ylivainio, K., Uusitalo, R., Turtola, E. 2008. Meat bone meal and fox manure as P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on a limed soil Nutr Cycl Agroecosyst (2008) 81:267–278.

KARTULI MAHEKATSE TULEMUSTEST 2009

Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. *Tsahkna, A., Tähtjärv. T. 2009. Results of organic farming trial of potato in 2009. – Agronomy 2009.*

The aim of this trial was to find out more suitable potato varieties for organic farming in general and for production of organic starch at the Aloja Starkelsen Starch Production Factory in Latvia. In the trial at the Jõgeva Plant Breeding Institute 12 varieties from Estonia, Latvia and Byelorussia were included. Trial was carried out in two variants: with pre-sprouted and non-sprouted tubers in 2009. Emergence, the initial development, covering with canopy, late blight infection, yield, starch content and starch yield were estimated.

In the both variants the varieties Maret and Sarne had better emergence, initial development and covering row with canopy. The varieties Imanta, Anti, Sarne and Ando had the lowest infection of late blight in both variants. The tuber yield of pre-sprouted variant of varieties Sarne, Imanta, Anti and Zile and of the non-sprouted variant Sarne, Zdabytak and Zile was higher. There was significant yield difference between the variants. Pre-sprouted varieties had significantly higher yield than non-sprouted. Ando and Anti produced significantly higher yield in pre-sprouted variant. No difference in starch content between the variants. The highest starch content had the varieties Zdabytak, Brasla, Imanta and Juku. By the starch yield the best was the variety Zdabytak.

By the trial data can be concluded that the best suitable for organic farming and for production of organic starch are the varieties Zdabytak, Imanta, Zile, Ando, Juku, Mare and Sarne.

Tabel 1. *Phenological observations of organic trial in 2009*

Tabel 2. *Yield, starch content and starch yield of organic trial in 2009*

Keywords: *organic potato, emergence, initial development, starch, yield, late blight*

Tsahkna, Aide; Tähtjärv, Terje, *Jõgeva Plant Breeding Institute, J. Aamisepa 1, 48309, Jõgeva, Estonia*

Sissejuhatus

Maailma majandus on jõudnud ajajärku, kus globaalse tähtsuse on omandanud säästlik majandamine ja looduskeskkonna saastamise vähendamine.

Mahepõllumajanduslikult kasvatati kartulit Eestis 2004. a - 1,7%, 2005. a - 1,8%, 2006. a - 2,1% , 2007. a - 1,9% ja 2008. a. - 2,2% kartuli üldpinnast (<http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/Saveshoow.asp>).

Kui tavaviljeluses saab rohke mineraalväetiste ja keemiliste taimekaitsevahendite kasutamiseiga vähendada põldude mullaviljakuse ning ilmastiku-

tingimuste erinevusest tulenevaid vahesid ning pöörata sordivalikule väiksemat tähelepanu, siis maheviljeluses sõltub iga konkreetse kasvataja tingimustest võr- ratult rohkem ja siin on õige sordi kasvatamise vajadus ja sellest saadav tulu tunduvalt suurem. Tulenevalt madalamast toitainetega varustatusest ja keemilise taimekaitse kasutamise mittelubamisest, esitatakse mahekartulikasvatuses sortidele mõningaid täiendavaid nõudeid, mis ei ole niivõrd vajalikud tavaviljeluses, nagu tugevam juurestik võimaldamaks paremat toitainete kättesaamist mullast; head füsioloogilised omadused st sobivus kohalike tingimustega ja vastupidavus stres- sitekitavatele teguritele; hea säilivus, lühike kasvuaeg, pealsete kiire algareng ja lopsakamad pealsed, mis katavad vaod ja konkureerivad paremini umbrohtu- dega; kõrge ja kvaliteetne kaubanduslik saak madalatel toitainete foonidel, mis tuleneb suurematest mugulatest ja/või väiksemast mugulate arvust pesas; kõrge ja püsiv haiguskindlus kartuli-lehemädaniku ja mugulate pruunmädaniku suhtes; kõrge haiguskindlus viirushaiguste suhtes; kõrgem kuivainesisaldus vältimaks selle väiksemaid väärtusi ebasoodsates tingimustes (Tshakna, 2007, Tshakna, 2008).

Uurimistöö põhieesmärgiks oli välja selgitada sortide sobivus mahekas- vatamiseks, et neist siis toota mahetärklis Lätis asuvas Aloja Starkelseni tärkli- setehases. See oleks üks oma toodangu realiseerimise väljundeist meie mahekar- tulikasvatajatele.

Materjal ja meetodika

Mahekatse rajati 2009. aastal Jõgeva Sordiaretuse Instituudis 11 kartulisor- di ja 1 -aretisega. Eesti sortidest olid katses 'Maret' (keskvarajane), 'Reet' (kesk- valmiv), 'Ando' (hiline), 'Juku' (hiline), 'Sarme' (hiline), 'Anti' (hiline) ja aretis R 708-99 (keskvalmiv); Läti sortidest 'Lenora' (keskvarajane), 'Brasla' (keskhiline), 'Zile' (keskhiline) ja 'Imanta' (keskhiline) ning Valgevene sort 'Zdabytak' (hiline). Põllu eelviljaks 2006. a. oli talinisu ristiku allakülviga ja 2007. a. ristik, 2008. a. mustkesa. Katse asus keskmise liivsavi lõimisega leostunud kamar-kar- bonaatmullal. Katse rajati 3 korduses ja 2 variandis NNA (*Nearest Neighbours Analyses*) meetodi järgi. Variantideks olid eelidandatud ja eelidandamata mu- gulad. Eelidandamine toimus kolm nädalat +15–20°C juures. Sõnnikukomposti pandi kevadel vakku 20 t/ha. Katse pandi maha 15. mail sügavkoberstatud mulda. Mullati kolm korda ja äestati üks kord. Fenoloogilistest vaatlustest hinnati tärka- mist, algarengut ja reavahede kattumist pealsetega. Neist algarengut ja reavahede kattumist pealsetega hinnati 5 pallilises süsteemis, kus 1 tähistas minimaalset arengut ja 5 maksimaalset. Haigustest hinnati lehemädaniku esinemist viiel kor- ral nädalaste vaheaegadega. Saagi koristamisel hinnati saagi suurust, tärklise- sisaldust ja -saaki, lähtuvalt katse eesmärgist.

Tulemused ja arutelu

Maheviljeluse katseid kartulikasvatases on senini tehtud sortide mahedalt kasvatamise sobivuse seisukohalt. Käesoleva katsega püüti välja selgitada, milliseid tärklietööstusele sobivaid sorte on võimalik mahetingimustes Eesti oludes kasvatada.

Tabelis 1 on väljatoodud põhilised fenoloogiliste vaatluste andmed. Nendest nähtub, et kõige kiiremini tärkasid eelidandamata mugulatega sortidest 'Maret' ja 'Juku' (29 päeva) ja kõige aeglasemalt 'Zdabytak', 'Anti' ja 'Imanta' (36 päeva). Eelidandatud mugulatega sortidest tärkasid kõige kiiremini 'Maret' (23 päeva) ja 'Reet' ja 'Sarme' (24 päeva). Samuti näeme, et eelidandatud mugulad tärkasid kõikidel sortidel kiiremini kui eelidandamata. Kõige suurem eelidandamise efekt tärkamise kiirusele oli sortidel 'Reet' ja 'Imanta' (vahe 11 päeva) ning 'Brasla'

Tabel 1. Mahekatse fenoloogilised vaatlused 2009. a

Sort	Variant	Tärka- mine (päevi)	Alg- areng (1-5)	Pealsetega kattuvus (1-5)	Lehemädanikunakkus, % lehestikust				
					30.07	7.08	14.08	21.08	28.08
'Maret'	eelidandamata	29	3,6	4,0	7	45	93	kor.*	kor.
	eelidandatud	23	5,0	4,7	16	51	98	kor.	kor.
'Reet'	eelidandamata	35	2,0	3,3	1	9	62	85	kor.
	eelidandatud	24	4,7	4,0	6	27	85	95	kor.
'Ando'	eelidandamata	33	3,0	3,7	0	6	17	25	68
	eelidandatud	26	4,0	4,3	0,7	6	6	30	72
'Juku'	eelidandamata	29	3,3	3,7	7	9	40	68	88
	eelidandatud	25	4,7	4,3	7	15	58	78	kor.
'Sarme'	eelidandamata	32	3,7	4,3	0,7	3	14	29	65
	eelidandatud	24	5,0	4,7	0,7	3	22	47	72
'Anti'	eelidandamata	26	2,0	3,0	0	3	13	27	60
	eelidandatud	28	3,7	3,7	0	4	22	48	75
'Lenora'	eelidandamata	35	2,0	3,3	2	8	75	93	kor.
	eelidandatud	30	3,0	4,0	4	13	82	97	kor.
'Brasla'	eelidandamata	35	2,0	3,3	8	23	85	95	kor.
	eelidandatud	25	4,3	4,3	8	27	95	kor.	kor.
'Zile'	eelidandamata	34	3,0	4,7	0	4	17	47	72
	eelidandatud	25	4,0	5,0	0	6	33	62	83
'Imanta'	eelidandamata	36	2,3	3,0	0	1	6	7	30
	eelidandatud	25	4,0	3,7	2	4	16	21	53
R 708-99	eelidandamata	34	2,0	3,3	4	7	42	62	87
	eelidandatud	28	3,0	3,7	3	8	52	78	90
'Zdabytak'	eelidandamata	36	2,0	3,0	0	1	5	22	72
	eelidandatud	29	3,3	3,7	0	3	13	37	79
Keskmine	eelidandamata	33,6	2,6	3,6					
	eelidandatud	26,0	4,1	4,2					

kor. – lehemädaniku hindamise ajaks oli katse koristatud

(vahe 10 päeva). Kõige väiksem efekt oli sortidel 'Juku' ja 'Lenora'.

Algareng oli aeglasem eelidandamata mugulatega mahapandud sortidel 'Reet', 'Anti', 'Lenora', 'Brasla', R 708-99 ja 'Zdabytak' (2,0 palli). Kiiremini arenesid eelidandamatult ordid 'Sarme' ja 'Maret' (3,7 ja 3,6 palli). Eelidandatud mugulatega sortidel oli aeglasem algareng 'Lenoral' ja 'R 708-99' (3 palli) ning kiiremini arenesid sordid 'Maret' ja 'Sarme' (5 palli).

Kattuvus. Et umbrohu levikut tõkestada, on maheviljeluses üheks tähtsaks sordi omaduseks vaovahede kiire pealsetega kattumine. Eelidandamata variandis olid kõige kiirema vaovahe kattumisega sordid 'Zile' ja 'Sarme ning eelidandatud variandis 'Zile', 'Maret' ja 'Sarme'.

Mugulasaak. Koristamine viidi läbi kui vegetatsioon oli lõppenud kas loomuliku suremise või lehemädanikunakkuse tõttu. Tabelis 2 on toodud katses olevate sortide mugulasaak ja selle erinevus eelidandatud ja eelidandamata variantide vahel ning tärglisesisaldus ja –saak. Eelidandamata variandis andsid kõrgema saagi 'Sarme', 'Zdabytak' ja 'Zile'. Eelidandatud variandis aga 'Sarme', 'Imanta', 'Anti' ja 'Zile'. Saagiandmete matemaatilise töötluse tulemus näitab, et mugulate eelidandatud ja eelidandamata variantide vahel oli usutav erinevus 3,4 t/ha ($PD_{0,05} - 1,8$ t/ha). Sortide lõikes olid usutavad erinevused variantide vahel sortidel 'Ando' (8,4 t/ha) ja 'Anti' (6,7 t/ha), kui $PD_{0,05}$ oli 6,5 t/ha.

Tärglisesisaldus ja –saak. Tabelist 2 näeme, milliseks kujunes sortide tärglisesisaldus ja –saak ning kas eelidandamata ja eelidandatud variantide vahel esines ka erinevus. Üldiselt variantide keskmiste ja sortide vahelised erinevused olid väikesed või puudusid. Kõige kõrgema tärglisesisaldusega olid sordid 'Zdabytak', 'Brasla', 'Imanta' ja 'Juku'. Kui aga analüüsida ka tärglisesaaki, siis kõige kõrgema tärglisesaagi andis Valgevene sort 'Zdabytak', mille üheks põhjuseks võib pidada tema väga kõrget tärglisesisaldust teiste katses olnud sortidega võrreldes. 'Zdabytakile' järgnes ka kõrge tärglisesaagiga 'Imanta' eelidandatud variandis ja samas variandis 'Ando', 'Zile' ja 'Juku'.

Lehemädanikunakkuse I hindamine viidi läbi siis kui juba mõnede sortide lehtedele ilmusid lehemädanikulaigud. Järgmised hindamised viidi läbi nädalaste intervallidega. Kui viimaste hindamiste ajaks oli osa sorte koristatud, siis tabelisse 1 on tehtud märged "kor.". Eelidandamata variandis olid kõige madalama lehemädanikku nakatumisega sordid 'Imanta', 'Anti', 'Sarme' ja 'Ando'. Viimase puhul suurendas nakkust suurem viirushaigustesse nakatumine, mis nõrgestas taimi. Eelidandatud variandis esines kõrgem nakkus. Vähem nakatusid samad sordid, mis eelidandamata variandis. Maheviljeluses omab suurt tähtsust ka lehemädaniku arengu kiirus. Suhteliselt aeglaselt arenes lehemädanik sortidel 'Imanta', 'Zdabytak', 'Ando', 'Anti' ja 'Sarme'. Väga kiire areng toimus sortidel 'Brasla', 'Lenora' ja 'Maret'. Kuigi kaks viimast sorti on keskvarajased, jõudsid nad, eriti eelidandatud variandis, anda normaalse saagi mahetingimustes (27,5 ja 33,1 t/ha). Katsepõld oli küllaltki ebasoodne reljeefilt, sisaldades palju lohke,

Tabel 2. Mahekatse saak ja tärklisesisaldus ning -saak 2009.a

Sort	Variant	Saak t/ha	Saakide diferents	Tärklise- sisaldus %	Tärklise- saak t/ha
‘Maret’	eelidandamata	29,1	4,0	15,0	4,4
	eelidandatud	33,1		16,7	5,5
‘Reet’	eelidandamata	28,9	2,1	14,7	4,2
	eelidandatud	31,0		15,5	4,8
‘Ando’	eelidandamata	25,7	8,4*	16,0	4,1
	eelidandatud	34,1		16,9	5,8
‘Juku’	eelidandamata	29,7	3,6	17,1	5,1
	eelidandatud	33,3		16,9	5,6
‘Sarme’	eelidandamata	36,1	3,2	13,5	4,9
	eelidandatud	39,3		14,0	5,5
‘Anti’	eelidandamata	28,6	6,7*	14,1	4,0
	eelidandatud	35,3		13,3	4,7
‘Lenora’	eelidandamata	23,9	3,6	15,1	3,6
	eelidandatud	27,5		14,8	4,1
‘Brasla’	eelidandamata	29,8	0,7	17,2	5,1
	eelidandatud	30,5		17,5	5,3
‘Zile’	eelidandamata	32,0	3,0	16,8	5,4
	eelidandatud	35,0		16,6	5,8
‘Imanta’	eelidandamata	30,1	5,7	17,0	5,1
	eelidandatud	35,8		17,8	6,4
R 708-99	eelidandamata	25,3	2,6	11,9	3,0
	eelidandatud	27,9		12,2	3,4
‘Zdabytak	eelidandamata	32,5	-3,2	22,0	7,2
	eelidandatud	29,3		22,7	6,7
PD _{0,05}			6,5		
Keskmine	eelidandamata	29,3	3,6*	15,9	4,7
	eelidandatud	32,7		16,2	5,3
PD _{0,05}			1,9		

* - usutav 95% tõenäosuse juures

kus ilmnes väga varakult lehemädanikunakkus, viies seega ka korduste keskmise nakkuse alla.

Kokkuvõte

Nii eelidandatud kui eelidandamata variandis olid kiirema tärkamisega ja algarenguga ning parema pealsetega vaovahede kattumisega sordid ‘Maret’ ja ‘Sarme’.

Sordid ‘Imanta’, ‘Anti’, ‘Sarme’ ja ‘Ando’ olid madalama lehemädanikku nakatumisega mõlemas variandis.

Eelidandatud ja eelidandamata variantide keskmiste vahel oli usutav erinevus, mis tähendab, et eelidandatud sordid andsid suuremat saaki kui eelidanda-

mata. Mugulasaak oli usutavalt kõrgem eelidandatud variandis sortidel 'Sarme', 'Imanta', 'Anti' ja 'Zile' ning eelidandamata variandis sortidel 'Sarme', 'Zdabytak' ja 'Zile'.

Tärglisesisalduses ei olnud variantide vahel märgatavaid erinevusi. Kõrgem tärglisesisaldus oli sortidel 'Zdabytak', 'Brasla', 'Imanta' ja 'Juku'. Tärglisesisaldus oli parim sort 'Zdabytak'.

Katseandmetest võib järeldada, et mahedalt kasvatamiseks ja mahetärglise tootmiseks sobiksid eelidandatud sordid 'Zdabytak', 'Imanta', 'Zile', 'Ando', 'Juku', 'Maret', 'Sarme' ning eelidandamata ka 'Zdabytak'. Loomulikult ei saa eelnevat väita kindlalt, sest katseandmed on vaid ühe aasta kohta.

Kasutatud kirjandus

<http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/Saveshoow.asp>.

Tsahkna, A. 2007. Kartulisortide sobivus maheviljelusse. Põllukultuuride ja nende sobivus maheviljeluseks. Jõgeva, lk. 28–33.

Tsahkna, A. 2008. Kartul. Mahepõllumajanduse alused. (Toimetajad A. Luik, M. Mikk, A. Vetemaa). Koostaja Eesti Põllumajanduse Sihtasutus. EV Põllumajandusministerium, lk. 109–112.

MÕNEDE KARTULI KVALITEEDINÄITAJATE MUUTUSTEST SÄILITAMISEL

¹Luule Tartlan, ²Ann Akk

¹Eesti Maaviljeluse Instituut

²Põllumajandusuuringute Keskus

Abstract. Tartlan, L., Akk, A. 2009. Changes in some qualities characteristics of table potato varieties during storage.– *Agronomy* 2009.

Consumers and food processors pay more attention to table potatoes' quality and its persistence. Chemical composition of table potato is an important factor which influences the quality of table potato. Its quality is more influenced by the content of total sugars and starch. The content of both of them changes during growing period of potato and yield storage. In the research work the content of total sugars and starch of 5 potato varieties was explored after yield harvest and six-months-storage. The field and storage trials were carried out at the Experimental Station of the Estonian Research Institute of Agriculture in 2006-2008. Five cultivars were tested: Presto, Laura, Piret, Agria and Anti. The potatoes were stored at the temperature of 5 oC. The main test results were presented in table 1. Sugars content of potato was relatively low in the post-harvest period, except of the early variety Presto. The amount of sugars increased up to 0,95% during storage period but it differed by varieties. The starch content decreased during storage.

Table 1. Content of sugars and starch of potato in 2006–2008

Keywords: Potato, sugars, starch, storage, varieties

Luule Tartlan, Estonian Research Institute of Agriculture, Teaduse 13, Saku 75501, **Ann Akk**, Agricultural Research Centre, Teaduse 4, Saku 75501, Harjuma, Estonia

Sissejuhatus

Lauakartuli kvaliteedile ja selle püsivusele pööratakse tarbijate ja toidutöötajate poolt järjest suuremat tähelepanu. Kuna lauakartuli kvaliteeti mõjutavatest teguritest on oluline osa tema keemilisel koostisel, siis antud artiklis käsitletakse tärglise- ja suhkrutesisaldust ning nende muutumist säilitusperioodil. Tervisliku toitumise seisukohast on tärglise- ja suhkrutesisalduse määramine ja sellega arvestamine väga tähtis, sest organismis muudetakse glükoosist ligemale 30% neutraalrasvaks ja rasvhapeteks ning ligi 3% tekib maksa ja lihastesse ladestuvat glükogeeni. Ülemäärane suhkrutesisaldus halvendab kartulitoitude maitseomadusi ja võib põhjustada kartulitoodete värvuse muutusi ning vähendada realiseeritava kartuli konkurentsivõimet. Lähtuvalt kartuli kvaliteedist ei tohiks üldsuhkrutesisaldus ületada 1,0% ja redutseerivate suhkrute sisaldus 0,3–0,4% (Jõudu, 2002).

Arvestades süsivesikute toimet suurendada veres suhkrusisaldust, on viimastel aastatel hakatud tervisliku toitumise eesmärgil vähendada kartuli tarbimist toiduks. Kuna kartulitärklis on kergesti omastatav toiduaine, siis kuulub toidukartul tõepoolest nn 'riskirühma', kuhu kuuluvad süsivesikuterikkad toiduained. Kartuli arvamine riskirühma toimub juhul, kui tärklisesisaldus ületab 15%.

Materjal ja meetodika

Uurimistööks vajalikud põldkatsed viidi läbi kartuli põldkatsete üldise meetodika alusel. Katsed rajati EMVI Saku Kõbu katseala gleistunud kamarmullale, mille lõimiseks oli saviliiv. Mulla toitainetesisaldus määrati Põllumajandusuuringute Keskuse Agrokeemia laboratooriumis ning oli järgmine: P 113–193, K 140–195, Ca 1890–2540 ja Mg 59–96 mg kg⁻¹, mulla pH_{KCl} 5,0–5,6. P, K, Ca ja Mg-sisaldus määrati Mehlich III ja pH-ISO 10390 meetodil. Kartul pandi maha eelidandatud seemnekartuliga. Väetamiseks kasutati granuleeritud kompleksväetist N₁₀-P₄-K₁₇. Reavahe laius oli 70 cm ja mugulate mahapanekutihedus oli 4 tk/jm kohta. Katselapi suurus 21 m². Korduste arv oli katses 4. Umbrohutõrje tehti ökoõkkega vahetult enne taimede tärkamist ja teine kord peale täielikku tärkamist. Vegetatsiooniperioodil määrati fenoloogilised kasvufaasid, kasvuaegsete haiguste esinemine ja koristusjärgselt võeti mullaproovid. Kasvuaegsetest haigustest tõrjuti kartuli-lehemädanikku (*Phytophthora infestans*) olenevalt kasvuaasta iseärasustest 4–6 korda. Koristamisel kaaluti kogu lapsaak ja võeti keskmised proovid mugulasaagi kvaliteedi määramiseks. Säilitusproovide suurus oli 12–14 kg. Proovid säilitati katsehoidlas temperatuuril 5°C. Suhkrutesisaldus määrati üldsuhkruna, kuhu kuuluvad monosahhariidid ning disahhariidid. Monosahhariidid on redutseerivad kuid disahhariidid ei ole redutseerivad. Ajaliselt määrati suhkru- ja tärklisesisaldus (hüdrolüüsuv) sügisel ja kevadel Põllumajandusuuringute Keskuse Taimse Materjali Analüüsi laboratooriumis meetodil N.T. Faithfull CABI.

Tulemused ja arutelu

Suhkrutesisaldus. 2006-2008. aasta kartulikatsete analüüsitulemused näitasid üldsuhkrute- ja tärklisesisalduse muutumist säilitusperioodil. Muutumine toimus suhkrutesisalduse suurenemises ja tärklisesisalduse vähenemises. Katses olnud kartulisortide suhkrutesisaldus oli määratuna koristusjärgsel perioodil suhteliselt madal. Kõrgema suhkrutesisaldusega oli ainult väga varajane sort 'Presto' (tabel 1). Varajaste sortide puhul tuleb arvestada sellega, et suhkrutesisaldus muutub taimede kasvuajal. On teada, et mugulate kasvu algperioodil on suhkrutesisaldus neis suurem, kuid mugulate valmimisel sisaldus tavaliselt väheneb. Varajaste sortide saak kasutatakse aga toiduks enne lõplikku valmimist.

Tabel 1. Kartulisortide suhkrute- ja tärklisesisaldus (2006–2008)

Sort	Variant N:P:K	Suhkrutesisaldus,%		Muutus,%	Tärklisesisaldus, %		Muutus,%
		sügisel kevadel			sügisel kevadel		
'Presto' 0:0:0		0,78	1,66	0,88	12,4	11,5	-0,9
'Presto' NPK-1		0,81	1,81	1	11,8	9,4	-2,4
'Presto' NPK-2		0,86	1,81	0,95	13,2	11,9	-1,3
'Piret' 0:0:0		0,35	0,64	0,29	15	13,9	-1,1
'Piret' NPK-1		0,55	0,53	-0,02	15,1	14,1	-1
'Piret' NPK-2		0,38	0,52	0,14	12,7	11,4	-1,3
'Laura' 0:0:0		0,29	1,13	0,84	13,2	11,3	-1,9
'Laura' NPK-1		0,39	1,3	0,91	12,5	-	-
'Laura' NPK-2		0,32	1,3	0,98	11,7	9,3	-2,4
'Agria' 0:0:0		0,25	0,36	0,11	12,7	12,3	-0,4
'Agria' NPK-1		0,2	0,54	0,34	13,9	12,3	-1,6
'Agria' NPK-2		0,2	0,56	0,36	12,1	-	-
'Anti' 0:0:0		0,36	1	0,64	13,1	12,1	-1
'Anti' NPK-1		0,45	1,2	0,75	12,7	11,9	-0,8
'Anti' NPK-2		0,34	1,2	0,86	12,3	11,7	-0,6

0:0:0- väetamata; NPK-1 N₁₀₀ P₄₀ K₁₇₀; NPK-2 N₁₂₀ P₄₈ K₂₀₄

Katseaastate võrdlemisel selgus, et sademete vähesus vegetatsiooniperioodil, soodustas suhkrute suuremat moodustumist. Seevastu sademeterikkal kasvuaastal, nagu 2008 jäi suhkrutesisaldus madalamaks. Toidusedelite koostamisel on vaja arvestada veel sellega, et säilitusperioodil toimub suhkrute kogunemine. Seda mõjutab oluliselt säilitustemperatuur, mida madalam see on, seda suurem on suhkrute kogunemine. Kartuli säilitamisel madalamas temperatuuris, omavad ülekaalu hüdrofüüsilised protsessid, mille tagajärjel muutub osa tärklisest suhkruks, nn osmootselt aktiivseks kaitseaineks külma vastu. Suhkrute kogunemine algab juba säilitamisel alla 5°C ning kestab säilitusperioodi lõpuni. Säilitusperioodil toimuv suhkrute kogunemine omab varajaste sortide rühma juures väiksemat tähtsust kui keskvalmivate või hilisemate sortide puhul, sest varajasi sorte tarbitakse valdavalt sügisperioodil. Keskvalmivatest sortidest oli katses 'Piret'. 'Sordi Piret' suhkrutesisaldus oli koristusjärgsel määramisel madal ning see ei suurenenud oluliselt ka säilitusperioodi lõpuks. Sordi 'Piret' suhkrutesisalduse suurenemine oli 6-kuulisel säilitamisel ainult 0,14–0,29% võrra. Sordid 'Agria' ja 'Laura' on hilisemad säilitussordid ning nende suhkrutesisaldus on kasutajaile

kvaliteedi seisukohast väga oluline. 'Agria' suhkrutesisaldus oli juba koristusjärgsel määramisel väike ning säilitusperioodil kogunes juurde ainult 0,11–0,36% jagu. Selle omaduse tõttu hinnatakse ja kasutatakse 'Agriat' enam erinevate toodete valmistamiseks, eriti aga friikartulite valmistamiseks. 'Laura' ja 'Anti' suhkrutesisaldus oli peale koristusperioodi vastavalt 0,29–0,32 ja 0,36–0,45%. Paljude uurijate andmeil (Buckenhüsken, 2005; Jõudu, 2002) ja meie varasemad uurimistulemused on näidanud seda, et kvaliteedi muutused on väiksemad, kui suhkrutesisaldus jääb alla 1,0% (Tartlan, 2005). Kartuli säilitamisel temperatuuril 5°C jäi katses olnud sortide suhkrutesisaldus vahemikku 0,36–1,81%.

Tärklisesisaldus. Katsetulemustest selgus, et koristusjärgsel määramisel oli sortidest kõrgema tärklisesisaldusega 'Piret' 12,7–15,1%, 'Agria' 12,1–13,9% ja 'Anti' 12,3–13,1%. Säilitusperioodil vähenes tärklisesisaldus sortidest enam 'Prestol' (tabel 1). Väetamise mõjul vähenes 'Anti' tärklisesisaldus, teiste sortide osas olid tulemustes erinevused.

Kokkuvõte

Jõgeva SAI poolt aretatud kartulisortide 'Piret' ja 'Anti' suhkrutesisaldus jäi suhteliselt madalaks ning säilitusperioodil ei olnud nende kogunemine ülemäära suur. Varajase sordi suhkrutesisaldus oli oluliselt suurem kui säilituskartuli sortidel. Suhkrute kogunemise vähendamiseks on väga tähtis kartuli säilitamine sortidele sobivas temperatuurirežiimis. Sort 'Agria' sobib säilitamiseks ka reguleerimata hoiutingimustes.

Säilitusperioodil vähenes kõikidel sortidel tärklisesisaldus. Vähenemine oli suurem varajasel ja väiksem hilisematel sortidel.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud EV Põllumajandusministeerium.

Kasutatud kirjandus

- Buckenhüsken, H.J. 2005. Nutritionally relevant aspects of potatoes and potato constituents.-Potato in progress, Wageningen Academic Publishers, pp. 17–26.
- Jõudu, J. 2002. Kartulimugulate keemiline koostis.- Kartulikasvatus, Tartu, lk. 57–66.
- Tartlan, L. 2005. Kartuli kvaliteet ja seda mõjutavad tegurid, Tallinn, lk. 55–61.

KÜLVISENORMI MÕJU TALIRÜPSI SAAGILE JA KVALITEEDINÄITAJATELE

Lea Narits

Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Narits, L. 2009. Impact of seeding rate on the yield and the quality indicators of winter turnip rape. – Agronomy 2009.

Growing area of oil crops in Estonia has continuously enlarged. Spring oilseed rape is the main cultivated oil crop in Estonia. Winter turnip rape is an oil crop that has achieved popularity among Estonian farmers. The raw fat content and the seed yield of winter turnip rape are equal or in some years even exceed spring oilseed rape. Drying costs of winter turnip rape are much smaller as of spring oilseed rape. High yield and high quality are subject to many factors, among which the agrotechnical methods, including seeding rate, are on the first place.

The aim of this study was to explain how the affecting different seeding rates of winter turnip rape seed yield and quality.

Two winter turnip rape varieties 'Largo' and 'Prisma' with seeding rates of 3, 4, 5, 6 and 8 kg ha⁻¹ were used in this study. The trials were carried out in growing periods 2007 – 2009 at Jõgeva Plant Breeding Institute. The highest seed yield was of variant 'Largo 4 kg' – 4915 kg ha⁻¹, the highest raw fat content of variant 'Prisma 3 kg' – 51,5% and the highest raw protein content of variants 'Largo 4 kg' and 'Largo 6 kg' – 24,6%. The lowest glucosinolate content was of variant 'Largo 3 kg' – 7,4 µmol g⁻¹. Differences between seeding rate variants were small and were not significant. It can be concluded that seeding rate size does not affect the size of the winter turnip rape yield or seed quality. Based on the economic point of view, may suggest the smaller seeding rates (3–4 kg ha⁻¹).

Table 1. Seed yield and quality indicators of winter turnip rape varieties 'Largo' and 'Prisma' in case of different seed rates in 2008 and 2009

Figure 1. The seed yield kg ha⁻¹ of winter turnip rape 'Largo' and 'Prisma' in case of different seed rates with trial averages (calculated on 7,5% moisture content) in 2008 and 2009

Figure 2. The raw fat content % of winter turnip rape 'Largo' and 'Prisma' in case of different seed rates with trial averages (on DM) in 2008 and 2009

Figure 3. The raw protein content % of winter turnip rape 'Largo' and 'Prisma' in case of different seed rates with trial averages (on DM) in 2008 and 2009

Figure 4. The glucosinolate content µmol g⁻¹ of winter turnip rape 'Largo' and 'Prisma' in case of different seed rates with trial averages (on DM) in 2008 and 2009

Figure 5. The raw fat yield kg ha⁻¹ of winter turnip rape in case of different seed rates as trial averages (calculated on 7,5% moisture content)

Keywords: winter turnip rape, seeding rate, yield, quality

Lea Narits, Jõgeva Plant Breeding Institute, 1 Aamisepa St., 48309 Jõgeva, Estonia

Sissejuhatus

Õlikultuuride kasvupind Eestis on pidevalt suurenemas: 2006 – 62,5; 2007 – 73,6; 2008 – 77,7; 2009 – 78,2 tuhat hektarit (Eesti Statistika, 2009). See on tingitud tööstuse nõudmisest õlirikaste seemnete kui tooraine järele kogu maailmas. Kõige enam kasvatatakse Eestis suvirapsi, vähem talirapsi ja talirüpsi ning teisi õlikultuure.

Talirüps kui väheste kulutustega kasvatatav õlikultuur on leidmas oma kohta põldudel,

Praeguste kemikaalide hindade juures ei ole sugugi vähetähtis, et talirüpsi kasvatamine ei nõua suuri kulutusi taimekaitsele, samas on tema saagikus ja õlisisaldus konkurentsivõimelised teiste õlikultuuridega (Narits, 2008). Toorrasvasisalduselt ja seemnesaagilt on talirüps võrdne ning mõnel aastal isegi ületab suvirapsi (Narits, 2007). Kuivatuskulud on talirüpsil suvirapsist palju väiksemad. Talirüps vajab saagi moodustamiseks 20–30% vähem lämmastikku kui suviraps, see on samuti võimalus kasvatuskulusid vähendada (Green, 1994). Samuti omab talirüps samu kvaliteedistandardeid õlile ja õlikoogile kui suviraps glükosinolaatide ja eruukahapete osas (Oilseed..., 2005). Suure ja kvaliteetse saagi eelduseks on paljud asjaolud, nii need, mida kasvataja ei saa muuta – ilmastik, kui muudetavad – agrotehnilised võtted. Üheks agrotehniliseks võtteks on külvisenormi suurus. Suvirapsi puhul on uuritud külvisenormi mõju ja leitud, et seemnesaak suurenes, kui suurendati külvisenorme nii väikeseseemnelise vabatolmleja kui suureseemnelise hübriid suvirapsi puhul. Tootjad peavad kaaluma kultuuri tüüpi ja seemnete hinda, leidmaks optimaalne külvisenorm, et saavutada maksimaalne ökonoomika (Hanson *et al.*, 2008). Talirapsi puhul on leitud, et külvisenorm mõjutab otseselt taimede seisukindlust ja ka talvekindlust ning tugevalt seemnesaaki, saagi kvaliteeti ja umbrohtude allasurumisvõimet (Guy, Moore, 1994).

Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada, kuidas mõjutavad erinevad külvisenormid talirüpsi seemnesaaki ja saagi kvaliteedinäitajaid.

Materjal ja meetodika

Lähema vaatluse all oli kaks Eesti Sordilehel olevat talirüpsi sorti: 'Prisma' ja 'Largo'. Katsed viidi läbi Jõgeva Sordiaretuse Instituudi põldudel 2007–2009. a kasvuperioodidel. Eelviljaks oli mõlemal aastal mustkesa. Külvieelselt anti põllule väetist Kemira Skalsa 5-10-25, normiga 300 kg ha⁻¹, toimeaineid vastavalt: N – 15, P – 30, K – 75 kg ha⁻¹, lisaks mikroelemendid: S – 21, Fe – 6 ja B – 0,06 kg ha⁻¹. Mõlemad sordid külvati kolmes korduses 10 m²-le lappidele katsekülvikuga Hege-80. Kasutati külvisenorme: 3, 4, 5, 6 ja 8 kg ha⁻¹. Taimekaitsetöödest viidi varakevadel, nädal peale taimekasvu algust, läbi umbrohutõrje preparaadiga 'Lontrel 300', normiga 0,3 l ha⁻¹, haiguste- ja kahjuritõrjet läbi ei viidud. Kevadel, kohe vegetatsiooniperioodi algul, anti pealtväetisena ammooniumnitraati 175 kg ha⁻¹ ehk 60 kg N ha⁻¹. Kasvuperioodil kokku 75 kg N ha⁻¹.

Mõlemal katseperioodil talvitusid taimed väga hästi. 2008. a ei olnud ilmas- tikutingimused taimekasvuks soodsad, kevad oli põuane ja suvi väga vihmane ning jahe. 2009. a oli sademeid paljude aastate keskmisest (PAK) pisut rohkem, õhutemperatuurid olid PAK lähedased.

Seemnesaak koristati põllult otse katsekombainiga Hege 125, saak kuivatati, tuulati ja sorteeriti. Pärast sorteerimist kaaluti lapi saagid. Keskmise saak ar- vutati seemnete 7,5%-lise niiskusesisalduse juures kilogrammi täpsusega. Igast korduse saagist võeti 200 g proov, mis saadeti Jõgeva Sordiaretuse Instituudi laboratooriumisse, kus FOSSNIRS meetodil määrati seemnete toorrasva-, toor- proteiini- ja glükosinolaatidesisaldused kuivaines.

Katseandmed töödeldi Statistica 4,5 programmis dispersioonanalüüsi mee- todil 95% usalduspiiri juures, seoste tugevuse uurimiseks tehti ka korrelatsioo- nanalüüs ($p < 0,005$).

Tulemused ja arutelu

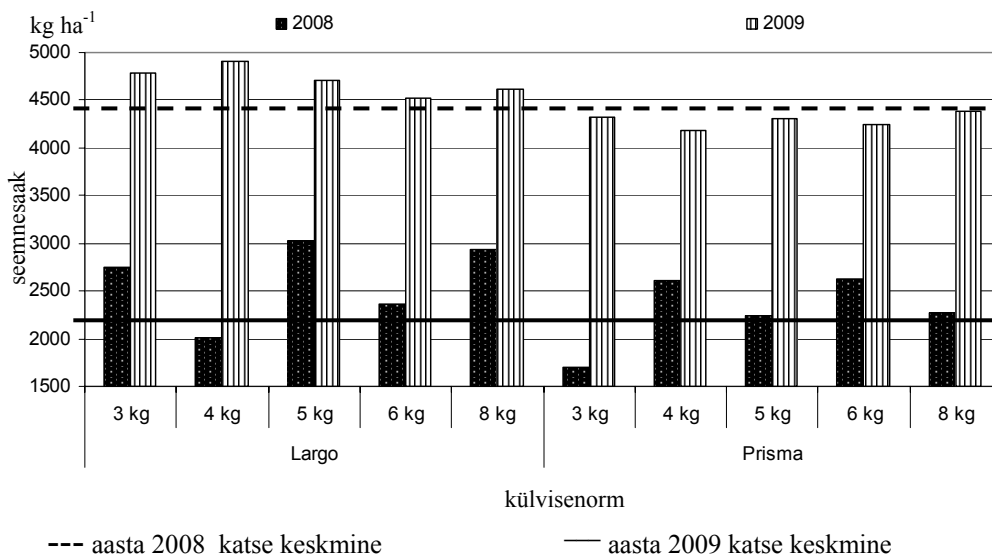
Võrdluse kontrollvariandiks kasutati kõikide näitajate puhul katseaasta põhivõrdluse keskmiseid andmeid.

Seemnesaakide suurused erinesid katseaastatel igas variandis. Kui katseaas- ta keskmisena oli 2009. a saak parem 1258 kg võrra, siis 'Largo külvisenorm 4 kg' variandis 2912 kg võrra (tabel 1). Usutavaid erinevusi saakide vahel oli ainult 2008. a 'Prisma külvisenorm 3 kg' variandis, kuigi erinevused teiste varian- tide saakide vahel olid 2008. a maksimaalselt 1026 kg ja 2006. a 734 kg. Katse keskmisest tasemest (4497 kg ha⁻¹) ei ole 2009. a suuri kõikumisi (joonis 1),

Tabel 1. Talirüpside 'Largo' ja 'Prisma' seemnesaagid ja tähtsamad kvaliteedinäitajad erinevate külvisenormide korral katseaastatel 2008 ja 2009

Variant	Seemnesaak, kg ha ⁻¹		Toorrasva- sisaldus, %		Toorproteiini- sisaldus, %		Glükosinolaatide- sisaldus, µmol g ⁻¹	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Largo 3 kg	2746	4780	45,7	40,6	18,7	24,8	7,4	10,9
Prisma 3 kg	1694*	4327	51,5*	41,6	14,1*	23,4	9,4*	11,1
Largo 4kg	2003	4915	50,0*	40,4	15,2*	24,6	7,6	13,8*
Prisma 4kg	2615	4181	47,4	42,4	17,0*	23,0	12,6*	12,0
Largo 5 kg	3029	4714	45,7	40,7	18,1	24,5	8,1*	10,3
Prisma 5 kg	2247	4300	47,2	42,5	15,7*	22,6	11,3*	12,5
Largo 6kg	2365	4517	44,8	40,4	17,2*	24,6	8,9*	11,1
Prisma 6kg	2622	4244	47,0	42,0	17,4*	23,9	10,7*	13,3*
Largo 8kg	2937	4617	45,3	40,5	14,1*	24,6	9,4*	11,1
Prisma 8kg	2275	4376	46,6	42,0	16,3*	23,5	8,2*	12,9
Aasta keskmine	2984	4242	46,5	40,5	22,0	24,9	6,1	11,2

*– 95% usutavuse juures

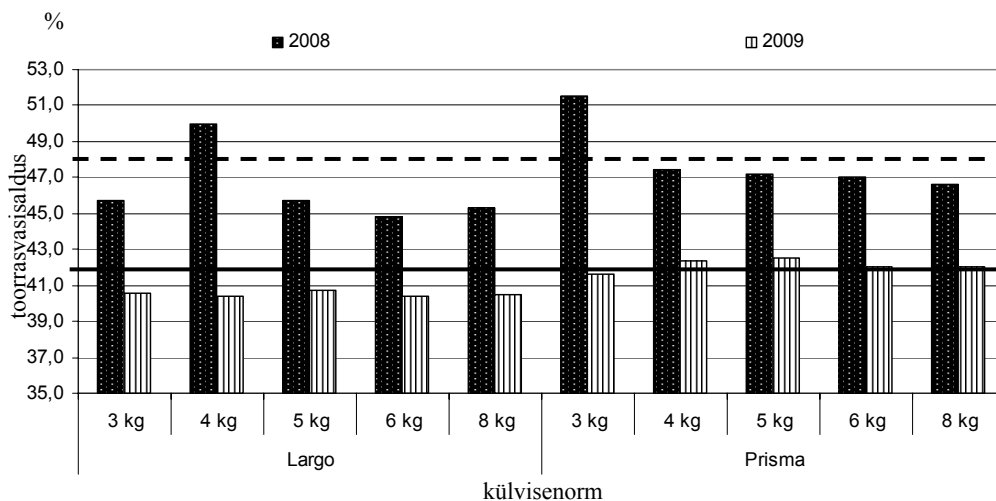


Joonis 1. Talirüpside 'Largo' ja 'Prisma' seemnesaagid (7,5%-lise niiskusesisalduse juures) kg ha⁻¹ erinevate külvisenormide korral koos katse keskmistega, 2008–2009 a

parimana ületab keskmist 418 kg võrra variant 'Largo 4 kg', halvimana jääb 316 kg võrra keskmisele alla variant 'Prisma 4 kg'. 2008. a katse keskmist (2453 kg ha⁻¹) ületab variant 'Largo 5 kg' 576 kg võrra ning variant 'Prisma 3 kg' jääb keskmisele 759 kg võrra alla. Vaadates tulemusi, näeme, et nii suurimad kui väiksemad saagid saadi mõlemal katseaastal väiksemate külvisenormide juures. Korrelatsioon külvisenormi suuruse ja seemnesaagi vahel ei ole usutav, väga tugev oli katseaasta kasvutingimuste mõju saagile $r = 0,96^{***}$. Kuigi talirüpsi juurestik tungib sügavale ja taim on seega üprisri põuakindel, mõjutab kevadine pikaajaline niiskusepuudus generatiivorganite arengut. Tugevad vihmad õitsemise ajal halvendavad õietolmu liikumist ja viljastumine on häiritud ning seega jäi ka saak väikeseks.

Toorrasvasisaldused olid kõrged 2008. a, aasta keskmine oli 46,5%, parim oli see näitaja variandil 'Prisma 3 kg' - 51,5% (tabel 1). 2009. a olid toorrasvasisaldused madalad, aasta keskmine vaid 40,5%, parim oli see näitaja sel aastal variandil 'Prisma 4 kg' - 42,4%. Usutavad erinevused toorrasvasisalduses olid ainult kahel variandil 2008. a - 'Prisma 3 kg' ja 'Largo 4 kg'. Katse keskmisest tasemest (47,1%) on 2008. a üsna suuri kõikumisi, parimad ületavad keskmist 4,4% võrra, halvim variant - 'Largo 6 kg' jääb 2,3% võrra alla (joonis 2). 2009. a ei ole katse keskmisest (41,3%) suuri erinevusi, parim variant ületab keskmist 1,1% võrra, halvimad jäävad 0,9% võrra alla. Usutavat mõju toorrasvasisaldusele avaldasid katseaasta kasvutingimused - $r = -0,89^{***}$ ja seemnesaagi suurus - $r = 0,96^{***}$.

Toorproteiinisaldused olid kõrgemad 2009. a, kus aasta keskmine oli 24,9%

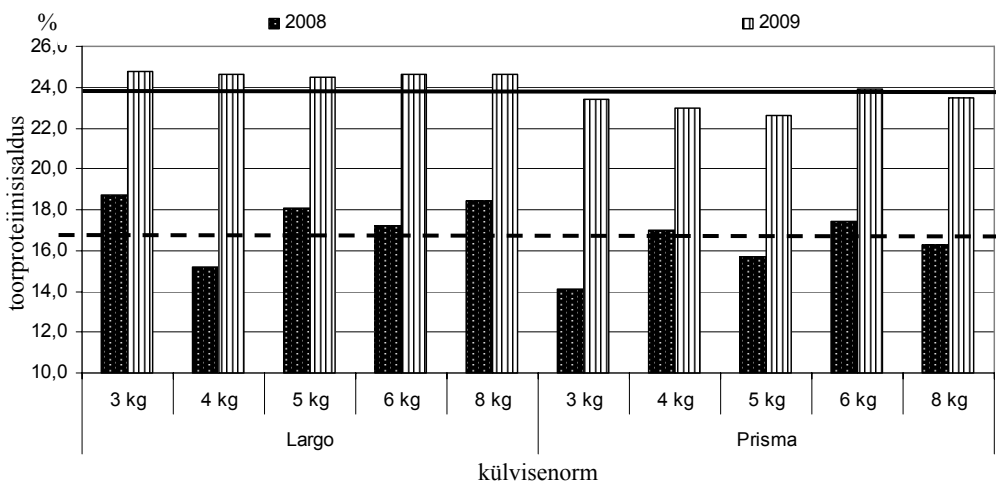


--- aasta 2008 katse keskmine

— aasta 2009 katse keskmine

Joonis 2. Talirüpside 'Largo' ja 'Prisma' toorrasvasisaldused (% kuivainest) erinevate külvisenormide korral koos katse keskmistega, 2008–2009. a

(tabel 1). 2008. a olid usutavad erinevused toorproteiinisaldustes variantide vahel. Vaid kahel variandil ('Largo 3 kg' ja 'Largo 5 kg') ei olnud erinevus 2008. a usutav. Mõlemal katseaastal oli kõrgeim toorproteiinisaldus variandil 'Largo 3 kg' (2008 – 18,7%, 2009 – 24,8%). 2008. a katse keskmine toorproteiinisaldus jäi tugevalt alla aasta keskmisele, olles vaid 16,8% (joonis 3). Kõikumised keskmisest olid samuti suuremad 2008. a, halvimald variandid ('Prisma 3 kg'



--- aasta 2008 katse keskmine

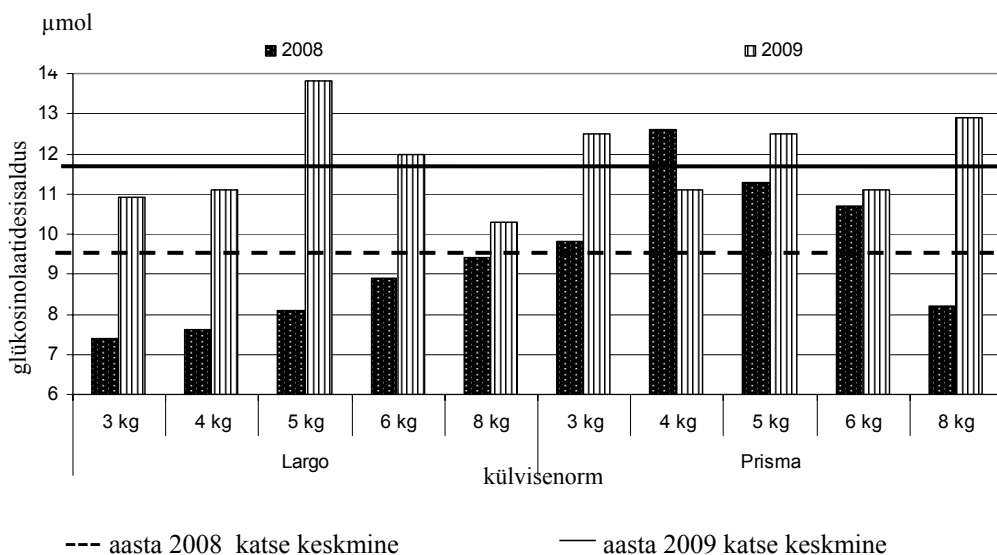
— aasta 2009 katse keskmine

Joonis 3. Talirüpside 'Largo' ja 'Prisma' toorproteiinisaldused (% kuivainest) erinevate külvisenormide korral koos katse keskmistega, 2008–2009. a

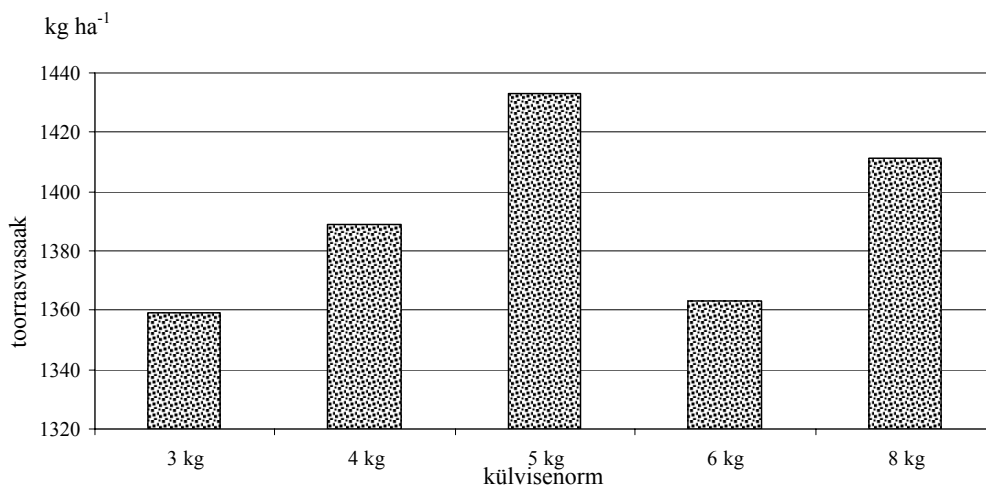
ja 'Largo 8 kg') jäid alla 2,7% võrra. 2009. a olid sordi 'Largo' kõik variandid väga ühtlase toorproteiinisaldusega, kõikumine vaid 0,3%. Tugevat mõju avaldasid toorproteiinisaldusele nii katseaasta kasvutingimused – $r = 0,96^{***}$ kui ka seemnesaagi suurus – $r = 0,96^{***}$.

Glükosinolaatidesisaldus (GLS) seemnetes oli kõrgem 2009. a – $11,2 \mu\text{mol g}^{-1}$ (tabel 1). Variantidel 'Largo 4 kg' ja 'Prisma 6 kg' olid 2009. a GSL-e erinevused usutavad. 2008. a oli aasta keskmine GLS $6,1 \mu\text{mol g}^{-1}$ ja enamike variantide GLS-e erinevused olid usutavad. Variantide 'Largo 3 kg' ja 'Largo 4 kg' GLS-ed olid katse madalaimad, vastavalt $7,4$ ja $7,6 \mu\text{mol g}^{-1}$, kuid erinevused ei olnud usutavad. 'Largo 3 kg' GLS oli ka 2009. a üks katse madalamaid. Katse kõrgeimad GLS-ed olid mõlema aastal '4 kg' variantidel. 2008. a katse keskmine GLS on aasta keskmisest 3,3 võrra suurem, 2009. a on vahe vaid 0,7. Jooniselt 4 on näha, et aastal 2008 suurenes sordi 'Largo' seemnetes GLS paralleelselt külvisenormi suurenemisega, sordi 'Prisma' puhul võib näha vastupidist seost. Tugevat mõju avaldas GLS-ele katseaasta kasvutingimused – $r = 0,70^{***}$, keskmist mõju seemnesaaki – $r = 0,66^{**}$ ning toorrasvasisaldus – $r = -0,58^{**}$. Sordil 'Prisma' on GLS üldiselt kõrgem, kuid üheski variandis ei ületatud lubatud piiri – $25 \mu\text{mol g}^{-1}$.

Seemnesaagi ja toorrasvasisalduse põhjal saab arvutada toorrasvasaagi hektarilt. Tootjatele on oluline just toorrasvasaak, sest selle näitaja järgi saab valida ökonoomseima variandi õlikultuuri kasvatamiseks. Joonisel 5 on toodud katsevariantide toorrasvasaagid ning sealt näeme, et katseaastate ning sortide keskmisena suurenes toorrasvasaak külvisenormi suurenedes, langus tuli variandis 6 kg, ning 8 kg variandis oli taas tõus. Vaadates sortide tulemusi eraldi, sellist



Joonis 4. Talirüpside 'Largo' ja 'Prisma' glükosinolaatidesisaldused ($\mu\text{mol g}^{-1}$ kuivainest) erinevate külvisenormide korral koos katse keskmistega, 2008–2009. a



Joonis 5. Talirüpsi toorrasvasaagid (seemnete 7,5%-lise niiskusesisalduse juures) kg ha⁻¹ erinevate külvisenormide korral katseaastate keskmisena

tendentsi välja ei tule. Suurim toorrasvasaak oli sordil 'Largo' variandis '5 kg' – 1530 kg ha⁻¹, sordil 'Prisma' variandis '6 kg' – 1395 kg ha⁻¹. Kui 'Prisma' järgnev tulemus: '4 kg' – 1389 kg ha⁻¹ erineb sordi parimast ainult 6 kg võrra, siis 'Largo' paremuselt järgnevad variandid: '3 kg' ja '8 kg' (1480 kg ha⁻¹) erinevad 50 kg võrra. Sort 'Largo' annab variantides '3, 5 ja 8 kg' sordist 'Prisma' suuremad toorrasvasaagid, variantides '4 ja 6 kg' on 'Prisma'l paremad tulemused. Kogu katse suurima toorrasvasaagi andis keskmisena variant '5 kg' – 1433 kg. Erinevused variantide vahel on siiski väga väikesed ning ei ole usutavad.

Kokkuvõte ja järeldused

Erinevad külvisenormid avaldavad talirüpsi saagile ja saagi kvaliteedinäitajatele küll mõningast mõju, kuid mõju ei ole olnud usutav. Heal saagiaastal annavad kõikide külvisenormidega variandid suure saagi. Tugevaim mõju on oli ikkagi kasvutingimustel (temperatuur, niiskus). Kõikide katses uuritud näitajate osas olid korrelatsioonid katseaasta kasvutingimustega väga tugevad. Tulemuste põhjal võib kasvatamiseks soovitada talirüpsi sorti 'Largo' (suur seemnesaak, ning hea saagi kvaliteet) ning külvisenormi võib vähendada kuni 3–4 kg ha⁻¹, ilma, et saagi suurus ja kvaliteet oluliselt väheneksid. Saab järeldada, et külvisenormi suurus ei mõjuta talirüpsi saagi suurust ega kvaliteeti, olulised on kasvutingimused ehk kasvataja peab omalt poolt looma agrotehniliselt optimaalsed võimalused taimekasvuks (kultuurile sobiv põld, korralik mullaharimine, õige külviaeg, põllu mullastikule vastav külvisügavus jne), siis on lootust suurele saagile. Lähtudes majanduslikust aspektist, võib soovitada väiksemaid külvisenorme (3–4 kg ha⁻¹), sest kvaliteetne külviseme on kõrge hinnaga.

Kasutatud kirjandus

- Eesti Statistika. 2009. <http://pub.stat.ee>. 21.09.2009.
- Guy, S. O., Moore, M. 1994. Winter Rapeseed Seeding Rate and Date Guide. <http://info.ag.uidaho.edu/Resources/PDFs/CIS1029.pdf>. 21.09.2009.
- Green, C. 1994. Pocket Guide to Turnip Rapeseed. Farming Press Ltd. United Kingdom.
- Hanson, B. K., Johnson, B. L., Henson, R. A., Riveland, N. R. 2008. Seeding Rate, Seeding Depth, and Cultivar Influence on Spring Canola Performance in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 100, USA, p 1339–1346.
- Narits, L. 2007. Talirüpsi sortide saagikus ja kvaliteet 2005/2006 kasvuaastal agrotehnika katse põhjal. Eestis kasvatatavate põllukultuuride sordid, nende omadused ja kasvatamise iseärasused. *Jõgeva*, lk 29–33.
- Narits, L. 2008. Biodiisel ja talirüps. <http://www.sordiaretus.ee/failid/112.pdf>. 21.09.2009
- Oilseed rape and turnip rape. 2005. <http://www.ienica.net/crops/oilseedrapeandturniprape.pdf>. 21.09.2009.

**ROHUMAAVILJELUS
GRASSLAND MANAGEMENT**

VEDELSÖNNIKU KASUTAMINE ROHUMAADI VÄETAMISEL

Rein Viiralt, Henn Raave, Karin Kauer, Are Selge, Argaadi Parol
EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Viiralt, R., Raave, H., Kauer, K., Selge, A., Parol, A. 2009. The use of liquid manure to fertilize grasslands. – *Agronomy 2009*.

In the first year of organic fertilizer application their impact on the herbage yield depended on the type of grass sward. In the case of pure-grass sward both the liquid slurry and the wastewater sludge gave essential increase in dry matter yield. In the grasses-lucerne mixture only the liquid slurry had considerable effect. In 2008 both organic fertilizers had no positive effect on the yield of grasses/white clover mixture. The injection of the slurry into soil (in comparison with its surface application) had remarkable effect only in pure-grass stand (yield increase 15%).

It is expedient to apply slurry above all to pure-grass swards. The rate of slurry 25 tonnes ha⁻¹ contains on the average 91–99 kg of total-N, 18–20 kg P and 57–72 kg K.

Table 1. Content of nutrients in dairy cow slurry used in EULS trials in 2008–2009

Table 2. Average effect of different kinds of fertilizers tested in 3 swards in 2008

Table 3. Extra yield (kg ha⁻¹, air-dry mass) per 1 kg of nutrients obtained by application of different fertilizers in 2008

Table 4. Effect of dairy cattle slurry on the ley DM yield in 2009 (field trial)

Figure 1. Leaching of total-N and potassium (K) from 30 cm soil layer depending on grass sward and fertilizer rates in 2008 (testing period 21 April to 31 October)

Keywords: animal slurry, organic manures, herbage nutrition, nutrient losses

Rein Viiralt, Henn Raave, Karin Kauer, Are Selge, Argaadi Parol, Institute of Agricultural and Environmental Sciences. Estonian University of Life Sciences, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia

Sissejuhatus

Viimasel viiel aastal on Eestis lüpsikarjale ehitatud rohkesti vabapidamisega külmlautu, kus loomade väljaheidete kogutakse vedelsõnnikuna samas asuvasse spetsiaalsesse lägahoidlasse, mida saab tühjendada ainult soojal aastaajal. Samal ajal muutub järjest teravamaks küsimus, kuidas seda vedelsõnnikut põllumajanduses optimaalselt kasutada – ilma mullaviljakust, keskkonda ja kasvatatavate kultuuride kvaliteeti oluliselt kahjustamata. Veise- ja sealäga võib ebaõigel kasutamisel reostada keskkonda, sattudes põhjavette või veekogudesse. Rohumaadel mõjutab vedelsõnnik rohu keemilist koostist, taimede püsivust ja taimiku liigilist koosseisu, aga ka karjamaarohu söödavust. Sileeritavasse massi võivad sattuda roiskbakterid ja rida teisi mikroorganisme, mis rikuvad silo kvaliteeti. Suhteliselt

lühikese taimede kasvuperioodi tõttu on meil Eestis raske tugineda Lääne-Euroopa kirjandusandmetele vedelsõnniku sobivate kasutusnormide ja andmisaegade valikul (Frame, 1994).

Materjal ja meetodika

Vedelsõnniku (läga) optimaalse normi, andmisviisi ja -aja väljaselgitamiseks rohumaal on EMÜ Eerika katsejaamas alates 2008. aastast käigus 2-osaline uurimus.

Katses 1 võrreldakse: 1) vedelsõnniku erinevate aastanormide ja korruga antavate annuste mõju rohusaagile ja toiteelementide väljauhtele mullast; 2) vedelsõnnikus olevate toiteelementide mõju saagile võrreldes mineraalväetistega; 3) vedelsõnniku andmisviisi (mulda või mullapinnale) ja andmisaja mõju erinevate rohukamarate saagile ja toitainete väljaleostumisele.

Selleks rajati 2007. a. juulis Eerika katsejaama lüsimetrikatse 3 erineva seemneseguga, kus määratakse plastnõudes (kokku 186 nõud, igaühe pindala 0,0706 m²) olevate taimikute saak ja liigilis-kaaluline koosseis ning mullakihist (30 cm) läbi nõrgunud vee kogus ja keemiline koostis. Nõrgvee kogumiseks on mullamonoliidiga ämber paigutatud samasuure ämbri sisse nii, et alla jääb ruum vee kogunemiseks. Et vesi saaks välimisse ämbri sisse nõrguda, on mullaga ämbri põhjas augud. Vesi võetakse välja impumpaga. Lõimisel on nõukatse muld liivakas saviliiv (liiva 64, tolmu 29 ja savi 7%) eripinnaga 30,6 m²g⁻¹, mis sisaldas katse algul orgaanilist ainet 1,7–1,9% ja üld-N 0,11% ning liikuvat P 94–102 ja K 165–180 mg kg⁻¹.

Katsefaktorid on järgmised:

- 1) kolm rohukamarat
 - ◆ kõrreliste segu (timut, karjamaa raihein, aasnurmikas)
 - ◆ samad kõrrelised ja valge ristik 'Jõgeva 4'
 - ◆ samad kõrrelised ja lutsern 'Juurlu'
- 2) 2 väetisfooni
 - ◆ mineraalväetis (NPK – ammoniumsalpeeter, KCl, superfosfaat)
 - ◆ orgaaniline väetis (vedelsõnnik või reoveesete)

Kõigil kolmel rohukamaral testiti järgmisi erineval kujul ja viisil antud toiteelementide koguseid:

- 1) väetamata – N0 P0 K0 (kontrollvariant)
- 2) mineraalväetis – P 30 K 60 kuni N 180 P 60 K 120 kg ha⁻¹ (5 eri normi)
- 3) vedelsõnnik – N 60, N 120, N 180 kg ha⁻¹ vastavalt ühes, kahes või kolmes osas taimiku pinnale või sisse
- 4) reoveesete (võrdluseks lägale) – N 60, N 120, N 180 kg ha⁻¹ vastavalt ühes, kahes ja kolmes osas taimiku pinnale

2008. a. koristati katses 5 rohusaaki, mõõdeti mullast läbinõrgunud vee-

kogused ja võeti veeproovid keemilisteks analüüsideks. Katses kasutatud vedelsõnnik toodi AS Tartu Agro Vorbuse farmi lägahoidlast (pärast segamist) ja reoveesete AS Tartu veevõrk Ropka reoveepuhastist. Läga ja reoveesete sisaldasid kuivainet vastavalt 8,3% ja 18,2% ning üldlämmastikku (kuivaines) 4,4% ja 5,2%, mille põhjal arvutati välja katsenõudele antud läga ja reoveesete normid. Seejuures arvestati, et väetamise aastal omastavad heintaimed lägas ja reoveesetes olevast üldlämmastikust keskmiselt 50%.

Nõukatses määrati rohu ja õhukuiva massi saak eraldi kõrrelistel, liblikõielistel ja rohunditel. Selleks sorteeriti iga nõu rohi eelnimetatud gruppidesse, kaaluti, kuivatati kalorifeerkuivatis õhukuivaks, kaaluti uuesti ning arvutati õhukuiva massi saak (värske rohu saak \times õhukuiva massi sisaldus rohus).

Nõrgvee keemiline koostis (üld-N ja K) määrati EMÜ mullateaduse ja agrokeemia osakonna laboris vastavalt elementanalüsaatoriga VarioMax ja leekfotomeetriga. Vedelsõnnik analüüsiti EMÜ taimebiokeemia laboris.

Katses 2 uuritakse põhiküsimusena eesti ja hollandi (firma Barenbrug) seemnesegude sobivust ja produktiivsust rohumaade rajamisel, kuid kahel rohukamaral testitakse alates 2009. a. ka vedelsõnniku efektiivsust (pinnale laotamisel). Selles põldkatses (lapid 2,2 \times 7 m) külvati heinaseemned 12. mail 2008. a. Saak määrati katsekombainiga Haldrup, 2008. a. saadi 2 ja 2009. a. 3 niidet. Vedelsõnniku mõju uuriti 2009. a.: 1) aru-raiheina e. *festuloliumi* (sort 'Barfest', tetraploidne) puhaskülvil; 2) aru-raiheina 'Barfest' ja punase ristiku 'Mars' (tetraploidne) segul.

Mõlemal rohukamaral on 2 väetusvarianti: 1) aru-raiheina taimikul N 180 kg ha⁻¹ kolmes võrdses osas (korraga N 60 kg ha⁻¹) ammooniumnitraadina või lägana; 2) aru-raiheina ja punase ristiku segul vastavalt N-mineraalväetiseta (N 0) ja lägana N 75–95 kg ha⁻¹ varakevadel enne rohukasvu algust. Põldkatses määrati taimiku liigiline koosseis, haljasmassi- ja kuivainesaak vastavalt Eestis üldkasutatavale meetodikale.

Katse 1 ja 2 andmed töödeldi Statistica 7.0 programmis (ANOVA, Fisher LSD). Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$) saakides väetusvariantide vahel on tableis 2 ja 4 märgitud erinevate tähtedega. Joonisel 1 on esitatud keskmised koos standardveaga (püstjooned).

Tulemused ja arutelu

Katsetes kasutatud vedelsõnnikus oli toiteelementidest kõige rohkem N ja K, kusjuures suhe üld-N:P:K kõikus piires 1:0,20–0,22:0,62–0,75 (tabel 1). Kirjanduses soovitatav vastav optimaalne suhe mineraalväetiste kasutamisel on kõrreliste niidu jaoks 1:0,22:0,62 (Viiralt, 2007). Vedelsõnniku puhul tuleb aga arvesse võtta, et väetamise aastal mõjutab saaki eeskätt sõnnikus sisalduv ammooniumlämmastik, mille osakaal üldlämmastikust oli 39,5–58,2 %.

Nõukatse andmetest (tabelid 2–3) selgusid järgmised seosed ja tendentsid.

Tabel 1. EMÜ katsetes kasutatud lüpsikarja vedelsõnniku keemiline koostis 2008. ja 2009. a

Faktor	Ühik	Proovivõtu aeg			
		16.4.08	28.4.09	8.5.09	30.07.2009
pH		x	6,56	6,70	6,60
Kuivaine	%	8,30	8,54	7,84	8,05
üld-N	kg t ⁻¹	3,65	3,83	3,78	3,95
NH ₄ -N	kg t ⁻¹	1,60	1,51	2,02	2,30
NO ₃ -N	kg t ⁻¹	0	0	0,001	0,002
üld-P	kg t ⁻¹	0,73	0,81	0,82	0,79
üld-K	kg t ⁻¹	2,28	2,87	2,72	2,70
üld-Ca	kg t ⁻¹	x	1,32	1,04	1,21
üld-Mg	kg t ⁻¹	x	0,75	0,66	0,70
NH ₄ -N osakaal	%	43,9	39,5	53,4	58,2
üld-N-st					
Üld-N:P:K	suhe	1:0,20:0,62	1:0,21:0,75	1:0,22:0,72	1:0,20:0,68
NH ₄ -N:P:K	suhe	1:0,46:1,42	1:0,53:1,90	1:0,40:1,34	1:0,34:1,17
Ca:Mg:K	suhe	x	1,8:1:3,8	1,6:1:4,1	1,7:1:3,8
P:K	suhe	1:3,1	1:3,6	1:3,3	1:3,4

Tabel 2. Väetiste võrdlev toime eri rohukamaratel vastava väetise normide keskmisena 2008. a. (Eerika nõukatse; õhukuiv aastasaak)

Väetise liik	Toiteelemente keskmiselt kgha ⁻¹	Kõrreliste segu		Kõrreliised ja valge ristik		Kõrreliised ja lutsern	
		saak g m ⁻²	%	saak g m ⁻²	%	saak g m ⁻²	%
Väetiseta	0	253 ^d	100	941 ^c	100	670 ^c	100
Mineraalväetis PK	P45 K90	341 ^d	135	1119 ^b	119	824 ^c	123
Mineraalväetis NPK	N120 P50 K100	845 ^a	334	1279 ^a	136	1106 ^a	165
Vedelsõnnik pinnale	N120	595 ^b	235	1119 ^b	119	993 ^b	148
Vedelsõnnik sisse	N120	687 ^b	272	1129 ^b	120	934 ^{bc}	139
Reoveesete pinnale	N120	488 ^c	193	1089 ^b	116	848 ^c	127

Tabel 3. Erinevate väetistega saadud enamsaak toimeaine ühiku kohta 2008.a.

väetise liik	Väetamine		Enamsaak toimeaine(te) 1 kg kohta, kg ha ⁻¹ õhukuiva massi		
	toimeainete (TA) norm, kg ha ⁻¹	võrdlusfoon, TA kg ha ⁻¹	kõrreliste segu	kõrrelised ja valge ristik	kõrrelised ja lutsern
Mineraalväetis	P30 K60	0	11,7	19,2	17,6
Mineraalväetis	P60 K120	0	3,9	10,2	8,4
Mineraalväetis	N60 P30 K60	P30 K60	60,3	13,8	28,3
Mineraalväetis	N120 P60 K120	P60 K120	42,1	10,7	22,3
Mineraalväetis	N180 P60 K120	P60 K120	36,8	14,7	22,8
Läga pinnale	N60	P30 K60	17,5	-0,2	-4,2
Läga pinnale	N120	P60 K120	25,8	-1,7	30,2
Läga pinnale	N180	P60 K120	20,2	0,8	9,5
Läga sisse	N60	P30 K60	22,5	-11,8	-5,0
Läga sisse	N120	P60 K120	31,5	1,7	12,0
Läga sisse	N180	P60 K120	30,1	4,3	12,1
Reoveesete pinnale	N60	P30 K60	9,7	-20,2	-16,0
Reoveesete pinnale	N120	P60 K120	16,1	-0,5	4,3
Reoveesete pinnale	N180	P60 K120	11,6	1,7	6,6

1. Väetamata mullal oli katses võrreldud rohukamarate saak väga erinev, sest kõrreliste segud valge ristiku või lutserniga said kasutada lisaks mullast omastatud lämmastikule veel mügarbakterite poolt sümbiootiliselt seotud õhulämmastikku. Seetõttu ületas kõrreliste ja valge ristiku segu saak (õhukuiv mass) kõrreliste oma 3,7 ja kõrreliste-lutserni segu saak 2,6 korda.

2. PK-mineraalväetise efektiivsus toimeaine ühiku kohta oli suurim kõrreliste ja valge ristiku segul, kus saadi enamsaagina 1 kg P+K kohta (keskmine norm P 45 K 90 kg ha⁻¹) 13,2 kg ha⁻¹ õhukuiva massi. Kõrreliste-lutserni ning ainult kõrrelistest koosneval taimikul oli sama näitaja vastavalt 11,4 ja 6,5 kg ha⁻¹.

Seevastu suhteline enamsaak PK-mineraalväetise mõjul oli suurim kõrreliste rohukamaral – 35% (tabel 2).

3. Saagiandmed võimaldavad võrrelda eri väetistega antud samasuurte omastatavate lämmastikukoguste mõju erinevatel rohukamaratel. Suhtelise enamsaagi põhjal oli kõige efektiivsem NPK-mineraalväetisega antud lämmastik (keskmine norm N120 kg ha⁻¹), mis suurendas kõrreliste rohukamara saaki (võrreldes PK-fooniga) 148%, kõrreliste-lutserni segul 34% ning kõrreliste ja valge ristiku

taimikul 14%. Ühe kg mineraal-N kohta oli õhukuiva massi keskmine enamsaak neil taimikutel vastavalt 42,0; 23,5 ja 13,3 kg ha⁻¹.

Seega oli mineraalväetisena antud N efektiivsus meie katses esimesel täis-
saagiaastal kõrreliste rohukamaral kõrge, kõrreliste-lutserni segul hea ning kõr-
reliste ja valge ristiku taimikul rahuldav. Vedelsõnnikuga ja reoveesetega antud
N efektiivsus osutus seevastu eeltoodust tunduvalt väiksemaks (keskmine enama-
saak 1 kg N kohta, kg ha⁻¹):

	<u>kõrrelistel</u>	<u>kõrrelistel ja valge ristik</u>	<u>kõrrelistel ja lutsern</u>
läga taimiku pinnale	21,2	0,0	14,1
läga mulda sisse	28,8	0,8	9,2
reoveesete pinnale	12,3	-2,5	2,0

Seega kõrreliste ja valge ristiku rohukamaral orgaanilised väetised 1. katseaastal
saaki ei tõstnud (reoveesette andmisel saak isegi veidi langes). Läga mulda-
viimine andis positiivse tulemuse (võrreldes mulla pinnale andmisega) ainult
kõrreliste taimikul, kus õhukuiva massi aastasaak tõusis 15%.

Põldkatse 2009. a. saagiandmetest (tabel 4) selgub, et seal jäi vedelsõnniku
mõju mõlemal rohukamaral väikeseks. Üllatav oli vedelsõnniku tagasihoidlik
mõju 1. kasutusaasta aru-raiheina (*festulolium*) puhaskülvil, kuhu anti kolme
võrdse annusena (8. mail, 8. juunil ja 30. juulil) kokku ca 300 kg ha⁻¹ üld-N,
millest ammoniumlämmastikku N-NH₄ oli 164 kg (55%). Võrdlustaimik sai
N 180 kg ha⁻¹ ammoniumsalpeetrina. Kuna vedelsõnnikuga väetamisel tõstabki
väetusaasta saaki põhiliselt sõnnikus olev N-NH₄, pidanuks aru-raiheina kuiv-
saak ulatuma 9,5–10 t ha⁻¹, kuid jäi sellest ca 25% väiksemaks, sest osa sõn-
nikus olnud lämmastikust lendus ammoniaagina mulda jõudmata. Arvestades
teiste Eerikal korraldatud rohumaakatsete põhjal mineraallämmastikuta kõrre-
liste taimiku (N 0 foon) aastasaagiks ca 3,5 t ha⁻¹ kuivainet, selgus enamsaagi
arvutustest, et vedelsõnniku laotamisel rohumaal pinnale lendus ammoniaagina
(NH₃) tõenäoliselt 30-40% sõnnikus olnud ammoniumlämmastikust (N-NH₄).
Sarnase tulemuse andsid ka P. Mattila (2006) poolt Soomes eriseadmega tehtud
mõõtmised, kus vedelsõnniku pindlaotamisel rohumaale lendus keskmiselt 40%
ammooniumlämmastikust. Aru-raiheina ja punase ristiku segule kevadel kasvu
algul (8. mail) antud vedelsõnnik 25 t ha⁻¹ (sisaldas 50 kg N-NH₄) selle rohu-
kamara kuivainsaaki usutavalt ei mõjutanud, kuna lämmastikuvajaduse kattis
punase ristiku poolt sümbiootiliselt seotud õhu-N.

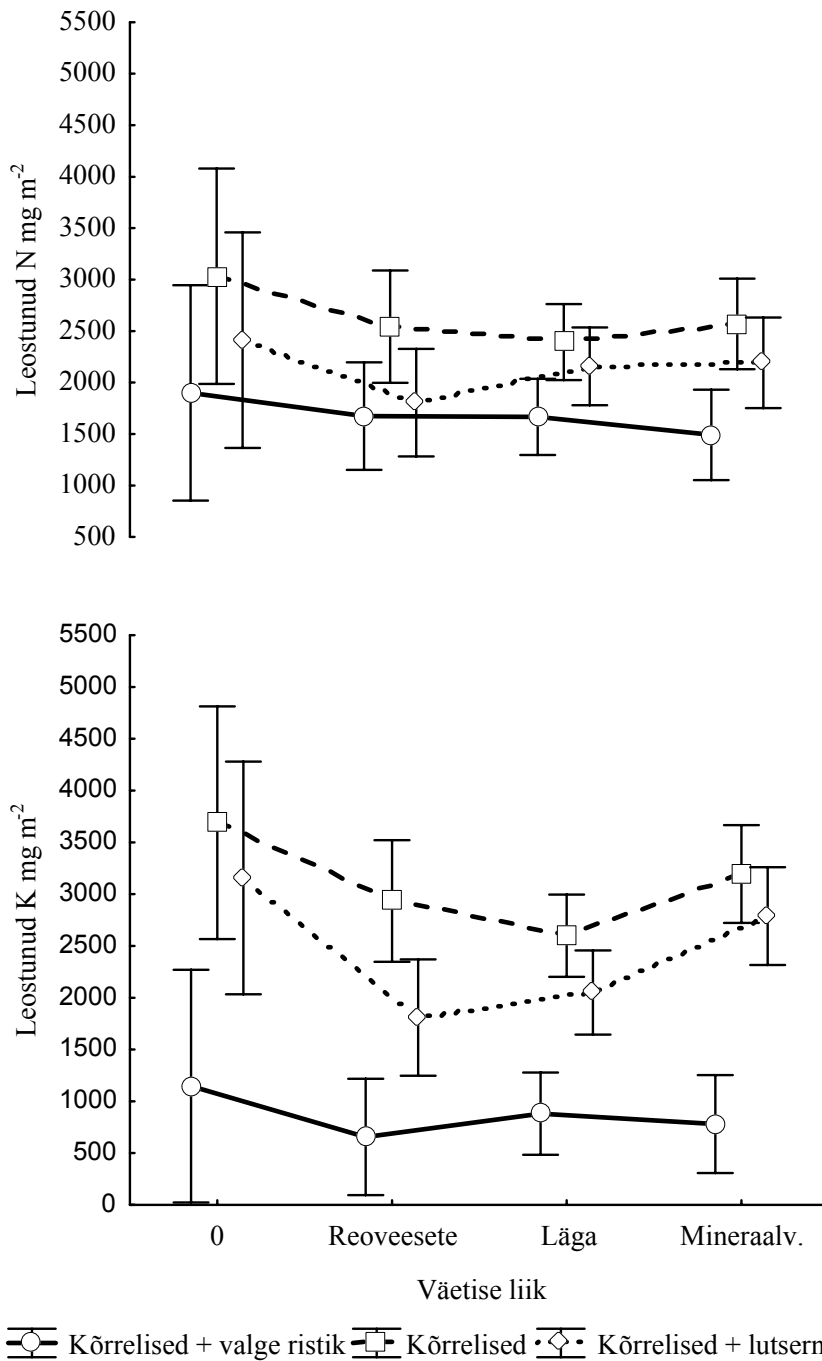
Keskkonnahoiu aspektist on väga oluline teada, mil määral võivad vedelsõn-
nikuga väetamisel selles leiduvad toiteelemendid (eelkõige N ja K) pindmisest
mullakihist allapoole liikuda. Selgus, et nii üld-N kui K puhul oli leostumine 30 cm
tüsedusest mullakihist läbi nõrgunud veega kõige suurem kõrreliste rohuka-
mara puhul, järgnesid kõrreliste ja lutserni ning kõrreliste ja valge ristiku segud
(joonis 1). Erinevused samal rohukamaral eri väetusfoonidelt leostunud N ja K ko-

Tabel 4. Piimakarja vedelsõnniku mõju rohumaa saagile Eerikal põldkatses 2009.a.

Väetisnormid ja saak	Ühik	Aru-raiheina puhaskülv		Aru-raiheina ja punase ristiku segu	
		NPK mineraalväetis	vedelsõnnik pinnale	PK mineraalväetis	vedelsõnnik pinnale
Väetisi kokku	t ha ⁻¹	1,14	78	0,61	25
Toiteelemente (üld-N, P, K)					
kokku	kg ha ⁻¹	315	573	135	183
sealhulgas:					
üld-N	kg ha ⁻¹	180	299	0	94
sellest: N-NH ₄	kg ha ⁻¹	90	164	0	50
N-NO ₃	kg ha ⁻¹	90	0,1	0	<0,1
üld-P	kg ha ⁻¹	35	63	35	21
üld-K	kg ha ⁻¹	100	211	100	68
Kuivaine saak kokku	kg ha ⁻¹	11320 ^a	7550 ^b	12020 ^a	11990 ^a
sealhulgas:					
1. niide	kg ha ⁻¹	3310 ^a	2460 ^b	3160 ^a	3020 ^a
2. niide	kg ha ⁻¹	5900 ^a	3820 ^b	4860 ^a	4830 ^a
3. niide	kg ha ⁻¹	2110 ^a	1270 ^b	4000 ^a	4140 ^a

guste vahel olid suhteliselt väiksemad kui variatsiooni leostumise tasemes erinevate rohukamarate vahel. Seoste statistilist tugevust (korrelatsioonikoefitsient r) ja leostunud ainekoguste usaldatavust hinnati andmetöötlusel 95% tõenäosuslääve juures. Rohukamarate kokkuvõttes korreleerus leostunud üld-N (mg m^{-2}) positiivselt väljahutud K ($r = 0,84$) ja mullast läbinõrgunud veekogusega ($r = 0,53$) ning negatiivselt rohukamara õhukuiva aastasaagiga. Leostunud K (mg m^{-2}) seosed olid üld-N-ga samasuunalised, kusjuures negatiivne korrelatsioon aastasaagiga oli tugevam ($r = -0,62$). Oluline on märkida, et suurema saagi korral (saak sõltus taimiku koosseisust ja väetustasemest) nõrgus mullast vähem vett läbi ($r = -0,71$). Eeltoodu põhjal on arusaadav, miks aastasaak korreleerus negatiivselt (s.o. saak vähenes) leostunud üld-N ja K ning läbinõrgunud vee koguste suurenedes.

Rohukamarati oli perioodil 21.4.–31.10.2008 30 cm mullakihist läbi nõr-



Joonis 1. Üldlämmastiku (N) ja kaaliumi (K) leostumine 30 cm mullakihist sõltuvalt taimikust ja väetamisest 2008.a. (21.aprillist - 31.oktoobrini)

gunud veehulk üsnagi erinev - valge ristiku ja kõrreliste segul 88–110 mm, kõrreliste ja lutserni taimikul 128–140 mm ja kõrreliste rohukamara korral 147–164 mm. Soojal perioodil (aprill–oktoober) tuli Eerikal sademeid kokku 422 mm (pikaajaline keskmine 411 mm). Jooniselt on näha, et leostunud üld-N keskmised kogused jäid vahemikku 1,5–3,1 g m⁻² ja K puhul 0,75–3,7 g m⁻² (s.o. tinglikult hektari kohta arvestatuna vastavalt 15–31 kg ja 7,5–37 kg). Rohukamarati olid erinevused üld-N ja K kogustes samasuunalised vee läbinõrgumisega, kõikidel taimikutel oli nii üld-N kui K keskmine leostumine väetiseta foonil (joonisel – 0) mõnevõrra suurem (kuigi korduseti ulatuslikult kõikuv) kui väetatud taimikuga katsenõudes. Ilmnes seos – suurem saak sidus rohkem toitaineid ja transpireeris rohkem vett, mistõttu vee läbinõrgumine ja koos sellega üld-N ja K leostumine oli väiksem. Väljauhte ulatus erinevate väetamata (0 foon) taimikute alt vajab täpsustamist sama nõukatse jätkamisel.

Järeldused

1. Esimesel väetamise aastal (2008) andsid nõukatses kõrreliste rohukamaral olulise saagitõusu nii vedelsõnnik kui reoveesete, kõrreliste-lutserni segul ainult vedelsõnnik, kõrreliste ja valge ristiku taimiku saak orgaaniliste väetist mõjul ei suurenenud.

2. Mineraalväetise N (keskmiselt 120 kg ha⁻¹) suurendas kõrreliste taimiku saaki (võrreldes PK-fooniga) 148%, kõrreliste-lutserni segul 34% ning kõrreliste ja valge ristiku rohukamaral 14%.

3. Vedelsõnnikuga antud taimedele omastatava lämmastiku (põhiliselt NH₄-N) efektiivsus oli kõrreliste rohukamaral nõukatses 70–81% ja põldkatses 60–65% mineraalväetisega antud N mõjust.

4. Vedelsõnniku muldaviimine oli võrreldes selle maapinnale andmisega märkimisväärselt efektiivsem (15%) ainult kõrreliste rohukamaral.

5. Vedelsõnnikuga on otstarbekas väetada eelkõige kõrreliste rohumaid, et vähendada kulutusi kallitele NPK-mineraalväetistele.

6. Vedelsõnniku hektarinormi arvutamisel tuleks lähtuda eeskätt ammoooniumlämmastiku (NH₄-N) sisaldusest sõnnikus, mida taimed kiiresti omastavad. Ülejäänud lämmastik (orgaaniline N) mineraliseerub aeglaselt ning väetamise aastal mõjutab rohumaa saaki vähe.

7. Üldlämmastiku ja kaaliumi leostumine sademetega 30 cm mullakihist olenes rohkem rohukamarast kui väetamisest, olles suurim kõrreliste taimiku ja väiksem valge ristiku ja kõrreliste segu korral.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetas Põllumajandusministeerium (leping nr. 3.4-23/22).

Kasutatud kirjandus

Frame, J. 1994. Improved Grassland Management. Farming Press, UK, pp.136–145.

Mattila, P. 2006. Ammonia emissions from pig and cattle slurry in the field and utilization of slurry nitrogen in crop production. – Doctoral dissertation, Jokioinen, 136 pp.

Viiralt, R. 2007. Heintaimede toitumine. – Rohumaaviljeluse, karjakasvatuse ja haljastuse integratsioon, Saku, lk. 61–83.

FENOLOOGILISE ARENGU MÕJU LUTSERNI JA PUNASE RISTIKU SAAGILE NING TOITEVÄÄRTUSELE

Uno Tamm, Silvi Tamm
Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Tamm, U., Tamm, S. 2009. The effects of phenological development on the yield and nutritive value of alfalfa and red clover. – Agronomy 2009.

Development of the first herbage crop of alfalfa and early red clover between late vegetative and mid-bloom stages has been investigated during 2006–2008. Red clover herbage was richer in leaf than alfalfa in all development stages (9%, 5% and 4% more leaves in vegetative, budding and mid-bloom stages, respectively). Alfalfa harvested at mid-bloom stage significantly exceeded the DM yield of red clover. The onset of maturity during the early growth stage was accompanied by significant changes in nutritive value: ADF and NDF increased, whereas CP and DDM decreased. There was a strong positive correlation between the DM yield and the NDF content ($r=0.60$, $r=0.64$, $P<0.01$ for alfalfa and red clover, respectively). Red clover had lower ADF and NDF (and therefore higher digestibility and intake) than alfalfa in all development stages. Unlike in stems, the CP concentration declines, ADF and NDF increase slightly in leaves with maturity. The highest increase in ADF and NDF and decline of digestibility of stems occurs when the internode growth transforms into a radial growth with the thickening of secondary cell wall. As stems of alfalfa contain more lignified structural tissues than red clover, the digestibility of stems of alfalfa remained generally lower than that of red clover (DDM of alfalfa stems ranged between 585–472 and that of red clover 640–561 g kg⁻¹). Maturation led to increase in the content of DM, cellulose, hemicellulose and lignin in the clover and alfalfa plants. The content of ADL in alfalfa was higher than in red clover in all development stages. Higher digestibility of clover stems and higher ratio of leaves in the herbage form the basis for higher metabolisable energy content in the red clover.

Table 1. DM yield (t ha⁻¹) of leaves, stems and the whole herbage

Table 2. The nutritive value of alfalfa and red clover (g kg⁻¹DM)

Table 3. The nutritive value of leaf and stem DM

Table 4. The content of fibre components (g kg⁻¹ DM) in alfalfa and red clover

Table 5. The content of minerals at different development stages (g kg⁻¹DM)

Keywords: dry matter (DM), crude protein (CP), acid-detergent fiber (ADF), neutral-detergent fiber (NDF), nutritive value

Uno Tamm, Silvi Tamm, Estonian Research Institute of Agriculture, Teaduse 13, Saku, Harjumaa 75501, Estonia

Sissejuhatus

Heintaimede toiteväärtus langeb koos rohumassi suurenemisega. Väiksem seeduvate toitainete sisaldus hilisemates arengufaasides vähendab rohusööda

majanduslikku efektiivsust. Rohusööda seeduvust mõjutavad kiu kontsentratsioon ja kiukomponentide omavaheline suhe. Rakuseina tselluloosi-, hemitselluloosi- ja ligniinisaldus suureneb, kaks esimest on vatsa anaeroobsete mikroorganismide poolt osaliselt seeduvad, ligniin seedumatu. Buxton ja Russell (1988) leidsid et ligniini kontsentratsioon on raku kestaaine seeduvust mõjutav oluline faktor. Ligniini koostis muutub rakuseina vananemisega guajakool tüüpi ligniinist süringinool tüübiliseks, mis moodustab tselluloosi ja hemitselluloosiga ristsidemeid takistades nende seedumist (Jung, Allen, 1995). Taimiku kuivaine seeduvus määrab ära rohusööda ainevahetusliku energiasalduse.

Töö eesmärgiks on võrrelda lutserni ja punase ristiku fenoloogilist arengut ning hinnata koristusaja mõju nende liikide saagi suurusele ja kvaliteedile.

Materjal ja metoodika

Uurimistöös analüüsiti 2006–2008 aastal varase punase ristiku ‘Varte’, ja lutserni (sordid ‘FSG 408 DP’, ‘Karlu’, ‘Jõgeva 118’) esimese niite taimikuid. Artiklis esitatakse lutsernisortide keskmised näitajad. Katsed paiknesid Sakus keskmise viljakusega (pH_{KCL} 6,8, huumus 3,6%, P 52 ja K 164 mg kg^{-1} Mehlich 3 järgi) rähksel mullal. Fosfor-kaaliumväetist (P 15, K 50) anti igal sügisel.

Katsete niitmine ja rohuproovide võtmine toimus taimiku kolmes erinevas arengufaasis – varsumise lõpp, nappumine (50% vartel on õisikud moodustunud) ja õitsemine (50% vartest on alustanud õitsemist). Arengufaaside saabumine oli aastate lõikes kalendaarselt erinev ning sõltus kogunenud efektiivsete temperatuuride summast.

2006. aastal kogunes vegetatsiooni algusest efektiivseid temperatuure maikuu lõpuks 175°C. Niiskusedefitsiit mullas ja maikuu öökülmad aeglustasid taimede arengut. 2007 aasta aprilli lõpp ja mai algus olid jahedad (öökülma –4°C). Heintaimede kasv hoogustus 14. maist (to üle 10°C). Mai lõpp oli erakordselt soe (17–23°C), efektiivseid temperatuure kogunes maikuu lõpuks 210°. 2008. aasta mai I ja III dekaadis kogunes efektiivseid temperatuure 5,5–6,0 kraadi päevas, II dekaad oli jahe (dekaadi ef. temperatuuride summa 24°C). Mai lõpuks oli kogunenud efektiivseid temperatuure Sakus 165°C. Liblikõieliste esimese niite optimaalseks ajaks vajalik kasvusoojus kogunes maikuu ja juunikuu esimesel poolel. 2006. ja 2008. aasta suhteliselt jahe ja põuane maikuu aeglustas taimede arengut. 2007. aastal oli heintaimede areng kiire.

Katsetest koguti andmed saagi suuruse, taimiku struktuuri ja morfoloogiliste muutuste kohta. Lisaks üldproovile võeti samadest taimikutest proovid, mis koheselt separeeriti lehtedeks, varteks ja õisikuteks ning seejärel kuivatati absoluutkuivaks. Rohuproovide keemilise koostise määramisel kasutati Van Soesti süsteemi (KA, TP, ADF, NDF, ADL, Ca, P, K, Mg) ning arvutati seeduvus (DDM) ja energiasaldus (ME). Saagiandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil, seoste tugevuse ja usutavuse hindamiseks kasutati regressioonanalüüsi.

Tulemused ja arutelu

Heintaimede kasvu ja toiteväärtust mõjutasid kõige enam ilmastikutingimused. Uuritud faktoritest osutus I niite kujunemisel oluliseks vegetatsiooni algusest kogunenud efektiivsete temperatuuride ($>5^{\circ}\text{C}$) summa, see oli positiivses korrelatsioonis liblikõieliste KA saagiga ($r=0,71$, $P<0,001$) ja negatiivses korrelatsioonis KA seeduvusega ($r=-0,76$, $P<0,001$). Efektiivsete temperatuuride summa suurenemisel 10 kraadi võrra vähenes kuivaine seeduvus esimeses niites varasel punasel ristikul 0,34%, lutsernil 0,45%. Optimaalne niiteaeg saabus lutsernil nädala võrra varem kui punasel ristikul.

Ristiku haljasmassi saak oli lutserni haljasmassi saagist suurem ainult varsumise lõpul (27,9 ja 23,8 t ha⁻¹ vastavalt ristik ja lutsern), kuid ristiku KA saak jäi lutsernist usutavalt väiksemaks ainult õitsemise faasis (tabel 1). Varase punase ristiku puuduseks oli madal kuivaine sisaldus, (ristikul 13, 16 ja 17%, lutsernil 16, 18 ja 23% vastavalt varsumine, nappumine, õitsemine).

Tabel 1. Lehtede, varte ja kogu taimiku KA saak t ha⁻¹

Liik	Arengefaas	Ef t ^o summa	Morfoloogilised rühmad			Kokku
			lehed	varred	õisikud	
Lutsern	varsumine	176	1,88	1,93		3,81
	nappumine	242	2,30	2,53		4,83
	õitsemine	398	2,35	3,17	1,08	6,60
Ristik	varsumine	221	2,06	1,48		3,54
	nappumine	309	2,50	2,20		4,70
	õitsemine	419	2,11	2,37	0,89	5,37
PD _{0,05}			0,16	0,17	-	0,32

Taime arenguga kaasnes varte biomassi osatähtsuse pidev suurenemine. Varane punane ristik oli võrreldes lutserniga kõikides arengufaasides leherikkam (9%, 5% ja 4% lehti rohkem vastavalt varsumise, nappumise, õitsemise faasis). Katseandmetel oli positiivne seos niite kuivaine saagi ja NDF sisalduse vahel ($r=0,60$, $r=0,64$, $P<0,01$ vastavalt lutsern, punane ristik). Kui lutserni seeduva kuivaine saak õitsemise keskel enam oluliselt ei suurenenud siis ristikul jätkus seeduva saagiosa kasv. Optimaalse niiteaja määramisel tuleb olla lutserni kasvatamisel täpsem, sest lutsernil oli biomassi akumulatsioon vartesse kiirem ning taimiku sulgumisega kaasnes varasem lehtede varisemine.

Lutserni ja ristiku morfoloogia iseärasused ja erinev keemiline koostis mõjutas taimiku toiteväärtust (tabel 2). Lutsern oli ristikust kõikides arengufaasides proteiinirikkam, kuid suurema ADF-sisaldusega. Varsumisest õitsemiseni oli lutserni ADF sisaldus 26–30 g kg⁻¹ võrra suurem ristiku ADF-st.

Raku kiudainete intensiivne kasv algas lutsernil varsumise lõpust alates (efekt. temperatuuride summa 152–257°) kui ADF tõus päevas oli sõltuvalt perioodi temperatuurist 0,51%–0,61%.

Tabel 2. Lutserni ja punase ristiku toiteväärtus (g kg⁻¹ KA)

Arengufaas	Lutsern				Punane ristik			
	TP	ADF	DDM	ME MJ	TP	ADF	DDM	ME MJ
Varsumine	230	263	684	10,5	212	237	705	10,9
Nuppumine	201	293	661	10,1	183	267	674	10,6
Õitsemine	163	327	635	9,5	145	297	650	10,0

Ristiku areng oli lutsernist aeglasem, kiudainete samaväärne suurenemine (0,49%–0,57% päevas) toimus nuppumise faasist alates (efekt. temperatuuride summa 289–323°C). Kui õitsemise faasis oli ristiku DDM 650 g kg⁻¹ KA siis lutserni seeduvus langes hea rohusööda kriteeriumist (Tamm, 2005) allapoole.

Heintaimede fenoloogilise arengu alguses olid taime lehtede ja varte kuivaine seeduvuse ning ainevahetusenergia erinevused marginaalsed, varsumise lõpus lehtede ja varte keemilise koostise erinevus suurenes (tabel 3).

Tabel 3. Lehtede ja varte kuivaine toiteväärtus

Liik	Arengufaas	Taimeosa	g kg ⁻¹ KA			ME MJ kg ⁻¹
			TP	ADF	DDM	
Lutsern	varsumine	lehed	312	179	749	12,4
		varred	161	390	585	8,6
	nuppumine	lehed	293	196	736	12,4
		varred	128	451	537	7,4
õitsemine	lehed	232	197	734	12,2	
	varred	86	535	472	6,9	
Ristik	varsumine	lehed	240	217	720	11,6
		varred	145	320	640	10,0
	nuppumine	lehed	220	233	708	11,5
		varred	90	389	585	9,2
õitsemine	lehed	208	224	715	11,1	
	varred	71	418	561	8,3	

Taimede kasvu ja arenguga langes proteiinisaldus liblikõieliste vartest varsumisest õitsemiseni (161-lt kuni 86-ni g kg⁻¹ ja 145-lt kuni 71-ni g kg⁻¹ vastavalt lutserni ja ristiku), lehtede TP jäi siiski kõrgeks. Kuigi lehtede ADF muutus taime arengu kestel vähe, oli ristiku lehtede ADF baasnäitaja lutserni omast kõrgem, lutserni lehed olid seega ristiku lehtedest seeduvamad. Lutserni varte ADF oli kõigis arengufaasides ristiku ADF-st suurem, sellest tulenevalt oli lutserni varte seeduvus ristiku vartest väiksem. Varred sisaldasid rohkem lignifereerunud struktuurset kudesid ja vähem metaboolselt aktiivseid kudesid kui lehed, sellest tulenevalt oli varte seeduvus lehtede seeduvusest väiksem. Seeduvate toitainete sisalduse järgi arvatud metaboliseeruva energia sisaldus oli kõigis arengufaasides ristikul suurem kui lutsernil, selle põhjuseks ristiku seeduvam vars ja ristiku

lehtede suurem kontsentratsioon saagi struktuuris.

Süsvesikute seeduvust võib limiteerida nende koostis ja struktuur, ristsidemed ligniiniga ja ligniinist tulenev seeduvust takistav füüsiline barjäär (Jung, 1989). Liblikõieliste lignifeerunud sekundaarse rakuseina ksüleem ja juhtkimpude rakud on seedumatud (Wilson, Mertens, 1995).

Suurimad muutused rakuseina koostises toimuvad lutsernil siis kui varre sõlmedevaheline pikkuse kasv läheb sekundaarse rakuseina paksenemisega üle radiaalsele kasvule (Jung, Engels, 2002).

Koos taime küpsusega kasvas lutserni ja ristiku hemitselluloosi- ja tselluloosi- ning ligniinisaldus (tabel 4).

Tabel 4. Lutserni ja punase ristiku kiudaine koostisosade sisaldus, g kg⁻¹ KA

Arengefuaas	Lutsern			Punane ristik		
	ADL	hemitselluloos	tselluloos	ADL	hemitselluloos	tselluloos
Varsumine	56,7	80	206	31,8	100	205
Nuppumine	64,8	114	228	42,9	107	224
Õitsemine	77,8	123	249	62,0	115	235

Lutserni ADL oli võrreldes ristiku ADL-iga kõigis arengufaasides suurem. Jung ja Engels (2002) märkisid, et kõige enam lutserni varte tselluloosist ja hemitselluloosist asub lignifeerunud ksüleemi kudedes kus nende potentsiaalset lõhusuvust piirab ligniin.

Lutserni lehtede KA ligniinisaldus varsumisest õitsemiseni oli 26,6–48,4, lutserni vartel 41,4–101,4 g kg⁻¹. Ristiku lehtede ADL oli samal perioodil 30,9–38,8 ja vartel 51,7–65,9 g kg⁻¹ KA. Lutserni ja ristiku lehtede tselluloosi- ja hemitselluloosisaldus suurenes varsumisest õitsemiseni mõõdukalt (25–27 ja 18–24 g kg⁻¹ vastavalt tselluloos ja hemitselluloos), samal perioodil varte tselluloosisalduse tõus oli suur (122 ja 217 g kg⁻¹ vastavalt ristik ja lutsern). Sullivan (1966) oma töödega näitab, et hemitselluloosi ja tselluloosi seeduvuse koefitsient on negatiivses seoses ligniini kvantiteediga.

Lutsern ja punane ristik on mineraalaineterikkad, mille sisaldus vähenes taime arenguga (tabel 5). Lutserni ja ristiku lehed sisaldasid Ca, P, ja Mg rohkem kui varred.

Tabel 5. Mineraalainete sisaldus arengufaaside lõikes (g kg⁻¹ KA)

Liik	Arengefuaas	Ca	P	K	Mg
Lutsern	varsumine	16,6	3,8	35,0	2,6
	nuppumine	14,9	3,5	26,5	2,1
	õitsemine	13,8	3,2	23,5	2,0
Ristik	varsumine	15,0	3,1	34,2	3,4
	nuppumine	13,2	3,0	28,8	3,1
	õitsemine	12,8	2,5	24,2	2,8

Lehed olid kaltsiumirikkad, võrreldes vartega oli Ca sisaldus lehtedes üle kahe korra kõrgem. Oluline on kaltsiumi ja fosfori suhe, sest Ca liia puhul halveneb P omastavus. Oll (1994) märgib, et tõsisemaid ainevahetushäireid ei ilmne Ca:P suhtega 4–5:1 kui P tarve on kaetud.

K sisaldus oli vartes kõrgem kui lehtedes. Lutserni ja ristiku K sisaldus oli tunduvalt kõrgem kui loomad seda vajavad, mida noorem rohi seda kaaliumirikkam. Suur lahustuva K kontsentratsioon vähendab taimede Ca ja Mg omastavust.

P sisaldus oli katseandmetel suurem varasel niitmisel. Lutserni ja ristiku fosforivaegus võib esineda piimakarja söötmisel vanema rohusöödaga, P puuduse suhtes on tundlikud suuretoodangulised piimalehmad.

Punane ristik oli lutsernist magneesiumirikkam. Noores rohus suur mittevalgulise N-ühendite sisaldus ja madal toorkiuisisaldus halvendavad Mg omastavust, mis soodustab karjamaatetaaniasse haigestumist.

Järeldused

Lutserni kuivaine saak ületas punase ristiku saaki usutavalt ainult õitsemise faasis. Ekvivalentsetes arengufaasides on ristiku ADF ja NDF sisaldus väiksem ja seeduvus suurem kui lutsernil. Lutsernil on kõrgem TP sisaldus, kuid ristiku proteiin on suurema bioloogilise väärtusega. Lehtede kontsentratsioon langeb ja varte mass kasvab koos fenoloogilise arenguga, kusjuures ristiku biomass jääb leherikkamaks kõigis arengufaasides. Ristiku ja lutserni kuivaine ainevahetustlik energiasisaldus on kuni nappumiseni hea toiteväärtusega rohusööda tasemel (10,1 ja 10,6 ME MJ kg⁻¹ vastavalt lutsern ja ristik), sealt edasi langeb lutserni ME õitsemise faasis 9,5-ni, ristik 10,0-ni MJ kg⁻¹.

Kasutatud kirjandus

- Buxton, D. R., Russell, J. R. 1988. Lignin Constituents and Cell-Wall Digestibility of Grass and Legume Stems. - *Crop Science* 28:553-558.
- Jung, H. G. 1989. Forage lignins and their effects on fiber digestibility - *Agron. J.* 81:39-46.
- Jung, H. G., Allen, M. S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. - *J. Animal Sci.* 73:2774-2790.
- Jung, H. G., Engels, F. M. 2002. Alfalfa Cell Wall Deposition Composition, and Degradability. - *Crop Science* 42:524-534.
- Oll, Ü. 1994. Söötmisõpetus, Tartu, 302 lk.
- Wilson J.R., Mertens D. R. 1995. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage, *Crop Science*, 35:251-259.
- Sullivan, J. T. 1966. Studies of the Hemicelluloses of Forage Plants – *J. Animal Sci.* 25:83-86.
- Tamm, U. 2005. Rohusööda toiteväärtus, Saku, 88 lk.

KÕRRELISTE HEINTAIMEDE PUHAS- JA SEGUKÜLVIDE SAAGIKUS TURVASMULLAL

Rene Aavola, Jüri Karelson
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Aavola, R. 2009. Productivity of pure and mixed stands of grasses on peat soil. *Agronomy* 2009.

A field trial was seeded to drained peat soil to compare the yield potential and sward persistence of 19 varieties of 7 grass species with these characters in cutting mixtures, composed of local varieties. The study revealed that in the course of three years, the highest dry matter (DM) and crude protein (CP) yields in total (32,37–32,87 and 5,14–5,35 t/ha, respectively) were harvested from mixtures of smooth brome grass and timothy as dominant species. Pure stand of brome grass cv. 'Lehis' performed similarly (32,57 and 5,04 t/ha). The mixtures rich in reed canarygrass and timothy produced 27,11–27,71 t/ha DM and 4,64–4,69 t/ha CP. Somewhat lower CP yields were peculiar to mixtures where meadow foxtail predominated and to pure stands of Estonian timothy and meadow foxtail varieties. Only brome grass survived a harsh winter with negligible winterkill, while the frost on bare ground devastated the stands seeded with Festulolium, tall and meadow fescue. Timothy as a companion species at a rate of ≥ 6 kg/ha enables to attain yield gain in the first cuts and harvest year. Meadow foxtail at ≥ 8 kg/ha increases the regrowth.

Table 1. The composition of grass mixtures seeded to drained peat soil

Table 2. Dry matter and crude protein yields (t/ha) of pure grass swards and mixtures sown to drained peat soil

Keywords: peatland, grasses, forage, botanical composition

Rene Aavola, Jõgeva Plant Breeding Institute, Aamisepa 1, Jõgeva, 48309, Estonia

Sissejuhatus

Rohusöötade tootmiseks eraldatakse maafondist tavaliselt piiratud kasutussobivusega mullad. Kuna Eestis kasutatakse rohumaade külvil valdavalt imporditud heinaseemet, siis vajavad rohumaade viljelejad teavet ka soomuldadel ekstreemse mikrokliimaga keskkonnas kasvatatavate välismaa sortide agroomiliste omaduste kohta. Leevendamaks vastava info puudujääki rajati Jõgevamaale Kärdesse madalsoo turvasmullale põldkatse. Lisaks eespool mainitule jälgiti selles 2005–2007. a. ka Jõgeval aretatud kõrreliste heintaimede sortidest koostatud mitmeliigiliste niidusegude saagivõime dünaamikat sõltuvalt komponentide agrobioloogilistest iseärasustest.

Materjal ja meetodika

Kõrreliste heintaimede 7 liigi, 19 sordi ja nende segudega rajati 21.07.2004. a.

võrdluskatse. Katsekülvikuga Hege 80 külvati 5,88 m² suurused arvestuslapid neljas korduses. Põldkatse asus Jõgevamaal Veldingsoos, vähe kuni keskmiselt lagundunud õhukesel turvasmullal, mille agrookeemilised näitajad enne katse rajamist olid järgmised: pH_{KCl} 6,2, orgaanilist ainet 69,8%, N 2,71%, P 0,011%, K 0,028%, Ca 1,17% ja Mg 0,046%.

Liikide puhaskülvides kasutati soovituslikke külvisenorme: põldtimut 10, aas-rebasesaba 14, päideroog 15, aru-raihein, roog- ja harilik aruhein 33 ning ohtetu luste 38 kg 100%-lise külviseväärtusega seemet hektarile. Erinevate juhtliikidega seemnesegude koostised on esitatud tabelis 1, tabelis 2 on loetletud puhtana külvatud 7 liigi sordid ja riigid, kus need aretati.

Katseaastail rakendati kolmeniitelist režiimi niitekõrgusega 7 cm. Esimest korda niideti põldtimuti loomisfaasis (15–20.06), teist korda 41–47 päeva hiljem ja kolmandat korda taimekasvuperioodi lõpul (61–74 päeva möödudes). Rajamise eelse mullaharimise alla anti 2004. a. N60 ammooniumnitraadina ja P 16, K 83 väetisena Skalsa 0–9–25, lisaks vesilahusena CuSO₄ 30 kg/ha. 2005. ja 2006. a. kevadel vegetatsiooni algul anti samade väetistega toiteelemente järgmiselt: N 80, P 35 ja K 119 kg/ha. Teise ja kolmanda saagi kasvatamiseks anti suvel ammooniumnitraadina vastavalt N 50 ja 40 kg/ha. Pealtväetisena külvatult lahustus Skalsa puudulikult, seepärast asendati 2007. a. eelmainitud väetised paremini lahustuva kompleksväetisega Kemira Power 18. Kevadine väetusnorm oli N 80, P 18, K 33, juunis N 50, P 11, K 21 ja augustis N 40, P 9, K 17 kg/ha.

Andmete dispersioonanalüüs tehti statistika programmiga Agrobases 20.

Tabel 1. Madalsoo turvasmullal katsetatud niidu seemnesegude koostis

Segu nr.	Sortide külvisenormid (kg/ha) seemnesegus
1	Päideroog Pedja (12), põldtimut Tia (6), aas-rebasesaba Haljas (3)
2	Pedja (12), Haljas (3), aasnurmikas Esto (3)
3	Pedja (12), Tia (3), Esto (3)
4	Tia (8), Pedja (10), harilik aruhein Arni (6)
5	Tia (7), ohtetu luste Lehis (15), Arni (6)
6	Lehis (30), Tia (3), Esto (3)
7	Lehis (30), Tia (6)
8	Haljas (10), Tia (3), Esto (3)
9	Haljas (8), kerahein Jõgeva 220 (8), Arni (6)

Tulemused ja arutelu

Esimesel saagiaastal (2005) soodustasid suurte kuivaine (8,40–16,77 t/ha) ja toorproteiini saakide (1,55–2,48 t/ha) saamist tavalisest tunduvalt sajusem mai teine pool ja august, hoogne rohukasv juunis, septembris ja oktoobri algul. Vaid juuli põud pidurdas kasvu. Sügis oli soe, kuival ja päikeselisel septembril jätkus intensiivne vegetatsioon kolmanda niite koristamiseni.

Ilmnesid heintaimede liikide erinevast ädalakasvuvõimest tulenevad iseärasused aasta kogusaagi moodustamisel. Harilikel aruheintel oli kolmas kuiv-

ainesmaak suurem kui teine, roog-aruheinal ja aruraiheintel ületas suuruselt koguni mõlemaid varasemaid. Aruraiheina sordid moodustasid kolmandas niites kogu katse suurimad kuivainesaadid (5,25 ja 5,54 t/ha). Nimetatud kolm liiki jätkasid hoogsat kasvu vegetatsiooniperioodi lõpuni. Seevastu päideroo, põldtimuti ja ohtetu luste oktoobrikuus koristatud saagi langus võrreldes suvise ädalaga viitab nende puhkefaasi varajasemale saabumisele, seega liikide kohastumisele Eesti taimekasvuperioodi pikkusega. Roog-aruhein 'Seine' moodustas turvasmullal hõreda rohukamara ja ka kuivainesmaak jäi madalaimaks (tabel 2). Eesti põhjamaises kliimas aretatud hariliku aruheina sorte iseloomustas piiratum ädalakasv võrreldes Lääne-Euroopa sortidega. Juunis koristamisel osutus 'Arni' kuivainesmaak võrdlussortidest usutavalt suuremaks. Kiireimast ädalakasvust tulenevalt saadi aga suurim kuivaine kogusaak sordilt 'Darimo', mis ületas sorte 'Arni' ja 'Jõgeva 47', neist viimast ka usutavalt. Hariliku aruheina sortide 'Arni' ja 'Darimo' ning aruraiheina 'Felina' võrdsed toorproteiini hektarisaadid olid vastavate liikide võrdlussortidest suuremad. Päideroog 'Pedja' ületas saagilt sorti 'Palaton' igal koristusajal, kuid 8% võrra suurem kuivaine kogusaak jääb statistilise vea piiresse. Põldtimut 'Grindstad' ületas Eesti sortide kuivaine kogusaake, 'Jõgeva 54' puhul ka usutavalt, kuid toorproteiini saadi Jõgeva sortide kasvatamisel esimesel saagiaastal 0,1–0,3 t/ha enam. 'Tia' ja 'Tika' andsid 2006. a. mitmeliigilistele niidutaimikutele lähedase taimse valgu toodangu.

Seemnesegude võrdluses moodustasid ohtetu luste ja põldtimuti valdavusega seemnesegud nr. 5, 6 ja 7 esimeseks koristusajaks suurima kuivainesaadigi. Kuivaine kogusaak oli neil usutavalt suurem kui segutaimikuil nr. 2, 4, 8 ja 9. Kuigi segudes nr. 5 ja 6 oli sortide 'Lehis' ja 'Tia' osakaal külvises erinev, osutus nende taimikute kuivaine puhassaak vegetatsiooniperioodi lõikes peaaegu võrdseks. Päideroo valdavusega rohukamaraist osutus produktiivseimaks segu nr. 3, mille saak kahes esimeses niites oli suur (6,65 ja 4,71 t/ha), sügisene ädalakasvuvõime aga sarnaselt ülejäänud päideroo-rohketele segudele tagasihoidlik (3,30 t/ha). Ohtetu luste 'Lehis' oli ainus sort puhaskülvis, mis 2005. a. osutus kuivaine arvestuses saagikamaks kõigist segukülvidest. Esimesel saagiaastal saadi suurimaid toorproteiini saake päideroo- ja timutirohkeilt segudelt, kodumaiste põldtimuti, ohtetu luste ja päideroo sortide puhaskülvidelt.

Talve 2005/06 teine pool oli külm. Jaanuari tugev pakane peaaegu palja maaga põhjustas ulatuslikke külmakahjustusi. Talve lõpp venis ja aeglane lume sulamine kevadtalvel soodustas lumiseene levikut. Rasketes talvitumisoludes hukkusid hariliku- ja roog-aruheina ning aruraiheina sortidega külvatud taimikud, päideroog hõrenes tunduvalt. Aas-rebasesaba ja põldtimut talvitusid küll edukalt, aga neil esines kevadkasvumahajäämus võrreldes ohtetu lustega. Luste talvitus kuivendatud madalloomullal kõige paremini. Segutaimikutest nr. 4, 5 ja 9 langesid välja turvasmulladel ebakindla talvitumisega liigid harilik aruhein ja kerahein. 2006. a. loobuti aruheinte ja aruraiheina saagi määramisest.

Tabel 2. Kõrreliste heintaimede puhaskülvide ja segude saagid (t/ha) kuivendatud õhukesel madal soo turvasmullal kolmel saagiaastal

Liik ja sort	Kuivaine puhassaak, t/ha				Toorproteiini saak, t/ha			
	2005	2006	2007	kokku	2005	2006	2007	kokku
Aas-rebasesaba								
Haljas (EE)	12,12	6,29	6,88	25,28	1,79	1,09	1,18	4,07
Roog-aruhein								
Seine (NL)	8,40	*	2,75	11,15	1,55	*	0,43	1,98
Ohtetu luste								
Lehis (EE)	16,77	7,78	8,03	32,57	2,30	1,44	1,31	5,04
Päideroog								
Pedja (EE)	11,91	1,71	4,24	17,85	2,28	0,36	0,71	3,34
Palaton (US)	11,00	1,69	3,92	16,62	2,05	0,34	0,65	3,04
PD _{0,05}	1,41	0,61	0,55	2,37	0,28	0,12	0,11	0,46
Harilik aruhein								
Jõgeva 47 (EE)	11,47	*	3,52	14,99	1,94	*	0,60	2,54
Arni (EE)	13,02	*	5,05	18,07	2,25	*	0,74	2,99
Darimo (NL)	13,85	*	4,71	18,56	2,25	*	0,72	2,97
Laura (DK)	11,49	*	3,10	14,59	1,97	*	0,51	2,48
Lifara (D)	12,54	*	4,30	16,84	2,02	*	0,71	2,73
PD _{0,05}	1,52	*	0,67	*	0,29	*	0,10	*
Aruraihein								
Felina (CZ)	13,73	*	*	*	2,26	*	*	*
Hykor (D)	11,75	*	*	*	1,91	*	*	*
PD _{0,05}	0,46	*	*	*	0,12	*	*	*
Põldtimut								
Jõgeva 54 (EE)	13,95	5,18	6,67	25,80	2,21	0,91	0,95	4,06
Tia (EE)	15,86	5,00	6,55	27,39	2,40	0,85	0,91	4,17
Tika (EE)	15,03	5,21	6,35	26,57	2,36	0,89	1,01	4,25
Comer (B)	14,70	4,62	4,90	24,21	1,74	0,76	0,71	3,19
Goliath (NL)	13,15	3,73	4,45	21,32	1,85	0,63	0,70	3,17
Grindstad (N)	16,40	4,57	5,40	26,38	2,11	0,78	0,76	3,65
Tundra (DK)	14,66	2,45	6,51	23,62	1,62	0,43	0,97	2,99
PD _{0,05}	2,38	1,22	1,07	4,35	0,37	0,21	0,16	0,69
Niidusegud								
1	14,29	5,36	7,46	27,11	2,47	1,00	1,21	4,68
2	13,17	4,46	7,08	24,71	2,18	0,89	1,22	4,29
3	14,66	5,41	7,64	27,71	2,48	0,95	1,21	4,64
4	12,89	6,04	7,82	26,75	2,32	1,09	1,28	4,69
5	15,37	7,19	9,81	32,37	2,38	1,32	1,65	5,35
6	15,42	8,28	8,91	32,61	2,17	1,39	1,58	5,14
7	15,15	7,99	9,73	32,87	2,26	1,33	1,59	5,18
8	12,88	6,00	6,98	25,86	2,04	1,12	1,22	4,38
9	10,46	6,95	8,44	25,85	1,71	1,21	1,51	4,43
PD _{0,05}	1,43	0,78	1,18	2,88	0,25	0,14	0,20	0,50

* määrata

Kui esimesel saagiaastal saadi aas-rebasesabalt 2,7 t/ha väiksem kuivaine-saak kui põldtimuti 7 sordilt keskmisena, siis teisel saagiaastal (2006) ületas sort 'Haljas' nende keskmist 1,9 t/ha. Päideroo sordid sarnanesid saagitasemelt nii kolmel niiteajal kui 2006. a. tervikuna. Põldtimuti Eestis aretatud sortide üsna võrdsed kuivaine- ja toorproteiinisaagid olid sademetevaesel aastal välismaa sortide saakidest suuremad. Ohtetu luste rohkena külvatud segukülvidelt nr. 6 ja 7 saadi esimesel koristusajal juunis suurimad saagid (vastavalt 4,84 ja 4,44 t/ha kuivainet). Teises niites nagu ka 2006. a. kuivaine ja toorproteiini kogusaagi osas puudusid usutavad erinevused kahe produktiivseima segu nr. 6 ja 7 vahel. Taimse valgu kogusaagilt (1,39 t/ha) ületas segu nr. 6 usutavalt kõiki teisi niidusegusid, millest puudus ohtetu luste. Puhaskülvis külvatult ületas 'Lehis' toorproteiini saagilt (1,44 t/ha) seda sorti sisaldavate mitmeliigiliste taimikute saagitaset.

2006. a. jäi heintaimede saak hilise kevade ja tavapärasest soojema ning põuasema (01.04–30.09 sadas vaid 214 mm, pikaäagne keskmine 391 mm) taimekasvu perioodi tõttu madalaks. Mullas esines suurim veevajak juulis ja augusti algul. Sellepärast jäid ka augustis määratud katse keskmised kuivaine puhassaagid (1,03 t/ha) väiksemaks oktoobri algul koristatuist (1,46 t/ha). Ainult ohtetu luste puhas- ja selle valdavusega segukülvidelt ning timutilt 'Grindstad' saadi vaatamata tugevale põuale augusti algul suuremad kuivaine saagid kui mulla täienenud veevarude tingimustes kaks kuud hiljem. Puhaskülvides moodustas kuivaine kogusaak päiderool kõigest 1/7, põldtimutil 1/3, aas-rebasesabal, ohtetul lustel ja segukülvidel vaid pool esimese aasta taimiku saagist.

Talvitumisolud 2006/07. a. olid soodsad – talve esimene pool oli erakordselt soe ja meteoroloogiline talv kujunes vaid 1,5 kuu pikkuseks. Vegetatsiooniperiood algas keskmisest 12 päeva varem ja kujunes tavalisest soojemaks. Tavapärasest tunduvalt kõrgem oli õhutemperatuur mai teisel poolel ja augusti kahel esimesel dekaadil. Samad perioodid, lisaks juuni esimene pool, olid ka põuased, mis pidurdas taimekasvu.

Kolmandal aastal (2007) koristatud saagid olid suuremad võrreldes 2006. aastaga, ent jäid märgatavalt alla esimese saagiaasta tasemele. Niites enne 2007. a. jaanipäeva saadi suuremad kuivainesaagid segudega nr. 5, 7 ja 4 (vastavalt 5,62; 5,42 ja 5,31 t/ha). Toorproteiini esimeste saakide võrdluses osutus timutirohke seguga nr. 5 (0,83 t/ha) võrdväärseks aas-rebasesaba domineerimisega segu nr. 9 (0,80 t/ha). Kolmandaks saagiaastaks olid aruheinad osaliselt taastunud, mis võimaldas umbrohtude eraldamise järel määrata nende puhassaagid. Hariliku aruheina sortidelt 'Arni' ja 'Darimo' saadi nii 2007. a. kui kahe saagiaasta (2005 ja 2007) summana rohkem kuivainet kui 8 sentimeetri kõrgusest kolmekordsest niitmiseest nõrgestatud päideroolt kolme aastaga. Päiderool kujunes aga valgu 2005–2007. a. kogusaak suuremaks. Sortide 'Pedja' ja 'Palaton' vahel puudus usutav kuivaine ja toorproteiini saakide erinevus. Erinevalt esimesest saagiaastast ületas aas-rebasesaba 'Haljas' teisel-kolmandal põldtimuti sorte nii kuivaine kui

taimse valgu produktsioonilt. Timuti sortidest moodustas 2007. a. suurima kuivaine-saagi 'Jõgeva 54', katsetsükli kestel aga 'Tia'. Toorproteiini saagid olid mõlemal juhul suurimad sordil 'Tika', vastavalt 1,01 ja 4,25 t/ha. Timuti sordi 'Tundra' saagikus 2007. a. ei erinenud Eesti sortidest, ülejäänud kolme ületasid erineva kasutusotstarbega Eesti sordid usutavalt. Kolmandal aastal jäi ohtetu luste puhaskülvis nii kuivaine kui toorproteiini saagilt alla segukülvidele nr. 5, 6 ja 7, kus sortidele 'Lehis' ja 'Tia' oli lisatud veel harilikku aruheina või aasnurmikat, samuti kiirema ädalakasvuga liikidest koostatud segule nr. 9. Viimati nimetatud segu komponentide taastumist 2005/06 a. talve kahjustustest soodustasid 2007. a. sajune suve lõpp ja soe sügis. Ohtetut lustet sisaldavate niidusegude nr. 5, 6 ja 7 saagid olid ligikaudu võrdsed, ületades ülejäänud segutaimikuid nii kolmandal saagiaastal kui katseperioodil tervikuna. Kuivaine kogusaagid olid neil ülejäänud niidu segutaimikuist usutavalt suuremad, toorproteiinisaak aga segul nr. 5 neist rohukamaraist, millest puudus ohtetu luste. Kogusaagilt aastatel 2005–2007 järgnes 'Lehis' puhaskülvis, seejärel päideroo-põldtimuti rohked külvid nr. 1, 3 ja 4, milles timut suurendas saagikindlust. Aas-rebasesaba rohkete segudega nr. 8 ja 9 saadi segukülvide väikseimad toorproteiini kogusaagid.

Kokkuvõte

Päideroo võrdse saagivõimega sortidele ei sobinud kolme aasta vältel rakendatud intensiivne niiterežiim kolmekordse kärpimisega 7 cm kõrguselt.

Kõige paremini talvitus kuivendatud madalsoomullal ohtetu luste. Kõrgeimad kuivaine (32,37–32,87 t/ha) ja taimse valgu saagid (5,14–5,35 t/ha) koristati ohtetu luste-põldtimuti rohketelt niidusegudelt. Lähedase saagikusega oli ohtetu luste 'Lehis' puhaskülvis (32,57 ja 5,04 t/ha). Suuruselt järgmised toorproteiinisaagid saadi päideroo ja põldtimuti domineerimisega taimikute (4,64–4,69 t/ha) ning aas-rebasesaba valdavusega niidusegude kasvatamisel (4,38–4,43 t/ha).

Põldtimuti puhaskülvide toorproteiini kogusaagi poolest olid esikohal 'Tika' ja 'Tia' (vastavalt 4,25 ja 4,17 t/ha). Aas-rebasesaba 'Haljas' jäi neile pisut alla (4,07 t/ha). Piisaval määral segusse võetuna suurendasid põldtimut (≥ 6 kg/ha) ja aas-rebasesaba (≥ 8 kg/ha) taimiku esimese niite saaki.

Segukülve iseloomustas üldiselt puhaskülvidest ühtlasem ja rikkalikum ädalakasv. Alates teisest saagiaastast saadi suurimad kuivaine ja toorproteiini saagid nende niidusegude ädalatest, mis sisaldasid ohtetut lustet või kiire järelkasvuga liike – aas-rebasesaba, keraheina ja harilikku aruheina.

Välismaa sordid ei omanud saagikuse osas eelist Eestis aretatud sortide ees.

KÕRRELISTE HEINTAIMEDE PUHAS- JA SEGUKÜLVIDE BOTAANILISE KOOSTISE DÜNAAMIKA TURVASMULLAL

Rene Aavola, Jüri Karelson
Jõgeva Sordiaaretuse Instituut

Abstract. Aavola, R. 2009. The dynamics of botanical composition of pure and mixed grass stands on peat soil. –Agronomy 2009.

A field trial revealed that among pure sowings, Estonian varieties of *Alopecurus pratensis* 'Haljas', *Phleum pratense* 'Tia' and 'Tika', *Bromus inermis* 'Lehis' maintained by third crop year their botanical composition most identical to the sown species. 'Lehis' turned out to be most winter and drought resistant also in mixed swards. *B. inermis* if sown at a rate of 15 or 30 kg/ha largely outcompeted the herbaceous weeds since the second harvest year and becomes dominant within the mixed swards. *P. pratense* 'Tia' persists for three years, but gradually withdraws when competing with *B. inermis*, also with *A. pratensis*. *Phalaris arundinacea* did not withstand three harvests per year at a cutting height of 7 cm and steadily declined within the swards.

Table 1. The content of herbaceous weeds and non-seeded grasses (%) in pure grass stands

Table 2. The botanical composition (%) of grass swards on drained peat soil

Keywords: botanical composition, sward dynamics, forage grasses, peatland

Rene Aavola, Jõgeva Plant Breeding Institute, Aamisepa 1, Jõgeva, 48309, Estonia

Sissejuhatus

Jõgevamaale Kärdesse õhukesele madalsoo turvasmullale rajati põldkatse eesmärgiga võrrelda kohalike ja imporditavate heintaimede sortide agronoomilisi omadusi ekstreemse mikrokliimaga taimekasvu keskkonnas. Katse rajamise vajadus tulenes rohumaaviljelejate poolt tõstatatud küsimustest teistsugustes kliimaatilistes oludes aretatud sortide püsivuse ja saagikindluse kohta Eesti soomuldadel. Käesolev artikkel on järjeks kogumikus Agronomia 2009 käsitletud söödakultuuride saagikust käsitlevale uurimusele. Vaatleme söödaks kasutatavate heintaimeliikide puhaskülvide ja neist koostatud mitmeliigiliste niidusegude botaanilise koostise muutusi kolmel saagiaastal.

Materjal ja meetoodika

Kõrreliste heintaimede 7 liigi, 19 sordi ja nende segudega 2004. a. külvatud võrdluskatse tingimusi on kirjeldatud kogumikus Agronomia 2009 (vt. lk.163) artiklis "Kõrreliste heintaimede puhas- ja segukülvide saagikus turvasmullal". Käesolevas uurimistöös määrati taimikute botaaniline koostis kaalanalüüsi meetodil nelja korduse rohukamaraist koostatud 1 kg raskusest keskmisest proovist. Rohundid ja mittekülvatud kõrrelised eraldati kultuurkõrrelistest ning sorteeriti analüüsil ühisesse gruppi.

Tulemused ja arutelu

2005. a. juuni keskpaigaks oli kõige tugevamakasvulise ja liigipuhtama (96,8%) taimiku moodustanud ohtetu luste 'Lehis'. Kiire külvi järgse algarenguga põldtimut sisaldas 4,9–14,4% rohundeid (tabel 1). Augustis niidetud ädal kasvas põuase juuni lõpu ja juuli kahaneva mulla veevaru tingimustes. Sel perioodil surusid rohundeid alla eelkõige liigiomase kiire kasvuga roog-aruhein ja aruraiheinad. Need liigid pärast kärpimist puhkeperioodi ei vaja (Tamm, 2007). Turvasmullal esialgu hõreda rohukamara moodustanud roog-aruhein 'Seine' suutis sügisel umbrohtudega edukamalt konkureerida. Vihmane august ja soe sügis intensiivistasid lisaks eelmainitud liikidele ka hariliku aruheina ädalakasvu – selle osakaal saagis suurenes 2005. a. viimase niitmise ajaks veel keskmiselt 5,2%. Päideroog seevastu taandus sügisel rohundite ees võrreldes suvega. 'Darimo' osutus esimesel saagiaastal kiireima mullapinna katvusega, seega konkurentsivõimelisimaks hariliku aruheina sordiks. Võrreldes augustis koristatud saagiga ei muutunud puhkefaasi varajasema saabumisega põldtimuti ja päideroo osakaal taimekasvu perioodi lõpul eriti. Esimese saagiaasta keskmisena saadi soovitud kõige erinevam taimik 'Seine' ja aruraiheina 'Hykor' puhul. Põldtimuti külvid sisaldasid rohundeid 6,3–10,0%, ohtetu luste 'Lehis' vaid 6,7%.

2006. a. jaanuari tugev pakane (-30,7°C) põhjustas õhukese lumikatte all eriti päiderool ulatuslikke külmakahjustusi. Oluliselt kahjustumata talvitusid aas-rebasesaba, ohtetu luste ja enamus timutisortidest. Hilinenud kevade saabumine ja lume sulamine soodustasid lumiseene levikut. Rohundite (mets-harakputk, roomav tulikas, kõrvenõges, võilill, külmamailane, valge iminõges, kaarkollakas, raudrohi) osatähtsus 2006. a. oli suurim talvel enim hõrenenud taimikuis. Tähelepanuväärne on, et talvekindla liigina tuntud põldtimuti (Isolahti, Nissinen, 2004) sort 'Tundra' kahjustus talve jooksul samal määral kui liigile ebasobivalt madalast (7 cm) niitmise kurnatud päideroog. Erakordse sademete nappuse ja korduva enam kui 30°C päevase õhutemperatuuri tingimustes kasvanud ning 2006. a. augustis niidetud taimikute koostis iseloomustab heintaimeliikide põuataluvust või niiskuselembust. Eriti suured muutused külvatud taimeliikide ja rohundite vahelkorras toimusid 1,5 kuu kestel pärast esimest niidet põldtimuti ja aas-rebasesaba 'Haljas' rohukamarais. Teise saagiaasta keskmisena puhaskülvides määratud suurim hukkunud taimede hulk päideroo sortidel mõjutas ka puhassaake (vt. lk.165-166). Põuale vastupidav ohtetu luste 'Lehis' domineeris teise saagiaasta edenedes järjest enam.

Soojal ja sajusel oktoobril paranenud kasvutingimustes, alles 28.10.2006. a. lõppenud, s.t. tavapärasest 32 päeva pikema aktiivse taimekasvuperioodi jooksul suutsid aruraiheinad ja roog-aruhein osalt taastuda. Seepärast koguti 2007. a. taas nende proove. Siiski moodustasid 'Seine', 'Jõgeva 47' ja 'Laura' kolmanda saagiaasta keskmisena vaid 52–55% rohusaagist. Rohundite osatähtsus kujunes neil liikidel suureks ka põhjusel, et lisaks talvekahjustustele olid taimed eelnenud

2006. a. suvel pidevas stressiseisundis veepuudusest. Kolmandaks saagiaastaks 2007 umbrohtusid hõrenemise tagajärjel ka rohukamarad Lääne-Euroopas aretatud timuti sortidega 'Goliath' ja 'Comer'.

Päideroo ülekaaluga segudes nr. 1–3 suurenes dominantliigi osatähtsus 2005. a. oktoobriks 49–65%-ni, kusjuures aas-rebasesabaga koos külvatult oli läbilöövus suurem kui võistlusvõimelisema põldtimutiga (tabel 2). Niidusegudest nr. 2 ja 9 puudus kiire algarenguga põldtimut, mistõttu moodustasid rohundid 2005. a. kolme niite keskmisena vastavalt 17,3 ja 24,2% kuivainesaagist.

Tabel 1. Rohundite ja mittekülvatud kõrreliste sisaldus (%) kultuurkõrreliste puhaskülvides

Liik ja sort	2005				2006				2007			
	1		\bar{x}		20 VI		3 X		30		\bar{x}	
	15 VI	VIII	14 X		20 VI	2 VIII	3 X		19 VI	VII	10 X	
Aas-rebasesaba												
Haljas	14,6	9,4	9,0	11,0	6,5	25,8	7,9	13,4	10,6	3,9	7,0	7,2
Roog-aruhein												
Seine	57,0	34,1	14,6	35,2	*	*	*	*	63,1	46,9	34,3	48,1
Ohtetu luste												
Lehis	3,2	10,3	6,5	6,7	9,4	6,3	3,4	6,4	7,9	13,1	21,0	14,0
Lincoln	25,1	22,5	24,8	24,1	27,2	25,0	17,3	23,2	18,2	18,8	26,4	21,1
Päideroog												
Pedja	15,2	8,8	17,3	13,8	67,3	77,2	43,2	62,6	44,0	46,1	41,1	43,7
Palaton	18,4	10,5	31,0	20,0	70,4	83,8	34,3	62,8	53,6	49,9	32,9	45,5
Harilik aruhein												
Jõgeva 47	26,9	20,1	13,3	20,1	*	*	*	*	64,1	56,0	15,4	45,2
Arni	13,5	13,3	14,3	13,7	*	*	*	*	25,8	43,6	26,5	32,0
Darimo	11,4	11,8	5,8	9,7	*	*	*	*	29,8	35,1	28,8	31,2
Laura	33,6	23,3	11,9	22,9	*	*	*	*	53,8	51,1	31,7	45,5
Lifara	14,0	10,7	8,0	10,9	*	*	*	*	43,8	29,4	26,9	33,4
Aruraihein												
Felina	30,5	16,6	7,9	18,3	*	*	*	*	*	*	*	*
Hykor	56,4	20,0	8,0	28,1	*	*	*	*	*	*	*	*
Põldtimut												
Jõgeva 54	5,8	8,2	15,5	9,8	13,2	28,6	5,0	15,6	7,8	26,8	28,7	21,1
Tia	4,9	8,0	5,9	6,3	3,2	15,9	12,8	10,6	14,4	5,4	11,1	10,3
Tika	10,9	5,1	10,7	8,9	17,9	71,5	2,0	30,4	5,8	15,2	22,5	14,5
Comer	6,7	9,0	9,0	8,2	9,7	40,0	11,5	20,4	30,8	49,9	33,0	37,9
Goliath	9,9	9,6	10,6	10,0	28,6	48,0	10,6	29,0	27,0	54,3	39,2	40,2
Grindstad	11,9	9,2	6,5	9,2	2,8	18,2	41,7	20,9	15,2	22,0	29,0	22,1
Tundra	14,4	6,9	6,4	9,2	69,8	77,1	7,1	51,3	15,4	31,0	38,4	28,3

* määramata

Tabel 2. Kõrreliste heintaimede segukomponentide osakaal (%)

Segu nr. ja koostis	2005			2006				2007				
	15 VI	1 VIII	14 X	\bar{x}	20 VI	2 VIII	3 X	\bar{x}	19 VI	30 VII	10 X	\bar{x}
1												
Pedja	33,6	40,3	49,8	41,2	18,2	29,4	11,2	19,6	1,5	4,4	7,8	4,6
Tia	26,6	36,9	7,6	23,7	39,3	38,9	56,9	45,0	42,6	37,4	69,1	49,7
Haljas	29,6	11,6	38,4	26,5	26,6	3,2	18,2	16,0	51,5	50,0	20,5	40,7
Rohundid	10,2	11,2	4,2	8,5	15,9	28,5	13,7	19,4	4,4	8,2	2,6	5,1
2												
Pedja	25,8	25,3	65,0	38,7	31,0	42,9	37,1	37,0	53,9	5,3	17,1	25,4
Haljas	49,1	53,9	27,5	43,5	26,5	15,3	46,3	29,4	35,9	89,9	70,4	65,4
Esto	1,2	0,1	0,0	0,4	6,3	4,6	11,8	7,6	1,2	0,5	0,1	0,6
Rohundid	23,9	20,7	7,5	17,3	36,2	37,2	4,8	26,1	8,9	4,3	12,4	8,5
3												
Pedja	34,3	38,9	49,1	40,8	27,2	14,3	25,5	22,4	0,5	26,3	18,2	15,0
Tia	55,4	46,4	42,8	48,2	45,7	62,6	69,7	59,3	90,0	49,4	64,5	68,0
Esto	0,6	0,9	0,0	0,5	0,6	1,0	0,7	0,8	0,2	0,9	5,1	2,1
Rohundid	9,8	13,9	8,0	10,5	26,4	22,1	4,0	17,5	9,2	23,4	12,3	15,0
4												
Tia	40,4	52,9	52,5	48,6	59,2	70,0	68,3	65,8	73,0	50,4	56,2	59,9
Pedja	22,1	31,4	32,4	28,6	25,4	16,2	30,6	24,1	13,0	32,8	13,4	19,7
Arni	11,9	6,9	11,2	10,0	0,7	0,7	0,4	0,6	4,0	1,2	7,1	4,1
Rohundid	25,6	8,8	3,9	12,8	14,6	13,1	0,7	9,5	9,9	15,6	23,3	16,3
5												
Tia	44,7	51,3	43,0	46,3	26,4	11,7	43,8	27,3	27,7	1,3	7,3	12,1
Lehis	28,3	21,8	23,1	24,4	66,9	83,8	41,0	63,9	20,2	82,2	73,6	58,6
Arni	19,6	20,1	30,8	23,5	1,7	1,0	14,6	5,8	48,6	14,2	14,5	25,8
Rohundid	7,4	6,9	3,1	5,8	5,1	3,5	0,7	3,1	3,6	2,3	4,6	3,5
6												
Lehis	74,3	23,8	46,3	48,1	85,5	86,8	95,2	89,2	80,8	83,4	87,1	83,8
Tia	15,3	64,4	48,8	42,8	9,7	0,9	2,1	4,2	10,9	11,0	8,5	10,2
Esto	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,5	0,7	0,4
Rohundid	10,3	11,7	4,8	8,9	4,7	12,2	2,4	6,4	8,2	5,1	3,6	5,6
7												
Lehis	62,0	31,4	41,7	45,0	86,3	83,3	82,7	84,1	81,7	72,3	74,1	76,0
Tia	29,2	55,5	50,8	45,2	11,6	15,1	16,6	14,5	16,9	21,8	22,5	20,4
Rohundid	8,9	13,0	7,4	9,8	2,1	1,5	0,6	1,4	1,4	5,9	3,4	3,6
8												
Haljas	37,3	34,4	21,0	30,9	69,8	68,2	59,7	65,9	92,6	84,9	67,2	81,6
Tia	41,6	54,3	74,0	56,6	20,8	19,7	34,9	25,1	2,2	5,3	30,1	12,5
Esto	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	1,6	0,2	0,7	1,5	0,3	0,4	0,7
Rohundid	20,9	11,2	4,7	12,3	9,1	10,5	5,3	8,3	3,7	9,5	2,3	5,2
9												
Haljas	26,3	17,9	53,2	32,5	90,7	85,4	33,5	69,9	95,1	74,1	25,6	64,9
J 220	13,3	40,7	0,5	18,2	4,4	3,1	31,3	12,9	3,5	17,6	54,1	25,1
Arni	10,0	22,9	42,3	25,1	2,4	3,1	34,4	13,3	0,4	7,1	19,5	9,0
Rohundid	50,4	18,5	3,9	24,2	2,5	8,4	0,8	3,9	1,0	1,2	0,8	1,0

Alates teisest saagiaastast 2006 ilmnes tendents päideroo sisalduse vähenemisele. Märkimisväärne võõrliikide osatähtsus päideroorohkeis segudes püsis läbi suve, vaid sügisel alanud vihmad võimaldasid kultuurliikidel levida. Päideroo tugevaim hõrenemine segus nr. 1 ei võimaldanud siiski rohunditel taimikus levida, sest kolmandaks saagiaastaks olid põldtimut ja aas-rebasesaba hõivanud kasvuruumi. Niidusegul nr. 1, millesse põldtimutit külvati 6 kg/ha, ei saavutanud 'Tia' kolme aasta jooksul nii selget ülekaalu kui segus nr. 3, millesse seda lisati 3 kg/ha. Erines aga kolmas komponent – esimeses aas-rebasesaba, mis pakub tugevamat konkurentsi kui segudes nr. 2 ja 3 sisalduv aasnurmikas, mis hakkab levima alates kolmandast saagiaastast pärast pealisheinte taandumist (Geherman jt., 2006). Päideroog 'Pedja', millel esimese saagiaasta keskmine sisaldus segudes nr. 1–3 oli 39–41%, püsis 3. saagiaastal kõige suuremal määral (keskmiselt 25,4%), kui kasvas koos vähem agressiivse aas-rebasesabaga. Rohkem taandus 'Pedja' segukülvidest kiiresti areneva põldtimutiga (15,0–19,7%) ning veelgi enam aas-rebasesaba ja põldtimutiga koos külvatult (4,6%).

Põldtimuti rohkena külvatud segus nr. 4 olid kaasnevad kultuurliigid nõrgestatud 2005/06 a. talve ('Arni') või ka kärpimise intensiivsuse tõttu ('Pedja'), mille tagajärjel põldtimut saavutas teisel saagiaastal keskmiselt 65,8% osatähtsuse. Ebasoodsa talve üle elanud vähesed hariliku aruheina taimed ei suutnud ka põuasel ja kuumal 2006. a. suvel taastuda, seetõttu oli 'Arni' siis rohustust peaaegu täiesti kadunud. Päideroog püsis selles rohukamaras kolme aasta jooksul stabiilselt (13,0–32,8%). Kui põldtimuti valdavusega segusse nr. 5 valiti kaasliigiks vegetatiivselt leviv ohtetu luste, põhjustas see põldtimuti järk-järgulise taandumise 2007. aastaks. Põldtimuti sisaldus näib seostuvat ka taimekasvuperioodi sademete hulgaga, mulla niiskuseoludega. Pärast saagivõimelise taimiku välja kujunemist teisel aastal saavutas ohtetu luste maksimaalse osakaalu just 2006. a. Siis takistas sage sademete vaegus parasniisket mulla veerežiimi eelistavate põldtimuti ja hariliku aruheina mõjule pääsu.

Kuigi sortide 'Lehis' ja 'Tia' seemnete kogus erines segude nr. 5 ja 6 külvil kaks korda, kujunes nende taimikute konkurentsivõime rohundite suhtes ühtlaselt tugevaks. Kui katsetatud segudes suurendati sordi 'Lehis' külvisenormi 15-lt 30 kg-ni hektarile, kujunes segus nr. 6 ohtetust lustest kõige valitsevam segukomponent terves katses. Selles variandis ei langenud ohtetu luste sisaldus alates teise aasta juunist enam ühelgi koristusajal alla 80%. Põldtimut osutus ohtetu luste ülekaaluga külvatud segudes nr. 6 ja 7 dominandiks vaid esimese saagiaasta augustis ja oktoobris (48,8–64,4%), suutmata järgnevatel aastail tugevamakasvulise konkurendiga võistelda. Segus nr. 7, milles 'Tia' külvisenorm oli 6 kg/ha, oli keskmine põldtimuti sisaldus igal aastal ka suurem kui segus nr. 6, kus külvisenorm oli 3 kg/ha. Alates teisest saagiaastast leidis kõige vähem rohundeid katseperioodil rohukamarates nr. 5–9 ehk neis, milles valitsesid turvasmuldadel püsivad ja saagikindlad võsundilised liigid ohtetu luste ja aas-rebasesaba.

Eestis kultiveeritavaist kõrrelistest heintaimedest varaseim aas-rebasesaba saavutas tema ülekaaluga külvatud segukülvides nr. 8 ja 9 suure osatähtsuse esimestel koristusaegadel, alates 2006. a. aga dominantliigi sisaldus vegetatsiooniperioodi lõpul vähenes. Segus nr. 8 vähenes põldtimuti keskmine sisaldus igal järgneval aastal umbes pooleni eelmise aasta tasemest. Kasvuruumi hõivas aas-rebasesaba. Kiire ädalakasvuvõimega hariliku aruheina ja keraheinaga segus nr. 9 oli aas-rebasesaba taandumine hilissuvel-sügisel järsem kui piiratud ädalakasvuvõimet omava põldtimutiga. Igal järgneval kevadel saavutas 'Haljas' siiski kõrgema lähtetaseme.

Aasnurmika murusordi 'Esto' keskmine sisaldus püsis katseperioodil valdavalt 1% piires. Enim (7,6%) levis see sort põuasel 2006. a. segutaimikus nr. 2, kus pikaldase algarenguga, niisket keskkonda eelistavate pealisheinte kasv ja areng oli tugevasti pidurdunud. Järgnenud 2007. a. taandus 'Esto' jõudsalt leviva aas-rebasesaba ees.

Kokkuvõte

Kolmeaastase katsetuse käigus jõuti järgmiste tulemusteni:

Turvasmuldadele saagikat rohumaad rajades saab soovitud kõige lähedasema botaanilise koostisega niidu, kui külvisegus on dominandiks võetud ohtetu luste. Sort 'Lehis' talvitub soomullal hästi nii puhas- kui segukülvides, on põuakindel ja kujuneb alates teisest aastast valitsevaks. Aas-rebasesaba rohkete segude omadused on üsna sarnased, kuid varavalmiv põhiliik valitseb rohustus eelkõige kevadsuvel, taandudes sügiseks kiire ädalakasvuga keraheina ja hariliku aruheina ees. Põldtimuti sort 'Tia' oli kolmel saagiaastal püsiv ja päideroo suhtes konkurentsivõimeline, aga taandus segusse lisatud aas-rebasesaba ja ohtetu luste ees. Päideroole ei sobinud intensiivne kolmekordne niitmine 7 cm kõrguselt ja 'Pedja' sisaldus segukülvides aastatega vähenes, puhaskülvid umbrohtusid.

Puhtalt külvatud kultuurkõrrelistest olid kolmanda saagiaasta keskmisena säilitanud suurima liigipuhtuse aas-rebasesaba 'Haljas' (92,8%), põldtimutid 'Tia' (89,7%) ja 'Tika' (85,5%) ning ohtetu luste 'Lehis' (86%).

Kasutatud kirjandus

- Geherman, V., Parol, A., Viiralt, R. 2006. Liblikõieliste püsivuse võrdlus karjamaal sõltuvalt väetamisest ja kasutusaastast. *Agronoomia* 2006. Jõgeva, lk. 148–152.
- Isolahti, M., Nissinen, O. 2004. Role of storage carbohydrates in hardening and resistance of timothy genotypes to frost and *Typhula* spp. Proc. 20th General Meeting of EGF, Luzern, Switzerland. Eds. A. Lüscher *et al.* Grassland Science in Europe, vol. 9: 434–436
- Tamm, U. 2007. Rohumaade rajamine ja uuendamine. Rohumaaviljeluse, karjakasvatuse ja haljastuse integratsioon. Koost. H. Older, lk. 40–60

ERINEVATE PIIMHAPPEBAKTERITE JA SILOMATERJALI MÕJU SILO KÄÄRIMISE KVALITEEDILE RASKETES KÄÄRIMISTINGIMUSTES

Paul Lättemäe, Uno Tamm, Heli Meripõld

Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Lättemäe, P., Tamm, U., Meripõld, H. 2008. Influence of different lactic acid bacteria and silage crop on quality of silage under difficult fermentation conditions. *Agronomy 2009*

Microbial inoculants are added to silages to direct and promote the fermentation. For example classical microbial inoculants containing homofermentative lactic acid bacteria (LAB; e.g., *Lactobacillus plantarum*) are often added to silage because they produce large quantities of lactic acid very rapidly, which lowers the pH of silage. There are also other LAB species involved in fermentation.

The aim of this study was to explain the effects of some different LAB on fermentation quality of silage and under difficult fermentation conditions. The silage crops used were lucerne and fodder galega from third and second cuts.

The both forages had very low fermentation properties. The sugar and dry matter concentrations were low and buffering capacity high. The fermentation results were mainly dependent on LAB strain added to forage crop prior ensiling. Adding *L. plantarum* DSM 16568, *L. plantarum* DSM 16565 and *L. buchneri* positively affected the fermentation quality and reduced dry matter losses. The other strains (*Lactococcus lactis* and *Enterococcus faecium*) showed less consistent effects but still improved some parameters on silage quality.

Table 1. The impact of different lactobacteria on the quality of fermentation and dry matter losses at ensiling the lucerne cv. 'FSG 408 DP'

Table 2. The impact of different lactobacteria on fermentation quality and dry matter losses at ensiling the goat's rue cv. 'Gale'

Keywords: lactic acid bacteria, silage quality, fermentation, legumes

Paul Lättemäe, Heli Meripõld, Uno Tamm, Dep. of plant production, Estonian Research Institute of Agriculture, 13 Teaduse str., 75501 Saku, Estonia

Sissejuhatus

Silo tootmine põhineb värske või närvutatud rohusaagi piimhappelisel käärimisel anaeroobsetes tingimustes. Piimhappebakterid käärivad rohumaas olevad suhkrud orgaanilisteks hapeteks, peamiselt piimhappeks. Sellega pidurdatakse teiste mittestoovitavate mikroorganismide nagu võihappebakterite ja enterobakterite areng ning rohi konserveerub. Silo käärimise kvaliteedi parandamiseks on mitu võimalust, millest populaarsem on selekteeritud piimhappebakterite lisamine rohumassi. Klassikaline homofermentatiivne piimhappebakterite kultuur kuulub bakterite *Lactobacillus plantarum* hulka ja nad käärivad soodsatel tingimustes piimhapet suurtes kogustes ja väga kiiresti. Peale selle on

ka teisi piimhappebakterite kultuure nagu *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus* ja *Streptococcus*, mis võivad samuti mängida olulist rolli silo käärimisel (Muck, Kung, 1997).

Käesoleva töö ülesandeks oli uurida erinevate piimhappebakterite mõju raskesti sileeruvate liblikõieliste sileerimisel laboratoorses tingimustes. Uurimise all olid järgmised piimhappebakterid: *L. plantarum*, *L. buchneri* ja *Lactococcus lactis* ja *Enterococcus faecium*. Neid piimhappebakterid leidub tavaliselt ka naturaalselt rohus või kasutatakse silovalmistamisel rohumassi inokuleerimiseks ja baktermassi arvukuse tõstmiseks (Pahlow *et al.*, 2003).

Materjal ja meetodika

Sileerimiskatse viidi läbi EMVI rohumaaade sektoris 26–29 augustil 2008. a. Sileerimismaterjaliks kasutati kolmanda niite lutserni (*Medicago sativa*) sorti 'FSG 408 DP' ja teise niite sööda galeega (*Galega orientalis*) sorti 'Gale'. Rohi oli valitud arvestusega, et see oleks raskesti sileeruv. Seepärast oli eesmärgiks, et vees lahustuvate suhkrute sisaldus (VLS) oleks märjas materjalis (MA) <1,5% ja bufferdusvõime (PV) >60 g piimhapet/kg KA. Lutserni keemiline koostis oli järgmine: kuivainesisaldus (KA) 172 g/kg, toorproteiin (TP) 226 g/kg KA, toorkiud (TK) 286 g/kg KA, vees lahustuvad suhkrud (VLS) 0,18% MA, puhverdusvõime 99,0 g piimhapet/kg KA. Galeega keemiline koostis KA 143 g/kg, TP 283 g/kg KA, TK 240 g/kg KA, VLS 0,073 % MA, PV 99,5 g piimhapet/kg KA.

Rohi niideti vikatiga, hekseldati 2–3 cm pikkuseks ja sileeriti 3 l purkidesse. Töös kasutati järgmisi erinevaid bakterite variante: T1 negatiivne kontroll – baktereid ei lisatud; T2 – lisati baktereid *L. plantarum* DSM 16568; T3 – lisati baktereid *L. plantarum* DSM 16565; T4 – lisati baktereid *L. Buchneri*; T5 – lisati baktereid *Lactococcus lactis* DSM 11037 ja T6 – lisati baktereid *Enterococcus faecium* NCIMB. Kõikides baktervariantides manustati neid arvestusega 1×10^5 CFU g/MA. Variandid tehti viiest korduses kusjuures bakterite vesilahus pihustati rohumassi ja segati hoolikalt. Seejärel purgid täideti ja suleti pallisilo kilega hermeetiliselt (4 kihti). Need hoiustati ruumis temperatuuriga 18–25°C ja proovid analüüsiks võeti 100 päeva pärast. Andmeid töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsil.

Lenduvate rasvhapete (LRH), etanooli, pH ja ammoniaaklämmastiku (NH₃-N) sisaldus silodes määrati vesilahusest. pH määrati pH meetriga (MP 120 Mettler Toledo). NH₃-N määramiseks kasutati Kjeldec Auto 1030 analüsaatorit (FOSS Tecator). Etanooli, LRC ja butaandiool määrati kromatograafiliselt (Perkin Elmer 900), kasutades kolonni täidisega 80/120 Carbopack B-DA/4% carbovox 20 M (Faithfull, 2002). Kuivatatud ja jahvatatud rohu- ning siloproovidest määrati, kuivaine-, toorproteiini ja toorkiusisaldus (AOAC, 1990). VLS määrati Bertrani meetodil (Thomas, 1977) ja PV piimhappe tiitrimisel ph 4,0. Peale selle määrati lähtematerjalist NDF ja ADF sisaldus, kasutades kiuanalüsaatorit ANKOM 200

(Van Soest *et al.*, 1977). Kuivaine kaod määrati silopurkide kaalumise teel purkide sulgemisel ja avamisel ning nende erinevus oli arvutuse aluseks.

Tulemused ja arutelu

Katsetulemused on esitatud tabelites 1 ja 2. Kasutatav silomaterjal oli kõrge toiteväärtusega. Mõlema kultuuri proteiinisaldus oli kõrge (vastavalt 226 ja 286 g/kg KA) ja kiuisaldus madal (vastavalt 286 ja 240 g/kg KA). Lutserni suhkrute sisaldus oli madal (0,18% MA) ja eriti madal galeegal (0,073 % MA). See oli ligikaudu 10 korda väiksem kavandatust. Madal oli ka kuivainesaldus (vastavalt 172 ja 143 g/kg). Mõlema kultuuri puhverdusvõime oli ühtlaselt kõrge. Selline rohi, eriti söödagaleega koostis loob eriti rasked käärimistingimused. Suhkruid ei jätku piisavalt hapete tekitamiseks. Sellega suureneb võihappelise käärimise oht ja proteiini lagunemise ulatus.

Rohu koostis oli ilmselt põhjustatud ilmastikust. Suvi oli augustis eriti vihmane, jahe ja päikesevaene. Selline ilm ei soodusta suhkrute teket vaid olemasolevadki suhkrud pestakse rohust välja. Senised tulemused on näidanud, et suhkrute sisaldus on tavaliselt madalam teise ja kolmanda niite ädalas võrreldes esimese niitega.

Silode käärimise kvaliteet oli üldjuhul halb. Nende võihappesisaldus, ammoniaaklammastiku sisaldus ja silo pH olid kõrged, piimhappesisaldus madal. Äädikhapet oli silodes rohkem kui piimhapet, mis viitab sekundaarsele käärimisele suhkrute vähesuse tõttu. Kõrge puhverdusvõime ja madal kuivainesaldus soodustasid samuti võihappelise käärimist.

Tulemuste järgi oli usutavaid erinevusi variantide ja kontrollvariandi vahel olemas. Käärimise tulemused sõltusid eelkõige piimhappebakterite liigist. Mõningal määral ka kasvatatavast kultuurist. Parimad tulemused saadi, kui lutserni sileeriti piimhappebakteri tüvega *L. plantarum* DSM 16568. Lisand alandas silo pH-d, võihappe, äädikhappe, ammoniaaklammastiku sisaldust ja kuivainekadusid. Piimhappebakter *L. plantarum* DSM 16565 oli samuti efektiivne, kuid selle toime veidi tagasihoidlikum. *L. Buchneri* tulemus oli keskmine.

Tabel 1. Erinevate piimhappebakterite mõju käärimise kvaliteedile ja kuivaine kadudele lutserni 'FSG 408 DP' sileerimisel

'FSG 408 DP'	Kuivaine (KA)	Kuivaine kadu	pH	Piimhappe	Äädikhappe	Võihape	N-NH ₃ Kogu N
Variant	g/kg	%		% MA	% MA	% MA	%
T1	153	9,9	6,0	0,18	0,59	0,43	18,5
kontroll							
T2	153	6,7*	5,5*	0,21	0,43*	0,08*	15,0*
T3	151	7,2*	5,5*	0,25	0,55	0,05*	16,9*
T4	151	8,8*	5,6*	0,23	0,65	0,24*	18,0*
T5	145	10,3	5,9*	0,19	0,60	0,45	21,4*
T6	151	9,3	6,0	0,20	0,58	0,43	22,5

* usutavad erinevused võrreldes kontrolliga student t testi $p < 0,05$ põhjal

Madalam silo kvaliteet saadi *Lactococcus lactis* DSM 11037 ja *Enterococcus faecium* NCIMB kasutamisel. Tulemused varieerusid ja olid mõningal määral vastuolulised. Söödagaleega käärimistulemused oli sarnased lutserni omadega.

Tabel 2. Erinevate piimhappebakterite mõju käärimise kvaliteedile ja kuivaine kadudele söödagaleega 'Gale' sileerimisel

Galega 'Gale'	Kuivaine (KA)	Kuivaine kadu	pH	Piim- hape	Äädik- hape	Võihape	N-NH ₃ Kogu N
Variant	g/kg	%		% MA	% MA	% MA	%
T1 kontroll	120	9,5	6,0	0,09	0,44	0,33	23,7
T2	125	8,8*	5,9*	0,19*	0,50	0,30*	22,5
T3	121	8,9*	5,9*	0,20*	0,51*	0,05*	21,2*
T4	117	10,5*	5,9*	0,10*	0,68*	0,32	25,4*
T5	123	9,5	5,9*	0,17	0,69*	0,34	24,1
T6	125	10,5	5,8*	0,18	0,68	0,32	23,0

* usutavad erinevused võrreldes kontrolliga student t testi $p < 0,05$ põhjal

Järeldused

Silomaterjal, mida kasutati sileerimisel omas väga madalaid sileeruvusomadusi. Seetõttu jäi silo kvaliteet üldjuhul halvaks. Piimhappebakterite *L. plantarum* DSM 16568 ja *L. plantarum* DSM 16565 ning *L. buchneri* lisamine mõjutab käärimist positiivselt isegi väga rasketes käärimistingimustes. Kuigi teiste piimhappebakterite mõju oli varieeruv ja muutlik sellistes tingimustes, oli mõningane positiivne efekt olemas.

Kasutatud kirjandus

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, VA, pp. 68–88.
- Faithfull, N. 2002. Methods in Agricultural Chemical Analysis: a practical handbook, CABI publishing, UK, 266 pp.
- Lomstein, E., Möller, E., Borg Jensen, B. 1992. Faktorer som påvirker clostridiepopulationen og dermed kvaliteten af mejeriprodukter gennem ensileringsprocessen. Tidsskrift for Planteavl's Specialserie, beretning nr. S2223.
- Muck, R. E., Kung, L. 1997. Effects of silage additives on ensiling. Pages 187–199 in Proc. Silage: Feed to Feedbunk.NRAES-99. Ithaca, NY.
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis. 2003. Silage science and technology, edited by D. R. Buxton, R. E. Muck and J. H. Harrison, pp. 31–94.
- Thomas, T. A. 1977. An automated procedure for the determination of soluble carbohydrates in herbage, J. Sci. Food Agric, 28, pp. 639–642.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. – J. Dairy Sci., vol. 74, pp. 3583–3597.

**PUNASE RISTIKU SORDI 'VARTE' SEEMNEKESTA
VÄRVUSE JA VANEMTAIME SEEMNESAAGI NING
1000 SEEMNE MASSI VAHELISED SEOSD**

Ants Bender

Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. *Bender, A. 2009. Relations between the colour of seed coat, seed yield of parental plant and 1000 seed weight in red clover cv. Varte. – Agronomy 2009.*

The maintenance breeding of early red clover cultivar Varte is done in single-plant nurseries at Jõgeva Plant Breeding Institute. The plants are harvested individually, their seed yield, 1000 seed weight determined and the colour of seed coat visually assessed on a 1–5 scale in the laboratory. The aim of current research was to examine whether any relations exist between the colour of seed coat, the seed yield and 1000 seed weight of a parental plant. At the same time the study strove to explain whether the selection for seed yield and heavier seeds in variety 'Varte' could have caused a change in seed colour index. The data are collected from ten field trials in 1994–2007. In total 8310 single plants were examined.

The research indicated that as a mean of the testing years the seed yield of predominantly yellow- and lilac-seeded parental plants (classes 1 and especially 5) slightly exceeded that obtained from parental plants forming dichromatic seeds (classes 2, 3 and 4). However, there was no confident pattern, accordingly as the appearance of lilac pigment on a seed coat would cause proportional seed yield increase.

By addition of lilac pigment on a seed coat throughout the seed colour classes the 1000 seed weight increased gradually. The 1000 seed weight of the parental plants forming the darkest seeds (class 5) exceeded the trial's weighted average in seven years out of ten. Therefore this relation between the two traits could be a consideration in a selection programme. Prolonged selection towards higher seed yield and 1000 seed weight of a variety could have an impact on the seed colour (darkening), i.e. increase in the colour index of the seed coat.

Table 1. *Mean seed yields per single plants of variety Varte, g*

Table 2. *Mean 1000 seed weights per single plants of variety Varte, g*

Keywords: *red clover, single plants, colour of seed coat, seed yield, 1000 seed weight*

Ants Bender, *Jõgeva Plant Breeding Institute, Aamisepa 1, 48 309 Jõgeva, Estonia*

Sissejuhatus

Punase ristiku seemned on kahevärvilised (bikromaatsed). Äsjakoristatud seemnepartii on värvuselt kirju. Niisuguse üldmulje jätab paljudelt taimedelt pärit üksikseemnete kogu, milles leidub üleni valkjaskollaseid, üleni tumevioletteid, enamasti aga mitmesuguses üleminekuastmes kollase-violetse värvitooniga seemneid. Seemnete idujuurepoolne ots on enamasti violetne, teine ots kollane,

üleminek ühelt värvitoonilt teisele aeglane. Sama taime nuttides on seemned ühetaoliselt värvunud. Jõgeva Sordiaretuse Instituudis on punase ristiku valikaedades hinnatud visuaalselt üksiktaimede seemnete värvust ja leitud arvutuslikult tetraploidsete sortide seemnetele värvusindeksid. Varase punase ristiku sordil 'Varte' oli see paljude katseaastate keskmisena 3,13, hilisel punasel ristikul 'Ilte' 3,52 (Bender, 2009). Need näidud on üldjuhul kõrgemad (seemned tumedamad) kui teistel Põhja-Euroopa punase ristiku sortidel. Käesoleva uurimistöö üheks eesmärgiks oli selgitada pika aja jooksul (1994–2007) kogutud katseandmete põhjal, kas kaua kestnud ühesuunalised valikud võisid sordi 'Varte' seemnekesta värvust mõjutada. Analoogne uurimistöö on läbi viidud ka sordiga 'Ilte', kuid artikli pii-ratud mahu ja tulemuste kattumise tõttu neid andmeid käesolevas töös ei esitata.

Sordiaretuse seisukohalt on tähtis teada, kas punase ristiku seemnete värvuse ja vanemtaime seemnesaagi ning 1000 seemne massi vahel valitseb seoseid. Kuna seemnekesta värvuse visuaalne hindamine on lihtne, võimaldaks niisuguste seoste olemasolu lihtsustada valikuid, leida aretustööks sobivaid lähtevanemaid ja korraldada ökonoomsemalt sortide algseemnekasvatust. Käesoleva töö teiseks eesmärgiks oligi olemasolevate katseandmete põhjal neid võimalikke seoseid uurida.

Katsematerjal ja metoodika

Artiklis kasutatavad andmed on kogutud põldkatsetelt, kuhu kasvuhoones pikeerkastides kahe kuu jooksul ettekasvatatud taimed istutati ühekaupa vahekaugustega 60 x 60 cm. Katsed viidi läbi leostunud mullal (K0), väetusfoon rajamise eel P 20 K 66 kg/ha. Lamandumise ja taimevarte läbipõimumise vältimiseks ning koristamise lihtsustamiseks taimed saagiaastal toestati. Sügissuvel, seemnesaagi valmimise järel taimed koristati, pakiti ühekaupa kottidesse ja kuivatati. Koristusjärgse kolme kuu jooksul eraldati taimedelt nutid, seeme poetati, kaaluti, määrati 1000 seemne mass ja hinnati visuaalselt seemnekesta värvust. Hindamisel eristati viit värvusklassi: klass 1 – üle 95% seemne pinnast kollane, klass 2 – 61–95% seemne pinnast kollane, klass 3 – 40–60% seemne pinnast kollane, klass 4 – 61–95% seemne pinnast violetne ja klass 5 – üle 95% seemne pinnast violetne (lilla). Meist hiljem on sarnast klassifikatsiooni rakendatud USA-s Lõuna Dakota Ülikoolis seelses geenipangas leiduvate (ka Euroopa päritolu) punase ristiku sortide ja populatsioonide seemnetele värvusindeksi leidmisel (Bortnem, Boe, 2000, 2003).

Käesolevas artiklis analüüsitava tetraploidse punase ristiku sordi 'Varte' andmed pärinevad kümnest katsest. Alati oli tegemist esimese kasutusaasta seemnesaagiga. Analüüsitud taimede arv oli aastati erinev kõikudes vahemikus 469 kuni 1064 üksiktaime. Katseaastate summamana baseerub analüüs 8310 üksiktaime saagi andmetel.

Käsitletavates katsetes mõjutasid punase ristiku seemnesaaki vaid õitsemis-aegsed ja seemnete täitumisaegsed ilmastikutingimused ning tolmeldajate ak-

tiivsus. Kuna taimed koristati käsitsi optimaalsel koristusajal ja kogu edasine töötlemine ei olnud märkimisväärsete kadudega seotud, võib tabelis 1 toodud andmeid lugeda bioloogiliseks seemnesaagiks.

Katseandmete matemaatilisel töötlemisel leiti tunnuste varieerumise astme iseloomustamiseks standardhälve (s), katse täpsuse iseloomustamiseks aga standardviga (tabelites märgiga \pm).

Katsetulemused

Seemnekesta värvuse ja seemnesaagi vahelised seosed

Katseaastate keskmisena andsid varase punase ristiku sordi 'Varte' taimed 17,76 g seemet. Aastate lõikes kõikus see näitaja vahemikus 9,85 g (1994) kuni 30,36 g (2006, tabel 1). Erinevused seemnesaakides tulenesid aasta ilmaolude sobivusest või ebasobivusest selle punase ristiku alamliigi seemnekasvatuseks. Seemnekesta värvuse järgi klassidesse rühmitatud taimedest andsid üldjuhul teistest kõrgema seemnesaagi ülekaalukalt lillade ja kollaste seemnetega taimed – klassid 5 ja 1. Paljude aastate keskmisena oli lillaseemneliste taimede keskmine seemnesaak 20,05 g ja kollaseemnelistel taimedel keskmiselt 18,39 g taime kohta. Värvusklassi 1 taimede seemnesaak ületas katse kaalutud keskmist näitu kaheksas katses kümnest (kõrvalekalde aastad 2002 ja 2003), värvusklassi 5 taimede seemnesaak aga koguni üheksas katses kümnest (erandaasta 1994). Värvusklassi 5 taimede keskmine seemnesaak ületas värvusklassi 1 taimede keskmist seemnesaaki üheksal aastal kümnest. Aastati ei olnud ülejäänud värvusklasside vahelised erinevused seemnesaakides aga kuigi kindlad. Katseandmed ei lubanud teha järeldusi nagu suudaks mõni värvusklass tagada suurema seemnesaagi halvemates õitsemis- ja viljumisoludes. Ka ei olnud märgata mõne värvusklassi taimede seemnesaakide stabiilsust aastati. Küll aga võisime märgata kõige tumedamate seemnetega taimede (värvusklass 5) mõnevõrra kõrgemat seemnesaaki, mis annab valikute tegemisel nendele eelise.

Seemnekesta värvuse ja 1000 seemne massi vahelised seosed

Sordi 'Varte' üksiktaimede seeme oli valdavalt suur – katseaastate kaalutud keskmine 1000 seemne mass 3,28 g (tabel 2). Vaid ühel aastal (1994) jäi see katse keskmisena alla 3 g (2,90). Kasvukoha mullaviljakusest ja seemne täitumise aegsetest ilmastikutingimustest tulenevalt kõikusid katseaastatel üksiktaimede kaalutud keskmised 1000 seemne massid küllalt suures ulatuses (2,90–3,60 g).

Analüüsid 1000 seemne massi ja vanemtaime värvusklassi vahelisi seoseid oli võimalik konstateerida, et kollaseemneliste taimede (klass 1) seemnete 1000 seemne mass oli enamikel katseaastatel madalaim. Lilla pigmendi lisandumisel seemnekestale suurenes värvusklass-klassilt kordkorralt ka 1000 seemne mass (tabel 2). Vaid kahel saagiaastal (1996, 2007) see seaduspärasus ei kehtinud, mil esines kõrvalekalle värvusklassis 1.

Tabel 1. Sordi 'Varte' üksiktaimede keskmised seemnesaadid, g

Aasta	Seemnekesta värvusklassid					Kokku: Kaalutud keskmine
	1	2	3	4	5	
Taimi, tk	19	249	251	170	10	699
1994	11,46±1,01	9,55±0,37	9,74±0,36	10,28±0,41	9,44±1,68	9,85±0,21
s	4,28	5,85	5,70	5,39	5,30	5,64
Taimi, tk	57	178	175	141	86	637
1996	10,52±0,73	9,27±0,48	10,43±0,50	10,26±0,59	11,69±0,65	10,25±0,26
s	5,43	6,42	6,62	6,96	6,01	6,49
Taimi, tk	87	249	212	234	88	870
1999	11,27±0,50	10,39±0,29	10,99±0,32	11,38±0,35	11,97±0,56	11,05±0,17
s	4,63	4,61	4,63	5,38	5,20	4,91
Taimi, tk	100	350	257	170	65	942
2001	14,51±0,64	15,42±0,39	15,06±0,39	16,38±0,50	16,21±0,90	15,45±0,22
s	6,40	7,29	6,21	6,55	6,62	6,75
Taimi, tk	76	299	348	204	37	964
2002	23,68±0,90	23,47±0,50	23,52±0,42	24,48±0,57	25,94±1,21	23,81±0,26
s	7,79	8,67	7,87	8,09	7,29	8,15
Taimi, tk	58	102	150	131	28	469
2003	16,16±1,16	16,37±0,81	17,61±0,68	17,17±0,71	17,55±1,19	17,03±0,38
s	8,75	8,09	8,29	8,04	6,19	8,11
Taimi, tk	86	157	294	411	116	1064
2004	12,81±0,78	12,87±0,61	11,68±0,35	12,76±0,32	13,54±0,65	12,57±0,20
s	7,16	7,56	5,94	6,44	6,97	6,62
Taimi, tk	122	155	228	263	161	929
2005	30,42±0,90	28,76±0,76	29,35±0,61	30,69±0,61	30,83±0,75	30,03±0,31
s	9,92	9,37	9,17	9,94	9,51	9,60
Taimi, tk	37	84	152	241	159	673
2006	30,93±1,47	29,78±1,18	29,18±0,83	30,20±0,66	31,90±0,87	30,36±0,40
s	8,83	10,80	10,19	10,19	10,89	10,38
Taimi, tk	60	126	211	339	327	1063
2007	16,11±1,07	16,18±0,64	16,15±0,55	15,65±0,37	16,30±0,43	16,04±0,23
s	8,25	7,12	7,91	6,84	7,83	7,39
Kokku, tk	702	1941	2288	2295	1068	8310
Keskm.	18,39±0,40	16,36±0,23	17,35±0,21	18,14±0,22	20,05±0,34	17,76±0,11
s	10,62	9,95	10,04	10,63	11,24	10,46

Tabel 2. Sordi 'Varte' üksiktaimede keskmised 1000 seemne massid, g

Aasta	Seemnekesta värvusklassid					Kaalutud keskmine
	1	2	3	4	5	
1994	2,79±0,06	2,88±0,02	2,93±0,02	2,90±0,02	2,96±0,06	2,90±0,01
s	0,24	0,28	0,31	0,31	0,19	0,29
1996	3,13±0,04	3,09±0,03	3,14±0,03	3,15±0,03	3,35±0,03	3,14±0,01
s	0,30	0,38	0,38	0,35	0,28	0,36
1999	3,14±0,03	3,14±0,02	3,15±0,02	3,15±0,02	3,21±0,03	3,15±0,01
s	0,25	0,26	0,27	0,26	0,28	0,26
2001	3,03±0,03	3,04±0,01	3,10±0,02	3,09±0,02	3,15±0,03	3,07±0,01
s	0,25	0,27	0,26	0,24	0,25	0,26
2002	3,37±0,03	3,37±0,01	3,39±0,01	3,39±0,02	3,38±0,05	3,38±0,01
s	0,25	0,25	0,26	0,26	0,27	0,25
2003	3,21±0,04	3,24±0,03	3,23±0,02	3,24±0,02	3,19±0,05	3,23±0,01
s	0,32	0,26	0,28	0,27	0,23	0,27
2004	3,39±0,03	3,42±0,03	3,43±0,02	3,43±0,02	3,46±0,03	3,43±0,01
s	0,30	0,32	0,31	0,32	0,33	0,32
2005	3,27±0,02	3,33±0,02	3,32±0,01	3,32±0,01	3,27±0,02	3,30±0,01
s	0,20	0,23	0,22	0,20	0,20	0,21
2006	3,31±0,03	3,33±0,02	3,33±0,02	3,34±0,01	3,32±0,02	3,33±0,01
s	0,17	0,20	0,21	0,20	0,22	0,21
2007	3,60±0,04	3,58±0,03	3,58±0,02	3,60±0,02	3,62±0,02	3,60±0,01
s	0,27	0,27	0,31	0,29	0,27	0,29
Keskm.	3,25±0,01	3,20±0,01	3,28±0,01	3,31±0,01	3,39±0,01	3,28±0,00
s	0,31	0,40	0,36	0,33	0,31	0,36

Valikute võimalik mõju seemnekesta värvusindeksile

USA Lõuna-Dakota Ülikooli teadlased Bortnem ja Boe (2003) on hinnanud NPGS geenipangas (National Plant Germplasm System) säilitatavate punase ristiku proovide seemnekesta värvust ja leidnud sortidele ja säilitatavatele populatsioonidele seemnete värvusindeksid. Muu materjali hulgas uuriti ka 15 Põhja-Euroopa, 22 Kesk-Euroopa ja 8 Lõuna-Euroopa sorti või populatsiooni. Selle USA-s läbiviidud uuringu tulemusel on Põhja-Euroopa ristikusordid kõige heledama (e kollasema) seemnega. Nende keskmiseks värvusindeksiks arvutasime (väljavõttena nimetatud autorite artikli koondandmetest) 2,87. Kesk-Euroopa sortidel oli keskmine värvusindeks 3,18 ja Lõuna-Euroopa sortidel 3,64. Jõgeval aretatud punase ristiku tetraploidsetele sortidele 'Varte' ja 'Ilte' kümne saagiaasta seemne põhjal arvatud värvusindeksid olid vastavalt 3,13 ja 3,52 (Bender, 2009). Need näidud viitavad nagu kuuluksid meie sordid mitte Põhja-Euroopasse vaid pigem Kesk- (sort 'Varte') või koguni Lõuna-Euroopasse (sort 'Ilte').

Jõgeva Sordiaretuse Instituudis on pikka aega tegeldud punase ristiku tetra-

ploidsete sortide 'Varte' ja 'Ilte' algseemnekasvatusega, mis saab igas tsüklis alguse üksiktaimede istandusest, nn valikאיast. Eraldi kasvatatud ja koristatud vanemtaimede seemnesaak analüüsitakse hiljem laboratooriumis ja ainult parimaks osutunud taimede seemnesaak liidetakse külviseks, millega rajatakse seemneaiaseemne paljunduskülv (supereliidieelne paljundus). Valikutel võetakse (lisaks haljasmassisaagile) arvesse üksiktaime seemnesaak ja selle 1000 seemne mass. Niisuguse töö eesmärgiks on parandada sordi seemnesaagivõimet ja vältida diploidsete vormide sattumist seemnepartiisse. Viimaste 1000 seemne mass ei küüni kunagi üle 2,50 g (tavaliselt on vahemikus 1,4–1,9 g).

Nagu meie katseandmed näitavad, valitseb mõningane seos seemnekesta värvuse ja vanemtaime seemnesaagi ning 1000 seemne massi vahel. Valides korraldvalt üksiktaimi seemnesaagi rikkuse ja suurema 1000 seemne massi alusel eelistame kaudselt tumedamaseemneliste taimede järglasi. Selle pikaajalise töö tulemusena ongi arvatavasti Jõgeval aretatud tetraploidsete punase ristiku sortide 'Varte' ja 'Ilte' seemned tumedamaks muutunud, mis omakorda on viinud seemnekesta värvusindeksite suurenemisele.

Järeldused

Sordi 'Varte' näitel võime konstateerida, et valitseb tendents, mille kohaselt punase ristiku seemnekesta värvuse ja vanemtaime seemnesaagi vahel valitseb mõningane seos. Üldjuhul on tumedamaseemnelised taimed seemnesaagirikkamad. Nende suurem seemnesaak tuleneb osaliselt suuremast 1000 seemne massist. Kuna sordi 'Varte' algseemnekasvatuse käigus on eelistatud valikaedades suurema seemnesaagi ja 1000 seemne massiga vanemtaimede järglaskondi, võis see pikaajaline protsess põhjustada sordi seemnete üldist tumedamaks muutumist.

Kasutatud kirjandus

- Bender, A. 2009. Punase ristiku (*Trifolium pratense* L.) sortide 'Varte' ja 'Ilte' seemnete värvusindeksid. – Agraarteadus, nr 2 (ilmumisel).
- Bortnem, R., Boe, A. 2000. Selection for seed colour in red clover. – Proceedings 16th *Trifolium* Conference. Pipestem, pp. 161–178.
- Bortnem, R., Boe, A. 2003. Colour index for red clover seed. – Crop Science, Vol. 43, N 6, pp. 2279–2283.

ТАИМЕКАИТСЕ
PLANT PROTECTION

MUUTUNUD LEHEMÄDANIKU TEKITAJA

Eve Runno-Paurson^{1,2}, Mati Koppel²

¹EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, ²Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Runno-Paurson, E., Koppel, M. 2009. Changes in Estonian population of *Phytophthora infestans*. – *Agronomy* 2009.

A collection of 101 isolates of *Phytophthora infestans*, obtained from seven sampling sites representing Central, East and South-East Estonia during 2002 and 2003 were assessed for several phenotypic and genotypic markers. All 101 isolates were assessed for virulence and resistance to metalaxyl. Virulence to each of the 11 classic resistance genes was found among the tested isolates. The mean number of virulences per isolate was 6.3, with a very low frequency of virulence against resistance genes R5 (5%) and R9 (14%). The most common pathotypes were 1.3.4.7.8.10.11 and 1.3.4.7.10.11, representing altogether 12% of the studied strains. A subgroup of 50 isolates was assessed for mating type and mtDNA haplotype. Of this subset, 30 were A1 and 20 were A2. Collections from three of the seven fields contained both mating types. The overall normalized Shannon diversity index was very high (0.92). The high prevalence of A2 mating type and the presence of both mating types in some fields indicate that sexual reproduction may take place in Estonian populations of *Phytophthora infestans*.

Figure 1. Frequency (percentage) of virulence to potato R-genes among isolates of *P. infestans* collected from Estonia in 2002–2003

Table 1. Percentages of mating types among isolates of *P. infestans* from Estonia in 2002–2003

Keywords: mating type, mtDNA haplotype, *Phytophthora infestans*, virulence

Eve Runno-Paurson, Jõgeva Plant Breeding Institute, Jõgeva alevik 48309, Estonia; Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia

Mati Koppel, Jõgeva Plant Breeding Institute, Jõgeva alevik 48309, Estonia

Sissejuhatus

Kartuli-lehemädanik, mida põhjustab patogeen *Phytophthora infestans*, on üks kõige enam kahju tekitav kartulihaigus juba üle pooleteise sajandi nii Eestis kui mujal Euroopas. Soodsates kasvu- ja arengutingimustes võib patogeen hävitada kogu kartuli maapealse osa ja põhjustada seeläbi märkimisväärse saagikao.

Viimase kolmekümne aastaga on patogeen Euroopas läbi teinud suured muutused (Fry *et al.*, 1993). Varem esinenud 'vana' populatsioon asendus "uue" populatsiooniga, mis oli ilmselt sisse toodud mugulate impordiga Euroopasse 1970-ndate lõpus Mehhikost (Fry *et al.*, 1993). Vanal populatsioonil oli vaid üks paarumistüüp A1 ja üks mitokondrilise DNA haplotüüp Ib, kuid uues populat-

sioonis esinesid mõlemad paarumistüübid A1 ja A2 ning mtDNA haplotüübid Ia ja IIa. Teateid sugulisest paljunemisest on avaldatud enamuses Euroopa maades, sealhulgas Hollandis (Zwankhuizen *et al.*, 2000), Soomes, Rootsis, Norras ja Taanis (Lehtinen *et al.*, 2008), Poolas (Śliwka *et al.*, 2006), Saksamaal (Schöber-Butin, 1999) ja Venemaal (Bagirova, Dyakov, 1998).

Varem paljunes seen vaid sugutul teel sporangiumite abil ja kandus edasi tuulehoogude ja vihmapiiskadega ja talvitus nakatunud seemnemugulates säilides ladudes või pärast koristust mullas umbrohtkartulitena. Vastaspaarumistüüpide seeneniitide koostoimel tekivad antiidid ja oogoonid, mis võib viia oospooride moodustumiseni, mis tähendab seda, et patogeen on võimeline paljunema suguliselt. Oospoorid võivad mullas eluvõimelisena säilida mitu aastat ning nad on vastupidavad ebasoodsate ilmastiku- ja keskkonnatingimuste suhtes. Oospooridest alguse saav lehemädanik võib lööbida senisest tunduvalt varem (mais, juunis) ja põhjustada seeläbi suurt kartulisaagi langust ja sellest tulenevat majanduslikku kahju.

Et lehemädanikutõrjet paremini korraldada, peame haigust tekitavat seene epidemioloogiat täpsemalt uurima. Uurimustöö eesmärgiks oli iseloomustada lehemädaniku tekitaja *P. infestans* erinevate iseloomustajatega, et teada saada, kas paarumistüüpide suhe viitab sugulise paljunemisele ja uurida hüpoteesi, et eesti populatsioonid on erinevad teistest euroopa populatsioonidest. Väiksemal grupil isolaatidel määrati mitokondrilise DNA haplotüübid, et teada saada, kas Eestis esineb vana klooniline põlvkond või eksisteerib uus põlvkond?

Materjal ja meetodika

Kokku koguti perioodil 2002–2003 101 *P. infestans* isolaati seitsmelt põllult. Neli põldu pärinesid suurtootja põldudelt Raplamaalt (Ingliste, Kehtna ja Kärü), kaks põldu Jõgeva Sordiaretuse instituuti katsepõldudelt ja üks põld väiketootjalt Tartumaalt Võnnust.

Proovid koguti lööbimise alguses mõlemal aastal. Koguti kuus kuni 40 ühe nakkuslaiguga proovi. Isoleerimiseks asetati väike tükk nakatunud lehekudet piirituses ja leegis steriliseeritud mugula lõikude vahele. Kõik fenotüübilised analüüsid tehti koheselt peale isolaatide puhaskultuuri viimist. Genotüübilised analüüsid tehti 2004. aastal maist juulini.

Virulentuse hindamiseks kasutati Black'i resistentsusgeene R1-R11 sisaldavaid diferentsiaatorsorte. Nakatamiseks vajalikud noored lehed saadi kasvuhoones kasvatatud 6–8 nädala vanustelt diferentsiaatorsortide taimedelt. Lehed asetati niisutatud filterpaberile alumine pool üles poole ja igat lehte nakatati kahe sporangiumi suspensiooni tilgaga ($1.0\text{--}4.0 \times 10^4$ sporangium ml^{-1}) eraldi. Suspensiooni tegemiseks kasutati 7–9 päeva vanuseid seenekultuure. Pärast nakatamist kaeti lehed niiskuse hoidmiseks kilega. Pärast seitsmepäevast hoiuperioodi (16°C) hinnati visuaalselt seenemütseeli esinemist lehepinnal 6-pallise

skaala alusel.

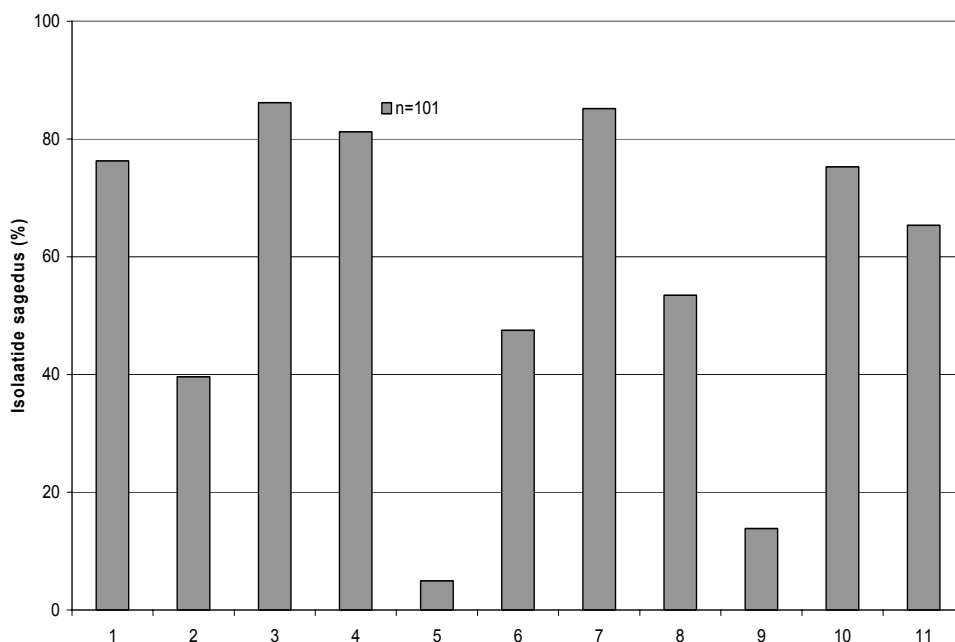
Paarumistüüpide määramiseks pandi uuritavad isolaadid Petri tassi rukki-agarile kokku kasvama A1 ja A2 testerisolaadiga (paarumistüüp teada). Tasse hoiti 10–18 päeva 16°C juures pimedas. Kui oospoorid moodustusid A1 isolaadiga, siis loeti uuritav isolaat A2 paarumistüüpi isolaadiks, aga kui oospoorid moodustusid A2 isolaadiga, loeti isolaat A1 paarumistüüpi isolaadiks. Ja kui oospoorid moodustusid mõlema paarumistüübiga, siis loeti isolaat iseiljastuvaks. Kasutati samu testerisolaate nagu kirjeldas Lehtinen jt 2007.

Mitokondrilise DNA haplotüüpid määrati kasutades Griffith & Shaw (1998) poolt välja töötatud PCR-RFLP meetodit.

Statistilised analüüsid tehti SAS/STAT versioon 9.1 kasutades GENMOD protseduuri. Logistilist analüüsi kasutati paarumistüübi ja haplotüübi erinevuste testimiseks sõltuvalt asukohast ja aastast.

Tulemused ja arutelu

Virulentsusgeenide esinemine. Kõigil uuritud 101 isolaadil leiti kõik 11 teadaolevat virulentsusfaktorit. Eesti populatsioone iseloomustab enamuse isolaatide virulentsus diferentsiaatorfaktorite R1, R3, R4, R7, R10 ja R11 suhtes. Diferentsiaatorfaktor 5 (1%) oli haruldane ja faktor 9 (14%) suhteliselt haruldane (joonis 1).



Joonis 1. *P. infestans* isolaatide virulentsus sagedus erinevate diferentsiaatorsortide suhtes Eesti populatsioonis (2002-2003)

Kokku leiti 38 patotüüpi (rassi), millest kaks kõige enam esinenud rassi 1.3.4.7.10.11 ja 1.3.4.7.8.10.11 moodustasid vaid 12% analüüsitud isolaatidest. Peaaegu pool määratud rassidest olid unikaalsed, see tähendab leiti vaid ühel korral. Enim leitud rass on domineeriv ka enamuses Euroopa riikides. Isolaadid olid virulentsed, keskmiselt 6.3 virulentsusfaktorit isolaadi kohta, ning varieerusid tugevalt erinevatel põldudel 4.3-st kuni 7.3-ni ($p < 0.001$). Usutavaid erinevusi aastate vahel ei leitud.

Eesti populatsiooni rassiline struktuur on mitmekesine ja keeruline. Enamus leitud rasse on unikaalsed ja leiti vaid ühel korral ning kolm kõige enamesinenud rassi moodustasid ainult 17% kogu populatsioonist. Keskmise virulentsusgeenide arv isolaadi kohta Eesti populatsioonis (6.3) on sarnane, mis on leitud Norras (6.3), Soomes (6.4), Rootsis (6.8) ja Taanis (6.9) (Lehtinen, *et al.*, 2008) ja Birobijani regioonis Venemaal (5.5) (Elansky *et al.*, 2001). Siiski, kõrgemad näitajad on leitud mitmest piirkonnast Venemaalt (Sahhalin 10, Jekaterinburg 8.9, Irkutsk 8.4, Vladivastok 8.3, Khabarovsk 8.3 and Moskva regioon 8.1) (Elansky *et al.*, 2001) ja Poolast (7.8) (Śliwka *et al.*, 2006).

Paarumistüüpide esinemine. Analüüsitud 50 isolaadi hulgas oli 30 isolaati A1 paarumistüüpi ja 20 isolaati A2 paarumistüüpi. Rohkem kui pooltel uuritud põldudel (neljal põllul seitsmest) leiti koos mõlemad paarumistüübid (tabel 1). 2002. aastal leiti vaid A1 paarumistüüpi isolaate. Samas A2 paarumistüübi sagedus varieerus märkimisväärselt 2003. aastal kogutud viie põllu isolaatidel ($\chi^2 = 18.54$, $df = 4$, $p < 0.001$) (tabel 1).

Tabel 1. Paarumistüüpide esinemise sagedus *P. infestans* Eesti populatsioonides (2002–2003)

Asukoht ja aasta	A1 (%)	A2 (%)	Isolaatide arv
Ingliste 2002	100	0	2
Ingliste 2003	100	0	6
Jõgeva 2002	100	0	13
Jõgeva 2003	56	44	9
Kehtna 2003	25	75	4
Käru 2003	0	100	5
Võnnu 2003	27	73	11
Kokku	60	40	50

Nii selles kui ka varem tehtud uurimustes on Eestist leitud suhteliselt kõrge A2 paarumistüübi esinemise määr (ca 40 %). Sarnaselt Eestile on A2 paarumistüübi esinemise kõrge tase leitud teatud aastatel Austriast, Ungarist, Tšehhist, Taanist, Poolast, Ungarist ja Hollandist (Avenidaño Córcoles, 2007; Bakonyi *et al.*, 2002b; Mazáková *et al.*, 2006; Lehtinen *et al.*, 2008; Śliwka *et al.*, 2006; Zwankhuizen *et al.*, 2000). Samas paljudes riikides on A2 paarumistüübi esine-

mine tunduvas vähemuses nagu näiteks Belgias (Bakonyi *et al.*, 2002a), Suurbritannias (Day *et al.*, 2004) ja Ungaris (Nagy *et al.*, 2006).

Mõlema paarumistüübi esinemine peaaegu kõigil uuritud põldudel viitab selgelt oosporide esinemisele põllul. Esinev suguline paljunemine suurendab geneetilist mitmekesisust ning viib muldade saastumisele oosporidega ning sellega seotud varasele lehemädanikunakkuse algusele.

Mitokondrilise DNA haplotüüpide esinemine. Mitokondrilise DNA haplotüübid määrati 50-l isolaadil, millest veidi üle poole (54%) olid IIa haplotüüpi ja 46% Ia haplotüüpi. Aastate vahel erinevusi ei leitud. Märkimisväärsed erinevused leiti asukohtade vahel ($\chi^2=19.54$, $df=6$, $p=0.0033$). Teistest erinesid Inglise, kus mõlemal aastal leiti vaid IIa haplotüüp ja Kärust Ia haplotüüp.

Neljast teadaolevast haplotüübist leiti vaid kaks haplotüüpi (Ia ja IIa). Vana kloonilise põlvkonnaga seostatud Ib haplotüüpi ei leitud. IIa haplotüübi esinemisagedus oli veidi kõrgem kui Ia haplotüübil. Haplotüüp IIa on dominantne Põhja-Iirimaal (Cooke *et al.*, 2006), Ungaris (Nagy *et al.*, 2006), Austrias (Avendaño Córcoles, 2007) ja Soomes (Lehtinen *et al.*, 2008).

Järeldused

Uurimustöö tulemused näitasid, et *P. infestans* Eesti populatsioon on mitmekesine ning ilmselgelt toimub siin suguline paljunemine, sest A2 paarumistüübi esinemise määr on väga kõrge ja mõlemad paarumistüübid esinevad koos ühel põllul. Kuna leiti mõlemad paarumistüübid ja kõik uued mitokondrilise DNA haplotüübid, siis see on selge viide sellele, et Eestis esineb “uus” populatsioon.

Võrreldes selle uurimustöö tulemusi mujal Euroopas tehtud töödega võib öelda, et Eesti *P. infestans* populatsioon on silmnähtavalt sarnane Venemaa ja Põhjamadde populatsioonidele. Ehkki Eesti kasvatab enamuse seemnekartulist ise ja impordib vaid 5% seemnekartulit Hollandist, on selge et toimub piisav geeni voog nii, et Eesti populatsioon on sarnane naabermaade populatsioonidele.

Kuna sugulise paljunemise esinemisel on oht lehemädaniku tunduvalt varasemaks lööbimiseks, siis peaksid kartulikasvatajad suurt tähelepanu pöörama külvikorra ja ei kasvataks kartulit kartuli järel.

Tänuavaldused

Uurimustöö on valminud tänu ETF grantide 4734 ja 6098 toetusele.

Kasutatud kirjandus

- Avendaño Córcoles, J. 2007. Survey of *Phytophthora infestans* population in Austria based on phenotypic and molecular markers. Vienna, Austria: University of Natural Resources and Applied Life Sciences, PhD thesis.
- Bagirova, S. F., Dyakov, Yu.T. 1998. Participation of *Phytophthora infestans* oospores in spring epidemics resumption. Sel'skohozyaistvennaya Biologia, 3, 69–71.
- Bakonyi, J., Heremans, B., Jamart, G. 2002a. Characterization of *Phytophthora in-*

- festans* isolates collected from potato in Flanders, Belgium. *Phytopathology* 150, 512–516.
- Bakonyi, J., Ládai, M., Dula, T., Érsek, T. 2002b. Characterisation of isolates of *Phytophthora infestans* from Hungary. *European Journal of Plant Pathology*, 108, 139–146.
- Cooke, L. R., Carlisle, D.J., Donaghy, C., Quinn, M., Perez, F.M., Deahl, K.L., 2006. The Northern Ireland *Phytophthora infestans* population 1998–2002 characterized by genotypic and phenotypic markers. *Plant Pathology* 55, 320–330.
- Day, J. P., Wattier, R. A. M., Shaw, D. S., Shattock, R. C. 2004. Phenotypic and genotypic diversity in *Phytophthora infestans* on potato in Great Britain, 1995–98. *Plant Pathology*, 53, 303–315.
- Elansky, S., Smirnov, A., Dyakov, Y., Dolgova, A., Filippov, A., Kozlovski, B., Kozlovskaja, I., Russo, P., Smart, C., Fry, W. E. 2001. Genotypic analysis of Russian isolates of *Phytophthora infestans* from the Moscow region, Siberia and Far East. *Phytopathology*, 149, 605–611.
- Fry, W. E., Goodwin, S. B., Dyer, A. T., Matuszak, J. M., Drenth, A., Tooley, P. W., Sujkowski, L. S., Koh, Y. J., Cohen, B. A., Spielman, L. J., Deahl, K. L., Inglis, D. A., Sandlan, K. P. 1993. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways, and implications. *Plant Disease* 77, 653–661.
- Griffith, G. W., Shaw, D. S. 1998. Polymorphisms in *Phytophthora infestans*: Four mitochondrial haplotypes are detected after PSR amplification of DNA from pure cultures or from host tissue. *Applied and Environmental Microbiology*, 64: 4007–4014.
- Lehtinen, A., Hannukkala, A., Andersson, B., Hermansen, A., Le, V. H., Naerstad, R., Brurberg, M. B., Nielsen, B. J., Hansen, J. G., Yuen, J. 2008. Phenotypic variation in Nordic populations of *Phytophthora infestans* in 2003. *Plant Pathology*, 57, 227–234.
- Mazáková, J., Táborský, V., Zouhar, M., Rysánek, P., Hausvater, E., Dolezal, P. 2006. Occurrence and distribution of mating types A1 and A2 of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in the Czech Republic. *Plant Protection Science*, 42, 41–48.
- Nagy, Z. Á., Bakonyi, J., Som, V., Érsek T. 2006. Genetic Diversity of the population of *Phytophthora infestans* in Hungary. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 41, 53–67.
- Schöber-Butin, B. 1999. *Phytophthora infestans*: pathotypes, mating types and fungicide resistance in Germany. PAV-Special Report Number 5, pp. 178–182.
- Śliwka, J., Sobkowiak, S., Lebecka, R., Avedaño Córcoles, J., Zimnoch-Guzowska, E. 2006. Mating type, virulence, aggressiveness and metalaxyl resistance of isolates of *Phytophthora infestans* in Poland. *Potato Research*, 49 (3), 155–166.
- Turkensteen, L. J., Flier, W. G., Wanningen, R., Mulder, A. 2000. Production, survival and infectivity of oospores of *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology* 49, 688–696.
- Zwankhuizen, M. J., Govers, F., Zadoks, J. C. 2000. Inoculum sources and genotypic diversity of *Phytophthora infestans* in Southern Flevoland, the Netherlands. *European Journal of Plant Pathology*, 106, 667–680.

**NEEMAZAL T/S MÕJU KARTULIMARDIKA
(LEPTINOTARSA DECEMLINEATA SAY) KÄITUMISELE**

**Külli Hiiesaar, Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Eha Švilponis,
Angela Ploomi ja Irja Kivimägi**
EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Influence of *NeemAzal T/S* on the behaviour of Colorado potato beetles, (*Leptinotarsa decemlineata* Say). – Agronomy 2009.

*The influence of 0,3% water solution of *NeemAzal T/S* (Celaflor Schädlingsfrei *Neem* by Scott's Celaflor GmbH & Co, including 1% azadirachtin of 4% of natural *Neem*-seed, *Trifolio-M*) on behaviour of Colorado Potato Beetles (*Leptinotarsa decemlineata* Say) has been studied in one day investigation in choice test. The beetles mostly choose clean leaves, but they did not avoid *Neem* treated leaves entirely. Regarding the Colorado potato beetles, *NeemAzal T/S* belongs to the category of relative repellent: it was not able completely deter beetles from visiting the treated food.*

Figure 1. Mean number (\pm SE) of Colorado potato beetle adults on potato leaves treated with *neem*, untreated and on other areas except on the leaves. Different letters mark statistically significant difference between the mean number of the beetles counted at the same hour; $P < 0,05$

Keywords: Colorado Potato Beetles, *NeemAzal T/S*, repellence

Külli Hiiesaar, Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Eha Švilponis, Angela Ploomi and Irja Kivimägi, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences, 1a Kreutzwaldi St., 51014 Tartu, Estonia

Sissejuhatus

Kartulimardikas (*Leptinotarsa decemlineata* Say) jõudis Euroopasse moodunud sajandi algul, Eestis leiti esimesed mardikad 1965. aastal. Seejärel võis ligi paarikümne aasta jooksul meie põldudel kohata vaid juhuslikult sisserännanud isendeid, kohalik populatsioon veel puudus, sest külmaõrn tulnuk ei suutnud siin talvituda. Tänu oma äärmiselt suurele plastilisusele kohastus liik väga kiiresti Eestimaa ebastabiilsete ja hooti päris karmide talvedega ning nüüdseks on meil välja kujunenud kohalik kartulimardika püsipopulatsioon. Seetõttu jäeti see kahjur 2002. aastast välja karantiinsente kahjurite nimekirjast. Madalad temperatuurid liigi eksistentsi enam ohtu ei sea, isegi 2002/2003 aasta kestvad alla 20°C pakased ei suutnud kõiki mardikaid hävitada (Hiiesaar *et al.*, 2006). Meie kohalikku populatsiooni täiendavad sisseränded lõunapoolsetest regioonidest ning kartulimardikast on kartuli tootmispõldudel kujunenud Eestis ainuke putukkahjur, kelle vastu tuleb keemilist tõrjet rakendada. Kuid ka keemiline tõrje ei pruugi iga kord tulemusi anda, sest mardikal on välja kujunenud resistentsus

kõikide konventsionaalsete insektitsiidide vastu (Pearsall, Hogue, 2000). Mitte kõik kahjuri populatsioonid ei ole siiski ühesuguse tundlikkusega, mõnes kohas annab tõrje häid tulemusi, st resistentsuse aste on madal, teises ei mõju mürgid enam üldse (Bessin, 1996).

Kartulimardika kõrge resistentsusaste tavapäraste mürkemikaalide suhtes on sundinud teadlasi otsima alternatiivseid tõrjevahendeid ja võtteid. Antifidantide (söömapärssijate) ja repellentide (peletajate) kasutamine taimekaitses on juba ammu olnud päevakorral, sellele probleemile on pühendatud palju uurimistöid. Taimekaitse ei tähenda ainult putukate tapmist. Üks võimalus on kahjurid kultuuridest eemal hoida, muuta need putukale vastuvõetamatuks. Isman (2002) defineerib antifidanti kui ainet, mis maitseb putukale halvasti ning iga aine, mis vähendab putuka söömisaktiivsust, ongi antifidant. Kartulimardika vastu on paljudes maades katsetatud palju erinevaid taimeekstrakte. Näiteks vähendas *Solanum berthaultii* ekstrakt tunduvalt kartulimardika tõukude toidu tarbimist ning peletas need toidust eemale (Yencho *et al.*, 1994). *Arctium lappa*, *Bifora radians*, *Humulus lupulus*, *Xanthium strumarium* ja *Verbascum songaricum* vähendasid samuti vastsete toitumisaktiivsust (Gökçe *et al.*, 2006). *Heracleum sosnowsky*, *Artemisia absinthium*, *A. dracuncululus*, *Tanacetum vulgare*, *Rheum rhaponticum* ja *Levisticum officinale* osutusid meie uurimuste järgi noortele tõukudele toksiliseks (Metspalu *et al.*, 2001).

Juba üle poole sajandi on taimekaitse seisukohalt erilise tähelepanu all olnud Meelialiste (*Meliaceae*) sugukonda kuuluv Neemipuu (*Azadirachta indica* L.), mille seemneekstrakt sisaldab üle 100 erineva komponendi, millest valdava osa moodustavad azadirahtiinid [Mordue (Luntz), Nisbet, 2000]. Nende baasil loodud preparaadide toimet putukate käitumisele ja arengule on põhjalikult uuritud. Juba paar aastakümnet tagasi oli kirjeldatud üle 200 liigi, kes vältisid neemiga töödeldud toitu täielikult või osaliselt (Jacobsen, 1989). Kuid erinevate liikide ning isegi ühe ja sama liigi erinevate populatsioonide tundlikkuse aste varieerub tugevasti (Mordue (Luntz), Nisbet, 2000). Seetõttu on preparaadile hinnangu andmiseks vajalikud korduskatsed samade liikidega, mis pärinevad erinevatest regioonidest.

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida Neemi seemneekstrakti baasil loodud kommertspreparaadi NeemAzal T/S (Celaflor Schädlingfrei Neem by Scott's Celaflor CmbH & Co, sisaldab 1% azadirahtiini 4% looduslikust neemipuu seemnete õlist, Trifolio-M, Saksamaa) mõju kartulimardika käitumisele.

Materjal ja meetodika

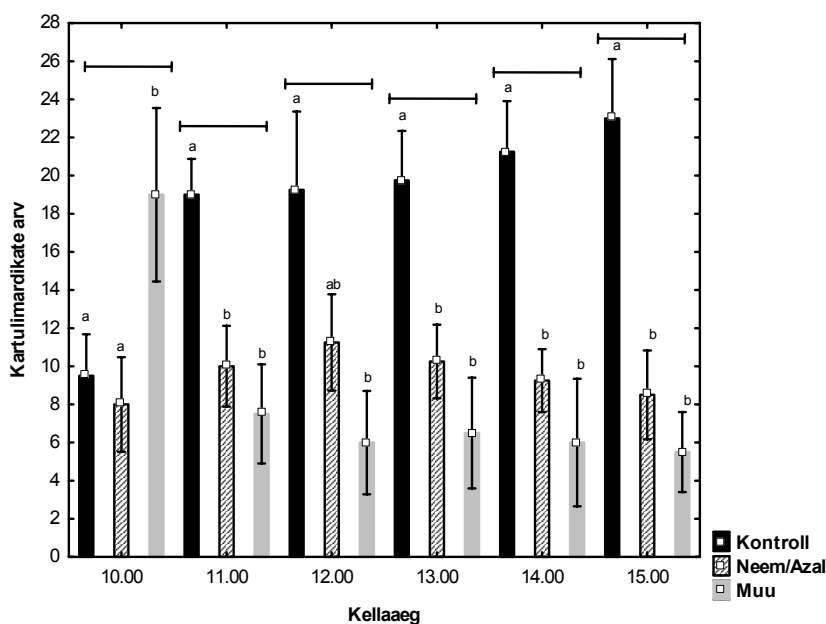
Talvitunud kartulimardika valmikud koguti 2006.a. juulikuus Tartus EMÜ Raja katseaias kartulipõllult. Preparaadi repellentsust uuriti valikkatses. Värsked kartulilehed kasteti 10 sekundiks 0,3% NeemAzal T/S vesilahusesse, töötlemata variandi omad puhtasse vette ning lasti õhu käes 30 minutit kuivada. Seejärel

paigutati töödeldud ja puhtad lehed (3+3) vaheldumisi 70 cm läbimõõduga ümbrasse plastkaussi perifeerselt võrdsele kaugusele üksteisest. Eelnevalt 12 tundi nälgitud mardikad vabastati kausi keskel võrdsele kaugusele lehtedest. Katse viidi läbi kolmes korduses, $N=30$ (15♀ ja 15♂), kokku 90 isendit. Mardikate käitumist jälgiti pidevalt ühe vaatluspäeva jooksul. Iga täistund loendati mardikad töödeldud ja puhastel lehtedel või lehtedest eemal mööda areeni ringi liikumas.

Statistiliseks analüüsiks kasutati t-testi ja ühefaktorilist ANOVA-t.

Tulemused

Mardikate asukoha valik on toodud joonisel nr 1. Iga täistund määrati mardikate arv neemiga töödeldud kartulilehtedel, puhastel lehtedel ja mujal ringi kõndimas.



Joonis 1. Kartulimardika valmikute keskmine arv (\pm standardviga) neemiga töödeldud ja puhastel kartulilehtedel ning väljaspool kartulilehti. Erinevad tähed tulpadel näitavad statistiliselt usaldusväärset erinevust mardikate arvus sama kellaaja loenduse ajal, $P<0,05$.

Mardikad viidi katsesse kell 9.00. Esimese tunni jooksul polnud valdav osa neist veel kindlat asukohta valinud ning liikus mööda areeni ringi. Ringi uitaivate mardikate arv ületas tunduvalt nii töödeldud kui töötlemata lehtedel olevate mardikate arvu, $P<0,05$. Töödeldud ja töötlemata lehtedel peatunud mardikate arvu omavahelisel võrdlemisel statistiliselt usaldusväärne erinevus puudus, $P>0,05$. Kaks tundi peale katse algust olid pooled katses olevatest mardikatest asunud puhastele lehtedele toituma, ülejäänud liikusid enam-vähem võrdsele mööda areeni või peatusid töödeldud lehtedel, $P>0,5$. Sama tendents jätkus kuni

katse lõpuni: osa mardikatest oli kogu aeg liikumises, osa peatus lühiajaliselt neemiga töödeldud lehtedel, suurem osa leidis aktsepteeritavad lehed ning jäi sinna toituma.

ANOVA testi tulemused näitasid, et katse vältel mööda areeni ringi liikuvate kindlat asukohta määratlemata mardikate arv vähenes pidevalt ($F_{5;18} = 2,79$; $P=0,049$); puhtad lehed valinud mardikate arv suurenes pidevalt ($F_{5;18} = 2,74$; $P=0,05$); neemiga töödeldud lehtedel loendatud mardikate arv oluliselt ei muutunud ($F_{5;18} = 0,2976$; $P=0,91$) kuigi vähenemise tendents oli märgatav.

Arutelu

Käesoleva katse tulemused näitavad, et kommertspreparaadi NeemAzal T/S 0,3%-lise vesilahusega pritsimine vähendas märgatavalt kartulilehtede küllastatavust kartulimardikate poolt, st preparaadil ilmnemisele repellentsed omadused. Repellentideks on ained, mis takistavad või vähendavad kontakte putuka ja substraadi (toidutaim) vahel (Bernays *et al.*, 1981). Kuigi mardikad suudavad vahet teha puhta ja töödeldud toidu vahel, ei vältinud nad viimast täielikult ning peatusid töödeldud lehtedel ka katsepäeva lõpul, hoolimata sellest, et alternatiiv puhta kartulilehe näol oli olemas. Neemi ekstrakti peamine komponent, azadiraktiin, stimuleerib putukate suistel olevate kemoretseptorite spetsiifilisi deterrentseid rakke, mis sunnib putukat toidust keelduma (Mordue (Luntz) *et al.* 1998). Kuna azadiraktiin ei ole lenduv aine, peab putukas töödeldud toitu eelnevalt maitsma, et sellele reageerida (Klocke *et al.*, 1989). Need mardikad, kes peatusid töödeldud lehtedel, ei jäänud sinna pikemaks ajaks peatuma, maitse ei olnud neile vastu võetav. Meie poolt läbiviidud antifidantsuse katsed on näidanud, et neemi preparaadiga töödeldud taimi mardikas tõepoolest ainult maitses, söödud toidukogus valikkatses jäi puhta toiduga võrreldes 5 korda madalamaks. Kui nälginud mardikatele pakuti ainult töödeldud toitu, jäi seegi maitsmise tasemele, nälgi ei olnud piisav stiimul söömiseks (Hiiesaar *et al.*, 2009). Meie laborikatse tulemused kinnitavad ka Zabel jt. (2002) läbiviidud põldkatsed neemi preparaadiga, kus mardikad küllastasid küll pritsitud taimi, kuid munesid sinna harva ning kartuli lehestik sai vaid nõrgalt kahjustada.

Toetudes Danielsoni (1996) definitsioonile võime kanda meie katses olnud preparaadi oma omaduste poolest relatiivsete repellentide hulka vastukaaluks absoluutsetele repellentidele, mida putukad väldivad täielikult, pigem surses nälga, kui puutudes töödeldud toitu.

Tänuavaldus

Töö valmis Haridus- ja teadusministeeriumi sihtfinantseerimise projekti nr SF170057s09 ning ETF grandid 6722 ja 7130 toetusel.

Erilist tänu soovime avaldada Dr. Edmund Hummelile, kes saatis meile katsetamiseks neemi preparaadi.

Kirjandus

- Bernays, E.A., Chapman, R.F. & Woodhead, S. 1983. Behaviour of newly hatched larvae of *Chilo partellus* S. *Lepidoptera: Pyralidae*. Bull. Entomol. Res. 73: 75-83.
- Bessin, R. 1996. Colorado potato beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*) larval mortality. <http://www.ca.uky.edu/entomology/entfacts/ef312.asp>
- Danielson, E.J. 1996. The use of natural insecticides and implications of their use in integrated pest management programs for the Colorado potato beetle, (*Leptinotarsa decemlineata*) (*Coleoptera: Chrysomelidae*). http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers_1996/danielson.html
- Gökçe, A., Isaacs, R. & Whalon, M.E. 2006. Behavioral response of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) larvae to selected plant extracts. Pest Manag. Sci., 62:1052-1057.
- Hiiesaar, K. E. Švilponis, L. Metspalu, K. Jõgar, M. Mänd, A. Luik & R.Karise, 2009. Influence of NeemAzal T/S on feeding activity of Colorado Potato Beetles (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Agronomy research, 7: 251-256. (Special issue I).
- Hiiesaar, K., Metspalu, L., J. Jõudu & Kuusik, A. 2001. Diverse effects of NeemAzal-T/S Revealed by Preimaginal Stages of the Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). - Practice oriented results of the use of plant extracts and pheromones in pest control. Proc. of the IX Workshop, eds. Kleeberg & Zebitz, Germany, 105-110
- Isman, M. 2002. Insect antifeedants. Pesticide Outlook. The Royal Society of Chemistry, 152-156.
- Jacobsen, M. 1989. Botanical pesticides – past, present, and future. In: Insecticides of Plant origin. ACS Symposium Series, 387:1-10.
- Klocke, J.A., Balandrin, M.F. Barnby, M.A. & Yanasaki, RB. 1989. Limonoids, phenolics and furanocoumarins as insect antifeedants, repellents and growth inhibitory compounds. In: Insecticides of plant origin. ACS Symposium Series, 387: 136-149.
- Metspalu, L., Hiiesaar, K., Jõudu, J. & Kuusik, A. 2001. The effects of certain toxic plant extracts on the larvae of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say. Practice oriented results on the use of plant extracts and pheromones in pest control. Proc. of the International Workshop, Tartu, Estonia, 84-89.
- Mordue (Luntz) A.J. & Nisbet, A.J. 2000. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. An. Soc. Entomol. Bras. Vol. 29, 4.
- Pearsall, I.A. & Hogue, E.J. 2000. Use of Azadirachtin as a larvicide or feeding deterrent for control of western flower thrips in orchard systems. Phytoparasitica 28(3):2-10.
- Ploomi, A., Sibul, I., Metspalu, L., Hiiesaar, K., Luik, A. 2005. Current status of development and uses of biopesticides in Estonia. Egyptian Journal of Agricultural Research, 83(2), 419-425.

- Yencho, G.C., Renwick, J.A.A., Steffens, J.C. & Tingey, W.M. 1994. Leaf surface extract of *Solanum berthaultii* Hawkes deter Colorado Potato beetle feeding. *J.Chem Ecol* 20:991-1007.
- Zabel, A. Manojlovic B. Rajkovic, S., Stankovic, S. & Kostic, M. 1999. Effect of Neem extract on *Lymantria dispar* L. (*Lepidoptera: Lymantriidae*) and *Leptinotarsa decemlineata* Say. (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *Bulletin of Entomological Research* 89:65-71, Cambridge University Press.

**VALGEMÄDANIKU (*SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* (LIB.) DE BARY)
MÕJU SUVIRAPSI (*BRASSICA NAPUS*) SAAGIKUSELE
I-TAIMEKAITSE KATSETES 2007–2008. A.**

Ene Ilumäe, Veiko Kastanje, Arvi Hansson
Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Ilumäe, E., Kastanje, V., Hansson. 2009. The Impact of *Sclerotinia stem rot* (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary) on the yielding of spring rape (*Brassica napus*). – *Agronomy* 2009.

Field trials in spring oilseed rape 'Ability' were carried out at Üksnurme test fields of Estonian Research Institute of Agriculture during 2007–2008 to study the optimal timing of *Sclerotinia stem rot* (*Sclerotinia sclerotiorum*) control for subsequent development of an improved web-based model under "I-Taimekaitse" decision support system. The spring rape was grown on the same trial field in crop rotation system after 5 years; at the same time a similar trial was carried out on a production field where spring rape was grown on the same area after 3 years. The treatment for control of *Sclerotinia stem rot* was carried out at BBCH 64–65 using fungicide Amistar Xtra 0,5 and 1,0 l ha⁻¹.

The yield loss caused by *Sclerotinia stem rot* forms through the decrease of 1000 grain yield up to 28% if 29% of plants are infected, spontaneous opening of pods and up to 100% of breakage and destruction of rape plants. As it became evident in the trials, at 29% incidence of *Sclerotinia stem rot* the resulting yield loss will reach up to 459 kg ha⁻¹ and at 18–19% disease incidence the yield loss is 219–280 kg ha⁻¹.

If the crop rotation system was followed (spring rape on the same field once after 5 years) the treatment with fungicide Amistar Xtra in dosage 1,0 l ha⁻¹ resulted in 100% control effect. Amistar applied in 0,5 l ha⁻¹ did give only a limited control effect and the incidence of *Sclerotinia stem rot* did stay at 3,1–14,5%.

Figure 1. Effect of *Sclerotinia stem rot* incidence on 1000 grain yield of spring rape

Table 1. Effect of *Sclerotinia stem rot* incidence on yield of spring rape

Keywords: spring rape, *Sclerotinia stem rot*, rape yield loss, rape yielding.

Ene Ilumäe, Veiko Kastanje, Arvi Hansson, Plant Trial Station, Department of Plant Sciences, Estonian Research Institute of Agriculture, 13 Teaduse St., 75501 Saku, Estonia

Sissejuhatus

Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (1884)) esinemine epifütootiaks soodsatel aastatel on Eestis muutumas üheks rapsi saaki ja selle kvaliteeti limiteerivaks põhjuseks. Kuna valgemädaniku tekitaja sklerootsiu- mid jäävad mulda kuni kümneks aastaks, on haiguse massilise esinemise korral reaalne oht valgemädaniku levikuks külvikorras samal põllul ning ka ümb- ruskonna põldudele. Valgemädanikku nakatuvad ja seda kannavad edasi ka

teised ristõielised kultuurid ja umbrohud – seega võib valgemädanikku esineda ka põldudel, kus varasematel aastatel ei ole rapsi kasvatatud.

Suur osa sklerootsiime levitatakse külvisemnega. Külvisest võetud seemneproovi abil on võimalik hinnata, kas on oodata valgemädaniku epifütootia ohtu – rapsi seeme on külviks sobimatu, kui 100 g seemnes leidub 10 sklerootsiimi või nende tükke (Krüger, 1983). Ka väikesed sklerootsiumid on hea idanemisvõimega. Mullas idanevad sklerootsiumid kõige paremini ja moodustavad arvukalt seeme viljakehi (apoteetsiime) siis, kui need on sattunud ~ 5 cm sügavusele (Paul, 2003). Leides maapinnalt oranžikaid või pruunikaid viljakehi, on võimalik prognoosida võimalikku valgemädaniku levikut. Valgemädaniku esinemisel on mittedoovitatav jätta varrejäanuseid mulla pinnale, kuna seen kasvab saprotroofselt koristusjäanustel ja moodustab seal uuesti sklerootsiime. Haiguse esinemist soodustab ka liiga kõrge, meie oludele mittevastav väetisfoon (alates N140 ja kõrgem) või ühekülgne lämmastikväetisega väetamine.

Valgemädanikku ei pruugi esineda igal aastal, haiguse esinemine sõltub palju kliimatilistest tingimustest (temperatuur ja sademed). Põuasel õitsemiseelsel ja –aegsel ajal, ka haigustekitajate olemasolu kõrge fooni korral, ei tarvitse valgemädanikku üldse esineda. Valgemädaniku levikut soodustab rohke sademete esinemine rapsi õitsemiseelsel ja –aegsel perioodil (kuu jooksul 50 mm) ning kõrge õhuniiskus. Üheks valgemädaniku esinemist soodustavaks tingimuseks on ka viljavaheldusest või külvikorrast mitte kinnipidamine kui rapsi kasvatatakse samal põllul sagedamini kui iga viie aasta järel. Sagedasemal ühel ja samal põllul rapsi kasvatamisel paratamatult mullas haigustekitajate nakkuskoormus suureneb. Valgemädanikuga nakatunud taimede seemned jäävad peeneks, saagikus väheneb ja seemnete õlisisaldus on tavalisest väiksem.

Väga suur valgemädaniku leviku oht on neil põldudel, kus kasvatatakse rapsi kaks aastat järjest. Tootmispõldudel tehtud vaatlustest on selgunud, et esimesel kasvuaastal mõõduka (10-15%) valgemädanikku nakatumise puhul oli järgmisel aastal selliste põldude nakatumine kuni 75% taimikust ja saak jäi mõnesaja kg ha⁻¹ tasemele.

Materjal ja meetodika

Põldkatsed rajati I-Taimekaitse veebipõhise nõuandesüsteemi arendamiseks Jõgeva SAI ja EMVI vahel sõlmitud lepingu raames 2007–2008. a. üldise põldkatsete korraldamise meetodika järgi EMVI Saku Üksnurme katsealal kamar-karbonaatsel keskmise raskusega liivsavimullal, mille pH_{KCl} oli 5,8–6,2, huumuse-sisaldus 3,2–3,6% ning omastatava (laktaatlahustuva) P sisaldus oli 112–120 ja K sisaldus 173–181 mg kg⁻¹ mullas. Tootmispõllul oli mulla pH_{KCl} 6,9, huumuse-sisaldus 3,8 ning P sisaldus 104 ja K sisaldus 195 mg kg⁻¹ mullas (omastatavad toitained määrati Põllumajandusuuringute Keskuse Agrookeemia laboratooriumis, pH_{KCl} määrati ISO 10390, P ja K topeltlaktaatmeetodil, S – ISO 11048 ja

huumusesisaldus Tjurini meetodi järgi). Katsepõllul kasvatati rapsi külvikorras kord iga viie aasta järel ja tootmispõllul 3 aasta järel. Tootmispõld asus Üksnurmes (Saku, Harjumaa). Katsealuseks sordiks oli nii katses kui ka tootmispõllul suviraps 'Ability'. Herbitsiididest kasutati külvielselt Treflan'i 2,0 l ha⁻¹, kesalille tõrjeks pritsiti Lontrel'iga 0,3 l ha⁻¹ rapsi rosetistaadiumis [BBCH (Zadoks, *et al.*, 1974) 21–23]. Väetati kompleksväetisega Kemira Raps (18-9-15) 600 kg ha⁻¹. Külvati mai I dekaadil, külvisenorm oli 200 idanevat seemet ruutmeelele. Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum*) tõrjeks pritsiti vastavalt katseskeemile fungitsiidiga Amistar Xtra (200 g l⁻¹ asoksüstrobiin, 80 g l⁻¹ tsüprokonasool) 0,5 ja 1,0 l ha⁻¹ (BBCH 64–65). Valgemädanikku nakatumine määrati koristuseelselt. Nakatunud taimedel määrati kahjustuse % kaheksaastmelist hinnanguskaalat kasutades (20, 30, 40, 50, 70, 80, 90 ja 100%). Rapsi seemnesaak kaaluti ja arvutati baasilise 9% niiskusesisalduseni ning määrati 1000 tera mass. Katsetulemused töödeldi matemaatilisel dispersioonanalüüsi meetodil.

Katse eesmärgiks oli selgitada valgemädaniku (*S. sclerotiorum*) esinemise mõju suvirapsi saagikusele ning Amistar Xtra erinevate kulunormide efektiivsust valgemädaniku tõrjel.

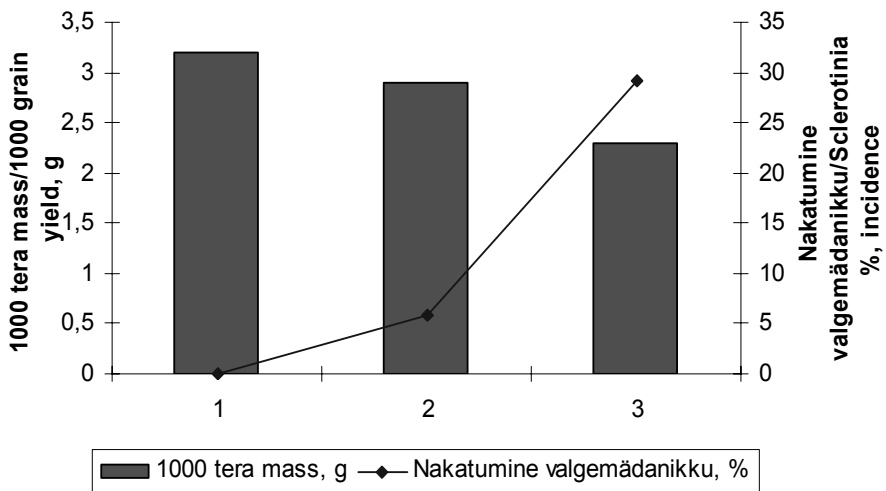
Tulemused ja arutelu

2007. a. ilmastikutingimused ei soodustanud valgemädaniku levikut, õitsemiseelne periood oli tavalisest soojem ja kuivem. Seevastu 2008. a. ilmastikutingimused olid valgemädaniku leviku jaoks soodsad. Juuni II ja III dekaadil oli sademeid 32,0 ja 62,4 mm, ilmastik oli vahelduvalt niiske ja kuum. Rapsi taimikus oli õhuniiskus kõrge.

Valgemädaniku poolt tekitatud saagi kadu on tingitud nii kõtrade iseeneslikust avanemisest (Kaarli, 2004) kui ka 1000 tera massi väiksemaks jäämisest. Lisaks sellele jääb osa seemneid tolmpreeneks, mis koristamisel satuvad põllule tagasi. On täheldatud, et nakatunud taimedel 30% kõtrade kas avaneb iseeneslikult või ei moodustu neis koristuskõlbulikku seemet (Krüger, 1983). Katse tulemustest ilmnes, et valgemädaniku nakkuse puudumisel oli keskmine 1000 tera mass 3,2 g, kuid see vähenes haiguse intensiivsuse suurenemisel (joonis 1). Tootmispõllul 29,1% valgemädaniku esinemisel oli keskmine 1000 tera mass ainult 2,3 g (vähenemine 28,1%).

Varasemate uuringute tulemustest on ilmnenu, et nakatunud taimede 1000 tera mass väheneb keskmiselt 1 g võrra (Ilumäe, 2007). Saksa teadlaste hinnangul vähendab valgemädanikku nakatumine 1000 tera massi keskmiselt 23% saagitaseme 3,0 t ha⁻¹ juures (Krüger, 1983). Lisaks eeltoodule olid koristusajaks need taimed, millel haigustunnuse esinesid varem ja nakatumine oli 100%, valdavalt juurekaela pealt murdunud ning suuruselt koristuskõlbulikku seemet neis praktiliselt moodustunud ei olnud.

Haigestunud taimede osakaal mõjustas küllaltki oluliselt ka saagikust (tabel 1).



1 – Amistar 1,0 l ha⁻¹ 2 – Amistar 0,5 l ha⁻¹ 3 – Kontroll/Untreated

Joonis 1. Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum*) esinemise mõju suvirapsi 1000 tera massile 2008. a.

Tabel 1. Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum*) esinemise mõju suvirapsi saagile

Variant	Pritsimisaeg	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		Saak, kg ha ⁻¹	Relatiivne saak %	Saagikadu kg ha ⁻¹
		Nakatunud taimi m ²	Nakatumine %			
Raps samal põllul 3 aastat tagasi						
1.Kontroll	-	23	29,1	1414	100	459
2. Amistar 0,5 l ha-1	64-65	18	14,5	1654	117	219
3. Amistar 1,0 l ha-1	65-65	1	1,5	1873	133	X
PD ₀₅ /LSD ₀₅				216		
Raps samal põllul 6 aastat tagasi						
1.Kontroll	-	19	5,9	1738	100	280
2. Amistar 0,5 l ha-1	64-65	10	3,1	1908	110	110
3. Amistar 1,0 l ha-1	64-65	0	0	2018	116	X
PD ₀₅ /LSD ₅				188		

Rapsi liiga sagedasel (kolme aasta järel) kasvatamisel ühel ja samal põllul oli 29,1% nakatumise korral saagikadu 459 kg ha⁻¹ ning 18–19% nakatumise korral ulatus saagikadu 219–280 kg ha⁻¹. Tabelist ilmneb, et valgemädaniku tõrjel fungitsiidi normi vähendamisel poole normini jäi tõrjeefekt väheseks. Mõningat mõju see küll avaldas, kuid haigust esines nii katse- kui ka tootmispõllul ja põllule jäänud tõenäoline haigustekitajate hulk võib ohustada külvikorrast edaspidiselt rapsi kasvatamist.

Katsepõllul külvikorrast kinnipidamisel oli variandis, kus kasutati Amistar Xtra 0,5 l ha⁻¹, nakatumine küll ainult 3,1% ja see jääb väikese nakatumisastme piiresse (kuni 5%), kuid haiguse leviku ja majanduslikust seisukohast on see norm väheefektiivne, kuigi saagikuste võrdlemisel ilmneb, et ka Amistar Xtra 0,5 l ha⁻¹ kasutamisel saadi katseaastal statistiliselt usutav enamsaak.

Tootmispõllul soodustas valgemädaniku levikut tõenäoliselt ka taimede tihedam seis, kuna mulla varjutamine oli efektiivsem ja apoteetsiumid said paremini areneda.

Kokkuvõte ja järeldused

Valgemädaniku esinemine põhjustab küllaltki olulist saagikadu: 29% valgemädaniku nakatumise puhul ulatub saagikadu 459 kg ha⁻¹; 18–19% nakatumise korral 219–280 kg ha⁻¹. Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum*) poolt tekitatud saagikadu ilmneb:

a. 1000 tera massi vähenemises kuni 28% kui nakatunud on 29% taimikust;

b. Kõtrade iseeneslikus avanemises

c. 100 %-liselt nakatunud taimede juurekaelalt murdumises ja hävinemises

Rapsi taimiku valgemädanikku nakatumise vältimiseks ja vähendamiseks tuleks kinni pidada külvikorrast ja vajadusel (niisked ilmastikutingimused, eeldatav haigustekitajate olemasolu) kasutada fungitsiidi. Katses saadi külvikorrast kinnipidamisel fungitsiidiga Amistar Xtra 1,0 l ha⁻¹ 100% tõrjeefekt. Pritsimisel Amistar Xtra 0,5 l ha⁻¹ jäi tõrjeefekt väheseks, valgemädanikku esines 3,1–14,5%.

Valgemädaniku levikuks soodsal aastal võib põllul, millel eelmisel rapsi kasvatamise korral (kuus aastat tagasi) oli nakatumine mõõdukas, võib haiguse lööbimine olla kuni 30%.

Artiklis analüüsitud katsete tulemuste põhjal võib järeldada, et suvirapsi põldude valgemädaniku tekitaja nakkuskoormuse vähendamiseks ning tema poolt põhjustatud kõrgete saagikadude vältimiseks on vajalik külvikorrast kinnipidamine, kusjuures intervall rapsi kasvatamisel samal põllul on vähemalt 5 aastat, samuti tuleb fungitsiididega pritsimisel kindlasti kasutada tootja poolt soovitatavat täiskulunormi.

Tänuavaldused

Käesolevas artiklis käsitletud uuringuid toetas Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium Jõgeva Sordiaretuse Instituudi ja Eesti Maaviljeluse Instituudi vahel I-Taimekaitse veebipõhise nõuandesüsteemi arendamiseks sõlmitud lepingute kaudu.

Kasutatud kirjandus

- Ilumäe, E., Kastanje, V., Hansson, A., Akk, E. 2007. Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.)De Bary) levik suvirapsil (*Brassica napus*) ja selle tõrje. *Agronoomia* 2007, Saku, lk. 117–120.
- Kaarli, K. 2004. Haigused ja nende tõrje. – Ölikultuuride kasvataja käsiraamat, lk. 63–67.
- Krüger, W. 1983. Raps. Krankheiten, Schädlinge, S. 34–42.
- Paul, V.H. 2003. Weißstengligkeit- Raps. Krankheiten, Schädlinge, Schadpflanzen, S. 41–46.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. 1974. Adecimal code for the growth stages of cereals. – *Weed research*, 14, p. 415–421.

**NAERI-HIILAMARDIKA (*MELIGETHES AENEUS FAB.*)
PEREMEESTAIMEDE EELISTUSED**

**Luule Metspalu, Külli Hiiesaar, Katrin Jõgar, Irja Kivimägi,
Teivi Miil, Angela Ploomi, Eha Švilponis, Eve Veromann**
EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Metspalu, L., Hiiesaar, K., Jõgar, K., Kivimägi, K., Miil, T., Ploomi, A., Švilponis, E., Veromann, E. 2009. Host-plant preferences of pollen beetle (*Meligethes aeneus* Fab.). – Agronomy 2009.

The feeding and oviposition preferences of the pollen beetle, Meligethes aeneus were determined in semi-field trials. Plant species used were Brassica napus, B. rapa, B. juncea and Sinapis alba. Pollen beetles exhibit choice for B. juncea and B. rapa over B. napus. This preference is probably due to both the odor and early flowering nature of the host plants – the preferred species developed more quickly, and became infested with pests earlier than those of oilseed rape. The highest preference was found for B. juncea. S. alba is acceptable for feeding, but is generally not colonized. Pollen beetles laid fewer eggs on S. alba than on the other Brassica spp.

Figure 1. Mean number of the pollen beetle, *Meligetes aeneus*, adults counted during the experimental period on different host plants. Different letters indicate significant differences at $P < 0.05$ (LSD test)

Figure 2. Mean number of the pollen beetle, *Meligetes aeneus*, larvae counted during the experimental period on different host plants. Different letters indicate significant differences at $P < 0.05$ (LSD test)

Keywords: *Meligethes aeneus*, host-plant choice, *Brassica napus*, *B. juncea*, *B. rapa*, *Sinapis alba*

Luule Metspalu, Külli Hiiesaar, Katrin Jõgar, Irja Kivimägi, Teivi Miil, Angela Ploomi, Eha Švilponis, Eve Veromann Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences, 1 Kreutzwaldi St., 51014 Tartu, Estonia

Sissejuhatus

Rapsi (*Brassica napus* L.) ja rüpsi (*B. rapa* L.) külvipinnad on viimastel aastakümnetel maailmas järjest laienenud ning nad on kujunenud olulisteks toidu- ja söödakultuurideks, aga ka tähtsaks energiaallikaks loodussõbralike kütuste tootmisel. Sama tendents on ka Eestis, viimase 15 aasta jooksul on nende kultuuride kasvupind suurenenud ligi 60 korda. See loob kahjuritele soodsad tingimused, sest monokultuursed põllud pakuvad piiramatult toitu ning paljunemisvõimalusi (Hokkanen, 2000; Cook, Denholm, 2008). Kõige olulisemaks kahjuriks on kujunenud naeri-hiilamardikas (*Meligethes aeneus* Fab.), kelle tõrjumiseks on aastaid kasutatud püretroide, sageli rutiinselt, kahjurite kohalolekut ja ohtrust

kontrollimata. Tagajärjeks on mürgiresistentse hiilamardika kujunemine, saagi majandusliku konkurentsivõime vähenemine ning põldude bioloogilise mitmekesisuse kahanemine. Naeri-hiilamardika mürgiresistentsuse probleemid on tõsised Prantsusmaal, Taanis, Rootsis, Poolas ja Saksamaal (Heimbach *et al.*, 2006; Hansen, 2008; Wegorek, Zamojska, 2007). Hokkaneni (2000) andmeil ei vähendanud püretroidide kasutamine ka Soomes naeri-hiilamardika uue põlvkonna arvukust, analoogseid tulemusi said Veromann jt. (2008) – keemiline tõrje suurendas kahjurite uue põlvkonna arvukust. Praeguseks on selgunud, et sellel putukaliigil on terve kompleks resistentsusmehhanisme, mis enamikel putukaliikidel on tavaliselt ühekaupa (sihtmärkide mutatsioonid, muutused karboksüülesterasides ja monooksü-genaasides, jne) (Slater, Nauen, 2007). Resistentsete putukate tulemuslik tõrje nõuab üha suuremaid mürgiannuseid ning mitmeid pritsimiskordi, millega kaasneb keskkonna saastekoormuse kasv ning oht inimese tervisele (Johnson, 1998). Seepärast on ülimalt oluline leida selle kahjuri tõrjeks alternatiivseid keskkonnoahutumaid tõrjemeetodeid ning kasvatustehnoloogiaid. Uusi tõrjemeetodeid nõuab mahetootmine, sest selle viljelusviisi puhul on sünteetiliste tõrjevahendite kasutamine keelatud. Kuivõrd naeri-hiilamardika puhul teatakse, et tema taime-eelistused võivad suuresti erineda, siis võiks kahjuri käitumisega manipuleerimine olla üheks insektitsiidideta tõrjestrategia väljatöötamise aluseks. Käesoleva töös selgitatigi, millised on naeri-hiilamardika toitumis- ning munemiseelistused valge sinepi (*Sinapis alba* L.), kapsasrohu e. sarepta kapsasrohu (*B. juncea* L.), suvirüpsi (*B. rapa* L. var. *oleifera* subvar. *annua*) ja suvirapsi (*B. napus* L. var. *oleifera* subvar. *annua*) suhtes. Eesmärgiks oli leida nende hulgast võimalikke peibutus- e. lõksutaimede liike, mida võiks rakendada põhikultuuri kaitsmiseks.

Metoodika

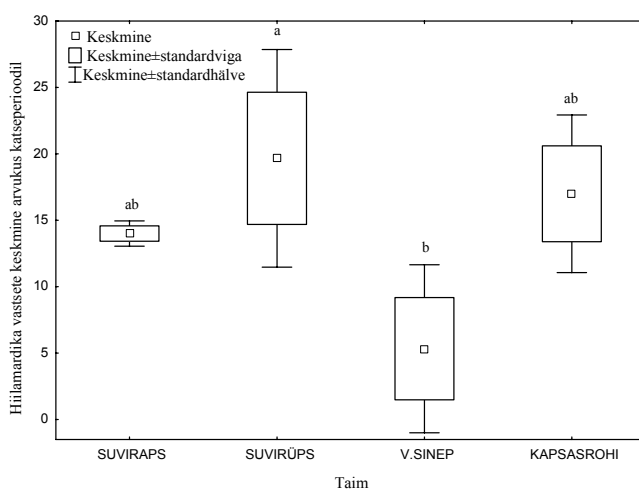
Katse rajati 18. mail 2007. a. Tartus Raja tn EMÜ õppe- ja katseaias, kolmes korduses, katselappide randomiseeritud asetuses, lapi suurus oli 5 m² ning lappe ümbritsesid 1 m laiused kaitseribad. Kasvatati nelja erinevat kultuuri: suviraps, suvirüps, kapsasrohi ning valge sinep. Kahjuri arvukus määrati kaks korda nädalas. Selleks kasutati selliste katsete tarvis välja töötatud ja üldlevinud lõögimeetodit, kus igalt vaatluslapilt võeti juhuslikud 10 taime ning löödi kolm korda vastu 220x290x8 cm suuruse kandiku põhja. Iga proov koguti kandikult eraldi plastmassstoppi, mis markeeriti. Laboris määrati proovidesse sattunud hiilamardika valmikute ja vastsete arv. Samaaegselt määrati ka katsekultuuride fenoloogilised kasvufaasid.

Andmete statistilisel analüüsil kasutati programme STATISTICA 7.1 ja Microsoft Office Excel 2003. Katsevariantide võrdluses kasutati ANOVA post-hoc LSD testi. Statistiliste testide eksimistõenäosus oli väiksem kui 0,05%.

Tulemused ja arutelu

Töö tulemuste analüüs näitas, et naeri-hiilamardika valmikute arvukus sõltus usaldusväärselt katses olnud taimeliigist (ANOVA, $F_{3,8}=5.13$; $p=0,02$) (joonis 1). Kõige enam püüti katseperioodi jooksul kahjurit rapsilt, oluliselt ei jäänud maha valge sinep, nende taimeliikide omavaheline võrdlus näitas, et kahjurit arvukuses puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus ($p=0.2$). Ka rüpsilt ja kapsasrohult püüti küllalt võrdne hulk hiilamardikat, kuid rapsiga võrreldes oli arvukus nii rüpsil ($p=0.01$) kui kapsasrohul ($p=0.01$) usaldusväärselt väiksem. Hiilamardikate arvukus oli valgel sinepil mõnevõrra kõrgem, kui kapsasrohul või rüpsil, kuid erinevus ei olnud kummalgi puhul statistiliselt usaldusväärne ($p>0.05$).

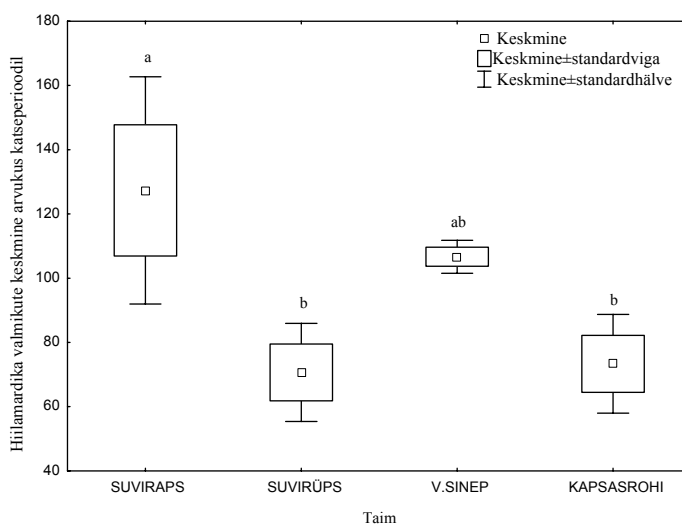
Hiilamardika valmikute erinevat keskmist hulka katsekultuuridel mõjutas aja-faktor. Valgele sinepile ilmusid kõikidest katses olnud õlikultuuridest kõige varem



Joonis 1. Naeri-hiilamardika (*Meligethes aeneus*) valmikute keskmine arvukus katseperioodi jooksul kokku erinevatel taimeliikidel. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulisi erinevusi tasemel $p<0.05$ (ANOVA ja LSD-test)

õiepungad ning õitsemine kestis 36 päeva, võimaldades hiilamardikale pikaajase piiramatu toidu- ja munemisressursi. Vaid paar päeva pärast valget sinepit alustas õitsemist kapsasrohi, kuid õitsemine kestis vaid 14 päeva. Kuivõrd kapsasrohult ja valge sinepilt püütud valmikute keskmise arvukuse võrdluses puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus (joonis 1), siis järelikult eelistab hiilamardikas oluliselt rohkem kapsasrohtu. Samast seisukohast lähtudes on kapsasrohi ka mõnevõrra eelistatum kui rüps, kuna viimase õitsemine kestis 21 päeva, püütud hiilamardikate arv oli aga neil kahel taimeliigil enam-vähem võrdne. Inglismaal läbiviidud katsetest on selgunud, et rüps on sealsetes tingimustes potentsiaalne hiilamardika püniskultuur suvirapsi kasvatamisel (Cook *et al.*, 2006). Meie katses olnud kapsasrohtu lõksutaimena varem katsetatud ei ole. Hiilamardikate suur

arvukus rapsil oli eelkõige tingitud selle kultuuri hilisemast arengust võrreldes teiste katsekultuuridega. Selleks ajaks kui kapsasrohu ja rüpsi õitsemine hakkas lõppema, oli raps jõudnud hiilamardikale munemiseks sobivate õiepungade faasi ning kahjur kolis üle rapsile. Üheks oluliseks põhjuseks, miks hiilamardikas valis samaaegselt õitsevaid katsekultuure erinevalt, on nende mõnevõrra erinev keemiline koostis. Kuigi taimedes on mitmeid putukaid meelitavaid ning peletavaid ühendeid, on hiilamardika valikuotsuste tegemisel määrava tähtsusega glükosinolaatide sisaldus ning nende koostis. Nii on leitud, et rapsil on tähtsamateks hiilamardika käitumist mõjutavateks glükosinolaatideks progoitriin, glükonapiin ja glükobrassi-kanapiin (Milford *et al.*, 1989; Etienne, Dourmad, 1994). Rüpsi keemiline koostis on rapsist mõnevõrra erinev. Nii näiteks on temal õiepungades ja õites leitud suurtes kogustes glükonapiini ja glükobrassikanapiini, mitte aga progoitriini. Peale selle on rüpsist leitud suhteliselt suurtes kogustes glükonasturtiini, mida rapsist leitud ei ole (Zukalova *et al.*, 2002). Valge sinepi ja kapsasrohu keemilise koostise mõjudest naeri-hiilamardika käitumisele teatakse seni vähe. Siiski arvatakse, et valge sinepi toitumisatraktiivsus hiilamardikale on tingitud taimes leiduvate sinapiini ja glükosinalbiini suurtest kogustest (Hopkins *et al.*, 1998). Kapsasrohust on leitud olulisel määral sinigriini, mis näiteks soodustab kapsaliblikate röövikute toitumist (Ma, 1972). Samuti stimuleerib sinigriin toiduma ning munema teisigi oligifaagseid putukaid nagu näiteks kapsa tuhktäi, ristõieliste maakirbud jne (Luik, 1997).



Joonis 2. Naeri-hiilamardikate (*Meligethes aeneus*) vastsete keskmine arvukus erinevatel taimeliikidel katseperioodi jooksul (ANOVA ja LSD-test). Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulisi erinevusi

Meie töö tulemustest selgus, et hiilamardika munemiseelistuste ja taimeliigi vahel oli usaldusväärne seos (ANOVA, $F_{3,8}=2,92$; $p<0,05$, joonis 2). Kõige vähem vastseid leiti valgelt sinepilt, kusjuures vaid rüpsiga võrreldes oli erinevus usaldusväärne ($p=0,023$).

Vaatamata valmikute suurele hulgale valgel sinepil, näitab vastsete vähesus seda, et seda taimeliiki kasutatakse peamiselt toitumiseks, vähem paljunemiseks. Ehkki seni pole teada hiilamardika spetsiifilisi toitumist või munemist stimuleerivaid või pärssivaid ühendeid (Bartlet *et al.*, 2004), on leitud, et munade arv ning tootlikkus sõltub oluliselt peremeestaime kvaliteedist (Hopkins, Ekbohm, 1999). Nii on rapsil toituvad mardikad viljakamad kui valgel sinepil ning rapsil on ka vastsete suurem väiksem ning kaal suurem kui valgel sinepil arenenud vastsetel (Ekbohm, Popov, 2004). Hiilamardika vähest munemisatraktiivsust valgel sinepil seletatakse ka sellega, et see taimeliik sisaldab vähe butenüül- ja pentenüülglükosinolaate. McCaffrey jt. (1999) järeldasid, et valge sinepi resistentsus on tingitud suurte sinialbiini koguste olemasolust, mis hiilamardikale on osutunud munemist pärssivaks ühendiks. Kuivõrd valge sinepi pungad on kaetud tiheda karvastikuga, on ka see nähtavasti üheks põhjuseks, mis võib takistada hiilamardika munemist.

Järeldused

Hoiduda meie katses olnud kultuuride lähestikku kasvatamisest, sest see loob naeri-hiilamardika jaoks suurepärase toitumis- ning munemiskonveieri. Varakult õitsevale valgele sinepile tullakse toituma, kapsasrohul ja suvirüpsil peamiselt toitutakse kuid ka paljunetakse. Nendelt kultuuridelt minnakse hiljem õitsevale suvirapsile paljunema.

Kapsarohtu, valget sinepit ja rüpsi võib rapsi lähikonnas kasvatada lõksu- e. püünistaimedena seni kuni rapsil hakkavad moodustuma õiepungad. Siis tuleb lõksutaimed koos kahjuriga süsteemist eemaldada (sissekünd, pritsimine).

Tänuavaldused

Käesolev töö valmis EV HTM sihtfinantseerimise projekti SF170057c09 ja ETF grantide 6722 ja 7130 toel.

Kasutatud kirjandus

- Bartlet, E., Blight, M.M., Pickett, J.A., Smart, L.E., Turner, G., Woodcock, C.M. 2004. Orientation and feeding responses of the pollen beetle, *Meligethes aeneus*, to candytuft, *Iberis amara*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 30, No. 5, 913–925.
- Cook, S.M., Denholm, I. 2008. Ecological approaches to the control of pollen beetles in oilseed rape. *EPPA Bulletin*, Volume 38, Issue 1, 110–113.
- Cook, S.M., Smart, L.E., Martin, J.L., Murray, D.A., Watts, N.P., Williams, I.H. 2006. Exploitation of host plant preferences in pest management strategies for oilseed rape (*Brassica napus*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 119, 221–229.

- Ekbom, B., Popov, S.Y.A. 2004. Host plant affects pollen beetle (*Meligethes aeneus*) egg size. *Physiological Entomology*, 29, 2, 118–122.
- Etienne, M., Dourmad, J.Y. 1994. Effects of zearalenone or glucosinolates in the diet on reproduction in sows: a review. *Livestock-Production-Science* 40, 2, 99–113.
- Hansen, L.M. 2008. Occurrence of insecticide resistant pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) in Danish oilseed rape (*Brassica napus* L) crops. *EPPO Bulletin*, Volume 38, Issue 1, 95–98.
- Heimbach, U, Müller, A., Thieme, T. 2006. First steps to analyse pyrethroid resistance of different oilseed rape pests in Germany. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 58, 1–5.
- Hokkanen, H. 2000. The making of a pest: recruitment of *Meligethes aeneus* onto oilseed Brassicas. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95, 141–149.
- Hopkins, R.J., Ekbom, B. 1999. The pollen beetle, *Meligethes aeneus*, changes egg production rate to match host quality. *Oecologia*, 120, 274–278.
- Hopkins, R.J., Ekbom, B., Henkow, L. 1998. Glucosinolate content and susceptibility for insect attack of three populations of *Sinapis alba*. *Journal of Chemical Ecology*, 24,7, 1203–1216.
- Johnson, D. 1998. Vendors of microbial and botanical insecticides and insect monitoring devices. University of Kentucky College of Agriculture Cooperative Extension Service, 8 pp.
- Luik, A. 1997. Taimed putukate mõjutajana, Tartu, 87 lk.
- Ma, W.C. 1972. Dynamics of feeding responses in *Pieris brassicae* L. as a function of chemosensory input: a behavioural, ultrastructural and electrophysiological study. *Meded Landbouwhog. Wageningen*, No 11.
- McCaffrey J.P., Harmon, B.L., Brown, J., Brown A.P., Davis. J.B. 1999. Assessment of *Sinapis alba*, *Brassica napus* and *S. alba* x *B.napus* hybrids for resistance to cabbage seedpod weevil, *Ceutorhynchus assimilis* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Agricultural Science* 132, 289–295.
- Milford, G.F.J., Porter, A.J.R., Fieldsend, J.K., Miller, C.A., Leach, J.E., Williams, I.H. 1989. Glucosinolates in oilseed rape (*Brassica napus*) and the incidence of pollen beetles (*Meligethes aeneus*). *Annals of Applied Biology* 115: 375–380.
- Slater, R., Nauen, R. 2007. The development and nature of pyrethroid resistance in the pollen beetle (*Meligethes aeneus*) in Europe. Management strategies for European rape pests. EPPO Workshop 03-05.09.07. Berlin-Dahlem
- Zukalova, H., Vařak, J., Nerad, D., Štranc, P. 2002. The role of glucosinolates of *Brassica* genus in the crop system. *Rostlinna Vyroba* 48, 181–189.
- Wegorek, P., Zamojska, J. 2007. Current status of resistance in pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) to selected active substances of insecticides in Poland. *EPPO Bulletin*, Volume 38, Issue 1, 91–94.
- Veromann, E., Kevvõi, R., Luik, A., Williams, I.H. 2008. Do cropping system and insecticide use in spring oilseed rape affect the abundance of pollen beetles (*Meligethes aeneus* Fab.) on the crop? *International Journal of Pest Management*, 54, 1–4.

MITMESUGUST
MISCELLANEOUS

TAIMETOITEELEMENTIDE PÕLLULE VIIMISE KULUD SÕLTUVALT VÄETISE LIIGIST

Enno Koik, Kalvi Tamm, Raivo Vettik ja Peeter Viil

Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Koik, E., Tamm, K., Vettik, R., Viil, P. 2009. Expenses of carrying of plant nutrition elements from storage to the field, depending on the type of fertiliser. – Agronomy 2009.

Field distance to the farm centre and fertiliser prices influence farmers' choices regarding fertilising method and logistics. The aim of this study is to compare the expenses of carrying plant nutrition elements from storage to the field depending on the type of fertiliser and technology.

The following fertilising technologies were compared: 1) hauling of artificial fertiliser to the field with vehicle and spreading with disc distributor; 2) hauling solid manure to the field and distributing it with a solid manure distributor; 3) hauling solid manure to the field with a separate transporter and distributing it with a solid manure distributor; 4) hauling and distributing liquid manure with the disc distributor; and 5) hauling slurry to the field with a separate transporter and spreading slurry with a disc distributor. In calculations it was presumed that the manure comes from the farm's own production and the only costs incur in hauling and distribution.

Calculations showed that in Estonian average production conditions, it is most economical to use the technology 2 up to a field distance of 9 km and technology 5 on more distant fields. Compared to technology 3, the technology 2 has proven more economical until 17 km. Compared with technology 5, technology 4 is more cost-effective until 3 km. Until 9 km, the usage of artificial fertiliser is most expensive.

Table 1. Expenses on the artificial fertiliser, depending on the field distance

Table 2. Expenses on the solid manure in the case of direct transportation, depending on the field distance

Table 3. Expenses on the solid manure in the case of reloading, depending on the field distance

Table 4. Expenses on the slurry in the case of direct transportation, depending on the field distance

Table 5. Expenses on the slurry in the case of reloading, depending on the field distance

Figure 1. Expenses on the plant nutrition elements in the case of different technologies, depending on the field distance

Keywords: travel distance, transportation technology, solid manure, slurry, artificial fertilizer

Enno Koik, Kalvi Tamm, Raivo Vettik and Peeter Viil, Department of Agricultural Engineering and Technology, Estonian Research Institute of Agriculture, 13 Teaduse St., 75501 Saku, Estonia.

Sissejuhatus

Tõhusaks majandamiseks peab taimekasvataja kalkuleerima, milline on soodsaim tehnoloogia taimede toiteainetega varustamiseks. Mineraalväetiste kõr-

val on oluliseks toiteelementide allikaks tahe- ja vedelsõnnik. Varem on autorid võrrelnud lämmastikväetise ja vedelsõnniku kasutamise kulusid rohumaa ja taliteraviljade kevadisel pealtväetamisel. Viimasel ajal, seoses mineraalväetiste hinna tõusuga, on põllumeeste huvi suurenenud nii vedelsõnniku kui ka tahesõnniku laotuskulude kohta. Käesolevas artiklis võrreldakse taimetoiteelementide hoidlast põllu mulda toimetamise kulusid mineraalväetise, tahe- ja vedelsõnniku korral.

Sõnniku laotamisel kasutatakse sageli laoturit ka sõnniku põllule vedamiseks, kui viimane asub sõnnikuhoidla lähedal. Kaugemate põldude korral on otstarbekam kasutada eraldi veokit ja põllul ümberlaadimist. Seetõttu selgitatakse antud uurimuses ka seda, millisest kaugusest alates tasub kasutada sõnniku ümberlaadimisega tehnoloogiat.

Võrreldes tahesõnniku tehnoloogiaga tuleb vedelsõnnikut tonnides loomühiku kohta 1,8–2,0 korda rohkem. 2008. aastal küsitlesid autorid intensiivse sea- ja veisekasvatusega tegelevaid ettevõtteid, kelle kontaktandmed olid kantud keskkonnakompleksloa kohuslaste nimekirja. Küsitlustest selgus, et 54st seakasvatajast oli 9 ainult tahe- ja 45 täielikult või osaliselt vedelsõnniku süsteemiga ning 125st veisekasvatajast oli 48 ainult tahe- ja 77 täielikult või osaliselt vedelsõnniku süsteemiga. Küsitluse tulemusena saadi järgmised aastased sõnnikukogused: sead – vedelsõnnikut 425 tuhat tonni ja tahesõnnikut 40 tuhat tonni, veised – vedelsõnnikut 1025 tuhat tonni ja tahesõnnikut 615 tuhat tonni.

Uurimuse võrreldud tehnoloogiateks olid: 1) mineraalväetise laotamine ketaslaoturiga, kus kopplaadur laeb ja veab väetise põllule; 2) vedelsõnniku vedu põllule ja laotamine toimub sama agregaadiga; 3) vedelsõnnik veetakse põllule renditud paakautoga ja laotatakse oma laoturiga; 4) tahesõnniku vedu põllule ja laotamine toimub sama agregaadiga ning 5) tahesõnnik veetakse põllule traktorihaagisega ja laotatakse laoturiga.

Materjal ja meetodika

Kulude arvutamisel arvestatakse kulu väetisele ja selle hoidlast põllule mulda viimisele. Põllu pindala on arvutustes 20 ha. Arvutused tehakse sõltuvalt põllu kaugusest 0–20 km ettevõtte keskusest. Samuti arvestatakse laotamiskulusid ja etteveo korral masinate põllule transportimise kulusid. Masinate põllule transportimise kulude arvutamisel kasutatakse põllu kauguse hindamise meetodika jaoks koostatud valemeid (Tamm, 2009). Masinate põllutööde kulud on leitud tunnihinna arvutamise algoritmide abil (Edwards, 2005), on kasutatud ka tootjate küsitluse ja tootmispõldudel tehtud vaatluste andmeid. Orgaanilise väetise korral eeldatakse, et tegemist ettevõtte enda loomakasvatusest pärineva saadusega ja seega selle väetise hind on 0 kr/t.

Mineraalväetis. Võrdlusesse on valitud mineraalväetis NPK 18–8–16+3S+(Mg, B, Se), sest see on elementide struktuurilt lähedane sõnnikule. Mineraalväetis sisaldab järgmisi toiteelemente: N – 18 %, P – 3,6%, K – 13,6%, S – 3,0%, Mg – 1,7% ja B – 0,02% – kokku 39,92% (Farm Plant Eesti, 2009).

Suviteraviljade kevadisel külvielsel väetamisel on mineraalväetise koguseks valitud 400 kg/ha. Mineraalväetisega antav toiteainete summaarne kogus on 160 kg/ha. Mineraalväetise maksumus on 6772 kr/t (siin ja edaspidi hinnad km-ta) (Baltic Agro AS, juuni 2009), ehk 2709 kr/ha. Mineraalväetis laaditakse laos veokile ja veetakse viimasega põllule. Põllul laaditakse mineraalväetis veokilt laoturile ja seejärel laotatakse põllupinnale.

Tahesõnnik. Eestis kogutud sõnnikuproovide keskmisena sisaldab allapanuga veisesõnnik (19,2% kuivainet), 0,51% N 0,1% P ja 0,49% K (TTVK, 1996). Mikroelemente sisaldab allapanuga veisesõnnik järgnevalt (Kanger *et al.*, 2009): S – 400 g/t, Mg – 1000 g/t, Cu – 1,6 g/t, B – 1,8 g/t, Mn – 24 g/t ja Zn – 9 g/t.

TTVK (1996) andmeil omastavad taimed külvikorra vältel sõnnikust keskmiselt 50% N, 50% P ja 75% K. Seega arvestame, et külvikorra vältel viiakse allapanuga veisesõnnikuga põllule 8,16 kg/t samu taimede poolt omastatavaid toiteelemente, mis võrreldava mineraalväetisega.

Laotusnormi valikul lähtume, et põllule saaks viidud sama palju külvikorraga omastatavat N kui vaadeldava mineraalväetisega. Seega vajalik laotusnorm $72 \text{ kg/ha} : 5,1 \text{ kg/t} : 50\% \cdot 100\% \approx 28 \text{ t/ha}$.

Tahesõnniku puhul vaadeldakse otseveoga ja ümberlaadimisega tehnoloogiat. Otseveol laoturiga laetakse tahesõnnik hoidla juures laoturisse, sellega viiakse põllule ja laotatakse. Ümberlaadimise korral laetakse tahesõnnik hoidla juures veokisse ja veetakse põllule kus sõnnik kallutatakse vaheladustusauna kõrvale maha. Kopplaadur virnastab maha kallatud koorma auna ja laeb sõnniku aunast laoturile. Laaduri jõudluseks on arvestatud 40 t/h. Laostraktori võimsuseks on 75 kW. Tahesõnnikulaoturi kandevõime on 8 t ja haardelaius 6 m. Tühjendamise jõudluse 27 kg/s korral peab töökiirus olema 5,8 km/h. Ümberlaadimise korral kasutataval lisaveokil on 75 kW traktor ja 10 t haagis.

Vedelsõnnik. Vedelsõnnikus sisalduvate taimetoiteainete kogus on nii mitmete välisallikate kui ka Eestis teostatud vedelsõnnikuanalüüside alusel üsna erinev. Arvutustes on kasutatud Põllumajanduse Uurimiskeskuse ja Maaülikooli laboratooriumides 2009. a. tehtud veise vedelsõnniku analüüside taimetoiteainete sisalduste keskmiseid väärtusi kuivainesisaldus 6,9%, N 3,6 kg/t, (sellest $\text{NH}_4\text{-N}$ 1,7 kg/t), P 0,6 kg/t, K 2,3 kg/t, Mg 0,5 kg/t. Mikroelementide sisaldus on veiste allapanuta sõnnikus järgmine (Kanger *et al.*, 2009): S – 300 g/t, Cu – 1,0 g/t, B – 1,2 g/t, Mn – 16 g/t ja Zn – 5,4 g/t. Kui arvestada külvikorra vältel omastatavate toiteelementide osa vedelsõnnikus sarnaselt tahesõnnikuga, siis viiakse vedelsõnnikuga toiteelemente põllule keskmiselt 4,75 kg/t. Laotusnormi valikul lähtume, et põllule viidaks sama palju külvikorraga omastatavat N kui on võrreldavas mineraalväetises, seega vedelsõnniku laotusnorm N 72 kg/ha korral on 40 t/ha.

Vedelsõnnikut segatakse 3 tundi enne väljavedu ja selle kestel. Segamiseks ja veokisse pumpamiseks on hoidlas paikne elektriline pumpsegisti jõudlusega

4,5 m³/min. Vaadeldud on kahte vedelsõnniku veo ja laotamise tehnoloogilist lahendust:

- 1) otsevedu haagislaoturiga hoidla juurest põllule ja laotamine;
- 2) vedelsõnnik veetakse põllule paakveokitega ja seal pumbatakse haagislaoturisse. Kasutatakse laoturit, millel on pump vedelsõnniku laadimiseks paakveokist laoturi paaki.

Arvutustes on lähtutud 15 m³ paagi mahuga vedelsõnniku haagislaoturist, mille pumba jõudlus on 3 m³/min ja tööseadiseks 4,5 m töölaiusega muldasegav seade. Laotur on agregateeritud 158 kW traktoriga.

Tulemused ja arutelu

Varemkoostatud mudeli (Tamm, Vettik, 2008) abil leiti taimetoiteelementide hoidlast muldaviimise kulud viie tehnoloogilise lahenduse korral. Tabelis 1 on esitatud mineraalväetise, tabelites 2 ja 3 tahesõnniku ning tabelites 4 ja 5 vedelsõnniku käitlemiskulud. Tabelite viimases veerus on käitlemiskulud toitainetele, need kulud on esitatud ka graafiliselt joonisel 1.

Kui mineraalväetise puhul põllu kaugus toiteelemendi hinda põllul oluliselt ei mõjuta, siis sõnnikuga antud toiteelemendi hinda mõjutab see märkimisväärselt, eriti vedelsõnniku otseveol, kus vastav kulu kasvas 0,7 kr/kg/km. Sisuliselt toimub suure hulga vee vedamine, mis kalli agregaadiga on kaugete põldude korral ebaotstarbekas.

Tahesõnniku laotamisel lisandub ümberlaadimisega tehnoloogias täiendav põllul laadimine, mistõttu on tabelis 3 esitatud laadimiskulu kaks korda suurem võrreldes tabelis 2 tooduga.

Tabel 1. Kulud mineraalväetisele sõltuvalt põllu kaugusest

Põllu kaugus, km	Kululiik, kr/ha				Kulu kokku, kr/ha	Kulu toitainetele, kr/kg
	Laadim. ja vedu	Laadim. ja laotamine	Laoturi transp. põllule	Mineraalväetis		
1	15	90	1	2709	2814	17,6
3	16	90	3	2709	2817	17,6
5	20	90	4	2709	2822	17,7
10	26	90	8	2709	2833	17,7
20	40	90	16	2709	2855	17,9

Tabel 2. Kulud tahesõnnikule sõltuvalt põllu kaugusest otseveo korral

Põllu kaugus, km	Kululiik, kr/ha		Kulu kokku, kr/ha	Kulu toitainetele, kr/kg
	Laotamine ja vedu	Laadimine		
1	1105	236	1341	5,9
3	1415	236	1651	7,2
5	1726	236	1962	8,6
10	2502	236	2738	12,0
20	4054	236	4290	18,8

Tabel 3. Kulud tahesõnnikule sõltuvalt põllu kaugusest ümberlaadimise korral

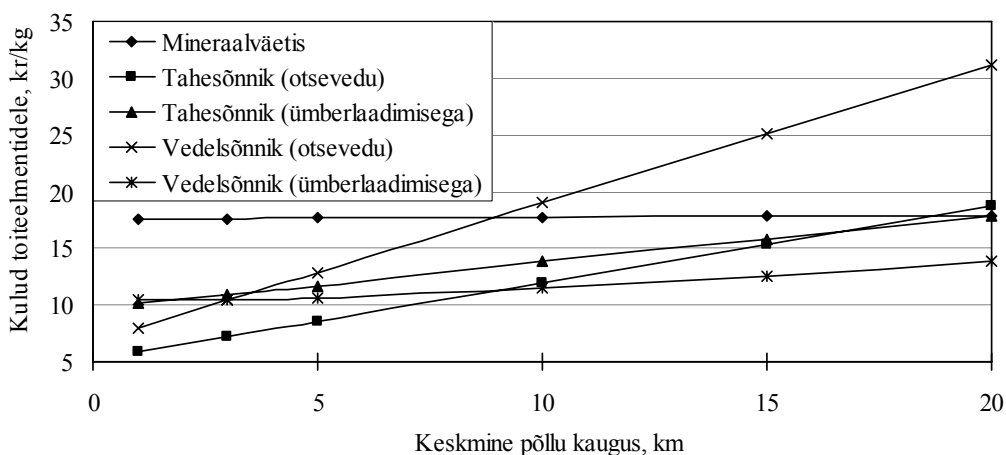
Põllu kaugus, km	Kululiik, kr/ha				Kulu kokku, kr/ha	Kulu toitainetele, kr/kg
	Laotamine	Laadimine	Sõnniku transport	Laaduri transp. põllule		
1	950	472	891	2	2315	10,1
3	950	472	1070	7	2499	10,9
5	950	472	1249	11	2682	11,7
10	950	472	1696	28	3146	13,8
20	950	472	2591	56	4069	17,8

Tabel 4. Kulud vedelsõnnikule sõltuvalt põllu kaugusest otseveo korral

Põllu kaugus, km	Kululiik, kr/ha		Kulu kokku		Kulu toitainetele, kr/kg
	Vedu ja laotamine	Segamine	kr/ha	kr/m ³	
1	1229	294	1552	38,1	8,0
3	1558	428	1986	49,7	10,5
5	1887	563	2451	61,3	12,9
10	2711	900	3611	90,3	19,0
20	4357	1575	5932	148,3	31,2

Tabel 5. Kulud vedelsõnnikule sõltuvalt põllu kaugusest ümberlaadimise korral

Põllu kaugus, km	Kululiik, kr/ha				Kulu kokku,		Kulu toitainetele, kr/kg
	Laotamine	Segamine	Ettevedu	Laoturi põllulesõit	kr/ha	kr/m ³	
1	995	198	800	2	1996	49,9	10,5
3	995	198	800	10	2003	50,1	10,5
5	995	198	800	16	2010	50,2	10,6
10	995	198	960	32	2186	54,6	11,5
20	995	198	1360	64	2618	65,4	13,8



Joonis 1. Väetamiskulud toitainetele erinevate tehnoloogiate korral sõltuvalt keskmisest põllu kaugusest

Lisaks vaadeldavaile toiteelementidele sisaldab allapanuga veisesõnnik Ca 2,5 kg/t ja veise vedelsõnnik 1,4 kg/t (Kanger *et al.*, 2009). Tahesõnniku laotusnormi 28 t/ha korral viiakse mulda 70 kg/ha Ca ja vedelsõnniku laotamisnormi 40 t/ha korral 56 kg/ha Ca. TTVK (1996) andmeil on keskmine Ca kadu saagi ja leostumise tõttu aastas 162 kg/ha. Seega orgaanilise väetise kasutamine aitab veidi vähendada põllu lupjamisvajadust.

Järeldused

Mineraalväetise, vedelsõnniku ja tahesõnniku veo- ja laotuskulude võrdlus näitab, et kuni 9 km kauguseni osutus kõige odavamaks tehnoloogiaks tahesõnniku otsevedu. Suurema veokauguse korral on odavam vedelsõnniku ümberlaadimistehnoloogia kasutamine. Veokauguseni 3 km on vedelsõnniku haagislaoturiga vedu ja laotamine odavam ümberlaadimistehnoloogiast. Tahesõnniku otsevedu on odavam kui ümberlaadimistehnoloogia veokauguseni 16 km. Mineraalväetise tehnoloogia on kuni 9 km-ni kõige kallim, sellest kaugemal osutub odavamaks vedelsõnniku otseveost, 18 km-st edasi odavamaks ka tahesõnniku otseveost ja pärast 20 km odavamaks ka tahesõnniku ümberlaadimisega tehnoloogiast.

Kasutatud kirjandus

- Edwards, W. 2005. Estimating Farm Machinery Costs. Iowa State University, University Extension. Interneti address: <http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM710.pdf> (29.02.2008).
- Jokela, B., Meisinger, J. 2008. Ammonia Emissions From Field-applied Manure: Management For Environmental And Economic Benefits. Proc. Of The 2008 Wisconsin Fertilizer, Agrilime & Pest Management Conference, Vol. 47. Pp. 199–208.
- Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H. 2009. Sõnniku koostis. Väetamise ABC. Interneti address: <http://pmk.agri.ee/est/ettekanded/vaetaminepub/page20.html>
- Tamm, K. 2009. The dependency on the structure of machinery and the locality of plots on cereal farm work activities. A thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Agricultural Machinery. Estonian University of Life Sciences. Tartu. 127 p.
- Tamm, K. ja Vettik, R. 2008. Põllu kauguse mõju väetamistehnoloogia valikule. Agrotehnoloogia 2008, lk 80–83.
- TTVK, 1996. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Koost. Kärblane, H. Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium. Tallinn 1996. 285 lk.
- Vettik, R., Siim, J. 2008. Ülevaade vedelsõnniku käitlemise tehnoloogiast. Vedelsõnnik – miks ja kuidas. Saku 2008, lk 7–14.

SUVITERAVILJADE KASVATAMISE ENERGEETILINE EFEKTIIVSUS SÕLTUVALT MINERAALSE LÄMMASTIKVÄETISE KASUTAMISEST

Alar Astover, Helis Rossner, Avo Toomsoo

EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Astover, A., Rossner, H., Toomsoo, A. 2009. Energy efficiency of spring cereal cultivation depending on the use of mineral nitrogen fertilizer. – *Agronomy 2009*.

The aim of this research was to study the effect of different rates of mineral nitrogen fertilizers (0, 40, 80, 120, 160 kg N/ha) on the energy efficiency of spring cereals. The data of the study were collected from a long-term field experiment with three-field crop rotation (potato – spring wheat – spring barley) in growing period 2006–2008. Method of energy balancing is carried out and takes into account fossil energy inputs only. Two main energy parameters were calculated: 1) energy gain (ES, output-input) and 2) energy efficiency (KT, output/input). For maximizing energy gain optimum N rates were comparable to agronomically optimal fertilizer rates. The highest values of KT were obtained with low fertilizer regime. Fertilizer recommendations based on KT were lower than that for ES, hence more land is needed to ensure high total yields.

Table 1. Energy equivalents applied in energy input calculations

Table 2. Energy input as an average of crop rotation and its distribution depending on nitrogen fertilization

Figure 1. Energy output of spring wheat and barley as an average of crop rotation depending on nitrogen fertilization. Vertical bars denote confidence intervals (95%)

Figure 2. Energy gain of spring wheat and barley as an average of crop rotation depending on nitrogen fertilization

Figure 3. Energy efficiency of spring wheat and barley as an average of crop rotation depending on nitrogen fertilization

Keywords: mineral fertilizers, spring barley, spring wheat, energy gain, energy efficiency

Alar Astover, Helis Rossner, Avo Toomsoo Dep. of Soil Science and Agrochemistry, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences, 1 Kreutzwaldi St., 51014 Tartu, Estonia

Sissejuhatus

Üha aktuaalsem on arvestada põllumajandustootmise energeetilist efektiivsust. Energiakasutus pinnaühiku kohta ja energia kulu toodanguühiku või energia väljundiühiku kohta on olulisimad indikaatorid hindamaks põllukultuuride kasvatamise keskkonnaefekti. Kui rahalises arvestuses moodustavad teravilja kasvatamisel masinkulud suurima osa kõikidest tootmiskuludest, siis energeetilisest aspektist lähtuvalt on tava- ja intentsiivtootmises üldjuhul suurim osa diislikütusel ja väetistel. Viimastel aastakümnetel on tehtud arvukalt uurimustöid põllumajanduses energia efektiivse kasutamise seisukohalt ja jõutud tulemiteni,

mille rakendamine sõltub kohalikest tingimustest, kasutatud tehnoloogiast ja kultuuridest ning meetodikast. Seega on vajalik ka Eestis läbi viia analoogseid uuringuid. Kui varasemalt on katseandmete põhjal antud väetussoovitusi peamiselt agronoomilisest ja harvem majanduslikust aspektist lähtuvalt (Astover *et al.*, 2006), siis energeetilise efektiivsuse optimeerimine on Eestis jäänud senimaani tähelepanuta. Töö eesmärgiks on pikaajalise IOSDV väetuskatse 2006–2008. aasta andmete näitel analüüsida mineraalväetiste kasutust lähtuvalt energeetilisest aspektist.

Metoodika

Uurimistöö tugineb pikaajalise kolmeväljalise (kartul – suvinisu – oder) külvikorraga IOSDV põldkatse 2006–2008. aasta andmetel. Katsepõld asub Tartu lähedal Eerikal kahkjäl madala huumusesisaldusega liivsavimullal. Analüüsis kasutatakse oder 'Anni' ja suvinisu 'Vinjett' andmeid ilma orgaaniliste väetisteta katsevariandilt. Mineraalväetiste (ammooniumsalpeeter) normideks olid 0, 40, 80, 120 ja 160 kg N/ha.

Antud töös on lähtutud protsessi analüüsi metoodikast Hülsbergen jt (2001) järgi, kus sisendenergia leidmisel on arvestatud nii kaudsete kui otsete fossiilsete kütuste sisendiga, kuid ei ole arvestatud inimtööjõu ja päikeseenergiaga. Kuna IOSDV katse eesmärk on uurida erinevate väetisnormide mõju, siis lähtuvalt sellest on peamiseks huviobjektis mineraalväetise koguse, kui suurima energiakandja optimeerimine. Energia sisenditena (E_s) on arvestatud masinates akumulunud energia, väetiste, taimekaitsevahendite, seemnete, kütuse energia ja saagi transpordile kuluv energia. Energiaväljundiks (E_v) on põllult eemaldatav saak, mis arvestati selle keemilise koostise alusel brutoenergiaks. Energeetilise efektiivsuse hindamiseks leiti energiasaagis ($ES = E_v - E_s$, GJ/ha) ja energeetiline kasutegur ($KT = \frac{E_v}{E_s}$). KT väljendab energia väljundi ning sisendi suhet ehk ühe sisendenergiaühiku arvel saadavat energia kogust. Energeetilise efektiivsuse seisukohalt on oluline, et see näitaja oleks võimalikult suur. Töös kasutatud sisendite energiaekvivalendid on ära toodud tabelis 1. Katsepõllul läbiviidud harimistööd (künniviisiline harimine sügisel 23–25 cm sügavuselt) on arvestatud analoogse kaasaegse tehnika alusel energiasse. Kevadisel külvieelsel mullaharimisel toimub esmalt libistamine ja mineraalväetiste külvi järgselt kultiveerimine. Tehnika valikul on aluseks võetud talu suurusega 200 ha ning keskmiseks kauguseks põldudest 3 km. Kaasaegse agrotehnika arvestamine võimaldab katsetulemuste ekstrapoleerimise tootmistaludesse.

Tabel 1. Sisendite arvestusel kasutatud energiaekvivalentide väärtused

	Ühik	Energeetiline ekvivalent	Allikas
Diislikütus	MJ/kg	39,6	Reinhardt (1993)
Mineraalväetised			
N*	MJ/kg	35,3	Appl (1997)
Taimkaitsevahendid**			Green (1987)
Herbitsiid	MJ/kg	288	
Fungitsiid	MJ/kg	196	
Insektiisid	MJ/kg	237	
Seemneenergia	MJ/kg	5,5	Hülsbergen <i>et al</i> (2001)
Traktorid/masinad	MJ/kg	108	Kalk, Hülsbergen (1997)
Transport	MJ/t km	6,03	Müller (1989)

* Sisaldab energiat ammooniumnitraadi sünteesiks pluss transpordiks.

**Energiaekvivalent on kg toimeaine kohta, millele on lisatud transpordile ja ladustamisele kuluv energia.

Väetiskoguse ja vastava parameetri vahelise seose alusel koostatud ruut-funktsiooni võrranditest ($y = a_0 + a_1x - a_2x^2$) leiti mineraalse lämmastiku kogused ($N_{opt} = \frac{a_1}{2a_2}$, kg/ha), mis on vajalikud energiasaagise ja kasuteguri optimeerimiseks.

Tulemused ja arutelu

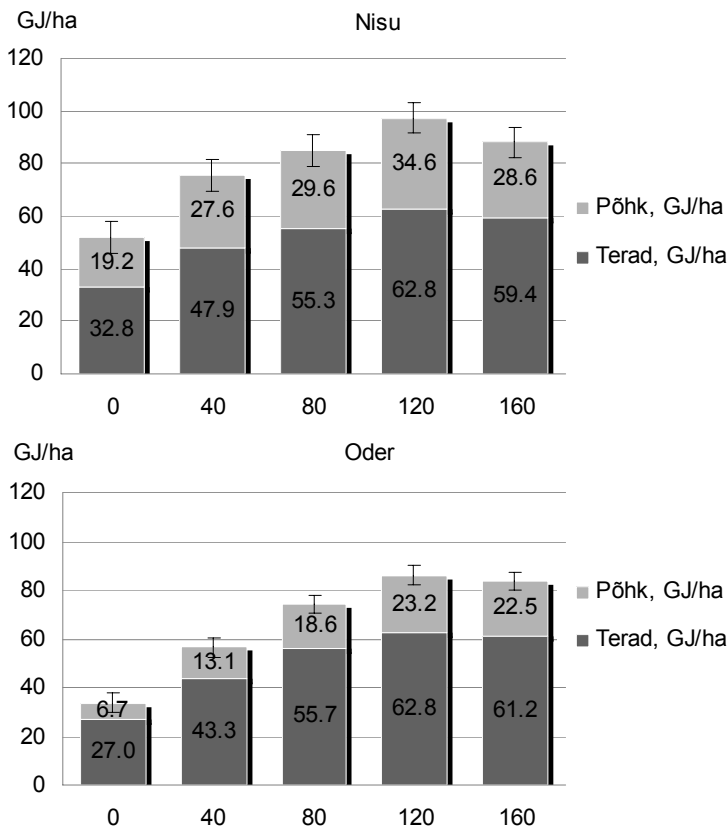
Keskmine teraviljakasvatuse sisendenergia on 3,5 GJ/ha väetamata foonilt kuni 9,3 GJ/ha N 160 katsevariandis (tabel 2). Kui mineraalse lämmastikut oli kogusisendist suurim osatähtsus diislikütusel (63%), siis intensiivse väetamise juures oli suurimaks sisendiks mineraalväetis (alates N 80 normist ületab see diislikütuse osatähtsust). Kogu energiasisendist moodustab diislikütus teraviljadel maksimaalse lämmastiku normi juures ca 25%. Samuti püsib energiakulu masintöödele erinevate väetusrežiimide juures suhteliselt konstantne – 0,9–1,0 GJ/ha. Katses kujunes taimekaitsevahendite kulu suhteliselt väikseks, moodustades kogusisendist 0,4–1,0%, kuna vaatlusalustel aastatel oli nende kasutus minimaalne.

Energia väljundit võib vaadelda vaid põhiproduktidena (terasaak) kui ka koos kõrvalproduktidega (terad + põhk) sõltuvalt sellest, mis otstarbel saaki kasutatakse. Energia väljund kujuneb sarnaselt saagikusele ja on mõjutatud ilmastikutingimustest. Kuna antud töö tulemused on esitatud kolme aasta keskmisena, siis võimaldab see siiski teha üldistavaid järeldusi.

Tabel 2. Suviteraviljade energia sisend rotatsiooni keskmisena ja selle jaotus sõltuvalt lämmastikväetise kasutamisest

N, kg/ha	Energia sisend, GJ/ha	Sisendite osatähtsus, %					
		Diiseli	Seeme	Min. N	Taimekaitse	Masinatööd	Transport
0	3,5	63,3	8,2	0,0	1,0	26,3	1,1
40	5,1	45,2	5,7	27,8	0,7	19,5	1,1
80	6,5	35,4	4,4	43,4	0,5	15,2	1,1
120	7,9	29,0	3,6	53,4	0,5	12,5	0,9
160	9,3	24,6	3,1	60,5	0,4	10,6	0,8

Kui teraviljade puhul arvestada vaid põhitoodangut, siis kujuneb väljund väiksemaks võrreldes kõrvaltoodangu kaasamisega (joonis 1). Suurim väljund koos põhuga kujunes nisul N 120 normi juures 97 GJ/ha ning odral oli vastav saagikus 86 GJ/ha. Väetamata alalt andis nisu kõrgemat terasaaki kui oder

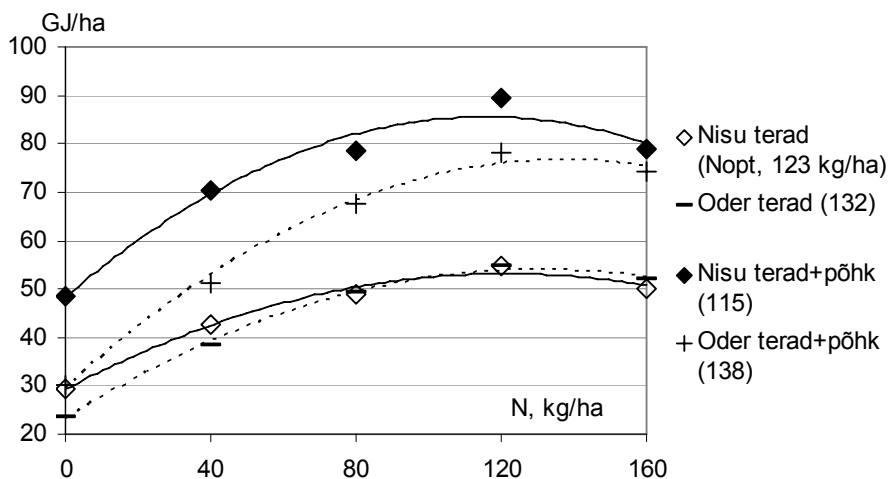


Joonis 1. Suvinisu ja odra tera ja põhu energia väljund rotatsiooni keskmisena sõltuvalt mineraalse lämmastiku normist. Vertikaaljooned tähistavad usalduspiire ($U_{95\%}$)

vastavalt 33 ja 27 GJ/ha, kuid kogusaagi erinevus oli enamjaolt sõltuv põhu osakaalust, mis nisu puhul moodustas keskmiselt 34% ja odra puhul 24%.

ES on seda suurem, mida suurem on vahe väljundi ja sisendi vahel. Sisendenergia kasv masinate ja kemikaalide arvel on tasuv vaid juhul, kui sellega kaasneb piisav saagikuse kasv. ES kasvab kuni E_v kasvab ühe sisendenergia ühiku kohta. Teraviljadest kujunes kõrgeim nisu energiasaagis koos põhuga (90 GJ/ha) N normi 120 kg/ha juures (joonis 2). Ilma mineraalse lämmastikututa oli nisu energiasaagis 49 GJ/ha. Odra energiasaagis jäi antud katses madalamaks kui nisul ja seda peamiselt põhu arvelt.

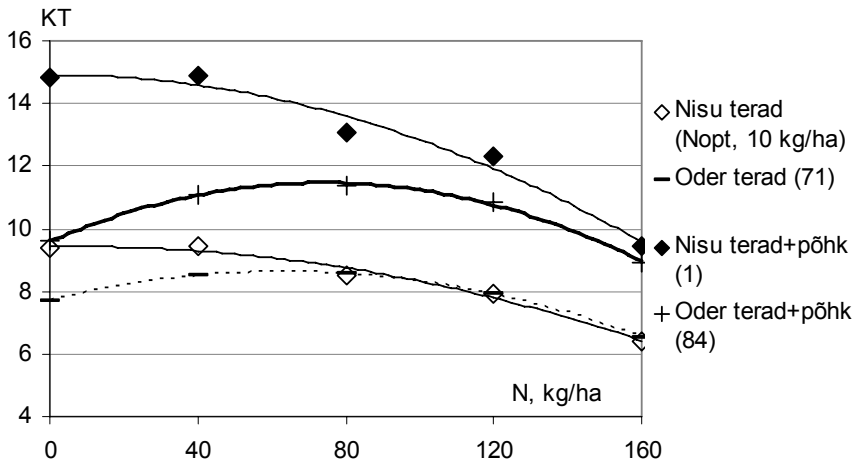
Terade arvel saadav ES kujunes odral madalamaks kui nisul vaid väiksemate N normide juures. Optimaalsed lämmastikunormid ES maksimeerimiseks kujunesid sarnasteks nii põhu kaasamisel kui ilma (erinevus 6–8 kg N), kuid erinesid kultuuride lõikes. Koos põhuga kujunes odra ES järgi optimaalseks mineraalse lämmastiku normiks 138 kg/ha ja suvinisul 115 kg/ha. Antud näitajad on lähedased agronoomiliselt efektiivsetele väetiskogustele. Seega ainuüksi energiasaagise maksimeerimise eesmärgist lähtuvalt võib teraviljade lämmastikuga väetamisel rakendada edukalt varasemaid agronoomilisi soovutusi.



Joonis 2. Suvinisu ja odra tera ja põhu energiasaagis rotatsiooni keskmisena sõltuvalt mineraalse lämmastiku normist

Mida kõrgem energieetilise kasuteguri väärtus saavutatakse seda efektiivsem on energia kasutus. Antud katses oli KT kõigis katsevariantides üle 6,4 (joonis 3). Nisu puhul kujunesid kõige efektiivsemaks mineraalväetisteta ja N 40 katsevariant, kuna foonisaak oli kolme katseaasta keskmisena suhteliselt kõrge ja suuremate normide mineraalse lämmastikuga kaasnev energiakulu oli suurem kui enamsaagina saadav energia. Põhu kaasamine tõstis olulisel määral kasutegurit ja

seda eelkõige nisu puhul. Optimaalsed N normid nisu *KT* maksimeerimiseks olid terasaagi alusel 10 kg/ha ja koos põhuga 1 kg/ha. Odra puhul oli optimaalseks N normiks 71–84 kg/ha. Roostalu *et al.* (2008) uurimuses leiti samuti, et odra väetamisel on energeetiline kasutegur kõrgeim 78 kg N kasutamisel. Meie katses kujunesid kasuteguri optimaalsed väetiskogused tunduvalt madalamaks võrreldes *ES* optimaalsetest N normidest. Odra *KT* oli väiksem kui nisul, ent suuremate väetisnormide juures see vahe vähenes.



Joonis 3. Suvinisu ja odra energeetiline kasutegur rotatsiooni keskmisena sõltuvalt mineraalse lämmastiku normist

Maksimaalne *KT* saavutati mõlema kultuuri (eriti nisu) puhul suhteliselt madalal väetiste intensiivsuse tasemel, ent selliste väetisnormide juures ei kujune kultuuride toodang piisavalt kõrgeks, et piiratud maaressursi juures tagada toidu ja bioenergiakultuuride kasvatamiseks vajalik tase. Bioenergia tootmisel on eesmärk maksimeerida energiasaagist, mis aga ei pruugi tagada kõrget kasutegurit. *ES* ja *KT* optimeerimine on vastuolus. Nende alusel väetusnormide leidmine viib erineva tulemini, sest *ES* on suunatud maksimaalse energiatoodangu saamiseks pinnauhikult ja *KT* keskendub keskkonnasäästmisele.

Kui varasemates Eestis läbi viidud uurimistöödes on väetiste optimeerimissoovitusi antud eelkõige ja ainult agronoomilisest ning majanduslikust aspektist lähtuvalt, siis antud uurimistöö uudsus seisneb selle soovituslike normide andmises põllukultuuride kasvatamise energiakasutuse efektiivsuse seisukohast. Antud katsetulemused ja järeldused on kohandatavad ainult konkreetsetes mulistik-kliimaatilistes tingimustes konkreetsete kultuuride ja agrotehnika puhul. Siiski on töös kasutatud metoodika edaspidi rakendatav analoogsete uurimuste läbi viimiseks mistahes katseandmete puhul, kus on eesmärgiks anda soovitusi optimaalseks väetamiseks energia efektiivsuse seisukohalt.

Järeldused

Taimekasvatuse energeetilised parameetrid sõltuvad olulisel määral väetamisest, kasvatatavast kultuurist ja kõrvaltoodangu (põhu) arvestamisest. Põhu arvestamine energia väljundite hulka suurendas energiasaagist ja energeetilist kasutegurit nisu puhul võrreldes odraga rohkem. Väetussoovitused kasuteguri alusel kujunesid tunduvalt madalamaks kui energiasaagise puhul. Mineraalse lämmastikväetise normide optimeerimisel ei tohiks piirduda ühekülgse läheneemisega ning lisaks agronomilistele ja majanduslikule aspektidele tuleb arvestada ka energiasaagist ja energeetilist kasutegurit.

Kasutatud kirjandus

- Appl, M. 1997. Ammonia, methanol hydrogen, carbon monoxide – modern production technologies. CRU, London.
- Astover, A., Roostalu, H., Mötte, M., Tamm, I., Vasiliev, N., Lemetti, I. 2006. Decision support system for agricultural land use and fertilisation optimisation: a case study on barley production in Estonia. *Agricultural and Food Sciences* 15: 77–88.
- Green, M. 1987. Energy in pesticide manufacture, distribution and use . In: Hessel, Z. R. (Ed.), *Energy in Plant nutrition and Pest Control*, vol 7. Elsevier, Amsterdam, ISBN 0-444-42753-8: 165–177.
- Hülsbergen, H.-J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W., Kalk, W.-D., Diepenbrock, W. 2001. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86: 303–321.
- Kalk, W.-D., Hülsbergen, K.-J. 1996. Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. *Kühn-Arch.* 90: 41–56.
- Müller, M. 1989. *Technologische Prozesse in der Pflanzenproduktion*. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- Reinhardt, G. A. 1993. *Energie und CO2 bilanzierung nachwachsender Rohstoffe: Theoretische Grundlagen und Fallstudie Raps*.
- Roostalu, H., Astover, A., Kukk, L., Suuster, E. 2008. Bioenergia tootmise võimalustest. *Maamajandus*, oktoober 2008, 32–35.

MAISI, KANEPI JA PÄEVALILLE KASVATAMISEST ENERGIATAIMENA

Ruth Lauk, Maarika Alaru, Merrit Noormets
EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Lauk, R., Alaru, M., Noormets, M. 2009. Production of maize, hemp and sunflower as energy plants. – Agronomy 2009.

In 2008-2009 the field trial was carried out to investigate (i) maize, hemp and sunflower suitability for bioenergy production in Estonian climatic conditions and (ii) influence of slurry, waste water sludge, vetch and mineral nitrogen fertilizer on above ground biomass formation of these crops.

The biggest above ground biomass of maize, hemp and sunflower was produced in waste water sludge treatment. Maize from waste water sludge treatment is suitable only for energy production. The hemp cultivation for solid fuel production is promising in Estonian conditions. The best time for harvest of hemp is in November.

Table 1. Scheme of the field trial

Table 2. The above ground biomass of maize (g m^{-2}) from different N treatments in 2008–2009

Table 3. The above ground biomass of hemp cultivar USO-31 and sunflower (g m^{-2}) from different N treatment

Table 4. The whole above ground biomass (maize + weed + vetch; g m^{-2}) and percentage of maize (%) in 2008–2009

Figure 1. The after effect of different N treatments and energy crops on grain yield of barley

Figure 2. The after effect of different N treatments and energy crops on weed quantity (%) in barley grain yield

Figure 3. The ash content (%) dynamics of hemp during 2008/09 winter

Keywords: bioenergy, maize, hemp, sunflower, waste water sludge

Sissejuhatus

EL energia- ja keskkonnapoliitikas on seatud eesmärgiks aastal 2020 toota kogu energiast kuni 20% taastuva energia baasil (Kontturi, Pahkala, 2007; Renewable ..., 2008). Taastuvat energiat toodetakse lisaks puidust materjalile üha enam rohtsetest taimedest, sealhulgas ka üheaastastest põllukultuuridest. Üheaastastest põllukultuuridest on biogaasi tootmiseks EL-s enamlevinud silomais (Weiland, 2007). Rootsisis on biogaasi toodetud ka kanepist (Kreuger, *et al.*, 2009). Eestis on hakatud otsima meie tingimustesse sobivaid üheaastasi rohtseid energiakultuure. Sobivate energiakultuuride valikul on peamiseks kriteeriumiks maapealse biomassi suurus: mida suurem biomass ja odavam toota, seda parem. Seetõttu rajati 2008. a. kevadel Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllule katse, mille eesmärgiks

on (i) välja selgitada need taimeliigid ja sordid, mis sobivad Eesti kliimaatilistes tingimustes energeetilise biomassi, eelkõige biogaasi ja tahke kütuse tootmiseks; (ii) uurida reovee sette, sealäga ja liblikõieliste taimede sobivust lämmastiku allikana üheaastaste rohtsete energiataimede kasvatamisel.

Metoodika

Põldkatse on kahefaktoriline, kus esimeseks faktoriks on kasvufoon ja teiseks faktoriks taimeliik või sort (tabel 1). Kasvufoonidel on kasutatud erinevaid lämmastiku allikaid, kusjuures N koguseks on arvestatud 100 kg N ha⁻¹.

Tabel 1. Kahefaktorilise katse skeem

Kasvufoonid	Katses olnud taime liigid ja sordid
N0 – kontrollvariant	Mais
N100 – ammoniumnitraat (100 kg N ha ⁻¹)	Sort Ainergy Sort Crescendo
Tartu linna reovee sete (100 kg N ha ⁻¹)	Kanep
Vikiga segukülv (sort Carolina 60 seemet m ⁻²)	Sort USO-31 Sort Chameleon (2009. a. Santhica) Päevalill (2009. a.)
Sealäga (100 kg N ha ⁻¹)	Sort Spõlka

Katselapi suurus on 13 m², katselapid on kolmes korduses ja asetatud randomiseeritult. Taimed külvati 2008. a. 20. mail ja 2009. a. 19. mail. Maisi sordid saadi firmast Older Group ja kanepi sordid firmast Estplant. Maisi külvisenormiks valiti Eestis silomaisi kasvatamisel kasutatav norm 8 seemet m⁻², kanepi külvisenorm oli 200 idanevat tera m⁻², vikil 60 idanevat tera m⁻². Varasemaid kogemusi arvesse võttes eeldati, et 60 vikiseemet m⁻² peaks võrduma 100 kg mineraallämmastikuga ha⁻¹. 2009. a. võeti katsesse lisaks maisile ja kanepile ka päevalille sort Spõlka, mis saadi Poolast. Päevalille külvisenormiks oli 25 taime m⁻². Enne külvi laotati põllule reovee sete ja läga, seejärel põld kultiveeriti. Ammooniumnitraadiga väetati taimi peale nende tärkamist 6. juunil 2008. a. ja 2. juunil 2009. a. Vikk külvati mõlemal katseaastal koos põhikultuuriga. Kasvuperioodil pestitsiide ei kasutatud.

Lisaks erinevate lämmastikväetiste otsemõju uurivale katsele külvati 2009. a. 19. mail ka järelmõju uurimiseks 2008. a. katsealale oder Leeni (Jõgeva SAI) külvisenormiga 350 idanevat seemet m⁻². Uurisime siin ka kanepi järelmõju odra terasaagi umbrohtumusele.

Katseala muld mõlemal aastal oli *Stagnic Luvisol* WRB 1998. a. klassifikatsiooni järgi, lõimis on liivsavi, pH_{KCl} 5,6, C 1,2%, ja N 0,12%.

Koristusaegse maapealse biomassi hindamiseks võeti 11. septembril 2008. a. ja 18. septembril 2009. a. enne kombainiga koristamist 1 m² suurustelt proovi-

lappidelt igalt katsevariandilt 3 korduses kogu biomass. Proovilapilt saadud biomassist määrati kuivainesisaldus ja selle põhjal kogu kuivainesaak, lisaks eraldi põhikultuuri ja umbrohtude kuivainesaak. Lämmastikväetiste järelmõju uurimiseks on tänaseks määratud odra terasaak ja terasaagis umbrohu kogus protsentides. Eraldati ka proovid keemiliste analüüside jaoks.

Keemilised analüüsid. Määratud keemilistest analüüsides on antud artiklis esitatud kanepi kütteväärtus erinevatel kasvufoonidel. Lisaks sellele jäeti peale sügisest saagiarvestust osa kanepi mõlemast sordist kasvama kevadeni, et selgitada talvel tekkiva saagikao suurus ning uurida, millised muutused toimuvad talvel saagi kvaliteedis – jälgiti niiskuse- ja tuhasisalduse dünaamikat kanepi taimes.

Tulemused ja arutelu

Mõlemal katseaastal saadi kõigi katses olnud sortide puhul statistiliselt usutavalt suurimad maapealsed biomassid reovee settega väetatud kasvufoonidelt (tabelid 2, 3). Kasvufoonide keskmisena ilmses, et 2009. a. olid maisi maapealse biomassi suurused 1,9–11,3 korda väiksemad kui 2008. a. (tabel 2). See võis olla tingitud väga jahedast kevadest 2009. a. Kanepi sordil USO-31 maapealse biomassi suurus oli 2009. a. suurem 2008. a. biomassi saagist ainult N100 ja reovee sette foonil. Kuna me oma katses pestitsiide ei kasutanud, siis umbrohtumus erinevatel kasvufoonidel kõikus maisi variantides 22–96% vahel. Maisi algareng kevadel on aeglane ja ta ei talu konkurentsi teiste kultuuridega (ka umbrohtudega mitte; tabel 4), seetõttu maisi maapealne biomass kujuneski väiksemaks. Suuremad biomassid reovee settega kasvufoonidelt saadi eeldatavasti seepärast, et lämmastiku vabanemine reovee settest toimub aeglaselt ja nii on lämmastik taimedele kättesaadav kogu vegetatsiooni perioodi vältel. Lāgas ja ammonium-nitraadis olev lämmastik omastatakse taimede poolt 2–3 nädala jooksul ja suve teisel poolel, kui maisi ja kanepi kasvutempo on suurim, võib taim kannatada lämmastiku puuduse käes. Vikiga koos kasvanud põhikultuur kannatas samuti lämmastiku puuduse käes, sest õhulämmastikku siduvad mügarbakterid esimesel aastal põhikultuurile lämmastikku piisavas koguses anda ei suuda. Viki variantides vähendas maapealset biomassi ka taimede omavaheline konkurents toitainete, mullavee ja päikesekiirguse pärast.

Tabel 2. Maisi maapealne biomass (g m^{-2}) erinevatel kasvufoonidel 2008–2009. a.

Kasvufoon	Maisi sort Ainergy		Maisi sort Crescendo	
	2008	2009	2008	2009
N0	157 d*	83 c	93 d	21 c
N100	238 c	168 b	169 c	82 b
Reovee sete	922 a	212 a	695 a	269 a
Mais vikiga	87 e	39 d	158 c	14 c
Lāga	352 b	80 c	409 b	78 b

* erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust veerus

Tabel 3. Päevalille ja kanepi sordi USO-31 maapealne biomass (g m^{-2}) erinevatel kasvufoonidel 2008–2009. a.

Kasvufoon	Päevalill		Kanepi sort USO-31	
	2009. a.		2008. a.	2009. a.
N0	771 b*		410 c	307 d
N100	818 b		582 b	868 b
Reovee sete	3011 a		870 a	1310 a
Kanep vikiga	670 c		317 d	226 e
Läga	828 b		519 b	392 c

* erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust veerus

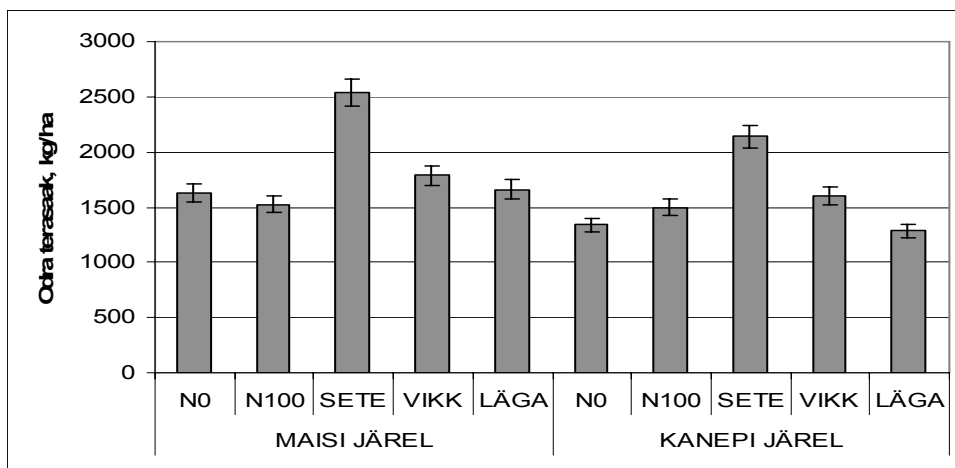
Tabel 4. Kogu maapealne biomass (g m^{-2} ; mais + umbrohi + vikk) ja maisi osatähtsus selles (%) erinevatel kasvufoonidel 2008–2009. a.

Kasvufoon	Maisi sort Ainergy				Maisi sort Crescendo			
	2008		2009		2008		2009	
	biomass	mais %	biomass	mais %	biomass	mais %	biomass	mais %
N0	475 c	33	225 e	37	486 c	19	327 c	6
N100	525 bc	45	496 b	34	594 b	28	346 c	24
Sete	1186 a	78	592 a	36	1032 a	67	531 a	51
Vikk	548 bc	16	421 c	9	655 b	24	399 b	4
Läga	586 b	60	329 d	24	589 b	69	345 c	23

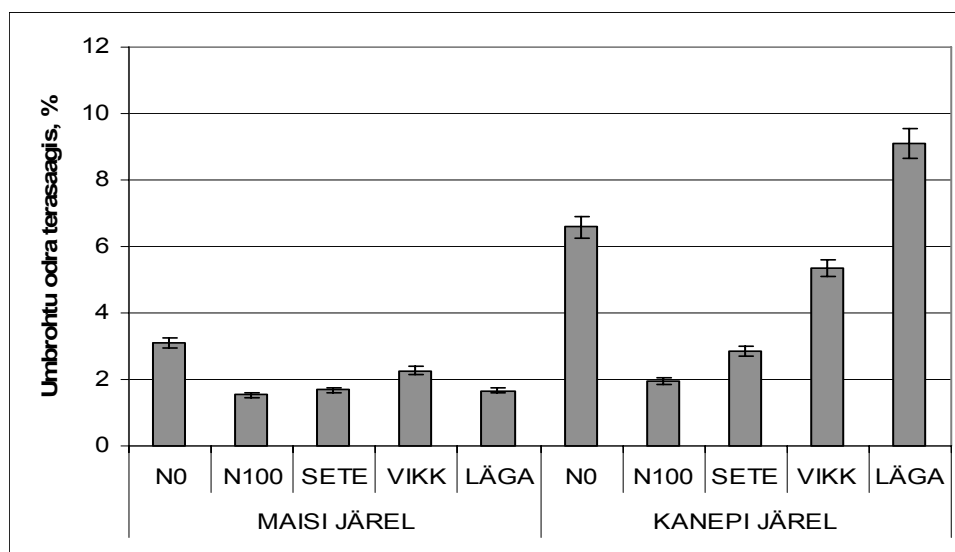
* erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust veerus

Katses kasutatud N allikate järelmõju hindamiseks külvati 2009. a. kevadel eelmise aasta katsealale oder Leeni, millest praeguseks on määratud terasaak ja umbrohtumus selles. Statistiliselt usutavalt suuremad odra terasaagid saadi reovee sette kasvufoonidelt nii maisi kui ka kanepi järel (joonis 1). Üldine odra saagikus jäi väikseks, mis ilmselt oli tingitud osaliselt väiksest külvisenormist kui ka hilisest külvist. Kirjanduse andmetel peaks kanepi järel kasvatatud kultuuri saak olema umbrohupuhas (Small, Marcus, 2002). Meie katse tulemused seda ei kinnitanud (joonis 2).

Selleks, et uurida kanepi koristamise võimalikkust kevadel ja hinnata maa-pealse biomassi kadusid, jäeti tema sordid põllule üle talve kasvama. Talve jook-sul tehtud proovidest määrati niiskus- ja tuhasisaldus. Tuhasisalduse määramiseks võeti proovid iga kuu alates oktoobrist 2008 kuni aprillini 2009 (joonis 3). Kirjanduse andmetel peaksid aluselised metallid, mis suurendavad tahke kütuse tuhasust ja küttekollete tahmumist, laskuma külma saabudes taime vartest juurtesse (Burwall, 1997; Jørgensen, 1997; Lewandowsky, Kicherer, 1997). Kevadel koristatud biomassi tuhasisaldus on seega minimaalne. Seda kinnitasid ka meie katse tulemused. Kanepi kevadise koristuse miinuseks on aga suur maa-pealse biomassi kadu, mis oli tingitud kanepi taimede lamandumisest, lume alla jäämisest ja kõdunemisest. Eesti tingimustes kanepi koristus kevadel ennast ei õigusta.



Joonis 1. Erinevate kasvufoonide ja energiataimede järelmõju odra terasaagile (kg ha⁻¹) 2009. a.

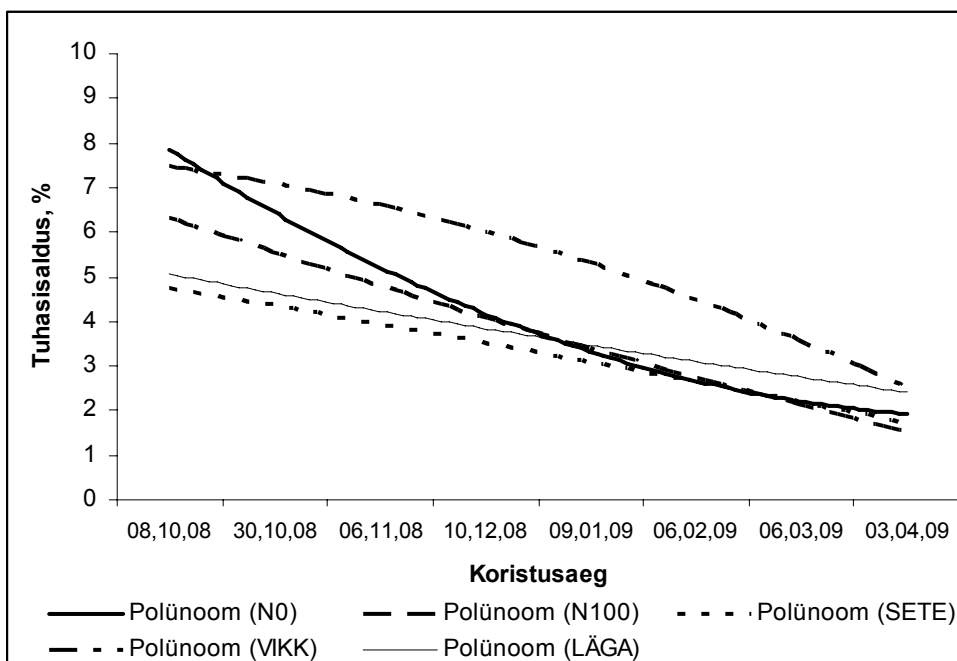


Joonis 2. Erinevate kasvufoonide ja energiataimede järelmõju odra terasaagi umbrohtumusele (%) 2009. a.

Sobivaim kanepi koristusaeg tahke kütuse saamiseks on ilmselt novembris, kui tema kuivaine sisaldus on 82% ja taimed on veel püsti. Tuhasisaldus selleks ajaks oli vähenenud sõltuvalt kasvufoonist 3,6–7,1%. Kõige madalam tuhasisaldus oli reovee sette foonil ja kõige kõrgem N0 foonil kasvanud kanepi taimedel.

Kanepi kütteväärtus sõltuvalt kasvufoonist kõikus 17,116–18,020 kJ g⁻¹ vahel, kusjuures usutavalt väiksemad näitajad saadi läga foonil kasvanud taimedelt, teiste foonide erinevused ei olnud usutavad.

Kirjanduse andmetel on maisi orgaanilise kuivaine kütteväärtus 14 kJ g⁻¹



Joonis 3. Kanepi taimede tuhasisalduse (%) dünaamika 2008/09 talvel

(Londo, van der Linden, 2008). Meie katses saadi suurimad maapealsed biomassid reovee settega väetatud variantidelt. Kahe katseaasta keskmisena saab soojust ha kohta reovee sette foonil kasvatatud kanepi sordi USO-31 puhul $19,2 \text{ MJ ha}^{-1}$ ja näiteks maisi Ainergy puhul $12,4 \text{ MJ ha}^{-1}$. Maisi maapealset biomassi on võimalik tunduvalt suurendada kasutades silomaisi tootmiseks ettenähtud agrotehnoloogiat (pestitsiidide kasutamine, vajadusel teistkordne väetamine). Kui bioenergiat toota silomaisi jääkidest, siis tuleks silomaisi külvipinda mitmekordistada, aga sellega kaasneks oht monokultuursusele.

Järeldused

1. Kanepi, maisi ja päevalille suurimad maapealsed biomassid saadi reovee settega väetatud kasvufoonilt
2. Reovee sette foonil võib maisi kasvatada üksnes energia saamiseks, samas saab seda teha minimaalsete kuludega. Bioenergia tootmine silomaisi jääkidest nõuaks maisi külvipinna mitmekordistamist.
3. Kanep üheaastase energiataimena on Eestis perspektiivikas. Tema biomassid olid suured ka läga ja N100 kasvufoonidel.
4. Kanepi koristamine kevadel ei õigusta ennast. Sobivaim koristuaeg tahke kütuse saamiseks on enne talve saabumist novembris, kui kuivaine sisaldus on kõrge ja ka tuhasisaldus vähenenud.

Kasutatud kirjandus

- Burvall, J. 1997. Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.). *Biomass Bioenergy* 12:149–154.
- Jørgensen, U. 1997. Genotypic variation in dry matter accumulation and content of N, K and Cl in *Miscanthus* in Denmark. *Biomass and Bioenergy*, 12, 155–169.
- Kontturi, M., Pahkala, K. 2007. Straw biomass – potential raw material for ethanol production. – In: NJF Seminar 405: Production and Utilization of Crops for Energy, Vilnius, Lithuania, 25–26 September 2007. NJF Report 3, 4, p. 104–108.
- Kreuger, E., Escobar, F., Svensson, S-E., Björnsson, L. 2009. Biogas production from hemp. Evaluation of the effect of harvest time on methane yield. www.biotek.lu.se.
- Lewandowski, J., Clifton-Brown, C., Andersson, B., Basch, G., Christian, D. G., Jørgensen, U., Jones, M. B., Riche, A. B., Schwarz, K. U., Tayebi, K., Teixeira, F. 2003. Environment and Harvest Time Affects the Combustion Qualities of *Miscanthus* Genotypes. *Agron. J.* 95:1274–1280.
- Londo, M., van der Linden, Ir.R. 2008. Copsts and greenhouse gas emissions of a project for production of ethanol and CHP based biogas. <http://www.zefuels.com/userfiles/file/ECN.pdf>.
- Renewable energy and cohesion policy. 2008. – Energy 4 cohesion, p. 2–3.
- Small, E., Marcus, D. 2002. Hemp a new crop with new uses for North America.
- Weiland, P. 2007. Biogas from energy crops – Techno-scientific evaluation of the fast growing biogas market in Germany. – In: NJF Seminar 405: Production and Utilization of Crops for Energy, Vilnius, Lithuania, 25-26 September 2007. NJF Report 3, 4, p. 76–79.

SÄILITUSTINGIMUSTE MÕJU JAHVATATUD SÖÖDATERAVILJA OHUTUSELE

Heino Lõiveke, Elina Akk, Ene Ilumäe
Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Lõiveke, H., Akk, E., Ilumäe, E. 2009. The effect of storage conditions on the safety of milled fodder grain. – Agronomy 2009.

For milling tests the cereal (barley, wheat, oats) samples with moisture content 10-13% were chosen which did according to previous biotest (*Paramaecium caudatum* or *Stylonichia mytilus*) not show any toxicity during storage at temperature 20–25°C. Samples milled with laboratory mill were stored at two different temperatures (20–25°C and 4°C). After 2 weeks the toxicity was measured again using the same biotest. With milling of grains the feeding conditions of microorganisms did improve considerably and the toxicity did appear. The higher temperatures did favour a rise of toxicity in the wholemeal, especially that in oats and barley. Data were analysed using regression model.

Table 1. 2006. The toxicity of grain (*Paramaecium caudatum* survival %) stored in milled form during 2 weeks at different temperature regimes

Table 2. 2007. The toxicity of grain (*Stylonichia mytilus* survival %) stored in milled form during 2 weeks at different temperature regimes

Keywords: fodder grain, wholemeal, storage, safety, toxicology, biotest

Heino Lõiveke, Elina Akk, Ene Ilumäe. Estonian Research Institute of Agriculture, Teaduse 13, Saku 75501, Estonia

Sissejuhatus

Teravilja säilitustingimused on olulised selle hea säilimise tagamiseks. Kirjandusest ja praktikast on teada, et õigeaegne vilja puhastamine jäätmetest, umbrohuseemnetest ja kohene kuivatamine on eelduseks vilja kvaliteedi säilimisele ja ohutuse tagamisele, mis saavutatakse hallituseente arenguks ebasobivate tingimuste loomisega. Edaspidisel säilitamisel kuni vilja tarbimiseni avaldavad kvaliteedile ja ohutusele mõju eriti vilja niiskus, temperatuur ja laokahjurite esinemine. Hoopis vähem on pööratud tähelepanu jahvatatud vilja (täisterajahu) säilivusele ja ohutusele. Terade jahvatamise protsessis tekib soovust, mis jahvatatud materjali säilitamisel niiskumist võimaldavates oludes võib esile kutsuda olulisi muutusi kvaliteedis ja ohutuses. Sellistes tingimustes on võimalik hallituseente areng ja toksiinide teke, mis on ohtlik loomade tervisele ja toodangule. Kahjuks pole asjaolu, et purustatud terad (jahu jms) on mikroorganismidele heaks „sööda-baasiks”, praktikas kuigivõrd arvesse võetud. Isegi ainult terade vigastamisel

võib viljas oluliselt tõusta hallitusseente arvukus (Tuite *et al.*, 1985). Ka pärmseente arvukuse tõus on negatiivse mõjuga (Obuchowski, Strybe, 2001). Ohud on seda suuremad, mida rohkem on jahvatatud vili hallitusseentest ja pärmseentest nakatatud. Käesoleva töö eesmärgiks seati uurida ohutuse (üldtoksilisuse) muutumist meie põhilistel söödateraviljadel (oder, nisu, kaer) vilja jahvatamise järgselt erinevatel säilitustemperatuuridel.

Materjal ja meetodika

Jahvatamiskatseteks kasutati teraviljade (oder, nisu, kaer) proove (a`2,5–3 kg), mille niiskusesisaldus oli 10–13%. Jahvatamiskatsetele eelnevalt tehti Põllumajandusuuringute Keskuse laborites kogutud proovide mikrobioloogiline analüüs (hallitusseened, pärmseened, *Fusarium spp*) ja üldtoksilisuse määramine biotestiga *Paramaecium caudatum* või *Styloichia mytilus* abil. PMK-s kasutatava meetodika kohaselt proov ei ole toksiline, kui ellujäänud katseobjektide arv on 100–81% (põrsaste, emiste, tibude jaoks vastavalt – 100–90%). Proov on nõrgalt toksiline, kui ellujäänud katseobjektide arv on 80–50% (põrsaste, emiste, tibude jaoks vastavalt – 89–50%). Proov on toksiline, kui ellujäänud katseobjektide arv on 49–0%. Katseteks kasutati ainult selliseid proove, millel toksilisus puudus st katseobjektide suremus oli null. 2006. a. teraviljade proovides oli mikroorganismide arvukus 1 g kuiva teravilja kohta järgmine: oder – hallitusseeni $7,3 \times 10^4$ – $2,5 \times 10^5$; pärmseeni $4,0$ – $6,5 \times 10^3$; *Fusarium sp* $3,0$ – $6,0 \times 10^3$. Nisu – hallitusseeni $3,2$ – $5,2 \times 10^4$; pärmseeni $6,3 \times 10^4$ – $4,4 \times 10^5$; *Fusarium sp* $1,1$ – $5,1 \times 10^3$. Kaer – hallitusseeni $6,5 \times 10^4$ – $8,9 \times 10^5$; pärmseeni $3,9 \times 10^4$ – $7,8 \times 10^5$; *Fusarium sp* $1,8 \times 10^3$ – $7,1 \times 10^4$. 2007. a. proovides olid mikrobioloogilised näitajad vastavalt oder – hallitusseeni $4,0$ – $7,8 \times 10^5$; pärmseeni $4,2$ – $6,7 \times 10^5$; *Fusarium sp* $7,0 \times 10^3$ – $2,5 \times 10^4$. Nisu – hallitusseeni $3,3$ – $5,9 \times 10^4$; pärmseeni $1,8$ – $2,4 \times 10^4$; *Fusarium sp* $3,6$ – $6,1 \times 10^3$. Kaer – hallitusseeni $3,6$ – $4,6 \times 10^6$; pärmseeni $2,5$ – $3,7 \times 10^5$; *Fusarium sp* $1,2$ – $1,5 \times 10^5$. Jahvatamiseks võeti keskmise proovi reeglite kohaselt 0,5 kg proovid, mis jahvatati laboratoorse veskiga. Iga uue proovi jahvatamise eel veski puhastati vältimaks terade algse mikrobioloogilise koostise segunemist. Proove säilitati võrdlevalt teradena ja jahvatatult 2 nädala jooksul toatemperatuuril 20–25°C ja külmkapis 4°C juures. Nimetatud aja möödumisel määrati taas proovide üldtoksilisuse näitaja. Muutused katseobjektide suremuses iseloomustavad toksilisuse muutumist säilitamisel. Katseandmed töödeldi regressioonanalüüsi meetodil.

Tulemused ja arutelu

Terade jahvatamise järel avanes terade pinnal olevatele mikroorganismidele parim võimalus kasutada oma arenguks ja paljunemiseks terades sisalduvaid toitaineid, kuna terade kattede olid jahvatamisega kõrvaldatud. Jahu säilita-

misel madalas temperatuuris külmikus oli mikroorganismide areng teatud määral pidurdatud – arengu optimaalsed temperatuurid meie teraviljas esinevatel põhilistel hallitusseentel *Penicillium spp* 20–25°C ja *Fusarium spp* 20–28°C. 2006. a. teraviljaproovides kõige suurem saastatus hallitusseentega kui ka *Fusarium* liikidega oli kaeral. Seetõttu ka toksilisuse teke ilmnes eelkõige rohkem saastatud kaera proovides. Temperatuuril 20–25°C olid enamusele hallitusseentele ja *Fusarium* liikidele tingimused ligidased optimaalsetele, mis ilmselt soodustas ka nende intensiivsemat arengut ja toksilisuse teket jahvatatud proovides (tabel 1). Jahvatatud kaer oli aga ka madalama temperatuuri tingimustes säilitamisel kergesti toksilisusele kalduv.

Tabel 1. 2006.a. teravilja toksilisus (*Paramaecium caudatum* ellujäämine %) säilitamisel jahvatatult 2 nädala kestel erinevatel temperatuurirežiimidel

Kultuur	Teradena, 08.05.07	20-25 ⁰ C, toksilisus	Jahvatatult, 22.05.07 ellujäämine %-des	20-25 ⁰ C, toksilisus	Jahvatatult, 4 ⁰ C, 22.05.07 ellujäämine %-des	külmikus toksilisus
Oder	100	puudub	71*	nõrk	100*	puudub
Oder	100	puudub	92*	puudub	100*	puudub
Suvinisu	100	puudub	74*	nõrk	100*	puudub
Suvinisu	100	puudub	89*	puudub	100*	puudub
Kaer	100	puudub	0*	toksiline	0*	toksiline
Kaer	100	puudub	0*	toksiline	4*	toksiline

*statistiliselt olid erinevused usaldusväärsed (p<0,05)

Ka 2007. a. proovidest oli hallitusseentest ja *Fusarium* liikidest kõige enam saastatud kaer. Suurema terade nakkuse korral on ka jahvatamise järel saadava jahu mikrobioloogiline kvaliteet halvem (Berghofer *et al.*, 2003), seda eriti täisterajahu korral. Terade jahvatamine avaldas ka antud katses samasuunalist ja veelgi intensiivsemat mõju toksilisuse tekkele (tabel 2). Kui külmikus säilitamisel madal positiivne temperatuur oli selle protsessi kulgemiseks ebasoodne, siis 20–25°C juures nõrk toksilisus tekkis kõikidel teraviljadel, kõige tugevam siiski kaertel.

Tabel 2. 2007. a. teravilja toksilisus (*Styloichia mytilus* ellujäämine %) säilitamisel jahvatatult 2 nädala kestel erinevatel temperatuurirežiimidel

Kultuur	Teradena, 06.02.08	20-25 ⁰ C, toksilisus	Jahvatatult, 20.02.08	20-25 ⁰ C, toksilisus	Jahvatatult, 4 ⁰ C, 20.02.08	külmikus, toksilisus
	ellujäämine %-des		ellujäämine %-des		ellujäämine %-des	
Oder	100	puudub	80*	nõrk	100*	puudub
Oder	100	puudub	95*	puudub	100*	puudub
Suvinisu	100	puudub	97*	puudub	100*	puudub
Suvinisu	100	puudub	63*	nõrk	89*	puudub
Kaer	100	puudub	79*	nõrk	100*	puudub
Kaer	100	puudub	34*	toksiline	100*	puudub

*statistiliselt olid erinevused usaldusväärsed (p<0,05)

Järeldused

Söödateravilja jahvatamisel luuakse head tingimused hallituste jät kahjulike, sealhulgas toksiine moodustavate mikroorganismide arenguks. Kui jahvatatud vilja säilitati madalal temperatuuril (4°C), oli toksilisuse tekkimise oht väiksem. Seevastu jahvatatud vilja juba 2 nädala kestel hoidmine 20–25°C säilitustemperatuuril võimaldas mikroorganismidel muuta selle üldjuhul toksiliseks. Teravilja liikide võrdlemisel selgus, et toksilisuse tekkimine 2 nädala jooksul oli sagedasem just jahvatatud kaera ja odra puhul, väiksem aga nisudel. Tulemused korreleeruvad ka meie varasemate uurimuste andmetega (2007. a.), kui mükotoksiine T-2 ja HT-2 leiti kõige sagedamini kaeras (8-st proovist 7-s) ja odras (10 proovist 2-s), kuid mitte nisu proovides.

Praktikas peaks söödavilja pikemaks ajaks (2 nädalaks) ettejahvatamist toksilisuse tekkimise tõttu vältima.

Kasutatud kirjandus

- Tuite, J., Koh-Knox, C., Strohshine, R., Cantone, F. A., and Bauman, L. F. 1985. Effect of Physical Damage to Corn Kernels on the Development of *Penicillium species* and *Aspergillus glaucus* in Storage. *Phytopathology* 75: 1137–1140.
- Obuchowski, W., Strybe, K. 2001. The effect of grain cleaning and milling in some polish mills on the level of grain and flour microbial contamination, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 4(1).
- Berghofer, L., K., Hocking, A., D., Miskelly, D. and Jansson, E. 2003. Microbiology of wheat and flour milling in Australia. *International Journal of Food microbiology*, vol 85, Issue 1–2, 15 August 2003, 137–149.

KUIVADE JA LIIGNIISKETE KUUDE STATISTIKAST JÕGEVA PÕLDEDEL VIIMASE 45 AASTA ANDMETEL

Laine Keppart¹, Tiina Tammets², Külli Loodla²

¹Jõgeva Sordiaretuse Instituut

²Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut

Abstract. Keppart, L., Tammets, T., Loodla, K. 2009. About statistics of dry and wet months at Jõgeva during the last 45 years. – *Agronomy* 2009.

The dry and wet periods have been selected using the calculation of hydrothermal coefficient (HTK) and soil moisture measurements in the potato, barley, winter rye and clover crops. Comparing of moisture conditions in 1965–2009 and 1922–1964 indicates that the last period was somewhat dryer than previous. The calculated HTK indicates that extra dry have been May and August in three, June and July in two and September in one vegetation period out of 45. The measurements of productive water content (mm) in the upper 50 cm layer in each crop indicate that relationships between HTK (calculated for month) and productive water content in the end of this month are statistically significant almost for every month of vegetation period.

Figure 1. Productive water content (mm) in the upper 50 cm layer at Jõgeva in 1965–2009

Keywords: agroclimate, dry and wet periods

Laine Keppart, Jõgeva Plant Breeding Institute, Aamisepa 1, Jõgeva 48309, Estonia
Tiina Tammets, **Külli Loodla**, Estonian Meteorological and Hydrological Institute, Toompuiestee 24, Tallinn 10149, Estonia

Sissejuhatus

Põllumajandusliku tootmise planeerimisel on hea rohkem teada ilmariskidest, nende esinemise sagedusest. Põud ja liigniiskus mõjuvad pärssivalt taimekasvule ja arengule, vähendades põllukultuuride saaki. Põuaks nimetatakse ilmastiku seisundit, mida iseloomustab pika aja jooksul sademete puudumine või vähesus, enamasti kõrgenenud temperatuuri taustal. Tavaliselt kaasneb sellele mullavee vaegus või isegi mullapõud. Liigniiskus mullas võib tuleneda kõrgest põhjavee seisust või pinnaveest ja on tavaliselt tekkinud tugevatest vihmahoogudest või kestvatest sadudest (Põllumajandust ... 1998). Seoses viimastel aastakümnetel toimunud kliima muutustele on eriti oluline jälgida põldude mullaniiskuse dünaamikat kui oluliselt saaki mõjutavat agrokliima tegurit. Mullaniiskuse mõõtmine nõuab spetsiaalseid vaatlusriistu ja on töömahukas, mistõttu on üldjuhul vaatlusvõrk hõre ning vaatlusread lühikesed. Nii jätkuvad Eestis pikaajalised produktiivse veevaru määramised praegu ainult Jõgeval ning sellepärast on tekkinud vajadus leida ja kontrollida kaudseid meetodeid mullaniiskuse hindamiseks ka teistes piirkondades. Keerukate (sh satelliitide abil tehtud) vaatluste kõrval

on otsitud lihtsaid kaudseid võimalusi mullaniiskuse leidmiseks ilmajaamades laialdaselt registreeritavate parameetrite abil. Kõige enam mõjutavad mullaniiskust sademed ja õhutemperatuur (Boken, 2005). Agrometeoroloogias kasutatakse taimede niiskusrežiimi hindamisel sageli nende kahe näitaja kombinatsiooni – hüdrotermilist koefitsienti (HTK). Käesolevas töös hinnatakse HTK ning mulla produktiivse veevaru vahelisi statistilisi seoseid Jõgeva sademete ja õhutemperatuuri andmete ning odra, talirukki, kartuli ja põldheina põldudel 1965–2009. aastal määratud mullaniiskuse alusel. Pikaajaliste vaatluste alusel hinnati nimetatud kultuuride niiskusrežiimi optimaalsust ning kriitilisi piire viimasel 45 aastal. Seejuures on kriteeriumiteks Eesti agrometeoroloogiavõrgus kuni 2000. aastani kasutatud näitajad (Eesti ..., 1976). Kuna Jõgeva ümbruse mullad on Kesk-Eestile tüüpilised, siis on võimalik saadud üldistusi kasutada mulla niiskusrežiimi iseloomustamiseks suurematel aladel.

Materjal ja meetodika

Käesolevas töös kasutatud hüdrotermiline koefitsient on arvatud sademete summa suhtena sama perioodi kümme korda vähendatud õhutemperatuuri summasse (Põllumajandust ..., 1998): $HTK = \sum \text{Sademed} / 0,1 * \sum T_{\text{ööpäev}}$.

Sarnaselt Seljaninovi hüdrotermilisele koefitsiendile (1966) loetakse kuu kuivaks, kui HTK võrdub 1,0–0,6 ning väga kuivaks (põuaseks), kui HTK on 0,5 ja väiksem. Liigniiskuse puhul on HTK väärtus üle 2,0 (Põllumajandust ..., 1998). Mullaniiskuse järgi võib põuaseks lugeda olukorda, kui produktiivne mullavee varu langeb teravilja puhul tasemeni 25 mm ja allapoole ning kartuli ja põldheina puhul 30 mm ja allapoole (Eesti ..., 1976).

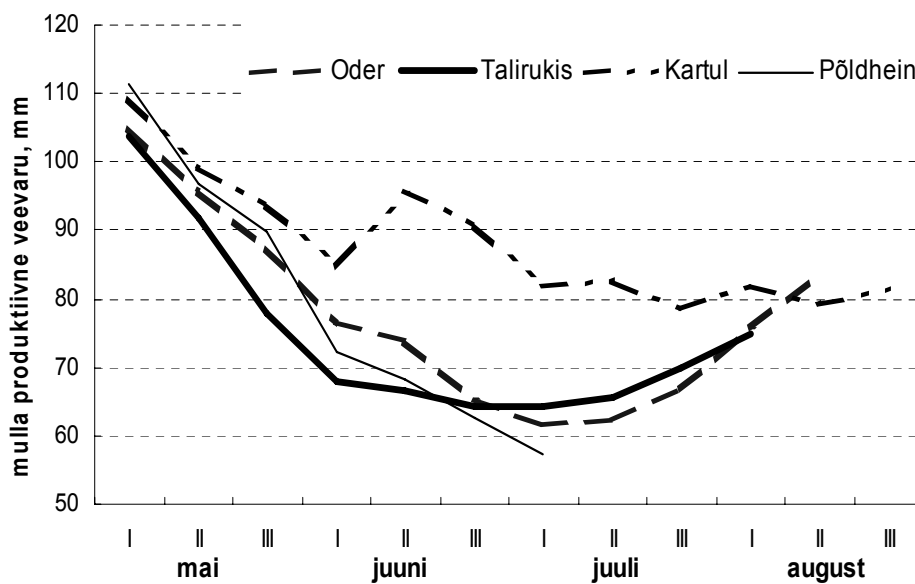
Jõgeva meteoroloogiajaama 1922–2009. a sademete ja õhutemperatuuri andmete põhjal arvutati vegetatsiooniperioodi kõikide kuude HTK väärtused. Pindmise poolemeetrisel mullakihi produktiivsed veevarud odra, talirukki, kartuli ja põldheina (hiline punane ristik) põldude leetjatel liivsavi lõimisega muldadel määrati iga dekaadi 8. päeval (Jõgeva agrometeoroloogiajaama 1965–2001. a ja Jõgeva Sordiaretuse Instituudis 2002–2009. a läbiviidud mõõtmiste alusel). 2002. aastal tehti seoses agrometeoroloogiliste tööde reorganiseerimisega mullaniiskuse määramisi kogu vegetatsiooniperioodil ainult talirukkipõllul ja teistel kultuuridel toimusid määramised episoodiliselt. Viimastel aastatel on põldheina all mullaniiskust määratud esimese niiteni või õitsemiseni ja kartulipõllul on alustatud niiskuse määramisi külgvõrsete moodustamise arengufaasist alates. Põldheina mullaniiskuse aegrida on teistest lühem ja algab 1973. aastast.

Leitud HTK väärtused kõrvutati aktiivsel taimekasvu ajal (maist kuni septembrini) kuude kaupa vastava kuu viimase dekaadi mulla produktiivse veevaru andmetega. See võimaldas hinnata regressioonanalüüsi abil HTK ja mulla produktiivse veevaru vahelisi seoseid.

Tulemused ja arutelu

Keskmiselt on HTK järgi viimase 45 aasta jooksul olnud Jõgeval niiskust kõigil taimekasvu kuudel parajal määral – HTK mediaan oli mais 1,3; juunis 1,2; juulis 1,5; augustis 1,5 ja septembris 1,9. Kui võrrelda neid arve 1922–1964. aastate näitajatega, siis olid nii mai, juuni, august kui september varasemal perioodil mõnevõrra niiskemad – vastavad mediaanide väärtused olid mais 1,4; juunis 1,4; augustis 1,7 ja septembris 2,1. Juulikuu HTK mediaanid olid mõlemal perioodil võrdsed.

Teravilja ja kartuli vaatluspõldude keskmine niiskusrežiim 1965–2009. aastatel oli mulla pindmise poolemeetrise kihi keskmise produktiivse veevaru järgi aktiivsel taimekasvuperioodil optimaalne, vaid põldheina vaatluspõldudel jäi juuni lõpus-juuli alguses keskmine veevaru optimaalsest veidi väiksemaks (joon. 1).



Joonis 1. Mulla pindmise poolemeetrise kihi keskmine produktiivne veevaru Jõgeval 1965–2009

Mais on kuivi perioode ette tulnud kõige sagedamini – HTK järgi 38% aastatest. Seejuures oli väga kuiv ehk põuane mai 3 korral (1971., 1976. ja 2002. a – HTK vastavalt 0,4, 0,2 ja 0,2). 0,5 m mullaveevaru mõõtmiste põhjal vähenes talirukki all veevaru kriitilise piirini ainult 2002. aasta mais. Põldheinale kahjuks sel aastal mai lõpus mullaniiskust ei määratud. Mullaniiskuse aegridade järgi oli üldiselt vett optimaalsest vähem põldheinapõllul 33% ja talirukkil 22% aastatel. Liigniiskeid maikuusid esineb HTK järgi 22% aastatest, samas suurus-

järgus on liigniiskeid aastaid ka talirukkipõllu produktiivse veevaru järgi (23% aastatel).

Maikuu HTK ja kuu lõpu põldheina põllu mullaveevarude ning HTK ja talirukki põllu mullaveevarude vahelised statistilised seosed on lineaarsed ja 95% tõenäosusnivoo juures statistiliselt usaldatavad. Tihedam on seos HTK ja mullaveevarude vahel talirukki põllu puhul ($r=0,66$). Selleks ajaks on talirukis pead loomas või loonud. Seevastu on seos mai HTK ja kuu lõpu põldheina mullaveevarude vahel veidi nõrgem ($r=0,57$). Selleks ajaks on ristik kasvanud tavaliselt ligi 30 cm kõrguseks. HTK ja odrapõllu produktiivse veevaru vaheline seos oli väga nõrk, mida põhjustasid tõenäoliselt kevadised mullaharimistööd. Kartulipõllu mullaveevarud ei ole maikuu taimekasvu seisukohast eriti olulised, kuna esialgne taimede kasv toimub mugulas leiduvate varude arvel.

Juunis lõpus on kartul vaatluspõldudel enamasti külgvõrsete moodustamise faasis, talirukkil on tavaliselt õitsemine lõppenud ja toimub tera täitumine, odral aga intensiivne kõrguskasv. Ristik moodustab sel ajal aga tavaliselt õisikuid.

Aastatel 1965–2009 esines juunis HTK järgi nii kuivust kui liigniiskust ühepalju – 27% aastatest. Äärmuslikku kuivust e. põuda esines 2 aastal – 1988. ($HTK=0,4$) ja 1992. a ($HTK=0,2$). Poolemeetrise pindmise mullakihi veevarude järgi oli talirukkipõllul niiskusrežiim optimaalsest madalam juuni lõpus (talirukki intensiivse kasvu ajal) ligi 40%, odrapõllul 27% ja põldheina põllul 62% vaatlusaastatest. Kriitilisele piirile langes mullaniiskus teraviljapõldudel 3–4 aastal, põldheinal 7 aastal. Liigniiskust esines juuni viimasel dekaadil talirukkil 8, odral ja kartulil 6 aastal. Põldheinal pole Jõgeval vaatluspõldudel juuni lõpus liigniiskust esinenud, kuu keskpaiku on aga muld liigniiske olnud 3 aastal. Kokkuvõttes oli liigniiskusega aastaid mullavee mõõtmiste järgi olenevalt kultuurist 0–18%.

Juunikuu HTK ja kuu lõpu produktiivsete mullaveevarude vaheline seos oli tugevam põldheina ja odra puhul ($r=0,81$ ja $0,71$ vastavalt). Nõrgem oli seos HTK ja talirukki produktiivse veevaru vahel ($r=0,58$) ning HTK ja kartuli produktiivse veevaru vahel ($r=0,49$). Samas on leitud seosed statistiliselt usaldatavad.

Juuli lõpuks tavaliselt kartul õitseb, oder on piimküpsuse faasis, talirukis saamas vahaküpseks või juba vahaküps.

HTK järgi esines tavaliselt viimasel 45 aastal kuivust 22% ja liigniiskust 27% aastatest. Põuda oli kahel aastal – 1967. ($HTK=0,5$) ja 2006. ($HTK=0,2$) aastal. Produktiivse veevaru järgi jäi niiskust mullas optimaalsest vähemaks odrale juuli lõpus 23%, kartulile 40% suvedest. Talirukkil määrati mullaniiskust kuni vahaküpsuseni, mistõttu andmeid on kuu lõpus 31 aasta kohta, mille hulgas moodustasid kuivad aastad 26%. Kriitilise piirini langes mullaniiskus suviteravilja põllul juuli lõpul 4 ja kartulipõllul 1 suvel. Liigniiskust mullaveevaru järgi esines talirukkil 23%, odral 17% ja kartulil 7% vaatlusaastatest.

Juulis oli kõige tugevam seos HTK ja produktiivse veevaru vahel kartulipõllul ($r=0,76$). Suhteliselt tugev oli ta ka odra- ja rukkipõllul ($r=0,70$ ning $0,62$

vastavalt). Põldheinal määrati niiskust esimese niiteni ja andmed puudusid.

Augustis toimusid mõõtmised peamiselt kartulipõllul. Sel kuul toimub kartulil hoogne mugulate kasv. August on olnud HTK järgi liigniiske 40% ja kuiv 18% aastatest, põuane kolmel aastal – 1983 (HTK=0,2), 1996 (HTK=0,1) ja 2002 (HTK=0,0). 2002. aastal sadas augustis Jõgeval vaid 1 mm. Produktiivse veevaru järgi on Jõgeval esinenud liigniiskust kuu lõpus kartulipõllul 13% ja kuivust 37% vaatlusaastatest. Kriitilise piirini on langenud vaatlusaastatel veevaru mullas kartulipõllul esimesel dekaadil 4, teisel 6 ja kuu lõpul kahel aastal. Liigniiskus mullaveevaru järgi esines kartulipõllul 13% aastatest. Teistel põllukultuuridel augustis mullaniiskuse vaatlusrida puudub või oli liialt lünklik ja seetõttu ei ole võimalik teha üldistusi.

Võrreldes juuliga on augustis HTK ja kuu lõpus kartulipõllul määratud produktiivse veevaru vaheline seos nõrgem ($r=0,65$), samas statistiliselt usaldatav.

Septembrikuu puhul saame võrrelda HTK ja mullaniiskuse andmeid ainult talirukkipõldude kohta, kuna teistel põldudel mullaniiskuse määramisi ei viida läbi. Tavaliselt jõuab rukis septembri lõpuks kolmanda lehe faasi.

HTK järgi oli kuu liigniiske 46% ja kuiv 16% aastatest. Väga kuiv oli september 2000. a sügisel, kui vihma tuli Jõgeval kokku ainult 4 mm (HTK=0,1). Talirukkipõldude mullaniiskuse andmetel esines poolemeetrises pindmises kihis liigniiskust 40% ja kuiva 7% aastatest. 2000. aastal põuda veevaru järgi ei esinenud. Väga kuivaks osutus ainult 1996. aasta september. Põuasel 2002. aastal määrati septembris mullaniiskust ainult teisel dekaadil ja siis oli produktiivset vett pealmises poolemeetrises kihis 24 mm ja 20 cm kihis 6 mm, mis on taimede kasvuks alla kriitilise piiri.

HTK ja talirukki põllu poolemeetrise pindmise kihi produktiivse veevaru vahel on septembris usaldatav seos, kuid see on suhteliselt nõrk ($r=0,54$). Seos HTK ja künnikihi (pindmise 20 cm) veevaru vahel on veidi tugevam ($r=0,59$).

Kokkuvõte

Taimekasvuperioodid olid viimasel 45 aastal keskmisena kuivemad võrreldes 1922-1964. a keskmisega. Kuiva on esinenud viimasel 45 aasta jooksul HTK järgi mais 38%, juunis 27%, juulis 22%, augustis 18% ja septembris 13% ning liigniiskust mais 22%, juunis 27%, juulis 27%, augustis 40% ja septembris 47% aastatest. Põuane on olnud mai ja august kolmel, juuni ja juuli kahel ja september ühel taimekasvuperioodil.

HTK järgi saadud kuivade ja liigniiskete kuude esinemise sagedused ei langenud kokku mulla produktiivse veevaru järgi saadud tulemustega. Produktiivsed veevarud olid põldudel kultuuriti erinevad. Keskmisena püsis produktiivne veevaru teraviljade ja kartuli all taimekasvuperioodil optimaalse piires, põldheina all jäi optimaalsest väiksemaks õisiku moodustamise ajal juuni lõpus ja juuli alguses. Kuivi aastaid oli olenevalt kultuurist kuu lõpu seisuga produktiivse

veevaru järgi mais 22–33%, juunis 27–62%, juulis 23–40%, augustis 37% ja septembris 7%. Liigniiskeid aastaid oli mais 23%, juunis 0–18%, juulis 7–23%, augustis 13% ja septembris 40%. HTK ja kuu lõpu produktiivsete veevarude vahel valitsesid 95% tõenäosusnivoo juures statistiliselt usaldatavad seosed. Nõrgad olid seosed HTK ja produktiivsete veevarude vahel mais ja septembris. Talirukkil oli kõige tugevam seos juuli lõpus ($r=0,76$), odral juuni ja juuli lõpus (vastavalt $r=0,71$ ja $r=0,70$), kartulil juuli ja augusti lõpus (vastavalt $r=0,76$ ja $r=0,65$) ning põldheinal juuni lõpus ($r=0,81$). Kokkuvõttes võib öelda, et üksikudel kuudel arvatud HTK kaudu on kuu lõpus statistiliste seoste alusel võimalik hinnata mulla produktiivset veevaru, seejuures on viga aga suhteliselt suur.

Kasutatud kirjandus

- Boken, V. K. 2005. Agricultural drought and its monitoring and prediction: some concepts. – Monitoring and predicting agricultural drought: a global study. (Boken, V. K., Cracknell, A. P., Heathcote, R. L.) Oxford University Press, pp. 3–10.
- Eesti NSV agrokliima ressursid. 1976. (Koost K. Kivi). Tallinn, Valgus, 142 lk.
- Põllumajandust kahjustavad ilmastikunähtused. 1998. (Koost K. Kivi). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut Meteoroloogiakeskus lk. 10–20. Käsikiri EMHI Meteoroloogiakeskuses.
- Seljaninov, G. T., 1966. Agroklimatitšeskaja karta mira. Leningrad, Gidrometeoizdat, lk 5. (Vene keeles).

MÕNEDE KÄNNASMUSTIKA SORTIDE PRODUKTIIVSUS LÕUNA-EESTI TINGIMUSTES 2008. A.

Marge Starast¹, Tea Tasa¹, Kadri Karp¹, Ele Vool¹, Taimi Paal²

¹EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

²EMÜ Metsandus- ja maaehitusinstituut

Abstract. Starast, M., Tasa, T., Karp, K., Vool, E., Paal, T. 2009. The productivity of some highbush blueberry cultivars under South Estonian condition. – *Agronomy 2009*.

Success in the cultivation of half-highbush blueberry and low bush blueberry has been achieved in Estonia. The objective of the experiment was to evaluate highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) productivity depending on genotype in South Estonian condition. The field trial with 14 highbush blueberry cultivars was established to in South Estonia (58°21' N, 26°31' E) in 2003. To select cultivars for experiment we took into consideration the winter hardiness and harvesting time season of berries. The experimental plantation gave its second yield in 2008 and current data are based on this year. Highbush blueberry cultivar 'Nui' had the smallest plants. The yield of highbush blueberry cultivar 'Reka' was the highest. The plant yield ranged from 17 to 966 g. In 2007 cultivars 'Chandler' and 'Denise Blue' had the largest berries. The harvesting time season of 'Caroline Blue', 'Candler' and 'Blue Rose' was very late; therefore some berries did not ripen. Results showed that highbush blueberry grew satisfactorily in Estonian conditions and we can recommend all of these cultivars for the home garden. Cultivars 'Bluecrop', 'Hardyblue', and 'Reka' are more suitable for commercial cultivation.

Figure 1. Plant height (cm) depending on genotype in 2008

Figure 2. Plant width (cm) depending on genotype in 2008

Figure 3. Berry weight (g) depending on genotype in 2008

Figure 4. Plant yield (g) depending on genotype in 2008

Keywords: *Vaccinium corymbosum*, growth, yield,

Marge Starast, Tea Tasa, Kadri Karp, Ele Vool, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, EAU, 1 Kreutzwaldi St., 51014, Tartu, Estonia

Taimi Paal, Institute of Forestry and Rural Engineering, EAU, 1 Kreutzwaldi St., 51014, Tartu, Estonia

Sissejuhatus

Suurimad kännasmustika (*Vaccinium corymbosum* L.) kasvatajad maailmas on Ameerika Ühendriigid ja Kanada (Strik, 2005). Keskmiselt 10% kasvupinnast paikneb Euroopas, sealjuures 1350 ha Saksamaal, 410 ha Prantsusmaal, 300 ha Hollandis, 250 ha Hispaanias ning 65 ha Itaalias. Suurimaks mustikakasvatajaks on viimaste aastatega tõusnud Poola 2500 hektariga (Pluta, Żurawicz, 2009). Ka Põhja-Euroopas on läbi viidud mitmeid põldkatseid (Vestheim *et al.*, 1997; Hei-

berg, Stubhaug, 2006) ja katmikala eksperimente (Heiberg, Lunde, 2006) selgitamaks selle taimeliigi kasvatusvõimalusi karmi talvega piirkondades. Soomes on enam tähelepanu pööratud uute, väga hea külmakindlusega sortide aretamisele (Hiirsalmi, 1989; Lehmushovi, Ylämäki, 1994).

Eesti Maaülikoolis on häid tulemusi saadud ahtalehise mustika (*V. angustifolium* Ait.) ja poolkõrge kasvuliste mustikasortidega (*V. corymbosum* x *V. angustifolium*) (Starast *et al.*, 1999; Noormets, 2006). Kännasmustika taimed on aga suurema kasvuga ning ka saagikus on kõrgem ulatudes 4–5 tonnini hektarilt (Hancock, Draper, 1989). Kui ahtalehise mustika viljad kaaluvad keskmiselt 1g, siis kännasmustikal on need 3–4 korda suuremad. Tänu eelnevate katsete edukusele poolkõrgekasvuliste mustikasortidega võis oletada, et ka kännasmustikat on võimalik kasvatada Eesti kliimaatilistes tingimustes. Uurimuse eesmärgiks oli välja selgitada hea talvekindluse ja viljade varase valmimisajaga kännasmustikasortide produktiivsus Lõuna-Eesti tingimustes.

Materjal ja meetodika

Katse paikneb Tartu maakonnas, Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaamas, Tartu maakonnas. Istandik rajati 2003. a. istutuskeemiga 1,0 x 1,4 m. Katseistandikus on kasutatud kilemultši, millele laotati 2006. aastal lisaks ka koorepuru. Reavahedes on loodusliku tekkega rohukamar. Katsetaimi väetatakse igal aastal spetsiaalse kastmisväetisega (N7-P3-K18 + mikroelemendid) neljal korral kümnepäevaste intervallidega mais, juunis.

Katses on järgmised kännasmustika sordid: 'Ama', 'Blue Rose', 'Bluecrop', 'Blue Gold', 'Bluejay', 'Caroline Blue', 'Chandler', 'Denise Blue', 'Hardyblue', 'Nui', 'Olympia', 'Puru', 'Reka', 'Toro'. Iga sort on katses kolmes korduses, 5 taime korduses.

Käesolev töö sisaldab 2008. aastal kogutud katseandmeid. Saak koristati 16. juulist, 12. septembrini, üks kord nädalas. Igal nädalal korjati katselapi (5 põõsast) saagid, mis hiljem arvatati taime keskmiseks saagiks. Artiklis on esitatud korjeperioodi kogusaak (g/taim).

Mustikamarja keskmise massi (g) leidmiseks kaaluti igast sordist 3 korda 10 marja ja arvatati keskmine. Mõõtmised tehti igal korjekorral, artiklis on toodud korjeperioodi keskmised viljamassid.

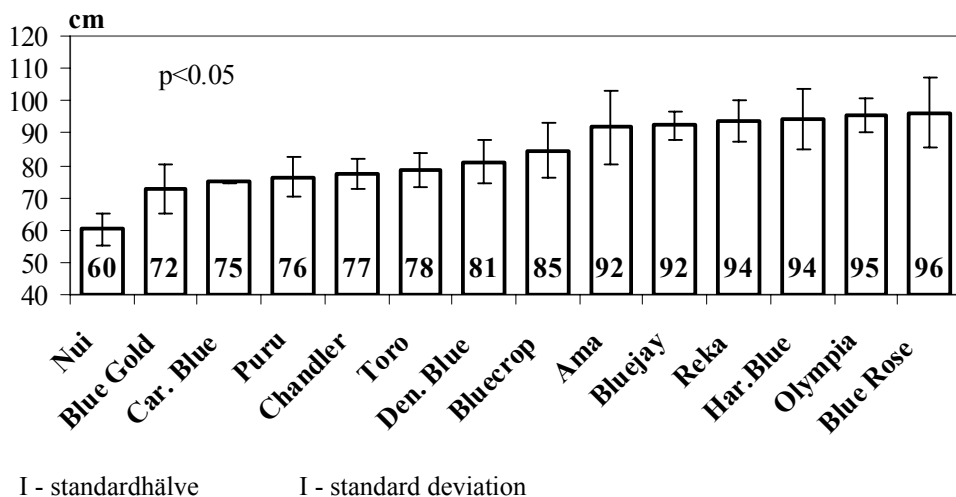
Põõsa kõrgus ja laius (cm) mõõdeti vegetatsiooniperioodi lõpus 3. oktoobril. Laiust mõõdeti piki ja risti rida ning arvatati keskmine. Igas variandis mõõdeti laiust ja kõrgust kõikidel taimedel.

Katseandmed töödeldi ühefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil, arvatati olulisuse nivoo ($p < 0.05$ või $p > 0.05$) ja standardhälve (joonistel I).

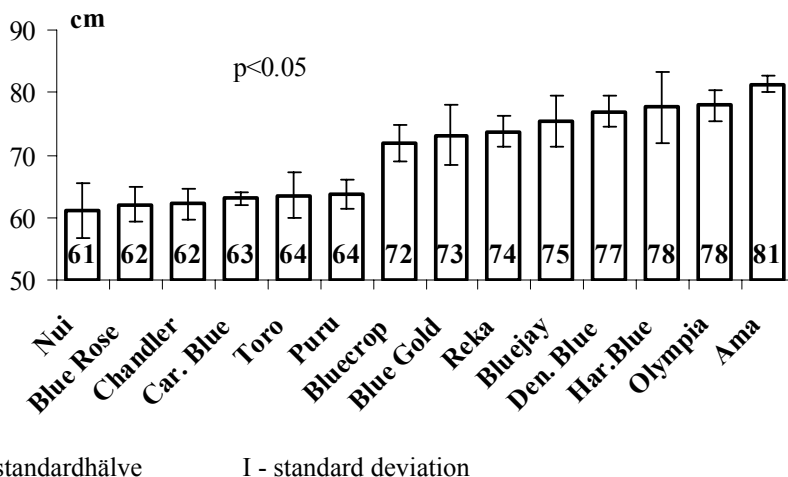
Tulemused ja arutelu

Viie aasta vanuses istandikus oli taimede kõrgus keskmiselt 60–96 cm (joonis

1). Kõige madalamad olid sordi 'Nui' põõsad. Taimede laius oli samuti oluliselt sõltuvuses konkreetset mustikasordist. Laiuseks mõõdeti 61–81 cm (joonis 2).



Joonis 1. Taime kõrgus (cm) sõltuvalt genotübist 2008. a.



Joonis 2. Taime laius (cm) sõltuvalt genotübist 2008. a.

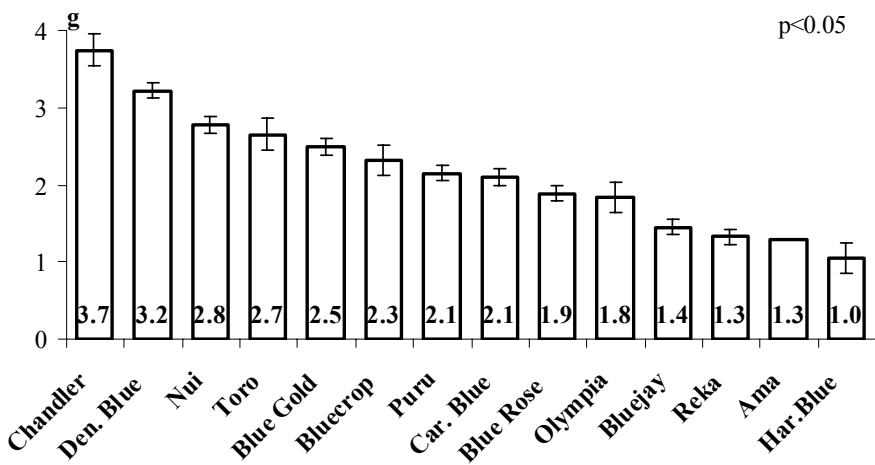
Teiste sortidega võrreldes olid oluliselt kitsamad põõsad sortidel 'Nui', 'Blue Rose', 'Caroline Blue', 'Chandler', 'Toro' 'Puru'. Ka eelmisel katseaastal näitas sort 'Nui' väga nõrka kasvu (Starast *et al.*, 2009). Sama on täheldatud ka Norras, et sort 'Nui' on tagasihoidliku kasvuga (Heiberg, Stubhaug, 2006). 2007. a. võrreldes olid taimed katse keskmisena juurde kasvanud 9 cm. Katsetulemused näitavad, et põhjamaa (Eesti) tingimustes on kannasmustikate kasv tagasihoidlikum, kui lõunapoolsematel aladel. Näiteks Itaalias läbiviidud katsetes mõõdeti sama vanade taimede kõrguseks sordil 'Blue Gold' keskmiselt 132 cm (Eccher *et al.*,

2006), meie katses olid taimed aga poole madalamad (joonis 1). Sordi 'Bluecrop' iseloomulikuks kõrguseks peetakse 150–180cm (Garrison, 2003), käesolevas uurimuses saadi vastavaks näiduks 85 cm (joonis 1).

Enamik kannasmustikasorte valmisid üheaegselt ning nende korjamist alustati juuli keskpaigas. Vaid sordid 'Chandler', 'Caroline Blue' ja 'Blue Rose' näitasid hilisemat valmimist: nende sortide saagikoristus algas 3 nädalat hiljem. Ka Kesk-Euroopas valmivad kannasmustikaviljad juuli keskpaigas (Smolarz, 2006). Seega kannasmustika valmimisaeg ei olnud nihkunud oluliselt hilisemaks sõltuvalt põhjamaistest kasvutingimustest. Teisel viljakande aastal taimede saagikus varieerus sorditi väga suures ulatuses: alates 17 grammist taimelt kuni 966 g/taim (joonis 4). Kõige väiksemaks jäi saagikus sordil 'Blue Rose', 'Nui' ja 'Caroline Blue'. Suurema saagiga olid sortide 'Puru', 'Bluecrop' ja 'Hardyblue' taimed, kuid kõrgeima saagikusega oli sort 'Reka'. Heiberg ja Stubhaug (2006) on välja toonud just viimati nimetatud sordi kõrget saagipotentsiaali karmima talvega piirkondades. Meie katse keskmisena oli kannasmustika saagikus ca 450 g/taim, mis on sarnane poolkõrge kasvuga sortide (Karp *et al.*, 2006) saagikusega noores istandikus. Kui aga valida kõrgema saagikusega sorte, võib saagikus olla isegi poole suurem, kui poolkõrge kasvuga sortide. Pliszka (1997) on välja toonud, et Euroopa tingimustes keskmiseks kannasmustika saagikuseks on 2,5–6,0 t/ha.

Käesolevas katses kolme parima saagikusega sordi hektarisaagiks oli 5,4–6,9 t/ha, mis ei jää alla eeltoodule, kuigi tuleb märkida, et kasutati mõneti tihedamat istutuskeemi.

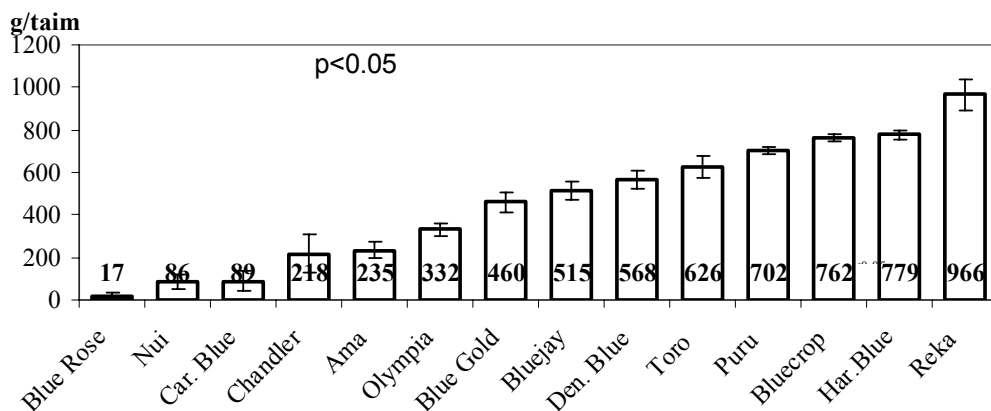
Kannasmustikat peetakse väärtuslikuks lauamarjaks tänu suurtele ja maitsvatele viljadele. Meie katses oli vilja mass 1,0–3,7 g (joonis 3). Väiksemate vil-



I - standardhälve

I - standard deviation

Joonis 3. Vilja mass (g) sõltuvalt genotüübist 2008.a.



I - standardhälve

I - standard deviation

Joonis 4. Kännasmustika saagikus (g/taim) sõltuvalt genotüübist 2008.a.

jadega olid sordid 'Hardyblue', 'Ama', 'Reka' ja 'Bluejay'. Suurimad marjad saadi aga sortidelt 'Denise Blue' ja 'Chandler'. Hollandis läbiviidud katsed on samuti näidanud, et sordil 'Chandler' on väga suured marjad (Balkhoven, Peppelman, 2002). Värnik jt. (2004) on märkinud, et just suureviljalisi mustikasorte on kergem turustada (viljad atraktiivsed), nendest saadakse kõrgemat müügihinda ning kokkuvõttes istandiku tasuvus aeg on lühem, kui väikeseviljalistel sortidel.

Kokkuvõte

Katsetulemustest selgus, et kännasmustikas kasvab hästi Lõuna-Eesti kliimaatilistes tingimustes. Taime vegetatiivsed parameetrid jäävad küll alla kasutatud sortide iseloomulikele mõõtmetele. Nii taimede kasv kui ka saagikus oli kõrgem, kui poolkõrge kasvuga mustikasortidel. Katses olnud sordid võiksid sobida Eesti tingimustes kasvatamiseks koduaedades. Erandiks on sort 'Nui', mille produktiivsus oli küllaltki väike ning seetõttu seda sorti ei ole mõttekas kasvatamiseks valida. Sordid 'Chandler', 'Caroline Blue' ja 'Blue Rose' on hilisema saagivalmimise ajaga ning seetõttu ei ole need sordid soovitatud tootmisstandike rajamiseks. Sordid 'Puru', 'Bluecrop', 'Hardyblue' ja 'Reka' võiksid olla aga kõige perspektiivsemad just tootmistingimustes.

Tänuõnad

Uurimust toetas Haridus- ja teadusministeeriumi sihtfinantseerimisteema B00572. Südamlik tänu EMÜ Rõhu katsejaama kollektiivile.

Kasutatud kirjandus

- Balkhoven, J., Peppelman, G. 2002. Chandler obtains the largest fruits, Brigitta Blue the largest production/ Chandler geeft grootste vruchten, Brigitta Blue grootste productie. *Fruitteelt* (Den Haag), 92 (48): 12–13.
- Eccher, T., Noé, N., Carotti, E. 2006. Field performance of *Vaccinium corymbosum* and *V. ashei* cultivars in Northern Italy. *Acta Hort.* 715:247–254.
- Garrison, N. 2003. Blueberry varieties (www.mastergardeners.org/picks/bluevar.html).
- Hancock, J. F., Draper, A. D. 1989. Blueberry culture in North America. *Hort. Science* 24: 551–556.
- Heiberg, N., Lunde, R. 2006. Effect of growth media on highbush blueberries grown in pots. *Acta Hort.* 715: 219–224.
- Heiberg, N., Stubhaug, E. 2006. First results from cultivar trials with highbush blueberry in Norway. *Acta Hort.* 715: 307–312.
- Hiirsalmi, H.M. 1989. Research into *Vaccinium* cultivation in Finland. *Acta Hort.* 241: 175–184.
- Karp, K., Noormets, M., Starast, M., Paal, T. 2006. The Influence of Mulching on Nutrition and Yield of 'Northblue' Blueberry. *Acta Hort.* 715: 301–306.
- Lehmushovi, A., Ylämäki, A. 1994. Pensasmustikoiden kasvattamisen ohjet. *Puutarha.* 5: 270–273.
- Noormets, M. 2006. Some aspects of flower biology of lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) and velvet-leaf blueberry (*V. myrtilloides* Michx.); cultural management of lowbush blueberry and cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.) on exhausted milled peat areas. Doctoral dissertation, Tartu, Estonian University of Live Sciences, 165 pp.
- Pliszka, K. 1997. Overview on *Vaccinium* Production in Europe. *Acta Hort.* 446:49–52.
- Pluta, S., Żurawicz, E. 2009. Recent situation and perspectives of the cultivation and breeding of high-bush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) in Poland. International Scientific Conference "Vaccinium ssp. and less known small fruit: challenges and risks". Jelgava, Latvia, October 6 - 9, 2009. Book of Abstract, 12–13.
- Smolarz, K. 2006. Evaluation of four blueberry cultivar growing in central Poland. *Acta Hort.* 715: 81–84
- Starast, M., Karp, K., Tasa, T. 1999. Poolkõrge mustika sortide 'Northblue' ja 'North-country' talvekindlus. *Eesti Põllumajandusülikool. Teadustööde kogumik* 203: 162–163.
- Starast, M., Paal, T., Vool, E., Karp, K., Albert, T. and Moor, U. 2009. The productivity of some blueberry cultivars under Estonian conditions. *Acta Hort.* 810: 103–108.
- Strik B. 2005. Blueberry: an expanding world berry crop. *Chronica Horticulturae*, 45(1): 7–12.
- Vestrheim, S., Haffner, K., Grønnerød, 1997. Highbush blueberry production and research in Norway. *Acta Hort.* 446: 177–180.
- Värnik, R., Ohvril, T., Starast, M. 2004. Blueberry growing efficiency and marketing in Estonia. Report on 8th International Symposium on *Vaccinium* Culture. 3rd-8th May, Oeiras/Portugal; Seville/Spain

HEINTAIMEDE SOBIVUSEST JA AGROTEHNIKAST ENERGIAHEINA TOOTMISEKS

H. Raave¹, E. Espenberg¹, T. Laidna¹, A. Muga²,
M. Noormets¹, A. Selge¹, R. Viiralt¹

¹EMÜ Põllumajandus ja -keskkonnainstituut,

²Tartu Ülikooli Türi Kolledž

Abstract. Raave, H., Espenberg, E., Muga, A., Selge, A., Viiralt, R., 2009. *Herbage species' suitability and agrotechnics for energy hay production.*

To clarify what grasses and on what fertilizer background are the most convenient for energy hay production a field trial with reed canary grass, cocksfoot, smooth bromegrass and fodder galega was established. All grasses were sown alone and together with fodder galega at the $N_0P_0K_0$, $N_0P_{30}K_{60}$, $N_{60}P_{30}K_{60}$ and sewage sludge background. The results of the first harvest year suggest the most suitable grass for energy hay production is reed canary grass growing on sewage sludge or mineral fertilizer background.

Figure 1. The yield of the swards established with pure grass at the end of October and following spring in the middle of April.

Figure 2. The yield of the swards established with seed mixture of grass and fodder galega at the end of October and following spring in the middle of April.

Keywords: energy hay, reed canary grass, bromegrass, fodder galega, cocksfoot, sewage sludge

Henn Raave¹, Epp Espenberg¹, Toomas Laidna¹, Anneliis Muga², Merrit Noormets¹, Are Selge¹, Rein Viiralt¹. ¹Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences, 1 Kreutzwaldi Str., 51014 Tartu, Estonia. ²Türi College of Tartu University

Sissejuhatus

2007. aastal toimus Euroopa Liidu Nõukogu istung, kus seati eesmärgiks viia taastuenergia osakaal kogu tarbitavast energiast 20%-ni (Taastuenergia..., 2008). Puidu kõrval võiksid Eestis biokütusena omada potentsiaali ka heintaimed. Kliimaatilised tingimused on siin nende kasvuks soodsad (Older, 1992). Sobivates kasvutingimustes on heintaimede saagikus 8–10 t kuivainet (KA) ha⁻¹ (Older, 1985; Viiralt, 2006).

Heintaimede ja puidu kütteväärtused on sarnased, kuid heintaimede puuduseks võrreldes puiduga on materjali suurem tuha- ja kaaliumisisaldus. See raskendab selle kasutamist kateldes, sest madalal temperatuuril sulama hakkav tuhk paakub jahtudes katelde seinte külge, kust on seda raske eemaldada (Hovi, 2006). Tuha- ja kaaliumisisalduse vähendamiseks töötati Rootsisis 1980. aastatel (Olsson, 2003) välja spetsiaalne energiaheina tootmise tehnoloogia, kus saak koristatakse kasvuaastale järgneval kevadel. Rohtsete taimede iseärasuseks on, et

vegetatsiooniperioodi lõpus väheneb nende maapealses biomassis oluliselt mineraalainete hulk. Seetõttu on kevadel koristatud saagi tuha- ja kaaliumisisaldus olulisest väiksem kui kasvuaasta sügisel.

Eestis tehakse energiaheina tootmise alal alles esimesi samme. Selge ei ole, kui hästi sobib täna nii Rootsis kui ka Soomes kasutatav tehnoloogia Eesti kliimaatilistes tingimustes rakendamiseks. Samuti ei ole teada, millised heintaimed sobivad siin energiaheina tootmiseks kõige paremini. Soomes toodetakse energiaheina valdavalt ammendunud freesturbaväljadel, mis on sobiv kasvukoht päideroole. Eestis asub osa põllumajanduslikust tootmisest väljas olevast maast, mida saaks energiaheina tootmiseks kasutada, ka kuivemapoolsetel mineraalmuldadel (Suuster, 2008; Kukk *et al.*, 2009), mis ei ole päideroo kasvatamiseks kõige sobivamad. Seetõttu tuleks siin uurida lisaks päideroole ka teiste heintaimede sobivust energiaheinaks.

Biokütuste tootmine tasub ennast ära ainult juhul, kui sellega ei kaasne olulist fossiilse energia kulu. Üheks suureks fossiilsete kütuste kuluallikaks on mineraalväetiste toomine. Mineraalväetiste kasutamine rohumaa väetamiseks vähendab oluliselt energiaheina energeetilist kasutegurit (MJ MJ⁻¹) (Tonn *et al.*, 2009). Seetõttu on vaja leida energiaheina kasvatamisel mineraalväetistele mõistlik alternatiiv.

Käesolev artikkel annab ülevaate tulemustest, mis saadi esimesel kasutusaastal päideroo, ohtetu luste, hariliku keraheina ja ida-kitseherne kasvatamisel energiaheinaks. Ühtlasi võrreldakse erinevate lämmastikuallikate (mineraalväetis, reoveesete, bioloogiline lämmastik) sobivust energiaheina tootmiseks.

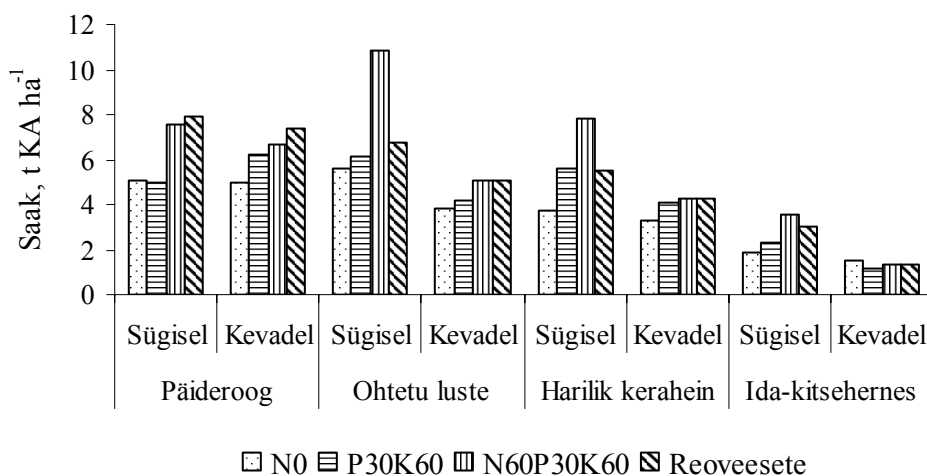
Käesolev artikkel on järjeks kogumikus Agronoomia 2008 avaldatud artiklile „Energiaheina tootmise võimalikkusest Eestis“ (Raave *et al.*, 2008)

Metoodika

Katse rajati randomiseeritud lappkatsena kerge liivsavi lõimisega leetjale mullale 2007. aastal, juunikuu keskel. Katsesesse võeti järgmised heintaimed: päideroog ('Pedja'), ohtetu luste ('Lehis'), harilik kerahein ['Jõgeva 220', ida-kitsehernes ('Gale')]. Ida-kitseherne seemneid töödeldi enne külvi selleks ettenähtud bakterpreparaadiga. Kõik kõrrelised olid katses nii puhaskülvis kui segus ida-kitsehernega. Heintaimede saagikust võrreldi: N₀P₀K₀, N₀P₃₀K₆₀, N₆₀P₃₀K₆₀ ja reoveesete foonil. Reoveesete anti vegetatsiooniperioodi alguses käsitsi laotatuna, koguses, mis vastas 60 kg ha⁻¹ lämmastikule. Katses oli kolm erineva niitereziiimiga varianti: kaheniiteline (taimikut niideti juunikuu III dekaadil ja oktoobri lõpus) ja kaks üheniitelist varianti, millistest ühte niideti oktoobri lõpus ja teist varakevadel aprillikuu II dekaadil. Niitmiseks kasutati mootorniidukit MF 70. Niidetud rohi riisuti käsitsi kokku ja kaaluti. Saagikadu talvel arvutati sama väetusvariandi sügisel ja kevadel koristatud saagi põhjal.

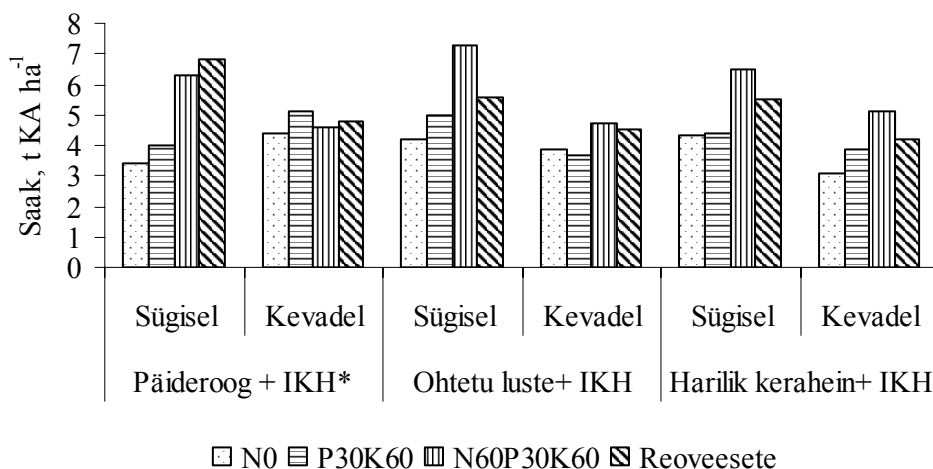
Uurimistöö tulemused

Esimesel kasutusaastal andsid saaki ainult kõrrelised. Ida-kitsehernest oli nii puhaskülvis kui ka kõrrelistega segukülvis rajatud lappidel vaid mõni üksik taim. Kõrrelistest oli kõige saagikam päideroog, mille puhaskülvi taimiku saak oli väetusfoonist sõltuvalt sügisel 5,1–7,9 t KA ha⁻¹ ja kevadel 5,0–7,4 t KA ha⁻¹ (joonis 1). Päideroo paremus võrreldes teiste liikidega avaldus eriti kevadel, kui selle saak ületas ohtetu luste ja hariliku keraheina saaki kõigil väetusfoonidel ($p < 0,05$). Kõige väiksema saagikusega liigiks oli katses kerahein, mille puhaskülvi taimikute saak oli sügisel 3,7–7,8 t KA ha⁻¹ ja kevadel 3,3–4,3 t KA ha⁻¹. Ohtetu luste saak oli sügisel ja kevadel vastavalt 5,6–10,8 t KA ha⁻¹ ja kevadel 3,8–5,1 t KA ha⁻¹. Kõrrelise ja ida-kitseherne segukülvis rajatud taimikute saagid erinesid vähem ja siin päideroo paremus võrreldes kahe teise kõrrelisega nii selgesti kui puhaskülvis ei avaldunud (joonis 2). Päideroo ja ida-kitseherne taimiku saak oli sügisel 3,4–6,8 t KA ha⁻¹ ja kevadel 4,4–5,1 t KA ha⁻¹. Ohtetult lustelt saadi vastavalt 4,2–7,3 t KA ha⁻¹ ja 3,7–4,7 t KA ha⁻¹ ja harilikult keraheinalt 4,3–6,5 t KA ha⁻¹ ning 3,1–5,1 t KA ha⁻¹.



Joonis 1. Puhaskülvis rajatud taimikute saak kasvuaasta sügisel ja sellele järgnenud kevadel

Saagikadu, mis talvel tekkis, oli vahemikus 2–64% ja sõltus kasvatatavast kõrrelisest. Kõige vähem vähenes saak päideroo puhaskülvi taimikul, kus saagikadu oli 2–6%. Kõige suurem saagikadu esines ohtetul lustel, mille saak vähenes 25–53%. Hariliku keraheina saagikadu oli 11–45%. Kõrrelise ja ida-kitseherne segukülvide talvised saagikaod erinesid vähem ja jäid vahemikku 7–36%. Mõnel juhul oli kevadel koristatud saak ka suurem kui samal väetusvariandil sügisel, kuid ilmselt on siis tegemist katseveaga. Näis, et esimese kasutusaasta alguseks ei olnud kõik taimikud lõplikult välja kujunenud. Eriti võis seda märgata kõrrelise ja ida-kitseherne segukülvide puhul.



*IKH - Ida-kitsehernes

Joonis 2. Kõrrelise ja ida-kitseherne segukülvis rajatud taimikute saak kasvuaasta sügisel ja sellele järgnenud kevadel

Katses võrreldud lämmastikuallikate mõju saagile oli erinev ja see sõltus kasvatatavast kõrrelisest. Kuna ida-kitseherne osakaal oli taimikus minimaalne, siis bioloogiliselt seotud lämmastik saagile mõju ei avaldanud. Mineraalväetiste ($N_{60}P_{30}K_{60}$) foonil kasvasid hästi ohtetu luste ja harilik kerahein, milliste saak ületas sügisel nii puhas- kui ka segukülvis ida-kitsehernega veidi päideroo vastavate variantide saaki. Päideroo saak oli nii sügisel kui kevadel suurim reoveesette foonil.

Arutelu

Katsesse külvatud liikidest suutsid esimese kasutusaasta alguseks korraliku taimiku moodustada üksnes kõrrelised. Ida-kitsehernes nii puhaskülvis kui ka segus kõrrelistega levida ei suutnud, mis kinnitab varem märgitud fakti (Meripõld, Tamm, 2006), et ida-kitseherne algareng on väga aeglane. Ida-kitseherne üheks väikese osakaalu põhjuseks võis meie katse puhul olla ka hiline külviaeg. Varasemad uurimistööd on näidanud, et ida-kitsehernest külvates saadakse paremad tulemused maikuu tehtud külvide korral (Meripõld, 2006). Visuaalse vaatluse põhjal võis siiski märgata, et suve teisel poolel hakkas ida-kitseherne osakaal taimikus suurenema. Kasv toimus ainult puhaskülvi lappidel, samas kui segus kõrrelistega see märgatavalt ei muutunud ja püsis jätkuvalt mõne taime tasemel lapi kohta. Esmaste tulemuste põhjal näib, et ida-kitsehernes ei ole väga aeglase algarengu tõttu kõige sobivam liblikõieline kõrrelise kõrvale seemnesegusse võtmiseks. Kõrreliste algareng on ida-kitsehernega võrreldes kiirem ja hiljem ei suuda ida-kitsehernes kõrrelise varjus kasvades enam levida. Seda eriti siis, kui taimikut niidetakse üks kord aastas.

Uurimistulemused näitasid, et kui sügisel olid päideroo, ohtetu luste ja keraheina saagid ligilähedased, siis kevadel oli päideroo saak kahe teise kõrrelisega võrreldes suurem ($p < 0,05$). Erinevused kevadistes saakides tekkisid talvise saagikao tõttu, mis päiderool oli kõige väiksem. Soomes toimunud katsed on näidanud, et alates teisest kasutusaastast annab päideroog saaki umbes 6–8 tonni kuiva heina ühelt hektarilt, esimesel on saak sellest 20–40% väiksem (Pahkala, Isolahti *et al.*, 2005). Meie katses oli esimesel kasutusaastal saadud päideroo saak lähedane Soomes saadud saagile ja isegi veidi ületas seda. Erinevused Soomega olid saagikao osas. Seal saadakse kevadel tootmistingimustes sügisest saagist kätte umbes 40–50% (Pahkala, 2007). Meie katse väiksem saagikadu tulenes sellest, et siin riisuti saak pärast niitmist kokku käsitsi, mis vähendas kadusid oluliselt. Samuti võimaldas MF tüüpi väkeniiduk, suurte niidukitega võrreldes, taimikut paindlikumalt niita. Samas ei erinenud saagikoristustingimused meil neist tingimustest, mida on kirjeldatud Soomes (Pahkala, 2007). Pärast lume sulamist olid taimed kõigil katselappidel lamandunud. Piltlikult väljendades nägi koristatav pind kevadel välja nagu oleks see raske rulliga „üle rullitud“. Seetõttu võib arvata, et tootmistingimustes, kus kasutatakse suuri koristusmasinaid, oleksid ka meil olnud saagikaod oluliselt suuremad. Ohtetu luste ja keraheina saagi koristamine oleks olnud üldse küsitav, sest nende saak paiknes tihedalt vastu maapinda.

Esimese aasta tulemuste põhjal näib, et reoveesete võib sobida energiaheina kasvatamisel väetisena kasutamiseks. Reoveesete foonil kasvanud saagid olid lähedased saakidele, mis saadi mineraalse lämmastikväetisega ($N_{60}P_{30}K_{60}$), päiderool aga isegi veidi ületasid seda. Esmaste tulemuste põhjal tundub, et reoveesete sobib paremini väetiseks nendele heintaimedele, mille saagi formeerumine jätkub ka veel suve teisel poolel. Kevadise laotamise korral jääb reoveesete mõju suve esimese poole saagile väikeseks. Seda eriti siis, kui kevad on kuiv, nagu oli see meie katse toimumise ajal. Reoveesete mõjutas päideroo saaki võrreldes teiste kõrrelistega rohkem peamiselt seetõttu, et pärast seda, kui põhisaak oli juulikuuks formeerunud, hakkasid päideroo taimiku alarindes kasvama vegetiivvõrsed. Hariliku keraheina ja ohtetu luste taimikul sarnast hilisvõrsumist kui päiderool suve teisel poolel ei esinenud. Reoveesete mõjulepääsule aitas kaasa ka ilm, mis suve teisel poolel oli vihmane ja soe.

Kokkuvõte

Esialsed tulemused näitavad, et energiaheina tootmiseks sobib Eestis kõige paremini päideroog. Ohtetu luste ja hariliku keraheina puuduseks on nõrk kõrs ja sellest tulenev suur saagikadu talvel. Ida-kitseherne sobivus kõrrelise kõrvale seemnesegusse ja selle kasvatamine energiaheinaks puhaskülvis on selle liigi aeglase algarengu tõttu küsitav. Mineraalväetiste asemel võib päideroo puhul osutada perspektiivseks kasutada väetamiseks reoveesetet.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetab EV Põllumajandusministeerium (leping nr 3.4-23/22)

Kasutatud kirjandus

- Hovi, M. 2006. Energiahein kui soojusenergia tootmise potentsiaalne tooraine. Rmt.: Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine. Tartu, lk. 655–660.
- Kukk, L., Astover, A., Muiste, P., Noormets, M., Roostalu, H., Sepp, K., Suuster, E. 2009. Assessment of abandoned agricultural land resource for bioenergy production in Estonia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, pp. 1–8
- Meripõld, H. 2006. Ida-kitseherne agrotehnoloogia. Rmt.: Ida-kitseherne kasvatamine ja kasutamine. (koostaja H. Meripõld) Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku, lk. 53–68
- Meripõld, H., Tamm, U. 2006. Ida-kitseherne osatähtsus Eesti rohumaaviljeluses, tema kasvatamise hetkeseis ja perspektiivid. Rmt.: Ida-kitseherne kasvatamine ja kasutamine (koostaja H. Meripõld). Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku, lk. 36–40
- Older, H. 1992. (koostaja). Rohumaaviljelus talupidajale, Tallinn, 164 lk.
- Older, H. Олдер Х. М. 1985. Рациональное использование биологических особенностей многолетних трав в условиях интенсивного возделывания для повышения их питательной ценности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Скривери, 36 с.
- Olsson, R. 2003. Production manual for reed canary grass (*Phalaris arundinacea*). <http://www.btk.slu.se/dokument/979.pdf>
- Pahkala, K. 2007. Reed canary grass cultivation for large scale energy production in Finland. – Proc. Workshop Production and Utilization of Crops for Energy. Vilnius, Lithuania, 25–26 September 2007, pp. 51–55.
- Pahkala K., Isolahti M., Partala A., Suokannas A., Kirkkari A.-M., Peltonen M., Lindh T., Paappanen T., Kallio E., Flyktman M. 2005. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. (<http://www.mtt.fi/met/html/met1b.htm>). 30.04.2009.
- Pahkala, K., Pihala, M. 2000. Different plant parts as raw material for fuel and pulp production. *Industrial Crops and Products* 11, pp. 119–128.
- Raave, H., Noormets, M., Selge, A., Viiralt, R. 2008. Energiaheina tootmise võimalikkusest Eestis. *Agronomia* 2008, Tartu, lk. 174–177.
- Suuster, E. 2008. Kasutamata põllumajandusmaade potentsiaal bioenergia tootmiseks Saare maakonnas. Magistritöö, Tartu, 72 lk.
- Taastuvenergia toob muutuse. 2008. Luxembourg: Euroopa Ühenduse Ametlike Väljaannete Talitus, 20 lk.
- http://bookshop.eu.int/ebookshop/download.action?fileName=KO7807244E_TC_002.pdf&eubphfUid=605336&catalogNbr=KO-78-07-244-SV-C
- Tonn, B., Thumm, U., Claupein, W. 2009. Life-cycle analysis of heat generation using biomass from semi-natural grasslands in Central Europe. In *Proceedings Grassland Science in Europe*, vol. 14, Brno, pp. 284–296.
- Viiralt, R., Kabanen, N. 2006. Ida-kitseherne segukülvide saagikus ja söödaväärtus. Ida-kitseherne kasvatamine ja kasutamine. Saku, lk. 107–122.

MEENUTAGEM

HUGO SUTTER - 100

Merrit Noormets, Juhan Jõudu, Rein Viiralt, Maria Michelson
EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Sel suvel möödus 100 aastat taimekasvatusteadlase ja kauaaegse õppejõu Hugo Sutteri sünnist.

Haridustee

Hugo Sutter sündis 28. juunil 1909 Undla vallas Virumaal. Keskkariduse omandas ta 1929. a. Rakvere Poeglaste Gümnaasiumis. Talupidaja pojale kohaselt järgnesid õpingud Tartu Ülikooli põllumajandusteaduskonnas aastatel 1929–1934, kuigi südames oli oma koht ka maalikunstil. Tänu oma usinusele oli ta üks nendest, kes tõsistele majanduslikele raskustele vaatamata suutis õpingud lõpetada lühikese ajaga ja edukalt.

Taimebioloogia katsejaamas läbiviidud katsetulemused vormistas H. Sutter magistritööks “Kaerasortide niiskusenõudlikkusest katsete põhjal taimebioloogia katsejaamas”, mille eest omistati talle teadusmagistri kraad agronomia erialal, mis 1946. aastal atesteeriti ümber Kõrge- ma Atestatsioonikomisjoni poolt põllumajandusteaduse kandidaadi kraadiks.

Kateedrijuhataja

1944. aastal omistati Hugo Sutterile dotsendi kutse ja aasta pärast edutati kateedrijuhatajaks. Ta juhtis esiti Tartu Riiklikus Ülikoolis, hiljem aastast 1951 Eesti Põllumajanduse Akadeemias taimekasvatuse kateedrit. EMÜ arhiivi materjalide hulgas on 28. mai 1945. a daatumiga Hariduse Rahvakomissariaadi Kaadrite Osakonna kinnitus, et sm. Sutter, Hugo Jaani poeg on kinnitatud Põllumajandusteaduskonna Taimekasvatuse kateedri juhataja ajutiseks asetäitjaks. Kaks aastat hiljem (18. juunil 1947. a.) on dekaan O. Hallik kindlameelselt nõudnud Põllumajandusteaduskonna prodekaani kohale esitatud H. Sutteri kinnitamist ametisse. Antud nõude rakendamine viibis, kuna Hugo Sutter oli määratud prodekaani ametisse 1. veebruarist 1947. a., kuid sama aasta 18. juuniks oli küsimus kõrgemal pool veel lahendamata.

Ühtekokku juhtis dotsent H. Sutter taimekasvatuse kateedrit ligi 30 aastat. Kateedrijuhataja ametikohale lisandusid 1947.–1949. a. TRÜ põllumajandusteaduskonna prodekaani ja 1954–1960. a. EPA agronomiateaduskonna dekaani vastutusrikkad ülesanded. Alates 1. septembrist 1973. a. läks ta vanaduspensionile.

Väljapaisteve pedagoog ja taimekasvatusteaduse arendaja

H. Sutteri viljakas tegevuses peab eelkõige nimetama tema suuri teeneid pedagoogina, eriti esimesel sõjajärgsel aastakümnel. Tema käe all kasvas mitu põlvkonda agronoome, kellele ta õpetas sordiaretust, seemnekasvatust ja ühte agronomia eriala põhidistsipliini – taimekasvatust. Emeriitprofessor E. Jaama rõhutab, et just H. Sutter oli sõjajärgsel perioodil taimekasvatuse õppe- ja teadustöö käivitajaks ja sõjast säilinud kokkukoguja.

Juba enne ülikooli lõpetamist asus H. Sutter tööle (1933) Tartu Ülikooli taimebioloogia katsejaama Raadil. Uurimistöö jätkus 1934–1940. a. TÜ taimekasvatuse kabineti ja 1941–1944 taimekasvatuse instituudi assistendi ja vanemassistendi ametikohal ning alates 1944–1945. a. juba dotsendina ja kateedrijuhatajana. H. Sutter on uurinud taimede põuakindlust, uute taimevormide introduktiooni ja paljude põllukultuuride agrotehnikat, andes sellega kaaluka panuse taimekasvatusteaduse arendamisse Eestis.

Tol ajal oli töömahukate põldkatsete korraldamine vägagi raske ülesanne. Arhiivmaterjalide hulgas on säilinud H. Sutteri seletuskiri 11. oktoobrist 1956. a. Eesti Põllumajanduse Akadeemia tollaegsele rektorile dots. Minna Klementile. Materjalist selgub, et 1956. a. korraldasid Taimekasvatuse ja sordiaretuse kateedri õppejõud Raadi õppe- ja katsemajandis rohkelt katseid just vahelharitavate kultuuridega – kartuli, maisi, maapirni ja suhkrupeediga. Nii oli katseid kartuliga 1,5 ha, millele oli planeeritud 456 katselappi. Kuni 6. oktoobrini olid katsetel abiks ka

agronoomia teaduskonna III kursuse üliõpilased. Kokku oli katsete eest vastutavatel kateedri õppejõududel vaja koristada tol sügisel 2177 katselappi ja töõjõudu oli vähe. H. Sutteri selgitustest selgub, et vähese töõviljakuse põhjustas ühe vanemlaborandi lõpetamine kaugõppes oktoobris ja teise töõtaja aspirantuuri sisseastumise eksam Leningradis, mille tõttu viibis suhkrupeedi koristus. Kuigi viidi läbi ka üks pühapäevak agronoomia esimese kursuse üliõpilastega, suudeti koristada vaid 48 katselappi – 0,17 ha. Kuna ka talv saabus varem, oli veel koristamata 0,25 ha – 49 lappi suhkrupeedi katseid. Kuid ei vähene töõjõud ega varem saabunud talv polnud piisavaks argumendiks ja nii on märke seletuskirjal, et H. Sutterile tehti märkus suhkrupeedi katse osalise koristamata jätmise eest.

Uurimistöõ põhjal ilmus trükis üle 50 artikli, sealhulgas mitmed mahukad peatükid õpikutes ja käsiraamatutes. E. Jaama meenutab, et tollaegses katsejaamas, eriti algusaastail, toimus kogu töõ katsetel käsitsi. Et katsed oleks tehtud, kaasati õppepraktikatele tudengeid, kes töötasid suvi läbi Nõmmiku katsepõldudel. Sügiseste koristuste tarbeks korraldati vajadusel pühapäevakuid. Esimene traktor saabus katsejaama 1960.-ndate aastate alguses (HTZ–7), mis oluliselt hõlbustas mahukate katsetööde tegemist.

Järelduskasv

H. Sutteril olid suured teened õppejõudude ja teadlaste järelduskasvus, olles mitmete diplomandide, aspirantide ja teaduslike töõtajate juhendaja, samal ajal oli ta ka väitekirjade hinnatud oponent. Järelduskasvu eest hoolitseti tol ajal juba tudengipõlve algaastatel. Iga kateedri juures tegutses Üliõpilaste Teadusliku Ühingu (ÜTÜ) ring, mis oli enamasti kateedrijuhataja šeffluse all. Ringi koosolekutel esineti ettekannetega, mis olid koostatud suvise katsepraktika jooksul kogutud andmete põhjal. Kord aastas toimusid ÜTÜ konverentsid, kus esitati ringis parimateks osutunud ettekandeid.

Teadlaskarjääri oluliseks osaks olid ka teadmiste täiendamised välismaal ja kohtumised sealsete kolleegidega. Dots. H. Sutter käis selleks Soomes (1938, 1967), Saksamaal (1943) ja Tšehhoslovakkia SV-s (1963), samuti külastas tollase NSV Liidu mitmeid uurimisasutusi.

Kõige selle kõrval jätkus tal energiat osa võtta paljude teaduslike nõukogude ja ühiskondlike organisatsioonide tööst. Toome siinkohal konkreetse näite. 1968.a. oli H. Sutteri ümbervalimine EPA taimekasvatuse kateedri juhataja kohale. EMÜ arhiivis säilinud iseloomustusest-soovitusest selgub, et 1968. a. oli ta EPA nõukogu liige, EPA Teadusliku Nõukogu liige, EPA Agronoomiateaduskonna Nõukogu liige, ENSV Sordilise Rajoonimise Vabariikliku Komisjoni liige, ENSV Toiduainete Tööstuse Ministeriumi Teaduslik-Tehnilise Nõukogu liige, ENSV TA presiidiumi juures asuva fotosünteesi alase probleemnõukogu liige, ENSV TA Geneetika ja Selektiooni Probleemide Nõukogu liige, ühingu „Teadus“ ja Teaduslik-Tehnilise ühingu ning Eesti Põllumajanduse Muuseumi nõukogu liige.

Inimesena, juhina

Mitmekümne aasta jooksul tehtud pedagoogilise, teadusliku ja organisatsioonilise töõ edukusele aitasid kahtlemata kaasa H. Sutteri paljud väärtuslikud iseloomujooned. Ta oskas mistahes töõlõigis lahendada olukordi rahulikult, heatahtlikult ja objektiivselt. Tema tollane juhendatav, praegune prof. emer. E. Jaama meenutab, et koostöötatud aja jooksul ei mäleta ta ühtki korda, kui H. Sutter oleks tarvitanud mõnda kangemat sõna või kaotanud enesevalitsuse, kuigi probleeme tuli ikka ette. Ka oli H. Sutter väga tudengisõbralik. Kõik tudengite krutskid said küll tolele ajale kohaselt läbi arutatud, kuid alati lahenes olukord ikka tudengisõbralikult.

E. Jaama rõhutab ka diplomaatilise joone olemasolu. Tolleaegset teadust saatis väga tugev poliitiline suunitlus ja juhtus, et nii mõnedki teadlased oma katsetööle toetudes sattusid vastuollu poliitiliste suunistega. H. Sutter suutis aga väga targalt oma seisukohtadele truuks jäädes esitada katseandmeid korrektselt. Näiteks oli tollaegne suundumus maisi ruutpesiti kasvatamine. H. Sutteri katse-andmete kohaselt saadi aga suuremad saigid Eestis just laiareaalse külvi korral, vastavasisuline artikkel on ilmunud 1969. a.

Tema loogilised arutlused, nakatav huumorimeel, sõbralikkus ja abivalmidus olid alati kõrgelt hinnatud. Ühiste meenutuste najal koorub välja lugu (N. Russi, E. Jaama) ajast, kui

Neeme Russi saadeti päevapealt sõjalistele kordusõppustele. H. Sutter pöördus kateedris (Lai 34) K. Annuki poole jutuga, et nüüd oleks vaja asendusõppejõudu seemnekasvatuse praktikumidele. K. Annuk küsis, et millal siis. Selle peale vastanud Hugo Sutter rahulikult „Tudengid hakkasid Nõmmikult tulema, kui mina neist mööda sõitsin, olid nad veel konservivabriku juures“.

Kuigi H. Sutteri pikka karjääri ilmestavad paljud erialased kirjutised, on siiani ilmutata suurepärase pedagoogi ja omaaja väljapaistva teadlase elulugu kajastav raamat. „Põllumajanduse akadeemia“ 1969. a. artiklis märgitakse, et EPA taimekasvatuse kateedri juhataja dots. H. Sutter on väga edukalt kirjutanud oma eluraamatu esimesed kuuskümmend lehekülge. Kokku jõudis ta neid kirjutada vaid kuuskümmend viis, millest viimase lõpudaatum on 14. veebruar 1974.

Hugo Sutter pühendas oma elutöö jäägitult õpetatud põllumeeste ettevalmistamisele ja põllumajandusteaduse arendamisele. Tegusa ja mitmekülgse teadlasena, suurepärase pedagoogi ning värvika ja lugupeetud isiksusena on ta jäänud kolleegide ja õpilaste mälestustesse ning väarikale kohale Eesti põllumajanduse ajaloos.



Tolleaegses taimekasvatuse kateedris oli üheks tähtsamaks uurimisobjektiks kartuli agrotehnika ja kvaliteet. Sellega tegelevad (vasakult) asp. A. Sepp, dots. K. Annuk, kateedrijuhataja dots. H. Sutter ja dots. K. Viileberg. Foto kateedri pildikogust.

Kasutatud allikad ja kirjandus

EMÜ arhiivis H. Sutteri kohta säilitatavad materjalid.

Jaama, E. 2009. Hugo Sutter. Intervjuu. Tartu, 20.10.2009.

Russi, N., Russi, V. 2009. Hugo Sutter. Intervjuu. Tartu, 22.10.2009.

Reimets, E. 1969. Dotsent Hugo Sutter 60-aastane. Sotsialistlik Põllumajandus, lk 574.

Reimets, E. 1990. Hugo Sutter – 80. Agraarteadus, 1, lk. 139–140.

Taimekasvatuse kateedri kollektiiv. 1969. Raskeim töö on eluraamatu kirjutamine. Põllumajanduse Akadeemia. 19, juuni, lk 1.

Viileberg, K. 1959. Dotsent Hugo Sutter 50-aastane. Põllumajanduse Akadeemia. 16. juuli, lk 1.