

JÕGEVA SORDIARETUSE INSTITUUT
EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

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

ESTONIAN RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

AGRONOOMIA 2013
AGRONOMY 2013

Jõgeva 2013

TOIMETUS/EDITORIAL

Toimetajad
Editors

Tiia Kangor
Sirje Tamm
Raine Lindepuu

Kogumik ilmub teaduskonverentsiks Agronoomia 2013.

The present book is published for the conference Agronomy 2013.

Toimetus tänab artiklite retsensente nende suurepärase töö eest.

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

© 2013 Jõgeva Sordiaretuse Instituut / Jõgeva Plant Breeding Institute
Eesti Maaülikool / Estonian University Of Life Sciences
Eesti Maaviljeluse Instituut / Estonian Research Institute Of Agriculture

Trükitud Sakus trükikojas AS Rebellis
Printed at Saku by AS Rebellis

ISSN 1736-6275

SISUKORD

MULD JA MAAVILJELUS

Vedelsõnniku ja digestaadi mõju mullale, teravilja saagile ja toitainete leostumisele	8
<i>Henn Raave, Indrek Keres, Karin Kauer, Toomas Laidna, Argaadi Parol, Are Selge, Mailiis Tampere, Rein Viiralt, Evelin Loit</i>	

Teraviljade saagikus ja kvaliteet mahe- ja tavaviljeluslikus külvikorras	16
<i>Malle Järvan, Liina Edesi, Ando Adamson, Miralda Paivel</i>	

Mulla tallamise mõju karjamaa raiheina ja hübriidlutserni saagikusele	22
<i>Endla Reintam, Kadri Krestein, Diego Sanchez de Cima, Janar Leeduks</i>	

Mullakaardi rakendusmudel päideroo saagipotentsiaali asukohapõhiseks hindamiseks	28
<i>Liia Kukk, Elsa Suuster, Merrit Shanskiy, Hugo Roostalu, Alar Astover</i>	

Mulla mikroobikooslus mahe- ja tavapõllumajanduslikus viljeluses	34
<i>Liina Edesi Malle Järvan</i>	

Umbrohtude liigiline koosseis mahe ja tavapõllumajanduslikus viljeluses	42
<i>Liina Edesi, Malle Järvan, Ando Adamson, Miralda Paivel</i>	

PÕLLUKULTUURID

Intensiivviljeluse mõjust odra ja kaera terakvaliteedile	50
<i>Tiia Kangor, Ülle Tamm, Ilmar Tamm, Margus Ameerikas</i>	

Uus odrasort 'Maali'	56
<i>Ülle Tamm, Hans Kiiüts</i>	

Talirukki tolmlamine	62
<i>Ilme Tupits</i>	

Mahe- ja tavarukki küpsetuskatsete tulemustest	68
<i>Malle Järvan, Liina Edesi, Lea Lukme, Ann Akk, Miralda Paivel</i>	

Varase punase ristiku ja hulgalehise lupiini kasutamise võimalusi haljasväetisena	74
<i>Enn Lauringson, Liina Talgre, Arvo Makke</i>	

Hulgalehise lupiini ‘Lupi’, punase ristiku ‘Jõgeva 433’ ja inkarnaatristiku väetusväärtus haljasväetisena	82
<i>Ants Bender</i>	
Kasvukohapõhise väetamise mõju suvirapsi saagile ja seemnete õlisaldusele	90
<i>Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Arvo Makke, Jaanus Kilgi</i>	
Mahetärkliseks sobivate kartulisortide katsetulemused	98
<i>Aide Tsahkna, Terje Tähtjärvi</i>	
Kartuli saagikus ja kvaliteet mahe- ja tavaviljeluslikus külvikorras	102
<i>Malle Järvan, Liina Edesi, Ando Adamson</i>	
Laua- ja tärklisekartuli mahetootmise kalkulatiivne tasuvus	110
<i>Jaanus Siim</i>	

TAIMEKAITSE

Kartulisortide saagikus sõltuvalt kartuli-lehemädaniku kindlusest ja mahapaneku ajast	120
<i>Merili Hansen, Eve Runno-Paurson, Ants Einola, Priit Einola</i>	
Lämmastik- ja alternatiivväetiste mõju kõrreliste helelaiksuse esinemisele ning seosed leheomadustega suvinisul	126
<i>Krista Nurk, Eve Runno-Paurson, Lea Hallik, Alar Astover</i>	
Fungitsiidi ja ilmastiku mõju tali- ja suvinisu saagile ja kvaliteedile 2011. ja 2012. a	132
<i>Pille Sooväli, Mati Koppel, Reine Koppel, Anne Ingver</i>	
Taime kasvustimulaator “HUMISTAR GRIN-PIK” omadused ja mõju kartulimardikale (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> SAY)	138
<i>Küllli Hiisaar, Viacheslav Eremeev, Eha Kruus, Luule Metspalu, Katrin Jõgar</i>	
Kahjurite ja parasitoidide talvitumine rapsipõllul ja selle serva-aladel	144
<i>Riina Kaasik, Gabriella Kovács, Eve Veromann</i>	
Taimkaitse mõju talirukki saagile	150
<i>Mati Koppel, Liina Loorits</i>	

AIANDUS

- Eestis kasvatatud aedmaasika (*Fragaria x ananassa*) 'Sonata' viljade kvaliteet ja säilivus** 156
Ulvi Moor, Priit Põldma, Tõnu Tõnutare
- Spektroskoopia rakendusvõimalusi aiandustoodangu keemilisel analüüsil veini näitel** 164
Tõnu Tõnutare, Madis Võikar, Ele Vool, Ulvi Moor, Merrit Shanskiy
- Efektiivsete mikroorganismide mõju kaalika saagile, keemilisele koostisele ja säilivusele** 174
Margit Olle
- Porgandikahjurid valivad porgandisorte** 180
Luule Metspalu, Eha Kruus, Külli Hiiesaar, Katrin Jõgar, Angela Ploomi, Marika Mänd
- Genotüübi mõju küüslaugu saagile ja selle kvaliteedile** 188
Priit Põldma, Ulvi Moor, Agnes Merivee
- Aiakultuuride mikropaljunduse kogemusi Eesti Maaviljeluse Instituudi Taimebiotehnoloogia osakonnas Evika** 192
Viive Rosenberg, Merili Lükko
- Õunasordi 'Ligol' puu kasv, saak ja selle kvaliteet erinevatel õunapuu nõrgakasvulistel kloonalustel** 198
Toivo Univer, Krista Tiirmaa, Neeme Univer

MITMESUGUST

- Külvisenormi ja reavahelaiuse mõju päideroo (*Phalaris arundinacea* L.) seemnesaagile** 208
Ants Bender
- Mulla veevarude kujunemise seosed eelnevate perioodide sademete hulga kartuli-, põldheina- ja odrapõldudel** 214
Tiina Tammets, Laine Keppart
- Sõnniku rahalise väärtuse ja kuivainesisalduse vaheline seos** 220
Raivo Vettik, Kalvi Tamm

**MULLATEADUS JA
MAAVILJELUS**

VEDELSÕNNIKU JA DIGESTAADI MÕJU MULLALE, TERAVILJA SAAGILE JA TOITAINETE LEOSTUMISELE

Henn Raave, Indrek Keres, Karin Kauer, Toomas Laidna, Argaadi Parol, Are Selge, Mailiis Tampere, Rein Viiralt, Evelin Loit
Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Raave, H., Keres, I., Kauer, K., Laidna, T., Parol A., Selge, A., Tampere, T., Viiralt, R., Loit E. 2013. The impact of using slurry and digestate on soil, grain yield and nutrient leaching. – *Agronomy* 2013.

The aim of the study was to analyse the effect of pig slurry and pig slurry digestate on crop yield, soil nutrient content and nutrient leaching. The experiment was carried out at the Eerika Experimental Station, Estonian University of Life Sciences (58°23'32" N, 26°41'31" E) in 2010. In the experiment, mini-lysimeters with surface of 0,0706 m² and depth of 30 cm filled with loamy soil were used. Following fertilizer treatments were conducted: (i) control, (ii) mineral fertilizer (N₈₀P₂₅K₁₀₀), (iii) pig slurry, (iv) pig slurry digestate, and (v) sewage sludge digestate. Organic fertilizers were applied in quantities according to the nitrogen rate of 80 kg ha⁻¹ and the application rate was calculated based on fertilizer NH₄⁺-N content. In the first two years barley and in the third year spring wheat was grown in all the treatments. We measured crop yield, nutrient content in the soil and leaching of NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, P and K.

The crop yield of treatments fertilized with organic fertilizer and mineral fertilizer was similar. Soil pH and the content of total N were similar in all treatments in the autumn of the second year. The concentration of available P and especially available K in the soil varied due to their different concentration in fertilizer and different fertilizer application rate. The nutrient leaching from treatments was similar with the only exception at the beginning of the experiment when NO₃⁻-N leaching was significantly higher in the treatment with sewage sludge.

We conclude that pig slurry and digestate have similar impact on grain yield, soil reaction, soil nutrient content and on nutrient leaching.

Keywords: digestate, pig slurry, organic fertilizers, nutrient leaching

Sissejuhatus

2012. aastal alustas Aravetel tööd esimene veise vedelsõnnikut toorainena kasutatav biogaasijaam Eestis. Lähiaastatel nende arv suureneb. Sellele vaatamata on vedelsõnnikust biogaasi tootmise otstarbekus jätkuvalt põllumajandustootjate seas diskussiooniobjektiks. Ei ole selge, milline on digestaadi väärtus väetisena võrreldes vedelsõnnikuga. Selle kohta on vähe andmeid leida ka teistest riikidest, sest biogaasi tootmine ainult sõnnikust on maailmas vähe levinud.

Digestaat on metaani tootmise jääkprodukt (Mákadi *et al.* 2012), mille omadused võivad sõltuvalt kasutatud lähtematerjalist ja tootmisprotsessi tingimustest suurtes piirides varieeruda (Szücs *et al.* 2006; Alburquerque *et al.* 2012). Käiritamisprotsessi käigus tõuseb materjali pH ja väheneb selle orgaanilise aine ning süsinikusisaldus ning materjal muutub vedelamaks (Gómez *et al.* 2007; Möller, Müller 2012). Kui veise vedelsõnniku pH on 6,9, siis digestaadi pH on 7,6 (Gómez *et al.* 2007). Toorainega võrreldes on digestaadi orgaanilise aine sisaldus 11–38% väiksem (Menardo *et al.* 2011). Metaani toot-

misel kasutatakse mikroobide poolt ära peamiselt kergesti lagundatavad süsinikühendid (Stinner *et al.* 2008). On leitud, et sõnniku digestaadi orgaanilises aines on sõnnikuga võrreldes rohkem hemitselluloosi, tselluloosi ja ligniini. Seetõttu arvatakse, et digestaat on võrreldes selle toorainega mullas stabiilsem, sest mikroorganismid lagundavad seda aeglasemalt (Kirchmann, Bernal 1997).

Digestaadis on võrreldes vedelsõnnikuga oluliselt suurem mineraalse N sisaldus (Goberna *et al.* 2011). Eriti palju on seal NH_4^+-N , mis võib moodustada kogulämmastikust 60–80% (Mákadi *et al.* 2012). $\text{NH}_4^+-\text{N} : \text{N}_{\text{üld}}$ suhe on suurem kana- ja seasõnniku digestaadis, sest nende söödaratsioon baseerub teraviljal ja jõusöödal. Veiste ratsioon sisaldab palju kiurikast sööta, mistõttu on seal $\text{NH}_4^+-\text{N} : \text{N}_{\text{üld}}$ suhe väiksem (Möller, Müller 2012).

Milline on kääritamisprotsessi mõju taimede poolt omastatava fosfori- ja kaaliumi-sisaldusele, selles arvamused lahknevad. Omastatava fosfori kogus sõltub keskkonna reaktsioonist. Keskkonna pH suurenemine põhjustab fosfaatioonide teket, mis reageerivad kergesti Ca ja Mg ioniga. Selle tulemusena tekivad $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ja $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, mis kääritamise käigus sadestuvad (Möller, Müller 2012). Seetõttu võib omastatava fosfori sisaldus olla digestaadis toorainega võrreldes 10–36% väiksem (Marcato *et al.* 2008; Moody *et al.* 2009). Samas on ka tulemusi, mis näitavad, et suurem osa digestaadi P ja K on taimede omastatavas vormis (Börjesson, Berglund 2007).

Vähe on teada, milline on kääritamisprotsessi mõju teiste taimede jaoks oluliste elementide sisaldusele. Üksikud selles vallas tehtud uurimistööd näitavad, et omastatava Ca, Mg, Mn, Zn ja Cu sisaldus võib kääritamisel väheneda sõltuvalt elemendist 8,7–41,5% (Massé *et al.* 2007). Vähenemine on põhjustatud fosfaatide ja karbonaatide tekkimisest (Möller, Müller 2012). Mikroelementide puhul on leitud, et kääritamine nende taimede poolt omastatavat sisaldust ei mõjuta (Marcato *et al.* 2009).

Digestaadi kohta märgitakse veel, et see sisaldab bioaktiivseid aineid (fütohor-moone, monosahhariide, vabu aminohappeid, vitamiine ja fulvohappeid), mis soodustavad taimede kasvu ja suurendavad nende vastupanuvõimet abiootilistele ja biotilistele stressidele (Liu *et al.* 2009; Yu *et al.* 2010). Kuid on ka uurimistöid, mis on näidanud, et digestaat on fütotoksiline (Salminen, Rintala 2002; Drennan, DiStefano 2010). Andmed puuduvad fütotoksilise mõju kestuse kohta. Arvatakse, et see avaldub pärast digestaadi põllule laotamist ainult lühikese perioodi kestel (Möller, Müller 2012).

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli võrrelda sea vedelsõnniku, sea vedelsõnniku digestaadi, reoveesette digestaadi ja mineraalväetise mõju mullale, teravilja saagile ja NO_3^--N , NH_4^+-N , P ja K leostumisele.

Metoodika

Katse rajati 2010. aastal nõukatsena. Katsenõudeks olid minilüsimeetrid, mille pinda oli 0,0706 m² ja sügavus 30 cm. Lüsimeetrid täideti kerge saviliivmullaga, mille keemilised näitajad olid järgmised: pH_{KCl} 6,6, $\text{N}_{\text{üld}}$ 0,11%, $\text{C}_{\text{üld}}$ 1,23 %, liikuv P 0,153 g kg⁻¹, liikuv K 0,170 g kg⁻¹, $\text{Ca}_{\text{üld}}$ 2,55 g kg⁻¹, $\text{Mg}_{\text{üld}}$ 1,58 g kg⁻¹, eripind 20,9 m² g⁻¹ ja kationide neelamismahutavus 7,9 cmol g⁻¹.

Katses oli viis väetusvarianti: (i) looduslik foon (kontroll), (ii) mineraalväetis (norm $\text{N}_{80}\text{P}_{25}\text{K}_{100}$), (iii) sea vedelsõnnik, (iv) sea vedelsõnniku digestaat, (v) reoveesette diges-

taat. Katsevariandid olid neljas korduses. Mineraalväetise variandis kasutati väetamiseks ammooniumnitraati, kaaliumkloriidi ja superfosfaati. Sea vedelsõnnik ja sea vedelsõnniku digestaat toodi Saaremaalt, J oris asuvast biogaasijaamast. Reoveesette digestaat pärines AS Tallinna Vesi Paljassaare reoveepuhastusjaamast. Kõik orgaanilised väetised anti koguses, mis vastas mineraalväetisega antavale N normile (80 kg N ha⁻¹). Kogus arvutati ammooniumlämmastiku sisalduse alusel ja need olid järgmised: sea vedelsõnnik 2,75 kg m⁻², sea vedelsõnniku digestaat 3,07 kg m⁻² ja reoveesette digestaat 5,7 kg m⁻². Katse kultuuriks oli esimesel ja teisel aastal oder ('Teele') ja kolmandal aastal suvinisu ('Manu').

Katses m arati tera- ja põhusaak, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, P ja K leostumine ja teise aasta sügisel ka N_{uld}, liikuva P, liikuva K ja S sisaldus mullas. Nitraat- ja ammooniumlämmastiku leostumist uuriti ajavahemikus mai 2010 – jaanuar 2012 ning fosfori ja kaaliumi leostumist mai 2010 – jaanuar 2011. Leostumise selgitamiseks m odeti mensuuriga igast n ust l abin rgunud vee kogus ning m arati NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, P ja K sisaldus n rgvees. M otmised toimusid üks kord kuus. Leostunud elemendi kogus saadi nõrgvee koguse ja elemendi sisalduse (NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, P ja K) korrutamise teel. Leostunud toiteelemendi koguse arvutamiseks perioodi kohta liideti üksikutel kuudel leostunud kogused. Taime, mulla ja vee keemilised anal usid tehti Põllumajandusuuringute Keskuse laboris. Erandiks olid üldlämmastiku ja üldsüsiniku sisaldus mullas, mulla eripind ning katioonide neelamismahutavus, mis anal usiti EMÜ Mullateaduse ja agrokeemia osakonna laboris.

Sademete summa oli ajavahemikus mai 2010 – jaanuar 2011 654 mm ja mai 2010 – jaanuar 2012 1095 mm.

Andmed anal usiti dispersioonanal usiga statistikaprogrammi *Statistica* 64 kaasabil. Olulisuse nivoo erinevuste usutavuse hindamisel oli 0,05.

Tulemused

Seavedels onniku, selle digestaadi ja reoveesette digestaadi keemiline koostis

Biogaasi tootmisj aggi digestaadi võrdlus lähtematerjaliks olnud sea vedelsõnnikuga näitas, et nende peamine erinevus on kuivainesisalduses ja pH-s (tabel 1).

Tabel 1. Sea vedelsõnniku, selle digestaadi ja reoveesette digestaadi keemiline koostis

	Sea vedels�onnik ^a	Sea vedels�onniku digestaat ^a	Reoveesette digestaat ^a
pH _{KCl}	6,70	7,60	7,10
Kuivaine, %	9,80	4,50	23,5
�ldl�ammastik (N), %	0,60	0,49	11,5
Nitraatl�ammastik (NO ₃ ⁻ -N), %	0,00	0,00	0,00
Ammooniuml�ammastik (NH ₄ ⁺ -N), %	0,29	0,26	0,14
�ldfosfor (P), %	0,16	0,11	0,53
�ldkaalium (K), %	0,25	0,19	0,16
�ldkaltsium (Ca), %	0,19	0,14	e.m.
�ldmagneesium (Mg), %	0,11	0,07	e.m.

^a Sisaldused on m rjas materjalis; e.m. – ei m aratud

Digestaadis oli sõnnikuga võrreldes üle kahe korra vähem kuivainet ja selle pH oli ühe ühiku võrra suurem. Taimetoitelementide sisaldus oli digestaadis veidi väiksem.

Reoveesette digestaat oli võrreldes sea vedelsõnniku digestaadiga kuivainerikkam, selle üldlämmastiku- ja fosforisisaldus oli suurem, kuid $\text{NH}_4^+\text{-N}$ oli seal peaaegu kaks korda vähem. Samuti oli reoveesette digestaadi pH 0,5 ühikut väiksem.

Odra ja suvinisu saagikus

Kolme aasta keskmine tera- ja põhusaak oli väetatud variantides kontrollvariandiga võrreldes usutavalt suurem (tabel 2). Mineraal- ja orgaaniliste väetiste mõju saagile usutavalt ei erinenud. Sea vedelsõnniku digestaadiga väetatud variandis oli tera- ja põhusaak veidi suurem kui sea vedelsõnnikuga väetatud variandis, kuid see erinevus ei olnud statistiliselt oluline. Teiste orgaaniliste väetistega võrreldes oli reoveesette digestaadi mõju saagile aastate lõikes väga varieeruv. Esimesel aastal oli terasaak selles variandis kõige madalam, kuid kolmandal aastal oli see lähedane sea vedelsõnniku digestaadiga saadud saagile. Reoveesette digestaadi variandi kolme aasta keskmine põhusaak oli katse üks suuremaid.

Tabel 2. Teraviljade tera- ja põhusaak katseaastatel (g m^{-2})

Väetis	Kultuur						3. aasta keskmine	
	Oder				Suvinisu			
	1. aasta		2. aasta ¹		3. aasta		terad	põhk
	terad	põhk	terad	põhk	terad	põhk	terad	põhk
Kontroll	171,0 ^{a2}	208,9 ^a	5,7 ^{ab}	105,5 ^a	86,0 ^a	148,0 ^a	87,6 ^a	154,1 ^a
Mineraalväetis	214,9 ^{ab}	355,5 ^b	17,0 ^c	269,1 ^c	406,5 ^c	488,0 ^b	212,8 ^b	370,9 ^b
Sea vedelsõnnik	262,7 ^b	327,5 ^b	4,2 ^a	165,7 ^b	289,9 ^b	394,7 ^b	185,1 ^{ab}	296,0 ^b
Sea vedelsõnniku digestaat	215,3 ^{ab}	356,9 ^b	6,4 ^{ab}	171,4 ^b	380,1 ^{bc}	508,0 ^b	200,6 ^{ab}	345,4 ^b
Reoveesette digestaat	187,0 ^a	364,0 ^b	13,1 ^{bc}	230,9 ^c	385,3 ^{bc}	517,5 ^b	195,1 ^{ab}	370,8 ^b

¹ Teise aasta sügisel kahjustasid katset linnud, seetõttu oli koristatud saak teiste aastatega võrreldes oluliselt väiksem

² Erinevate tähtedega tähistatud väärtused samas veerus on usutavalt erinevad ($P < 0,05$).

Mulla keemilised näitajad teise katseaasta sügisel

Kasutatud väetisel oli oluline mõju liikuva P, K ja S sisaldusele mullas (tabel 3). Fosforisisaldus oli teise katseaasta sügisel suurim variandis, kus väetisena kasutati reoveesette digestaati ja väikseim kontrollvariandis. Sea vedelsõnniku ja selle digestaadiga väetatud variandi mullas liikuva P sisaldus usutavalt ei erinenud. Kaaliumisisalduse poolest erinesid usutavalt kõik katses olnud variandid. Kõige rohkem oli seda mineraalväetise ja vähem reoveesette digestaadiga väetatud variandi mullas. Viimasel juhul oli K sisaldus isegi väiksem kui kontrollvariandis. Sea vedelsõnnikuga väetatud variandi mullas oli K sisaldus usutavalt suurem kui selle digestaadiga väetatud variandis. Väevli-sisaldus oli suurim mineraalväetise ja reoveesette digestaadi variandis. Ülejäänud kolmes variandis see usutavalt ei erinenud.

Tabel 3. Väetise mõju mulla keemilistele näitajatele

Väetis	pH	Sisaldus mullas, g kg ⁻¹			
		N _{üld}	P _(liikuv)	K _(liikuv)	S
Kontroll	6,8 ^{a1}	1,0 ^a	0,123 ^a	0,122 ^b	3,0 ^a
Mineraalväetis	6,8 ^a	1,1 ^a	0,145 ^b	0,165 ^f	6,9 ^c
Sea vedelsõnnik	6,9 ^a	1,1 ^a	0,149 ^b	0,145 ^d	3,3 ^a
Sea vedelsõnniku digestaat	6,8 ^a	1,0 ^a	0,145 ^b	0,135 ^c	3,2 ^a
Reoveesette digestaat	6,8 ^a	1,1 ^a	0,169 ^c	0,105 ^a	4,0 ^b

¹Erinevate tähtedega tähistatud väärtused samas veerus on usutavalt erinevad ($P < 0,05$)

Toitainete leostumine

Aktiivsel taimekasvuperioodil, maist kuni augustini, toitaineid ei leostunud. Leostumine algas pärast saagi koristamist ja oli suurim kahel esimesel kuul pärast seda. Uuritud toiteelementidest leostus kõige rohkem K ja NO₃⁻-N (tabel 4). Väetise mõju oli toitainete leostumisele väike. Enamike toiteelementide leostumine oli sarnane kõigi katses kasutatud väetiste korral. Erandiks oli NO₃⁻-N mida leostus usutavalt rohkem reoveesette digestaadiga väetatud variandis. Kuid ka siin oli leostumine teistega võrreldes suurem ainult kahe esimese mõõtmise ajal. Hiljem see enam ei erinenud.

Tabel 4. Väetise mõju toitainete leostumisele

Väetis	Leostunud kogus mõõtmisperiodil, g m ⁻²			
	NO ₃ ⁻ -N ¹	NH ₄ ⁺ -N ¹	P ²	K ²
Kontroll	0,56 ^{a3}	0,07 ^a	0,11 ^a	2,6 ^a
Mineraalväetis	0,63 ^a	0,14 ^b	0,12 ^a	2,8 ^a
Sea vedelsõnnik	0,54 ^a	0,08 ^a	0,17 ^a	2,8 ^a
Sea vedelsõnniku digestaat	0,43 ^a	0,09 ^{ab}	0,16 ^a	2,1 ^a
Reoveesette digestaat	1,75 ^b	0,09 ^{ab}	0,10 ^a	2,9 ^a

¹ mai 2010 – jaanuar 2012

² mai 2010 – jaanuar 2011

³Erinevate tähtedega tähistatud väärtused samas veerus on usutavalt erinevad ($P < 0,05$)

Arutelu

Digestaadi puhul on leitud, et sellega väetamine ei mõjuta oluliselt mulla reaktsiooni (Mákadi *et al.* 2012). Digestaadiga väetamise järel on pH tõus olnud katsetes 0,1–0,5 ühikut (Fuchs, Schleiss 2008; Odlare *et al.* 2008). Vähese mõju põhjus arvatakse olevat digestaadis sisalduvates hapetes, nagu gallushape, mis puutudes kokku mullakolloididega muudab need happeliseks (Tombácz *et al.* 1998). Meie katses kasutatud kahe digestaadi pH oli võrreldes sea vedelsõnniku omaga 0,4–0,9 ühikut suurem. Teise aasta sügisel tehtud mullaanalüüs näitas, et mulla reaktsioon oli sarnane kõigis väetusvariantides, mis on kooskõlas eelpool toodud järeldusega, et digestaadi mõju on mulla reaktsioonile väike.

Digestaadis sisalduva N mõju kohta mullale on avaldatud väga erinevaid tulemusi. Nii märgitakse, et see põhjustab nii mulla orgaanilise aine lagunemist (Bernal, Kirchmann 1992) kui ka mineraalse N immobilisatsiooni (Albuquerque *et al.* 2012). Võrdlus mineraalse N väetisega on näidanud, et kui digestaadi norm on arvatud selles sisalduva

ammooniumlämmastiku alusel, siis omastavad taimed N mineraalväetise ja digestaadiga väetatud lappidelt võrdselt (de Boer 2008). Meie tulemused toetavad viimast järeldust, sest kolme aasta kokkuvõttes oli nii tera- kui põhusaak mineraalväetise ja kahe digestaadiga väetatud variandis sarnane. Varasemad katsed on näidanud ka seda, et taimed omastavad digestaadist lämmastikku 10–25% enam kui selle lähtematerjaliks olnud sõnnikust (de Boer 2008). Märnatav erinevus vedelsõnniku ja digestaadi efektiivsuses on esile tulnud ainult neis katsetes, kus mõlemad väetised on kohe pärast laotamist viidud mulda. Meie katses kolme aasta keskmine saak vedelsõnniku ja vedelsõnniku digestaadiga väetatud variandis statistiliselt usutaval määral ei erinenud, kuid oli veidi suurem digestaadiga väetatud variandis. Meie katses anti orgaanilised väetised kevadel, aprilli lõpus või mai alguses, ja segati kohe andmise järel kuni 10 cm sügavuselt mulda. Meie tulemusi võis mõjutada see, et väetamine ja väetise mulda segamine toimusid käsitsi, mis ei taganud, et kogu väetis sai ühtlaselt mullaga kaetud. Tulemustest võib siiski järeldada, et digestaadi efektiivsus N väetisena ei ole vedelsõnnikuga võrreldes väiksem vaid pigem ületab seda.

Digestaadi mõju mulla liikuva P ja K sisaldusele on olnud katsetes väga erinev. Paljud põldkatsete tulemused näitavad, et digestaadiga väetamise mõju mulla liikuva P sisaldusele on vedelsõnnikuga sarnane (Loria, Sawyer 2005; Möller, Stinner 2009; Bachmann *et al.* 2011). Samas näitas sea vedelsõnniku digestaadiga tehtud katse, et kaks päeva pärast väetise mulda viimist oli seal liikuva P sisaldus oluliselt suurenenud. Mõju ilmnes ainult aluselisel mullal, samas kui happelisel mullal püsis liikuva P sisaldus kontrolliga samal tasemel (Galvez *et al.* 2012). Tulemused digestaadi mõju kohta mulla liikuva K sisaldusele on olnud sama vastuolulised. Nii on leitud, et digestaadiga väetamine suurendab mullas liikuva K sisaldust, kui ka seda, et mõju on sellele väga väike (Mákadi *et al.* 2012). Meie katses kasutatud orgaanilised väetised erinesid nii üldfosfori kui kaaliumisisalduse poolest. Kuna väetise norm arvatati ammooniumlämmastiku alusel, siis ei ole väetiste mõju mulla liikuva P ja K sisaldusele otseselt võrreldav, sest väetistega mulda viidud P ja K kogused olid erinevad. Meie tulemused näitavad, et sea vedelsõnniku ja selle digestaadi mõju mulla liikuva P sisaldusele ei saa oluliselt erineda. Digestaadiga viidi aastas mulda 33 kg P ha⁻¹ ja sea vedelsõnnikuga 44 kg P ha⁻¹. Selle tulemusena oli teise aasta sügisel liikuva P sisaldus veidi suurem vedelsõnnikuga väetatud variandi mullas. Erinevast väetise normist tulenevalt varieerus ka liikuva K sisaldus katse variantide mullas suurtes piirides. Seejuures erines see usutavalt ka sea vedelsõnniku ja selle digestaadiga väetatud variandis, mille põhjuseks oli erinev digestaadi (58,5 kg ha⁻¹) ja sea vedelsõnnikuga (70 kg ha⁻¹) mulda viidud K kogus. Meie tulemused näitasid, et kõigis katsetes kasutatud orgaanilistes väetistes oli K sisaldus väike, mistõttu viidi nendega mulda K oluliselt vähem kui mineraalväetisega.

Digestaadi väävlisisaldust on vähe uuritud. Küll on teada, et sõnnikus on ligi 50% väävlit kergesti lenduvas vormis (H₂S, CS₂, COS jne), mistõttu arvatakse, et sõnniku laotamisel ja selle järel võib esineda lendumisest tingitud märkimisväärne S kadu (Möller, Müller 2012). Meie tulemused näitasid, et orgaaniliste väetiste mõju mulla S sisaldusele on väike. Teise aasta sügisel oli S sisaldus orgaaniliste väetistega väetatud variantide mullas lähedane kontrollvariandi omale. Teistega võrreldes oli sisaldus veidi suurem üksnes reoveesette digestaadiga väetatud variandi mullas. Kõige rohkem oli S mineraalväetise variandi mullas, mille põhjuseks oli katsetes väetisena kasutatud superfosfaat, mis sisaldab väävlit.

Digestaadi puhul on märgitud, et võrreldes vedelsõnnikuga, on N leostumine digestaadiga väetamisel suurem (Goberna *et al.* 2011). Meie tulemused seda ei kinnitanud.

Kokkuvõte

Sea vedelsõnniku ja selle digestaadi mõju mullale, teravilja saagile ja toitainete leostumisele osutus sarnaseks. Teise aasta sügisel pärast katse algust erinesid nende variantide mullad üksnes K sisalduse poolest, mis oli suurem sea vedelsõnnikuga väetatud variandis. Tera- ja põhusaak ning toitainete leostumine neis variantides usutavalt ei erinenud.

Kui arvutada orgaanilise väetisega antav N norm ammooniumlämmastiku sisalduse alusel, siis orgaanilise ja mineraalväetisega saadav saak suuruse poolest ei erine.

Katses kasutatud orgaaniliste väetiste puhul on probleemiks nende väike K sisaldus, mistõttu pikemaajalise väetamise tagajärjel võib tekkida mullas K defitsiit.

Tänuavaldused

Uurimustööd toetas Eesti Põllumajandusministeerium, leping nr. 410.

Kirjandus

- Alburquerque, J.A., de la Fuente, C., Bernal, M.P. 2012. Chemical properties of anaerobic digestates affecting C and N dynamics in amended soils. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **160**, 15–22.
- Bachmann, S., Wentzel, S., Eichler-Löbermann, B. 2011. Codigested dairy slurry as a phosphorus and nitrogen source for *Zea mays* L. and *Amaranthus cruentus* L. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **174**, 908–915.
- Bernal, P.M., Kirchmann, H. 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically treated pig manure during incubation with soil. – *Biology and Fertility of Soils* **13**, 135–141.
- Börjesson, P., Berglund, M. 2007. Environmental systems analysis of biogas systems – Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. – *Biomass and Bioenergy* **31** (5), 326–344.
- de Boer, H.C. 2008. Co-digestion of animal slurry can increase short-term nitrogen recovery by crops. – *Journal of Environmental Quality* **37**, 1968–1973.
- Drennan, M.F., DiStefano, T.D. 2010. Characterization of the curling process from high-solids anaerobic digestion. – *Bioresource Technology* **101**, 537–544.
- Galvez, A., Sinicco, T., Cayuela, M.L., Mingorance, M. D., Fornasier, F., Mondini, C. 2012. Short term effects of bioenergy by-products on soil C and N dynamics, nutrient availability and biochemical properties. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **160**, 3–14.
- Goberna, M., Podmirseg, S.M., Waldhuber, S., Knapp, B.A., Garcia, C., Insam, H. 2011. Pathogenic bacteria and mineral N in soils following the land spreading of biogas digestates and fresh manure. – *Applied Soil Ecology* **49**, 18–25.
- Gómez, X., Cuetos, M.J., García, A.I., Morán, A. 2007. An evaluation of stability by thermogravimetric analysis of digestate obtained from different bio-wastes. – *Journal of Hazardous Materials* **149** (1), 97–105.
- Fuchs, J.G., Schleiss, K. 2008. Effects of compost and digestate on environment and plant production – Results of two research project. – *Proceedings of the International Conference ORBIT 2008*, Wageningen, 13–16 October, 2008, 1–12.

- Kirchmann, H., Bernal, M.P. 1997. Organic waste treatment and C stabilization efficiency. – *Soil Biology and Biochemistry* **29** (11–12), 1747–1753.
- Liu, W., Yang, Q., Du, L. 2009. Soilless cultivation for high-quality vegetables with biogas manure in China: feasibility and benefit analysis. – *Renewable Agriculture and Food Systems* **24**, 300–307.
- Loria, E. R., Sawyer, J. E. 2005. Extractable soil phosphorus and inorganic nitrogen following application of raw and anaerobically digested swine manure. – *Agronomy Journal* **97**, 879–885.
- Makádi, M., Tomócsik, A., Orosz, V. 2012. Digestate: A New Nutrient Source – Review. – *Biogas, InTech*. Ed. S. Kumar, 295–310.
- Marcato, C. E., Pinelli, E., Pouech, P., Winterton, P., Guirese, M. 2008. Particle size and metal distributions in anaerobically digested pig slurry. – *Bioresource Technology* **99**, 2340–2348.
- Marcato, C. E., Mohtar, R., Revel, J. C., Pouech, P., Hafidi, M., Guirese, M. 2009. Impact of anaerobic digestion on organic matter quality in pig slurry. – *Biodeterioration and Biodegradation* **63** (3), 260–266.
- Massé, D.I., Croteau, F., Masse, L. 2007. The fate of crop nutrients during digestion of swine manure in psychrophilic anaerobic sequencing batch reactors. – *Bioresource Technology* **98**, 2819–2823.
- Menardo, S., Gioelli, F., Balsari, P. 2011. The methane yield of digestate: Effect of organic loading rate, hydraulic retention time and plant feeding. – *Bioresource Technology* **102** (3), 2348–2351.
- Moody, L. B., Burns, R.T., Stalder, K.J. 2009. Effect of anaerobic digestion on manure characteristics for phosphorus precipitation from swine waste. – *Applied Engineering in Agriculture* **25**, 97–102.
- Möller, K., Müller, T. 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. – *Engineering in Life Sciences* **12** (3), 242–257.
- Möller, K., Stinner, W. 2010. Effects of organic wastes digestion for biogas production on mineral nutrient availability of biogas effluents. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **87**, 395–413.
- Odlare, M., Pell, M., Svensson, K. 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. – *Waste Management* **28** (7), 1246–1253.
- Salminen, E., Rintala, J. 2002. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste – a review. – *Bioresource Technology* **83**, 13–26.
- Stinner, W., Möller, K., Leithold, G. 2008. Effect of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming system. – *European Journal of Agronomy* **29** (2–3), 125–134.
- Szücs, B., Simon, M., Füleky, G. 2006. Anaerobic pre-treatment effects on the aerobic degradability of waste water sludge. – *Proceedings of the Internationale Conference ORBIT 2006*, Weimar, 13–15 September, Part 2, 425–434.
- Tombácz, E., Szekeres, M., Baranyi, L., Micheli, E. 1998. Surface modification of clay minerals by organic polyions. – *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspect* **141** (3), 379–384.
- Yu, F., Luo, X., Song, C., Zhang, M., Shan, S. 2010. Concentrated biogas slurry enhanced soil fertility and tomato quality. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science* **60**, 262–268.

TERAVILJADE SAAGIKUS JA KVALITEET MAHE- JA TAVAVILJELUSLIKUS KÜLVIKORRAS

Malle Järvan, Liina Edesi, Ando Adamson
Eesti Maaviljeluse Instituut

Miralda Paivel
Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool

Abstract. Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Paivel, M. 2013. Yield and quality of cereals in organic and conventional farming systems. – *Agronomy* 2013.

This study was performed in Central-Estonia in Olustvere during 2007–2012. The effect of organic and conventional farming methods on the yield and some quality indices of cereal crops (rye, oat and barley) were investigated. The cereals were grown in a five-field crop rotation in following order: barley undersown with clover, clover, winter rye, potato and oat. The following cultivation methods were compared: organic I – without manure, organic II – with cattle manure (given before growing potatoes, application rate 60 t ha⁻¹), and conventional (manure, mineral fertilizers and pesticides were used).

The average of biological yields, calculated on the basis of sheaves, were following: in organic farming I – rye 2,8 t ha⁻¹, oat 2,3 t ha⁻¹, and barley 1,5 t ha⁻¹. In conventional farming the average of biological yields were significantly higher than in organic farming: rye 4,3 t ha⁻¹, oat 4,6 t ha⁻¹, and barley 3,4 t ha⁻¹. Yields harvested with combine harvester were 1,6 to 2-fold smaller because of the significant harvest losses which occurred due to various reasons (abundance of small grains, lodging, belated harvest etc.). The applying of cattle manure in organic farming II increased the yield of oat about 30%. In some cases, the protein content and 1000 kernel weight were higher in conventional farming. The farming system did not influence the mineral content of cereals.

Keywords: rye, oat, barley, protein, 1000 kernel weight, minerals

Sissejuhatus

Hinnanguid mahe- ehk orgaanilise viljeluse – viljelusviis, kus mineraalväetisi ja pestitsiide ei kasutata – ja neid kasutava tavaviljeluse mõju kohta kultuuride saagikusele ja saagi kvaliteedile leidub erialases kirjanduses üsna palju. Viljelusviiside võrdlemisel saadud tulemused kõiguvad üldiselt siiski suures ulatuses. Paljudel juhtudel mõjutab tulemusi ka see, et võrdluse aluseks olevad tingimused – katsekoht, muld, eelvili jms – ei ole olnud ühesugused. Mõnikord aga lihtsalt ei ole ka avaldatud andmeid võrdlemise tulemusi mõjutada võivate teiste tegurite kohta.

Näiteks märgitakse, et Kanada tingimustes on teraviljade saagikus mahevilljeluses umbes 30% väiksem kui tavaviljeluses (Blair 2011). Kuid Austraalia tingimustes on erinevused olnud märksa suuremad ning tavaviljeluses on saadud 17–84% kõrgemaid saake kui mahevilljeluses (Ryan *et al.* 2004). Šveitsis läbiviidud pikaajalise uurimistöö tulemusena selgus, et 21-aastase vaatlusperioodi jooksul oli nisu saagikus orgaanilise viljelusviisi tingimustes keskmiselt 14% madalam kui tavaviljeluse tingimustes (Mäder *et al.* 2007). Eesti oludes on mahe- ja tavaviljeluse tingimustes teraviljade saagikuse ja kvaliteedi võrdlemist tehtud erinevate eelviljade puhul (Tamm *et al.* 2007, 2009). Kat-

sete tulemusel on võimalik järeldada, et kõik suviteraviljad võivad ka maheviljeluses sobiva eelvilja – milleks oli punane ristik – ja viljaka mulla korral kõrget saaki anda. Kõige saagikam oli mahetingimustes kaer; kaera ja odra tera kvaliteet oli mõlemas viljelusviisis samal tasemel (Tamm *et al.* 2007).

Teraviljade keemiline koostis ja toiteväärtus varieeruvad maheviljeluse puhul märksa suuremas ulatuses kui tavaviljeluse puhul ning seda just maheteraviljakasvatases kasutatava väetamispraktika tõttu (Blair 2011).

Mitmed teadlased (Mäder *et al.* 2007; Tamm *et al.* 2009; Zorb *et al.* 2009) on leidnud, et tavapärasel viisil kasvatatud teravilja proteiinisaldus, mahukaal ja 1000 tera mass olid oluliselt suuremad kui maheteravilja puhul. Tera mineraalainete sisaldust ei ole viljelusviis üldiselt mõjutanud (Zorb *et al.* 2009). Soome teadlaste (Eurola *et al.* 2003) uurimustöös, mille raames viidi läbi ühel ja samal põllul paiknevate viljelusviiside katse, ei leitud reeglipäraseid erinevusi orgaaniliselt ja tavaviljeluse viisil kasvatatud rukki mikroelementide (Cu, Zn, Fe, Mn) sisalduses, välja arvatud seleen, mida maherukkis oli oluliselt vähem kui tavarukkis.

Põhjalikes uuringutes viljelusviiside mõjust teraviljade kvaliteedile ja toiteväärtusele, mis viidi läbi Indias, selgus muuseas, et nisu 1000 tera mass ja proteiini fraktsioonide (albumiini, globuliini, prolamiini ja gluteliini) sisaldus oli oluliselt kõrgem tavaviljeluse puhul, kuid proteiini ja tärglise seeduvus oli parem orgaaniliselt kasvatatud nisu puhul (Punia, Kheterpaul 2008).

Nagu selgub eeltoodud kirjandusallikatest, on teraviljade puhul viljelusviisi mõju uuritud enamasti kas ainult saagikuse või üksikute kvaliteedinäitajate seisukohalt ja nii mõnigi kord tehtud seda ebavõrdsetes tingimustes. Katsetes on saadud vastuolulisi tulemusi. Käesoleva artikli aluseks olevas võrdluskatses on katsete meetodika ühtlustatud. Töö eesmärgiks oli võrrelda viieväljalises külvikorras mahe- ja tavaviljeluse tingimustes teraviljade bioloogilist saagikust ja tegelikke saake ning mõningaid saagikvaliteedi näitajaid.

Materjal ja meetodika

Uurimistöõ viidi läbi aastail 2007–2012 Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskooli õppetalu põllul, kus alates 2002. a on järgitud maheviljeluse printsiipe. Põllul on viieväljaline külvikord, millel alates 2007. a on kultuuride järjestus stabiilne järgmiselt: oder ristiku allakülviga, ristik (küntakse haljasväetisena mulda), rukis, kartul, kaer. Pikad väljad, suurusega 1,2 ha, on jagatud kolme võrdsesse ossa. See võimaldab võrrelda kaht maheviljeluse viisi (M – mahe, sõnnikuta; MS – mahe, sõnnikuga, mis antakse kartuli alla normiga 60 t ha⁻¹) ja tavaviljelust (T), mis kartuli alla sai samuti sõnnikut. Mullaharimistööd (kündmine, kultiveerimine, külvamine, oraste äestamine) tehti katsevariantidel ühtemoodi. Tavaviljeluse variandis tehti keemiline umbrohutõrje, kusjuures aastate jooksul vahetati preparaate. Külvikorras kasvatati rukist 'Elvi', kaera 'Jaak' ja otra 'Anni'.

Katsealal on raske liivsavi lõimisega kahkjast muld, millel väljade keskmised agrokeemilised näitajad katse rajamisel 2007. a kevadel olid järgmised: pH_{KCl} 6,1, huumus 2,47%, P 213 mg kg⁻¹ (sisaldus kõrge) ja K 139 mg kg⁻¹ (sisaldus keskmine). Teraviljakülvi eel anti tavaviljeluse variandis NPK väetist (24:6:12) kaera alla 300 kg ha⁻¹ ning ristiku allakülviga odrale 200 kg ha⁻¹. Tavavariandi rukis sai külvi ajal mineraalväetist (5:10:25) 300 kg ha⁻¹ ja kahel korral pealtväetiseks ammoniumnitraati 100 kg ha⁻¹ ehk lämmastikku kokku 68 kg ha⁻¹.

Enne teraviljade lauskoristamist võeti katsevariantidelt neljas korduses proovivihud 0,25 m² suuruselt pinnalt, mille baasil tehti saagistruktuuri analüüsid ning määrati teraviljade bioloogiline saagikus. 1000 tera massi määramisel võeti arvesse kõik terad, mis olid proovivihkude viljapeades moodustunud. Katsevariantide saagid koristati 6,8 m heedriga John Deere kombainiga ja kuivatati. Saagiandmed pandi kirja koristuse ajal ning arvestati hiljem ümber 14% niiskusele. Teraviljade keemilised analüüsid tehti Eesti Maaülikooli taimebiokeemia laboris. Terades määrati proteiini ja mineraalelementide (fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi) sisaldus. Katsetulemuste statistiline analüüs tehti andmetöötlusprogrammiga JMP 5.0.1 (*SAS Institute, Cary, N.C.*), kasutades *Tukey-Krameri* testi (HSD).

Tulemused ja arutelu

Stabiilse kultuuride järjestusega külvikord, kus üheks väljaks on kartul, mille alla antakse sõnnik, viidi Olustvere katsealal sisse alates 2007. aastast. Seetõttu ei ole senise katseperioodi jooksul kõikide teraviljade, eriti rukki, puhul saadud veel piisavalt andmeid MS variandi (sõnnikuga maheviljelus) kohta (tabel 1). Tegelikult jääb sõnniku järeelmõju rukkisaagile suhteliselt tähtsusetuks, kuna külvikorras on sõnniku andmise ja rukki kasvatamise vahe pikk.

Rukkisort 'Elvi' kasvatamiseks sobivad ka raskema lõimisega mullad (Tupits 2007), sellised nagu Olustvere katsealal. Meie katses on see sort aastate jooksul olnud üsna kõrge ja stabiilse saagikusega: bioloogiline saagikus maheviljeluse variandis 3 t ha⁻¹ ringis ning mõõduka intensiivsusega tavaviljeluse variandis keskmiselt üle 4 t ha⁻¹. Eran diks oli madala saagikusega 2011. a. Sellel aastal oli rukis kehvalt talvitunud, suur osa taimedest oli hävinud lumiseene tõttu; hõreda rukkitaimekuga maheviljeluse variantides võtsid võimust ka umbrohud.

Suured erinevused ilmn esid proovivihkude baasil määratud bioloogilise saagikuse ja tegelike, kombainiga koristatud saakide vahel. Rukki kombainisaagid olid maheviljeluse variandis keskmiselt 37,3% ja tavaviljeluse variandis keskmiselt 45,5% madalamad kui bioloogiline saagikus. Sellise erinevuse põhjuseid oli tõenäoliselt mitu. Mõnel juhul jäi kombainiga koristamine optimaalsest hilisemale ajale, mitmel aastal (2009, 2011, 2012) esines rukki kohatist lamandumist. Ka kipub mahetingimustes kasvatatud teravili peeneks jääma ning märkimisväärne osa moodustunud teradest läheb koristamisel kombainisõeltest läbi, koristuskaod on suured. Seda täheldasime nii rukki kui ka kaera ja odra puhul. Kuue aasta keskmisena oli maherukki kombainisaak 1,8 t ha⁻¹, s.o 24,3% võrra väiksem kui tavaviljeluse rukki puhul. Kvaliteedinäitajatest ei mõjutanud viljelusviisi rukki langemisarvu ning mineraalainete (fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi) sisaldust. Maherukki terade proteiinisaldus ja mõnel aastal ka 1000 tera mass olid aga väiksemad kui tavarukkil (tabel 2).

Kaerasort 'Jaak' õigustas end Olustvere katsetes hästi, oli üsna stabiilse saagikusega nii mahe- kui tavaviljeluses ning suutis mahetingimustes päris hästi konkureerida umbrohtudega. Vaatlusperioodi keskmisena oli kaera bioloogiline saagikus M variandis 2,25 t ha⁻¹, MS variandis 3,01 t ha⁻¹ ja tavavariandis 4,60 t ha⁻¹. Kombainisaagid kujunesid siiski märksa väiksemaks, põhjused olid samad, mis rukki puhul juba nimetatud. 2012. a äärmiselt väikesed saagid olid kehavõitu kvaliteediga külviseemne, suhteliselt ebasoodsa kasvuperioodi ja erakordselt halbade koristustingimuste tulemuseks.

Tabel 1. Teraviljade bioloogiline saagikus ja kombainisaagid viljelusviiside katses

Teravili, aasta	Bioloogiline saagikus, t ha ⁻¹			Kombainisaak, t ha ⁻¹		
	M	MS	T	M	MS	T
RUKIS						
2007	3,31 ^b	–	4,68 ^a	1,65	–	2,34
2008	3,01 ^b	–	4,52 ^a	1,16	–	1,52
2009	3,22 ^b	–	5,14 ^a	1,50	–	2,26
2010	3,10 ^{ab}	–	3,98 ^a	2,97	–	3,44
2011	1,66 ^b	1,91 ^b	3,56 ^a	1,16	1,04	2,23
2012	2,76 ^b	3,07 ^b	3,96 ^a	2,25	2,58	2,30
2007–2012	2,84	–	4,31	1,78	–	2,35
KAER						
2007	2,23 ^b	–	4,34 ^a	1,16	–	2,17
2008	2,46 ^c	3,29 ^b	4,19 ^a	1,81	2,25	2,83
2009	2,22 ^b	2,92 ^b	5,94 ^a	1,23	1,65	2,20
2010	2,76 ^c	3,54 ^b	4,78 ^a	1,68	2,24	3,40
2011	1,87 ^b	1,90 ^b	3,18 ^a	1,14	1,21	2,40
2012	1,98 ^c	3,42 ^b	5,19 ^a	0,67	0,93	1,85
2007–2012	2,25	3,01	4,60	1,28	1,66	2,48
ODER (ristiku allakülviga)						
2007	2,56 ^a	–	2,56 ^a	1,28	–	1,28
2008	1,26 ^b	–	3,15 ^a	0,46	–	0,84
2009	1,96 ^{bc}	2,37 ^b	3,91 ^a	0,52	0,75	1,58
2010	1,05 ^b	1,39 ^b	4,16 ^a	0,70	1,00	2,65
2011	0,93 ^b	1,08 ^b	2,93 ^a	0,72	0,74	2,12
2012	1,50 ^b	1,91 ^b	3,97 ^a	0,64	1,05	1,80
2007–2012	1,54	1,69	3,45	0,72	0,88	1,71

M – maheviljelus, sõnnikuta; MS – maheviljelus, sõnnikuga; T – tavaviljelus.

Erinevad tähed samas reas näitavad usutavat erinevust (*Tukey-Krameri* test, $p < 0,05$).

Kuna külvikorras sõnnik oli antud kaera eelvilja, kartuli alla, siis kajastus selle järeelmõju kaeral üsna tuntavalt: aastate keskmisena suurenes kaera bioloogiline saagikus 33,8% ja kombainisaak 30%. Kaera 1000 tera massile ilmnes sõnniku statistiliselt usutav positiivne järeelmõju üksnes 2008. a tingimustes: MS variandi kaera 1000 tera mass oli 2,4 g võrra suurem kui M variandi puhul. Külvikorras sõnniku andmine ei avaldanud reeglipärast mõju maheviljeluse tingimustes kasvatatud kaera proteiinisaldusele ega ka mineraalainete sisaldusele. Tavaviljeluslikult kasvatatud kaera 1000 tera mass ja proteiinisaldus olid suuremad kui maheviljeluse kaera puhul; mineraalainete sisaldustes aga ei olnud olulisi erinevusi.

Tabel 2. Teraviljade proteiinisaldus ja 1000 tera mass viljelusviiside katses

Teravili, aasta	Proteiinisaldus, %			1000 tera mass, g (vihuproovide alusel)		
	M	MS	T	M	MS	T
RUKIS						
2007	8,6	–	9,6	22,5 ^a	–	23,4 ^a
2008	9,1	–	11,9	29,3 ^b	–	34,3 ^a
2009	11,5	–	11,7	32,3 ^b	–	35,1 ^a
2010	9,5	–	10,6	30,7 ^a	–	29,8 ^a
2011	8,5	9,0	10,4	30,4 ^b	33,8 ^a	34,4 ^a
2007–2011	9,4	–	10,8	29,0	–	31,4
KAER						
2007	11,6	–	11,6	27,5 ^a	–	28,8 ^a
2008	9,4	9,8	11,3	33,1 ^b	35,5 ^a	35,3 ^a
2009	9,4	9,7	13,9	35,8 ^b	35,7 ^b	38,2 ^a
2010	10,8	10,4	12,1	25,5 ^b	26,5 ^b	29,0 ^a
2011	10,4	10,0	10,0	29,6 ^b	29,5 ^b	32,0 ^a
2007–2012	10,3	10,0	11,8	30,3	31,8	32,7
ODER (ristiku allakülviga)						
2007	10,8	–	11,1	31,9 ^a	–	32,6 ^a
2008	9,4	–	9,4	42,5 ^a	–	44,8 ^a
2009	9,3	9,2	13,7	39,7 ^a	41,7 ^a	38,9 ^a
2010	9,2	9,3	9,4	29,7 ^b	30,8 ^b	41,3 ^a
2011	10,3	9,6	9,7	37,6 ^b	37,7 ^b	45,4 ^a
2007–2011	9,8	–	10,7	30,9	–	40,6

M – maheviljelus, sõnnikuta; MS – maheviljelus, sõnnikuga; T – tavaviljelus.

Erinevad tähed samas reas näitavad usutavat erinevust (*Tukey-Krameri test, p < 0,05*).

Odrast (sort 'Anni') kippus ristik peaaegu igal aastal läbi kasvama ning saigid jäid madalaks. Kui proovivihkude baasil määratud odra bioloogiline saagikus maheviljeluslikes M ja MS variantides oli aastate keskmisena 1,5 ja 1,7 t ha⁻¹ ning tavaviljeluse puhul 3,4 t ha⁻¹, siis kombainisaagid kujunesid poole väiksemaks. Tegelikult, kui tootmistalus otra kasvatada ristiku allakülviga, siis ehk tasuks kaaluda võimalust selle tervikkoristamiseks loomasöödaks. Olustvere katses ei selgunud, et viljelusviis oleks mõju avaldanud odraterade proteiini ja mineraalainete sisaldusele. Tavaviljeluse odra 1000 tera mass oli 2010. ja 2011. aastal suurem kui maheodral.

Järeldused

Talirukis ja kaer olid maheviljeluslikus külvikorras üsna rahuldava ja stabiilse saagikusega. Viie aasta keskmisena oli maheviljeluse tingimustes kasvatatud rukki bioloogiline saagikus 2,8 t ha⁻¹ ja kaeral 2,3 t ha⁻¹. Maheviljeluse tingimustes reageeris

kaer hästi ka sõnniku järelmõjule – saagid suurenesid keskmiselt kolmandiku võrra. Tavaviljeluslikult kasvatades kujunes rukki bioloogiliseks saagikuseks keskmiselt 4,3 t ha⁻¹, kaeral 4,6 t ha⁻¹ ning allakülviga odra puhul 3,4 t ha⁻¹.

Ristiku katteviljana külvatud odrast kasvab ristik enamasti läbi, sellisel juhul võiks odra teraks koristamise asemel eelistada massi tervikkoristamist söödaks.

Mahetingimustes kasvatades kipub tera peeneks jääma ning kombainiga koristamisel võivad kaod olla märkimisväärsed, seetõttu on erinevused bioloogilise saagikuse ja tegelike saakide vahel suured.

Viljelusviis ei mõjutanud teraviljade saagi mineraalainete sisaldust ega rukki langemisarvu. Mahedalt kasvatatud teraviljad sisaldasid vähem proteiini kui tavapärasel viisil kasvatatud teraviljad.

Tänuavaldus

Uurimistöo on läbi viidud EV Põllumajandusministeeriumi rahastatud rakendus-uuringu “Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile” raames.

Kasutatud kirjandus

- Blair, R. 2011. How different are organic cereal grains? – *Feedstuffs* **83**, Issue 43, 1–9.
- Eurola, M., Hietaniemi, V., Niskanen, M., Laine, A., Vuorinen, M. 2003. Trace elements in rye – comparison of organic and conventional cultivation. – *Proceedings of the NJF's 22nd Congress “Nordic Agriculture in Global Perspective”*, July 1–4, 2003, Turku, Finland. www.njf.dk/njf/reports.htm
- Mäder, P.D., Hahn, D., Dubois, D., Gunst, L., Alfodi, T., Bergmann, H., Oehme, M., Amado, R., Schneider, H., Graf, U., Velimirov, A., Fliessbach, A., Niggli, U. 2007. Wheat quality in organic and conventional farming: Results of a 21 year field experiment. – *Journal of the Science of Food & Agriculture* **87**, 1826–1835.
- Punia, N.D., Kheterpaul, N. 2008. Physico-chemical characteristics, nutrient composition and consumer acceptability of wheat varieties grown under organic and inorganic farming conditions. – *International Journal of Food Sciences & Nutrition* **59**, 224–245.
- Ryan, M., Derrick, J., Dann, P. 2004. Grain mineral concentrations and yield of wheat grown under organic and conventional management. – *Journal of the Science of Food & Agriculture* **84**, 207–216.
- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A. 2007. Suviteraviljade saagikuse ja kvaliteedi võrdlus mahe- ning tavatingimustes. – *Agronomia* 2007, lk. 57–60.
- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A. 2009. Suviteraviljade proteiinisaldus tava- ja maheviljeluses. – *Agronomia* 2009, lk. 78–81.
- Tupits, I. 2007. Talirukis maheviljeluses. – *Põllukultuuride ja nende sortide sobivus maheviljeluseks*. OÜ Vali Press, Jõgeva, lk. 22–27.
- Zorb, C., Niehaus, K., Barsch, A., Betsche, T., Langenkamper, G. 2009. Levels of compounds and metabolites in wheat ears and grains in organic and conventional agriculture. – *Journal of Agricultural & Food Chemistry* **57**, 9555–9562.

MULLA TALLAMISE MÕJU KARJAMAA RAIHEINA JA HÜBRIDLUTSERNI SAAGIKUSELE

Endla Reintam, Kadri Krestein, Diego Sanchez de Cima, Janar Leeduks
Eesti Maaülikool

Abstract. Reintam, E., Krestein, K., Sanchez de Cima, D., Leeduks, J. 2013. Impact of soil compaction on productivity of rye grass and lucerne. – *Agronomy* 2013.

*Identifying vulnerability of soils to compaction damage is becoming an increasingly important issue when planning and performing farming operations. Grassland is believed to be stable due to perennial plant cover and root reinforcement. However, the losses of plant biomass may not be remarkably high but soil compaction also affects the quality of the production and soil. The field experiment to study the impact of compaction on perennial rye grass (*Lolium perenne* L.) and lucerne (*Medicago x varia* Mart.) using two compaction (uncompacted and compacted 2 times) and fertilization levels (N0 and N200 for rye grass) was conducted on sandy loam Haplic Luvisol (siltic) in Estonia in 2010–2011. Plant aboveground biomass, soil bulk density and porosity were measured three times during vegetation period. Soil compaction was made by two tyre to tyre passes using 2,3 ton tractor and 3 ton water tank after every biomass cut. The results revealed the reduction of grassland plants productivity up to 50% due to continuous compaction during the experiment. Compaction had no significant effect on rye grass aboveground biomass without fertilization in first year and lucerne biomass during first two cuts. However, in second year, the significant differences in biomass of all investigated species and fertilization treatments were detected. The changes in soil properties were detectable mainly in the top 5 cm soil after first cuts but also in 20 cm deep soil after third cut and compaction lasted within the next year. The loss of plant productivity was mainly connected with lower soil aeration in wet periods, higher penetration resistance, and amount of unavailable water in dry periods.*

Keywords: Haplic Luvisol, biomass, height

Sissejuhatus

Põllumajandusmaa seisundit hinnatakse sageli ainult mulla toitainetega varustatusest lähtuvalt ning ei pöörata tähelepanu mulla poorsusele ning teistele füüsikalistele omadustele, mis oluliselt mõjutavad muldade funktsionaalsust. Tulemuseks võib olla see, et toitainete lisamisel mulda jääb loodetud kasu suurema saagi näol saamata. Sage-daseks põhjuseks sellisel juhul on raske põllumajandustehnika kasutamisest tingitud muldade tihenemine. Muldade tallamisest tingitud saagikaod varieeruvad sõltuvalt tal-latuse astmest enamikel põllukultuuridel paarist protsendist kuni 90% või saagi ikal-dumiseni (Reintam *et al.* 2009a; Arvidsson *et al.* 2012) sõltuvalt mullast ja ilmastiku oludest. Koreserikkamatel ja kergema lõimisega muldadel võib mõõdukas tallamine tuua aga saagilisa tänu mulla paremale veehoiuvõimele (Håkansson 2005). Juhul, kui saagikadu mulla tihenemise tulemusena ongi minimaalne, siis halvenenud toitainete omastamise tõttu väheneb saagi kvaliteet (Reintam 2006; Sweeney *et al.* 2006; Siczek, Lipiec 2011).

Arvatakse, et rohumaad on haritavast põllumaast tallamise suhtes vähem tund-likud oma mitmeaastase taimiku ja ulatuslikuma juuresüsteemi tõttu. Taimestik annab kasvukoha mullale suurema stabiilsuse, parandab mulla kandvust (Cofie *et al.* 2000)

ja vähendab stressi mõju sügavuse suunas. Rohumaataimede vastupidavust tallamise suhtes on uuritud põhiliselt murude puhul (Arrieta *et al.* 2009) ning karjatamisel (Bryant *et al.* 1972; Reszkowska *et al.* 2011), märksa vähem on uuritud põllumajandustehnika mõju (Jorajuria, Dragi 1997; Reintam *et al.* 2009b).

Käesoleva uurimistöo eesmärgiks oli uurida mulla tallamise ja sellest tingitud mulla füüsikaliste tingimuste muutuse mõju karjamaa raiheina (*Lolium perenne* L.) ja hübriidlutserni (*Medicago x varia* Mart.) maapealsele biomassile kolmeniitelises süsteemis.

Materjal ja meetodika

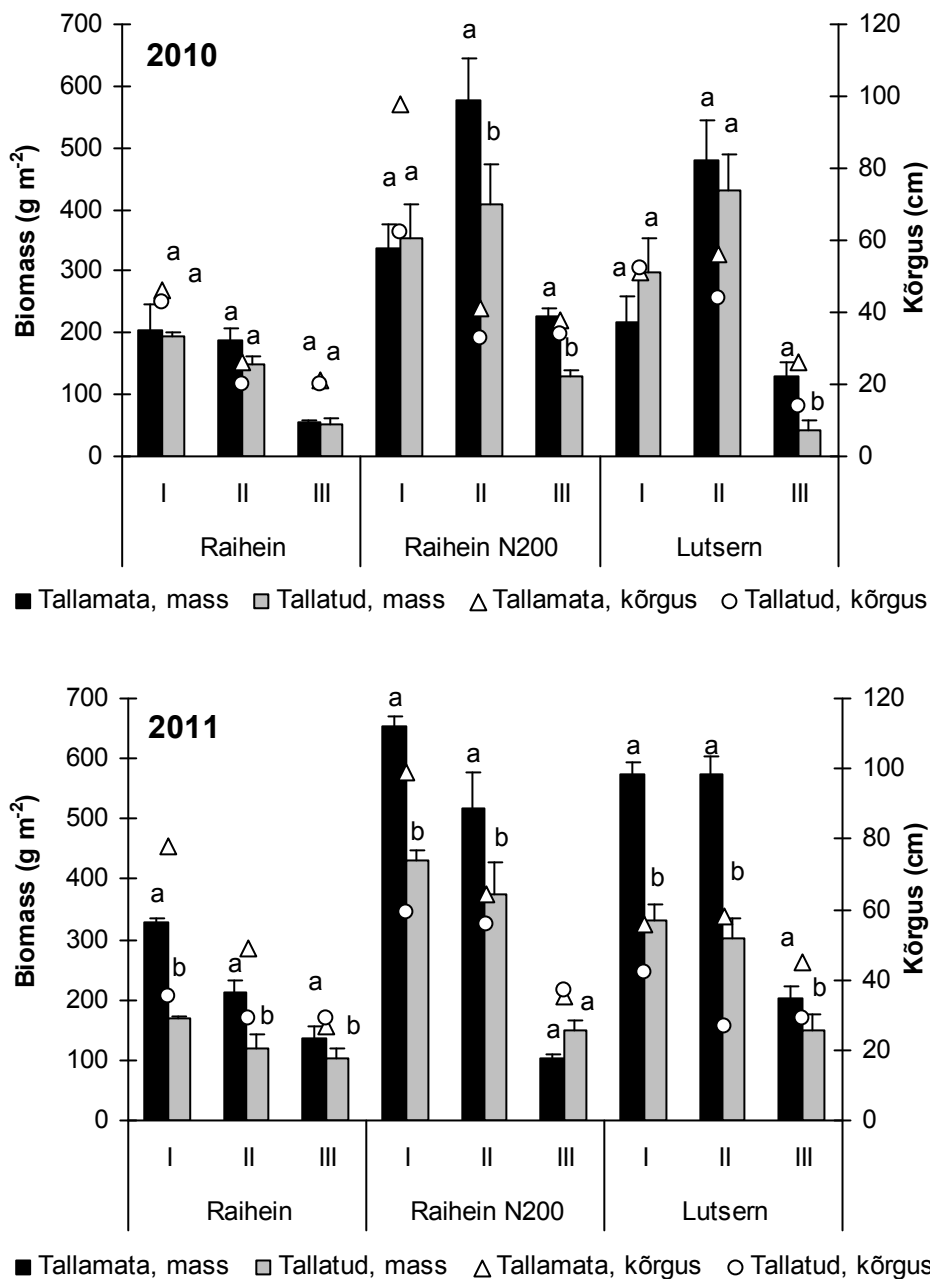
Põldkatse rajati 2009. aastal Eesti Maaülikooli Rõhu katsebaasis. Katsepõllu muld oli liivsaviilõimisega leetjas muld (*Haplic Luvisol (siltic)* WRB 2007 järgi), milles oli liiva (0,063–2 mm) 51,5%, tolmu (0,002–0,063 mm) 37,4% ja savi (< 0,002 mm) 11,1%. Orgaanilise süsiniku sisaldus huumushorisondis oli 13 g kg⁻¹. Katses kasvatati karjamaa raiheina sorti 'Raidi' ning hübriidlutserni sorti 'Karlu'. Raihein külvati normiga 40 kg ha⁻¹ ja lutsern 18 kg ha⁻¹. Külvid rajati 2009. aasta juuni alguses. Külviaastal ei väetatud ega tallatud. Raiheina kasvatati kahe väetustaseme juures: 1) väetamata ja 2) väetatud ammoniumnitraadiga arvestusega 200 kg N ha⁻¹ ühel väetuskorral. Väetati 3 korda vegetatsiooniperioodi jooksul: 1) kevadel pärast lume sulamist, 2) pärast I niidet ja 3) pärast II niidet. Lutserni ei väetatud. Katses oli kaks tallamisvarianti: 1) tallamata ja 2) tallatud kaks korda. Mulda tallati vegetatsiooniperioodi jooksul kolmel korral kohe pärast taimiku niitmist. Esimesel tallamise aastal (2010) tallati ka kevadel koos taimiku väetamisega. Tallamine teostati 2,3 tonnise 2-teljelise traktoriga T-40 (veojõuklass 0,9 t), mis oli varustatud 3 tonnise üheteljelise veepaagiga. Rehvide mõõdud olid järgmised: traktori esirehv 8,3/8–20 tolli ehk 21,08/28,32–50,8 cm, tagarehv 13,6R 38 tolli ehk 34,54–96,52 cm, veepaagi rehv oli 7,50–20 tolli ehk 19,05–50,8 cm. Rehvirõhk traktoril oli 100 kPa ja veepaagil 150 kPa. Arvutuslik surve pinnahüvikule veepaagil oli 118 kPa. Ühel tallamiskorral sõideti katselappidest üle kaks korda jälg-jälje kõrval. Katse oli teostatud kahes korduses ning katselappide suuruseks oli 54 m².

Taimeproovid koguti 0,25 m² lappidelt 4 korduses igalt katselapilt raiheina loomise lõpus ja lutserni õitsemise alguses tavaliselt juuni alguses, juuli lõpus ja septembri lõpus. Taimeproovid kaaluti ja mõõdeti taimiku keskmise kõrgus, seejärel kuivatati proovid õhukuivaks, et leida taimede kuivmass. Mullaproovid võeti 100 cm³ terassilindritega 0–5 ja 20–25 cm sügavusest kaheksas korduses igalt lapilt pärast kaht esimest niidet ning 5 cm kihtidena kuni 30 cm sügavuseni pärast kolmandat niidet. Silindritega võetud proovidest määrati laboris mulla lasuvustihedus, veeläbilaskvus ja poorsus. Penetromeetiline takistus mõõdeti Eijkelkamp elektroonilise loendiga 1 cm² 60° koonusega. Eraldi proovid koguti mulla toitainete sisalduse määramiseks samadest sügavustest.

Katseandmete statistiliste erinevuste hindamiseks kasutati *LSD* testi 95% usutavustaseme juures. Keskmistele leiti standardviga. Andmetöötluseks kasutati programmi *Statistica 8.0* ning jooniste kujundamiseks programmi *Excel*.

Tulemused ja arutelu

Katse tulemustest selgus, et esimesel aastal ei avaldanud tallamine olulist mõju karjamaa raiheina maapealsele massile, kui ei kasutatud väetisi (joonis 1, 2010). Teise niite ajal esines küll mõningane saagi langus ja ka taimed olid tallatud mullal lühemad,



Joonis 1. Mulla tallamise mõju karjamaa raiheina (*Lolium perenne* L.) ja hübriidlutserni (*Medicago x varia* Mart.) maapealsele kuivmassile (tulbad) ning taimestiku kõrgusele (punktid) 2010. ja 2011. aastal. Vertikaaljooned näitavad keskmise standarddviaga. Ühesuguste tähtedega tallamisvariandid ei erine teineteisest statistiliselt $LSD_{95\%}$ testi alusel.

kuid kolmanda niite ajal tallamisvariantide vahelised erinevused puudusid. Raiheina väetamisel avaldus tallamise negatiivne mõju juba teisel niitel nii taimede massile kui ka kõrgusele. Lutserni kasvatamisel avaldus tallamise mõju massile ja kõrgusele teisel niitel, kuid statistiliselt usutavad erinevused alles kolmandal niitel. Teisel katseaastal avaldus tallamise mõju kohe esimesel niitel nii raiheinal kui ka lutsernil (joonis 1, 2011), kuigi kevadel spetsiaalset tallamist ei tehtud. Seega oli esimese niite puhul tegu sügise tallamise järelmõjuga. Kui suvisel perioodil suutis kasvava taimestiku juurestik mulda uuesti kobestada (eriti väetamata raiheina ja lutserni puhul), siis enne talve ei jõudnud taimed enam nii palju kasvada, et mullaomadusi mõjutada. Ka ei toimunud mulla isekobestumist külmumise-sulamise teel, sest lumi sadas ainult osaliselt külmunud maale ning püsis kevadeni. Juba esimese katseaasta sügiseks ulatus tallamise mõju mullas 25 cm sügavusele, mis avaldus nii suuremas lasuvustiheduses ja penetromeetrilises takistuses kui ka mulla väiksemas õhustatuses ning veeläbilaskvuses. Teise katseaasta lõpuks ulatusid muutused mullaomadustes juba 40 cm sügavuseni.

Põhjus, miks tallamine esimesel aastal taimede kasvule olulist mõju ei avaldanud oli selles, et mulla omadused nii pindmises 0–5 cm kihis kui ka 20–25 cm kihis väetamata raiheinal ja lutsernil esimeste tallamiste järel usutavalt ei muutunud. Lasuvustihedused varieerusid 1,3–1,7 Mg m⁻³ ning erinevus tallatud ja tallamata mulla tiheduses oli alla 0,05 Mg m⁻³. Kuid kui lutserni ja väetamata raiheina puhul oli mulla aeratsioonipoorsus (pF1,8 juures) ca 10% ka tallatud mullal, siis väetatud raiheina all jäi see näitaja tallatud mullas alla 5%. Paljud uurimused on näidanud, et põllust ühekordne ülesõit ei mõjuta oluliselt taimede saaki, kuid mõjud avalduvad korduvate ülesõitude puhul (Håkansson 2005; Reintam 2006; Reintam *et al.* 2009a). Samas võib ka ühekordne ülesõit savirikka-matel muldadel märjal ajal põhjustada vähemalt kuni 5% saagikadu (Palmborg 2012).

Põhjus, miks väetamata taimik oli tallamise suhtes vähem tundlikum kui väetatud oli selles, et väetamata mullas arendasid taimed rohkem juuresüsteemi, et toitaineid paremini kätte saada ning suurem juuresüsteem tagas ka parema vastupanu tallamisele. Et väetamisel (eriti pindmises) olid toitained taimedele paremini kättesaadavad, siis oli neil väiksem juuresüsteem ning juured kogunesid pigem mulla pindmisse kihti, mis tegi taimed tundlikumaks otsesele tallamisele. Ka varasemad uuringud raiheina ja timuti murutaimedena kasutamiseks on näidanud, et väetamine vähendab nende liikide juurte massi maapealse osa kasuks, kui lämmastiku kättesaadavus on piisav ning taimedel areneb suurem juurestik lämmastiku defitsiidi korral (Adams *et al.* 1974). Hilisemad uuringud mitmeaastaste heintaimedega on seda suundumust kinnitanud (O'Neil, Carrow 1983; Arrieta *et al.* 2009). Tihedamast mullast tingitud juuresüsteemi muutused põhjustasid ka taimede maapealse massi vähenemise tallatud mullal. Vähenes nii juurte muldatungimise sügavus kui ka kogumass. Uuringud erinevate heintaimedega on näidanud nii juurte massi (O'Neil, Carrow 1983) kui ka morfoloogia (Reintam *et al.* 2009b; Lipiec *et al.* 2012) muutusi seoses mulla tallamisega. Tallamine kahjustas otseselt lutserni kasvukuhikut, mistõttu jäi taimik teise aasta lõpuks märgatavalt hõredamaks kui tallamata mullal ning saagi kadu oli suurem kui raiheinal (joonis 1, 2011). Kuigi lutserni peetakse kultuuriks, mis kasvab hästi ka tihedamal mullal (Materachera *et al.* 1991), siis on ta otsese tallamise suhtes tundlikum kui kõrrelised heintaimed, mille peamiseks põhjuseks võib pidada uute võrsete kahjustumist tallamisel (Glab 2008). Samas on leitud, et kui otsene mehhaaniline kahju võrsetele puudub, võib liivsaviõimise mullal lutserni saak

tihedamal mullal suurenda, võrreldes tihendamata mullaga, kui ei järgne uut tihendamist (Glab 2011).

Väetatud raiheinal esines lumiseene kahjustus ning seda eriti tallamata variandis. Et 2010 sügisel oli pikalt soe, siis kasvas tallamata mullal taimik enne lume tulekut suuremaks kui tallatud ja väetamata mullal ning sellest tingituna olid ka lumiseene kahjustused suuremad. Samuti takistas suurem taimik mulla kiiremat külmumist. Taimik taastus juba esimeseks niiteks sellisel määral, et ei olnud vaja teostada taimiku parandamist lisakülviga.

Kokkuvõte ja järeldused

Katse karjamaa raiheina ja hübriidlutserniga näitas, et ühekordne ülesõit ei mõjuta oluliselt juba välja kujunenud taimiku maapealset produktsiooni, kuid korduvad ülesõidud võivad juba samal aastal põhjustada järgmiste niidete 10–50% saagilanguse ratta jälgedes. Tallamise jätkumisel ei suuda kahjustatud taimede juured enam mulda kobestada ning saagilangus on püsiv. Eriti tugevalt saab mõjutatud järgmise aasta esimene niide, kui sügisese viimase niitega on mulda korduvalt tallatud. Intensiivse väetamise juures jääb taimede juurestik nõrgemaks ning taimed on mulla tallamise kahjulikule mõjule tundlikumad kui väetamata taimed.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud ETF grant nr 7622.

Kasutatud kirjandus

- Adams, W.A., Bryan, P.J., Walker, G.E. 1974. Effects of cutting height and nitrogen nutrition on growth pattern of turfgrasses. – *Proceedings of the Second International Turfgrass Research Conference*. Eliot C. Roberts (ed.), 131–144.
- Arrieta, C., Busey, P., Daroub, S.H. 2009. Goosegrass and bermudagrass competition under compaction. – *Agronomy Journal* **101** (1), 11–16.
- Arvidsson, J., Håkansson, I., Pettersson, C.-J. 2012. Sensitivity of different crops to soil compaction. – *NJF Seminar 448: Soil compaction – effects on soil functions and strategies for prevention, NJF Report* **8** (1), 37–39.
- Bryant, H.T., Blaser, R.E., Peterson, J.R. 1972. Effect of Trampling by Cattle on Bluegrass Yield and Soil Compaction of a Meadowville Loam. – *Agronomy Journal* **64** (3), 331–334.
- Cofie, P., Koolen, A.J., Perdok, U.D. 2000. Measurement of stress–strain relationship of beech roots and calculation of the reinforcement effect of tree roots in soil–wheel systems. – *Soil & Tillage Research* **57** (1–2), 1–12.
- Glab, T. 2008. Effect of traktor wheeling on root morphology and yield of lucerne (*Medicago sativa* L.). – *Grass and Forage Science* **63**, 398 p.
- Glab, T. 2011. Effect of soil compaction on root system morphology and productivity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) – *Polish Journal of Environmental Studies* **20** (6), 1473–1480.
- 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.
- 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** (4), 261–265.

- Lipiec, J., Horn, R., Pietrusiewicz, J., Siczek, A. 2012. Effects of soil compaction on root elongation and anatomy of different cereal plant species. – *Soil & Tillage Research* **121** (5), 74–81.
- Materachera, S.A., Dexter, A.R., Alston, A.M. 1991. Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species. – *Plant and Soil* **135**, 31–41.
- O’Neil, K.J., Carrow, R.N. 1983. Perennial ryegrass growth, water use and soil aeration status under soil compaction. – *Agronomy Journal* **75** (2), 177–180.
- Palmborg, C. 2012. Effects of harvest time (early inter or sprint) of reed canary grass on track depth, penetration resistance and plant growth and development. – *NJF Seminar 448: Soil compaction – effects on soil functions and strategies for prevention, NJF Report* **8** (1), 43–45.
- Reintam, E., Trükmann, K., Kuht, J., Nugis, E., Edesi, L., Astover, A., Noormets, M., Kauer, K., Krebstein, K., Rannik, K. 2009a. Soil compaction effects on soil bulk density and penetration resistance and growth of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). – *Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil and Plant Science* **59** (3), 265–272.
- Reintam, E., Trükmann, K., Kuht, J., Raave, H., Krebstein, K., Astover, A., Leeduks, J. 2009b. Mulla tallamise mõju hariliku keraheina, päideroo ja ohtetu luste juurtele ning mõningatele mulla füüsikalistele omadustele. – *Agronomia* 2009, Jõgeva, lk. 34–41.
- Reintam, E. 2006. *Changes in soil properties, spring barley (Hordeum vulgare L.) and weed nutrition and community due to soil compaction and fertilization on sandy loam Stagnic Luvisol*. Doktoritöö, Tartu, Eesti Maaülikool,
- Reszkowska, A., Peth, S., Peng, X., Horn, R. 2011. Grazing Effects on Compressibility of Kastanozems in Inner Mongolian Steppe Ecosystem. – *Soil Science Society of America Journal* **75** (2), 426–433.
- Siczek, A., Lipiec, J. 2011. Soybean nodulation and nitrogen fixation in response to soil compaction and surfake straw mulching. – *Soil & Tillage Research* **114** (1), 50–56.
- Sweeney, D.W., Kirkham, M.B., Sisson, J.B. 2006. Crop and soil response to wheel-track compaction of a claypan soil. – *Agronomy Journal* **98** (3), 637–643.

MULLAKAARDI RAKENDUSMUDEL PÄIDEROO SAAGIPOTENTSIAALI ASUKOHAPÕHISEKS HINDAMISEKS

Liia Kukk, Elsa Suuster, Merrit Shanskiy, Hugo Roostalu, Alar Astover
Eesti Maülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Kukk, L., Suuster, E., Shanskiy, M., Roostalu, H., Astover, A. 2013. Prediction model for the analysis of site-specific yield potential of reed canary grass on the basis of the Estonian large-scale soil map. – *Agronomy* 2013.

Although the Estonian soil map was digitized in 2001, it is rarely used in agricultural decision-making. The aim of the current study was to analyse site-specific yield potential of reed canary grass on the basis of the Estonian soil map. Reed canary grass yield model was developed and integrated to the soil map. Data from previous reed canary grass field experiments in Estonia were used to develop the yield model. In the yield model, the probability (%), expressing climatic risk (interannual variability), and soil total nitrogen (N) content (%) were used as explanatory variables. Integration of the yield model to the Estonian large-scale digital soil map (scale 1:10 000) enabled to calculate the average (probability 50%) reed canary grass yield dependent on soil total N content in Tartu County as well as in Tartu and Kambja Parish. The yield model indicates reed canary grass biomass variation of unfertilised areas from 0,9 to 6,9 t ha⁻¹ depending on the soil total N content and the climatic conditions. Integration of the yield model to the soil map enabled to distinguish the areas with lower and higher reed canary grass yield potential. In Tartu County, approximately 81% of agricultural area is capable of producing an average reed canary grass yield without fertilisation below 4 t ha⁻¹ and 41% even less than 3 t ha⁻¹. In Kambja Parish and Tartu Parish, 77 and 34% of agricultural areas accordingly, have the potential to produce an average reed canary grass yields below 3 t ha⁻¹. Reed canary grass annual dry matter yields of 4–6 t ha⁻¹ without fertilisation are achievable in a limited number of fields. The methodology used in current study is applicable nationwide as soil information is available for the entire country.

Keywords: yield model, soil map, soil N content, site-specific analysis, reed canary grass

Sissejuhatus

Digitaliseeritud Eesti mullastikukaart mõõtkavas 1:10 000 valmis 2001. aastaks. Hoolimata mullakaardi kasutusvõimalusest rakendatakse seda maakasutusotsuste tegemisel vähe. Suuster jt (2011) on kirjeldanud mitmeid mullakaardi kasutuspiiranguid. Samas on suuremõõtkavaline mullastikukaart ainulaadne, sest hõlmab informatsiooni kogu Eesti mullastiku kohta. Näiteks Soomes on vaid kolmandik riigi mullastikust kaardistatud mõõtkavas 1:20 000 kuni 1:50 000 (Bullock *et al.* 2005).

Erinevate digitaalsete kaartide andmestikku on võimalik rakendada uute kaardi-kihtide loomiseks ja regionaalsete hinnangute andmiseks. Näiteks on Mander jt (2010) kasutanud väikesemõõtkavalist Eesti mullastikukaarti (1:200 000) kasvuhoonegaaside emissiooni analüüsimiseks ja Suuster jt (2011) suuremõõtkavalist mullastikukaarti mul-
la huumusvarude hindamiseks. Olulist võimalust digitaalsete kaardikihtide rakenduseks pakub kõikvõimalike mudelite (nn rakendusmudelite) kasutamine. Sõltuvalt mudeli koostamise põhimõttest ning eesmärgist võimaldavad mudelid hinnata väga erinevaid näitajaid. Näiteks on erinevate pikaajaliste põldkatsete andmete alusel koostatud mude-

litega võimalik hinnata põllumajandustootjatele olulist näitajat – kultuuride saagikust. Saagimudeleid on Eestis varem küll koostatud, kuid nende rakendamine saagipotentsiaali hindamiseks valitud piirkonna näitel on pigem erandlik. Saagimudeleid on koostatud ning rakendatud asukohapõhiseks saagikuse analüüsiks (Förster *et al.* 2008) ja piirkonna saagipotentsiaali hindamiseks (Tenerly, Carver 2012), kuid üleriigilised detailset mulla andmestikku sisaldavad analüüsid puuduvad. Eesti suuremõotkavaline mullastikukaart loob aluse kogu riigi territooriumi hõlmavaks analüüsiks.

Viimastel aastakümnetel on avalikes aruteludes tähtsal kohal olnud riigi energiaga varustatuse tagamine. Analüüsitud on kogu Eesti maaressurssi ning hinnatud bioenergia tootmise võimalikkust kasutuses olevatel ning kasutamata põllumajandusmaadel (Muiste jt 2007). Bioenergia tootmise seisukohalt on oluline teada erinevate kultuuride bioproduktiooni. Varasemates töödes on välja toodud, et päideroo (*Phalaris arundinacea* L.) saagikus sõltub kasvukohast, aastast ja lämmastikuga väetamisest (Saijonkari-Pahkala 2001; Stražil *et al.* 2005), kuid põhjalik analüüs sõltuvalt mullastik-kliimaatilistest tingimustest puudub. Käesoleva uurimistöö eesmärk on analüüsida päideroo kui potentsiaalse bioenergiakultuuri saagipotentsiaali sõltuvalt mulla lämmastikuisaldusest Tartu maakonna põllumajandusmaadel.

Materjal ja meetodika

Päideroo saagipotentsiaali hindamiseks koostati saagimudel, mida rakendati Eesti suuremõotkavalisel digitaalsel mullastikukaardil (mõotkava 1:10 000). Saagimudeli koostamiseks kasutati varasemaid päideroo katseandmeid (Annuk 1969, 1970, 1971, 1973; Jürgen 1971; Koitjärvi 1976; Rand, Krall 1978). Koostatud mudel võimaldab hinnata päideroo saagikuse asukohapõhist varieerumist sõltuvalt mulla üldlämmastiku ($N_{\text{üld}}$) sisaldusest arvestades aasta mõju. Kuna Eesti suuremõotkavaline mullastikukaart ei sisalda informatsiooni mulla lämmastikuisalduse kohta, kasutati selle leidmiseks mulla seosefunktsiooni. Mulla seosefunktsioonide kasutamine võimaldab olemasolevate näitajate alusel leida soovitud mulla parameetreid, mis otsestel mõotmistel oleksid ajamahukad, kulukad või raskesti mõotdetavad. Mineraalmuldade lämmastikuisalduse leidmiseks kasutati järgnevat mulla seosefunktsiooni: $N_{\text{üld}} = 0,047x + 0,0366$ ($R^2 = 0,87$; $P < 0,01$) (Roostalu 2008), kus $N_{\text{üld}}$ on mulla üldlämmastiku sisaldus (%) ja x on mulla huumusesisaldus (%) määratuna Tjurini meetodil. Muldade huumusesisalduse puhul lähtuti Maa-ameti haritava maa hindamise andmebaasist. Turvastunud ning turvasmuldade $N_{\text{üld}}$ sisaldus leiti turba liigi ja lagunemisastme alusel. Päideroo potentsiaalne aastate keskmine (tõenäosus 50%) saagikus sõltuvalt mulla üldlämmastiku sisaldusest Tartu ja Kambja valla põllumajandusmaadel (2007. a seisuga) on esitatud teemakaartidena.

Tulemused ja arutelu

Vaatamata pikaajalistele katsetele mineraal- ja orgaaniliste väetiste mõju uurimisel kultuuride saagikusele on mulla omadusi päideroo saagikuse formeerumisel seni eba- piisavalt käsitletud. Käesolevas töös hinnatakse päideroo potentsiaalset saagikust mulla $N_{\text{üld}}$ sisaldusest ja aasta mõjust (st tõenäosusest) sõltuvalt. Päideroo saagikuse sõltuvus mullastik-kliimaatilistest tingimustest on esitatud alljärgneva saagimudelina:

$$y = 7,713 - 0,084P + 0,001P^2 - (5,938 * 10^{-8})P^4 - 0,3613 / N_{\text{üld}}^2$$

kus y on päideroo kuivaine saagikus ($t\ ha^{-1}$), P on tõenäosus (%), ja N_{uld} on mulla üldlämmastiku sisaldus (%). Tõenäosus väljendab saagi formeerumist erinevate aastate ilmastiku tingimustest lähtuvalt.

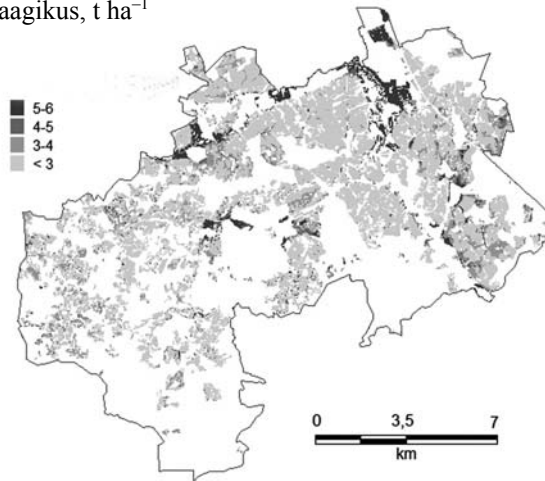
Saagimudelist järeldub, et väetamata mullal varieerub saagikus mulla N_{uld} sisaldusest ja aastast olenevalt 0,9–6,9 t kuivainet ha^{-1} . Lämmastikuvaesel mineraalmullal ($N_{\text{uld}} 0,1\%$) võib päideroo saagikus ebasoodsatel aastatel jääda alla 1 t ha^{-1} , samas taimekasvuks soodsatel aastatel on päideroo saagipotentsiaal üle 3 t ha^{-1} . Turvastunud ja turvasmuldadel võib päideroo saagikus väetamata mullal varieeruda 4 t ha^{-1} kuni 7 t ha^{-1} . Seega on oluline arvestada nii mulla lämmastikisisaldust kui ka kliimatilisi tingimusi päideroo saagikuse kujunemisel.

Päideroo saagimudeli rakendamine Eesti suuremõtkavalisel mullastikukaardil tõestab saagi suurt ruumilist varieeruvust Tartu maakonnas. Ligikaudu 81% Tartu maakonna põllumajandusmaadest tagab väetamata mullal potentsiaalse keskmise (tõenäosus 50%) päideroo kuivaine saagikuse vähem kui 4 t ha^{-1} , 41% aga isegi alla 3 t ha^{-1} . Mulla väiksema lämmastikisisalduse tõttu on päideroo saagipotentsiaal väiksem Tartu maakonna lõunaosas. Näiteks on väetisi kasutamata potentsiaalne päideroo saagikus Kambja valla põllumajandusmaadel keskmiselt 3 t ha^{-1} , Tartu valla põllumajandusmaadel aga 3,5 t ha^{-1} . Kambja valla põllumajandusmaadest 77% tagaks mulla N_{uld} sisaldusest sõltuvalt päideroo keskmiseks saagikuseks vähem kui 3 t ha^{-1} ning vaid 8% maadest võimaldaks toota päideroo biomassi 5–6 t ha^{-1} . Tartu vallas on potentsiaalne päideroo keskmine saagikus väiksem kui 3 t ha^{-1} kolmandikul põllumajandusmaadest, kuid 3–4, 4–5 ja 5–6 t ha^{-1} päideroo biomassi on saavutatav vastavalt 42, 13 ja 11% põllumajandusmaadest. Väetisi kasutamata on päideroo keskmine potentsiaalne saagikus 4–6 t ha^{-1} saavutatav vaid üksikul põldudel. Nii Tartu maakonnas tervikuna kui ka Kambja ja Tartu vallas on eristatavad suurema ja väiksema päideroo biomassi potentsiaaliga piirkonnad (joonised 1 ja 2). Näiteks on Kambja vallas päideroo saagipotentsiaal ülejäänud põllumajandusmaadega võrreldes suurem Porijõe vahetus läheduses.

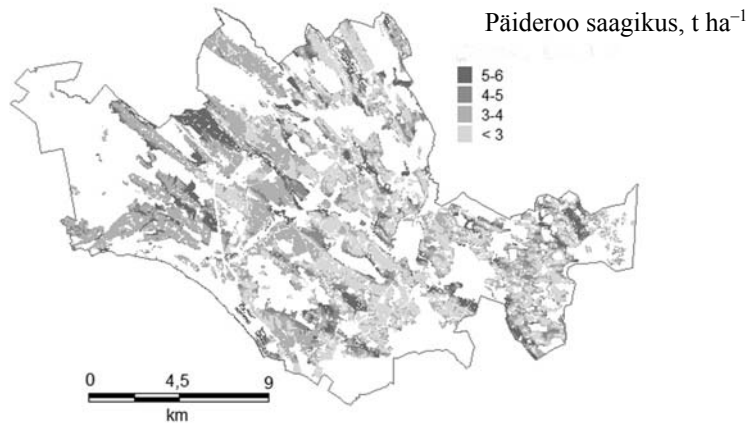
Kuna antud mudel on koostatud erinevatel muldadel korraldatud põldkatsete tulemuste põhjal, siis seda rakendusmudelit võime kasutada nii erinevate piirkondade kui ka kogu vabariigi muldade efektiivse viljakuse hindamisel päideroo kui bioenergiakultuuri kasvatamise seisukohalt. Muldade efektiivse viljakuse analüüsimine võimaldab hinnata muldade potentsiaali päideroo kasvatamisel, kuid samas tuleb arvestada, et päideroo saagiga eemaldatakse mullast suurtes kogustes toitaineid. Seetõttu on oluline, et kultuure (sh bioenergiakultuure) kasvatataks jätkusuutlikult ning väetistega tagataks mullas tasakaalustatud toitelementide aktiivbilanss. Vastasel juhul hakkab saagikus kiiresti kahanema.

Uusi võimalusi töös kasutatud andmete analüüsiks ja päideroo saagipotentsiaali hindamiseks pakub koostatud saagimudelisse täiendavate parameetrite lisamine ja mitmesuguste erinevate statistiliste meetodite (nt *ANCOVA*, segamudelid jt) rakendamine. Metoodika, milles koostatud saagimudel on seotud Eesti suuremõtkavalise mullastikukaardiga, võimaldab analüüsida päideroo potentsiaalset saagikust asukohapõhiselt ja koostada erinevate piirkondade (maakond, vald, asustusüksus, põllumassiiv) teemakaarte.

Päideroo saagikus, t ha⁻¹



Joonis 1. Modelleeritud päideroo kuivaine keskmine (tõenäosus 50%) saagikus väetamata mullal Kambja vallas



Joonis 2. Modelleeritud päideroo kuivaine keskmine (tõenäosus 50%) saagikus väetamata mullal Tartu vallas

Kokkuvõte

Varasemad uuringud on näidanud, et kultuuride saagikus sõltub oluliselt lämmastikuga varustatusest. Palju on analüüsitud mineraal- või orgaanilise väetise mõju kultuuride saagikusele, kuid mulla omaduste arvestamist saagikuse formeerumisel on seni suhteliselt vähem käsitletud. Antud töös esitatud Eesti suuremõtkavalise mullastikukaardi rakendusmudel võimaldab hinnata muldade efektiivset viljakust ja selle varieeruvust päideroo kasvatamise seisukohalt sõltuvalt muldade lämmastikisisaldusest. Seesuguse detailse mulla informatsiooni arvestamine loob aluse asukohapõhiseks saagipotentsiaali analüüsiks ning võimalik on eristada saagikust nii maakonnas tervikuna kui ka põllumassiivi siseselt. Töös esitatud meetodika rakendamine võimaldab kaasata mullainformatsiooni otsustusprotsessides laiahaardelisemalt.

Kasutatud kirjandus

- Annuk, K. 1969. *Agronomiliste aluste uurimine poldritel veerežiimi kahepoolisel reguleerimisel Eesti NSV tingimustes: lepingulise uurimistöõ nr. 90 aruanne 1968. a. kohta*. Tartu, Eesti Põllumajanduse Akadeemia Rohumaaviljeluse kateeder.
- Annuk, K. 1970. *Agronomiliste aluste uurimine poldritel veerežiimi kahepoolisel reguleerimisel Eesti NSV tingimustes: lepingulise uurimistöõ nr. 90 aruanne 1969. a. kohta*. Tartu, Eesti Põllumajanduse Akadeemia Rohumaaviljeluse kateeder.
- Annuk, K. 1971. *Agronomiliste aluste uurimine poldritel veerežiimi kahepoolisel reguleerimisel Eesti NSV tingimustes: lepingulise uurimistöõ nr. 90 aruanne 1970. a. kohta*. Tartu, Eesti Põllumajanduse Akadeemia Rohumaaviljeluse kateeder.
- Annuk, K. 1973. Hariliku paelrohu külvipinda tuleks laiendada. – *Sotsialistlik põllumajandus* **19**, lk. 873–875.
- Bullock, P., Jones, R.J.A., Houšková, B., Montanarella, L. 2005. Soil resources of Europe: An Overview – *European Soil Bureau Research Report No. 9*, 15–34. http://139.191.1.96/ESDB_Archive/eusoils_docs/esb_rr/n09_soilresources_of_europe/05Overview.pdf (06.11.2012).
- Förster, M., Helms, Y., Herberg, A., Köppen, A., Kunzmann, K., Radtke, D., Ross, L., Itzerott, S. 2008. A Site-Related Suitability Analysis for the Production of Biomass as a Contribution to Sustainable Regional Land-Use. – *Environmental Management* **41**, 584–598.
- Jürgen, H. 1971. Kultuurheinasaagi suurendamise ja kvaliteedi parandamise võimalusi. – *Sotsialistlik põllumajandus* **8**, lk. 350–353.
- Koijtjärv, M. 1976. Väetamise ja niitesageduse mõju heintaimede saagikusele turvasmullal. – *Sotsialistlik põllumajandus* **15**, lk. 680–682.
- Mander, Ü., Uemaa, E., Kull, A., Kanal, A., Maddison, M., Soosaar, K., Salm, J-O., Lesta, M., Hansen, R., Kuller, R., Harding, A., Augustin, J. 2010. Assessment of methane and nitrous oxide fluxes in rural landscapes. – *Landscape and Urban Planning* **98**, 172–181.
- Muiste, P., Astover, A., Padari, A., Roostalu, H., Kukkk, L., Suuster, E., Ostroukhova, A., Melts, I. 2007. *Maaelu Edendamise Sihtasutuse uuring: Maaressurs*. http://www.bioenergybaltic.ee/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/MRlopparuanne2007.pdf (06.11.2012).
- Rand, H., Krall H. 1978. Üheliigiliste heintaimkülvide saagi- ja konkurentsivõimekestus mineraalmuldadel. – *EMMTUI teadustööde kogumik XLII*, lk. 138–154.
- Roostalu, H. 2008. *Agromajanduslikud riskid taimikasvatuses ja nende leevendamise võimalused*. Tartu, Tartu Põllumeeste Liit, 112 lk.
- Saijonkari-Pahkala, K. 2001. Non-wood plants as raw material for pulp and paper. – *Agricultural and Food Science in Finland* **10**, 1–101.

- Stražil, Z., Váňa, V., Káš, M. 2005. The reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) cultivated for energy utilization. – *Research in Agricultural Engineering* **51**, 7–12.
- Suuster, E., Astover, A., Roostalu, H., Penu, P. 2011. Suuremõõtkavalisest mullastikukaardist maakasutuse otsusteni. – *Agronoomia 2010/2011*, lk. 223–230.
- Tenerelly, P., Carver, S. 2012. Multi-criteria, multi-objective and uncertainty analysis for agro-energy spatial modelling. – *Applied Geography* **32**, 724–736.

MULLA MIKROOBIKOOSLUS MAHE- JA TAVAPÕLLUMAJANDUSLIKUS VILJELUSES

Liina Edesi^{1,2}, Malle Järvan¹

¹Eesti Maaviljeluse Instituut,

²Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Edesi, L., Järvan, M. 2013. Soil microorganisms in organic and conventional cultivation. – *Agronomy* 2013.

Microbial communities are integral parts of soil and their activity is very important to the functioning of soil but the impact of different factors on soil microbial community composition is not well discovered. Many studies have been focused only on few species. The aim of this study was to investigate the impact of treatment on abundance of total number of bacteria, Fusarium spp., azotobacteria, cellulose decomposers, denitrifying and nitrifying bacteria in organically (M – without manure, and MS – manure) and conventionally (T – solid cattle manure + mineral fertilizer and pesticides) cultivated soil.

The microorganisms were determined by the plate-count method. Microbiological counts were expressed as a number of colony forming units (CFUs) g⁻¹ of dry soil.

Fertilization with manure had positive direct and aftereffect ($p < 0,05$) on the total number of bacteria, nitrifying bacteria and cellulose decomposers, even in treatment T. The abundance of Fusarium spp. during the study in different treatments was similar but their abundance was significantly higher ($p < 0,05$) when the sampling time weather was warm and humid.

The negative impact of pesticides in treatment T occurred on the total number of bacteria and denitrifying bacteria.

Keywords: cattle manure, green manure, organic and conventional cultivation, soil microorganisms (CFU g⁻¹ dry soil)

Sissejuhatus

Mullas elutsevate liikide arvukus on suurem kui üheski teises ökosüsteemis. Mullas elavad mikroorganismid on taimekasvuks väga olulised. Nad stimuleerivad taimede kasvu, aitavad omastada fosforit ja lämmastikku ning pärsivad juurpatogeenide arengut (Glick 1995). Samas on mikroobid väga tundlikud keskkonnamuudatuste suhtes. Ilmastik, mulla niiskus, pH, väetamine ja muud tegurid omavad olulist mõju nende arvukusele ja liigilisele koosseisule. Näiteks on leitud, et orgaaniline väetis stimuleerib bakterite arengut, vähendades seente arvukust (Novak *et al.* 1993). Paljudel juhtudel on muutused mulla mikroobide arvukuses ja liigilises koosseisus varajaseks märgiks kas mullaviljakuse paranemisest või siis hoiatus selle halvenemisest (Pankhurst *et al.* 1995).

Arvukad uuringud on näidanud, et võrreldes intensiivse põllumajandustootmisega on mahepõllumajandusel suurem potentsiaal säilitada bioloogilist mitmekesisust (Stolze *et al.* 2000). 2011. aastal oli Eestis mahepõllumajanduslikult viljeletavat maad 134 057 ha, mis on ligikaudu 14% kasutuses olevast põllumaast (Vetemaa, Mikk 2012). Mahepõllumajandusliku loomakasvatusega tegeles ligi kaks kolmandikku mahetootjatest. Ettevõtetes, kus puudub loomakasvatus, on mullas olevate toitainete bilansis hoidmine põllumehete suureks väljakutseks. Mullaviljakuse säilitamiseks on seal peamiseks võimalusteks haljasväetistaimede kasvatamine ning sõnniku või muude lubatud väe-

tiste sisse ostmine. Kahjuks ei ole Eestis hetkel mahepõllumajanduslikust tootmisest pärinevat sõnnikut piisavalt saada, seega jääb neis ettevõtetes mullaviljakuse säilitamine ikkagi peamiselt haljasväetistaimede õlule. Tavapõllumajandusliku sõnniku kasutamine võib aga olla seotud mitmete riskidega, kuna puudub informatsioon nii seal leiduvate anti-biootikumide kui ka taimekaitsevahendite jääkide kohta (kui allapanuks on kasutatud tavapõllumajandusest pärinevat põhku).

Uuringutes on leitud, et haljasväetistaimede kasutamine suurendab mulla mikroobioloogilist aktiivsust (Kautz *et al.* 2004; Manici *et al.* 2004), kuid selle mõju erinevate mikroobirühmade aktiivsusele on veel vähe uuritud.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada mahepõllumajandusliku (MS – sõnnikuga ja M – sõnnikuta) ja tavapõllumajandusliku (T – sõnniku, mineraalväetiste ja pestitsiididega) viljelusviisi mõju bakterite üldarvule, *Fusarium* spp., denitritseerijate, nitritseerijate, azotobakterite ning tselluloosilagundajate arvukusele mullas.

Materjal ja meetodika

Uurimistöös võrreldi mikroobide kooslusi ja nende arvukust kolme erineva viljelusviisi puhul: kaks maheviljeluse viisi (M – sõnnikuta, MS – sõnnikuga) ja tavaviljelus (T – sõnniku, mineraalväetiste ja pestitsiididega). Kultuuride järjestus külvikorras oli kõigi viljelusviiside puhul ühesugune: 2007 – kartul, 2008 – kaer, 2009 – oder ristiku alalakülviga, 2010 – ristik (künti haljasväetisena mulda). Tahe veisesõnnik normiga 60 t ha⁻¹ anti kartulile. Taimetoiteelementide ja pestitsiidide kasutamine on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Taimetoiteelementide (sõnniku ja mineraalväetiste) ja pestitsiidide kasutamine. Taimetoiteelemendid ja pestitsiidide toimeained on toodud aastate 2007–2010 keskmisena

Variant*	Veisesõnnik (kg ha ⁻¹ aastas)							Mineraalväetised (kg ha ⁻¹ aastas)			Pestitsiidid (toimeainet kg ha ⁻¹ aastas)
	N	P	K	Mg	Cu	Mn	B	N	P	K	
M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS	87,0	18,0	41,3	15,1	0,04	0,3	0,05	-	-	-	-
T	87,0	18,0	41,3	15,1	0,04	0,3	0,05	42,0	13,7	41,0	1,1

* – M – mahe, MS – mahe + sõnnik ja T – tava.

Mullaproovid mikroobide koosseisu ja arvukuse määramiseks võeti 2007–2010 septembris pärast koristust ja 2009. ja 2010. aastal aprillis enne harimist. Mullaproovid võeti künnikihist (0–20 cm) kolmes korduses. Kõigist mullaproovidest määrati Põllumajandusuuringute Keskuse mikrobioloogia laboratooriumis vastavatel söötmetel bakterite üldarv, *Fusarium* spp., azotobakterite, tselluloosilagundajate ning nitritseerijate ja denitritseerijate arvukus. Mikroobide arvukus on esitatud töös ühikuna CFU g⁻¹ kuivas mullas (colony-forming units – kolooniat moodustav ühik).

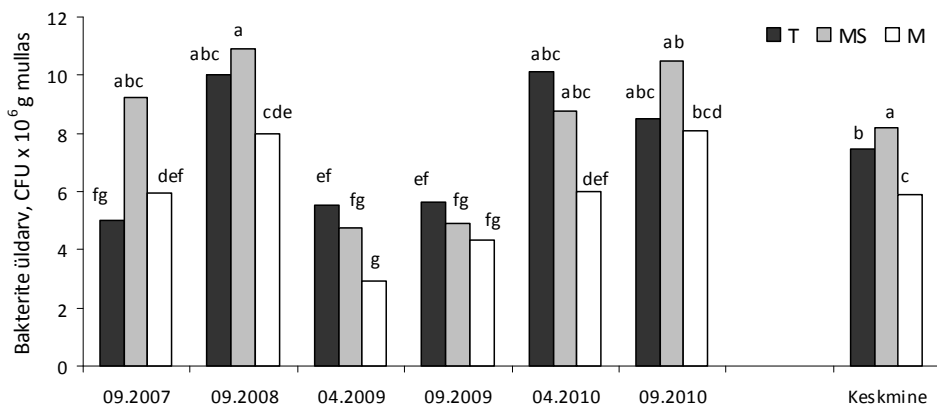
Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi JMP 5.0.1.2 (Anova, Tukey-Kramer (HSD) test; SAS 2002)

Tulemused ja arutelu

Bakterite üldarv

Katsetulemused näitasid, et sõnnikul oli bakterite üldarvule positiivne nii otse- kui ka järelmõju ja seda isegi tavapõllumajandusliku (T) viljelusviisi puhul (joonis 1). Samas, kui 2007. aastal kasutati tavaviljeluses kartuli haiguste ja umbrohtude tõrjeks rohkem pestitsiide kui teistel katseaastatel, siis seal bakterite üldarvukus võrreldes mõlema mahepõllumajandusliku variandiga langes.

2009. aastal esines aprillis tunduvalt vähem sademeid kui teistel katseaastatel. See võis olla ka põhjuseks, miks sellel aastal bakterite üldarv kõigis katsevariantides jäi oluliselt madalamaks.

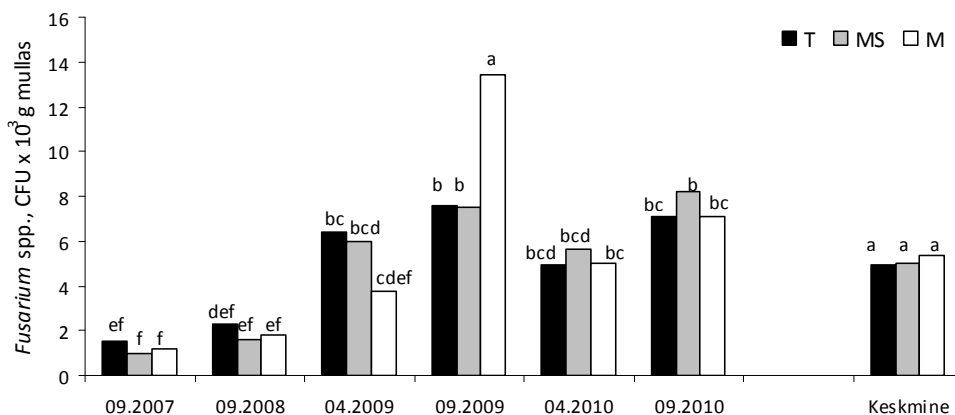


Joonis 1. Bakterite üldarv mullas ($10^6 \times \text{CFU g}^{-1}$ kuivas mullas) sõltuvalt viljelusviisist 2007–2010 aastal ja katsetsükli keskmisena. T – tava, MS – mahe + sõnnik ja M – mahe. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) variantide vahel

Fusarium spp.

Fusariumi liigid on ühed tuntumad taimekahjustajad ja arenevad peamiselt kas siis mulla pinnal või mullas olevatel taimejäänustel (Burgess 1981). Katses oli *Fusarium* spp. arvukus madalaim 2007. ja 2008. aastal, jäädes vahemikku $0,99 \times 10^3$ kuni $2,32 \times 10^3$ (CFU, joonis 2) ja kõrgeim 2009. ja 2010. aasta sügisel. Kogu katsetsükli jooksul oli arvukus kõige kõrgem 2009. a sügisel, kus see tõusis ilma sõnnikuta mahepõllumajanduslikus variandis (M) $13,43 \times 10^3$ CFU. Kuna M variandi kõigis kolmes korduses oli *Fusarium* spp. arvukus kõrgem kui MS ja T variantides, võib oletada, et 2007. aastal antud sõnniku järelmõju MS ja T variantides pärssis *Fusarium* spp. seente arengut.

Enamuse *Fusariumi* liikide temperatuuri optimum on piirides 18–28 °C ja samuti kõrge õhuniiskuses. 2009. aastal oli septembri esimene dekaad märksa soojem kui teistel katseaastatel, samas oli ka kogu vegetatsiooniperiood vihmane. 2010. aastal jäid septembrikuu temperatuurid 2009. a omadest madalamateks, kuid oli väga vihmane. 2010. a septembris sadanud sademetehulk oli 36% suurem kui 2007. ja 2008. aastal.

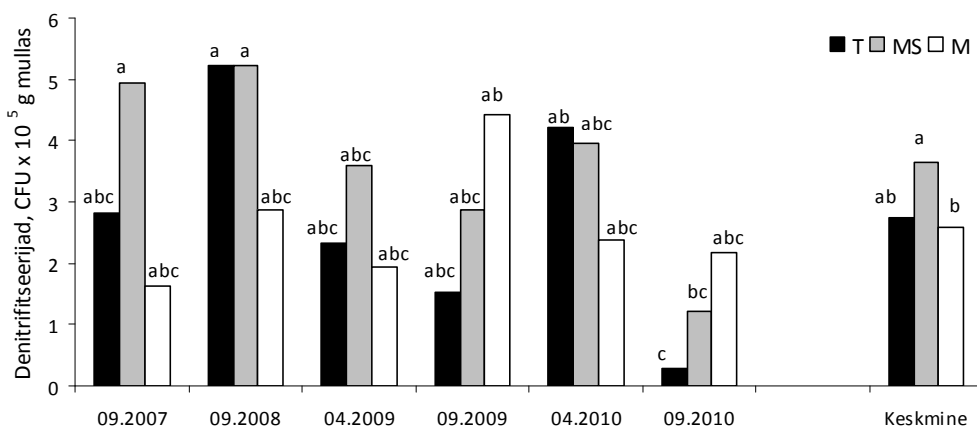


Joonis 2. *Fusarium* spp. arvukus mullas ($10^3 \times \text{CFU g}^{-1}$ kuivas mullas) sõltuvalt viljelusviisist 2007–2010 aastal ja katsetsükli keskmisena. T – tava, MS – mahe + sõnnik ja M – mahe. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) variantide vahel

Denitrifitseerijad

Denitrifikatsiooni viivad mullas läbi peamiselt denitrifitseerivad bakterid, kuid samas on seda võimet leitud ka mõnedel mullas elavatel seentel (Zumft 1997). Denitrifitseerijad redutseerivad nitraate (NO_3^-) lämmastikoksiidiks (N_2O) või siis molekulaarseks lämmastikuks (N_2), mis lendub. Denitrifikatsioon on anaeroobne protsess ja seega on kõige intensiivsem liigniisketes ja ka tihenendud muldades (Williams *et al.* 1992).

2007. a sügisel oli denitrifitseerijate arvukus tavapõllumajandusliku viljelusviisi puhul 43% ($2,82 \times 10^5$ CFU, joonis 3) ja M variandis 77% ($1,66 \times 10^5$ CFU) madalam



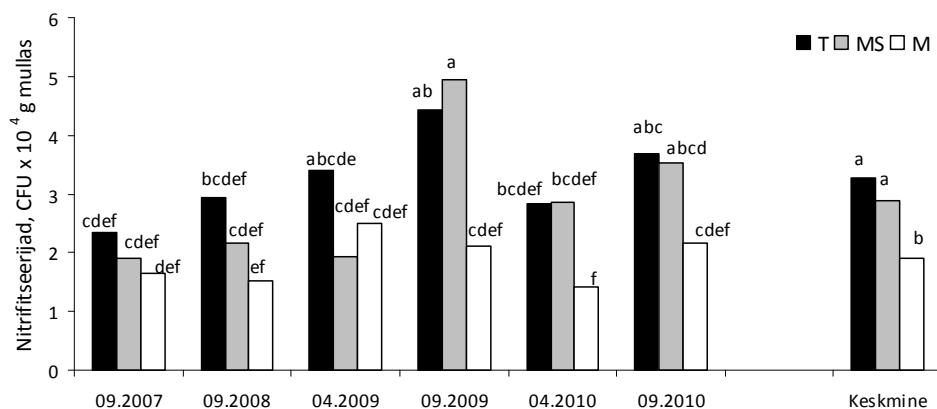
Joonis 3. Denitrifitseerijate arvukus mullas ($10^5 \times \text{CFU g}^{-1}$ kuivas mullas) sõltuvalt viljelusviisist 2007–2010 aastal ja katsetsükli keskmisena. T – tava, MS – mahe + sõnnik ja M – mahe. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) variantide vahel

kui mahepõllumajandusliku sõnnikuga viljelusviisi puhul ($4,96 \times 10^5$ CFU). Oma uurimistöös leidis ka Enwall jt (2005), et orgaanilise väetise kasutamine suurendas mullas denitrifikatsiooni protsessi. Kuigi 2007. aastal kasutati ka tavapõllumajandusliku viljelusviisi puhul sõnnikut, jäi seal denitrifitseerijate arvukus tunduvalt madalamaks, mis näitab seda, et denitrifitseerijad on väga tundlikud pestitsiidide suhtes. Seepärast on ka levinud, et neid kasutatakse pestitsiidide katsetes pestitsiidide toksilisuse hindamisel keskkonnale.

Nitrifitseerijad

Nitrifitseerijad viivad mullas läbi nitrifikatsiooniprotsessi, mis on ammoniaagi (NH_3) bioloogiline kaheetapiline oksüdeerumine hapniku osalusel nitraatideks (NO_3^-). Kui denitrifikatsioon toimub keskkonnas, milles hapnikusisaldus on väike, siis nitrifikatsiooni puhul on vastupidi. Sellepärast on ka nende arvukus suurem just mulla ülemistes kihtides, kus on parem hapnikuga varustatus (Kolwzan *et al.* 2006).

Katsetulemuste põhjal oli nende arvukus suurim tavapõllumajanduslikus ($3,27 \times 10^4$ CFU, joonis 4) ja MS variandis ($2,89 \times 10^4$ CFU) ja madalaim M variandis ($1,90 \times 10^4$ CFU), milles kasutati ainult haljasväetist.

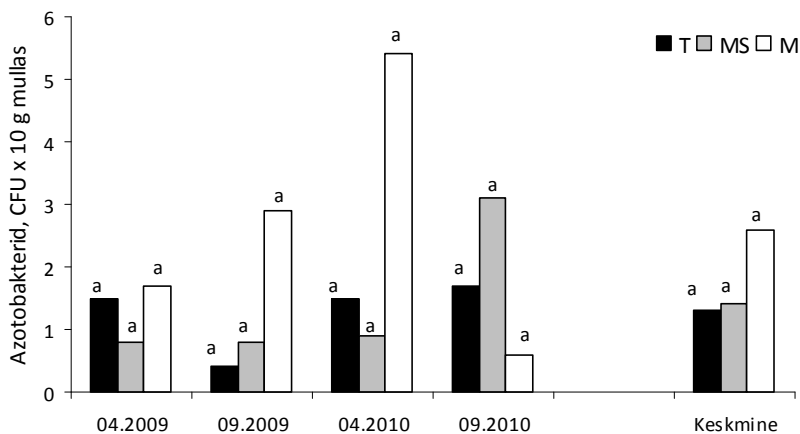


Joonis 4. Nitrifitseerijate arvukus mullas ($10^4 \times \text{CFU g}^{-1}$ kuivas mullas) sõltuvalt viljelusviisist 2007–2010 aastal ja katsetsükli keskmisena. T – tava, MS – mahe + sõnnik ja M – mahe. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) variantide vahel

Azotobakter

Azotobakterid on mullas vabalt elavad lämmastikku siduvad bakterid. Kuna nende elutegevuse tagajärjel suureneb lämmastiku sisaldus mullas, soodustavad nad taimede kasvu ja suurendavad saaki (Zahir *et al.* 1996).

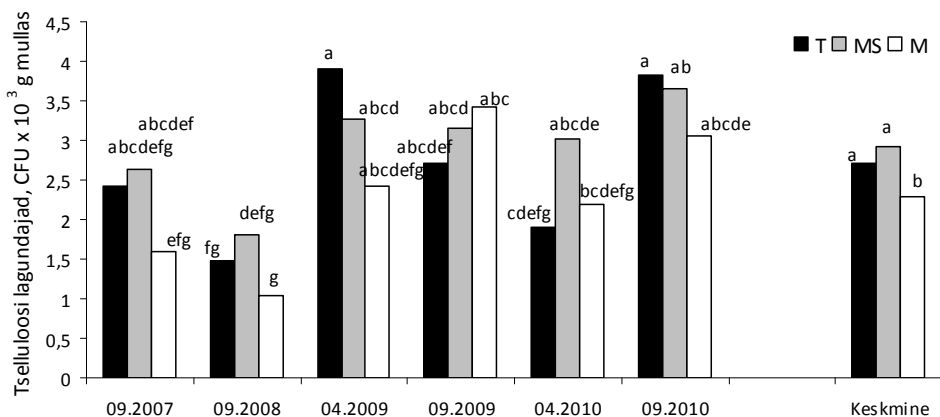
Katses määrati azotobakterite arvukus vaid 2009. ja 2010. aastal. Azotobakterite arvukus jäi vahemikku 0,4 kuni 5,4 ($10 \times \text{CFU g}^{-1}$ mullas, joonis 5). Kuigi tulemused ei olnud ühesuunalised, oli märgata tendentsi nende arvukuse suurenemises mahepõllumajanduslikus variandis, milles ei kasutatud sõnnikut. Ka Serbias läbiviidud katses – küll erinevate mineraallämmastiku kogustega – leiti, et nende arvukus oli suurim variandis, millele lämmastikväetist ei lisatud (Kuzevski *et al.* 2010).



Joonis 5. Azotobakterite arvukus mullas ($10 \times \text{CFU g}^{-1}$ kuivas mullas) sõltuvalt viljelusviisist 2007–2010 aastal ja katsetsükli keskmisena. T – tava, MS – mahe + sõnnik ja M – mahe. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) variantide vahel

Tselluloosilagundajad

Tselluloosilagundajate arvukus oli suurim T ($2,71 \times 10^3$ CFU, joonis 6) ja MS ($2,92 \times 10^3$ CFU) variandis ja madalaim M ($2,29 \times 10^3$ CFU) variandis. Katses oli tselluloosilagundajate arvukus kõige madalam 2008. aastal, mille põhjuseks võis olla sügisene madal õhutemperatuur ja ebahütlane sademetejaotus. Ka Mendelssohn jt (1999) on oma uurimistöös märkinud, et mulla niiskus ja temperatuur, samuti viljakus ning pH on olulised tegurid, mis mõjutavad tselluloosi lagundamise protsessi mullas.



Joonis 6. Tselluloosi lagundajate arvukus mullas ($10^3 \times \text{CFU g}^{-1}$ kuivas mullas) sõltuvalt viljelusviisist 2007–2010 aastal ja katsetsükli keskmisena. T – tava, MS – mahe + sõnnik ja M – mahe. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) variantide vahel

Kokkuvõte

Nelja katseaasta tulemused näitasid, et bakterite üldarv ja denitrifitseerijate arvukus oli suurim sõnnikuga väetatud mahepõllumajanduslikus variandis (MS) ja madalaim mahepõllumajanduslikus variandis (M), milles sõnnikut ei kasutatud. 2007. aastal kasvas külvikorras kartul, mille tavavariandis kasutati umbrohtude ja lehemädaniku tõrjeks mitmeid erinevaid pestitsiide. Tõenäoliselt oli seal ka seetõttu bakterite üldarv palju väiksem kui teistes variantides.

Viljelusviis ei mõjutanud oluliselt *Fusarium* spp. arvukust mullas. Oluliseks teguriks oli aga katseaasta ilmastik. Muutused azotobakterite arvukuses ei olnud küll kõigis variantides ühesuunalised, kuid näitasid tendentsi nende suurema arvukuse kohta sõnnikuta M variandis. Veisesõnniku kasutamisel oli positiivne mõju nii nitrifitseerijatele kui ka tselluloosilagundajatele ja seda isegi tavapõllumajanduslikus variandis (T). Seega saab järeldada, et kuigi haljasväetis on mahepõllumajanduslikus külvikorras väga olulisel kohal, ei ole see mulla mikrobioloogilise aktiivsuse suurendamise seisukohalt piisav. Lisaks haljasväetistele tuleks mahekülvikorras kasutada teisi orgaanilisi väetisi nagu näiteks sõnnik.

Tänuavaldused

Uurimistöö toimus Eesti Vabariigi Põllumajandusministeeriumi poolt tellitud rakendusuuringute projekti “Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile” raames. Täname Põllumajandusuuringute Keskuse Taimetervise ja mikrobioloogia laboratooriumi peaspetsialist Helgi Laitamme.

Kasutatud kirjandus

- Burgess, L.W. 1981. General ecology of the Fusaria. – *Fusarium Diseases, Biology, and Taxonomy*, Pennsylvania State University Press: University Park. P.E. Nelson, T.A. Toussein, R.J. Cook (Eds), Pennsylvania, U.S.A., 225–235.
- Enwall, K., Philippot, L., Hallin, S. 2005. Activity and composition of the denitrifying bacterial community respond differently to long-term fertilization. – *Applied and Environmental Microbiology* **71**, 8335–8343.
- Glick, B. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. – *Canadian Journal of Microbiology* **41**, 109–117.
- Kautz, T., Wirth, S., Ellmer, F. 2004. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime. – *European Journal of Soil Biology* **40**, 87–94.
- Kolwzan, B., Adamiak, W., Grabas, K., Pawełczyk, A. 2006. *Introduction to Environmental Microbiology*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław. 112 s.
- Kuzevski, J.P., Milosevic, N.A., Krstanovic, S.B., Jelicic, Z.S. 2010. Effect of Azotobacter chroococcum on sugar beet and microbial activity of rhizosphere. – *Matica Srpska Proceedings for Natural Sciences* **118**, 37–46.
- Manici, L.M., Caputo, F., Babini, V. 2004. Effect of green manure on *Pythium* spp. population and microbial communities in intensive cropping systems. – *Plant and Soil* **263**, 133–142.
- Mendelsohn, I.A., Sorrell, B.K., Brix, H., Schierup, H.H., Lorenzen, B., Maltby, E. 1999. Controls on soil cellulose decomposition along a salinity gradient in a *Phragmites australis* wetlands in Denmark. – *Aquatic Botany* **64**, 381–398.

- Novak, A., Michalcewic, W., Jakubiszyn, B. 1993. Effect of fertilization with manure, straw and biohumus on numbers of bacteria, fungi, actinomycetes and microbial biomass in soil. – *Rzecz Nauki Polskiej /AR Szczecini* **57**, 101–113.
- Pankhurst, C.E., Hawke, B.G., McDonald, H.J., Kirkby, C.A., Buckerfield, J.C., Michelsen, P., O'Brien, K.A., Gupta, V.V.S.R., Doube, B.M. 1995. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. – *Aust. J. Exp. Agri.* **35**, 1015–1028.
- SAS 2002. JMP, Statistics and Graphics Guide, Version 5. SAS Institute, Cary, NC.
- Stolze, M., Piorr, A., Häring, A., Dabbert, S. 2000. The environmental impact of organic farming in Europe. In: Dabbert. S., Lampkin. N., Michelsen. J., Nieberg. H., Zanolli. R. (Eds.). – *Organic Farming in Europe: Economics and Policy*. Stuttgart-Hohenheim. University of Hohenheim, 1–125.
- Vetemaa, A., Mikk, M. 2012. *Mahepõllumajandus Eestis 2011*. Põllumajandusministeerium.
- Williams E.J, Hutchinson G.L, Fehsenfeld F.C. 1992. NO_x and N₂O emissions from soil. – *Global Biogeochem Cycles* **6(4)**, 351–388.
- Zahir, Z.A., Arshad, M., Hussain, A., Sarfraz, M. 1996. Improving wheat yield by inoculation with Azotobacter under optimum fertiliser application. – *Pakistan Journal of Agricultural Science* **11**, 129–131.
- Zumft, W.G. 1997. Cell biology and molecular basis of denitrification. – *Microbiology and Molecular Biology Reviews* **61(4)**, 533–616.

UMBROHTUDE LIIGILINE KOOSSEIS MAHE- JA TAVAPÖLLUMAJANDUSLIKUS VILJELUSES

Liina Edesi^{1,2}, Malle Järvan¹, Ando Adamson¹,
¹Eesti Maaviljeluse Instituut, ²Eesti Maaülikool,

Miralda Paivel

Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool

Abstract. Edesi, L., Järvan, M., Adamson, A., Paivel, M. 2013. Weed species diversity and community composition in organic and conventional cultivation. – *Agronomy* 2013.

The aim of this research was to study the influence of organic (MS – manure, M – without manure) and conventional (T – manure, mineral fertilizers and pesticides) treatments on weed species diversity, their abundance and biomass.

A total of 44 weed species/taxa were encountered during the study covering a period of 2007–2011. In treatment M, the number of weed species was 39 (24 annuals and 15 perennials), in MS – 36 (21 annuals, 1 biennial and 14 perennials) and in treatment T – 30 (19 annuals, 1 biennial and 10 perennials). *Centaurea cyanus*, *Cerastium arvense*, *Geranium pratense*, *Myosurus minimus*, *Polygonum lapathifolia*, *Plantago lanceolata* and *Plantago major* were found only in treatment M. The average number of species per 0,25 m² was 9,2 and 9,3 in organic treatments and 4,9 in conventional treatment. The average values of Shannon-Wiener diversity index were statistically higher in organic (M – 1,70, MS – 1,65) compared to treatment T (1,06; $p < 0,05$). *Chenopodium album* was the most common annual species in all treatments. We found that herbicide application in treatment T decreased the density of the most sensitive species (e.g. *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus*, *Mentha arvensis*, *Polygonum persicaria*, *Elytrigia repens*) but had a minor or no effect on the proportion of herbicide-tolerant species (especially *Viola arvensis*, *Veronica* spp., *Myosotis arvensis*). Among the perennials *Elytrigia repens* was the most common species in all treatments. The highest number of these plants occurred in treatment M.

We found that the species pool was larger and the average number of species higher in organic than in conventional cultivation. No significant difference was identified between organic treatments. Our results suggest that weed species diversity could be promoted by using organic cropping practices.

Keywords: weed species diversity, number of weed shoots, dry mass, Shannon-Wiener index, solid cattle manure, herbicides

Sissejuhatus

Põllul esinevaid umbrohtusid peetakse üldiselt suureks probleemiks, kuid see nähtus võib olla ka positiivne. Näiteks kujundavad nad põllu mikrokliimaatilisi tingimusi. Seoses intensiivse herbitsiidide kasutamisega tavapõllumajanduses on tekkinud olukord, kus mõned umbrohuliigid on hakanud kaduma ja umbrohud, mis herbitsiidide suhtes nii tundlikud ei ole, on hakanud põldudel võimust võtma.

Üheks oluliseks umbrohtude allasurumise abinõuks on optimaalse külvisenormi kasutamine. Kui tavaviljeluses on üldiselt tendents külvisenormide vähendamise suunas, siis maheviljeluses peetakse otstarbekaks just külvisenorme suurendada.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada mahepõllumajandusliku (MS – sõnnikuga ja M – sõnnikuta) ja tavapõllumajandusliku (T – sõnniku, mineraalväetiste ja

pestitsiididega) viljelusviisi mõju umbrohtude liigilisele koosseisule, nende arvukusele ning biomassile.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö viidi läbi 2007–2011 Olustvere TMK õppetalu põllul. Võrreldi kultuuride umbrohtumust viieväljalises külvikorras kolme erineva viljelusviisi puhul: kaht maheviljeluse viisi (M – sõnnikuta, MS – sõnnikuga) ja tavaviljelust (T – sõnniku, mineeraalväetiste ja pestitsiididega). T variandis kasutati erinevatel kultuuridel umbrohtude tõrjeks järgnevaid herbitsiide; Sencor 300 g ha⁻¹, Sekator 375 OD 0,15 l ha⁻¹, Roundup Gold 3 l ha⁻¹, MCPA 0,9 kg ha⁻¹ ja Agil 1 l ha⁻¹. Kultuuride järjestus külvikorras oli kõigi viljelusviiside puhul ühesugune: oder ristiku allakülviga, ristik (künti haljasväetisena mulda), rukis, kartul, kaer. Kõik külvikorras olevad viis kultuuri olid kõigis katsevariantides igal aastal ka esindatud. Veisesõnnikut 60 t ha⁻¹ anti MS ja T variantidel pärast rukki koristust, sügiskünni alla.

2009–2011 oli katses teraviljade puhul kaks erinevat külvisenormi: rukis normiga 450 ja 550 id. seemet m² kohta, kaer normiga 400 ja 600 id. seemet m² kohta ja oder 300 ja 400 id. seemet m² kohta. Juuli alguses võeti kõikidelt katsevariantidelt 0,25 m² suuruselt pinnalt neljas korduses proovid umbrohtude liigilise koosseisu, arvukuse ning kuivmassi määramiseks. Kokku võeti aastatel 2007–2011 igast variandist kokku 100 proovi (kokku 300 proovi).

Shannon-Wieneri mitmekesisuse indeks (H') arvutati iga proovi kohta järgnevalt:

$$H' = -\sum_i p_i \ln(p_i)$$

i = isendite arv i -ndast liigist

p_i = liigi (suhteline) ohtrus (võrrelduna teiste liikidega)

Shannon-Wieneri indeks on seda suurem, mida suurem on mingis analüüsis olevate liikide hulk. Ühe liigi tuntav domineerimine teiste liikide üle langetab indekssi.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi JMP 5.0.1.2 (Anova, Tukey-Kramer (HSD) test; SAS 2002)

Tulemused ja arutelu

Kogu katsealal leiti aastatel 2007–2011 kokku 44 umbrohuliiki (tabel 1). Mahepõllumajanduslikus variandis (M), kus kasutati väetamiseks ainult liblikõielist haljasväetist, esines viie katseaasta jooksul kokku 39 liiki umbrohtusid. Nendest 7 liiki (*Centaurea cyanus*, *Myosurus minimus*, *Polygonum laphatifolia*, *Cerastium arvense*, *Geranium pratense*, *Plantago lanceolata*, *Plantago major*) esinesidki vaid selles variandis. Mahepõllumajanduslikus variandis MS, kus lisaks haljasväetisele kasutati ka tahket veisesõnnikut, oli liikide arv veidi väiksem – 36 liiki. Kuna üldiselt on maheviljeluses kasutada olevad lämmastikukogused väiksemad kui tavaviljeluses, on see soodne umbrohtudele, mis ei ole väga lämmastikulembesed. Seoses väiksema toitainetesisaldusega mullas on ka kultuuride seis mahepõllumajanduslikes variantides üldjuhul hõredam, mis omakorda loob umbrohtudele paremad valgustingimused. Katses tuli see selgelt välja madalakasvuliste

Tabel 1. Umbrohuvõrsete arvukus (tk m⁻²) ja kuivmass (g m⁻²) aastate 2007–2011 keskmisena (n = 100)

Liik	Elu- tsük- kel*	M**		MS		T	
		võrseid tk m ⁻²	kuiv- mass g m ⁻²	võrseid tk m ⁻²	kuiv- mass g m ⁻²	võrseid tk m ⁻²	kuiv- mass g m ⁻²
<i>Arenaria serpyllifolia</i> R.	A	0,04	0,02	0,12	0,02	–	–
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	P	0,24	1,08	0,28	0,58	0,08	0
<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.	B	–	–	0,04	0,01	0,12	0,28
<i>Capsella bursa- pastoris</i> (L.) Medik.	A	9,08	1,62	8,48	1,77	5,04	1,26
<i>Centaurea cyanus</i> L.	A	0,16	0,17	–	–	–	–
<i>Cerastium arvense</i> L.	P	0,16	0,04	–	–	–	–
<i>Chenopodium album</i> L.	A	22,16	4,88	24,24	5,43	9,28	1,21
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	P	2,92	5,13	1,72	3,42	0,4	1,15
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	P	–	–	0,04	0,16	–	–
<i>Equisetum arvense</i> L.	P	0,32	0,16	0,16	0,02	0,2	0,06
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	P	–	–	0,12	0,01	–	–
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	P	21,64	15,3	14,8	16,9	8,2	6,85
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	A	–	–	0,08	0	0,08	0
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	A	0,12	0,02	0,12	0,02	–	–
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	P	–	–	0,04	0,04	–	–
<i>Fumaria officinalis</i> L.	A	4,92	0,37	5,28	0,93	2,52	0,13
<i>Galeopsis</i> spp.	A	5,84	2,56	9,52	1,98	3,08	0,29
<i>Galium aparine</i> L.	A	0,96	0,16	1,12	0,13	0,24	0,11
<i>Geranium pratense</i> L.	P	0,04	0	–	–	–	–
<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.	A	0,92	0,05	–	–	0,16	0,01
<i>Lamium purpureum</i> L.	A	13,2	1,49	16,28	2,49	7,6	1,23
<i>Lapsana communis</i> L.	P	1	0,36	0,48	0,23	0,16	0,21
<i>Lycopsis arvensis</i> L.	A	2,76	2,76	2	0,67	1,2	0,49
<i>Matricaria matricarioides</i> (Less.) Port.	P	1,32	0,16	0,04	0	0,44	0,14
<i>Mentha arvensis</i> L.	P	2,2	0,29	7,04	2,56	0,88	0,1
<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill	A	4,04	0,47	3,04	0,61	2,04	0,24

<i>Myosurus minimus</i> L.	A	0,04	0	–	–	–	–
<i>Plantago lanceolata</i> L.	P	0,04	0	–	–	–	–
<i>Plantago major</i> L.	P	0,04	0	–	–	–	–
<i>Polygonum arenastrum</i> Boreau	A	2,32	0,23	1,32	0,28	0,48	0,07
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	A	12,48	1,6	14,24	2,12	3,52	0,4
<i>Polygonum lapathifolia</i> L.	A	0,12	0	–	–	–	–
<i>Polygonum persicaria</i> L.	A	0,68	0,13	8,6	0,47	0,28	0,03
<i>Sonchus arvensis</i> L.	P	9,24	4,34	9,88	6,08	4,72	1,45
<i>Spergula arvensis</i> L.	A	8,88	1,41	8,8	1,32	6,44	1,08
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	A	7,48	1,93	9,52	1,11	2,28	0,25
<i>Taraxacum officinale</i> Weber ex Wigg.	P	0,16	0,01	0,08	0,01	0,04	0,02
<i>Thlaspi arvense</i> L.	A	12,52	1,27	16,68	1,39	5,84	0,54
<i>Tripleurospermum</i> <i>inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	A	3,44	3,73	2,04	0,67	0,36	0,04
<i>Tussilago farfara</i> L.	P	0,32	0,12	0,24	0,39	–	–
<i>Veronica</i> spp.	A	2,4	0,17	2	0,19	2,16	0,18
<i>Vicia cracca</i> L.	P	0,68	0,11	1,04	0,27	0,2	0,04
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	A	0,16	0,01	0,12	0	–	–
<i>Viola arvensis</i> Murray	A	5,48	0,21	8,64	0,47	4,8	0,32
Kokku		160,52	52,3	178,2	52,7	72,84	18,2

* – üheaastane (A), kaheaastane (B) või mitmeaastane (P); ** – M – mahe, MS – mahe + sõnnik ja T – tava.

ja laialehiste umbrohtude puhul – näiteks suur- ning süstjalehine teeleht (*Plantago major*, *Plantago lanceolata*).

Teraviljade erinevate külvisenormide võrdlemisel näitasid esialgsed tulemused, et suurem külvisenorm ei mõjuta nii oluliselt mitte umbrohtude arvukust kui just nende massi. Kui aga eeldada, et suurema külvisenormi puhul väiksema kuivmassiga umbrohtudel vähenes võime produtseerida idanemisvõimelisi seemneid, võib oletada, et pikemas perspektiivis mõjutab see oluliselt ka nende arvukust.

Üheks kõige levinumaks üheaastaseks umbrohuks oli katsealal valge hanemalts (*Chenopodium album*). Tavapõllumajanduses on ta herbitsiididega kergesti tõrjutav, mida tõestas ka see, et valge hanemaltsa arvukus tavapõllumajanduslikus variandis oli oluliselt madalam kui mahepõllumajanduslikes variantides. Eraldi tasuks välja tuua põldkannikest (*Viola arvensis*), mis oli ka tavapõllumajanduslikus variandis küllaltki arvukalt esindatud. Taas kord saime kinnitust selle kohta, et põldkannikesel on kujunenud välja herbitsiidiresistentsus, vaatamata sellele, et katseala tavapõllumajanduslikus variandis kasutati erinevaid herbitsiide. Arvukalt esines tavapõllumajanduslikus variandis ka

erinevaid mailase liike, põld-lõosilma ja harilikku nalgheina (*Veronica* spp., *Myosotis arvensis*, *Spergula arvensis*).

Mitmeaastastest umbrohtudest oli katsealal kõige arvukam harilik orashein (*Elytrigia repens*) ja seda just ilma sõnnikuta mahepõllumajanduslikus variandis (21,6 võrset m⁻²). Harilik orashein on tuntud kui lämmastikulembeline umbrohi (Hansson, Fogelfors 1998). Kuna mahepõllumajanduslikus tootmises on üldiselt lämmastiku defitsiit (Eltun *et al.* 2002; Kirchmann *et al.* 2007), siis harilik orashein seal suuri probleeme ei tohiks põhjustada. Samas, kuigi ta on lämmastikulembene, on ta ka nõudlik valguse suhtes. Olustvere katseala muld on küllaltki viljakas, kuid siiski oli kultuurtaimede kasv sõnnikuta mahepõllumajanduslikus variandis (M) nõrgem ning see omakorda võis luua ideaalsed tingimused hariliku orasheina kasvuks. Sama järelduse saab teha ka põldohaka (*Cirsium arvense*) kohta.

On teada, et ka loomade sõnnik sisaldab arvukalt idanemisvõimelisi umbrohuseemneid. Käesoleva katse puhul mullas ega ka sõnnikus leiduvaid umbrohuseemneid ei uuritud. Üldiselt satuvad umbrohuseemned loomade väljaheidetesse söödaga. Paljudes teadustöodes on uuritud seemnete idanemisvõimet peale erinevate loomaliikide seedetrakti läbimist (Blackshaw, Rode 1991). On leitud, et veiste puhul on ligikaudu 25% seemnetest peale seedetrakti läbimist veel idanemisvõimelised. Käesolevas katses oli harilik kirburohi (*Polygonum persicaria*) tõenäoliselt see liik, mis oli katsealale levinud tänu sõnniku kasutamisele. Hariliku kirburohu arvukus (tabel 1) MS variandis oli 31 korda suurem (8,60 võrset m⁻²) kui T variandis (0,28 võrset m⁻²) ja 12,6 korda suurem kui M variandis (0,68 võrset m⁻²). Kuigi ka tavapõllumajanduslikus variandis kasutati sõnnikut, võis tema väiksem arvukus seal olla põhjustatud sellest, et *P. persicaria* on herbitsiidide suhtes küllaltki tundlik.

Umbrohtude liigiline koosseis, võrsete arv ja kuivmass m⁻² olid usutavalt suuremad ($p < 0,05$, tabel 2) mahepõllumajanduslikes katsevariantides. Sarnaseid tulemusi on saadud ka varasemates uuringutes (Moreby *et al.* 1994; Hald 1999; Menalled *et al.* 2001; Hyvönen *et al.* 2003; Bengtsson *et al.* 2005; Hole *et al.* 2005).

Keskmine liikide arv 0,25 m² oli mahepõllumajanduslikes katsevariantides 9,2 ja 9,3 ning T variandis vaid 4,9. Ka *Shannon-Wieneri* mitmekesisuse indeks (H') oli mahepõllumajanduslikes variantides usutavalt suurem kui tavapõllumajanduslikus variandis (M – 1,70; MS – 1,65; T – 1,06; $p < 0,05$). Usutavat erinevust aga kahe mahepõllumajandusliku variandi vahel ei ilmnenu.

Tabel 2. Variandi mõju umbrohuliikide arvukusele ning *Shannon-Wieneri* mitmekesisuse indeksile (H') aastate 2007–2011 keskmisena (n = 100)

Variant*	Liikide arv 0,25 m ²	<i>Shannon-Wieneri</i> indeks (H') 0,25 m ²
M	9.3 ^a	1.70 ^a
MS	9.2 ^a	1.65 ^a
T	4.9 ^b	1.06 ^b

*. – M – mahe, MS – mahe + sõnnik ja T – tava

Järeldused

Viie katseaasta kokkuvõttes esines mahepõllumajanduslikus variandis (M), milles ei kasutatud sõnnikut, kõige rohkem umbrohuliike (39 liiki). Mahepõllumajanduslikes variantides esinesid sellised umbrohuliigid, mis on valgusnõudlikud (nt suur teeleht) või siis ei ole lämmastikukoguste suhtes pretensioonikad.

Teraviljade suurem külvisenorm ei vähendanud küll umbrohtude arvukust, kuid vähendas nende kuivmassi. Pikemas perspektiivis võib see mõjutada ka nende arvukust, kuna väiksema kuivmassiga umbrohud produtseerivad eeldatavasti ka vähem idanemisvõimelisi seemneid.

Herbitsiidide suhtes olid vähetundlikud põldkannike, põld-löösilm ja mailase liigid, kuna nende arvukus tavapõllumajanduslikus variandis oli sarnane või praktiliselt võrdne M ja MS variandiga.

Mahepõllumajanduslikes variantides oli nii liikide arv kui ka liigisiseste isendite arv suurem ning proportsionaalsem kui tavapõllumajanduslikus katsevariandis. Seda näitas *Shannon-Wieneri* mitmekesisuse indeks (H').

Tänuavaldused

Uurimistöo toimus Eesti Vabariigi Põllumajandusministeeriumi poolt tellitud rakendusuuringute projekti „Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile” raames. Suur tänu EMVI tehnikule Sirje Luigele abi eest umbrohuproovide kogumisel.

Kasutatud kirjandus

- Bengtsson, J., Ahnström, J., Weibull, A.C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. – *Journal of Applied Ecology* **42**, 261–269.
- Blackshaw, R.E., Rode, L.M. 1991. Effect of ensiling and rumen digestion by cattle on weed seed viability. – *Weed Science* **39**, 104–108.
- Eltun, R., Korsaeht, A., Nordheim, O. 2002. A comparison of environmental, soil fertility, yield, and economic effects in six cropping systems based on an 8-year experiment in Norway. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **90**, 155–168.
- Hald, A.B. 1999. Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark. – *Annals of Applied Biology* **134**, 307–314.
- Hansson, M.L., Fogelfors, H. 1998. Management of permanent set-aside on arable land in Sweden. – *Journal of Applied Ecology* **35**, 758–771.
- 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 Ecology* **159**, 73–81.
- Kirchmann, H., Bergström, L., Kätterer, T., Mattsson, L., Gesslein, S. 2007. Comparison of long-term organic and conventional crop-livestock systems on a previously nutrient-depleted soil in Sweden. – *Agronomy Journal* **99**, 960–972.
- Menalled, F.D., Gross, K.L., Hammond, M. 2001. Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. – *Ecological Applications* **11**, 1586–1601.
- Moreby, S.J., Aebischer, N.J., Southway, S.E., Sotherton, N.W. 1994. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter-wheat in Southern England. – *Annals of Applied Biology* **125**, 13–27.
- SAS 2002 . JMP, Statistics and Graphics Guide , Version 5. SAS Institute , Cary, NC.

PÕLLUKULTUURID

INTENSIIVILJELUSE MÕJUST ODRA JA KAERA TERAKVALITEEDILE

Tiia Kangor, Ülle Tamm, Ilmar Tamm
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Margus Ameerikas
Baltic Agro AS

Abstract. Kangor, T., Tamm, Ü., Tamm, I., Ameerikas, M. 2013. The influence of high input system on grain quality characteristics of spring barley and oat. – Agronomy 2013.

A field experiment was conducted in order to determine the influence of high input system on grain quality characteristics such as TKW, volume weight and protein content of spring barley and oat. The experiment was carried out during 2009–2011 at the Jõgeva Plant Breeding Institute. The trial was arranged with two different variants (high input and low input system), using two varieties of barley (Anni, Publican) and oat (Villu, Flämingsprofi). In each variant, four fertilizer levels were used ($N_0 P_0 K_0$; $N_{60} P_{13} K_{41}$; $N_{100} P_{22} K_{69}$; $N_{140} P_{31} K_{97}$). Herbicide and insecticide treatments were used in low input system. In high input system, fungicide, growth regulator and leaf fertilizer were used additionally.

High input system had the biggest positive impact (20%) on TKW of barley, whereas the influence on TKW of oat was lesser (3%). Results indicated that the variation of volume weight of barley was influenced by input system lesser (11%) than by year (37%). This characteristic of oat depended more on year (49%) and variety (14%). Nevertheless, the significant differences between two input systems appeared in volume weight of oat. Data suggest that there were no differences in protein content of barley growing under different input systems. In high input system the protein content of oat was higher than in low input system.

Keywords: high input system, spring barley, oat, grain quality

Sissejuhatus

Aastakümneid on põllumajanduse eesmärgiks olnud inimkonna varustamine kvaliteetse toiduga. Tänapäeva maailmas, kus taimekasvatustoodangut kasutatakse peale sööda ja toidu tootmise järjest enam muuks otstarbeks, on oluline suurendada taimekasvatuse kogutoodangut, kuid sealjuures pöörata tähelepanu ka selle kvaliteedile. Mitmed põllumajandustooteid müüvad kommertsfirmad annavad põllumeestele soovitusi ning pakuvad välja tehnoloogiaid, kus kasutatakse suuremaid väetise koguseid, üha enam insektitsiide, kasvuregulaatoreid ning kasvuäegset taimiku turgutamist leheväetistega. Seda kõike tehakse nn intensiivtehnoloogiat silmas pidades suure ning kvaliteetse saagi kasvatamise eesmärgil. Kuna kirjanduses on palju andmeid selle kohta, et intensiivtehnoloogiat kasutades tõuseb kultuurtaimede saagikus, siis meie oma töös pöörasime tähelepanu pigem saagi kvaliteedile kui saagikusele. Eestimaise kvaliteetse toidu kasvatamine peaks olema prioriteediks põllumehel ning on eluliselt vajalik kohalikule tarbijale.

Töö eesmärgiks oli võrrelda odra ja kaera terakvaliteedi näitajaid erinevate viljelusviiside tingimustes ning analüüsida nende omaduste varieeruvust.

Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi kolmeaastase katsesükli (2009–2011) Jõgeva Sordiaretuse Instiituaadi põllul. Katse rajati kahes erinevas variandis: I – vähem intensiivne ja II – intensiivne viljelus kahe odra- ('Anni', 'Publican') ning kahe kaerasordiga ('Villu', 'Flämingsprofi'). Mõlemas variandis oli neli erinevat väetisfooni ($N_0 P_0 K_0$; $N_{60} P_{13} K_{41}$; $N_{100} P_{22} K_{69}$; $N_{140} P_{31} K_{97}$). Vähem intensiivse viljelusega variandis tehti ainult umbrohutõrje – Granstar Premia 0,02 kg ha⁻¹ + MCPA 1,0 l ha⁻¹ võrsumise faasis (2009), Lintur 70 WG 0,15 kg ha⁻¹ + MCPA 0,5 l ha⁻¹ võrsumise faasis (2010, 2011) ning kõikidel aastatel kasutati insektitsiidi Danadim 40 EC 1,0 l ha⁻¹. Intensiivsel viljelemisel rakendati kõikidel aastatel lisaks eelnevalt nimetatud töötlemistele ka leheväetisega Folicare (18-18-18) 8 kg ha⁻¹ pritsimist teise kõrresõlme moodustamise faasis, kasvuregulaatori CCC 1,0 l ha⁻¹ (odral võrsumise faasis, kaeral teise kõrresõlme moodustamise faasis) ning fungitsiidi kasutamist (esimete haigustunnuste ilmumisel odral Input 460 EC 1,0 l ha⁻¹, kaeral Folicur 250 EW 1,0 l ha⁻¹).

Seeme külvati raske liivsavi lõimiseega leetjale kamar-karbonaatmullale kolmes korduses 9 m² suurustele katselappidele. Suvi odra külvisenormiks kasutati 500 ja kaeral 550 idanevat tera ruutmeetri le. Kompleksväetis Yara Mila (18-9-15) külvati enne teravilja külvi ning kultiveeriti seejärel mulda.

Terakvaliteedi omadustest määrati laboris odra- ja kaerasortide 1000 tera mass, mahumass ning proteiinisaldus Kjeldahli meetodil. Andmed töödeldi faktoriaalse dispersioonanalüüsi meetodil andmetöötlusprogrammiga *Agrobases 4*. Varieeruvuse hindamiseks arvutati igale kvaliteedinäitajale variatsiooni koefitsient (*CV*), mis näitas antud omaduse varieeruvuse ulatust protsentides (%).

Katseaastate ilm oli erinev – vegetatsiooniperiood aastal 2009 oli teraviljale niiskem, aastad 2010 ja 2011 olid kuivemad ja põuasemad. Kasvuperiood kujunes suviteraviljadele kõige lühemaks 2010. ning kõige pikemaks 2009. aastal. 2009. aasta kasvuperioodil oli keskmine õhutemperatuur lähedane paljude aastate keskmisele ning sademeid tuli keskmisest enam, mistõttu vili valmis augusti III dekaadis. 2010 esines vegetatsiooni jooksul mitu küllalt kuiva ja kõrge õhutemperatuuriga perioodi. Tugevate äikesetormide tõttu vili (eelkõige kaer) enne koristust lamandus osaliselt. Terad said koristusküpseks augustikuu I dekaadis. 2011. a oli samuti paljude aastate keskmisest kõrgemate õhutemperatuuridega ja väheste sademetega, kuid keskmised temperatuurid ei olnud nii kõrged kui 2010. a. Vili valmis antud aastal augusti II dekaadis.

Tulemused ja arutelu

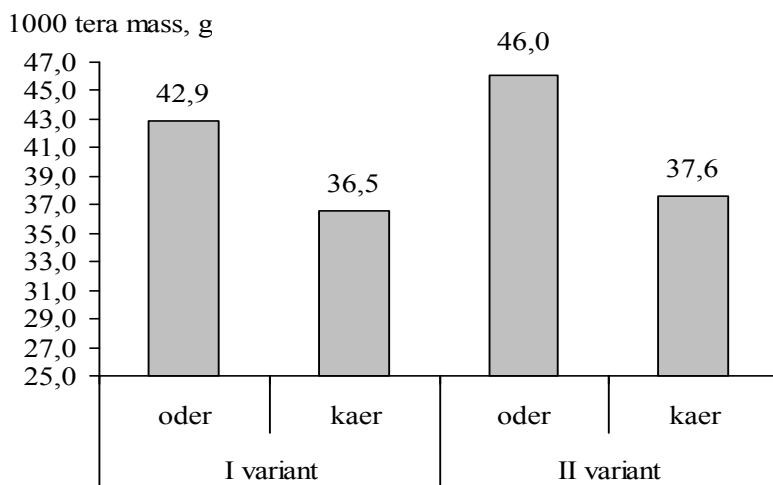
1000 tera mass

1000 tera massi variatsiooni mõjutas viljelusviis odral 20% ja kaeral 3%. See kvaliteedinäitaja oli odral kolme aasta keskmisena vahemikus 40,6–45,9 g (keskmine 42,9 g; *CV* = 4,5%) I variandis ning 44,0–48,4 g (keskmine 46,0 g; *CV* = 4,1%) II variandis (joonis 1). Intensiivviljeluse tingimustes kasvanud odraterade 1000 tera mass oli oluliselt suurem kui vähem intensiivsel viljelemisel. Ühekordne leheväetise kasutamine kõrsumise alguses ning taimiku fungitsiidiga töötlemine mõjutasid 1000 tera massi suurus odral enam kui kaeral. Odrateradel oli see näitaja tunduvalt suurem kui kaerateradel. Antud näitaja varieerus kaeral kolme aasta keskmisena I variandis 35,2–40,2 g (keskmine

36,5 g; $CV = 4,5\%$) ning II variandis 35,7–40,0 g (keskmise 37,6 g; $CV = 4,5\%$). Kui 1000 tera massi suuruse varieeruvus oli kaerateradel erinevates variantides võrdne (variatsiooni koefitsiendid olid erinevates variantides võrdsed), siis odrateradel oli selle näitaja variatsioon II variandis mõnevõrra väiksem kui I variandis.

Enam kui viljelusviisist sõltus kaera 1000 tera mass aastast (42%), sordist (12%) ja väetisfoonist (9%). Kaera tera suurusele mõjus negatiivselt 2010. a tera täitumisfaasi ajal valitsev põuane ilm, mis alandaski 1000 tera massi suurust (Moral *et al.* 2002). Samas mõjutas seda kvaliteedinäitajat ka 2009. ja 2010. a kaera tugev lamandumine enne koristust ilma kasvuregulaatorita variandis (I variant) kõrgematel väetisfoonidel (N_{100} , N_{140}).

Sordi 'Flämingsprofi' 1000 tera mass (38,1 g) oli kolme aasta keskmisena tunduvalt suurem sordi 'Villu' antud näitajast (36,1 g). 'Flämingsprofi' tera suurus sõltus väetamisest enam kui 'Villu' oma, sest väetisnormi suurenedes 1000 tera mass sellel sordil oluliselt vähenes.



Joonis 1. Odra ja kaera erinevate variantide (I – vähem intensiivne, II – intensiivviljelus) kolme aasta keskmised 1000 tera massid (odral $PD_{0,05} = 0,5$; kaeral $PD_{0,05} = 0,3$)

Odral mõjutasid 1000 tera massi varieerumist veel 17% sort, 16% aasta-sordi-väetisfooni koosmõju, 10% aasta ning 6% väetisfoon. Antud kvaliteedinäitaja suurus sõltus ka odral sordi-väetisfooni koosmõjust. Kolme aasta keskmisena koristati mõlemal sordil foonilt N_{60} oluliselt suurema 1000 tera massiga saak kui väetamata foonilt (N_0). Odrasordi 'Publican' 1000 tera massi suurus kasvas väetise lisamisega veelgi, kuid sordil 'Anni' jäi see näitaja teistel foonidel (N_{100} , N_{140}) samale tasemele väetamata fooniga ja statistiliselt usutavad erinevused puudusid. Küll olid need erinevused olemas väetamata fooni ja foonide N_{100} , N_{140} vahel sordil 'Publican'. Tundus, et antud sordile olid sobilikumad intensiivviljeluse tingimused ning ta suutis toitaineid efektiivsemalt kasutada. Sordi 'Publican' 1000 tera mass oli kolme aasta keskmisena usutavalt suurem kui sordi 'Anni' oma. See kvaliteedinäitaja on sageli positiivses korrelatsioonis kasvuaja pikkusega (Tamm 2003). Kolme katseaasta keskmisena oli sort 'Publican' 1 päeva võrra

pikema kasvuajaga kui 'Anni', ent ilma statistilise analüüsita seda väidet antud katse kohta öelda ei saa.

Mahumass

Mahumassi varieerumise määras viljelusviis odral 11% ning kaeral 6%. Mitmed vilja kokkuostufirmad on määranud toiduodral nõutavaks mahumassiks 640 g l⁻¹. Meie katses varieerus see näitaja odral kolme aasta keskmisena olenevalt sordist ja väetisfoonist I variandis vahemikus 640–675 g l⁻¹ (keskmine 658 g l⁻¹; CV = 1,8%) ning II variandis 655–680 g l⁻¹ (keskmine 670 g l⁻¹; CV = 1,4%), olles tegelikult tunduvalt suurem kokkuostufirmade poolt nõutavast mahumassist. Toiduviljale esitatud mahumassiga võrreldi antud artiklis seepärast, et toiduviljana müües on võimalik saada kõrgemat hinda.

Sarnaselt 1000 tera massiga oli intensiivviljeluse rakendamisel odra mahumass tunduvalt suurem kui vähem intensiivsel viljelemisel.

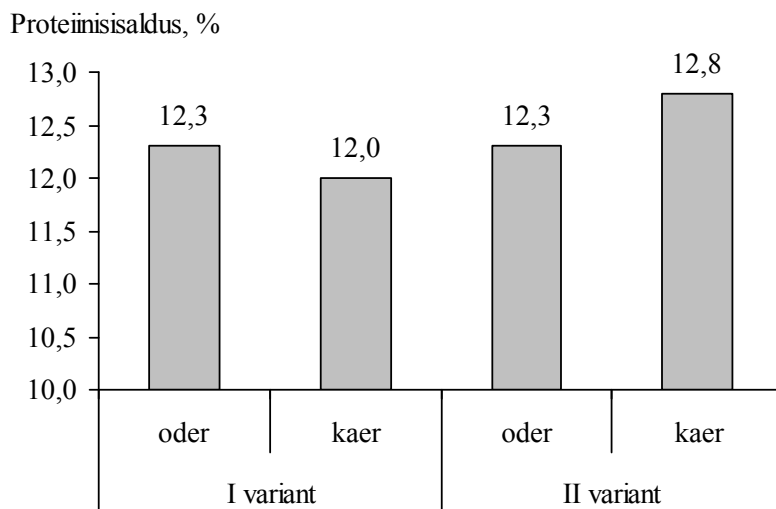
Sama oli ka kaera antud kvaliteedinäitajaga. Kaera puhul eelistavad kokkuostufirmad toiduvilja, mille mahumass oleks vähemalt 520 g l⁻¹ (BalticAgro AS 2012). Meie katses varieerus kaera mahumass kolme katseaasta keskmisena olenevalt sordist ja väetisfoonist 421–482 g l⁻¹ (keskmine 450 g l⁻¹; CV = 4,5%) I variandis ning 445–484 g l⁻¹ (keskmine 465 g l⁻¹; CV = 3,0%) II variandis. Andmetest on näha, et kaeral jäi vilja kokkuostul nõutud mahumassi suurusest vajaka. Kaeral oli mahumassi varieeruvus mõnevõrra suurem kui odra antud näitaja, kuid variatsiooni koefitsient oli mõlema teravilja mahumassil väiksem intensiivviljeluse kasutamisel. Kaeral ja odral mõjutavad selle kvaliteedinäitaja suurust eelkõige ilmast tulenevad ebasoodsad kasvutingimused nagu põud ja lamandumine (Brouwer, Flood 1995). Katses oli ilma mõju antud kvaliteedinäitajale odral 37% ja kaeral 49%. Mahumass jäi odral oluliselt väiksemaks 2009. a (654 g l⁻¹), samas oli see näitaja suur 2011. a (679 g l⁻¹). Sellele vaatamata vastas ka ebasoodsates tingimustes kasvanud odraterade mahumass nõuetele. Kaeraterade mahumass oli tunduvalt väiksem põuastel aastatel – 2010 (443 g l⁻¹) ja 2011 (442 g l⁻¹). Niiskema ja jahedama kasvuperioodiga aastal (2009) oli kaeral see näitaja suurem (489 g l⁻¹), kuid ei täitnud siiski toiduviljale esitatud nõuet.

Odral mõjutas mahumassi veel väetisfoon (28%) ja aasta-sordi koosmõju (9%), kaeral sort (14%), viljelusviisi-fooni (9%) ning aasta-sordi koosmõju (9%). Väetisfooni suurenedes paranes odraterade mahumass kolme aasta keskmisena oluliselt kõikidel foonidel. Odrasordi 'Publican' mahumass kujunes kolme aasta keskmisena tunduvalt suuremaks kui 'Anni' oma, sest kahel aastal (2009, 2010) kolmest oli see näitaja sordil 'Publican' suurem. Sellele vaatamata 'Anni' mahumass vastas toiduvilja nõudele. Kaerasort 'Villu' ületas oma mahumassiga kõigil kolmel aastal sorti 'Flämingsprofi'. Kaera mahumass paranes intensiivviljeluse tingimustes kõikidel väetisfoonidel. Väetamata foonil ilmnes vastupidine efekt. Leheväetise kasutamine intensiivviljeluse väetamata foonil soodustas kaeral lisavõrsumist. Hiljem ei suutnud taim piisavate toitaineteta kõrvalvõrsete teri suureka kasvatada ja need jäid kõlujaks, vähendades sellega mahumassi suurust.

Proteiinisaldus

Proteiinisalduse muutus odral ei sõltunud viljelusviisist, küll aga ilmnes see vähesel määral kaeral (4%). Antud näitaja oli intensiivviljeluse tingimustes kasvanud kaeraterades tunduvalt suurem kui vähem intensiivsel viljelemisel ning varieerus vastavalt

I variandis 11,1–13,1% (keskmine 12,0%; $CV = 5,6\%$) ja II variandis 11,4–14,0% (keskmine 12,8%; $CV = 6,2\%$) (joonis 2). Odral varieerus antud näitaja vahemikus 10,6–13,9% (keskmine 12,3%; $CV = 9,9\%$) I variandis ja 10,9–13,5% (keskmine 12,3%; $CV = 7,4\%$) II variandis. Andmetest on näha, et odraterade proteiinisalduse varieeruvus oli mõnevõrra suurem kui kaerateradel. Intensiivviljeluse tingimustes oli odra antud näitaja variatsiooni suurus väiksem kui vähem intensiivsel viljelemisel. Kaeral oli proteiinisalduse varieeruvuse suurus erinevate viljelusviiside rakendamisel vastupidine.



Joonis 2. Odra ja kaera erinevate variantide (I – vähem intensiivne, II – intensiivviljelus) kolme aasta keskmised proteiinisaldused (odral $PD_{0,05} = 0,1$; kaeral $PD_{0,05} = 0,2$)

Odral oli proteiinisalduse variatsioon põhjustatud 62% ulatuses aasta ning 28% väetisfooni mõjust. Kaeral samadest faktoritest, vastavalt 68% aastast ja 9% väetisfoonist. Mõlemal teraviljal jäi proteiinisaldus väiksemaks niiskema ja jahedama kasvuperioodiga 2009. a (odral 10,2%, kaeral 10,2%) ning kõrge oli see kvaliteedinäitaja kuiva ja kuumu ilma tingimustes 2010. a (odral 13,5%, kaeral 13,0%) ja 2011. a (odral 13,1%, kaeral 14,1%). Samasuguseid tulemusi on saanud ka teised autorid (Bleidere 2008). Nii odral kui ka kaeral tõusis kolme aasta keskmisena väetise koguse suurenedes oluliselt terade proteiinisaldus kõikidel foonidel. Vähesel määral mõjutas mõlema teravilja antud näitajat ka sort, kus oluliselt suurema proteiinisaldusega terad olid sortidel ‘Anni’ ja ‘Villu’.

Järeldused

Katse tulemused näitasid, et odra ja kaera terakvaliteeti saab paremaks muuta kasutades intensiivviljelust. Kvaliteedinäitajatest avaldas intensiivviljelus kõige enam positiivset mõju odra 1000 tera massile. Kaera tera suurusele oli viljelusviisi mõju väiksem ning enam sõltus see näitaja aastast, sordist ja väetisfoonist.

Kaera ja odra mahumassi suurust mõjutas viljelusviis vähem kui aasta tingimused. Kaeral oli lisaks aastale suur mõju antud näitaja varieerumisele ka sordil.

Kui odra proteiinisaldust viljelusviis ei mõjutanud, siis kaeral oli intensiivviljeluses kasvanud terad suurema proteiinisaldusega kui vähem intensiivsel viljelemisel. Antud näitaja variatsioon oli mõlemal teraviljal enam tingitud aasta ja väetisfooni mõjust.

Tänuavaldused

Uurimust on toetanud Baltic Agro AS.

Kasutatud kirjandus

- BalticAgro AS vilja kokkuostuhinnad 2012. a BalticAgro AS koduleht <https://droon.balticagro.ee/viljahind.php> (3.12.2012).
- Bleidere, M. 2008. Genetic and enviromental effect on the grain quality of spring barley. – *Agronomijas Vestis* **11**, 33–38.
- Brouwer, J.B., Flood, R.G. 1995. Aspects of oat physiology. – *The Oat Crop. Production and Utilization*. Chapman & Hall, Welch, R.W. (ed.), 178–222.
- Moral, L.F.G., Miralles, D.J., Slafer, G.A. 2002. Initiation and appearance of vegetative and reproductive structures throughout barley development. – *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. Food Products Press, (ed.) G. A. Slafer et al, New York, London, Oxford, 243–268.
- Tamm, Ü. 2003. The variation of agronomic characteristics of European malting barley varieties. – *Agronomy Research* **1**, 99–103.

UUS ODRASORT 'MAALI'

Ülle Tamm, Hans Küüts
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Tamm, Ü., Küüts, H. 2013. New barley variety Maali. – *Agronomy* 2013.

Barley varieties and breeds have been tested in organic conditions at the Jõgeva Plant Breeding Institute since 2005. In organic management, varieties should be able to produce well in conditions of lower and fluctuating soil fertility, successfully suppress weeds, and have good resistance to diseases. Based on the good trial results, the breed 3280.14.1.4 was included in the State Official Trials in 2010. During 2010–2011 it passed the VCU (Value for Cultivation and Use Tests) and organic trials, the CPVO/UPOV distinctness, uniformity and stability tests and was added to the Estonian Variety List. The new variety was named Maali. It is high-yielding, has good grain quality characteristics and is recommended for use in sustainable agriculture. The present study is based on the data of field trials in organic conditions conducted in 2009–2011 at the Jõgeva Plant Breeding Institute.

Keywords: *barley variety, breeding, organic management*

Sissejuhatus

Jõgeva Sordiaretuse Instituudis alustati odra sortide ja aretiste katsetamist mahe-tingimustes 2005. a. Kuna maheviljeluses ei kasutata mineraalväetisi ja taimekaitsevahendeid, siis on eelistatud sordid, mis annavad paremat saaki ka väiksema mullaviljakuse korral, suudavad umbrohtusid edukamalt alla suruda ja on hea haiguskindlusega (Hoad *et al.* 2008; Wolfe *et al.* 2008). Tuginedes headele katsetulemustele mahekatsetes, otsustati aretis 3280.14.1.4, kui maheviljelusse sobiv perspektiivne sort, anda 2009. a riiklikku sordikatsetusse. 2010–2011 läbis see sort majandus-, registreerimis- ja mahekatseted, CPVO/UPOVi eristatavuse, ühtlikkuse ja püsivuse testid ning võeti Eesti sordilehte. Uus sort sai nimeks 'Maali'.

Materjal ja meetoodika

Mahekatse odra sordilehe sortide omaduste hindamiseks viidi läbi Jõgeva Sordiaretuse Instituudis aastatel 2009–2011 5 m² suurustel katselappidel kolmes korduses. Katsepõllul oli leostunud kamar-karbonaatne liivsavimuld, katsele eelnes 2009. a mustkesa, 2010 oli eelviljaks punane ristik ja 2011. a teravili (tatar). Külvisenorm oli 500 idanevat tera m² kohta. Katsed külvati kevadel esimesel võimalusel (30.04–03.05) külvikuga Hege 76. Umbrohutõrjeks äestati katsepõldu kahel korral: külvijärgselt enne orase tärkamist ja taimede 3–4 lehe kasvufaasis. Põllul hinnati katsematerjali kasvuaega, taime pikkust, seis- ja haiguskindlust. Seisukindlust hinnati 1–9 palli skaalas, kus 1 tähistas täielikult lamandunud ja 9 püstist vilja. Taimehaigusi hinnati samuti 1–9 palli skaalas, kus 1 tähistas haiguse puudumist, 9 väga tugevat nakatumist. Laboris määrati terasaak, 1000 tera mass, mahumass ja proteiinisisaldus. Katsed koristati pärast täisküpsuse saabumist augusti keskel (11.08–19.08) kombainiga Hege 125. Katseandmed analüüsiti statistika-programmi *Agrobase* (*Agrobase*TM 20 1999) abil, kasutades *NNA* (*Nearest Neighbors*

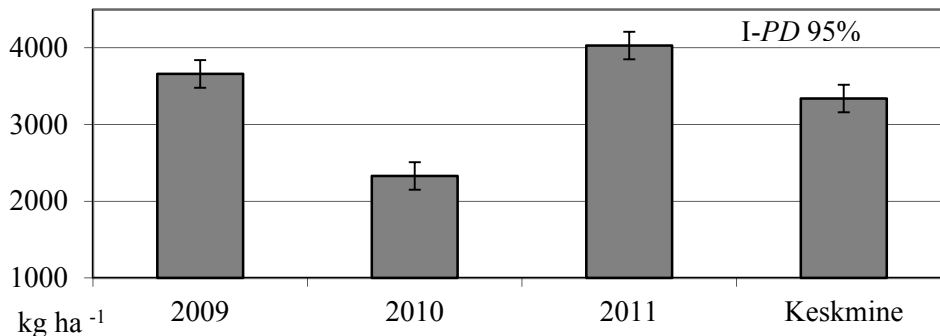
Analysis) meetodit.

Katsetatud sortidest kuuluvad 'Auriga', 'Beatrix' (Saksamaa), 'Inari' (Soome) ja uus sort 'Maali' (Eesti) keskvalmivate odrasortide hulka. 'Annabell', 'Barke', 'Justina' (Saksamaa), 'Promyk' (Poola), 'Anni' ja 'Leeni' (Eesti) on hilisepoolsed sordid. Standardsordiks oli kõigil katseaastatel 'Anni'.

Ilmastikutingimused olid 2009. a odra kasvuks ja arenguks suhteliselt head, sade-
meid oli piisavalt ja suvi oli jahe. 2010. ja 2011. a vegetatsiooniperioodid olid põuased ja kõrgete õhutemperatuuridega. Odrataimede areng oli mõlemal aastal kiire, tera täitumise aeg jäi lühikeseks ja põua tõttu toimus nn hädavalmimine. 2011. a saabus odra täisküpsus juba enne juuli lõppu, mis on 1964. aastast tehtud vaatluste järgi kõige varasem aeg (Keppart 2011, 2012).

Tulemused ja arutelu

Terasaak. Sortide kolme katseaasta (2009–2011) keskmine terasaak oli 3340 kg ha⁻¹, varieerudes vahemikus 2170–4040 kg ha⁻¹ (joonis 1). Odra keskmised saagid olid mahekatses 2009. ja 2011. aastal suhteliselt head (vastavalt 3660 ja 4030 kg ha⁻¹), kuid 2010. a põua tingimustes jäi mahekatses terasaak madalaks (2330 kg ha⁻¹). Selle põhjuseks oli asjaolu, et niiskuse puuduse tõttu ei jõudnud oder võrsuda, produktiivvõrsete arv jäi väikeseks ja moodustunud terad jäid hädavalmimise tõttu suhteliselt kõlujateks. 2011. a taimede arengu kriitilistel aegadel sadanud vihmad tagasid vaatamata tugevale põuale normaalse võrsumise, suhteliselt suure tera ja hea terasaagi.

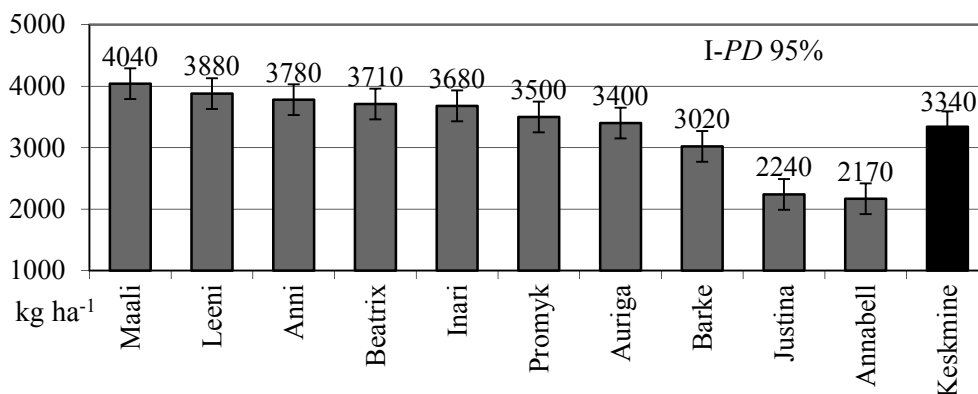


Joonis 1. Katseaastate keskmised terasaagid odra mahekatses Jõgeval 2009–2011

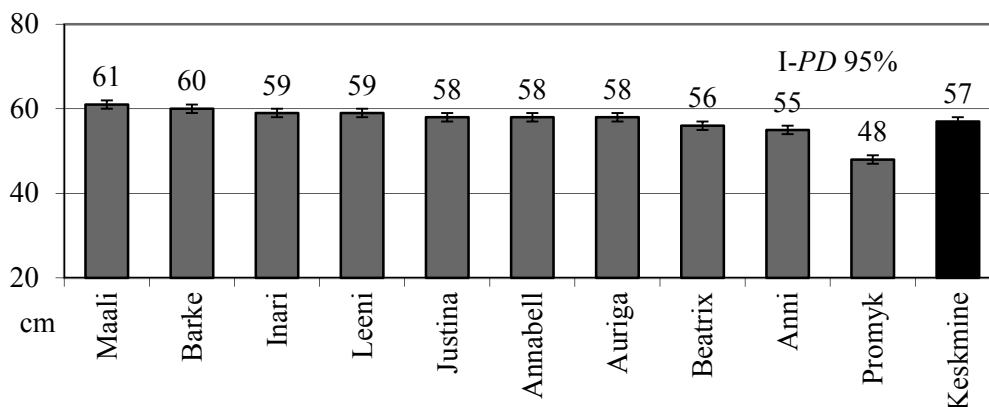
Katseaastate keskmiste tulemuste põhjal olid kõige kõrgema terasaagiga sordid 'Maali' (4040 kg ha⁻¹) ja 'Leeni' (3870 kg ha⁻¹), ületades standardsorti 'Anni' vastavalt 260 ja 90 kg ha⁻¹ (joonis 2). Uus sort 'Maali' ületas teisi katseliikmeid kõigil kolmel aastal. Tunduvalt väiksema saagiga olid 'Annabell' ja 'Justina', andes kolme aasta keskmisena vastavalt 2170 ja 2240 kg ha⁻¹.

Seisukindlus ja taime pikkus. Odrataimede keskmine pikkus katseaastatel oli 57 cm (joonis 3). Sordid erinesid üksteisest taime pikkuselt 13 cm, varieerudes vahemikus 48–61 cm. Uue odrasordi 'Maali' taimed olid standardsordist 'Anni' 6 cm pikemad. Ma-
hetingimustesse sobivad paremini pikema kõrrega sordid, sest nad suudavad paremini

konkureerida umbrohtudega ja neid edukamalt alla suruda. Kõige väiksema pikkusega oli kõigil katse aastatel sort 'Promyk', keskmisena 48 cm. Kuna taimede pikkuskasv jäi lühikeseks, ei esinenud ühelgi sordil lamandumist.



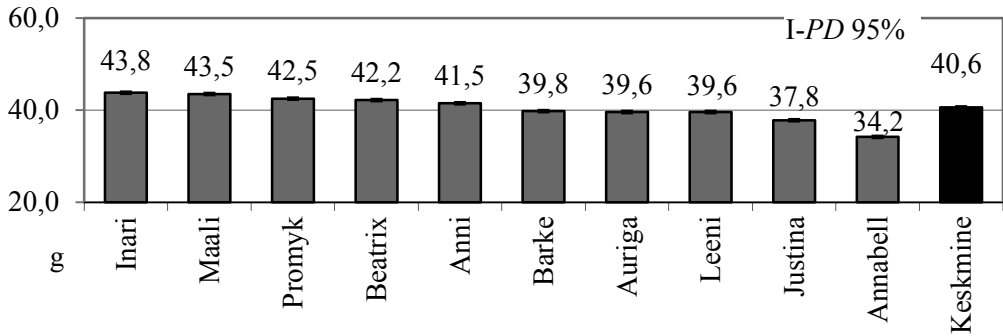
Joonis 2. Odrasortide keskmised terasaagid mahekatses Jõgeval 2009–2011



Joonis 3. Odrasortide keskmised taime pikkused mahekatses Jõgeval 2009–2011

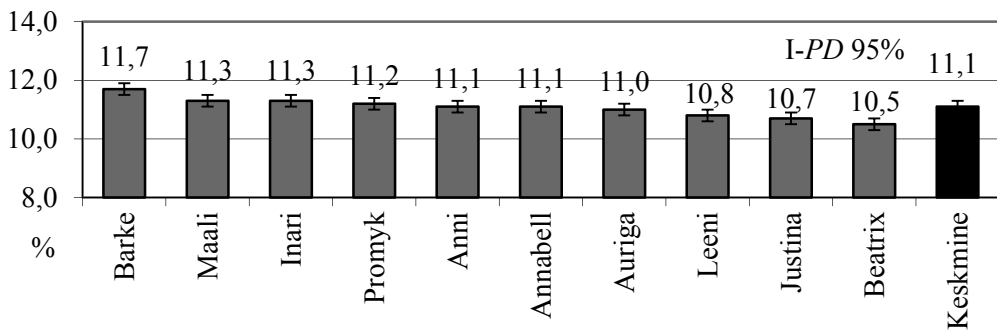
Tera kvaliteet.

1000 tera mass. Mahekatses seitsme aasta (2005–2011) keskmine 1000 tera mass oli suhteliselt suur (43,4 g). Käesoleva katse 2009–2011 keskmine (40,4 g) oli sellest 3 g ehk 7% väiksem, varieerudes sortidel vahemikus 34,2–43,8 g (joonis 4). Kuigi katse keskmine 1000 tera mass oli madal, oli uue sordi 'Maali' vastav näitaja väga hea (43,5 g). Seda ületas vaid sort 'Inari' (43,8 g). Üle 41 g oli 1000 tera mass veel sortidel 'Promyk' (42,5 g), 'Beatrix' (42,2 g) ja 'Anni' (41,5 g). Kõige madalama keskmise 1000 tera massiga olid 'Annabell' (34,2 g) ja 'Justina' (37,8 g).



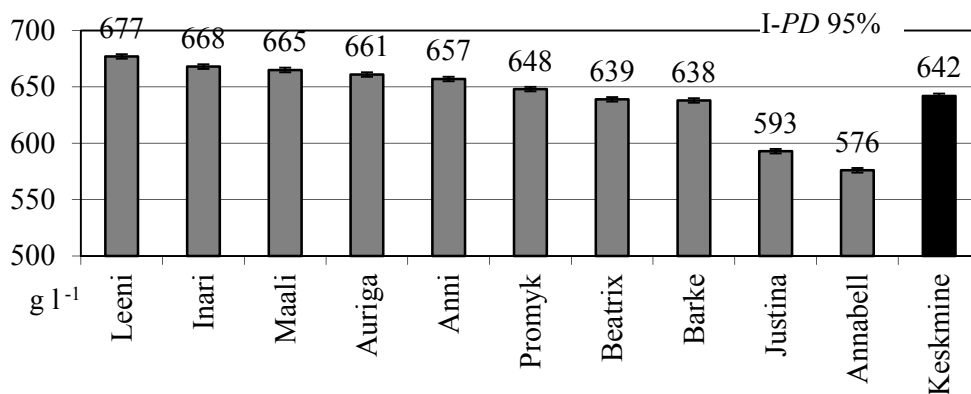
Joonis 4. Odrasortide keskmine 1000 tera mass mahekatses Jõgeval 2009–2011

Proteiinisaldus sõltub oluliselt kasvuaasta ilmastikust, mullaviljakusest ja sortidist. Mahekatses jäid sortide proteiinisaldused kõigil vaadeldud aastatel suhteliselt madalaks. Kolme aasta keskmine proteiinisaldus oli 11,1%, olles sortidel vahemikus 10,7–11,7% (joonis 5). 'Maali' (11,3%) kuulus suurema proteiinisaldusega sortide hulka, teda ületas selle näitaja poolest vaid 'Barke' (11,7%).



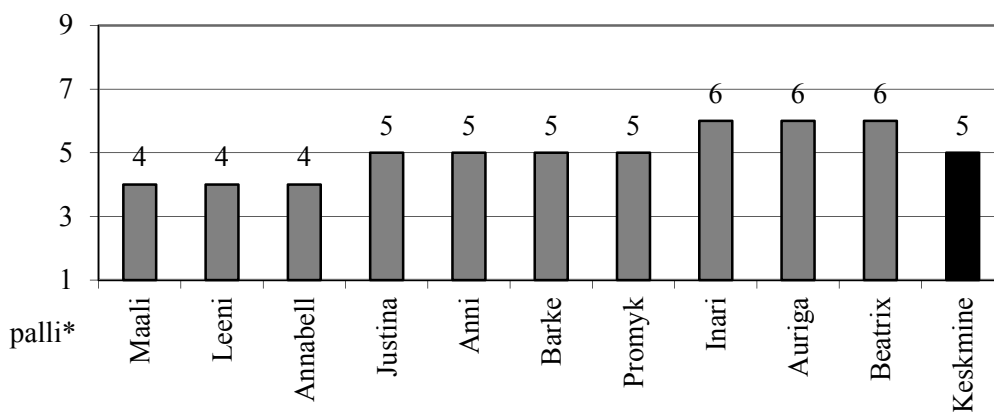
Joonis 5. Odrasortide keskmine proteiinisaldus mahekatses Jõgeval 2009–2011

Mahumass peaks odral olema vähemalt 640 g l⁻¹. Antud katses oli odrasortide keskmine mahumass 649 g l⁻¹ (joonis 6). 'Maali' kolme aasta keskmine mahumass oli kõrge (665 g l⁻¹). Nõutust madalamaks jäi see sortidel 'Annabell' (576 g l⁻¹), 'Justina' (593 g l⁻¹), 'Barke' (638 g l⁻¹) ja 'Beatrix' (639 g l⁻¹).



Joonis 6. Odrasortide keskmine mahumass Jõgeval 2009–2011

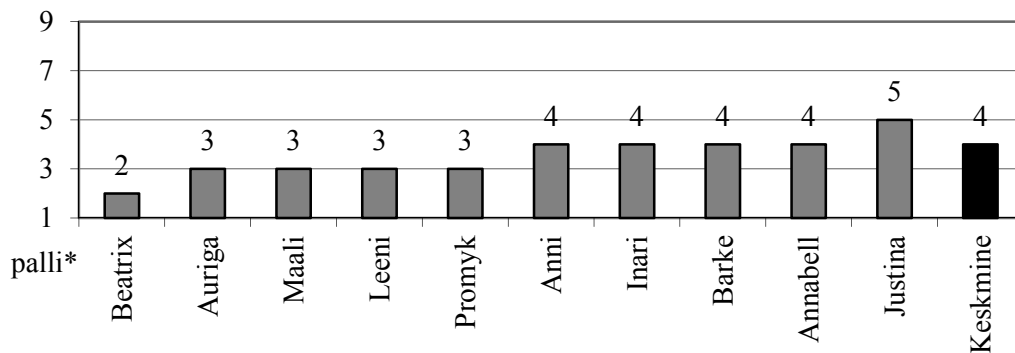
Taimehaigused. Katseaastatel valitsenud ilmastikutingimuste tõttu ei esinenud odral tugevat nakatumist taimehaigustesse. Võrklaiksust esines keskmiselt 5 palli (joonis 7) ja pruunlaiksust 4 palli ulatuses (joonis 8). Võrklaiksusesse nakatusid 4 palli sor-



*1=nakatamist ei esinenud, 9=väga tugev nakatumine

Joonis 7. Odrasortide nakatumine võrklaiksusesse Jõgeval 2009–2011

did 'Annabell', 'Maali' ja 'Leeni'. Vastuvõtlikumad (6 palli) olid 'Beatrix' ja 'Auriga'. Pruunlaiksusesse nakatumine oli võrklaiksusest madalam, enamuse sortidel 3–4 palli. Kõige vastupidavamaks osutus sort 'Beatrix' (2 palli), teistest rohkem nakatus 'Justina' (5 palli). Äärislaiksust 2010. ja 2011. aastal ei esinenud, ka 2009. a jäi enamike sortide nakatumine madalaks. Vaid sordil 'Justina' oli see 5 palli ja sordil 'Annabell' 4 palli. Lendnõge esines ainult sordil 'Beatrix'.



*1=nakatumist ei esinenud, 9=väga tugev nakatumine

Joonis 8. Odrasortide nakatumine pruunlaiksusesse Jõgeval 2009–2011

Kokkuvõte

Uus sort 'Maali' oli aastatel 2009–2011 mahekatses olnud kümnest sordist kõige suurema terasaagiga (4040 kg ha⁻¹). Ta kuulus ka kõrgema proteiinisaldusega (11,3%), suurema 1000 tera massi (43,5 g) ja mahumassiga (665 g/l) sortide hulka. Äärislaiksusesse aretis ei nakatunud, võrk- ja pruunlaiksusesse nakatus mõõdukalt. Kasvuaja pikkuselt kuulub 'Maali' keskvalmivate odrasortide gruppi. Taime pikkuselt oli ta katses pikemate sortide hulgas, olles 'Inarist' 2 cm ja 'Annist' 6 cm pikem. 'Maali' läbis 2010–2011 majandus-, registreerimis- ja mahekatsed ning ta on Eesti sordilehel alates 2011. a lõpust. Sort 'Maali' sobib kasvatamiseks mahetingimustes.

Kasutatud kirjandus

- Agrobase™ 20. Addendum & Instructional Guide. 1999. Winnipeg, Canada, 95 p.
- Hoad, S., Topp, C., Davies, K. 2008. Selection of cereals for weed suppression in organic agriculture: a method based on cultivar sensitivity to weed growth. – *Euphytica* **163**, 355–366.
- Keppart, L. 2011. 2009–2010. aasta ilma omapärast ja mõjust taimekasvatusele Jõgeval. – *Efektiivne taimekasvatus*. Aastaseminar 2011, Jõgeva, lk. 4–7.
- Keppart, L. 2012. 2010–2011. aasta ilma omapärast ja mõjust taimekasvatusele Jõgeval. – *Põllukultuuride sordid ja nende kasvatamine 2012*. Aastaseminar 2012, Jõgeva, lk. 4–7.
- Wolfe, M.S., Baresel, J.B.P, Desclaux, D., Goldringer, I., Hoad, S., Kovacs, G., Löschenberger, F., Miedaner, T., Østergård, H., Lammerts van Bueren E.T. 2008. Developments in breeding cereals for organic agriculture. – *Euphytica* **163**, 323–346.

TALIRUKKI TOLMLEMINE

Ilme Tupits

Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. *Tupits, I. 2013. Pollination of winter rye. – Agronomy 2013.*

This review article was inspired by a number of farmers who have requested additional information on pollination of rye and growth stages preceding and following it.

Pollination or flowering of winter rye is a touching scene that may be witnessed in real time with a naked eye. Count F.G.M. von Berg was nine years old when pollinating rye caught his attention when walking in a field with his mother. This sight motivated his choice of career as a farmer and plant-breeder.

In order to ensure formation of inflorescence, pollination and fertilization of winter rye, the plant has to pass all the developmental stages at an optimal moment of time. Proper sowing time, availability of nutrients, and favourable weather conditions during growth foster fast and even pollination at optimal time. Fertilization of floret and seed formation is dependent on pollen quantity. In rainy summers or in sparse fields, due to winter damage, ergot infection of rye can occur. During pollination and under favourable weather conditions for wheat midges, they may affect rye seeds.

Keywords: *winter rye, pollination, ergot, wheat midge*

Sissejuhatus

Varasuvel maanteel sõites võib aeg-ajalt nautida tuule käes voogavat ja värvi muutvat rukkipõldu. Siis, ühel hetkel, kerkib põllu kohale kummaline pilv, veidi aja pärast taamal teine, kolmas ja kandub tuulega kaugemale. Rukis tolmlleb. Üheksa aastasena emaga rukkipõllul kõndides äratas krahv Bergi tähelepanu rukki tolmllemine (Pill 1977). Vaatepilt innustas teda põllumehe ja sordiaretaja elukutset valima. Tänapäeval on rukkipõlde väheseks jäänud ja paljud ei oska rukki tolmllemisele tähelepanu pöörata – on ju igasugust tolmu küll ja küll. Käesolevat ülevaateartiklit innustasid kirjutama põllumehed, kes soovisid rukki tolmllemisest ning sellele arengufaasile eelnevast ja järgnevast rohkem teada saada.

Talirukki kasv ja areng

Igal liigil ja ka igal sordil on omad kohastumise piirid (Lewis, Christiansen 1981). Talvekahjustustest, ekstreemsetest ilmaoludest või põuast tingitud stressis on taimede kasv ja areng pärsitud, sordile omased tunnused on ebaselgelt väljendunud ning nende saagikus madal. Teraviljade saagikus sõltub suurel määral külviajast, taliviljade puhul on see saagi kujunemisel määrava tähtsusega (Budzynski *et al.* 2003; Laine *et al.* 2004; Pahkala *et al.* 2004). Talirukis on kaheaastane taim, mille külvatud seeme vajab tärkamiseks aega ja tärgranud taimed enne külmade saabumist juurdumist ning karastumist. Eestis tärkab rukis 6–7 päevaga ja kasvatab vegetatsiooniperioodi jooksul 3–5 võrset (Jaama jt 1999). Talvitumiseks optimaalse suurusega taimiku moodustumiseks kulub, sõltuvalt kasvukoha looduslikest tingimustest, mullaviljakusest ja sordi omadustest, üheksa kuni kaksteist nädalat (Pulli 1987; Hakala *et al.* 2003). Kasvuks ja arenguks

vajab rukis sügisel fosforit ja kaaliumi – fosfor toetab tärganud taimede kasvu ja arenemist ning kaalium võrsumist, taimede haigus- ja külmakindluse kujunemist. Toitainete omastamine on efektiivne, kui muld on parasniiske ja õhk soe. Külvist vegetatsiooni lakkamiseni vajaminev soojushulk on vähemalt 207 kraadi (üle +5 °C) (Keppart 1988). Rukki areng aeglustub ja võrsumine lakkab, kui päeva pikkus on lühem kui 9 tundi (Secale cereale 2002). Vegetatsioon lõpeb, kui ööpäeva keskmine temperatuur ei ületa viie päeva jooksul +5 °C. Selleks ajaks on rukis reeglina korralikult juurdunud ning kogunud varuaineid talve üleelamiseks (Tupits 2003).

Peaalge moodustumine ja areng

Selleks, et talirukkil moodustuks õied ning toimuks tolmlimine ja viljastumine, peab rukis kõik arenguetaapid läbima optimaalsel ajal (Physiology of vernalization). Külmakarastuseta kasvukuhikus peaalgeid ei moodustu (Starzycki 1976). Peaalge formeerumist mõjutavad päeva pikkus ja temperatuur (Hector 1936). Katseliselt on kindlaks tehtud, et kompaktne peaalge moodustus madalama temperatuuri ja pikema päeva tingimustes. Sel ajal tarbis rukis rohkem lämmastikku kui eelneval perioodil (Starzycki 1976). Toitainete puuduse korral on rukki pead lühemad ja pähikuid vähem (Secale cereale 2002). Talirukki saagi moodustamiseks kulub umbes 30% vähem vett võrreldes teiste teraviljadega, kuid teatud arengufaasides tarbib rukis vett üsna palju. Idanemise ajal suureneb seemne rakkudes veehulk vähemalt 40–50% (Physiology of vernalization) ning saagi suuruse seisukohalt on suurem veevajadus võrsumise ja loomise ning õitsemise ja terade moodustumise ajal. Kõrsumisest loomiseni vajab rukis vett vähem ja sel ajal valitsevad põud saagikust ei mõjuta (Starzycki 1976).

Talirukis on pikapäevataim. Kevadel alustab rukis kasvu kui ööpäeva keskmine temperatuur ületab +5 °C. Sügisel kasvukuhikus moodustunud peaalge hakkab kiiresti arenema – pähikutes moodustuvad õied, arenevad emakas ja tolmuks. Loomise ajaks on viljapea välja kujunenud ja jätkub intensiivne kasv. Rukki õitsemise ajaks peab päevalgust olema vähemalt 14 tundi (Grubinger 2010). Rukis alustab õitsemist 7–10 päeva pärast loomist. Pikaajaliste vaatluste kohaselt algab Jõgeva Sordiaretuse Instituudi (SAI) talirukki sortide võrdluskatses tolmlimine 6. – 8. juuni paiku. Viimase nelja aastakümne varaseim tolmlimine algas 27. mail (1975 ja 2002) ning hiliseim 23. juunil (1987). Jõgeva SAI tava- ja mahekatsetes uuriti külviaja ja külvisenormi mõju talirukki kasvule ja arengule. Septembri algul külvatud talirukis hakkas tolmlima nädal varem kui septembri lõpus külvatud rukis (Tupits 2012). Külvisenorm rukki tolmlimise aega ei mõjutanud.

Talirukki õisik

Rukki õisik on pea. Rukki peal on lüliline peatelg, millele kinnituvad pähikud, igas pähikus kaks õit (Tuppits 1974). Kahesugulist õit kaitsevad sise- ja välisõskal, nende vahel asetseb kahe sulgja suudmega emakas ja kolm tolmuks. Kolmas, rudimenteerinud õis asetseb kahe õie vahel ja kinnitub peateljele lühikese varre abil (Kobõljanskij 1982). Soodsates ilmastikuoludes võib kolmas õis välja areneda, avaneda ja viljuda (Simmonds, Campbell 1976). Moodustunud tera on enamasti kõlujas ja eraldub sorteerimisel. Rukis on risttolmlev st õied viljastuvad võõra tolmuaga. Kirjanduse andmetel (Simmons, Campbell 1976) on risttolmlev rukis 0–6% ulatuses isetolmlev. Isetolmlimise korral või isolaatori all sama õie tolmuaga viljastatud terad on kõlujad ja madala idanemisvõimega.

Tolmlemine ja terade moodustumine

Kõik pead ei õitse ja õied ei avane korraga. Õitsemist alustab peavõrse. Esimesed õied avanevad pea keskelt ja protsess laieneb edasi tipu ja seejärel pea aluse suunas (Simmonds, Campbell 1976). Ühe pea õitsemine kestab 4–5 päeva ja kogu taim õitseb umbes nädal aega. Õis on avatud 12–30 minutit, tolmu väljumine tolmutist kestab mõne hetke ja on visuaalselt reaalarajas jälgitav. Ühe õie tolmutest on kuni 60 000 tolmutera (Interactive Agricultural Ecological...). Intensiivse õitsemise ajal kerkib põllu kohale rukkitolmu pilv, mis võib tuule ja soodsate õhuvooludega sadade kilomeetrite kaugusele kanduda. Õhus lendlevad tolmuterad kinnituvat sigimiku sulgjale suudmele. Tolmutera kestast kasvab tolmutoru sigimiku põhja, seejärel toimub viljastumine ja teraalge hakkab kasvama (Kobõljanskij 1982). Kasvav tera vajab toitained ja vett. Toitained liiguvad rukki vegetatiivorganitest teradesse, seejärel lehed järk-järgult kuivavad ja kõrs koltub. Sõltuvalt ilmastikutingimustest valmivad terad 55–65 päevaga.

Õöpäevas on kaks intensiivset tolmlemisperioodi. Eesti tingimustes algab intensiivsem tolmlimine hommikul 9–10 vahel ja tagasihoidlikum 3–4 ajal pärast lõunat. Tolmlmist mõjutavad õhutemperatuur ja -niiskus. Kõrgem õhutemperatuur ja madalam õhuniiskus kiirendavad rukki õitsemist, jahe ja niiske ilm pikendavad. Vihmaste ilmadega avanevad õied vihmahoogude vahel kogu päeva ulatuses. Ebasoodsates tingimustes võib osa õisi viljastamata jääda ja valminud viljapeades esineb sel puhul tühikuid (Starzycki 1976). Hiline öökülm võib samuti rukki õisi kahjustada, mille tulemusena jäävad pähikud tühjaks või kogu pea viljastamata. Määrava tähtsusega on ka rukkisortide seisukindlus. Kui rukis lamandub enne õitsemist, on tolmlimine takistatud ja teri ei moodustu. Lamandumine pärast õitsemist terade moodustumist ei pärsi, küll aga mõjutab terade kvaliteeti.

Tolmlamise ajal võivad tungalseente eosed nakatada rukki õisi ja rukki-pahksäask muneda munad avatud sõkalde vahele.

Tungaltera

Tungalseene eosed nakatavad kõrrelisi heintaimi ja teravilju. Tungaltered (*Claviceps purpurea*) sisaldavad toksilisi alkaloidide, mis on mürgised nii inimestele kui ka loomadele. Talirukis on tungalterale suhteliselt vastuvõtlik.

Tungaltered valmivad rukki teradega samal ajal ja võivad koristamise käigus variseda või külvatakse põllule koos rukki seemnega. Mulda sattunud tungalterad vajavad elutegevuseks niiskust ning hakkavad arenema, kui on 4 kuni 8 nädala jooksul “külmakarastuse” läbinud. Seeneniidistiku arenemine toimub hiliskevadel ja lülieosed lendavad tuule abil laiali. Kui rukki õitsemise ajal on mingil põhjusel tolmuhiik väike, satuvad eosed rukkioite emakasuumetele. Nakatumine toimub 24 tunni jooksul. Koniidid eritavad mesinestet, mille abil toimub teisene nakkus rukkipea kokkupuutel teiste peadega, ka putukad, tuul ja vihmapiisad levitavad nakkust (Schumann 2000). Rukkitera asemel hakkab arenema lillakasmust tungaltera, mis on tavaliselt rukkiterast mitu korda suurem. Tungalterade rohkel esinemisel on täheldatud rukkiterade arvu vähenemist peades ja terade kaalu langust. Sõltuvalt tungalterade arvust viljapeas väheneb terade arv 10–80% ja terade kaal 25–93% (Dabkevičius, Semaškiene 2001; Mikaliūnaite, Dabkevičius 2009).

Tungalseened nakatavad rukki õisi rohkem jahedal ja vihmasel suvel. Teistest hiljem õitsemist alustavatel sortidel või pikalt õitsevatel taimedel on leitud rohkem tungalteri. Samuti on tungalteri rohkem tetraploidsetel ja hübriidrukki sortidel (Hackauf

et al. 2009). Ühtlaselt ja lühikest aega tolmlevatel sortidel esineb üksikuid tungalteri (Dabkevičius, Semaškiene 2001; Dabkevičius, Mikaliunaite 2005). Palju tungalteri võib leida rukki produktiivvõrsetele lisaks kasvavatel kõrvalvõrsetel. Kevadel kasvanud võrsed hakkavad õitsema siis, kui põhivõrsetel on terad moodustunud. Tungalteri leiab rohkem rukkipoollu servadest ja talvel hõrenenud kohtades kasvavatel taimedel. Tihedas taimikus esineb tungalteri harva (Dabkevičius, Mikaliunaite 2005).

Sorteerimisega ei ole alati võimalik kõiki tungalteri külvisseemne partiist eemaldada, seetõttu peaks rukki külviks kasutama eelmiste aastate seemet. Kirjanduse andmetel (Schumann 2000) kaotavad tungalterad aasta pärast eluvõime. Katseliselt on kindlaks tehtud, et osa sorte on vähem vastuvõtlikud tungalseene nakkuse suhtes ning geneetikud jätkavad otsinguid resistentsete vormide leidmiseks ja kasutamiseks sordiaretuses. Aretusmaterjali korduva valikuga loodetakse vastav omadus uutes rukkisortides kinnistada (Mirdita et al. 2008; Miedaner et al. 2009). Samas on aretatud hübriidsorte just tungalterade tootmiseks. Tungalterade alkaloide kasutatakse ravimite tootmiseks.

Külvisseemne puhtimine keemiliste ja bioloogiliste preparaatidega ei anna põllu tingimustes kahjuks täielikku kaitset tungalseente vastu (Mikaliunaite, Dabkevičius 2006). Agrotehniliste tõrjemeetodite kasutamine on andnud paremaid tulemusi, sest sügavale mulda sattunud tungalterad ei ole võimelised arenema ja hävivad. Miniharimise või otsekülvi puhul peaks talirukkile järgnema rühvelkultuur või liblikõieliste külv. Nakkuse levitajad on ka kõrrelised umbrohud (rebasesaba, orashein), seetõttu peab põlluääred umbrohupuhtad hoidma (OEPP/EPPO 1994).

Rukki-pahksääsk

Rukki-pahksääske (*Sitodiplosis mosellana*) on teraviljapõldudel raske märgata, kuid kahjustatud teri võib leida igas viljapartiis. Keskmise õhutemperatuuri tõusuga viljakasvatuse piirkondades suureneb pahksääse kahjustuse risk. Ka Eestis on rukki-pahksääsk levinud (Jaama jt 1973) ning kahjustab enim nisu, vähem rukist, tritikalet ja otra (Mittapalli et al. 2006).

Rukki-pahksääsk on kollakasoranži kehaga ja esiletungivate mustade silmadega, kuni 3 mm pikkune läbipaistvate tiibadega putukas. Sääsevastsed talvituvad mullas ja lendlus algab põldudel kui õhutemperatuur tõuseb üle 15 °C, valitseb tuulevaikus ja muld on niiske. Jaheda ja tuulise ilmaga lendlust ei toimu. Aktiivne lendlus ja paaritumine algab teraviljade loomise ja õitsemise vahelisel perioodil, õhtul kella 20–23 ajal, ning emane sääsk muneb nädalase elutsükli jooksul viljapähikutele keskmiselt 80 muna (Government of Alberta... 2001). Soodsa temperatuuri korral kooruvad nädala pärast oranžid vaglad, kes toituvad moodustuvatest teradest. Ühes teraalges võib olla ka mitu vastset. Paari-kolme nädala pärast kukutavad vaglad end mullale ja poevad 5–10 cm sügavusele nukkuma. Järgmisel kevadel kooruvad uued sääsed. Ebasoodsates tingimustes jäävad nukud mulda mitmeks aastaks.

Vaklade elutegevus mõjutab terade kvaliteediomadusi. Kahjustatud terad on kõlujad, sirbikujulised ning terakest on krobeline. Läbinäritud terakesta kaudu tungivad terasse seenhaigused ja vihmavesi, suureneb peas kasvamamineku oht. Tugevalt kahjustatud terad ei idane.

Jõgeva SAIs on rukki-pahksääse esinemise ja kahjustuse vaatlusi tehtud 2006. aastast (Ingver jt 2009). Kahjuri avastamiseks paigutati suvi- ja talinisu ning hiljem ka

talirukki katsepõldudele liimpüünised. Kõige rohkem isendeid püüti kinni suvinisu katsepõldudelt. Talinisu ja rukis õitsevad varem, mil ilmastikutingimused pahksäase lendluseks ei ole veel soodsad. Aasta-aastalt on pahksäase arvukus kasvanud. Hilisemad vaatlused katsetel ja tootmispõldudel üle Eesti on näidanud, et kõrge õhutemperatuuri ja -niiskusega aastatel on rukki-pahksäase vastsete leide üha rohkem ka talirukki põldudel, eriti Lõuna-Eestis.

Rukki-pahksäaske on võimalik tõrjuda agrotehniliste võtetega. Kõrre koormine ja künd hävitavad talvituvaid vaklu (Jaama jt 1973). Tähtis on külvikorrast kinnipidamine ehk leivavilja külvidele võiks järgneda õlikultuurid või liblikõielised. Keemiline tõrje on efektiivne, kui seda tehakse õhtuti lendluse ajal. Tõrjele võiks eelneda sääskede lendluse monitooring kas visuaalselt või liimpüünise abil. Väheste isendite leidmisel ei ole keemiline tõrje otstarbekas. Vastsete tõrjumine on raskendatud, sest neid varjavad viljakestad.

Kasutatud kirjandus

- Budzynski, W.S., Jankowski, K.J., Szemplinski, W. 2003. Cultivar-related and agronomic conditions of rye yielding on good rye soil suitability complex. Part I. Yield and its relationship with the yield components. – *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* Vol. 6, issue 1, series Agronomy, 1–12.
- Dabkevičius, Z., Semaškiene, R. 2001. Occurrence and harmfulness of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul) in cereal crops of Lithuania. – *Biologija* Nr. 3, 8–10.
- Dabkevičius, Z., Mikaliunaite, R. 2005. The occurrence of ergot [*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.] in various varieties of winter rye in Lithuania. – *Journal of plant protection research* Vol: 45, number 2, 73–82.
- Government of Alberta, Agriculture and Rural Development. 2001. Wheat Midge. – *Agri-Facts: Practical Information for Alberta's Agricultural Industry*, Agdex 622–22. [WWW] [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex2507/\\$file/622-22.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex2507/$file/622-22.pdf?OpenElement) [20.11.2012]
- Grubinger, V. 2010. Winter rye: a reliable cover crop. [WWW] <http://www.uvm.edu/vtvegand-berry/factsheets/winterrye.html> [16.05.2012]
- Hackauf, B., Truberg, B., Wortmann, H., Fromme, F.J., Wilde, P., Menzel, J., Korzun, V., Stojalowski, S. 2009. Minimizing Ergot Infection in Hybrid Rye by a SMART Breeding Approach. – *Crop Plant Resistance to Biotic and Abiotic Factors*. (Ed). Feldmann, F., Alford, D.V., Furk, C.. Braunschweig, Germany, 439–450.
- Hakala, K., Pahkala, K. 2003. Comparison of central and northern European winter rye cultivars grown at high latitudes. – *Journal of Agricultural Science* 141, 169–178.
- Hector, J.M. 1936. Photoperiodism and Vernalization in Relation to Habit. *Introduction to the Botany of Field Crops: Non-cereals*, 138–143. [WWW] <http://www.bulbnoose.org/Heredity/HectorWheat1936.html> [16.05.2012]
- Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighbouring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds. [WWW] http://www.agroatlas.ru/en/content/cultural/Secale_cereale_K/ [17.05.2012]
- Jaama, A., Kikas, L., Kuusksalu, R., Tava, V., Villemsoo, A. 1973. *Taimekaitse käsiraamat*. Tallinn, lk. 124–126.
- Jaama, E., Lauk, E. 1999. Teraviljade kasv ja areng. – *Teraviljakasvatuse käsiraamat*. (Koostaja) H. Older. Saku, lk. 26–38.
- Ingver, A., Koppel, R. Tupits, I. 2009. Rukki-pahksäask. – *Põllukultuuride sordid, omadused ja soovitusi kasvatamiseks*. Aastaseminar 2009. Jõgeva, lk. 68–71.

- Keppart, L. 1988. Põllukultuuride keskmine ja ekstremaalne arenemine Jõgeval sõltuvalt soojustrežiimist. – *Kohalike loodusvarade kasutamine ja keskkonnakaitse*. Tallinn–Jõgeva, lk. 47–51.
- Kobõljanskij, V. D. 1982. Rož. *Genetisteskie osnovõ seleksii*. Moskva, 241c. (vene keeles)
- Laine, A., Pahkala, K. 2004. Rukiin kylvõaikatutkimus 1987–1992. – *Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyaluella*. Jokioinen, Finland, 39–49.
- Lewis, C.F., Christiansen, M.N. 1981. *Plant Breeding II*. (ed) K.J. Frey. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 151–154.
- Miedaner, T., Mirdita, V., Rodemann, B., Drobeck, T., Rentel, D. 2010. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (*Claviceps purpurea*) reaction tested in a field design with minimized interplot interference. – *Plant Breeding* **129**, 58–62.
- Mikaliūnaite, R., Dabkevičius, Z. 2006. Efficacy of seed treaters on the germination of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) sclerotia and stoma formation. – *Agronomy Research* **4** (Special issue), 303–306.
- Mikaliūnaite, R., Dabkevičius, Z. 2009. The spread of ergot (*Claviceps purpurea*) on Poaceae plants and incidence on cereals in Lithuania. – *Zemdirbyste Agriculture* vol. **96**, No. 4, 246–259.
- Mirdita, V., Dhillon, B.S., Geiger, H.H., Miedaner, T. 2008. Genetic variation for resistance to ergot (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) among full-sib families of five populations of winter rye (*Secale cereale* L.). – *Theoretical and Applied Genetics*. Volume **118**, Issue 1, 85–90.
- Mittapalli, O., Shukle, R.H., Wise, I.L. 2006. Identification of mariner-like elements in *Sita-diplosis mosellana* (Diptera: Cecidomyiidae). – *Canadian Entomologist*. **138(2)**, 138–146. [WWW] http://www.cwb.ca/public/en/farmers/weather/midge/pdf/NDSUFFactSheet_2008.pdf [18.11.2012]
- OEPP/EPPO. 1994. EPPO Standards PP2/1(1) Guidline on good plant protection practice: principles of good plant protection practice. – *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **24**, 233–240.
- Pahkala, K., Laine, A., Vuorinen, M., Niskanen, M., Hakala, K., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Avikainen, H., Eurola, M., Salmenkallio-Marttila, M. 2004. Kylvõajan ja kasvinsuojelun vaikutus rukiin versoutumiseen, sadonmuodostukseen ja laadun. – *Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyaluella*. Jokioinen, Finland, 50–90.
- Physiology of vernalization. [WWW]http://plantcellbiology.masters.grkraj.org/html/Plant_Growth [16.05.2012]
- Pill, M. 1977. 'Sangaste' rukis. – *EMMTUI Teaduslike tööde kogumik XXXVIII. Sordiaretus ja seemnekasvatus*. Tallinn, lk. 11–30.
- Pulli, S. 1987. Rukiin kylvõ ja talvehtimine. Tehoksessa: Symposium Rukiin Viljely. Jokioinen. – *Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote* no.8. Helsinki. 20–29.
- Schumann, G.L. 2000. Ergot. The plant health instructor. [WWW] www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/Ergot.aspx [16.11.2012]
- Secale cereale. Plant. 2002. [WWW] http://ecoport.org/ep?Plant=1929&entityType=PL***&entit... [17.05.2012]
- Simmons, D.H., Campbell, W.P. 1976. Morphology and chemistry of the rye grain. *Rye: Production, Chemistry and Technology*. (Ed) W. Bushuk. St. Paul, Minnesota, 63–110.
- Starzycki, S. 1976. Diseases, pests, and physiology of rye. – *Rye: Chemistry and Technology*. (Ed) W. Bushuk St. Paul, Minnesota, 27–61.
- Tupits, I. 2003. Taliteraviljade agrotehnikast. – *Hüva Nõu* Nr **8** (42), lk. 1–2.
- Tupits, I. 2012. Talirukki mahekatses tulemused Jõgeva SAIs. – *Mahepõllumajanduse leht* **59** 2/2012, lk. 3–5.
- Tuppits, H. 1974. Rukis. – *Põldtunnustamine seemnekasvatases*. (Koostaja) H. Annus. Tallinn, 1974, lk. 62–75.

MAHE- JA TAVARUKKI KÜPSETUSKATSETE TULEMUSTEST

Malle Järvan, Liina Edesi
Eesti Maaviljeluse Instituut

Lea Lukme, Ann Akk
Põllumajandusuuringute Keskus

Miralda Paivel
Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool

Abstract. Järvan, M., Edesi, L., Lukme, L., Akk, A., Paivel, M. 2013. Results of baking tests of organically and conventionally grown rye. – *Agronomy 2013*.

Consumers' demand for healthy food is growing. Therefore, recommendations for whole grain products intake, which are rich in dietary fiber, have become more topical.

The aim of this study was to evaluate whether there are any differences between baking properties of organically and conventionally grown rye. Whole grain rye flours were produced from the yields of field trials conducted during 2008–2011 in Olustvere. Rye was grown in five-field crop rotation, testing both organic and conventional farming methods. Baking tests were carried out in the Agricultural Research Centre according to the rye baking trial manual of the plant material laboratory. Sourdough was used for making bread.

The results of the tests indicate that organic rye flour contains more starch but less protein compared to conventional flour. The falling number of rye is not dependent on the farming method but was significantly decreased in the case of crop lodging. The viscosity of dough correlated positively with the falling number and starch content of whole grain rye flour. However, baking properties, such as water absorption, bread output, porosity and acidity of bread crumb, were not affected by the farming method. In general, baking properties of organically grown rye did not differ substantially from rye grown under conventional farming.

Keywords: *falling number, starch, protein, dough viscosity, bread loaf properties.*

Sissejuhatus

Kuna tarbijate huvi tervisliku toidu vastu on järjest suurenemas, on loomulik, et kasvab ka nõudlus kiudainerikaste teraviljatoodete järele. Selle toidugrupi üheks peamiseks esindajaks on rukis. Rukis sisaldab mitmeid mineraalaineid (sh kaltsiumi, kaaliumi, magneesiumi, rauda, tsinki, fosforit) ja vitamiine, eriti B-grupi omi. On leitud, et rukikitaigna kääritamisel muutuvad mõned mineraalid organismile paremini omastatavaks ja sellise taigna küpsetamisel ei teki B₁-vitamiini kadu (Poutanen *et al.* 2009). Teadlased on korduvalt tõestanud, et täisteratoodete, sh rukkileiva tarbimine kaitseb südameveresoonehaiguste eest ja vähendab kasvajatesse haigestumise riski (Åman *et al.* 1997; Kujala 1999; Poutanen *et al.* 2009; Dvořáková *et al.* 2012). Peale selle on leitud, et tarbides saia asemel rukkileiba, olenemata selle kiudainesisaldusest, vajavad suhkruhaiged veresuhkru reguleerimiseks märksa vähem insuliini (Poutanen *et al.* 2009; Dvořáková *et al.* 2012).

Rukkijahu sisaldab vett, valke, rasvu, mono- ja disahhariide, tärklisi, toidukiudu, mineraale (Na, K, Ca, Mg, P, Fe) ja vitamiine (B₁, B₂, B₄, PP) (Auerman 2003).

Rukkijahu keemiline koostis erineb nisujahu keemilisest koostisest. Rukkis on

vähem tärglist ja toorproteiini, kuid rohkem vabu suhkruid ja toidukiudu (Kujala 1999). Rukkil ja nisul on kliisisaldus umbes ühesugune, kuid rukis sisaldab endospermis rohkem rakuseinu, seega on tal toidukiu sisaldus suurem (Åman *et al.* 1997; Kujala 1999; Nowotna *et al.* 2006). Leivateo juures on kiu rakuseinte polüsahhariididel tähtis mõju rukkitaigna ja -leiva küpsetusomadustele. Rukkis leidub nii lahustuvaid kui lahustumatuid toidukiu vorme. Peamine toidukiu komponent on arabinoksülaan. Arabinoksülaan ja β -glükaan on osaliselt lahustumatud ja osaliselt lahustuvad, moodustades juba väikeste sisalduste (0,5–2%) juures viskoosse geeli – limaaaine (Kujala 1999).

Rukkijahu valk-proteinaaskompleksi mõju leiva kvaliteedile on suur. Rukkijahu valkude omaduseks on kiiresti paisuda, mis omakorda mõjutab taigna füüsikalisi omadusi, eriti viskoossust. Rukkitaigna viskoossus on põhjustatud eelpoolnimetatud geelist – limaaainest, mis vähendab ka taigna vedelamaks muutumist käärimisprotsessis, sest limaaaine seob kuni 70% vett (Auerman 2003).

Võrreldes nisujahuga sisaldab rukkijahu valk rohkem inimorganismile vajalikke ja asendamatu aminosahhappeid – lüsiini ja treoniini (Auerman 2003). Erinevalt nisujahu valgust, ei ole rukkijahu valk-proteinaaskompleks suuteline moodustama sellise struktuuriga “karkassi” kui nisujahu valk, olenemata sellest, et rukkijahus on olemas ka gliadiini ja gluteeni fraktsioonid. Rukkijahu tehnoloogilised ja küpsetusomadused sõltuvad kõige rohkem süsivesiku-amülaaskompleksist, millel on spetsiifilised omadused (Auerman 2003; Nowotna *et al.* 2006).

Rukkijahu küpsetusomadused ja leiva kvaliteet sõltuvad olulisel määral fermentide aktiivsusest ja nende sisaldusest jahus. Kasvamaläinud rukkist jahvatatud jahu madalad küpsetusomadused (langemisarv alla 100 sek) on tingitud α -amülaasi suurenenud kogusest. Et vähendada jahu amüloolüütilist aktiivsust, suurendatakse taigna happesust, mis kutsub esile α -amülaasi kiire inaktiveerumise küpsetamisel. Jahu suhkru- ja gaasitekitamisvõime oleneb suurel määral jahu jämedusest – mida väiksemad on jahu osakesed, seda rohkem puruneb tärgliseteri jahvatamisel ning tärglise lagundamisel β -amülaasi kaasabil suureneb maltoosi hulk (Auerman 2003).

Teatavasti oleneb rukkijahu ja -leiva kvaliteet paljudest teguritest: sort, kasvu- ja koristusperioodi ilmastik, tehnoloogilised protseduurid jms (Salmenkallio-Marttila, Hovinen 2005; Banu 2006; Dvořáková *et al.* 2012). Paraku ei õnnestunud leida teavet viljelusviisi mõjust rukki küpsetusomadustele. Küll aga on nisu puhul leitud, et mahe- ja tavaviisil kasvatatud viljast valmistatud küpsetiste välimuses, sisu värvuses ja tekstuuris, maitses ja lõhnas erinevusi ei olnud (Punia, Kheterpaul 2008). Samas on mõnede teiste uurijate (Haglund *et al.* 1998; Annett *et al.* 2007) töödest selgunud, et tavaviisil kasvatatud nisu puhul oli taigna tugevus parem ja päts suurema mahuga kui mahevilja puhul.

Käesoleva töö eesmärk oli uurida, kas on erinevusi maheviljeluse tingimustes kasvatatud rukki küpsetusomadustes võrreldes tavaviiljeluses mõõdukal agrofoonil kasvatatud rukki küpsetusomadustega.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö materjaliks olid rukkiproovid, mis aastail 2008–2011 võeti Olustveres paiknevatelt viljelusviiside külvikorakatsetelt kombainiga koristatud saakidest. Rukis kuivatati ja sorteeriti ning proovid esitati Põllumajandusuuringute Keskuse taimse

materjali laborile küpsetusomaduste määramiseks ja prooviküpsetuste läbiviimiseks.

Rukis (sort 'Elvi') kasvas viieväljalises külvikorras, kus kultuuride järjestus oli järgmine: kartul, kaer, oder ristiku allakülviga, ristik, talirukis. Katsealal üldpinnaga 6 ha oli valdavaks mullaerimiks raske liivsavi lõimisega kahkjass muld. Pikad väljad, suurusega 1,2 ha, jagati kolme võrdsesse ossa; ühel ja samal väljal võrreldi tavaviljelust ning kaht maheväljeluse viisi – ühes neist anti külvikorras kartuli alla sõnnikut, teises mitte. Kuna stabiilse külvikorra sisseviimise esimestel aastatel ei olnud sõnnikuga väetamine veel kõikidelt väljadelt läbi käinud, siis rukki puhul oli aastail 2008–2010 võimalik võrrelda vaid kaht varianti: sõnnikuta maheväljelust (M) ja tavaviljelust (T). Alates 2011. aastast lisandus rukki puhul ka sõnnikut saava maheväljeluse (MS) variant, mille puhul oli sõnniku andmise ja rukkikülvi vaheline aeg paraku tervelt neli aastat. Nii pika aja taha sõnniku järeloomõju tavaliselt ei ulatu.

Rukis külvati septembri esimestel päevadel kahe külvisenormiga: pool välja laiuusest normiga 450 idanevat tera m² ning teine pool 550 idanevat tera m². Tavaviljeluse osale anti rukkikülvi eel NPK mineraalväetist 5:10:25 normiga 300 kg ha⁻¹. Kevadel pärast mulla tahenemist rukkipeõld äestati, andes enne seda tavaviljeluse osale ammooniumnitraati AN 34 normiga 100 kg ha⁻¹. Umbes kolm nädalat hiljem väetati teist korda sama normiga. Tavavariandi rukkil tehti ka keemiline umbrohutõrje. Rukis koristati kombiniga augustikuus.

Rukkijahude küpsetuskatsed viidi läbi labori tingimustes. Leiva retsepti, tehnoloogia ja küpsetusrežiimi väljatöötamisel võeti aluseks PMK taimse materjali labori tööjuhend rukki küpsetuskatsete läbiviimise kohta. Kuna rukkileibade küpsetamiseks kasutati täisterajahu (tuhasisaldus 1,65–2,0%), oli retseptis ka vähesel määral nisujahu, et toodete mahtu ja sisu struktuuri parandada. Leibade valmistamisel kasutati naturaalselt rukkijuuretist ja lisati ka soola. Rukkijuuretises tasakaalustatud mikrofloora saavutamiseks piimhappe- ja äädikhappebakterite vahel lisati rukkijuuretisele täiendavalt mikrobioloog Helgi Laitamme kasvatatud piimhappebakterite puhaskultuuri. Leivataigna valmistamiseks kasutatava vee kogus arvutati valemil abil, kus arvesse tulid retseptis olevate komponentide kuivaine kaal ja soovitatav taigna niiskus. Kõikidel aastatel püüti küpsetamisel valmistoote niiskus ja happesus hoida ühesugustes piirides, et leiva kvaliteet oleks aastate lõikes võrreldav: valmistoote niiskus 47–49% ja happesus 6–6,8°.

Tulemused ja arutelu

Rukkileiva kvaliteedi hindamisel on olulised järgmised parameetrid: leiva kuju, vorm, maht, sisu struktuur, kooriku värvus, sisu küpsus, maitse ja lõhn. Rukkileiva maitse ja aroom olenevad väga suurel määral piim- ja äädikhappe vahekorra leivas. Liigne äädikhappe sisaldus annab leivale terava hapuka maitse, vähene muudab leiva mitteraamseks. Hapete õige vahekorra saab tagada korraliku rukkijuuretisega. Leiva maitse kujundamisel on suur tähtsus ka küpsemisel tekkivatel aroomaatomitel ja maitsemeelt mõjutavatel ainetel. Viimaste koosseisu kuulub ligi 70 mitmesugust ühendit. Leiva kooriku värvuse intensiivsus sõltub aminohapete ja redutseeritud suhkrute sisaldusest taigast ja küpsetusrežiimist (Auerman 2003).

Esmane hinnang rukki küpsetuskvaliteedile antakse tavaliselt juba rukkiterade langemisarvu alusel. Meie katsematerjalide puhul kõikus see piirides 102 sek (2008) kuni 280 sek (2010). Madal oli rukki langemisarv ka 2011. aastal tavaviljeluse varian-

tides (vastavalt 150 ja 128 sek), sest tugevpuhanguliste hoovihmade tõttu oli vili seal enne koristust lamandunud. Pärast rukki jahvatamist täisterajahuks jäi langemisarv piiridesse 110 kuni 287 sek (tabel 1). Sobivaim langemisarv täisterajahude puhul oleks 140 ja 200 sek vahel, sest sellistes jahudes on ferment amülaasi mõju tärglisele küllaldane hea mahuga valmistoote saamiseks.

Tabel 1. Mahe- ja tavaviljeluse rukki jahu omadused ja küpsetuskatsete tulemused

Aasta, külvisenorm	Viljelusviis	JAHU				LEIB			
		proteiin, %	langemisarv, sek	tärglis, % k.a.	veesiduvus, ml 1 g kohta	leiva saagis, %	ruumala, cm ³	happesus	poorsus
2008–II	M	8,3	110	62,9	1,48	167	1464	6,0	55
	T	10,9	120	61,4	1,48	173	1552	6,0	58
2009–I	M	10,7	175	62,5	1,46	169	1582	6,1	57
	T	10,8	175	61,1	1,50	166	1499	6,6	57
2009–II	M	10,4	165	62,6	1,48	164	1450	6,5	59
	T	10,9	140	61,3	1,48	166	1440	6,0	59
2010–I	M	8,0	268	67,3	1,49	174	1462	6,6	62
	T	10,2	268	64,0	1,50	174	1470	6,4	53
2010–II	M	7,5	260	67,5	1,49	173	1412	6,6	58
	T	10,2	287	65,1	1,49	173	1396	6,5	56
2011–I	M	8,1	234	66,5	1,52	163	1356	6,6	53
	MS	8,2	230	63,6	1,52	165	1462	6,4	55
2011–II	T	10,5	172	62,9	1,52	166	1410	6,3	54
	M	8,1	241	65,5	1,52	166	1409	6,2	59
2011–II	MS	8,1	232	63,4	1,51	163	1445	6,4	55
	T	10,6	157	63,4	1,51	167	1432	6,0	60

Külvisenorm: I – 450 idanevat tera m²; II – 550 idanevat tera m². Viljelusviis: M – mahe, sõnnikuta külvikord; MS – mahe, külvikorrast sõnnik (antud 4 aastat enne rukki külvi); T – tava.

Kui võrrelda maheviljeluse (M) ja tavaviljeluse (T) rukki jahude omadusi paari viisi aastate jooksul, siis ilmnes selgelt reeglipärasus, et maherukkil on tärglisesisaldus kõrgem keskmiselt 2,3% võrra (M variandis 65,0% ja T variandis 62,7%). Teatavasti on terades tärglise- ja proteiinisaldused pöördvõrdelises sõltuvuses. Nii avaldus see ka meie katsematerjali puhul: kui T variandi rukkijahus oli proteiini keskmiselt 10,6%, siis M variandi puhul 8,7%. Kuigi on leitud, et proteiin rukkijahu küpsetusomadusi eriti palju ei mõjuta, küll aga teeb seda tärglis (Arendt *et al.* 2007; Banu *et al.* 2011; Dvořákova *et al.* 2012), siis meie küpsetuskatsete tulemustes tärglise mõju nii otseselt ilmsiks ei tulnud. Kui võrrelda tabelis paari viisi mahe- ja tavavariandi rukki küpsetustulemusi, siis võib näha, et jahu tärglisesisaldus ei mõjutanud reeglipäraselt leivapätsi ruumala ja sisu poorsust, sest vahed olid väikesed ning aastati olid tulemused ka erinevasuunalised.

Küll aga ilmnes tihe seos rukki tärglisesisalduse (ja samuti langemisarvu) ning

taigna viskoossuse vahel. 2011. a rukki täisterajahudest määrati tärglise ja vee suspensiooni viskoossuse muutust kuumutamisel ja jahutamisel Brabender Viscograph-E abil (ICC Standard No.169). Tärglise kliisterdumise algtemperatuur ja maksimaalse viskoossuse temperatuur on olulised näitajad rukkijahust keetude valmistamisel. Keetud parandavad leiva kvaliteeti ja säilitavad leiva värskust, aeglustavad leiva vananemisprotsessi. Kui võrrelda tava- ja mahevariantide proove, siis maheviljeluse tingimustes kasvatatud jahude viskoossused, samuti kliisterdumise temperatuurid olid suuremad: tavavariandis T keskmiselt 267BU 66,7 °C; mahevariandis MS (sõnnikut saava mahekülvikorra puhul) keskmiselt 443BU 70,8 °C. Kõige suurem tärglise viskoossus oli mahevariandis M (sõnnikuta külvikorra puhul) – 496BU 70,9 °C (Brabenderi ühik BU on kokkuleppeline ühik). Kuid antud juhul ei tohi järeldada, nagu põhjustanuks viljelusviisi iseenesest viskogrammide nii suuri erinevusi. Ei tohi unustada, et 2011. a oli tavaviljeluse variantide rukis lamandunud ning see põhjustas langemisarvu olulise vähenemise. Tavavariandi T rukkijahu langemisarv oli sel aastal keskmiselt 164 sek, mahevariantide (M ja MS) keskmine aga 234 sek.

Viskograafil läbiviidud analüüside põhjal võime järeldada, et langemisarvu ja tärglisesisalduse suurenemisel suurenes ka taigna viskoossus. Kirjanduses märgitakse, et rukkijahu langemisarv ja viskogramm annavad head informatsiooni tärglise kliisterdumisest ja amüloolüütiliste ensüümide osast selles protsessis (Banu 2006; Straumite 2006). Rukki tärglisele on iseloomulik, et see kliisterdub madalamal temperatuuril kui nisu tärglis (Auerman 2003; Nowotna *et al.* 2006; Banu *et al.* 2011).

Jahu veesiduvuses (milliliitrites ühe grammi kohta) ja leiva saagises (leiva kaalu ja jahu kaalu suhe protsentides) ei ilmnenud eri viljelusviisidel kasvatatud rukki täisterajahude puhul märkimisväärseid erinevusi. Reeglipäraseid erinevusi ei tulnud välja ka pätsi mahtudes ja sisu poorsuses. Meie küpsetuskatsetes kõikus toote poorsus 53–60% vahel. Poorsuse all mõistetakse leivasisu pooride ja leivasisu üldise mahu suhet väljendatuna protsentides. Valmistootte poorsus on seotud toote sisu struktuuriga: mida paremini on toote sisu poorid välja arenenud, seda suurem on poorsus.

Läbiviidud küpsetuskatsete põhjal võib järeldada, et kõikide variantide tulemused olid rahuldavad või head. Leivad olid meeldiva aroomi, hea maitse ja sisu struktuuriga. Hea on tõdeda, et kõikide katsete piisavalt suur leiva niiskus ja madal happesus ei muutnud leiva sisu kleepuvaks.

Järeldused

1. Maheviljeluse tingimustes kasvatatud rukki täisterajahu tärglisesisaldus oli kõrgem ja valkude sisaldus madalam kui samad näitajad tavaviljeluse rukki täisterajahudes
2. Rukki langemisarv ei olenenud viljelusviisist, küll aga vilja lamandumisest
3. Rukkijahu langemisarvu ja tärglisesisalduse suurenemisega suurenes ka taigna viskoossus
4. Viljelusviis ei mõjutanud rukkijahu veesiduvust, leiva saagist, pätsi ruumala, sisu happesust ja poorsust
5. Maheviljeluse tingimustes kasvatatud rukki küpsetusomadused üldiselt ei erinenud tavaviljeluses mõõdukal agrofoonil kasvatatud rukki küpsetusomadustest

Tänuavaldus

Uurimistöö on läbi viidud EV Põllumajandusministeeriumi rahastatud rakendus-uuringu “Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile” raames.

Kasutatud kirjandus

- Annett, L.E., Spaner, D., Wismer, W.V. 2007. Sensory profiles of bread made from paired samples of organically and conventionally grown wheat grain. – *Journal of Food Science* **72**, 254–260.
- Arendt, E.K., Ryan, L.A.M., Dal Bello, F. 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. – *Food Microbiology* **24**, 165–174.
- Auerman, L.J. 2003. *Tehnologija hlebopekarnogo proizvodstva*. Professija, Sankt-Peterburg, 414 s (vene keeles).
- Banu, I. 2006. The evaluation of the quality rye flours on the basis of the biochemical and rheological indices. – *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* **XII**, No. 2, 291–298.
- Banu, I., Vasilean, I., Constantin, O.E., Aprodu, I. 2011. Prediction of rye dough behaviour and bread quality. – *Irish Journal of Agricultural and Food Research* **50**, 239–247.
- Dvořáková, P., Burešova, I., Kráčmar, S., Havliková, R. 2012. Effect of Hagberg Falling Number on Rye Bread Quality. – *Proceedings of the 1st WSEAS International Conference*, Tomas Bata University in Zlin, Czech Republic, Sept. 20–22, 2012. 257–260.
- Haglund, A.L., Johansson, L., Dahlstedt, L. 1998. Sensory evaluation of wholemeal bread from ecologically and conventionally grown wheat. – *Journal of Cereal Science* **27**, 199–207.
- ICC Standard No. 169. Method for using the Brabender Viscograph.
- Kujala, T. 1999. *Rye: Nutrition, Health and Functionality*. Helsinki, 33 p.
- Nowotna, A., Gambus, H., Liebhard, P., Praznik, W., Ziobro, R., Berski, W., Krawontka, J. 2006. Characteristics of carbohydrate fraction of rye varieties. – *Acta Scientiarum Polonorum* **5(1)**, 87–96.
- Poutanen, K., Flander, R., Katina, K. 2009. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. – *Food Microbiology* **26**, 693–699.
- Punia, N.D., Kheterpaul, N. 2008. Physico-chemical characteristics, nutrient composition and consumer acceptability of wheat varieties grown under organic and inorganic farming conditions. – *International Journal of Food Sciences & Nutrition* **59**, 224–245.
- Salmenkallio-Marttila, M., Hovinen, S. 2005. Enzyme activities, dietary fibre components and rheological properties of wholemeal flours from rye cultivars grown in Finland. – *Journal of the Science of Food Agriculture* **85**, 1350–1356.
- Straumite, E. 2006. *Research on baking properties of rye flour produced in Latvia*. Doctoral Thesis, Jelgava.
- Åman, P., Nilsson, M., Andersson, R. 1997. Positive Health Effects of Rye. – *Cereal Foods World* **42 (8)**, 684–688.

VARASE PUNASE RISTIKU JA HULGALEHISE LUPIINI KASUTAMISVÕIMALUSI HALJASVÄETISENA

Enn Lauringson, Liina Talgre, Arvo Makke

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Lauringson, E., Talgre, L., Makke, A. 2013. Efficiency study of different methods in using early red clover and Washington lupin as green manure. – *Agronomy* 2013.

Trials with early red clover (Jõgeva 433) and Washington lupin (Lupi) as green manure were carried out to study their suitability for green manure production. The trials were carried out on the trial fields of the Estonian University of Life Sciences in 2008–2010. Biomass production abilities of various plants grown with or without a cover crop were examined. Biomass was transferred into soil in the autumn of each vegetation period. In the experiment, different green manure crops with undersowing and pure sowing were compared for amounts of N, C, P, K and organic matter driven into soil and their effect on cereal yield. The value of these green manure crops as manure was estimated, based on their effect on the succeeding cereal yield. Succeeding cereals were spring wheat Trappe and barley Inari. From green manure plants, sown with cover crops, red clover gave the best results, while Washington lupin was better grown as pure crop (18% more biomass than red clover in similar situation). Biomass from Washington lupin, grown without cover crop, was also the most efficient in returning nutrients into the soil. Pure green manure had bigger effect and it lasted longer if grown as undersowing.

Keywords: green manure, biomass, Washington lupin, red clover, nutrient binding

Sissejuhatus

Analüüsid eelnevate aastate põllukultuuride kasvupinna struktuuri Eestis selgub, et paljudel maakasutajatel on huumusbilanss viljavahelduses negatiivne. Huumuse-sisaldust saame mõjutada agrotehniliste võtetega, neist olulisemad on õige kultuuride valik külvikorras ja oskuslik orgaaniliste väetistega väetamine.

Mulda viidava orgaanilise aine arvel paraneb muldade huumusseisund, sellest tulenevalt ka mulla toiterežiim ja hüdrofüüsikalised omadused. Huumusseisundi paranemisel suureneb liivmuldade sidusus, paraneb struktuursus, tõuseb veehoidevõime (huumus peab vett kinni ligikaudu 5–10 korda paremini kui anorgaanilised mullaosakesed), suureneb neelamismahutavus. Lagunenud ja poollagunenud taimejäänuste mineraliseerumisel mullas vabaneb sesoonselt peaaegu kõiki taimedele vajalikke toiteelemente. Huumusained mõjuvad kõrgematele taimedele kasvustimulaatoritena, nad soodustavad toitainete tungimist taimejuurtesse. Rikkalik orgaanilise aine muldaviimine mõjub soodsalt mulla elustikule ja mulla bioloogilisele aktiivsusele.

Maheviljeluses on liblikõieliste haljasväetiskultuuride kasvatamine peamine võimalus rikastada mulda lämmastikuga. Ka tavaviljeluses sunnivad väetiste kõrge hind ja mure mullaviljakuse säilitamise pärast mõtlema liblikõieliste heintaimede kasvatamisele hoopis rohkem kui mõned aastad tagasi.

Soodsates tingimustes võivad liblikõielised haljasväetiskultuurid anda 8–10 tonni kuivainet hektari kohta. Sellise kuivainekogusega viiakse mulda heades kasvuoludes kuni 300 kg ha⁻¹ lämmastikku. Haljasväetiskultuurid mitte ainult ei suurenda N kogust

mullas, vaid mõjutavad ka selle paiknemise sügavust. Seega sõltub haljasväetiste mõju järgnevale kultuurile sellest, kui sügavale mulda viimase juured kasvavad.

Tugevama juurekavaga liblikõielised rikastavad mulda ka teiste mineraalsete toiteelementidega (P, K, Ca), mida nad transpordivad sügavamatest mullakihtidest künikihti. Haljasväetised stimuleerivad mikroobide tegevust, mille tulemusena muutuvad P ja K järelkultuuridele kättesaadavaks. Taimedel on omadus fosforipuudusele reageerida viisil, kus juured muudavad enda ümbrust veidi happelisemaks, mille tulemusena P lahustuvus suureneb. Liblikõielised heintaimed on võimelised happelises keskkonnas muutma ka mineraalidest kaaliumi omastatavamaks.

Orgaanilistest väetistest vabanevad toitained muutuvad taimedele kättesaadavaks aeglasemalt ja ühtlasemalt. Pärast liblikõieliste sissekündi lagunevad taime maapealsed osad kiiremini, juured aeglasemalt. Mugarbakterite abil seotud õhulämmastik vabaneb pikkamööda, kindlustades külvikorras järgnevatele kultuuridele stabiilse varustatuse lämmastikuga. Vabaneb ka taimede poolt seotud ja taimede poolt omastatav P ja K.

Ajendatuna tootjate huvist, alustati Eesti Maaülikoolis haljasväetiskatsetega 2004. a. Uurimise alla võeti külviaasta haljasväetised, variantideks katteviljata ja katteviljaga külv (punane ristik, hübriidlutsern, harilik lutsern, valge mesikas, nõiahammas). Alates 2008. a uuriti ka hulgalehise lupiini sobivust haljasväetiskultuuriks.

Materjal ja meetodika

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

Katsevariantid olid järgmised:

- a) liblikõielised haljasväetiskultuurid katteviljata (punane ristik 'Jõgeva 433', hulgalehine lupiin 'Lupi');
- b) liblikõielised haljasväetiskultuurid odra allakülvina (punane ristik, hulgalehine lupiin). Kattekultuuriks oli oder 'Inari' külvisenormiga 500 idanevat tera m²;
- c) väetamata oder (kontroll) ja mineraalväetisega väetatud oder (N 50 ja N 100 kg ha⁻¹).

Kõikide katsevariantide biomass künti mulda oktoobri kolmandas dekaadis. Järelkultuuridena kasvatati 2009. a suvinisu 'Trappe' ja 2010. a otra 'Inari' külvisenormiga 500 idanevat tera m².

Analoogne katse rajati ka 2009 ja 2010. 2009. a rajatud katsel oli järelkultuuriks samuti suvinisu 'Trappe'. 2010. a rajatud katsel määrati ainult haljasväetiste biomass, teravilja järelkultuurina ei järgnenud. Katteviljata rajatud punase ristiku külvisenorm oli 15 kg ha⁻¹. Kuna mitmed tootjad on kasutanud vähendatud külvisenormiga allakülve, siis antud katses kasutati samuti punasel ristikul katteviljaga külvil külvisenormi 7,5 kg ha⁻¹. Hulgalehise lupiini külvisenormi osas lähtuti kunagisest Tupitsa (1954) soovitusel – katteviljata hulgalehelisel lupiinil 30 kg ha⁻¹ ja katteviljaga 40 kg ha⁻¹. Reavahe nii teraviljade kui liblikõieliste külvil oli 12,5 cm.

Katse rajamisel toimus teravilja ja heintaimede külv külvikuga Wintersteiger, teisel ja kolmandal katseaastal toimus teraviljakülv külvikuga Kongskilde. Teravili koristati katsekombainiga Sampo. Põhk peenestati koristusaegselt kombainiga, haljasväetis peenes-

tati oktoobri kolmandas dekaadis hooldusniidukiga Müthing.

Proovid teravilja puhaskülvide biomassi määramiseks võeti enne saagi koristust ning sealjuures määrati juurte mass kuni 60 cm sügavuseni. Allakülvidega variantides määrati haljasväetiskultuuride biomass kahel korral: esimene kord üheaegselt teravilja koristamisega ja teine kord enne sügisküнди. Katteviljata liblikõieliste kultuuride biomass ning juurte mass määrati oktoobri teises dekaadis.

Allakülvita teravilja tüü, põhk ning haljasväetised künti sisse 23–25 cm sügavuselt. Taimse materjali proovid kuivatati õhkuivaks ja jahvatati. Saadud proovidest määrati N, P, K, C sisaldused märgtuhastamise meetodil.

Katseandmed töödeldi programmiga *Statistica 7.1*. Variantide vaheline varieeruvus on joonistel välja toodud standardhällbena (biomass) ja piirdiferentsina (järelkultuuride saak).

Tulemused ja arutelu

Biomassi saak

2008. a odra allakülvide korral moodustas mulda viidav biomass 4,28–5,70 t ha⁻¹, juurte osatähtsus kogu mulda viidavast biomassist oli allakülvides 25–36%. Liblikõielistest kultuuridest oli allakülvides suurema maapealse biomassiga punane ristik. Kattevilja all kasvav lupiini taimik ja ka ädala kasv oli võrreldes punase ristikuga tunduvalt tagasihoidlikum. Kui mullas liblikõieliste liigile omaseid baktereid pole, ei moodustu taimedel mügaraid ja nad jäävad kiduraks. Kevadel töödeldi hulgalehise lupiini seemneid eelmise aasta lupiini põllult võetud mullaga (lisati seemnetele kuivatatud ja peenestatud mulda), et rikastada neid sellele liigile omaste mügarbakteritega. 2008. a kevad oli suhteliselt varajane. Taimikasvuperioodi esimene pool oli kuivapoolne ja mai lõpus ning juuni esimesel poolel andis tunda põud. Kuna muld oli kuiv, siis sellel aastal ei hakanud mügarbakterid ilmselt “hästi tööle”.

Juuni lõpp ja suve teine pool olid sajused. Erakordselt sajuseks kujunes teravilja koristusperiood. Kuna koristus toimus alles 1. septembril, siis ka ädala saak jäi tagasihoidlikuks (eriti hulgalehisel lupiinil).

Liblikõieliste haljasväetiskultuuride katteviljata külvidega oli mulda viidav biomass keskmiselt 7 t hektari kohta, kusjuures juurte mass moodustas sellest 40–44%. Nagu allakülvide korral, nii ka katteviljata külvides oli maapealne biomass suurim punasel ristikul ja väikseim hulgalehisel lupiinil.

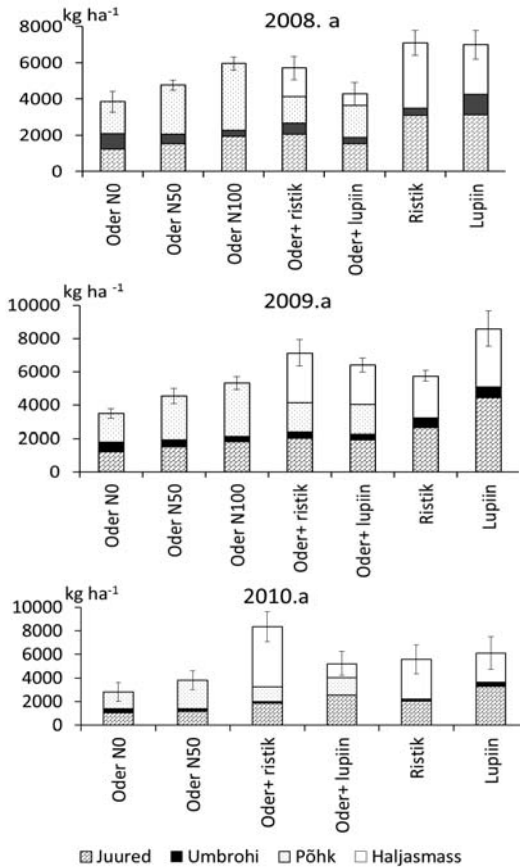
Olenevalt lämmastikväetise kasutamisest künti 2009. aasta sügisel odra külvide korral mulda orgaanilist ainet kuivaines 3,50–5,32 t ha⁻¹. Sellest põhu osakaal oli 1,22–1,83 t ja umbrohtude mass moodustas 0,31–0,59 t ha⁻¹. Juurte osatähtsus moodustas kogu biomassist odra puhaskülvides 34–35% (joonis 1).

Katteviljaga külvide korral oli mulda viidav biomass punasel ristikul 7,21 ja hulgalehisel lupiinil 6,40 t ha⁻¹. Kuigi 2009. a kevad oli suhteliselt sademetevaene, oli lupiini algareng võrreldes eelneva aastaga tunduvalt kiirem ja nii suvine kattevilja all olev haljasmass kui ka ädala kasv olid võrreldes eelneva aastaga tunduvalt paremad ning ei jäänud punase ristiku biomassist oluliselt väiksemaks.

Suurem biomassi kogus saadi selles katses hulgalehise lupiini katteviljata külvi korral, 8,59 t ha⁻¹. Punase ristiku biomass oli vastavalt 5,74 t ha⁻¹. Nende liblikõieliste heintaimede korral moodustas juurte mass kogu biomassist 51–56%. Ants Benderi katsetes

on hulgalehine lupiin andnud oluliselt suurema saagi kui punane ristik. Punane ristik moodustas katteviljata külvi korral 61,3% ja allakülvi korral 54,8% hulgalehise lupiini biomassist (Bender 2012).

2010. a vegetatsiooniperiood kujunes erakordselt soojaks. Sademeid oli mais ja juunis normile lähedaselt. Juuli ja augusti esimese poole erakordse kuumalaine ajal kannatas enamik põllukultuure põua tõttu. Kirjeldatud katses mõjutas põud katteviljata liblikõieliste biomassi moodustamist.



Joonis 1. Mulda viidud biomass ja selle koostis aastatel 2008–2010. Esitatud andmed on nelja korduse keskmised ± standardhälve

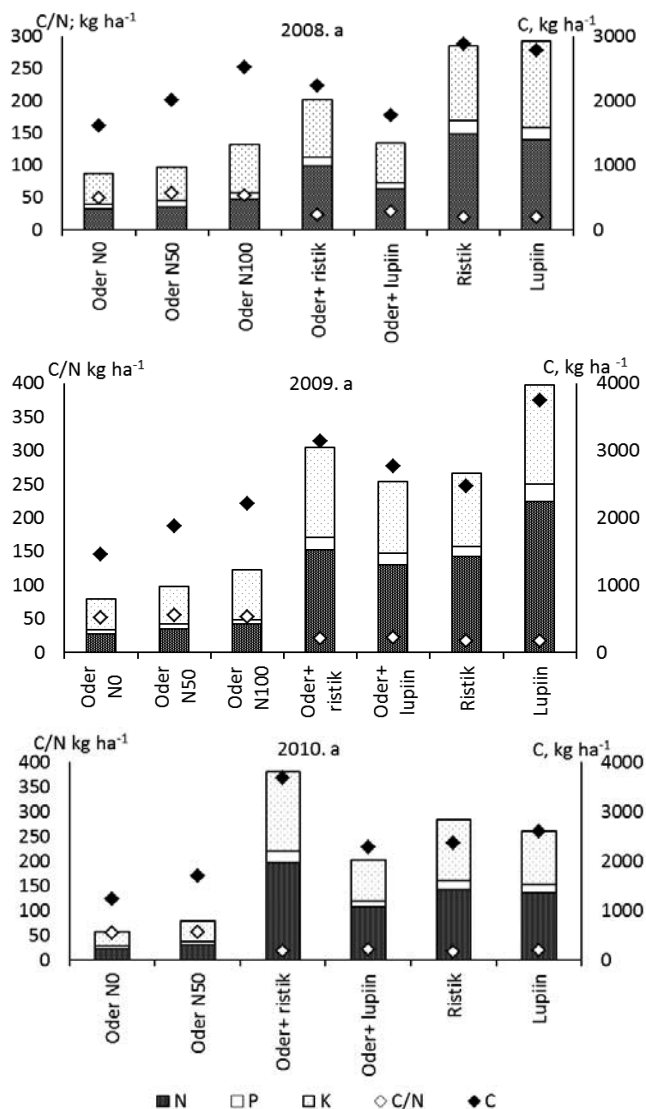
Odra külvides moodustas põhu ja juurtega mulda viidav biomass 2,82–3,80 t ha⁻¹. Katteviljaga külvides punase ristiku allakülviga viidi mulda orgaanilist ainet isegi 8,36 t ha⁻¹. Kuna kattevilja koristus toimus varakult augusti algul ja hilisem kasvuperiood oli soodne (augusti teine pool ja september olid normist sajuemad), siis antud aastal moodustus väga suur punase ristiku ädalamm – 4,04 t kuivainet ha⁻¹.

Hulgalehise lupiini allakülvi kogu biomass oli 5,53 t ha⁻¹, millest juurte mass moodustas 46%. Suhteliselt suur oli ka hulgalehise lupiini biomass puhaskülvi korral (6,13 t ha⁻¹), kusjuures juured moodustasid siin kogu biomassist 54%.

Biomassiga mulda viidud toitained

Olenevalt saagi tasemest viidi katsete rajamisaastal odra teradega mullast ära 25–59 kg N, 6–14 kg P ja 11–35 kg K hektari kohta. Biomassiga mulda viidud taimetoitainete kogused varieerusid väga suurtes piirides.

2008. a viidi odra põhu ja juurtega mulda tagasi 1,61–2,52 t C, 33–48 kg N, 7–10 kg P ja 48–75 kg K hektari kohta. Mulda viidava orgaanilise aine C/N suhe varieerus vahemikus 49–56. Liblikõieliste katteviljaga külvide korral tagastati 1,77–2,71 t C, 68–99 kg N, 9–14 kg P ja 62–107 kg K ha⁻¹, kusjuures biomassi C/N suhe jäi vahemikku 23–35. Liblikõieliste katteviljata külvidega viidi biomassiga mulda 2,78–2,89 t C, 139–148 kg N, 19–21 kg P ja 115–133 kg K ha⁻¹, C/N suhtega 19–20 (joonis 2).



Joonis 2. Biomassiga mulda viidud toitained aastatel 2008–2010

2009. a viidi odra põhu ja juurtega lämmastikväetise normist sõltuvalt mulda 1,45–2,21 t C, 28–42 kg N, 5–8 kg P ja 45–74 kg K hektari kohta. Odra biomassi C/N suhe oli 52–55.

Punase ristiku allakülvi korral viidi koos kattevilja põhuga mulda 3,13 t C, 152 kg N, 19 kg P ja 133 kg K hektari kohta, kusjuures biomassi C/N suhe oli 21. Liblikõieliste heintaimede katteviljata külvide biomassiga viidi mulda 2,48–3,74 t C, 131–224 kg N, 15–27 kg P ja 108–147 kg K hektari kohta, C/N suhtega 17–19.

2010. a viidi kõige enam taimetoitaineid mulda tagasi punase ristiku katteviljata ja katteviljaga külvide biomassiga, 142–197 kg N, 18–23 kg P ja 124–160 kg K hektari kohta. Süsinikku viidi selle biomassiga mulda 2,37–3,68 t ha⁻¹, kusjuures C/N suhe oli 17–19. Hulgalehise lupiini katteviljaga ja katteviljata külvide biomassiga viidi mulda 107–136 kg N, 12–17 kg P ja 83–108 kg K ning 2,28–2,61 t ha⁻¹ süsinikku, C/N suhtega 19–21.

Odra põhu ja juurtega viidi mulda 1,24–1,69 t C, 23–30 kg N, 5–8 kg P ja 29–40 kg K hektari kohta ning C/N suhe oli siin 54–57.

Liblikõieliste haljasväetiskultuuridega seotakse aastas bioloogilisse ringesse küllaltki suured kogused fosforit ning eriti kaaliumi. Kui saak eemaldatakse põllult, siis eriti maheviljeluses, toitainetevaestel muldadel (kui toitaineid ei tagastata väetistega), võivad mullad toitainetest vaesuda. Mulla fosfori- ja kaaliumivarude vähenemisega väheneb ka bioloogiline lämmastiku sidumine. Sügavajurelised liblikõielised on võimelised ka alumiinistest mullakihtidest toitaineid üles tooma ning biomassi mulda kündes nad rikastavad künnikihi toitainete sisaldust. Et suurendada fosfori või kaaliumi sisaldust künnikihis 5 mg kg⁻¹, peaks lisanduma ligikaudu 20 kg ha⁻¹ eelpoolnimetatud toitaineid. Seega lühiajalisel liblikõieliste haljasväetiskultuuride kasvatamisel ei saa me oluliselt muuta mulla toitainete sisaldust, kuid nende regulaarsel kasvatamisel külvikorras, saame parandada taimede toitumist. Seejuures on oluline, et liblikõielised kultuurid on võimelised teraviljadega võrreldes paremini omastama raskemini lahustuvat fosforit ja kaaliumi ning biomassi mulda kündes muutma seda teistele kultuuridele kättesaadavamaks.

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

Haljasväetiste sissekünni järgsel kevadel võetud mullaproovides (22 cm mulla-puuriga) oli nitraat- (NO₃⁻) ja ammoniumlämmastiku (NH₄⁺) sisaldus mõnevõrra suurem lämmastikuga väetatud variantides ja liblikõieliste haljasväetiste sissekünni järgselt. Hilisemate määramistega ei leitud katsevariantide vahel mullas NO₃⁻ ja NH₄⁺ sisalduse osas olulisi erinevusi. Seega ilmselt väheneb haljasväetistega ka suurte lämmastiku koguste mulda viimisel taimekasvuperioodi jooksul välja leostumise oht, kuna lämmastik

vabaneb biomassi lagunemisel aeglaselt ja järelkultuurid kasutavad selle ära.

Eerika katses liikuva P sisalduse osas kindlasuunalist muutumist ei ilmnenud (tabel 1). Võrreldes hulgalehise lupiiniga jäi punase ristiku allakülvi ja puhaskülvi mõju tagasihoidlikumaks. Punase ristiku juurestik ei ole nii sügav võrreldes hulgalehise lupiiniga, mistõttu toob vähem toitaineid mulla sügavamatest kihtidest üles. Eerika katsest selgus, et liikuva kaaliumi sisaldus mullas suurenes võrreldes väetamata odraga kõigil haljasväetiste sissekünni variantidel.

Tabel 1. Mulla toitainete sisaldus künnikihis (määratud 09.09.2009) järelkultuuri (suvinisu) koristamise järgselt

Eelvili 2008. a	Elemendi sisaldus	
	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹
Oder N ₀	65	149
Oder N ₁₀₀	73	168
Katteviljaga		
Oder+punane ristik	68	171
Oder+hulgalehine lupiin	77	172
Katteviljata		
Punane ristik	61	162
Hulgalehine lupiin	74	169

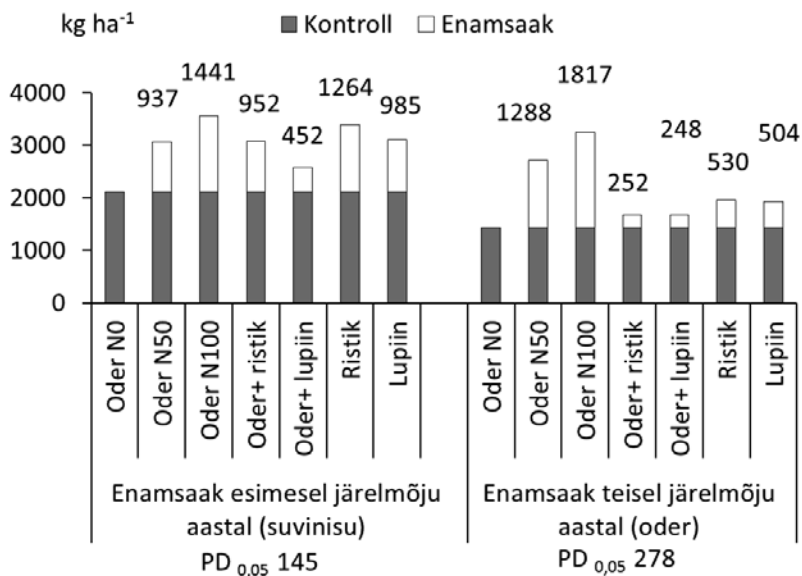
Taimetoiteelemendid vabanevad mulda ladestunud orgaanilise aine koostisest selle lagunemis- ehk mineralisatsiooniprotsessi tulemusena. Mulda viidava orgaanilise aine lagunemine ja taimetoitainete vabanemine sõltub orgaanilise aine koostisest, mulla omadustest, selle vee- ja õhurežiimist, lagundajatest, ilmastikutingimustest jt teguritest.

Haljasväetiste mõju järelkultuuri saagile

Muldaküntud biomassi järelmõjust järgnevate kultuuride saagile (esimesel aastal suvinisu, teisel aastal oder) selgus, et võrreldes kontrollvariandiga oli suurim järelmõju punase ristiku katteviljata biomassi sissekännil. Antud katsete mullad olid suhteliselt vaesed huumuse ja lämmastiku poolest, mistõttu mineraalse lämmastikväetise efektiivsus oli keskmise tasemega võrreldes suhteliselt kõrge (joonis 3).

Varasematest uurimistöödest selgus, et külviaasta haljasväetiste mõjust realiseerus 72–84% esimesel aastal ning 16–18% teisel aastal (Viil, Võsa 2005). Eerikal erinevate liblikõieliste kultuuridega läbi viidud katse (aastatel 2004–2010) põhjal võib järeldada, et haljasväetistega mulda viidud lämmastiku mõju järelkultuuridena kasvatatud teraviljade saagikusele sõltus biomassiga tagastatava lämmastiku kogusest. Esimesel aastal oli haljasväetise lämmastiku efektiivsuseks 11,8 kg teri kilogrammi lämmastiku (N) kohta. Teisel ja kolmandal aastal oli esialgse lämmastiku efekt vastavalt 4,2 ja 2,0 kg teri kilogrammi N-i kohta (Lauringson jt. 2011).

Katsed näitasid, et hulgalehine lupiin on invasiivne liik. Lupiinitaimed jäid alles ka talle järgneva teravilja pritsimisel kaheiduleheliste herbitsiididega. Järelikult ei saa hulgalehist lupiini kasvatada maheviljeleluses, sest herbitsiide kasutamata võib ta muutuda tülikaks umbrohuks.



Joonis 3. Sisseküntud biomassi mõju järelkultuuride saagile

Järeldused

Suurema biomassi moodustamise võimega ja suurema väetisväärtusega olid liblikõieliste katteviljata külvid. Katsete keskmisena ületas katteviljata külvides hulgalehise lupiini biomassi saak punast ristikut 18% (2009. a 49%).

Allakülvide haljasväetiseks kasutamisel on stabiilsema biomassi andnud punase ristiku kasvatamine. Vihmase augusti korral, kattevilja koristamise hilinedes, väheneb oluliselt allakülvide ädala mass. Kattevilja konkurentsivõime mõjutas tunduvalt enam hulgalehise lupiini biomassi moodustamist. Seega peaks kindlasti vähendama hulgalehise lupiini katteviljaga külvide korral kattevilja külvisenormi.

Kasutatud kirjandus

- Bender, A. 2012. Varase punase ristiku (*Trifolium pratense* L.) ja hulgalehise lupiini (*Lupinus polyphyllus* Lind.) ja inkarnaatristiku (*Trifolium incarnatum* L.) väetisväärtus haljasväetiskultuurina kasvatamisel. – *Agraarteadus* **1**, 3–11.
- Lauringson, E., Talgre, L., Roostalu, H., Makke, A. 2011. Mulla huumus seisundi ja toitainete bilansi reguleerimise võimaluste ning haljasväetuskultuuride fütoproduktiivsuse selgitamine tava- ja mahevilljeluse tingimustes. – *Rakendusuringu 2008–2010 lõpparuanne*. 78 lk. [WWW] http://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/Lauringson_PMaruanne.pdf (10.12.2012)
- Tupits, H. 1954. *Paljulehise lupiini kasvatamine haljasväetiseks*. Tallinn, 29 lk.
- Viil, P., Vösa, T. 2005. Liblikõielised haljasväetised. – *EMVI infoleht* nr **148**. Saku, 16 lk.

HULGALEHISE LUPIINI 'LUPU', PUNASE RISTIKU 'JÕGEVA 433' JA INKARNAATRISTIKU VÄETUSVÄÄRTUS HALJASVÄETISENA

Ants Bender

Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. *Bender, A. 2013. Fertilization value of Washington lupin Lupi, red clover Jõgeva 433 and crimson clover as green manure. – Agronomy 2013.*

In 2008–2011, field trials were carried out at the Jõgeva Plant Breeding Institute in order to identify the possibilities of using the Washington lupin Lupi, early red clover cultivar Jõgeva 433, and crimson clover material of Italian origin as green manure. Fertilization value of the above species was studied after autumn ploughing in the year of sowing based on yield and quality of yield of spring wheat Vinjett and barley Inari. Results of the study indicated that crimson clover had the lowest fertilization value, the stubble and roots that were ploughed under resulted only in 6–7% of extra yield of spring wheat in the following year. Crimson clover had no fertilizing aftereffect in the second year. The fertilization values of red clover and Washington lupin were more or less equal. Their statistically reliable positive effect on the increase of yield of spring wheat and barley lasted for 3 years, on the quality of yield for 2 years. The fertilization value of all studied species was higher in the case they were sown without a cover crop.

Keywords: *Washington lupin, red clover, crimson clover, green manure, fertilization value*

Sissejuhatus

Eesti taasiseseisvumise järel toimusid põllumajanduses suured muutused. Endiste suurmajandite asemel, kus taimekasvatus ja loomakasvatus eksisteerisid samas tootmisüksuses, tekkis hulgaliselt ainult taimekasvatusele spetsialiseerunud tootjaid. Varem kasutada olnud sõnniku, kui orgaanilise väetise asemele tuli leida uusi võimalusi mulla huumusvaru säilitamiseks ja rikastamiseks. Tähelepanu keskmesse kerkisid vahepeal unustuse hõlma vajunud haljasväetised. Üldlevinud tava järgi külvatakse selleks punast ristikut, mille mass küntakse sisse. Punane ristik on väga väärtuslik söödakultuur, mille seemnesaak Eesti kliimaoludes on ebastabiilne. Enamikul aastatel ei piisa kohapeal toodetud seemnest ja seda tuleb sisse osta. Samal ajal on kohapeal aretatud punase ristiku sordid läbilöögivõimelised väljaspool Eestitki. Sordid 'Ilte' ja 'Varte' kuuluvad riiklikku sordinimekirja Soomes, Rootsis ja Norras, sort 'Ilte' ka Venemaal. Kui punasele ristikule leiduks haljasväetisena asendaja, jääks siintoodetud seeme söödatootmiseks, võimaliku ülejäägi saaks aga põllumehe sissetuleku suurendamiseks eksportida.

Põhja- ja Kesk-Eestis võimaldab liigile soodne mullareaktsioon kasvatada haljasväetiseks valget mesikat. Selle liigi agrotehnikat ja väetusväärtust on põhjalikult uuritud Kuusikul (Haller 1953; Kõrgas 1963). Lõuna-Eestis kasvatati juba mõisnike ajal kergema lõimisega muldadel selleks otstarbeks hulgalehist lupiini (*Lupinus polyphyllus* Lind.). Liigi agrotehnikat uuris professor Nikolai Rootsi Tartu Ülikooli taimekasvatuse katsejaamas enne II Maailmasõda (Eesti põllumajandusteadus... 1946) ja sõjajärgseil aastail Herbert Tupits Jõgeval (1954). Õpikutest võib leida soovitusi selle liigi kasvatamise kohta haljasväetisena (Hallik jt. 1965; Heinsoo jt. 1986). Jõgeval on viiekümnendail aastail tegeldud ka selle liigi sordiaretusega. Olemas olid perspektiivsed aretusnumbrid,

töötati välja hulgalehise lupiini agrotehnika (Tupits 1954). Hiljem taandus liik unustusehõlma. Põhjus – suurmajandid ei suutnud olemasolevaid sõnnikukoguseidki ära kasutada, saada oli suhteliselt odavaid mineraalväetisi.

Tootjate taastekkinud huvist innustust saanuna, hakati Jõgeval uuesti liigi sordiare-tusega tegelema. 2004. aastal esitati riiklikku sordikatsetusse hulgalehise lupiini aretus-number Jõgeva 4 sordinime ettepanekuga 'Lupi'. Nüüdseks on see materjal katsetuse edukalt läbinud ja 2012. aastal langetati otsus sordi registreerimise kohta. Hulgalehine lupiin on uurijate tähelepanu köitnud eelkõige hea õhulämmastiku sidujana. Soome tead-laste andmeil on see näitaja 250–350 kg ha⁻¹ (Kurlovich *et al.* 2007), Heinsoo jt. (1986) andmeil 200–400 kg ha⁻¹.

Jõgeva Sordiare-tuse Instituudis korraldati aastatel 2008–2011 põldkatse, mille peaeesmärgiks oli võrrelda punase ristiku ja hulgalehise lupiini väetusväärtust. Katse kõrvalteesmärgiks oli uurida ka inkarnaatristiku (sün. kahkjaspunane ristik) (*Trifolium incarnatum* L.) kasutamise võimalust haljasväetisena. Varem Jõgeval läbiviidud katsetes on see liik üheaastaste ristikute seas osutunud perspektiivseimaks, tema seemet on või-malik kohapeal paljundada. Liigi headeks omadusteks loetakse leplikkust kasvukoha mullastiku suhtes, rikkalikku seemnesaaki ja suurt õhulämmastiku sidumisvõimet – pu-haskülvi korral kuni 155 kg ha⁻¹ (Frame). Põhjapoolsetes piirkondades soovitatakse seda liiki külvata haljasväetiseks (Foveland, Evers 1995).

Materjal ja meetodika

Katse ühel poolel külvati hulgalehine lupiin 'Lupi', varane diploidne punane ristik 'Jõgeva 433' ja inkarnaatristik katteviljata, teisel poolel katteviljaaluse külvina. Kat-teviljana kasutati odra sorti 'Inari', mis külvati vähendatud külvisenormiga (375 id tera m²), lämmastikväetist rajamisaastal ei kasutatud. Külviaasta (2008) sügisel sisseküntud bio-massi väetusväärtust hinnati suvinisu (2009) ja odra (2010 ja 2011) saagi ning saagi kvaliteedi alusel. Võrdlusvariantidena olid katses põldtimutiga seemendatud alad, millel väetusväärtuse võrdlevaks hindamiseks olid suvinisu puhul lämmastikväetise variandid N 0, N 60 ja N 120 ning odra puhul N 0, N 60 ja N 90 kg ha⁻¹, antud külvi eel ammooniums-alpeetrina. Katses olid kõik variandid viies korduses.

Rajamisaasta mai ja juuni I pool olid väheste sademetega. Lehekirbu kahjustuse ja võrsumisaegse põua tõttu jäi kattevilja hõredaks ja kasvult madalaks. Alates 14. juunist oli suvi sademeterohke, allakülvide arenguks väga soodne. Teravilja valmimise ajal oli augustis Jõgeval ainult 2 sademetevaba päeva. Teraviljasaaki ei olnud võimalik kombainiga koristada. Odrasaak määrati kontrollvariandist niitmise, kogumassi kunstliku kui-vatamise ja terade hilisema väljapeksmise teel. Saak oli 1236 kg ha⁻¹. Nii inkarnaat-ristik, hulgalehine lupiin kui punane ristik kasvasid kõik katteviljast üle. 11. oktoobril künti mõlemal katsepoolel eelnevalt maharullitud mass 24–25 cm sügavuselt mulda. Inkarnaatristiku seeme valmis septembris. 24. septembril kogu mass niideti ja eemaldati põllult. Sellel liigil künti mulda ainult tüü ja juurestik.

Sisseküntav haljasmassi kogus määrati katses kombainiga Hege 2012, juurte ko-guse ja paiknemise selgitamiseks võeti proovid künnikihi (25 cm) ulatuses pinnalt 15 x 30 cm, 5 cm paksuste kihtidena, millest juured pesti välja.

Katse viidi läbi leostunud mullal (K_0), mille agrokeemilised näitajad olid järgmised: pH 5,8, P 27, K 67 Ca 2150, Mg 159 mg kg⁻¹ ja C_{org} 2,4%. Fosfor-kaaliväetisi anti ainult ühel korral katse rajamise eel normiga P 19 ja K 67 kg ha⁻¹.

Katse rajamisel kasutati järgmiseid külvisenorme: punane ristik 12 kg, põldtimut 8 kg ja inkarnaatristik 20 kg ha⁻¹, külv kitsarealiselt külvikuga Hege 80 ning hulgalehine lupiin külvisenormiga 30 kg ha⁻¹, reavahe 30 cm, külvikuga Hege 95–1.

Suvinisul määrati lisaks terasaagile saagi kvaliteedinäitajatest toorproteiini- ja kleepvalgusisaldus, gluteeniindeks, mahumass ning 1000 tera mass, odral toorproteiini-sisaldus, mahumass ja 1000 tera mass.

Teraviljade saaki ja kvaliteeti mõjutasid kasvuperioodi ilmastikuolud: 2009. a oli sademeterohke, 2010 ja 2011 aga kõrge õhutemperatuuri ja väheste sademetega.

Katsetulemused

Sisseküntud biomass

Enne künti niideti ja eemaldati põldtimutiga külvatud katsealadelt (kontrollvariant) rohi. Nendel lappidel künti mulda vaid juurtemass koos tüüga. Mulda viidi katteviljata külvi korral 3,18 ja külvi korral kattevilja alla 3,28 t ha⁻¹ peamiselt põldtimuti juurte kuivainet (tabel 1). Kuna inkarnaatristik läbis juba septembri keskpaigaks kogu arengutsükli, koristati taimik seemneks. Põhk eemaldati põllult, sisse künti samuti vaid tüü ja juurestik, mis liigil oli vähene: vaid 320–480 kg ha⁻¹.

Tabel 1. Külviaasta sügisel sisseküntud biomass

Liik	Haljas- mass, t ha ⁻¹	Haljasmassi kuivaine, t ha ⁻¹	Juurte ja tüü mass, t ha ⁻¹	Juurte ja tüü kuivaine, t ha ⁻¹	Biomass kokku, t ha ⁻¹
Katteviljata külv					
Põldtimut	0	0	14,29	3,18	3,18
Hulgal. lupiin	40,86	6,71	28,20	6,27	12,98
Punane ristik	16,37	4,28	13,02	3,70	7,96
Inkarnaatristik	0	0	1,45	0,32	0,32
Külv kattevilja alla					
Põldtimut	0	0	14,78	3,28	3,28
Hulgal. lupiin	43,66	6,73	30,93	6,87	13,60
Punane ristik	15,03	3,83	17,28	3,62	7,45
Inkarnaatristik	0	0	2,15	0,48	0,48

Hulgalehine lupiin 'Lupi' andis katses võimsaima haljasmassi- ja juurtesaagi nii katteviljata kui kattevilja alla külvates. Sisse künti 40,86 t lupiini haljasmassi, mida võrdsustatakse sõnnikuga (Tupits 1954), lisaks 28,20 t tüüd ja juuri. Koos sisseküntud katteviljaga olid vastavad numbrid 43,66 ja 30,93 t ha⁻¹. Punane ristik 'Jõgeva 433' jättis sisseküntuna mulda 7,45–7,96 t biomassi kuivainet, mis moodustas katteviljata külvi korral 61,3% ja allakülvil korral 54,8% hulgalehise lupiini biomassist.

Oluline erinevus esines sisseküntud biomassi kuivainesisalduses. Hulgalehise lupiini haljasmass sisaldas kuivainet 15–16%, juured 22–23%, punase ristiku haljasmass aga 25–26% ja juured 26–28%.

Kui juurte üldkoguses oli liikide vahel suuri erinevusi, siis juurte (andmed koos tüüga) paiknemises mitte. Kõigil uuritud liikidel paiknes enamus juurtemassist (87–96%) pindmises 10 cm kihis (tabel 2). Kattevilja alustes külvides oli pindmises 5 cm kihis juurte osatähtsus mõnevõrra suurem, mis võis tuleneda asjaolust, et haljasväetiskultuuri juurtele lisandusid kattevilja (odra) juured, mida meetodika ei võimaldanud allakülvatud kultuuri juurtest eraldada.

Tabel 2. Taimejuurte paiknemine künnikihis, %

Sügavus, cm	Põldtimut	Punane ristik	Hulgalehine lupiin	Inkarnaatristik
Katteviljata külv				
0–5*	76,6	82,3	82,6	80,8
5–10	10,7	10,0	11,6	7,2
10–15	8,0	3,6	3,2	4,9
15–20	3,4	3,2	1,9	3,8
20–25	1,3	1,0	0,7	3,3
Külv kattevilja alla				
0–5*	88,1	85,9	82,8	82,6
5–10	7,8	8,1	10,4	6,6
10–15	2,7	2,9	3,5	5,1
15–20	0,8	1,9	2,0	3,7
20–25	0,6	1,2	1,3	2,0

*juured koos tüüga

Haljasväetiskultuuride väetusväärtus

Kõik külviaasta sügisel sisseküntud kolm haljasväetiskultuuri suurendasid usutavalt esimesel järeldõju aastal suvinisu 'Vinjett' saaki (tabel 3). Võrreldes variandiga, kus sisse künti põldtimuti tüü ja juurestik ning lämmastikväetist nisule ei antud, saadi eelmisel aastal katteviljata külvatud katseosal haljasväetiste toel nisu enamsaaki 5,9–23,9%, kattevilja alla külvates aga 7,3–27,0%. Inkarnaatristik, millel künti sisse vaid tüü ja juurestik, mõjutas järgnenud suvinisu saaki kõige vähem (vastavalt 5,9–7,3%), kõige rohkem aga punane ristik (vastavalt 23,9–27,0%). Hulgalehise lupiini variantidelt saadud hektarisaak ei erinenud usutavalt punase ristiku järel kasvanud suvinisu saagist. Nii punase ristiku kui hulgalehise lupiini väetusväärtus hinnatuna terasaagi alusel võrdus lämmastikväetise foonil N 120 kg ha⁻¹ saadud saagiga. Erinev oli haljasväetistega mulda viidud lämmastiku ja mineraalväetisega mulda viidud lämmastiku mõju tera kvaliteedile. Ühekordselt suvinisu külvi ajal antud mineraallämmastik vähendas 1000 tera massi ja mahumassi, haljasväetisest pärit lämmastik aga mitte. Neist vabaneb lämmastik pika aja jooksul ja taimede varustamine on ühtlane kogu kasvuperioodi jooksul, mis aitabki tagada kõrgeimat suvinisu kvaliteeti. Kolmest haljasväetisest kindlustas kõige kõrgema toorproteiini- ja kleepvalgusisalduse hulgalehine lupiin, madalaima inkarnaatristik.

Võrreldes haljasväetiskultuuride kasvatamist katteviljata ja katteviljaaluse külвина võib katseandmete põhjal väita, et katteviljata kasvatamine kindlustas järgmisel aastal suvinisul kõrgema terasaagi ning terades kõrgema toorproteiini- ja kleepvalgusisalduse. Suurim terasaagi tõus oli inkarnaatristiku puhul (5,6%), suurim erinevus toorproteiinisalduses ja kleepvalgusisalduses oli punasel ristikul.

Varasematest katsetest on teada, et sõnniku ja haljasväetiste sissekünni saakitõstev mõju ulatub ühest aastast kaugemale. Sisseküntud punase ristiku mõjust realiseerub esimesel aastal 82–84%, ülejäänud järgmisel aastal (Viil, Võsa 2005). Tartus Eesti Maaülikoolis haljasväetiskultuuridega läbiviidud uurimistööst selgus, et esimese aastaga laguneb sisseküntud maapealsest biomassist 60–70%, kahe aastaga 70–80%. Juurte lagunemine on aeglasem. Aastaga lagunes juurte massist 50–60%, kahe aastaga 65–85% (Lauringson jt. 2011). Kuna hulgalehise lupiini varred ja juured on punase ristiku vartest ja juurtest oluliselt jämedamad ja eelduste kohaselt peaksid mullas lagunema aeglasemalt, huvitas katse korraldajat, kui kaugele ulatub selle liigi väetav mõju. Sel eesmärgil kasvatati suvinisu järel veel kahel aastal otra 'Inari'.

Tabel 3. Suvinisu 'Vinjett' saak ja saagi kvaliteet haljasväetiskatse variantides, kus haljasmass künti sisse külviaasta sügisel. Esimene järeilmõju aasta (2009).

Jrk nr	Variant 2008	Terasaak kg ha ⁻¹ %	Mahu- mass, g l ⁻¹	1000 tera mass, g	Toorprot. sisaldus, %	Kleepvalgu sisaldus, %	Gluteeni indeks	
Külv kattevilja alla								
1	Timut N 120	5030	125,0	707	30,68	13,06	25,58	43
2	Lupiin	4952	123,0	749	37,22	12,78	26,32	48
3	Timut N 0	4025	100	772	36,52	10,50	17,60	49
4	P. ristik	5110	127,0	759	34,84	11,94	22,84	34
5	In. ristik	4317	107,3	781	36,92	10,92	18,94	58
6	Timut N 60	4845	120,4	758	33,12	11,96	23,18	45
<i>PD_{0,05}</i>		184		14	0,38	0,20	0,73	
Katteviljata külv								
1	Timut N 120	5434	126,2	706	28,68	13,58	31,38	37
2	Lupiin	5220	121,3	756	35,62	13,38	27,24	40
3	Timut N 0	4305	100	765	36,00	11,68	21,46	42
4	P. ristik	5332	123,9	747	32,82	12,60	24,80	42
5	In. ristik	4560	105,9	777	37,04	11,32	19,74	48
6	Timut N 60	4980	115,7	65	32,70	13,32	24,00	36
<i>PD_{0,05}</i>		219		12	0,35	0,42	0,96	

2010. aasta suve teine pool oli põuane ja saagitase neil variantidel, kus mineraal- lämmastikku ei lisatud, jäi tagasihoidlikuks (tabel 4). Variandis, kus odrale anti ammoo- niumsalpeetrina N 90 kevadel ühekordse annusena, taimik osaliselt lamandus. Sellest tulenevalt oli seal saak, terade mahumass ja toorproteiinisaldus tagasihoidlikumad. Inkarnaatristiku mõju sissekünnile järgnenud teise aastasse ei ulatunud. Terasaak neil katselappidel jäi standardvariandistki madalamaks. Sisseküntud hulgalehine lupiin ja punane ristik andsid veel teiselgi järeilmõju aastal statistiliselt usutava saagilisa. Suure- mad saaginumbrid saadi jätkuvalt sellelt katseosalt, kuhu haljasväetiskultuurid olid kül- vatud katteviljata. Külvates katteviljata andsid punane ristik ja hulgalehine lupiin tase- melt lähedase terasaagi (vastavalt 3192 ja 3140 kg ha⁻¹), kuid hulgalehise lupiini järel oli odra 1000 tera mass ja toorproteiinisaldus usutavalt kõrgemad kui punase ristiku järel.

Tabel 4. Oder 'Inari' saak ja saagi kvaliteet teisel ja kolmandal aastal pärast haljasmassi sisseküüdi külviaasta sügisel

Jrk nr	Variant 2008. a	Terasaak kg ha ⁻¹	%	Mahu mass, g l ⁻¹	1000 tera mass, g	Toorproteiini sisaldus, %
Teine järelmõju aasta (2010)						
Külv kattevilja alla						
1	Timut N 90	4943	214,6	592	40,46	11,20
2	Lupiin	2921	126,8	656	43,06	11,40
3	Timut N 0	2303	100	657	41,08	10,94
4	P. ristik	2536	110,1	661	41,74	11,08
5	In. ristik s*	2192	95,2	654	40,98	11,12
6	Timut N 60	4760	206,7	622	40,88	11,02
<i>PD_{0,05}</i>		307		9	1,15	0,18
Külv katteviljata						
1	Timut N 90	4576	154,8	583	39,78	12,60
2	Lupiin	3140	106,2	650	42,84	11,52
3	Timut N 0	2957	100	655	41,16	10,78
4	P. ristik	3192	107,9	658	41,60	10,98
5	In. ristik s*	2682	90,7	656	40,62	10,96
6	Timut N 60	4879	165,0	625	40,38	11,02
<i>PD_{0,05}</i>		196		7	0,94	0,21
Kolmas järelmõju aasta (2011)						
Külv kattevilja alla						
1	Timut N 90	3030	170,9	655	45,34	11,22
2	Lupiin	1958	110,4	667	47,08	11,56
3	Timut N 0	1773	100	668	47,06	11,12
4	P. ristik	1913	107,9	674	47,36	10,88
5	In. ristik s*	1815	102,4	665	45,88	11,18
6	Timut N 60	2900	163,6	658	46,20	11,70
<i>PD_{0,05}</i>		301		7	1,14	0,36
Külv katteviljata						
1	Timut N 90	3516	153,5	660	46,68	11,92
2	Lupiin	2381	103,9	675	46,72	11,42
3	Timut N 0	2291	100	678	47,50	11,26
4	P. ristik	2569	112,1	680	47,88	11,62
5	In. ristik s*	2188	95,5	675	47,16	11,18
6	Timut N 60	3285	143,4	668	46,74	11,50
<i>PD_{0,05}</i>		242		4	1,12	0,32

* koristati seemneks

Nii punase ristiku kui hulgalehise lupiini järelmõju ulatus kolmandassegi aastasse. Katsealal, kus haljasväetuskultuurid külvati kattevilja alla, jäi odra saak katteviljata külvatule alla. Suurem väetuse järelmõju oli variantides, kus haljasväetuskultuuride külv oli toimunud kattevilja alla. Võrreldes N 0 variandiga suurenes odrasaak seal punase

ristiku järel 7,9%, hulgalehise lupiini järel 10,4%.

Katteviljata külvatud katseosal oli üldine saagitase kõrgem. Punase ristiku järelmõjul suurenes odra terasaak 12,1%, hulgalehise lupiini järel 3,9% (ületamine ei ole statistiliselt usutav). Külviaasta sügisel sisseküntud haljasväetiste mõju saagi kvaliteedi näitajatele kolmanda järelmõjuaastani ei küündinud.

Kolme aasta teravilja saagiandmeid liites andis tavatootmises kasutatav lämmastikväetamise tase (suvinisule N 120, odrale N 90 kg ha⁻¹) lämmastikuga väetamata variandiga võrreldes 4902 kg saagilisa (60,5%). Seda juhul, kui eelviljaks oli oder (kattevilja). Kui odra, kui kattevilja, allelopaatiline järelmõju puudus, oli tavataseme lämmastikväetise saakitõstev toime kolme aasta summas 3973 kg ha⁻¹ (41,6%). Tagasihoidlik väetamine lämmastikuga (nii suvinisule kui odrale N 60 kg ha⁻¹ aastas) andis kolme aastaga N 0 variandiga võrreldes teraviljasaagi lisa 4404 kg ha⁻¹ (54,4%) ja 3591 kg ha⁻¹ (37,6%), esimene number odra kui eelvilja järel ja teine kui see mõju puudus.

Hulgalehise lupiini kui kattevilja alla külvatud ja külviaasta sügisel sisseküntud haljasväetise saaki suurendav mõju kolme järgneva aasta summas küündis lämmastikuga väetamata variandiga võrreldes 1730 kg ha⁻¹ (35,4%). Saadud terasaagi lisa võrdus 39,3% sellest enamsaagist, mis saadi tavatootmises suvinisu ja odra kasvatamisel kasutusel oleva lämmastikväetise normidega. Kattevilja alla külvatud punane ristik andis kolmel järgneval järelmõju aastal teravilja saagilisa 1458 kg (29,7%).

Katteviljata külvatud ja samal sügisel sisseküntud hulgalehise lupiini järelmõjul saadi väetamata variandiga võrreldes kolme aasta vältel kokku 1188 kg ha⁻¹ (29,3%), punase ristiku järel aga 1540 kg ha⁻¹ (38,8% teravilja saagilisa). Kui võrrelda neid enamsaake tavatootmises kasutusel oleva lämmastikväetise foonil saadud saaginumbritega, siis küündis hulgalehise lupiini väetav mõju 33,1% ja punasel ristikul 42,9%-ni.

Uuritud haljasväetiskultuuride kasutamisevõimalusi ja katsetulemuste kokkuvõte

Katses olnud haljasväetiskultuuridest on inkarnaatristik üheaastane, suhteliselt tagasihoidliku juurekavaga taim, mille täisõitsemise ehk optimaalse sissekünni aeg esimesel külvivõimalusel külvates jõuab kätte juuli II pooleks. Seega on teda põhimõtteliselt võimalik kasvatada taliviljade väetamiseks. Augusti lõpul – septembris valmivad inkarnaatristiku seemned, mille järel taimed surevad ädalat moodustamata. Künniga viivitamine oktoobri lõpu – novembri alguseni või koguni järgmise kevadeni efekti ei anna, sest taimede suremise järel algab nende lagunemine ja vabanenud toitained kantakse sügiseste sadude ja kevadiste lumesulamisvetega künnikihi väljale. Meie katseandmetel annab suvinisu inkarnaatristiku seemnepõllu järel siiski saagilisa 6–7%. Teise järelmõjuaastasse inkarnaatristiku väetav toime ei küüni.

Varast punast ristikut võib haljasväetisena sisse künda külviaasta sügisel või lükata künd edasi järgmise kevadeni. Taimik on kergesti ümberküntav. Taimik sureb nii sügiskui kevadkünni korral täielikult ega muutu järelkultuuris umbrohuks. Külviaasta sügisel ümberküntud varane punane ristik kindlustab esimesel järelmõju aastal lämmastikuga väetamata alaga võrreldes suvinisu enamsaagi kuni 27%, paranevad saagi toorproteiini- ja kleepvalgusisalduse näidud. Positiivne järelmõju ulatub ka teise ja kolmandasse järelmõju aastasse.

Hulgalehine lupiin moodustab külviaastal punasest ristikust märkimisväärselt suurema biomassi. Liigi juurekava on tugevalt arenenud, juured kohati sõrmejämedused. Kamar on küll lihtsalt sisseküntav, kuid taimejuured püsivad sügise ümberkünni järel kevadeni mullas elus ning neist taastuvad lupiinitaimed võivad risustada järelkultuure. Külviaasta sügisel ümberküntud hulgalehise lupiini biomass mõjutas haljasväetisena suvinisu terasaaki suurendavalt kuni 23%, andis teisel ja kolmandal järelmõjuaastal odra enamsaaki vastavalt kuni 26,8 ja 10,0%. Hulgalehise lupiini jämedate taimeosade pikaldasema lagunemise tulemusena mõjutab (ja parandab) ta järelkultuuride saagi kvaliteediomadusi.

Katteviljata rajatud haljasväetuskultuuride väetusväärtus on märkimisväärselt tõhusam kui kattevilja alla külvatult.

Eeltoodud kokku võttes võib punase ristiku sorti 'Jõgeva 433' ja hulgalehise lupiini sorti 'Lupi' käsitleda kui väetusväärtuselt võrdseid haljasväetiskultuure. Hulgalehist lupiini 'Lupi' ei saa soovitada maheviljelejale, sest herbitsiide kasutamata võib liik jääda tülika umbrohuna tootmist segama. Sordi aretamisel on peetud silmas tema kasutamist ainult haljasväetiseks – alkaloididesisaldust ei ole jälgitud.

Kasutatud kirjandus

- Eesti põllumajandusteadus põllumehe teenistuses (toimetanud J. Ümarik). 1946. Tartu, 616 lk
- Foveland, C.S., Evers, G.W. 1995. Arrowleaf, crimson and other annual clovers. – *Forages: an introduction to grassland agriculture*. Vol. 1 (ed. Barnes, R.F., Nelson, C.J., Collins, M., Moore, K.J.) Iowa State Univ. Press, 249–260.
- Frame, J. *Trifolium incarnatum* L. [WWW] <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/DATA/PF000502.HTM>
- Haller, E. 1953. Valge mesikas haljasväetis- ja söödataimena. – *Agrotehnika, söödatootmise ja loomade söötmise küsimusi*. Tallinn, lk 79–122.
- Hallik, O., Heinsoo, J., Jaagus, V., Kiik, H., Lepajõe, J., Nõges, T., Pant, R., Raig, H., Sarv, J., Sutter, H., Toomre, R., Vint, E. 1965. *Maaviljeluse käsiraamat* (koostanud A. Talvoja). Tallinn, 644 lk.
- Heinsoo, J., Jaama, E., Jõudu, J., Reimets, E. Viileberg, K. 1986. *Taimikasvatus* (koostaja E. Reimets). Tallinn, 318 lk.
- Kurlovitch, B., Earnshaw, P., Marja-Aho, K., Parviainen, V. Komenlupiini (*Lupinus polyphyllus* Lind.) käyttönotolle Suomessa. [WWW] <http://lupin-fin.blogspot.com/>
- Kurlovich, B., Earnshaw, P., Varala, M. Perennial forms of washington lupin (*L. polyphyllus* Lind.) for effective use in Finland. [WWW] <http://lupin-fin.blogspot.com/>
- Kõrgas L. 1963. Valge mesika saagikusest, talvekindlusest ja mõjust mullaviljakusele. – *EMMTUI teadustööde kogumik III*. Saku, lk 19–37.
- Lauringson, E., Talgre, L., Roostalu, H., Makke, A. 2011. Mulla huumus seisundi ja toitainete bilansi reguleerimise võimaluste ning haljasväetuskultuuride fütoproduktiivsuse selgitamine tava- ja maheviljeluse tingimustes. – *Rakendusuringu 2008–2010 lõpparuanne*. 78 lk.
- Tupits, H. 1954. *Paljulehise lupiini kasvatamine haljasväetiseks*. Tallinn, 29 lk.
- Viiil, P., Võsa, T. 2005. Liblikõielised haljasväetised. – *EMVI infoleht* nr 148. Saku, 16 lk.

KASVUKOHAPÕHISE VÄETAMISE MÕJU SUVIRAPSI SAAGILE JA SEEMNETE ÕLISISALDUSELE

Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Arvo Makke, Jaanus Kilgi

Eesti Maaülikool

Abstract. *Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J. 2013. Effects of site-specific fertilization on seed yield and oil content of spring oilseed rape. – Agronomy 2013.*

The experiments using two fertilization methods on the spring oilseed rape were carried out in 2011. The intermediate crop was spring wheat. Five treatments were used: control treatment (without fertilizers), common fertilizing system, fertilization by site-specific information, fertilization by site-specific information additionally with mineral nitrogen fertilizer, and site-specific fertilization additionally with foliage nitrogen fertilizer. The highest grain and oil yield level was achieved in treatments fertilized by site-specific information additionally with foliage nitrogen fertilizer. On production field, the acceptable grain and oil yield increase was achieved in treatment fertilized by site-specific information additionally with foliage nitrogen fertilizing. Oil content of spring oilseed rape seeds was higher in control and common treatments. In both trials, additional fertilizing with foliar nitrogen (including microelements) increased the oil content of rape seeds. There was a negative correlation between the oil content and seed yield level of spring oilseed rape.

Keywords: *oilseed rape, soil nutrient content, precision fertilizing, foliar fertilizing*

Sissejuhatus

Tänapäeval on põllumajanduslikku kasutusse jõudnud tehnika, millega on võimalik masinate liikumist põllul täpselt juhtida satelliitside asukohamäärangu süsteemi (GPS) abil. GPS annab operatiivselt vajalikku infot põllumajandustehnika asukoha kohta põllul liikumisel (Ludowicy *et al.* 2002; Robinson 2007; Nugis *et al.* 2010; Võsa *et al.* 2009). Kuivõrd taimekasvatuse lõppeesmärk põllul on saak, on oluline teave põllu erinevate osade saagipotentsiaali kohta. Seda esmast infot annab saagikaart.

Lisaks kohamäärangu võimaluste olemasolule on tähtis ka teave kasvukoha mulla omadustest. Geoinfosüsteemi (GIS) andmestik on muutunud täppisviljeluse lahutamatuks osaks (Jordan *et al.* 2005; Santhi *et al.* 2005). GIS rakendused annavad teavet mullastiku, mulla toitainete sisalduse, happesuse jm varieerumise kohta põllu piires. Nende andmestikule tuginevate digitaliseeritud kaartide kasutamine töomasinate IT rakendustes võimaldab koos GPS kohamäärangu seadmestikuga vastavalt vajadusele operatiivselt muuta tööprotsessi parameetreid masina liikumisel põllul. Täiendava väetamise tege-likku vajalikkust põllul saab otsustada mitte ainult mulla vaid ka taimeanalüüsi andmete alusel. Katsed on näidanud, et toiteelementide andmine lehtede kaudu taimede maksimumtarbe perioodil aitab kiiresti üle saada kriitilisest hetkest, parandab lämmastiku osalemist ainevahetusprotsessides, väldib saagikadu ning kvaliteedilangust. Samuti paraneb teiste toiteelementide kasutamise efektiivsus ning väheneb lämmastiku väljaleostumise oht (Järvan 2006).

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli uurida kasvukohapõhise väetamise mõju suvirapsi saagile ja õlisisaldusele.

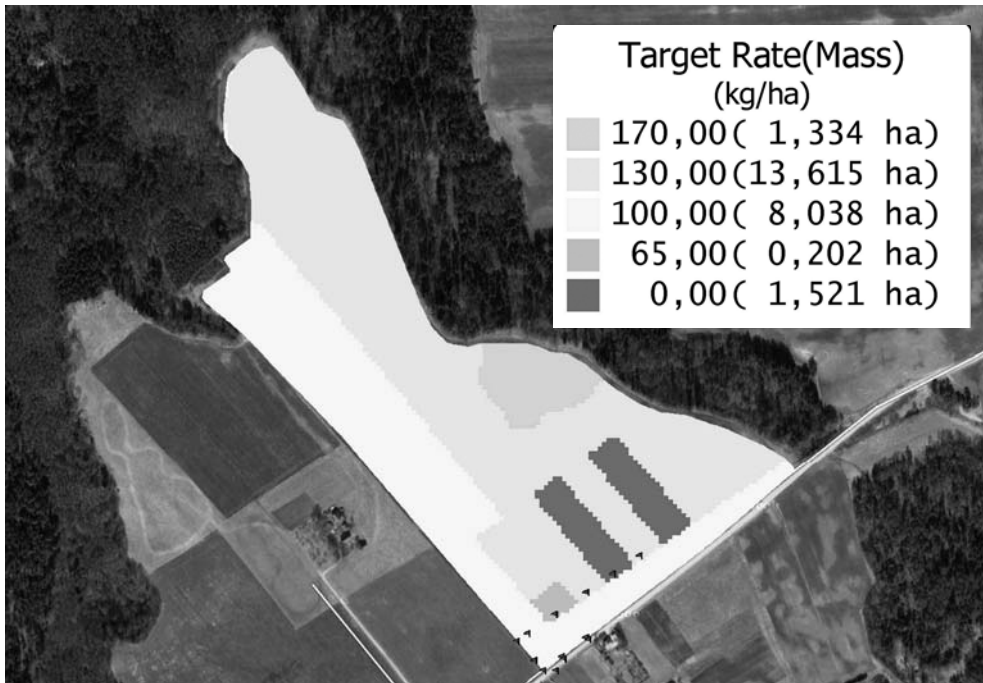
Materjal ja meetodika

2012. aasta kevadel rajati katsed suvirapsi täppisväetamisega. Põldkatse korraldati Eesti Maaülikooli katsepõllul, asukohaga Eerika, Össu küla, Ülenurme vald, Tartumaa. Tootmiskatse rajati Pilsu talu tootmispõllul, Erumäe, Konguta vald. Katsete eelviljaks oli suvinisu.

Igalt katselapilt võeti 2011. aasta sügisel mullaproovid mullaviljakuse tähtsamate näitajate määramiseks. Proovid viidi Põllumajandusuuringute Keskuse laboratooriumisse keemilisteks analüüsideks. Laboris määrati mulla pH, orgaaniline süsinik (C_{org}), üldlämmastik (N%), lisaks veel mulla fosfori (P) ja kaaliumi (K) sisaldused mg 100 g mulla kohta.

2012. a kevadel toimus väetamine mineraalväetistega vastavalt katseplaanile. Erumäe tootmiskatse, kus mulla fosforisisaldus oli valdavalt madal, külvati fosforirikast mineraalväetist MAP 12-52 Soltex (N-12; P-52) väetisekülvikuga Amazone ZG-B 8200, töölaieuga 24 m. Variantides, kus mullainfo alusel oli ette nähtud eri normidega väetise külv, reguleeriti täiendava väetise väljakülv masina liikumisel GPS kohtmäärangu järgi automaatselt, lähtuvalt digitaliseeritud väetamiskaardi (joonis 1) andmestikust.

Eerika põldkatses, kus oli valdavalt madal K sisaldus, külvati kaaliumirikast väetist Yara Cropcare PK (3-11-24) käsitsi, vastavalt katselappide mulla väetistarbele. Väetise-normi arvutamisel lähtuti 1 tonni rapsi seemnesaagi tootmiseks vajaminevast NPK kogusest: N – 59 kg; P – 11 kg; K – 39 kg. Eeldatavaks rapsi seemnesaagiks planeeriti



Joonis 1. Erumäe tootmiskatse väetamiskaart MAP väetisega

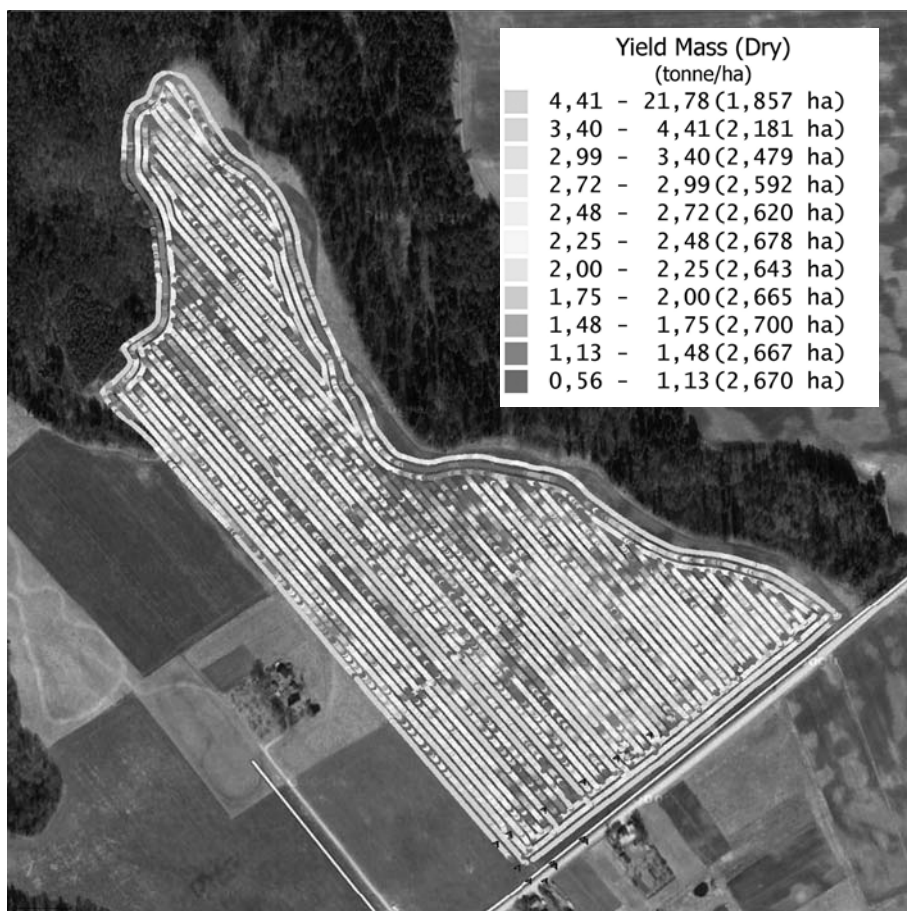
Eerika põldkatses 2,5 ja Erumäe tootmiskatses 3,0 t ha⁻¹. Lämmastikväetis ammoonium-nitraat (N 34,4%) külvati eraldi.

Järgnes suvirapsi külv. Katsekultuurina külvati 2012. aastal katsepõllule suviraps (Eerika põldkatses sort 'Fenja' ja Pilsu tootmiskatses 'Campino'). Külvati külvikuga Väderstad Pneumo, mille töölaius on 8 m.

Lehekaudse väetamisega varianti MI + LV väetati kasvu ajal leheväetisega Nutri-complex 14-11-25 (sisaldas ka MgO, SO₃, Mn, B, Cu, Zn, Fe), normiga kuni 4 kg ha⁻¹. Suvirapsi kasvuaegse väetamise vajadus Eerika katses määrati Minolta SPAD klorofüllimõõdtjaga ja Erumäe põllu tootmiskatses toimus määramine töö käigus N sensoriga OptRx. Lehekaudne väetamine tehti taimekaitsepritsiga.

Katse koristati saagimõõtmise ja kohamäärangu seadmetega varustatud kombainiga NewHolland CX860, mille tulemuseks oli saagikaart (joonis 2). Eerika katses oli võimalik määrata iga lapi saak ka kaalumise teel.

Koristuse käigus võeti rapsi seemnesaagist proovid, mis saadeti PMK Taimse Materjali Laborisse analüüsimiseks. Määrati proteiinisaldus (%), glükosinolaatide sisaldus (µmol/g), klorofüll (ppm õlis), õli (toorrasv) kuivaines (%), eruukahappe sisaldus (%)



Joonis 2. Erumäe tootmiskatse saagikaart

ja vabade rasvhapete sisaldus (%). Käesolevas uurimuses on käsitletud neist andmetest rapsiseemnete õlisisaldust.

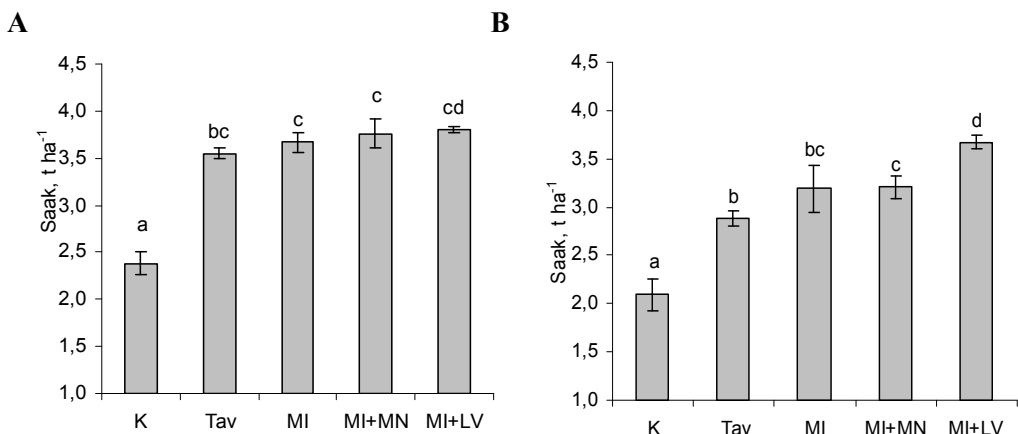
Katsevariandid:

1. Väetamata (K) – (0 variant üldine kontroll);
2. Tavaviljelus (Tav) – kogu mineraalne NPK väetis, (väetusfoon sama, mis katset valdavalt ümbritseval põllul);
3. Mineraalväetised mullainfo alusel (MI) – mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest;
4. Diferentseeritud väetamine I (MI + MN) – mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest + mineraalne N kasvu ajal N sensori määrangute järgi vastavalt taimede vajadusele;
5. Diferentseeritud väetamine II (MI + LV) – mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest + leheväetis kasvu ajal N sensori määrangute järgi vastavalt taimede vajadusele.

Tulemused ja arutelu

Suvirapsi seemnesaak

Parimad suvirapsi seemnesaagi tulemused saadi mõlemas katses variandilt, kus väetamine toimus mulla toitainete sisalduse alusel koos hilisema kasvuaegse leheväetisega väetamisega (variant MI + LV, joonis 3 A ja B). Võrreldes tavaväetamisega oli Eerika põldkatses 6,6% võrra suurem saak. Erumäe tootmiskatses oli see erinevus veelgi suurem – 21,6%. Samuti andis Erumäe tootmiskatses usutava rapsi seemnesaagi 9,4% tõusu, võrreldes tavaharimisega, mullainfo põhine väetamine koos hilisema kasvu-



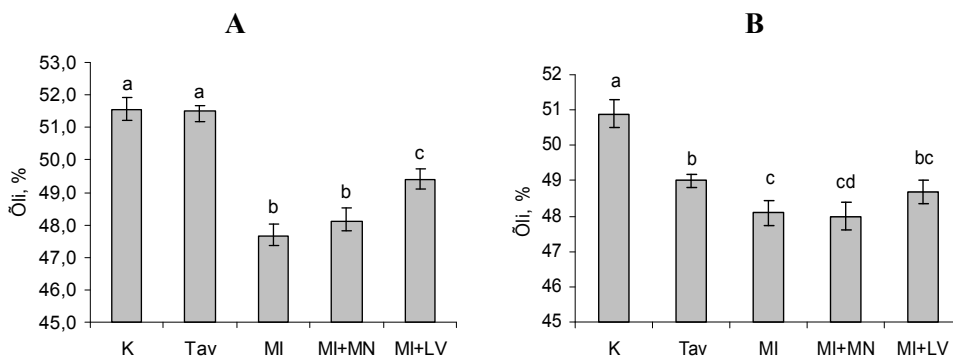
Joonis 3. Suvirapsi seemnesaak Eerika põldkatses (A) ja Erumäe tootmiskatses (B).

I – standardviga, $n = 4$

aegse ammooniumsalpeetriga väetamisega (variant MI + MN). Seega mõlemad kasvu- aegse väetamise variandid andsid 2012. a tootmiskatses rapsi kasvatamisel positiivseid tulemusi. Eerika põldkatses olid MI ja MI + MN variantide saagid võrreldes tavaväetamisega küll 3,3% ja 5,6% võrra suuremad, kuid ei mahtunud usutavuse piiridesse. Selle põhjuseks võib olla põldkatse täpsem korraldus rapsikasvuks soodsate 2012. a vegetatsiooniperioodi ilmastikuolude tingimustes.

Rapsiseemnete õlisisaldus

Nii Eerika põldkatses kui ka Erumäe tootmiskatses olid õlirikkamad mineraalväetisi mitte saanud variandi (K) ja tavavariandi (Tav) rapsiseemned (joonis 4 A ja B).

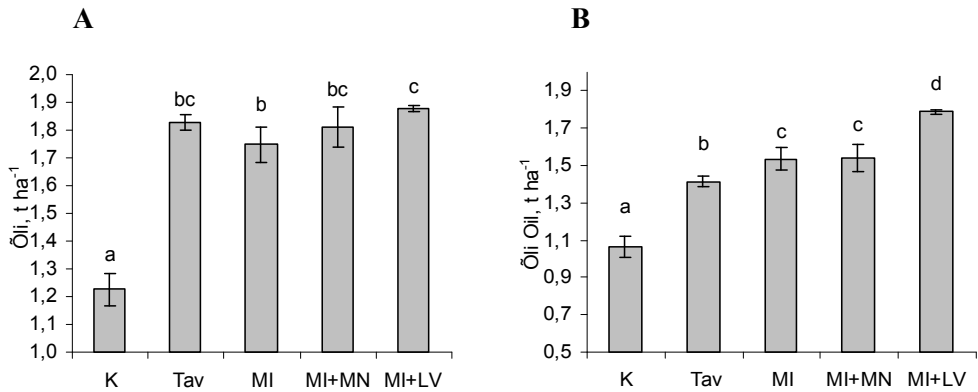


Joonis 4. Suvirapsi õlisisaldus Eerika põldkatses (A) ja Erumäe tootmiskatses (B). I – standardviga, $n = 4$

Nii Eerika kui Erumäe katses olid ülejäänud variantidest suurimad õlisisaldused leheväetist saanud lappide suvirapsi seemnetes, olles põldkatses 1,3–1,7% ja tootmiskatses 0,5% võrra suuremad kui ülejäänud mullainfo põhjal väetatud variantides. Lääniste *et al.* (2004) andmetel suurendab mikroelementide lisamine rapsiseemnete õlisisaldust. Katses kasutatud leheväetis Nutricomplex sisaldas mikroelementidest väävlit (S) ja magneesiumi (MgO).

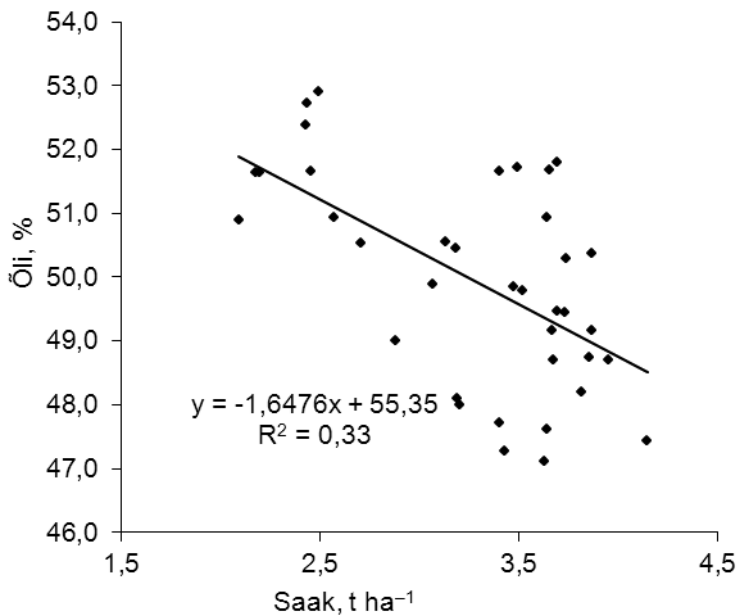
Suvirapsi õlisaak

Tootmiskatses Erumäel saadi suurimad õlisaagid samadelt variantidelt (variandid MI, MI + MN ja MI + LV, joonis 5 B) kust saadi ka suurimad seemnesaagid, vastavalt 5,4; 5,4 ja 1,8 t ha⁻¹. Kuid Eerika põldkatses andsid õlisaagi osas enam-vähem võrdseid tulemusi kõik variandid peale väetamata kontrollvariandi, kusjuures leheväetist saanud variandis oli see üks suuremaid, usutav 6,9% erinevus siiski vaid kontrolli ja kasvukoha toitainetesisalduse järgi väetatud variandi (MI) vahel (joonis 5 A). Õlisaak olenes rapsi seemnesaagist ja seemnete õlisisaldusest.



Joonis 5. Suvirapsi õlisaak Eerika põldkatses (A) ja Erumäe tootmiskatses (B). I – standardviga, $n = 4$

Ilmnes, et rapsi õlisisaldus oli negatiivses seoses rapsi seemnesaagiga $r = -0,57^{**}$ (joonis 6), mis viitab sellele, et suure seemnesaagiga kaasneb üldjuhul ka seemnete väiksem õlisisaldus. Mitmete uurimistulemuste andmed viitavad sellele, et seda võib põhjustada rapsitaimede lämmastikuga varustatuse taseme tõus. Rathke *et al.* (2005) ja Ahmad *et al.* (2007) katsetes ilmnes negatiivne seos rapsiseemnete toorõlisisalduse ja lämmastikväetiste annuste vahel. Kuid Malle Järvani (2011) andmetel suurendavad väävlit sisaldavad lämmastikväetised, või lisaks lämmastikväetistele antud väävliühendid, nii rapsi seemnesaaki kui



Joonis 6. Suvirapsi õlisisalduse ja seemnesaagi vaheline seos põld- ja tootmiskatsete keskmisena, $n = 38$

ka õlisisaldust ja võimaldavad seega saada suuremat kasumit rapsiõli toodangu suurenemise arvelt. Seda võis märgata ka käesolevas uurimuses väävlit sisaldava leheväetisega väetamisel (MI + LV), kus võrreldes teiste kasvukohapõhise väetamise meetoditega (MI ja MI + MN) ilmnis tendents rapsi seemnesaagi, seemnete õlisisalduse ja toorõli toodangu suurenemisele.

Kokkuvõte

Uurimus tugineb Eesti Maaülikooli katsepõllu põldkatse ja Pilsu talu Erumäe tootmispõllul korraldatud tootmiskatse andmetele. Neil aladel kasvatati suvirapsi, mille eelviljaks oli suvinisu. Katsevariante oli viis, milledest üks oli väetamata (kontrollvariant), teine tavatootmises levinud väetusviisiga variant. Järgnesid väetusvariandid lähtuvalt kasvukoha mulla toitainetesisaldusest. Neist kaks olid rapsi kasvu ajal täiendavat mineraalset lämmastikku ning leheväetist saanud variandid, kus väetamise vajadus selgitati klorofüllimõõtjaga. Suurimad rapsiseemne ja õlisaagid saadi variantidelt, kus lisaks mulla toitainetesisalduse järgi väetamisele väetati rapsitaimi hiljem ka leheväetisega. Erumäe tootmiskatses saadi tavaviljelusega võrreldes mullainfo alusel väetatud ning täiendavat mineraalset lämmastikku saanud aladelt arvestatav seemne- ja õlisaagi tõus. Rapsiseemnete õlisisaldus oli uurimisel variantides madalam kui väetamata ja tavavariantides. Mõlemas katses aitas mikroelemente, sh väävlit, sisaldav leheväetis kaasa rapsiseemnete õlisisalduse tõusule. Ilmnis ka, et rapsi õlisisaldus oli negatiivses seoses rapsi seemnesaagiga.

Tänuavaldused

Artikli autorid avaldavad tänu Põllumajandusministeeriumile, mis on toetanud käesolevat uurimistööd arendusprojekti T11027PKTM summadest.

Kasutatud kirjandus

- Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M.T., Khattak, R.A. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. – *Journal of Zhejiang University Science B* **8** (10), 731–737.
- Jordan, C., Smith, R.V. 2005. Methods to predict the agricultural contribution to catchment nitrate loads designation of nitrate vulnerable zones in Northern Ireland. – *Journal of Hydrology* **304** (1), 316–329.
- Järvan, M. 2011. Rapsi tootmiskatsed Viljandimaal Auksis. – *Põllukultuuride saak ja kvaliteet sõltuvalt agrotehnikast* (koostaja M. Järvan), Saku, 65–70.
- Järvan, M. 2006. Lehekaudsest väetamisest. *EMVI infoleht* nr. **188**, 4 lk.
- Ludowicy, C., Schwaiberger, R., Leithold, P. 2002. *Precision Farming: handbuch für die Praxis I*. Aufl., DLG Verlag, 350 p.
- Lääniste, P., Jõudu, J., Ereemeev, V. 2004. Oil content of spring oilseed rape seeds according to fertilization. – *Agronomy Research* **2** (1), 83–86.
- Nugis, E., Võsa, T., Vennik, K., Müüripeal, M., Kuht, J. 2009. Usability tests by DGPS for assessment of growth conditions for crops and soil physical properties. – *Jubileuszu XX-Lecia Katedry Maszyn rolniczych i Lesnych: Miedzynarodowa Konferencja Naukowa*, Warszawa, Poland, 22–23 September 2009, 84–87.

- Rathke, G.-W., Christen, O., Diepenbrock, W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. – *Field Crops Research* **94**, 2–3, 103–113.
- Robinson, E. 2007. GPS, GIS, VR, and remote sensing technologies continuing to evolve. *Southeast Farm Press* **34** (28), 12 p.
- Santhi, C., Muttiah, R.S., Arnold, J.G., Srinivasan, R. 2005. A GIS-based regional planning tool for irrigation demand assessment and savings using SWAT. – *American Society of Agricultural and Biological Engineers* **48** (1), 137–147.
- Võsa, T., Nugis, E., Vennik, K., Meripõld, H., Viil, P., Kuht, J. 2009. Some possibilities of studying the precision farming in Estonia, methods and results of complex investigation. – *Computer and Computing Technologies in Agriculture II, Springer. IFIP Advances in Information and Communication Technology* Volume **293**, Li, D., Zhao, C (Ed.), 2009, 1–7.

MAHETÄRKLISEKS SOBIVATE KARTULISORTIDE KATSETULEMUSED

Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. *Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2013. Test results of potato varieties suitable for organic starch. – Agronomy 2013.*

The aim of this trial was to find more suitable potato varieties for organic farming in general and for production of organic starch at the Aloja Starkelsen Starch Production Factory in Latvia. This trial was based on the project “Baltic Organic Potato for the World Markets” (BALTOG-POTATO), which was partly financed by the European Regional Development Fund. This project focuses on provision of fruitful cooperation among organic potato growers, breeders, processors and scientific institutions in Latvia and Estonia involved in organic potato food production chain, aiming to promote and ensure recognition of organic potato products in Baltic region and sales growth in global markets.

The trial was carried out at the Jõgeva Plant Breeding Institute in 2011–2012. Seven potato varieties from Estonia, Latvia and Byelorussia were included. Two variants were used: pre-sprouted and non-sprouted. Tuber and starch yield, their additional yield and starch content were estimated. According to the test results: Estonian varieties Maret and Juku in pre-sprouted variant had the highest tuber yield; variety Imanta had the highest pre-sprouting effect; varieties Zdabytak, Juku and Maret had the highest starch content; varieties Juku, Zdabytak and Maret had the best starch yield.

Keywords: *organic starch, organic potato*

Sissejuhatus

Tärklisekartuli kasvatamisel maheviljeluses on olulised eelkõige sordi valik, kasvu-tingimused ja turg. Stabiilse saagi võib saada, kui sordis on ühendatud varasus küllaltki kõrge lehemädanikukindlusega. Mugulate tärklisesisaldust ja tärklise kvaliteeti mõjutab terve hulk tegureid: sordi iseärasused, agroökoloogilised ja kliimaatilised tingimused, agrotehnika, väetamine, mugulate valmivus ja säilitustingimused (Jõudu 2002). Mahekartulile turu leidmiseks on käivitatud kaheaastane (01.07.2011–30.06.2013) Eesti–Läti piiriülene projekt “Balti mahekartul maailmaturule”. Projekti eesmärk on mahedalt toodetud kartuli tootmismahude ja konkurentsivõime suurendamine ning Eesti ja Läti piirialasid hõlmava ühise tootmisahela loomine sordiaretusest, seemnekasvatusest kuni lõppsaaduste valmistamiseni (põhiliselt mahetärklis). Mahetärklis toodetakse Lätis asuvas Aloja Starkelsen Ldt tärklisetehases. Jõgeva Sordiaretuse Instituudi (SAI) ülesanne on korraldada sordikatsetused sobivate sortide leidmiseks. Maheviljeluses sõltub saagikus väga palju iga konkreetse kasvataja tingimustest ja õige sordi valikust. Mahekartuli kasvatamisel sõnnikuga võib saak suurendada kuni 36,5% ja tärklisesisaldus võrreldes tavaviljelusega on suurem (Järvan, Edesi 2009). Selleks, et saada suuremat tulu mahetärklise tooraine kasvatamisest, tuleks valida selline kartulisort, millel on mahetingimustes lisaks kõrgemale saagile ka kõrgem tärklisesisaldus. Tärklisetehase poolt makstakse tootjale lisatasu alates 17% tärklisesisaldusest. Praegu kasvatatakse Lätis mahetärklise eesmärgil Eesti sorti ‘Maret’ ja 2011. aastast on sort ‘Juku’ Läti sordilehes kui

maheviljeluseks sobiv sort.

Materjal ja meetodika

Mahekatse rajati 2011–2012 Jõgeva SAIs. Katse asus keskmise liivsavi lõimisega leostunud mullal. 2011. aastal oli eelviljaks tatar ja sügiskünni alla anti sõnnikut 50 t ha⁻¹. 2012. aastal oli eelviljaks hernes, haljasväetiseks ja sügiskünni alla anti sõnnikut samuti 50 t ha⁻¹. Katsed rajati 3 korduses ja 2 variandis NNA (*Nearest Neighbours Analyses*) meetodi järgi. Variantideks olid eelidandatud ja -idandamata mugulad. Eelidandamine kestis kolm nädalat temperatuuril 15–20 °C. 2011. aastal toimus katse 13 sordiga ja 2012. aastal 12 sordiga. Kahel katseaastal oli samu sorte 7, mis on aluseks võetud ka käesolevas artiklis. Eesti sortidest olid katses ‘Maret’ (keskvarajane), ‘Ando’ (hiline), ‘Juku’ (hiline); Läti sortidest ‘Lenora’ (keskvarajane), ‘Brasla’ (keskhiline), ‘Imanta’ (keskhiline); Valgevene sort ‘Zdabytak’ (= ‘Magnat’, hiline). Mugulate tärklikesisaldus määrati Reimanni kaaludega 2 nädalat pärast koristust. Katseandmeid töödeldi *Agrobase* programmi kahefaktorilise dispersioonanalüüsiga (*ANOVA*).

Tulemused ja arutelu

Käesoleva katsega püüti välja selgitada, milliseid tärkliisetööstusele sobivaid kartulisorte on võimalik mahetingimustes Eesti oludes kasvatada.

Tabelitest 1 ja 2 on näha suur ilmastikutingimuste erinevus kahel katseaastal kartulile põhilisel vegetatsiooniperioodil (juuni–august). 2011. aastal oli keskmine õhutemperatuur mitme kraadi võrra kõrgem kui 2012. aastal. Sademeid jäi 2011. a kartuli kasvuks väheseks, seevastu 2012. a oli sademeid rohkem kui kartul oleks vajanud. Seega levis kõrge relatiivse õhuniiskuse tõttu (tabel 3) kartuli-lehemädanik kiiresti ja kõrge mullaniiskus põhjustas märgmädaniku levikut, mis mõjutas 2012. aastal saagi suurust ja kvaliteeti.

Tabel 1. Keskmine õhutemperatuur (°C) Jõgeval 2011/2012

Kuu / dekaad	I	II	III	Keskmine
Juuni	19,8/11,2	16,0/15,1	16,5/13,8	17,4/13,4
Juuli	20,8/19,3	19,3/15,5	21,5/19,1	20,5/18,0
August	16,4/16,0	16,2/14,7	16,3/13,5	16,3/14,7

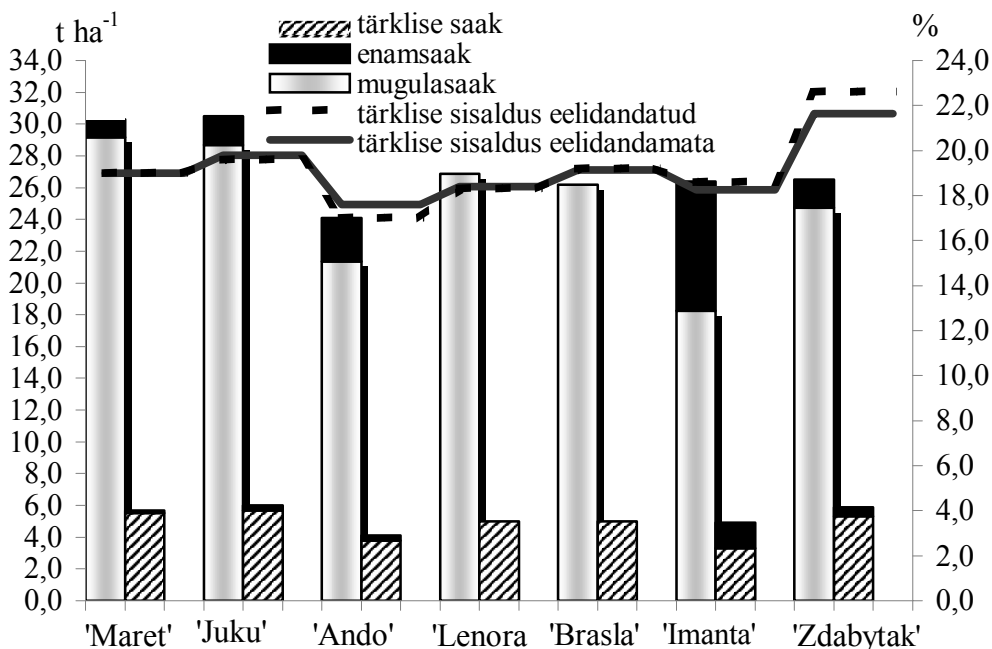
Tabel 2. Sademed (mm) Jõgeval 2011/2012

Kuu / dekaad	I	II	III	Kuus kokku	Vajadus
Juuni	0,0/29,0	28,0/39,2	10,0/41,8	38,0/110,0	70,0
Juuli	14,0/16,1	11,0/57,7	9,0/11,2	34,0/85,0	120,0
August	14,0/22,2	47,0/76,1	13,0/31,7	74,0/130,0	90,0

Tabel 3. Keskmine relatiivne õhuniiskus (%) Jõgeval 2011/2012

Kuu / dekaad	I	II	III	Keskmine
Juuni	61/73	76/74	75/77	71/75
Juuli	75/75	76/81	77/75	76,77
August	73/80	86/83	62/87	74/83

Joonisel 1 näeme, milline oli kahe katseaasta keskmine mugula- ja tärklisesaak ning tärklisesisaldus. Kõrgema keskmise mugulasaagiga eelidandatud variandis olid sordid 'Maret' 30,3 t ha⁻¹ ja 'Juku' 30,5 t ha⁻¹. Eelidandamata variandis domineerisid mugulasaagilt samad sordid (vastavalt 29,2 t ha⁻¹ ja 28,7 t ha⁻¹). Mugulate enamsaak oli neil



Joonis 1. Kartulisortide kahe aasta (2011–2012) keskmine mugula-, tärklise- ja nende enamsaak ning tärklisesisaldus eelidandatud ja -idandamata variandis

samuti praktiliselt võrdne, kusjuures erinevatel katseaastatel ilmnis just sordil 'Juku' vastupidine efekt, kuna eelidandamata variandis 2011. a oli saak kõrgem. Eelidandatud seemnemugulate kasutamine soodustab suurema arvu idude kasvu, mistõttu varte arv taimel suureneb ja tekivad eeldused suuremale saagile, ning on täheldatud tärklisesisalduse suurenemist (Jõudu 2002). Kirjanduse andmeil võib seemnemugulate eelidandamisega saada saaki 8–14 päeva varem (Tsahkna 2010). Sama täheldasime ka käesolevas katses. Analüüsi tulemustest selgus, et variantide vahel ei esinenud usutavaid erinevusi ($p = 0,9434$). Sortide vahel variantides ilmnis usutavaid erinevusi ($PD_{95\%} = 6,17$). Katses olnud sortidest olid mugulasaagi erinevused variantide vahel kõige suuremad sortidel 'Imanta' 8,2 t ha⁻¹ ja 'Ando' 2,8 t ha⁻¹. Erinevused mugulasaagis variantide vahel puudusid sortidel 'Brasla' ja 'Lenora'. Tärklisesisalduses märgatavat erinevust variantide vahel ei olnud. Kõige kõrgema tärklisesisaldusega oli sort 'Zdabytak' 22,2%, millele järgnesid 'Juku' 19,7% ja 'Maret' 19,0%. Ka tärklisesaagis variantide vahel usutav erinevus puudus ($p = 0,9017$), kuid variantides sortide vahel esines usutavaid erinevusi ($PD_{95\%} = 1,21$). Kõige kõrgem keskmine tärklisesaak oli sordil 'Juku' eelidandatud variandis (6,0 t ha⁻¹), olles eelidandamata variandiga peaaegu võrdne (5,7 t ha⁻¹). Peaaegu samale tasemele jäi tärklisesaak ka sordil 'Maret', vastavalt 5,8 ja 5,6 t ha⁻¹.

Kokkuvõte

Kahe katseaasta keskmisena olid kõrgeima mugulasaagiga eelidandatud variandis kodumaised sordid 'Maret' ja 'Juku'.

Kõige suurem mugulasaagi variantide vaheline efekt ilmnis sordil 'Imanta'.

Kõige kõrgema tärklisesisaldusega olid sordid 'Zdabytak', 'Juku' ja 'Maret'.

Kõige kõrgema tärklisesaagi andsid eelidandatud variandis sordid 'Juku', 'Zdabytak' ja 'Maret'.

Tänuavaldused

Uurimistöö on valminud tänu EL projekti BALTORGPOATATO (EU 38846) toetusele.

Kasutatud kirjandus

Jõudu, J. 2002. Agrotehnoloogia. – *Kartulikasvatus*. Tartu, 57–66.

Jõudu, J. 2002. Kartulimugulate keemiline koostis. – *Kartulikasvatus*. Tartu, 57–66.

Järvan, M., Edesi, L. 2009. The effect of cultivation methods on the yield and biological quality of potato. – *Proceedings of the conference "Fostering healthy food systems through organic farming"* August 2009, Tartu, Estonia.

Tsahkna, A. 2010. *Mahepõllumajanduslik kartulikasvatus*. Toimetajad A. Vetemaa, M. Mikk. Koostaja Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, EV Põllumajandusministeerium, 3–17.

KARTULI SAAGIKUS JA KVALITEET MAHE- JA TAVAVILJELUSLIKUS KÜLVIKORRAS

Malle Järvan, Liina Edesi, Ando Adamson

Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. *Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A. 2013. Yield and quality of potato in organic and conventional farming systems. – Agronomy 2013.*

The research was conducted in Central-Estonia in Olustvere (58° 33' N, 25° 34' E) during 2008–2012. The effect of organic and conventional farming methods on the yield and biological quality of potato was studied. Potato was grown in a five-field crop rotation, crops being barley undersown with clover, clover, winter rye, potato and oat. The following cultivation methods were compared: organic I – without manure, organic II – with cattle manure (application rate 60 t ha⁻¹), and conventional (manure, mineral fertilizers and pesticides were used).

Depending on weather conditions during growth period and occasionally on the early development of late blight, the marketable yields of potato in organic farming ranged largely in 2008–2012: in variant I 0,5–21,6 t ha⁻¹ (early variety Angela), and 3,2–18,0 t ha⁻¹ (medium early variety Laura); in variant II 6,3–29,5 t ha⁻¹ (Angela), and 10,5–26,0 t ha⁻¹ (Laura). In conventional farming, yearly yields of both varieties did not differ so much, a five-year average being 42,7 and 49,1 t ha⁻¹, respectively.

The dry matter content of potato tubers correlated negatively with yields, i.e. potato grown in conditions of organic farming contained more dry matter than conventionally grown potato. The nitrate content in potato tubers depended much more on other factors than farming method. The mineral content of fresh weight of organically (with and without manure) grown potato tubers did not differ significantly. However, the potassium content in organically grown potatoes was significantly higher than in conventionally grown potatoes.

Keywords: *potato varieties, marketable yield, dry matter, nitrates, minerals*

Sissejuhatus

Viimastel aastakümnetel on paljudes riikides suurenenud tarbijate nõudlus maheviljeluse tingimustes kasvatatud ohutute ja tervislike toiduainete järele. Seejuures on just kartul olnud mahetoidu gruppidest kõige suurema osatähtsusega (Maggio *et al.* 2008). Tarbimiseks vajaliku kartulikoguse tootmine mahetingimustes vajab märksa rohkem kasvupinda kui sama suure toodangu saamiseks tavaviljeluse tingimustes, sest eri viljelusviiside puhul on saagikuse tasemed erinevad. Kui näiteks Maggio *et al.* (2008) andmeil orgaaniliselt viljeldava kartuli saagid jäid umbes 25% ehk veerandi võrra väiksemaks kui tavaviljeluses, siis mitmed teised autorid on leidnud, et saagilangus oli tegelikult suurem – vähemalt kolmandiku võrra või isegi rohkem (Varis *et al.* 1996; Järvan, Laitamm 1998; Böhm 1999; Hamouz *et al.* 2005; Mourão *et al.* 2008).

Peale kartulisaagi üldkoguse mõjutab viljelusviiside erinevus ka mugulate kaubalisust ja keemilist koostist. Tavaviljeluses, kus kartul saab põhilise osa toitainetest mineraalväetistega, oli mugulasaak ja kaubalise fraktsiooni osatähtsus suurem kui orgaanilise väetise – veisesõnnikuga – väetamise korral; samas aga vähenes mugulates fosfori-, kaaliumi- ja magneesiumisisaldus ning suurenes lämmastikuühendite sisaldus (Schulz 2000). Märgitakse, et sõnniku mõju kartuli saagile sõltub oluliselt aastate

omapärast. Aastatel, mil lehemädanik nakatab taimed varakult, ei jõua komposteeritud sõnniku positiivne mõju veel avalduda (Neuhoff, Köpke 2002). Ökoloogilises viljeluses on eriti tähtis, et põhiosa taimetoitainetest oleks kättesaadav juba kasvu alguses (Kolbe 1996). Kartulisortidest sobivad orgaanilise viljelusviisi jaoks eriti just sellised sordid, millel mugulate moodustumine algab varakult (Neuhoff, Köpke 2002).

Kas maheviljeluse tingimustes kasvatatud kartul on parema kvaliteediga kui tavaviisil kasvatatud kartul, selles küsimuses ei ole teadlased ühisel seisukohal, ka ei ole selle kohta piisavalt usaldusväärseid uuringuid (Hamouz *et al.* 2005). Bruulsema (2002) arvates ei erine orgaaniliste väetiste baasil toodetud taimekasvatustoodang oma kvaliteedilt mitte sugugi toodangust, mis on saadud mineraalväetiste kaasabil. Kui kvaliteedierinevused ilmnevadki, siis on need põhjustatud taimetoitainete koguste ja vahekordade erinevustest (Bruulsema 2008).

Selleks, et erapooletult hinnata ühe või teise viljelusviisi mõju toodangu kvaliteedile, tuleb neid võrrelda ühesugustes tingimustes (Kumpulainen 2001; Magkos *et al.* 2003). Kahjuks on seda tehtud suhteliselt harvadel juhtudel. Üks vähestest uurimistöedest, kus orgaanilist ja tavapärasel viljelusviisi on võrreldud ühesugustes tingimustes, sh ühesugusel lämmastiktootumise tasemel, viidi läbi Napoli ülikoolis (Maggio *et al.* 2008). Selles töös selgus, et kuigi tavapärasel viisil kasvatatud kartuli saak oli suurem ja mugulate kuivainesisaldus väiksem, ei olnud usutavaid erinevusi süsivesikute, sh tärklise ja redutseeruvate suhkrute sisalduses (Maggio *et al.* 2008). Ka Eesti Maaviljeluse Instituudis kolmel aastal kartuli ja köögiviljadega läbi viidud viljelusviiside võrdlemise katsetes, kus orgaanilise väetise ja mineraalväetisega anti põhitoitaineid (lämmastikku, fosforit ja kaaliumi) ekvivalentsetes kogustes, selgus, et saagi bioloogilises kvaliteedis olulisi erinevusi ei olnud (Järvan, Edesi 2009).

Viljelusviisi mõjust kartulimugulate nitraatidesisaldusele võib leida viiteid, et mahe tingimustes kasvatatud kartulis on nitraate vähem (Varis *et al.* 1996; Rembialkowska 1999; Bruulsema 2002). Poolas läbi viidud põldkatsetes selgus, et sõnnikuga väetamisel kartuli saagikus küll suurenes, kuid see ei soodustanud nitraatide kogunemist mugulatesse (Boliłowa, Gleń 2003). Tegelikult määrab saagi nitraatidesisalduse ära mitte viljellussüsteem, vaid väetistest saadava ja mullast vabaneva lämmastiku üldkogus. Määravaks saavad mineraliseerumise protsessid mullas, niiskus, soojus ja teised tingimused. Nitraatide akumulereerumist saagisse saab nii mahe- kui ka tavaviljeluse puhul vähendada vaid taimedele kättesaadava lämmastikukoguse vähendamisega (Järvan 1982).

Mineraalainete sisaldust taimekasvatustoodangus väljendatakse sageli sisaldusena kuivaine kohta. Sellisel juhul usutavad erinevused maheviljeluse ja tavaviljeluse saakide mineraalainete sisaldustes enamasti puuduvad. Tegelikult on väga oluline, et nende sisaldust väljendataks ja võrreldaks toormaterjali alusel (Magkos *et al.* 2003).

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida viljelusviiside mõju kahe kartulisordi kogu- ja kaubalisele saagile ning mugulate kuivaine, mineraalainete ja nitraatide sisaldusele.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö viidi läbi aastail 2008–2012 Olustvere TMK õppetalu põllul, kus alates 2002. aastast on järgitud maheviljeluse printsiipe. Katseala paikneb raske liivsavi lõimisega kahkjäl mullal. Mulla pH_{KCl} on 5,9–6,1, fosforisisaldus kõrge, kaaliumi- ja orgaanilise aine sisaldus keskmisel tasemel ning magneesiumisisaldus madalavõitu.

Põllul on viieväljaline külvikord. Alates 2007. aastast on kultuuride järjestus olnud järgmine: oder ristiku allakülviga, ristik (küntakse haljasväetisena mulda), rukis, kartul, kaer. Erinevate viljelusviiside võrdlemiseks on pikad väljad – suurusega 1,2 ha – jagatud kolme võrdsesse ossa. Katses on kaks maheviljeluse varianti (M – mahe, kus külvikoras sõnnikut ei kasutata ja MS – mahe sõnnikuga, kus veisesõnnik normiga 60 t ha⁻¹ antakse kartulile sügiskünni alla) ja tavaviljeluse variant (T). Tavaviljeluse variandis saab kartul samuti sõnnikut. Põllumajandusuuringute Keskusest igal aastal tellitud sõnnikuanalüüside keskmiste tulemuste alusel viidi MS ja T variantides sõnnikuga mulda taimetoitaineid järgmistes kogustes: kogulämmastik 286 kg ha⁻¹ (sellest lahustuvat lämmastikku 33,7 kg ha⁻¹), kogufosforit 65, kogukaaliumi 164 ja kogumagneesiumi 61 kg ha⁻¹. Tavaviljeluse variandis anti kartulile mahapaneku eel lisaks veel NPK väetist (8:12:23) normiga 600 kg ha⁻¹, tehti keemiline umbrohutõrje ja lehemädanikutõrjet neljal korral. Pritsimistel kasutati vaheldumisi erinevaid preparaate.

Kõik mullaharimis- ja hooldustööd tehti kolmel katsevariandil ühtemoodi. Kevadel alustati libistamisega, järgnesid kultiveerimine, sügavkobestamine, vagude ajamine (vahega 80 cm) ja eelidandatud mugulate mahapanek vahekaugusega reas 25 cm. Kartuli vahelharimist tehti kolmel korral. Katses kasvatati varajast sorti 'Angela' ja hilisema-poolset sorti 'Laura'. Seemnekartul oli kasvatatud mahetingimustes, katseperioodi jooksul uuendati seemet kahel korral.

Mugulaproovid koristati augusti III dekaadil – igalt variandilt 10 pesa kolmes korduses. Mugulad jaotati suuruse järgi fraktsioonidesse ning määrati kogusaak ja kaubaline saak (mugulad läbimõõduga üle 40 mm). Kartuli keemilised analüüsid kolmest kordusproovist tehti Eesti Maaülikooli taimebiokeemia laboratooriumis. Saagikuse ja keemiliste analüüside tulemuste statistiline analüüs tehti andmetöötlusprogrammiga JMP 5.0.1 (SAS Institute, Cary, N.C.), kasutades Tukey-Krameri testi (HSD).

Tulemused ja arutelu

Maheviljeluslikul kasvatamisel kõikusid kartulisaagid aastate lõikes suuresti. Nii näiteks varajase sordi 'Angela' kogusaagi erinevused sõnnikuta mahevariandis (M) olid peaaegu neljakordsed ning sõnnikuga mahevariandis (MS) rohkem kui kolmekordsed (tabel 1). Kaubandusliku saagi puhul olid erinevused veelgi suuremad, M variandis mõnel aastal (2009 ja 2012) praktiliselt ei saadudki kaubastamiseks sobiva suurusega (üle 40 mm) mugulaid. Pikema kasvuajaga sordi 'Laura' puhul jäi mahevariantides saagikus väga madalaks 2009. aastal. Sellel aastal oli suhteliselt madal ka tavavariandi saak (38,1 t ha⁻¹), mis on 29,7–40,5% vähem kui teistel aastatel.

Maheviljeluse variantide kartulisaagi hulgas oli rohkesti alamõõdulisi mugulaid. Kui tavaviisil (T) kasvatatud kartulisordi 'Laura' puhul oli kaubandusliku saagi osatähtsus kogusaagist 85–93% (viie aasta keskmisena 90%), siis sõnnikut kasutavas maheviljeluse variandis (MS) 66–78% (keskmiselt 72%) ning sõnnikuta maheviljeluse (M) puhul vaid 45–69% (keskmiselt 53%). Sordi 'Angela' puhul oli kaubalise saagi osatähtsus veidi väiksem kui sordil 'Laura'. Viie aasta keskmisena oli see T variandis 84,7%, MS variandis 70,7% ja M variandis 48,5% kogusaagist.

Kartuli saagikus meie katsetes sõltus suuresti kasvuperioodi ilmastikust ja teatud määral ka sordist. Maheviljeluse jaoks peetakse üldiselt sobivamaks varajasi, lühema kasvuajaga sorte. Sellistel sortidel algab mugulate moodustumine varakult ning kui suve

teisel poolel ilmaolud juhtumisi halvenevad ning sellega kaasneb liiga varane pealsete hävimine – näiteks kartuli-lehemädaniku tõttu – on mugulasaak selleks ajaks juba olemas.

Tabel 1. Kartuli kogusaak ja kaubanduslik saak sõltuvalt viljelusviisist

Sort, aasta	Kogusaak, t ha ⁻¹			Kaubanduslik saak, t ha ⁻¹		
	M	MS	T	M	MS	T
‘Laura’						
2008	11,7	18,9	64,0	5,9	12,4	58,8
2009	7,1	14,0	38,1	3,2	10,5	35,5
2010	23,3	33,5	55,2	18,0	26,0	49,6
2011	26,2	33,3	63,4	17,1	24,9	56,4
2012	25,2	34,2	53,4	17,5	23,0	45,4
2008–2012	18,7 ^b	26,8 ^b	54,8 ^a	12,3 ^c	19,4 ^b	49,1 ^a
‘Angela’						
2008	29,8	40,4	67,2	19,6	29,5	59,7
2009	7,7	14,0	45,0	0,5	6,3	38,9
2010	27,3	33,5	60,5	21,6	27,2	51,2
2011	18,9	26,7	38,7	13,5	20,6	30,7
2012	9,1	12,8	41,4	1,8	9,9	34,9
2008–2012	18,6 ^b	25,5 ^b	50,6 ^a	11,4 ^b	18,7 ^b	42,7 ^a

M – maheviljelus, sõnnikuta; MS – maheviljelus, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Erinevad tähed samas reas näitavad usutavat erinevust (*Tukey – Kramer* test, $p < 0,05$).

Olustvere katses avaldus varasema sordi eelis eriti selgelt 2008. aasta tingimustes, vähemal määral ka 2010. aastal. 2008. a oli sort ‘Angela’ mahevariantides tunduvalt saagikam kui hilisem sort ‘Laura’. Kui ‘Angela’ kaubanduslike mugulate saak M variandis oli 19,6 ja MS variandis 29,5 t ha⁻¹, siis ‘Laura’ vastavalt vaid 5,9 ja 12,4 t ha⁻¹. 2008. a lööbis lehemädanik mõlemal sordil erakordselt vara, sordil ‘Angela’ oli teatud mugulasaak selleks ajaks juba olemas, sordil ‘Laura’ veel mitte. Tavaviljeluslikus variandis, kus tehti korralikult lehemädaniku tõrjet, olid mõlema sordi saagid 2008. a praktiliselt võrdsed, vastavalt 59,7 ja 58,8 t ha⁻¹ kaubanduslike mugulaid. Mahevariantide erakordselt madala saagikuse põhjuseks 2009. a oli samuti lehemädanik, mis juba juuli lõpuks täielikult hävitas mõlema sordi pealsed. 2012. a oli sordil ‘Angela’ M ja MS variantide madala saagi üheks põhjuseks tõenäoliselt ka väga tugev umbrohtude surve. Kuna Olustvere katseala muld on raskema lõimise ega ole põuatundlik, siis meie tähelepanekute kohaselt ei avaldanud ka pikemad sademeteta perioodid kartulisaagi suurusele olulist mõju.

Sõnnikuga väetamise mõju kartulile maheviljeluse tingimustes oli aastati erinev. Kui antud juhul jätta vaatluse alt välja ekstreemselt madala saagitasemega 2009. aasta, siis sõnnik, mida anti sügiskünni alla normiga 60 t ha⁻¹, suurendas kartulisordi ‘Laura’ kogusaaki 27–61% (nelja aasta keskmisena 42%) ja sordi ‘Angela’ kogusaaki 23–41%

(keskmiselt 35%). Kui võrrelda meie Olustvere mahekatse tulemusi teiste teadlaste töödega, siis on need ligilähedased näiteks Tšehhimaal tehtud uurimusega, kus külvikorra kartuli alla antud sõnnik normiga 50 t ha⁻¹ suurendas mugulasaaki 12 aasta keskmisena 33,5% (Černý *et al.* 2010). Olustveres 2008–2012 perioodi keskmiste tulemuste alusel ilmnes statistiliselt usutav erinevus ($p < 0,05$) sõnnikuga (MS) ja sõnnikuta (M) maheviljeluse variantide vahel ainult hilisema sordi 'Laura' kaubalise saagi puhul; ülejäänud juhtudel saab rääkida sõnniku positiivse mõju tendentsist.

Maheviljeluse tingimustes mõjutas sõnniku andmine varajase sordi 'Angela' saake mõnevõrra vähem kui hilisema sordi 'Laura' saake. Aastatel, mil kevad on kas jahe, sademevaene või kui lehemädanik nakatab kartulitaimed varakult, ei jõua sõnniku – kas komposteeritud või kõdusõnniku – positiivne mõju mugulate moodustumise ajaks veel avalduda. Seda arvamust toetavad ka Neuhooffi ja Köpke (2002) uurimistulemused.

Kartulimugulate keemilise koostise määramisel saadud tulemused, kus mineraalainete sisaldus algselt oli väljendatud sisaldusena absoluutkuivaines, arvatati ümber ning fosfori-, kaaliumi-, kaltsiumi- ja magneesiumisisaldused milligrammides mugulate 100 grammi toormassi kohta, ehk milliprotsentides, on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Viljelusviisi mõju kuivaine ja mineraalainete sisaldusele mugulate toormassis (Olustveres, 2008–2012 keskmisena)

Koostisosis	Sort 'Laura'			Sort 'Angela'		
	M	MS	T	M	MS	T
Kuivaine, %	22,3 ^a	21,5 ^{ab}	19,8 ^c	21,6 ^a	20,5 ^b	19,5 ^c
Fosfor, m%	66,9 ^a	62,1 ^a	49,4 ^b	57,9 ^a	51,7 ^b	44,7 ^c
Kaalium, m%	473 ^a	467 ^a	427 ^b	428 ^a	427 ^a	382 ^b
Kaltsium, m%	17,1 ^a	11,5 ^b	10,0 ^{bc}	11,8 ^{abc}	12,2 ^{ab}	13,4 ^a
Magneesium, m%	30,3 ^a	26,9 ^{ab}	25,7 ^b	22,2 ^{ab}	23,3 ^a	20,6 ^{abc}

M – maheviljelus, sõnnikuta; MS – maheviljelus, sõnnikuga; T – tavaviljelus
Erinevad tähed samas reas näitavad usutavat erinevust (*Tukey – Kramer*i test, $p < 0,05$).

Mugulate kuivainesisaldus korreleerus negatiivselt saagikusega, st mida kõrgem oli saagikus, seda madalam oli kuivainesisaldus. Maheviljeluslikult ilma sõnnikuta kasvatatud kartul viie aasta keskmisena sisaldas kuivainet 2,1–2,5% võrra rohkem kui tavaviljeluse variandi kartul. Mugulate tärgklisesisalduse kohta kahjuks ei saa otseseid järeldusi teha, sest tärgklisesisaldust määrati ainult 2008. a saagist. Kuid need tulemused näitasid, et nii sordi 'Laura' kui ka sordi 'Angela' mugulate tärgklisesisaldus oli statistiliselt usutavalt kõrgeim selles mahevariandis, kus kartul sõnnikut ei saanud ja madalaim tavaviljeluslikus variandis (Järvan, Edesi 2009). Samas aga mõned autorid (Maggio *et al.* 2008) on leidnud, et kuigi tavapärasel viisil kasvatatud kartuli mugulate kuivainesisaldus oli madalam kui mahedalt kasvatatud kartulil, ei olnud mahekartuli tärgklisesisaldus usutavalt suurem.

Mineraalainetest tasuks kartuli puhul jälgida eelkõige kaaliumi- ja magneesiumisisaldust, sest need mõlemad on teatud tasakaalustajad naatriumi suhtes meie üldiselt rohke keedusoolaga toiduratsioonis. Kui Olustvere katses sõnnikuga ja sõnnikuta kas-

vatatud mahekartuli mugulate kaaliumi- ja magneesiumisisaldustes usutavaid erinevusi ei olnud, siis tavaviljeluslikul viisil kasvatatud sortide 'Laura' ja 'Angela' mugulates oli kaaliumi vähem kui mahevariantide mugulates. Kirjandusest võib leida rohkesti viiteid, et orgaaniliselt ja tavaviisil kasvatatud kartuli mineraalainete sisalduses üldiselt ei esine usutavaid erinevusi (Järvan, Laitamm 1998; Warman, Haward 1998; Magkos *et al.* 2003; Mourão *et al.* 2008; Järvan, Edesi 2009).

Nitraatidesisaldus (tabel 3) sordi 'Laura' mugulates oli kõikide viljelusviiside puhul madal. Viie aasta keskmised näitajad olid järgmised: M – 3,7 (0–12,9), MS – 13,8 (2,8–32,7), T – 10,9 (3,0–32,1) mg kg⁻¹. Seega ei põhjendanud mineraalväetise ja pestitsiidide kasutamine tavaviljeluslikus variandis nitraatide kogunemist hilisema sordi mugulatesse. Seevastu kõikus suuresti nitraatide sisaldus varajase sordi 'Angela' mugulates ning olenes viljelusviisist. Kui maheviljelusliku M variandi mugulates oli nitraate keskmiselt 16,5 (8,4–35,7) mg kg⁻¹, siis sõnnikuga MS variandis oli nitraate 39,4 (11,7–87,1) mg kg⁻¹ ja tavaviljeluse variandis 122,7 (45,1–214) mg kg⁻¹.

Tabel 3. Viljelusviisi mõju kartulimugulate nitraatidesisaldusele

Sort, aasta	NO ₃ ⁻ mg kg ⁻¹ mugulate toormassis		
	M	MS	T
'Laura'			
2008	12,9 ^{ab}	13,8 ^a	8,2 ^{abc}
2009	4,0 ^b	19,3 ^a	3,0 ^b
2010	1,8 ^{bc}	32,7 ^a	7,4 ^b
2011	0	0,4 ^b	32,1 ^a
2012	0	2,8 ^a	4,0 ^a
2008–2012	3,7 ^b	13,8 ^a	10,9 ^a
'Angela'			
2008	10,3 ^c	87,1 ^a	45,1 ^{ab}
2009	17,7 ^{bc}	39,7 ^{ab}	48,5 ^a
2010	35,7 ^b	11,7 ^{bc}	214,1 ^a
2011	8,4 ^{bc}	26,2 ^b	205,1 ^a
2012	10,5 ^{bc}	32,1 ^b	100,9 ^a
2008–2012	16,5 ^{bc}	39,4 ^b	122,7 ^a

M – maheviljelus, sõnnikuta; MS – maheviljelus, sõnnikuga; T – tavaviljelus

Erinevad tähed samas reas näitavad usutavat erinevust (*Tukey – Kramer*i test, $p < 0,05$).

Kartulimugulate nitraatidesisalduse kujunemist määravad mitmesugused tegurid. Kolbe (1996) hinnangul on nende osatähtsus järgmine: ilmastik (sealhulgas sademed, päikesepaiste kestus, temperatuur) 30–40%, väetamine (põhiliselt lämmastikuga) 35–45% ja sordi omadused 20–30%. Ökoloogilises viljeluses on eriti tähtis, et põhi-osa taimetoitainetest oleks kättesaadav juba kasvu alguses. Kui orgaanilisest väetisest hakkab lämmastik vabanema liiga hilja, siis võib saagisse akumulieruda liiges koguses nitraate (Kolbe 1996). Samuti ka kartulipealsete hävimisel varajase lehemädaniku nakkuse korral võib mugulate nitraatidesisaldus olla ligikaudu kaks korda suurem kui tavaliselt (Kolbe 1996).

Meie katse seniste tulemuste põhjal ei saa teha veel olulisi järeldusi viljelusviiside mõjust kartulimugulate nitraatidesisaldusele. Ka mitmed teised autorid (Barmaki *et al.* 2008; Černý *et al.* 2010) on järeldanud, et viljelusviis ei mõjutanud reeglipäraselt kartuli nitraatidesisaldust. Hajšlová *et al.* (2005) on järeldanud, et rohkem kui viljelusviisist sõltub kartulimugulate nitraatidesisaldus ja teised kvaliteedinäitajad kasvuaastate erinevusest, sordist ja veel teistestki olulisematest teguritest.

Järeldused

Maheviljeluslikul viisil kasvatatud kartuli saagikus kõikus aastate jooksul suurtes piirides. Ebasoodsate tingimuste korral võis kaubaliste mugulate osatähtsus kogusaagis jääda väga madalaks. Tavaviljeluslikul viisil kasvatatud kartul, kus lisaks sõnnikule anti ka mõõdukas koguses mineraalväetist ning tehti keemiline umbrohutõrje ja lehemädanikutõrjet, andis viie aasta keskmisena 2,3–2,5 korda suurema kaubanduslike mugulate saagi kui maheviljeluse viisil kasvatatud kartul, mis sai samuti sõnnikut.

Maheviljeluslikus viieväljalises külvikorras, kus orgaaniliseks väetiseks oli sisseküntav ristik, suurendas sõnniku (normiga 60 t ha⁻¹) andmine kartuli kaubalist saaki rotatsiooni jooksul aastas keskmiselt 7 t ha⁻¹ võrra. Varajase kartulisordi eelised pikema kasvuajaga sordi ees ilmnesisid maheviljeluse korral nendel aastatel, mil lehemädanik lööbis varakult.

Maheviljeluslikult kasvatatud kartuli kuivainesisaldus oli kõrgem kui tavaviljeluse puhul, üldiselt oli madalam ka mahekartuli kaaliumisisaldus. Mahedalt kasvatatud varajase sordi mugulates oli nitraatidesisaldus madalam kui tavaviljeluse puhul. Pikema kasvuajaga sordi mugulates oli nitraatidesisaldus madal ning viljelusviis seda praktiliselt ei mõjutanud.

Tänuavaldused

Uurimistöö on läbi viidud EV Põllumajandusministeeriumi rahastatud rakendusuuringu “Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile” raames. Suur tänu Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskooli õpetaja Miralda Paivelile ja õppetalu juhataja Riho Kalale katsepõldudel tehtud agrotehniliste tööde juhendamise ja korraldamise eest.

Kasutatud kirjandus

- Barmaki, M., Rahimzadeh Khoei, F., Zehtab Salmasi, S., Moghaddam, M., Nouri Ganbalani, G. 2008. Effect of organic farming on yield and quality of potato tubers in Ardabil. – *Journal of Food, Agriculture and Environment* 6 (1), 106–109.
- Boligłowa, E., Gleń, K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilisation and tillage methods. – *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 6, 1–8.
- Bruulsema, T.W. 2002. Fertilizing for quality. – *Proceedings of the Eastern Canada Agronomy Workshop*, Cornwall, Ontario, Canadian Fertilizer Institute, 1–9.
- Böhm, H. 1999. Effect of manure on yield and quality of potatoes in organic agriculture. – *Abstracts 14th Triennial Conference of the European Association for Potato Research*, Sorrento, 622–623.

- Černý, J., Balik, J., Kulhanek, M., Čásová, K., Nedvěď, V. 2010. Mineral and organic fertilization efficiency in long-term stationary experiments. – *Plant, Soil & Environment* **56** (1), 28–36.
- Hajšlová, J., Schulzová, V., Slanina, P., Janné, K., Hellenäs, K.E., Andersson, Ch. 2005. Quality of organically and conventionally grown potatoes: Four-year study of micronutrients, metals, secondary metabolites, enzymic browning and organoleptic properties. – *Food Additives and Contaminants* **22** (6), 514–534.
- Hamouz, K., Lachman, J., Dvořák, P., Pivec, V. 2005. The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. – *Plant, Soil & Environment* **51**, 9, 397–402.
- Järvan, M. 1982. Des Guten zuviel kann schädlich sein. – *Gärtnerpost* (Berlin) **7**, 4–6.
- Järvan, M., Edesi, L. 2009. The effect of cultivation method on the yield and biological quality of potato. – *Agronomy Research* **7**, Special Issue 1, 289–299.
- Järvan, M., Laitamm, H. 1998. Viljelusviisi mõju aiakultuuride saagile, bioloogilisele kvaliteedile ja mulla mikrobioloogilistele protsessidele. – *Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised* **6**, Tartu, lk. 19–22.
- Kolbe, H. 1996. Einflussfaktoren auf Ertrag und Inhaltsstoffe der Kartoffel. IV. Nitrat. – *Kartoffelbau* **7**, 259–264.
- Kumpulainen, J. 2001. Organic and conventional grown foodstuffs: Nutritional and toxicological quality comparisons. – *Proceedings International Fertilizer Society* **472**, 1–20.
- Maggio, A., Carillo, P., Bulmetti, G.S., Fuggi, A., Barbieri, G., Pascale, S.D. 2008. Potato yield and metabolic profiling under conventional and organic farming. – *European Journal of Agronomy* **28**, 343–350.
- Magkos, F., Arvaniti, F., Zampelas, A. 2003. Organic food: nutritious food or food for thought? A review of the evidence. – *International Journal of Food Science and Nutrition* **54**, 357–371.
- Mourão, I., Brito, L.M., Coutinho, J. 2008. Yield and quality of organic versus conventional potato crop. – 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16–20, 2008. Archived at <http://orgprints.org/12660>.
- Neuhoff, D., Köpke, U. 2002. Speisekartoffelproduktion im organischen Landbau: Einfluss von Düngung und Sortenwahl auf Ertrag und Knolleninhaltsstoffe. – *Pflanzenbauwissenschaften* **6** (2), 49–56.
- Rembialkowska, E. 1999. Comparison on the contents of nitrates, nitrites, lead, cadmium and vitamin C in potatoes from conventional and ecological farms. – *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* **8**, 17–26.
- Schulz, D.G. 2000. *Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Organischen Landbau: Abhängigkeit von Düngerart und Düngermenge*. Dissertation, Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn. Verlag Dr. Köstner, Berlin, 200 pp.
- Varis, E., Pietilä, L., Koikkalainen, K. 1996. Comparison of Conventional, Integrated and Organic Potato Production in Field Experiments in Finland. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* **46**, 41–48.
- Warman, P.R., Havard, K.A. 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* **68**, 207–216.

LAUA- JA TÄRKLISEKARTULI MAHETOOTMISE KALKULATIIVNE TASUVUS

Jaanus Siim

Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Siim, J. 2013. Profitableness of organic table and starch potato production. – *Agronomy 2013*.

Organic table and starch potato production costs and profitableness, using different variants of technology/machinery and various yields, and realisation prices were analysed. A special algorithm was compiled for calculations, in which changing of discretionary input data would automatically be expressed in final data thus enabling to analyse quickly a lot of different real variants. Profitableness of organic table and starch potato production is mostly dependant on yields and prices but also on used technology and the size of field area.

Keywords: organic table and starch potato, production, technology, costs

Sissejuhatus

Mahetootmisel on nii kartuli kui kõigi teiste kultuuride puhul üheks peamiseks probleemiks tootmise tasuvus. Sellest on räägitud ja kirjutatud, kuid suhteliselt üldiselt ja pealiskaudselt. Käesoleva artikli eesmärgiks on näidata konkreetsemalt kasumlikkuse sõltuvust erinevatest mõjuritest. Siin ei esitata tasuvusuuringute tulemusi realselt eksisteerivas ettevõttes, vaid tutvustatakse arvutusmetoodikat ning analüüsitakse näidiseks kartuli tootmise tasuvuse kujunemist viie erineva tehnoloogia kasutamisel sõltuvalt saagikusest ja toodangu müügihinnast.

Metoodika

Masinatööde maksumuse ja tootmise tasuvuse arvutamise lihtsustamiseks koostati tabelarvutusprogrammis *Microsoft Office Excel* (2007) algoritm, mis koosneb omaval seotud üheksast töölehest: mullaharimine, väetamine, mahapanek, hooldus, koristus, säilitus ja sorteerimine, materjalid (seemnekartuli ning väetiste maksumus), kulude koond ja tasuvus. Iga suvalise lähteandme muutmisel muutub automaatselt ka lõpptulemus – tasuvus. Algoritm võimaldab kiiresti läbi mängida kõikvõimalikke variante.

Uurimistöö baseerub järgmistel pikema aja jooksul kogutud andmetel:

- masinate töövaatlused ja kronometraaž,
- küsitlused,
- eksperthinnangud,
- kogemused.

Masinate hindade ja tehniliste andmete leidmisel kasutati veel käsiraamatut "*Betriebsplanung Landwirtschaft*" (2010/2011).

Variantide kirjeldused

Variandid I: tehnoloogia – kartulimasinate valik vastavalt kasvupinna suurusele: 1, 3, 5, 10 ja üle 20 ha.

Masinad – 1 ha:

- mahapanek: 2-realine sahkade ja käsitoitega söötetorudega raam;
- hooldus: 2-realine vaheltharimiskultivaator, äke;
- koristamine: rootor- või 1-realine elevaatorvõttur, käsitsi korjamine;
- sorteerimine: käsitsi – ainult lauakartulil.

Masinad – 3 ha:

- mahapanek: 2-realine lihtne elevaatorpanur;
- hooldus: 2-realine vaheltharimiskultivaator, äke;
- koristamine: 1- või 2-realine elevaatorvõttur, käsitsi korjamine;
- sorteerimine: lihtsorteer käsitsi etteandega – ainult lauakartulil.

Masinad – 5 ha:

- mahapanek: 2-realine lihtne elevaatorpanur;
- hooldus: 4-realine vaheltharimiskultivaator, äke;
- koristamine: 2-realine elevaatorvõttur või 1-realine lihtkombain;
- sorteerimine: konveieri ja noppelauaga sorteer – ainult lauakartulil.

Masinad – 10 ha:

- mahapanek: 2-realine täiuslik elevaatorpanur;
- hooldus: 4-realine vaheltharimiskultivaator, äke,
- koristamine: 1-realine lihtkombain;
- sorteerimine: konveierite, noppelaua (ja mullaeraldiga) sorteer – ainult lauakartulil.

Masinad – >20 ha:

- mahapanek: 4-realine täiuslik elevaatorpanur;
- hooldus: 4-realine vaheltharimiskultivaator, äke;
- koristamine: kallis 1-realine täiuslik kombain, odav kasutatud kombain;
- sorteerimine: sorteerkomplekt – ainult lauakartulil.

Variandid II: kolm saagitaset – planeeriti kasutades Jäneda Õppe- ja Nõuandekeskuses 2011. a koostatud kattetulu arvestuse metoodikat (Aamisepp 2011):

- 20 t ha⁻¹: orgaanilist väetist 30 t ha⁻¹, seemnekartuli hind 0,5 € kg⁻¹
- 30 t ha⁻¹: orgaanilist väetist 45 t ha⁻¹, seemnekartuli hind 0,6 € kg⁻¹
- 40 t ha⁻¹: orgaanilist väetist 60 t ha⁻¹, seemnekartuli hind 0,7 € kg⁻¹

Variandid III: kolm hinnataset, € kg⁻¹:

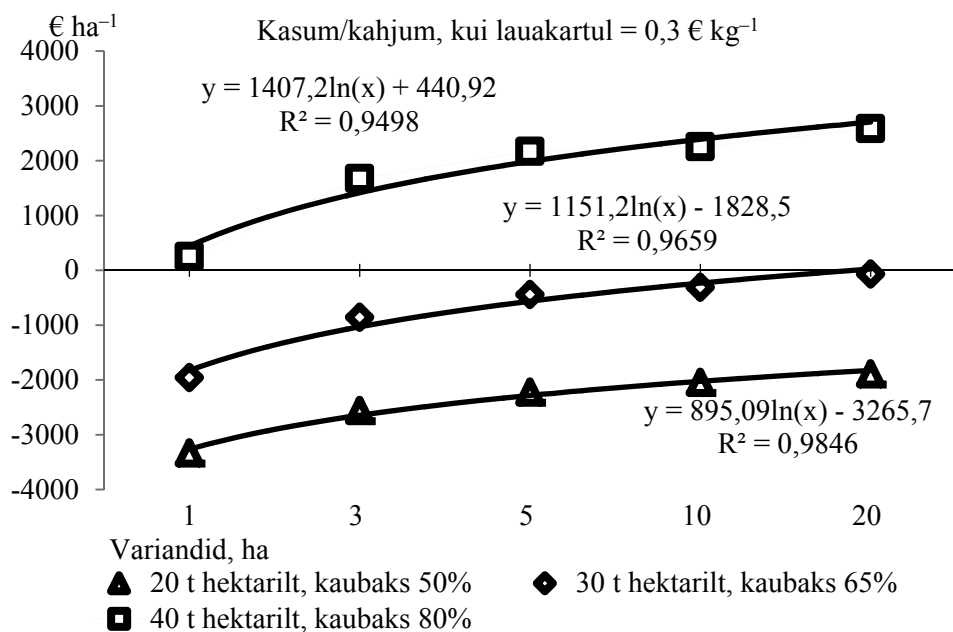
- lauakartul – 0,30; 0,40 ja 0,50
- tärglisekartul – 0,10; 0,15 ja 0,20

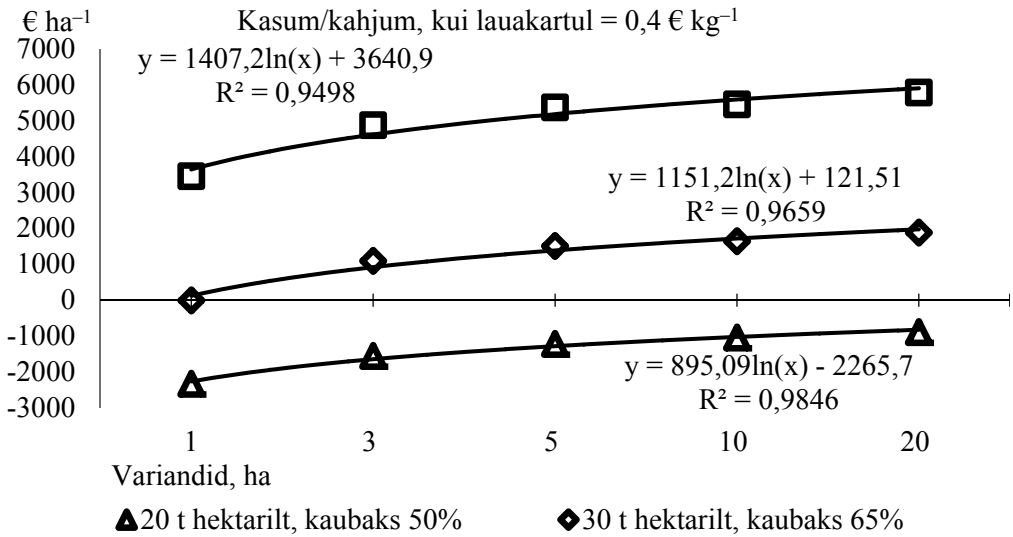
Tulemused

Lauakartuli mahetootmise orienteeruv kasumlikkus erinevate tehnoloogiavariantide, saagitasemete ja realiseerimishindade korral selgub tabelis 1 toodud andmetest ja on graafiliselt väljendatud joonistel 1, 2 ning 3. Selgub, et mida mehhaniseeritum (loe: suuremal kasvupinnal) on tootmine, seda tulusam kartuli mahetootmine on. Oluliselt mõjutavad kasumlikkust loomulikult saagikus ja realiseerimishind.

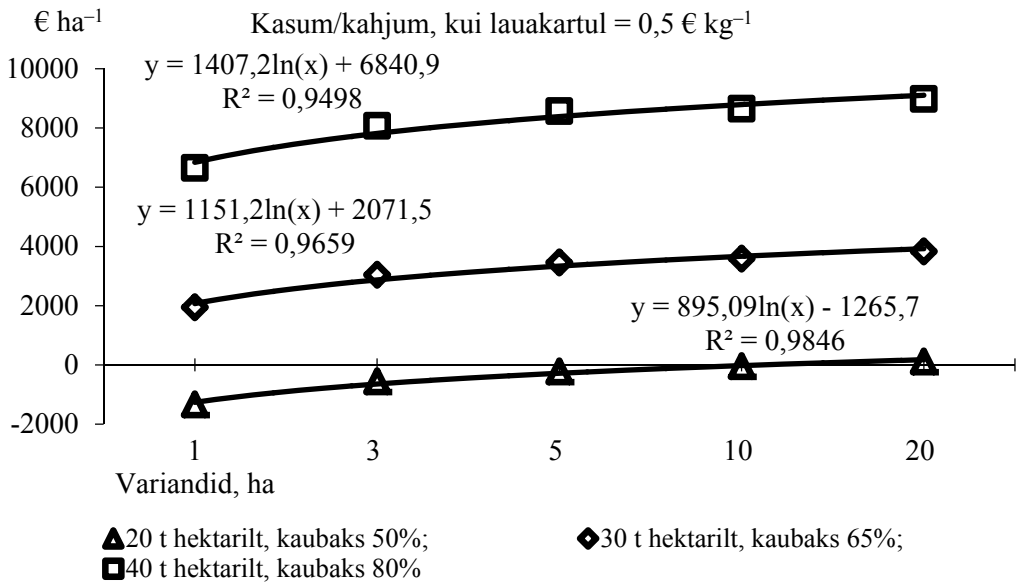
Tabel 1. Kasum/kahjum € ha⁻¹ lauakartuli tootmisel sõltuvalt tehnoloogiast, tootmismahust, saagikusest ja realiseerimishinnast

Saagikus, kaubalisus	Variandid, ha					
	1	3	5	10	Üle 20, kallim kombain	Üle 20, odavam kombain
Kasum/kahjum: lauakartul = 0,3 € kg ⁻¹ , muu 0,02 € kg ⁻¹						
20 t ha ⁻¹ , 50%	-3333	-2557	-2221	-2043	-1889	-1716
30 t ha ⁻¹ , 65%	-1956	-857	-441	-310	-68	105
40 t ha ⁻¹ , 80%	254	1675	2171	2256	2585	2758
Kasum/kahjum: lauakartul = 0,4 € kg ⁻¹ , muu 0,02 € kg ⁻¹						
20 t ha ⁻¹ , 50%	-2333	-1557	-1221	-1043	-889	-716
30 t ha ⁻¹ , 65%	-6	1093	1509	1640	1882	2055
40 t ha ⁻¹ , 80%	3454	4875	5371	5456	5785	5958
Kasum/kahjum: lauakartul = 0,5 € kg ⁻¹ , muu 0,02 € kg ⁻¹						
20 t ha ⁻¹ , 50%	-1333	-557	-221	-43	111	284
30 t ha ⁻¹ , 65%	1944	3043	3459	3590	3832	4005
40 t ha ⁻¹ , 80%	6654	8075	8571	8656	8985	9158

**Joonis 1.** Kasum/kahjum lauakartuli tootmisel sõltuvalt tehnoloogiast, tootmismahust ja saagikusest, kui realiseerimishind on 0,3 € kg⁻¹



Joonis 2. Kasum/kahjum laukartuli tootmisel sõltuvalt tehnoloogiast, tootmismahust ja saagikusest, kui realiseerimishind on 0,4 € kg⁻¹

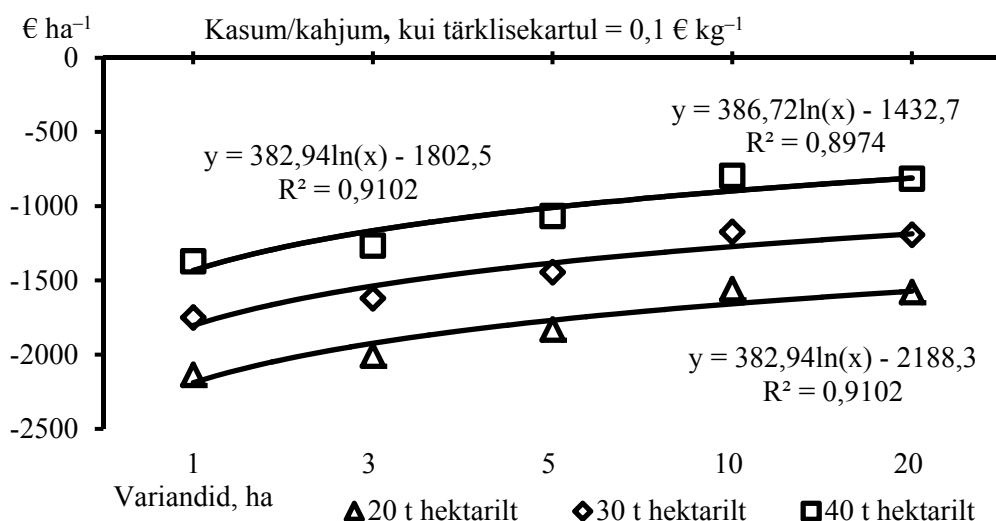


Joonis 3. Kasum/kahjum laukartuli tootmisel sõltuvalt tehnoloogiast, tootmismahust ja saagikusest, kui realiseerimishind on 0,5 € kg⁻¹

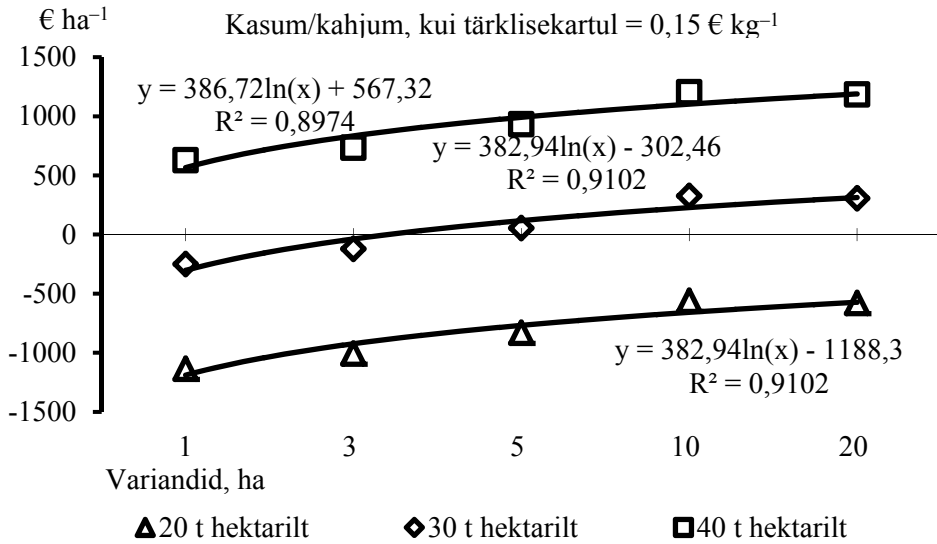
Tärklisekartuli mahetootmise orienteeruv kasumlikkus erinevate tehnoloogia-variantide, saagitasemete ja realiseerimishindade korral selgub tabelis 2 toodud andmetest ja on graafiliselt väljendatud joonistel 4, 5 ning 6. Kasumi kujunemise trend on sama, mis laukartuli puhul, kuid kasumimarginaal on tärklisetehase (Aloja – Starkelsen SIA) poolt 2011. a pakutud hinna juures oluliselt väiksem.

Tabel 2. Kasum/kahjum tärklisekartuli tootmisel sõltuvalt tehnoloogiast, tootmismahust, saagikusest ja realiseerimishinnast, € ha⁻¹

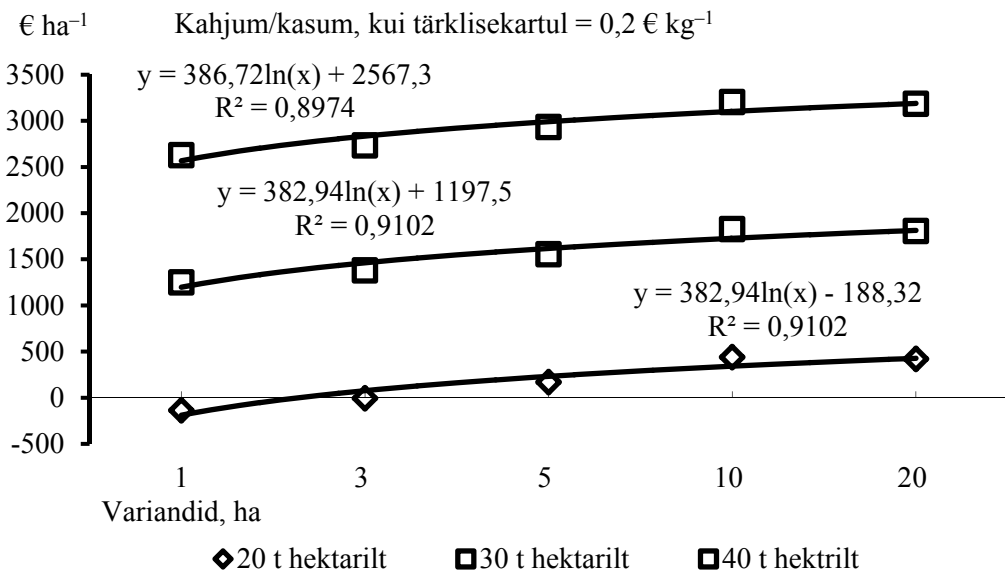
Saagikus, t ha ⁻¹	Variandid, ha					
	1	3	5	10	Üle 20, kallim kombain	Üle 20, odavam kombain
Kasum/kahjum kui hind on 0,1 € kg ⁻¹						
20	-2135	-2006	-1830	-1559	-1578	-1406
30	-1749	-1620	-1444	-1173	-1193	-1020
40	-1371	-1265	-1066	-795	-815	-642
Kasum/kahjum kui hind on 0,15 € kg ⁻¹						
20	-1135	-1006	-830	-559	-578	-406
30	-249	-120	56	327	307	480
40	629	735	934	1205	1185	1358
Kasum/kahjum kui hind on 0,2 € kg ⁻¹						
20	-135	-6	170	441	422	594
30	1251	1380	1556	1827	1807	1980
40	2629	2735	2934	3205	3185	3358

**Joonis 4.** Kasum/kahjum tärklisekartuli tootmisel sõltuvalt tehnoloogiast, tootmismahust ja saagikusest, kui realiseerimishind on 0,1 € kg⁻¹

See, et kasumlikkus sõltub oluliselt nii saagikusest kui kartuli realiseerimishinnast, on niigi selge, kuid nagu joonistelt näha võib, mõjutab nii laua- kui tärklisekartuli tootmisel kasumlikkust usutavalt ka kasvupinna suurus ehk siis tehnoloogiavariant.



Joonis 5. Kasum/kahjum tärklikekartuli tootmisel sõltuvalt tehnoloogiast, tootmismahust ja saagikusest, kui realiseerimishind on 0,15 € kg⁻¹



Joonis 6. Kasum/kahjum tärklikekartuli tootmisel sõltuvalt tehnoloogiast, tootmismahust ja saagikusest, kui realiseerimishind on 0,2 € kg⁻¹

Tehnoloogia valikul on üks olulisemaid tootmise efektiivsust mõjutavaid tegureid inimtöökulu. Koostatud algoritm sisaldab ka tööjõukulu rida. Selgub, et vähemehhaniseeritud tootmisel on inimtöökulu kuni 5 korda suurem kui täielikult mehhaniseeritud (kartuli suurema kasvupinnaga) tootmisel (tabel 3). Saagikuse tõustes inimtöökulu hektari kohta kasvab (rohkem koristada, vedada, sorteerida jne), kuid tonni kohta väheneb. Kõige enam inimtööjõudu nõudvad tööd vähemehhaniseeritud tootmisel on kartuli ko-

ristamine ja sorteerimine, seevastu mullaharimine, mahapanek ja hooldus ei ole töömahukad, sest neid töid tehakse masina jõul. Käsitsi rootorvõtturi järel koristamisel ulatub inimtöökulu 200, kombainiga koristamisel seevastu vaid 16...40 tunnini hektari kohta. Käsitsi sorteerimisel on inimtöökulu keskmiselt 10 ja masinaga sorteerimisel 1,25...2,5 tundi tonni kohta, seejuures on masinaga võimalik sorteerida täpsemini, saamaks nõutava mugulusuurusega fraktsiooni.

Tabel 3. Inimtöökulu kartulikasvatases erinevate tehnoloogiate korral

Pindala – variant, ha	Inimtöökulu, h t ⁻¹	
	kokku	sh koristus ja sorteerimine
1	27–33	15–19
3	14–19	12–16
5	8–12	6–9
10	6–7	4–5
> 20	4–6	2–3

Vastavalt inimtöökulule on ka töötasu osatähtsus kogukuludes 1 ha tehnoloogia korral suur – keskmiselt 25%, samal ajal kui täielikult mehhaniseeritud tootmisel on see näitaja alla 5%. Artiklis on abitöölise tunnitasuks võetud 4 eurot, mis aga ei kindlusta käsitsi koristusel alati vajalikul hulgal tööjõuga. Tunnitasu tõstmine tööjõu saamise eesmärgil toob kaasa töötasu osatähtsuse tõusu, mis on oluliselt suurem kui kogukulude kasv samal põhjusel, kusjuures see erineb oluliselt tehnoloogiavariantide lõikes. Näiteks vähemehhaniseeritud tootmisel kaasneb töötasu 25% kasvuga kogukulude 5,8% kasv, täielikult mehhaniseeritud tootmisel suurenevad kogukulud vaid 1,2%.

Käesolevas uurimistöös on abitöölise tunnitasuks arvestatud tagasihoidlikult 4 eurot. Väiksemate, mõnehektariliste kasvatuspindade puhul tehakse aga tavaliselt kõik tööd pereliikmete poolt ja nende palka kuludesse ei arvestata, mida ei saa pidada õigeks. Tegelikult on peremehe töötund kõige kallim ja selle arvestamine õige hinnaga mõjutab kartulitootmise kasumlikkust oluliselt. Olgu siinkohal toodud illustreeriva näitena töötasud mõnes Euroopa riigis (tabel 4).

Tabel 4. Töötasud € ha⁻¹ teravilja- ja õlikultuuride kasvatavates testettevõtetes 2005–2007 a keskmisena

Tööjõu liik	Eesti	Soome	Läti	Leedu	Saksamaa
Pereliikmed	45	203	30	50	155
Palgatöölised	14	9	19	9	49
Kulud kokku	360	1158	404	379	1254

Allikas: EU cereal farms report 2010.

Suurt tööjõukulu väiketootmises aitab vähendada kallimate masinate – kartulipannurite ja -kombainide ühine soetamine ja ühiskasutus, või siis vastava teenuse sisseostmine.

Kartuli mahapaneku masinatöö maksumuse osatähtsus kogukuludes on väike, seetõttu on mõttekas kasutada kallimat kuid täiuslikku elevaatorpanurit, millega on võimalik seda tööd kvaliteetselt teha – saada ühtlane mugulate vahekaugus ja sügavus ning hästikujundatud vaod, mis kokkuvõttes loob esmase eelduse korraliku saagi saamiseks.

Siinjuures tuleks silmas pidada masina tootlikkust, et kartul saaks maha pandud agrotehniliselt optimaalsel ajal.

Kõige rohkem vähendab kartulitootmises tööjõukulu käsitsi koristuse asendamine kombainkoristusega (tabel 3). Võrreldes mahapanekuga on koristusperiood pikem, eriti siis, kui kasvatada erineva valmimisajaga sorte. Pikem koristusperiood võimaldab paremini korraldada kombainide ühiskasutust.

Kokkuvõte

Kartulitootmise üheks omapäraks on suur, kuni neljakümneni ulatuv erinevate tööoperatsioonide arv, neist igauks mõjutab kas kaudselt või otseselt majanduslikku lõpptulemust. Artiklis esitatud metoodika kartulitootmise tasuvuse arvutamiseks võimaldab vajalike lähteandmete olemasolul suhteliselt lihtsalt ja kiiresti analüüsida erinevate tehnoloogiliste variantide kasutamise tulemuslikkust.

Kartulikasvatuse kasumlikkus sõltub eelkõige saagikusest ja realiseerimishindadest, kuid olulisel määral ka kasutatavast tehnoloogiast ehk masinatest. Esitatud kalkulatiivne kartuli kasvatamise tasuvusanalüüs näitab üldist trendi – mida väiksem on saagikus ja madalam tootmise mehhaniseerimistase, seda kõrgemat hinda peab tootja oma kartuli müümisel küsima. Väikeste tootmiskahtude puhul ei ole võimalik teha investeeringuid tootlike kuid kallite masinate, eeskätt kombainide soetamiseks, sest ei kogune piisavalt kasumimassi. Lahendus peitub masinate ühises soetamises ja nende ühiskasutuses, siis on masinate töömaht piisavalt suur ja masinatöö maksumus väiksem.

Tänuavaldused

Uurimistöö viidi läbi projekti “Põllukultuuride ja rohumaade tasuvuse suurendamise meetmed” täitmisel. Projekti rahastas Põllumajandusministeerium riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2009–2014” raames.

Kasutatud kirjandus

- Aamisepp, M. 2011. Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatases. Maamajanduse infokeskus, Järeda, 58 lk. [WWW] <http://www.maainfo.ee/data/trykis/kattetulu/KATTETULU2011.pdf>.
- Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/2011. Daten für Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 2010. 22. Auflage, KTBL, Darmstadt, 784.
- EU cereal farms report 2010. [WWW] http://ec.europa.eu/agriculture/rica/pdf/cereals_report_2010.pdf.

TAIMEKAITSE

KARTULISORTIDE SAAGIKUS SÕLTUVALT KARTULI- LEHEMÄDANIKU KINDLUSEST JA MAHAPANEKU AJAST

Merili Hansen, Eve Runno-Paurson

Eesti Maaülikool

Ants Einola

Einola Talu OÜ

Priit Einola

TÜ Eestimaa Kartul, Einola Talu OÜ

Abstract. Hansen, M., Runno-Paurson, E., Einola, A., Einola, P. 2013. Yields of potato varieties depending on the resistance to late blight and the time of planting. – Agronomy 2013.

Phytophthora infestans, the pathogen causing potato late blight, is one of the most serious and economically important pathogens in potato fields worldwide, including Estonia. Under favourable conditions it can destroy all above ground parts of the potato crop and cause a considerable yield loss. In Estonia, the average yield loss due to late blight can reach 20–25% and in untreated fields even more. Without controlling the potato late blight, it is not possible to achieve high-quality crop yield.

Potato growers in Estonia are more interested in growing Western European potato varieties and their concern is based on quality and crop yield. The main aim of this research was to compare 5 potato varieties of the breeding company Agrico in two trial fields to find out which varieties are most susceptible to late blight and would give higher yields in various times of planting. The trial results showed higher yield in field II which was infected 7 days later and plant foliage lasted longer.

Keywords: potato late blight resistance, yield, varieties, planting time

Sissejuhatus

Kartuli-lehemädanik, mida põhjustab *Phytophthora infestans*, on üks kõige enam kahju tekitav kartulahaigus juba üle pooleteise sajandi nii Eestis kui ka mujal Euroopas (Runno-Paurson *et al.* 2010). Patogeenile soodsa ilmastiku korral, jahedate ja soojade ilmade vaheldumisel suure õhuniiskuse korral (tugev kaste), võib agressiivsemate rasside puhul 5–7 päevaga hävida kogu taime maapealne osa, põhjustades seega suure saagikao (Runno-Paurson, Koppel 2009).

Phytophthora infestans uued genotüübid, millel esinesid A1 ja A2 paarumistüübid, levisid Mehhikost Euroopasse koos kartuliga 1970ndate lõpus (Fry, Foodwin 1997). Mõlema paarumistüübi olemasolul on patogeen võimeline paljunema suguliselt, mille tulemusena tekivad oospoorid, mis on iseseisvalt võimelised mullas säilima 3–4 aastat (Turkensteen *et al.* 2000). Patogeeni suguline paljunemine põhjustab varast mullasisest nakkust ja haiguse varajast lööbimist (*ibid.*). Seega jõuab nakkus põldudele ligi kuu aega varem (mais, juunis) ning areneb ja levib palju kiiremini.

Haiguse keemiline tõrje on üpris kulukas ning nõuab palju teadmisi ja oskusi. Oluline on esimene haigust ennetav tõrje teha õigeaegselt ja jätkata edukalt kasvuaegse tõrjega. Kartuli-lehemädanikust tingituna võib keskmine saagikadu Eestis ulatuda 20–25 prot-

sendini, tõrjumata põldudel isegi rohkem (Runno-Paurson *et al.* 2010). Kahjuks ei ole maheviljeluses kasutusel mõjuvaid tõrjevahendeid lehemädaniku tekke ja leviku takistamiseks. Seetõttu püütaksegi pikendada lehemädaniku lööbimise algust ja kiirendada mugulasaagi moodustumist (Tartlan, Hannolainen 2005). Üks tõhusamaid võimalusi on kasvatada lehemädaniku suhtes vastupidavamaid sorte. See hoiaks kokku tõrjekulusid ja säästaks keskkonda. Informatsiooni lehemädanikukindluse kohta erinevatel sortidel kasutatakse integreeritud tõrjeprogrammide koostamisel (Platt, McRae 1990) ja see on kättesaadav riiklikes kartulisortide nimekirjades ja Euroopas kasvatatavate kartulisortide andmebaasis (*The European Cultivated Potato Database*) 1–9 pallises skaalas, kus 1 on kõige vastuvõtlikum. Haiguskindluse katsete tulemused võivad varieeruda sõltuvalt ilmastikust ja arvutusmeetoditest. Teadlased teevad suuri jõupingutusi, et aretada stabiilse resistentsusega kartulisorte (Hansen *et al.* 2005).

Koostöö Eesti Maaülikooli ja Einola Talu vahel sai alguse 2010. aastal, soovist leida Agrico kartulisortide seast kõige lehemädanikukindlamad sordid ja neid Eesti oludes katsetada. Suvised põlluseminarid ja kevadine seemnekartuli nõudlus on näidanud, et Agrico sortide vastu on Eestis suur huvi. Agrico sortidel on ilusa sobiva suurusega siledad madalate silmakohtadega mugulad, mis teevad kartuli tarbijatele atraktiivseks.

Katse eesmärgiks oli võrrelda 5 erinevat Agrico sorti kahel katsepõllul ning leida nende hulgast kõige lehemädanikukindlamad ja suurema saagikusega sordid erinevates põllu tingimustes erinevatel mahapaneku aegadel. Eriti pakub huvi sort 'Toluca', mis on tunnustatud Hollandis peaaegu resistentseks. Sordi aretustöös on kasutatud mitmeid metsikuid kartuliliike, mis tagavad lisaks vertikaalsele resistentsusele (mittepüsiv) ka horisontaalse resistentsuse (püsiv). Kindlasti on vaja vaatluskatseid jätkata ja jälgida, kas sort 'Toluca' võib olla Eesti mahe- ja tavakartulikasvatajale lahendus võitluseks lehemädaniku vastu.

Materjal ja meetodika

Kartuli-lehemädaniku vaatluskatseteks rajati Einola tallu Reolasse 2 põldkatset, kus mõlemas katses vaadeldi Hollandi firma Agrico viie kartulisordi lehemädanikukindlust 2012. aastal. Varajastest sortidest oli katses 'Arielle', keskvalmivatest 'Madeleine' ja 'Toluca' ning hilisemapoolsetest 'Rosagold' ja 'Manitou'. Täpsemad sordikirjeldused leiab aadressilt www.agrotrade.ee. Katselapi suurus oli kaks vagu (7 x 0,8) kolmes korduses. I katsepõld pandi maha 8. mail. Eelviljaks oli hernes. Väetati enne mahapanekut täisväetistega aprilli keskel ja 5. mail (660 kg ha⁻¹ 11:11:21 + 1,5 Mg + mikroelemendid; Novatec 12:8:16 + 3MG + mikroelemendid 500 kg ha⁻¹). II põld pandi maha 25. mail, eelviljaks oli suvinisu. Väetati enne mahapanekut 10. ja 16. mail täisväetistega (Yara-Mila raps 660 kg ha⁻¹ 21:6:12 + S + Mg + mikroelemendid; Novatec 12:8:16 + 3MG + mikroelemendid 700 kg ha⁻¹). Taimed tärkasid I põllul 28. mai – 3. juuni, küpsustüüpide vahel olulisi erinevusi tärkamisajas ei esinenud ning taimed tärkasid 20–25 päevaga. II põllul tärkasid varajane ja keskvalmivad sordid 16.–18. juuni, ning hilised sordid 20.–23. juuni. Taimed tärkasid 22–29 päevaga. Saak koristati I põllul 10. septembril ja II põllul 12. septembril. Lehemädanikuvaatluseid tehti alates nakkuse lööbimisest (I põllul 13. juuli, II põllul 20. juuli) kuni kasvuperioodi lõpuni (I põllul 31. augustini, II põllul 27. augustini) sagedusega kaks korda nädalas kasutades 100% hindamisskaalat.

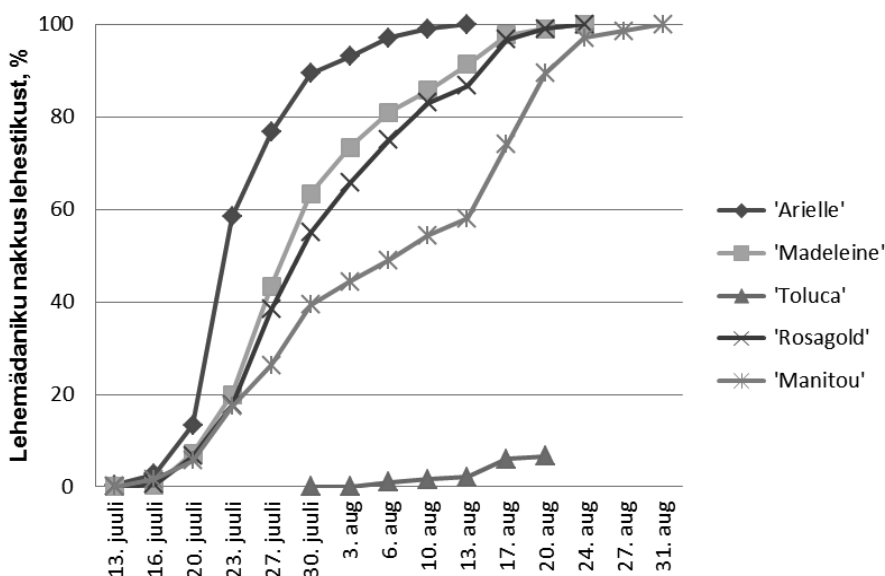
Ilmastik oli lehemädaniku lööbimiseks juulis soodne (jahe ja niiske), sageli esines

udu ja kastelisi öid. Lehemädanik sai 2012. aastal Jõgeva SAI andmetel alguse 4. juulil, mil leiti lehemädanikku Põlvamaa, Tartumaa ja Jõgevamaa piirkonnast. Lehemädanik lõi I katsepõllul 13. juulil ja levis kiirelt edasi, kuna Tõravere ilmajaama andmetel sadas 12. ja 13. juulil maha suurel hulgal sademeid (33,3 mm), mis soodustas lehemädaniku arengut ja levikut. II katsepõllul lõi lehemädanik 20. juulil. Juulis tuli sademeid kokku vaid 69,3 mm. Taimede normaalseks kasvuks, arenguks ja mugulasaagi moodustamiseks oleks vajalik sademete hulk juulis 120 mm.

Statistilised analüüsid tehti programmiga *Statistica 9.1*, kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi.

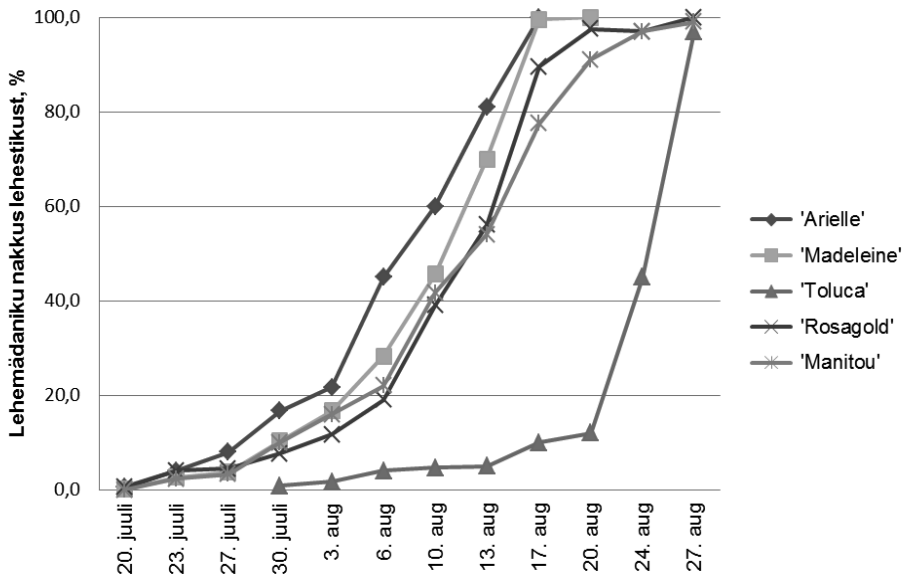
Tulemused ja arutelu

Lehemädanik lõi I põllul 13. juulil ja II katsepõllul 20. juulil, kus nakatunud olid kõik sordid, v.a sort 'Toluca', mis nakatus mõlemal põllul 30. juulil (joonis 1, joonis 2). I põllul ilmses kartuli-lehemädanikku nakatumine 7 päeva varem kui II põllul. I põllul esines peamiselt tavaline lehevorm, II põllul esines lisaks lehevormile ka palju varrevormi.



Joonis 1. I põldkatse lehemädaniku arengu intensiivsus 2012. aastal

Intensiivsemat lehemädaniku arengut võis näha I põllul pärast 20. juulit ja II põllul pärast 30. juulit kõikidel sortidel v.a sordil 'Toluca'. Lehemädanik jõudis areneda taimedel I põllul 6 nädalat ja II põllul 4 nädalat kuni pealsete hävimiseni. Varajane sort 'Arielle' osutus lehemädaniku suhtes väga vastuvõtlikuks mõlemas katses. Sort 'Arielle' küll nakatus teiste sortidega samaaegselt, kuid pealsed hävisid kiiremini ja olid surnud I põllul juba 10. augustiks ja II põllul 17. augustiks. Keskvalmiva sordi 'Madeleine' lehemädaniku areng kulges aeglasemalt kui varajasel sordil 'Arielle'. I põllul oli pealsed hävinud 24. augustiks ja II põllul 20. augustiks.



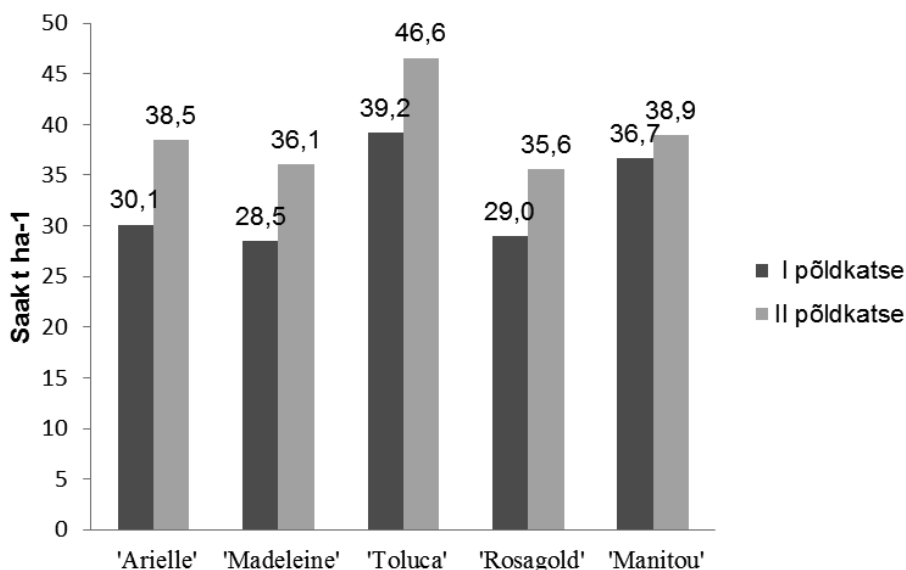
Joonis 2. II põldkatse lehemädaniku arengu intensiivsus 2012. aastal

Keskvalmiv sort 'Toluca' osutus kõige lehemädanikukindlamaks sordiks, nakatudes mõlemal katsepõllul teistest sortidest hiljem, I põldkatses ligi kolm nädalat hiljem ja II põldkatses 10 päeva hiljem võrreldes teiste katses olnud sortidega. I põllul oli vaatlusperioodi lõpuks lehestikust nakatunud 6,7% (20. aug). Lehemädaniku vaatlusi enam ei tehtud, sest taimed kolletusid ja surid. Ka II põllul arenes lehemädanik sordil 'Toluca' pärast nakatumist tunduvalt aeglasemalt võrreldes teise nelja sordiga. Kui teisel keskvalmival sordil 'Madeleine' oli 20. augustiks kogu lehestik lehemädaniku poolt hävitatud, siis sordil 'Toluca' oli lehemädanik hävitanud vaid 12% lehestikust. Siiski, pärast 20. augustit toimus lehemädaniku väga intensiivne areng ja nädal aega hiljem oli lehemädanik kogu lehestiku hävitanud. Sort 'Toluca' on aretatud spetsiaalselt mahe tingimustes viljelemiseks, kus aretustöös on kasutatud mitmeid metsikuid kartuliliike, mis tagavad lisaks vertikaalsele resistentsusele (mitte püsiv) ka horisontaalse resistentsuse (püsiv).

Hilisepoolsed sordid 'Rosagold' ja 'Manitou' nakatusid lehemädanikku samaaegselt teiste sortidega, kuid nende lehestik püsis vaatlusperioodi lõpuni (I põllul 31. aug, II põllul 27. aug) v.a I põllu sort 'Rosagold', mille lehestik oli hävinud 24. augustiks.

Suurima saagikusega sordiks osutus mõlemal põllul keskvalmiv sort 'Toluca', mis andis I põllul 39,2 t ha⁻¹ ja II põllul 46,6 t ha⁻¹ (joonis 3). Suurem saagikus on põhjendatav hilise lehemädaniku lööbimisega, mis andis taimetele võimaluse pikemaks kasvuks, arenguks ning saagi moodustamiseks. Eelneval aastal oli sordi 'Toluca' saagikus 20 t ha⁻¹ väiksem, kuna taim nakatus põuast tulenevalt hahkhallitusse (Runno-Paurson *et al.* 2012), sel aastal neid probleeme sordil ei esinenud. Suurema saagi sai veel II põllu varajasest sordist 'Arielle' ja hilisemapoolsest sordist 'Manitou'. Väikseima saagi moodustasid I põllu sordid 'Arielle', 'Madeleine' ja 'Rosagold'. Kuna II põllul lööbis lehemädanik 7 päeva hiljem, suutsid taimed paremini kasvada ja areneda ning nende lehestik säilis kauem,

ning sellega võib põhjendada, miks olid II katsepõllu (hiljem maha pandud) nelja sordi saagikused keskmiselt 6,6–8,4 tonni kõrgemad kui I katsepõllu (varem maha pandud) sortide saagid. Sordil 'Manitou' olulist saagi erinevust kahe katse vahel ei esinenud.



Joonis 3. Katses olevate kartulisortide saagikus 2012. aastal

Järeldused

Katsest järeldub, et külma tärkamiseelse perioodiga kasvuaastal ei andnud katse varasem maha panek (kolm nädalat) eelist kartuli saagikuses. Seega ei mõjutanud saagikust niivõrd palju hilisem mahapaneku aeg, kuivõrd varasem lehemädaniku lööbimine, lehemädanikule soodsates ilmastikutingimustes. Kuna tegemist on vaid ühe aasta katse tulemustega, siis katseid jätkatakse ka järgmisel aastal.

Tänuavaldused

Uurimustööd on toetanud EV HTM sihtfinantseerimise projekt SF170057c09, ETF grant 9432 ja projekt RESIST 3.2.0701.11-0003. Täname OÜ Einola Talu ja TÜ Eesti-maa Kartul töötajaid katse hooldamise ja koristamise eest. Tänuõnad teile, Alice Aav, Helina Nassar ja Reelika Päädam, katse mahapaneku ja koristamise eest.

Kasutatud kirjandus

- Fry, W.E., Goodwin, S.B. 1997. Resurgence of the Irish potato famine fungus. – *Biocience* **47**, 363–371.
- Hansen, J.G., Koppel, M., Valskyte, A., Turka, I., Kapsa, J. 2005. Evaluation of foliar resistance in potato to *Phytophthora infestans* based on an international field trial network. – *Plant Pathology* **49**, 11–22.
- Platt, H.W., McRae, K.B. 1990. Assessment of field responses of potato cultivars and breeder seedlings to potato late blight epidemics. – *American Potato Journal* **67**, 427–441.

- Runno-Paurson, E., Fry, W.E., Rimmel, T., Mänd, M., Myers, K.L. 2010. Phenotypic and genotypic characterisation of Estonian isolates of *Phytophthora infestans* in 2004–2007. – *Journal of Plant Pathology* **92**, 381–390.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Einola, A. 2012. Kartuli-lehemädaniku vaatluskatse tulemused Enola Talus 2011. aastal. – *Agronomia* 2012, lk 169–172.
- Runno-Paurson, E., Koppel, M. 2009. Muutunud lehemädaniku tekitaja. – *Agronomia* 2009, lk. 186–191.
- Tartlan, L., Hannolainen, E. 2005. Fungitsiidide kasutamist saab vähendada. – *Infoleht* nr. **144**/2005, Eesti Maaviiljeluse Instituut
- The European Cultivated Potato Database [WWW] <http://www.europotato.org>
- 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.

LÄMMASTIK- JA ALTERNATIIVVÄETISTE MÕJU KÕRRELISTE HELELAIKSUSE ESINEMISELE NING SEOSD LEHEOMADUSTEGA SUVINISUL

Krista Nurk, Eve Runno-Paurson, Lea Hallik, Alar Astover

Eesti Maaülikool

Abstract. Nurk, K., Runno-Paurson, E., Hallik, L., Astover, A. 2013. The impact of nitrogen and alternative fertilizers on the incidence of leaf blotch and leaf traits on spring wheat. – Agronomy 2013.

Spring wheat is affected by several plant diseases like leaf blotch, powdery mildew, rust and fusaria. After infection, pathogens cause stress and damage the metabolism of carbohydrates thereby reducing yield and yield quality. As high yield requires the use of fertilizers, it is important to monitor application times and dosage. For example, large quantities of nitrogen fertilizer may contribute to infection with various plant diseases which affect plant metabolism. Therefore, the aim of this study was to detect the impact of mineral, organic and alternative fertilizers on the incidence of leaf blotch and leaf traits. Research data were collected at Eerika IOSDV experimental field in 2011. Disease incidence was assessed by visually, estimating the leaf area covered with disease symptoms. In 2011, wheat plants were only infected with leaf blotch. Infection with leaf blotch was facilitated by small quantities of nitrogen fertilizers and infection rate was lower in the case of larger fertilizer rates. A similar trend was observed combining mineral fertilizers and manure. The impact of different alternative fertilizers was found to be non-significant. Infection also reduced leaf nitrogen content and leaf mass area, yet carbon content remained unaffected. Infected leaves contained less sucrose and ratio of glucose and sucrose was higher. In order to elucidate the influence of weather conditions and variation between years, the research on the effect of fertilization on pathogens infection on spring wheat should be continued.

Keywords: fertilizers, leaf blotch, leaf traits, spring wheat

Sissejuhatus

Suvinisu kasvupind on suurenenud alates 2007. aastast, olles 2011. aastal 75 600 hektarit (Eesti Statistikaamet 2012). Teraviljakasvatuse on kõrge saagi eelduseks piisav toitainete olemasolu ja taimekahjustajate puudumine (Koppel *et al.* 2008). Väetiste kasutamine aitab suurendada saake (Howard *et al.* 2002), kuid arvestada tuleks ka sellega, et väetamine (eelkõige lämmastikuga) võib soodustada taimehaiguste levikut ja samas suurendada taimede vastupanuvõimet patogeenide suhtes (Chen *et al.* 2007). Eestis on enim levinud lehelaiksused ja kõrreliste jahukaste, mis võivad põhjustada suurt majanduslikku kahju (Sooväli *et al.* 2007). Kõrreliste helelaiksusele soodsal aastal võivad saagikaod ulatuda 40% (Lõiveke 1995). Haigused põhjustavad taimedele biotilist stressi ja see mõjutab oluliselt taimede kasvu ning fotosünteesivõimet. Haigustekitajad mõjutavad süsivesikute ainevahetust (Whipps, Lewis 1981) ja see vähendab fotosünteesi-produktide transporti lehtedest teistesse taimeosadesse (Foyer *et al.* 1997). Teraviljade puhul kogunevad varuained teradesse, seega põhjustab haigestumine terasaagi languse. Käesoleva uurimuse eesmärkideks oli välja selgitada erinevate väetiste mõju kõrreliste helelaiksuse esinemisele ja uurida seoseid haigestumise ning leheomaduste vahel.

Materjal ja meetodika

Katseandmed koguti Tartu lähedal Eerikal 1989. aastal rajatud IOSDV (*Internationale Organische Stickstoff Dauerdüngungs*) kolmeväljaliselt (kartul-nisu-oder) katsepõllult 2011. aastal. Katsepõllu mullatüüp on kakkjas ehk näivleetunud liivsavimuld, millel on madal huumusesisaldus (1,5–2,0%) ning kaaliumi ja fosfori keskmine väetistarbe aste ja mulla pH_{KCl} on 5,9–6,7.

Katse rajati kolmes korduses 50 m² suuruste katselappidena. Katses oli kolm varianti. I variandis kasutati mineraalväetisena ainult ammooniumsalpeetrit, lämmastiku tegevaine normidega 0 (N₀), 40 (N₄₀), 80 (N₈₀), 120 (N₁₂₀) ja 160 (N₁₆₀) kg ha⁻¹. II variandis oli mineraalväetis analoogsete normidega taheda veisesõnniku esimese aasta järelmõju (jm) foonil (2010. a anti kartulile 40 t ha⁻¹) vastavalt N₀ + s, N₄₀ + s, N₈₀ + s, N₁₂₀ + s, N₁₆₀ + s. III ehk alternatiivväetise variandis oli kontrollfoon (EC0), kus midagi ei kasutatud ning neli fooni, kus kasutati AS Estonian Celli (EC) tootmise käigus tekkinud haava puitmassi jääkmuda, vastavalt Estonian Celli jääkmuda ja klinkritolmu segu 20 t ha⁻¹ 1.a.jm (ECs 20 1.a.jm), EC muda 40 t ha⁻¹ 2.a.jm (ECm 40 2.a.jm), EC jääkmuda ja klinkritolmu segu 20 t ha⁻¹ 2.a.jm (ECs 20 2.a.jm) ja EC jääkmuda ja klinkritolmu segu 40 t ha⁻¹ 2.a.jm (Ecs 40 2.a.jm).

Katses kasutati suvinisu sorti 'Vinjett', millel on väga hea vastupidavus kõrreliste ja hukastele ja keskmine vastupidavus pruunroostele (Jõgeva Sordiaretuse Instituut 2012). Suvinisu sertifitseeritud ja puhitud (Bariton Ultra; 0,5 l t⁻¹) seeme külvati 25. aprillil, külvisenormiga 230 kg ha⁻¹. 31. mail (BBCH 30) tehti keemilist umbrohtude, kahjurite ja haiguste tõrjet, selleks kasutati preparaate segu: Falcon (0,6 l ha⁻¹), Secator (0,6 l ha⁻¹), Lontrel (0,15 l ha⁻¹) ja Proteus (0,6 l ha⁻¹). Suvinisu kasvuperiood oli 102 päeva, saak koristati 5. augustil 2011.

Taimehaigusi hinnati kasvuperioodil kaks korda, esimene hindamine toimus 1. juulil, kui taimed olid jõudnud loomisfaasi (BBCH 55–57) ja teist korda 11. juulil, kui taimed olid jõudnud piimküpsusfaasi (BBCH 73). Nisutaimed olid nakatunud ainult kõrreliste helelaiksusesse (*Mycosphaerella graminicola*) ja muude haiguste esinemist ei täheldatud. Helelaiksuse esinemist hinnati esimesel, teisel ja kolmandal lehel. Selleks määrati visuaalse vaatluse teel haigussümptomitega kaetud lehepind protsentides vaadel-dava lehe kogupinnast.

Korjati nisulehed, millelt mõõdeti pindala, märgkaal ja kuivkaal, et arvutada lehtede erikaal (LMA) ning kuiv- ja märgkaalu suhe. Lehtede pindala mõõtmiseks skaneeriti värsked korjatud lehed arvutisse ja kasutati programmi *ImageJ*. Üldlämmastiku- ja süsinikusisaldus määrati absoluutkuivast proovist kuivpõletusmeetodil. Sahharoosi- ja glükoosisisaldus määrati ensümaatilisel Stitt *et al.* (1989) ja Strand *et al.* (1997) poolt kirjeldatud meetodika põhjal.

2011. aasta mai esimene dekaad oli 1,9 °C võrra jahedam kui 22 aasta keskmine õhutemperatuur, seetõttu kulus nisu külvist tärkamiseni 14 päeva. Mai teine ja kolmas dekaad ning juuni ja juuli olid üpriski soojad võrreldes 22 aasta keskmisega. Ka sademeid oli aktiivsel kasvuperioodil tavalisest vähem, moodustades 75% pikaajalisest keskmisest sademete hulgast, kuid sademeid langes ühtlaselt ning pikki põuaperioode polnud. Teravili sai kiiresti koristusküpseks.

Andmetöötlus viidi läbi programmiga *STATISTICA 10*. Andmetöötles kasutati teise ja kolmanda lehe hindamistulemusi, need andmed ei vastanud normaaljaotusele,

seetõttu kasutati töötlustevaheliste erinevuste leidmiseks dispersioonanalüüsis *Duncan* testi olulisusnivooga 0,05. Käesolevas artiklis on tulemuste osas kajastatud 11. juuli hindamise tulemusi. Leidmaks seoseid haigestumise ja leheomaduste vahel tehti korrelatsioonanalüüs.

Tulemused

Lämmastiku mõju. Lämmastikuga töödeldud katsevariandis mõjutasid erinevad väetisekogused haigestumist kõrreliste helelaiksusesse (tabel 1). Kõrgeim oli haigestumine helelaiksusesse N_0 ehk kontrollvariandis ja töötluse N_{40} juures.

Tabel 1. Suvinisu haigestumine kõrreliste helelaiksusesse keskmiselt (%) ja lehe lämmastikusisaldus (%) erinevatel väetamise variantidel 2011. aastal

Orgaaniline väetis	Min. N, kg ha ⁻¹	Tähistus	Haigestumine, %	Lehe N sisaldus, %
Orgaanilise väetiseta	0	N0	17,82 ± 1,51 ^a	2,29 ± 0,12 ^a
	40	N40	17,79 ± 1,67 ^a	–
	80	N80	9,94 ± 0,85 ^b	3,24 ± 0,1 ^{bcd}
	120	N120	7,84 ± 0,89 ^{bc}	–
	160	N160	6,15 ± 0,79 ^c	3,61 ± 0,08 ^c
Sõnniku 1.a. jm (40 t ha ⁻¹)	0	N0 + s	13,33 ± 1,12 ^{ac}	2,93 ± 0,08 ^d
	40	N40 + s	14,20 ± 0,99 ^a	–
	80	N80 + s	11,20 ± 1,00 ^c	3,46 ± 0,23 ^{bc}
	120	N120 + s	8,25 ± 0,84 ^d	–
	160	N160 + s	4,78 ± 0,47 ^b	3,42 ± 0,07 ^{bc}
EC0	0	EC0	12,21 ± 1,96 ^a	2,36 ± 0,15 ^a
ECs 20 (t ha ⁻¹) 1.a. jm	0	ECs 20 1.a.jm	12,44 ± 1,14 ^a	–
ECm 40 (t ha ⁻¹) 2.a. jm	0	ECm 40 2.a.jm	11,12 ± 1,36 ^a	–
ECs 20 (t ha ⁻¹) 2.a.jm	0	ECs 20 2.a.jm	9,60 ± 1,00 ^a	–
ECs 40 (t ha ⁻¹) 2.a.jm	0	ECs 40 2.a.jm	13,26 ± 1,20 ^a	2,42 ± 0,09 ^a

Haiguse puhul erinevad tähed näitavad väetiste rühmade siseselt statistiliselt olulist erinevust töötluse vahel (*Duncan* test, $p < 0,05$); lehe lämmastikusisalduse puhul on võrreldud kõiki väetiste rühmi omavahel; N – lämmastik; jm – järelmõju; EC0 – kontrollvariant; ECs – Estonian Celli jääkmuda ja klinkritolmu segu; ECm – Estonian Celli jääkmuda.

Lämmastikukoguste suurenemisel vähenes haigestumine kõrreliste helelaiksusesse ja oli madalaim töötluse N_{160} juures, olles 6,15%. Tuginedes nendele tulemustele, võib väita, et lämmastiku kasutamine vähendas kõrreliste helelaiksusesse haigestumist. Kirjandusest võib leida mitmesuguseid arvamusi, näiteks Tompkins *et al.* (1993) ja Olesen *et al.* (2000) väidavad, et suuremad lämmastikukogused ei mõjuta või vähendavad na-

katumist helelaiksusse. Teisalt vastupidiselt on leitud, et soodsate ilmastikuolude korral võivad kõrged lämmastikukogused suurendada nakatumist helelaiksusesse (Simon *et al.* 2003).

Lämmastiku ja sõnniku koosmõju. Ka sõnniku järelmõju ja lämmastiku kooskasutamisel ilmnes sarnane tendents nagu lämmastikuga töödeldud variandis. Haigestumine oli madalaim töötluuse $N_{160} + s$ juures ja see töötluus erines oluliselt teistest töötlustest ($p < 0,05$). Ka kirjandusest leiab viite sellele, et nii lämmastiku kui sõnniku järelmõju kooskasutamisel esineb kõrreliste helelaikusust vähem neis variantides, kus kasutati kõrgemaid lämmastiknorme (Nurk *et al.* 2011). Antud tulemust võib põhjendada sellega, et sõnnikus on palju antagonistlikke mikroorganisme, mis aitavad pärssida patogeenide arengut.

Alternatiivväetiste mõju. Alternatiivväetise kasutamisel olid kõik töötluused sarnaselt nakatunud kõrreliste helelaiksusesse ja nende vahel puudus statistiliselt oluline erinevus ($p > 0,05$). Sarnaseid tulemusi võib leida ka kirjandusest, nimelt 2009. aastal läbi viidud katses ei leitud ka olulist erinevust erinevate alternatiivvariantide puhul, kuid nakatumine neis variantides oli madal (Nurk *et al.* 2011).

Kõrreliste helelaiksuse ja leheomaduste vahelised seosed. Nakatunud lehtedes oli lämmastiku- ja sahharoosisisaldus madalam ning glükoosi ja sahharoosi suhe kõrgem. Tugev statistiliselt oluline seos helelaiksusesse nakatumise ja lehe lämmastikuisisalduse vahel viitab sellele, et seennakkuse tagajärjel kiirenes nakatunud lehtedes vananemisprotsess. Lämmastiku kuivmassipõhise kontsentratsiooni langemine täiskasvanud lehtedes on reguleeritud vananemisega seotud retranslokatsiooni protsessidega (Hiros, Werger 1987). Keskmised usutavad seosed olid sahharoosisisalduse ja glükoosi ning sahharoosi suhte vahel. Sahharoosisisalduse vähenemine ja glükoosisisalduse suurenemine nakatunud lehtedes on kooskõlas kirjanduses näidatud invertaasi aktiivsuse kasvuga seennakkuse korral (Scholes *et al.* 1994). Lehtede sahharoosisisalduse langus nakatumise korral viitab fotosünteesi produktide varu ammendumisele. LMA, kuivkaalu/märgkaalu suhte ja glükoosisisalduse vahel oli statistiliselt nõrgalt oluline seos (tabel 2).

Tabel 2. Kõrreliste helelaiksusesse nakatumise seos lehtedel mõõdetud tunnustega

Näitaja	Korrelatsioonikoefitsient	<i>p</i> -väärtus
Kuivkaalu/märgkaalu suhe	-0,400	0,004
LMA, $g\ m^{-2}$	-0,330	0,021
N lehe kuivmassist, %	-0,706	0,000
C lehe kuivmassist, %	0,184	0,209
N lehepindala kohta, $g\ m^{-2}$	-0,722	0,000
C lehepindala kohta, $g\ m^{-2}$	-0,228	0,119
Glükoos, $\mu g\ g^{-1}$	0,286	0,048
Sahharoos, $\mu g\ g^{-1}$	-0,502	0,000
Glükoos + sahharoos, $\mu g\ g^{-1}$	-0,237	0,104
Glükoosi/sahharoosi suhe	0,573	0,000
Glükoos, $\mu g\ cm^{-2}$	0,108	0,461
Sahharoos, $\mu g\ cm^{-2}$	-0,509	0,000
Glükoos + sahharoos, $\mu g\ cm^{-2}$	-0,338	0,018

LMA – lehe erikaal; N – lämmastik; C – süsinik.

Lämmastiku mõju saagikusele. Lämmastiku kasutamisel oli suurim saagikus 3,82 t ha⁻¹ ja seda töötluse N₁₂₀ juures. Kui vaadelda kontrollvariandi saagikust ja N₁₂₀ juures saadud saagikust, siis mineraalväetis andis 2,41 t ha⁻¹ saagilisa. Töötluse N₁₆₀ juures oli saagikus 2,91 t ha⁻¹, mis on ligikaudu tonni võrra väiksem kui töötlusel N₁₂₀ (tabel 3).

Lämmastiku ja sõnniku kooskasutamise mõju saagikusele. Kui vaadelda sõnniku ja lämmastikuga töödeldud variante, siis on näha, et saagid on suuremad, kui ainult lämmastiku kasutamisel. Ka siin oli suurim saak N₁₂₀ + s 1.a.jm juures, olles 4,69 t ha⁻¹. Orgaaniline väetis mõjutas saake positiivselt, andes 0,87 kuni 1,54 t ha⁻¹ saagilisa.

Alternatiivväetiste mõju saagikusele. Alternatiivväetiste variandis olid suurimad saagid töötlustel ECm 40 t ha⁻¹ 2.a.jm ja ECs 40 t ha⁻¹ 2.a.jm juures.

Tabel 3. Suvinisu saak 14% niiskusesisalduse juures ja väetamise arvelt saadud enamsaak

Orgaaniline	Väetise variant		Saagikus, t ha ⁻¹	Enamsaak, t ha ⁻¹	
	Min. N, kg ha ⁻¹	Tähistus		Min.väetise mõju	Org.väetise mõju
Orgaanilise väetiseta	0	N0	1,41	–	–
	40	N40	2,65	1,24	–
	80	N80	3,16	1,75	–
	120	N120	3,82	2,41	–
	160	N160	2,91	1,50	–
Sõnniku 1.a. jm (40 t ha ⁻¹)	0	N0 + s	2,43	–	1,02
	40	N40 + s	3,60	1,17	0,95
	80	N80 + s	4,36	1,93	1,20
	120	N120 + s	4,69	2,26	0,87
	160	N160 + s	4,42	1,99	1,54
EC0	0	EC0	1,93	–	–
ECs 20 (t ha ⁻¹) 1.a.jm	0	ECs20 1.a.jm	2,41	–	0,48
ECm 40 (t ha ⁻¹) 2.a.jm	0	ECm40 2.a.jm	2,65	–	0,72
ECs 20(t ha ⁻¹) 2.a.jm	0	ECs20 2.a.jm	2,41	–	0,48
ECs 40 (t ha ⁻¹) 2.a.jm	0	ECs40 2.a.jm	2,62	–	0,69

jm – järelmõju; EC0 – kontrollvariant; ECs – Estonian Celli jääkmuda ja klinkritolmu segu
ECm – Estonian Celli jääkmuda.

Järeldused

2011. aastal läbi viidud katse tulemusena selgus, et madalad lämmastikväetiste normid (nii ainult mineraalne kui ka mineraalne koos sõnniku järeilmõjuga) suurendasid haiguse esinemist ja neis variantides oli ka madalam saagikus. Alternatiivväetiste puhul selgeid tendentse välja ei kujunenud ja ka saagid olid väiksemad kui teistes väetusvariantides. Uurimuses leiti, et nakatunud lehtedes on madalam lämmastiku- ja sahharoosisisaldus ning glükoosi ja sahharoosi suhe on kõrgem. Käesolevas töös alustatud uurinuid peaks jätkama, kuna ühe aasta katseandmete põhjal ei saa lõplikke järeldusi teha.

Tänuavaldused

Käesolev artikkel on valminud minu magistritöö põhjal, seega soovin tänada oma toredaid juhendajaid Eve Runno-Paursoni ja Lea Hallikut. Töö valmimisele aitasid kaasa ka Alar Astover, kes võimaldas IOSDV katsepõllul andmeid koguda ja Hiie Ivanova, kes oli abiks suhkrute määramisel. Andmetöötluse osas oli abiks Sirje Mitt.

Kasutatud kirjandus

- Chen, Y., Zhang, F., Tang, L., Zheng, Y., Li, Y., Christie, P., Li, L. 2007. Wheat powdery mildew and foliar N concentrations as influenced by N fertilization and belowground interactions with intercropped faba bean. – *Plant Soil* **291**, 1–13.
- Eesti Statistikaameti kodulehekül. Suvinisu kasvupind 2007–2011. [WWW] <http://www.stat.ee/pollumajandus> (15.11.2012)
- Foyer, C., Kingston-Smith, A., Pollock, C. 1997. Sucrose and invertase, an uneasy alliance. – *Iger Innovations*, 18–21.
- Hirose, T., Werger, M.J.A. 1987. Maximizing daily canopy photosynthesis with respect to the leaf N allocation pattern in the canopy. – *Oecologia* **72**, 520–526.
- Howard, D.D., Newman, M.A., Essington, M.E., Percell, W.M. 2002. Nitrogen fertilization of conservation-tilled wheat. I. Sources and application rates. – *Journal of Plant Nutrition* **25** (6), 1315–1328.
- Jõgeva Sordiaretuse Instituudi kodulehekül. Suvinisu sordid. [WWW] <http://www.sordiaretus.ee/?pid=177&pageHeader=Suvinisu&sortPage=1> (15.11.2012)
- Koppel, M., Sooväli, P., Runno-Paurson, E. 2008. Fungitsiidide efektiivsus talinisu ja odra hai-guste tõrjel. – *Põllukultuuride uuemad sordid, nende omadused ja kasvatamise eripära*. Jõgeva, lk. 37–44.
- Lõiveke, H. 1995. *Taimekaitse käsiraamat*. Tallinn, 389 lk.
- Nurk, K., Runno-Paurson, E., Toome, M., Astover, A. 2011. Lämmastik- ja alternatiivväetiste mõju kõrreliste helelaiksuse ohtrusele nisul. – *Agronomia 2010/2011*. Saku, lk. 187–192.
- Olesen, J.E., Mortensen, J.V., Jorgensen, L.N., Andersen, M.N. 2000. Irrigation strategy, nitrogen application and fungicide control in winter wheat on sandy soil. I. Yield, yield components and nitrogen uptake. – *Journal of Agricultural Science* Vol. **134**, 1–11.
- Scholes, J.D., Lee, P.J., Horton, P., Lewis, D.H. 1994. Invertase: Understanding changes in the photosynthetic and carbohydrate metabolism of barley leaves infected with powdery mildew. – *New Phytologist*, vol **126** No. 2, 213–222.
- Simon, M.R., Cordo, C.A., Perello, A.E., Struik, P.C. 2003. Influence of nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. – *Journal of Phytopathology* **151**, 283–289.
- Sooväli, P., Runno-Paurson, E., Koppel, M. 2007. Vähendatud fungitsiidinormide kasutamine teraviljahaiguste tõrjel. – *Millest sõltub teravilja saagikus*. Jõgeva, lk. 14–25.
- Stitt, M., Lilley, R.M., Gerhardt, R., Heldt, H.W. 1989. Metabolite levels in specific cells and subcellular compartments of plant leaves. – *Methods in Enzymology* **174**, 518–550.
- Strand, A., Hurry, V., Gustafsson, P., Gardeström, P. 1997. Development of *Arabidopsis thaliana* leaves at low temperatures releases the suppression of photosynthesis and photosynthetic gene expression despite the accumulation of soluble carbohydrates. – *The Plant Journal* **12** (3), 605–614.
- Tompkins, D.K., Fowler, D.B., Wright, A.T. 1993. Influence of agronomic practices on canopy microclimate and *Septoria* development in no-till winter wheat produced in the Parkland region of Saskatchewan. – *Canadian Journal of Plant Science* **73**, 331–344.
- Whipps, J.M., Lewis, D.H. 1981. Patterns of translocation, storage and interconversion of carbohydrate. – *Effects of disease on the physiology of the growing plant*. Ayres, P.G. (ed.), Cambridge University Press, Cambridge, 47–84.

FUNGITSIIDI JA ILMASTIKU MÕJU TALI- JA SUVINISU SAAGILE JA KVALITEEDILE 2011. JA 2012. A

Pille Sooväli, Mati Koppel, Reine Koppel, Anne Ingver
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Sooväli, P., Koppel, M., Koppel, R., Ingver, A. 2013. Effects of fungicides and weather conditions on yield and quality of spring and winter wheat in 2011 and 2012. – *Agronomy 2013.*

The effects of fungicide use on yield and quality properties (1000 kernel weight, volume weight, protein, gluten content) were observed at the Jõgeva Plant Breeding Institute using the winter wheat varieties Ada, and LIA 0044 and spring wheat varieties Manu, and Specifik. The results indicated that during unfavorable years for foliar diseases and infections, yield potential could be achieved without plant protection and treatments with fungicides had negative effect on the quality. During favorable years for diseases and infections, plant protection increased yield and the most of the quality characteristics. At the same time, the weather conditions of the year may have negative influence on yield quality.

Keywords: *fungicide, weather conditions, wheat, yield, quality*

Sissejuhatus

Nisu kasvatamisel on fungitsiidide kasutamine lehestikuhaiguste tõrjeks oluline viis saagivõime hoidmisel. Fungitsiidid kaitsevad taimehaiguste eest ja aitavad kaasa maksimaalse saagi kujunemisele. Haigusvaba seemne, haiguskindlate sortide, õigete agrotehniliste võtete ja fungitsiidide oskuslik koos kasutamine on efektiivse, keskkonnasäästliku taimekaitse osad, võimaldades suuremat saaki. Fungitsiidi ja kasvuhooja ilmastiku mõju taimehaiguste tõrjel ja saagi kujunemisel on üldteada. Vähem on uuritud fungitsiidide mõju terade kvaliteedile. Mitmed uuringud näitavad, et fungitsiidide kasutamine võib vähendada terade kvaliteeti. Helelaiksuse tõrjeks kasutatud fungitsiidid vähendasid terade proteiinisaldust, seevastu jahukaste ja roostehaiguste tõrjeks kasutatud fungitsiidid ei mõjutanud terade proteiinisaldust (Dimmock, Goodling 2002). Kui triasoolide kasutamine omab vähest mõju terakvaliteedile, siis strobiluriinide kasutamine suurendas terade massi ja mahukaalu, kuid vähendas langemisarvu ja proteiini sisaldust (Ruske *et al.* 2003, 2004). Katsetes on fungitsiidide kasutamine vähendanud mitmeid nisu küpsetuskvaliteedi parameetreid (Puppala *et al.* 1998; Tanacs *et al.* 2010; Wang *et al.* 2004). 2011. ja 2012. a Jõgeva Sordiaretuse Instituudis korraldatud katsete eesmärgiks oli selgitada tali- ja suvinisul erinevate toimeainetega fungitsiidide ühe- ja kahekordse kasutamise mõju saagikusele ja terade kvaliteedi näitajatele (1000 tera mass, mahumass, proteiini- ja kleepvalgusisaldus).

Materjal ja meetoodika

Haigustõrje katsed talinisu sordiga 'Ada' (2011), LIA 0044 (2012) ja suvinisu sortidega 'Manu' (2011), 'Specifik' (2012) rajati neljas korduses külvisenormiga talinisel 500 ja suvinisel 550 idanevat tera ruutmeetrile. 'Ada' ja 'Manu' on tuntud kui väga hea küpsetuskvaliteediga sordid, perspektiivne aretis LIA 0044 kui hea saagipotentsiaaliga

sort. 'Specifik' on nii hea küpsetuskvaliteediga kui kõrge mahukaaluga keskvalmiv suvinisu sort. Külvieelne põhiväetis oli talinisule Kemira Power 5-10-25 11. septembril (2010) ja YaraMila 7-12-25 6. septembril (2011) ning suvinisule NPK 22-7-12 2. mail (2011) ja NPK 17-6-11 8. mail (2012) normiga 300 kg ha⁻¹. Kevadiseks talinisu väetiseks kasutati CAN-27S N 80 kg ha⁻¹ 17. aprillil (2011), 20. aprillil (2012) ja N 40 kg ha⁻¹ 17. mail (2011), 24. mail (2012). Mõlemal sügisel tehti umbrohutõrje Lintur 70 WG 150 g ha⁻¹ 6. oktoobril (2011), 29. septembril (2012). Kevadine talinisu umbrohutõrje tehti Mustang Fortega 0,6 l ha⁻¹ 2. juunil (2011) ja Sekator OD-ga 0,15 l ha⁻¹ 30. aprillil (2012), suvinisu umbrohutõrje tehti Mustang Fortega 0,6 l ha⁻¹ 2. juunil (2011) ja Sekator OD'ga 0,15 l ha⁻¹ 28. mail (2012). Taimehaiguste tõrjeks kasutati seitset fungitsiidi, lisaks pritsimata kontrollvariant (tabelid 1, 2). Talinisu koristati 27. juulil (2011), 16. augustil (2012) ja suvinisu 12. augustil (2011), 29. augustil (2012).

Tabel 1. Talinisu katses kasutatud fungitsiidid, doosid ja pritsimise ajad

'Ada'	21.06.2011	LIA 0044	25.06.2012
	BBCH 55–59*		BBCH 53–55**
Fungitsiid	Doos l ha ⁻¹	Fungitsiid	Doos l ha ⁻¹
Kontroll		Kontroll	
Tilt 250 EC	0,5	Tilt 250 EC	0,5
Falcon Forte 425 EC	0,8	Falcon Forte 425 EC	0,8
Folicur 250 EW	1,0	Prosaro 250 EC	1,0
Prosaro 250 EC	1,0	Bell	1,5
Archer Top 400 EC	1,0	Allegro Super	1,0
Input 460 EC	1,0	Opera N	2,0
Zantara	1,2	Zantara	1,2

* BBCH 55–59 – loomise keskpäik kuni loomise lõpp; ** BBCH 53–55 – loomise algusest kuni loomise keskpäigani.

Tabel 2. Suvinisu katses kasutatud fungitsiidid, doosid ja pritsimise ajad

'Manu'	14.06.2011	23.06.2011	10.07.2011
'Specifik'	21.06.2012	30.06.2012	10.07.2012
	BBCH 33–35*		BBCH 51–53**
Fungitsiid	Doos l ha ⁻¹		
Kontroll			
Tilt 250 EC		0,5	
Bell		1,5	
Prosaro 250 EC		1,0	
Opera N		2,0	
Archer Top 400 EC + Bell	0,5		0,8
Archer Top 400 EC + Opera N	0,5		1,0
Archer Top 400 EC + Prosaro	0,5		0,5

* BBCH 33–35 – 3. kuni 5. kõrresõlme faas; ** BBCH 51–53 – loomise algus, enne loomise keskpäika; *** BBCH 65 – õitsemise keskpäik.

2010/2011 katsehooja ja ilmastikutingimused Jõgeval olid talinisu sordile 'Ada' suhteliselt ebasoodsad. Lumi tuli sügisel külmumata maale, paks lumekate püsis märtsini. Maapind külmus alles veebruaris vaid mõned sentimeetrid, mistõttu kogu talve umbes keskkonnas viibinud oras kulutas palju varuaineid ja jäi nõrgaks. Lume sulades oli põllul haudumisest ja lumiseenest tugevasti kahjustunud oras. Kevade edenedes taastus taimik rahuldavalt. Ka 2011. a suvi oli nisudele üsna ebasoodne mitme põuaperioodi tõttu. Suvinisu külviaeg Jõgeval oli kuiv, üksikud sademed niisutasid ainult mullapinda. Mai keskel sadanud vihm soodustas nisu juurdumist ja võrsumist, kuid edasi järgnes jälle põud. Juuli oli väga soe ja kuiv, sademeid tuli 42% pikaajalise keskmisega võrreldes. Taimed arenesid kiiresti, teraviljadel toimus sundküpsemine, mistõttu ka koristusküpsus saabus talinisel juba juuli lõpus, suvinisel augusti alguses, olles tavapärasest tunduvalt varasem.

2011/2012 taliviljade kasvuhooaega iseloomustas pikk soe sügis. Püsiv lumikate jäi Jõgeval maha alates 31. detsembrist, maa külmus 15 cm sügavuselt ning lume paksus oli talve jooksul 20–40 cm. Veebruari lõpu sula muutis lume märjaks ja mõne päevaga oli lume all vesi ja mullapind sulanud. Taimed olid siiski ilusad, sest kogu talve jooksul lume all temperatuuri kõikumisi ei olnud.

Märtsi lõpus lume alt vabanenud katsepõld näis suhteliselt terve, ei esinenud olulist lumiseene ega külmakahjustust. 2012. a külvati suvinisu 8. mail, järgnenud jahe ja niiske suvi soodustas taime kõrguskasvu ja võrsumist. Küllalt suur taime pind ja niiske ilm soodustasid tali- ja suvinisel haiguste arengut ja levikut. Levisid kõrreliste jahukaste ja helelaikus. Kasvuhooja lõpuks oli lööbinud pähiku fusarioos, eriti pritsimata variantides.

Tulemused ja arutelu

Teravilja olulised saagistruktuuri näitajad on 1000 tera mass ja mahukaal. Tera suurus ja mahukaalust sõltub jahu väljatulek. Kuigi need näitajad sõltuvad eelkõige sordi geneetilistest omadustest, mõjutavad neid ka kasvutingimused, eriti tera täitumise ja küpsemise aegne ilmastik. Kasvuaegne ilm mõjutab saagikust ja kvaliteeti kõige rohkem. Sademed ja temperatuurid on meist sõltumatud kultuuri saaki ja kvaliteeti mõjutavad tegurid. 2011. a mõjutas nisu kasvu kõige enam sademete puudumine või nende väga ebahütlane jaotumine kasvuperioodi lõikes. Temperatuuri mõju oli väiksema tähtsusega, kuna kasvule kriitilistel aegadel jäi just mullavee varust napiks. Taimehaigusi esines vähem, sest kuivus pärssis nende levikut. Kuivuses vananesid lehed kiiremini, mis mõjus saagile, vähendades tera täitumist ja andes lõpptulemuseks madalama saagi. Talinisu sordi 'Ada' keskmised saagid jäid vahemikku 4179 kg ha⁻¹ Zantara variandis kuni 4750 kg ha⁻¹ Folicur EW 250 variandis (tabel 3). Põuasel suvel ei erinenud Falcon Forte 425 EC, Folicur EW 250 ja Input 460 EC variantide saagid usutavalt haigustõrjeta variandi saagist. Teiste fungitsiidide kasutamine põhjustas usutava saagilanguse, mida tekitas ilmselt fungitsiidide kasutamisest tekkinud lisastress taimedele. Madala taimehaiguste esinemise tasemel jäi neist tingitud saagilangus ja ka fungitsiidide kasutamisest saadav saagitõus minimaalseks. Sama toimus ka tera kvaliteediga, kus kõik pritsimised vähendasid 1000 tera massi ja mahukaalu. Pritsitud variantides ei olnud terade suuruse ja mahukaalu vähenemine statistiliselt usutav Tilt 250 EC ja Falcon Forte 425 EC puhul. Kuigi proteiini- ja kleepvalgusisaldus on sordiomased tunnused, mõjutasid nende sisaldust ka taimekaitse ja ilmastik.

Tabel 3. Haigustõrje mõju talinisu sordi 'Ada' ja aretise LIA 0044 saagile ja kvaliteedile võrreldes pritsimata kontrollvariandiga

Fungitsiid	Saak kg ha ⁻¹	1000 tera mass g	Mahukaal g l ⁻¹	Proteiin %	Kleepvalk %
'Ada' (2011)					
Kontroll	4714	42,6	851	12,7	26,4
Tilt 250 EC	-253	-0,7	-7	-0,2	-0,5
Falcon Forte 425 EC	-68	-0,6	-1	0,3	1,2
Folicur 250 EW	33	-0,9	-2	0,4	1,0
Prosaro 250 EC	-296	-0,7	-11	0	0,1
Archer Top 400 EC	-345	-1,1	-10	-0,4	-0,7
Input 460 EC	-191	-0,9	-13	0,4	1,3
Zantara	-538	-1,2	-17	-0,2	0,1
<i>PD</i> _{0,05}	238,7	0,71	9,50	0,52	1,49
LIA 0044 (2012)					
Kontroll	7582	46,1	836	9,4	13,2
Tilt 250 EC	571	1,4	4	0,2	-1,1
Falcon Forte 425 EC	736	2,2	4	0	-1,2
Prosaro 250 EC	457	1,0	4	0	0,4
Bell	526	3,0	4	-0,1	-0,9
Allegro Super	520	1,9	4	-0,1	-1,2
Opera N	712	2,6	4	-0,2	-0,7
Zantara	426	1,6	6	0,4	0,8
<i>PD</i> _{0,05}	483,7	0,71	7,35	0,32	1,21

On teada, et proteiinisaldust mõjutab ka kasvukoha mullastik, agrotehnika ja kasutatud lämmastikväetise hulk. Kõrgema proteiinisaldusega jahul on paremad küpsetusomadused. Küpsetusomadusi mõjutab ka kleepvalgusisaldus ja -elastsus. Erinevate toimeainete kasutamine muutis proteiinisaldust kuni 0,4 protsendiühikut, mis ei olnud statistiliselt usutav erinevus. Proteiinisaldus jäi keskpärasele tasemele ja vähenes kontrolliga võrreldes Archer Top 400 EC, Tilt 250 EC ja Zantara variantides. Folicur EW 250 ja Input 460 EC kasutamine parandas proteiinisaldust võrreldes töötlemata variandiga. Kleepvalgusisaldus jäi 2010/2011 kasvuhooajal talinisel vahemikku 25,7–27,7%. Sarnaselt proteiinisaldusele ei muutunud usutavalt ka kleepvalgusisaldus töödeldud variantides võrreldes töötlemata variandiga. Kontrolliga võrreldes langes see Tilt 250 EC ja Archer Top 400 EC kasutamisel. Fungitsiidi variantide vahel oli statistiliselt usutav erinevus.

2012. a taimehaiguste tase talinisel jäi keskpäraseks. Enim esines helelaiksuse nakkust lehtedel ja punakastet pähikutel. Jahe ja märg suvi soodustas suure saagi moodustumist ja kõik fungitsiidi variandid tõstsid LIA 0044 saaki võrreldes kontrolliga (tabel 3). Suurima saagitõusu tagasid Falcon Forte 425 EC ja Opera N variandid, andes saagikuseks 8318 ja 8294 kg ha⁻¹. Kõik pritsimised suurendasid 1000 tera massi ja mahukaalu. Suurima 1000 tera massi andis Belli variant, väiksemaks jäi mõju Prosaro 250 EC kasutamisel.

Suvinisule mõjus fungitsiidi kasutamine 2011. a teistmoodi kui talinisu. Ka suvinisu oli kasvuaasta ebasoodne. Katses esinesid kõik peamised nisuhaigused. Põua

tingimustes jäi 'Manu' saak tagasihoidlikuks, taimekaitseta variant andis vaid 3202 kg ha⁻¹ ja selle ületasid kõik taimekaitse variandid (tabel 4). Kõige väiksem oli saagitõus fungitsiidide Opera N ja Prosaro 250 EC kasutamisel. Väga hästi mõjus 'Manu' saagikusele Belli kasutamine, mille üks toimeaine epoksikonasool takistab taime vananemist, pikendades kasvuperioodi, mida taimed põuasel aastal vajasisid. Statistiliselt usutava enamsaagi andsid Bell ja Archer Top 400 EC + Opera N kasutamine. Nendes variantides oli suurem ka saagitõus ning suvinisu proteiinisisaldus võrreldes talinisuga. Fungitsiidide kasutamine 'Manul' 2011. a saagikvaliteeti parandada ei suutnud. Proteiini- ja kleepvalgusisaldus pigem vähenes võrreldes haigustõrjeta variandiga. Saak ja proteiinisisaldus on pöördvõrdelised. Kuna kõik tõrjed tõstsid saaki, siis proteiin vähenes. Proteiinisisaldus terades vähenes kõigis fungitsiidi variantides, sama toimus ka kleepvalgusisaldusega. Suurem vähenemine toimus Archer Top 400 EC + Opera N kasutamisel.

Tabel 4. Haigustõrje mõju suvinisu sortide 'Manu' ja 'Specifik' saagile ja kvaliteedile võrreldes pritsimata kontrollvariandiga

Fungitsiid	Saak kg ha ⁻¹	1000 tera mass g	Mahukaal g l ⁻¹	Proteiin %	Kleepvalk %
'Manu' (2011)					
Kontroll	3202	33,8	834	15,1	33,4
Tilt 250 EC	128	-0,1	-3	-0,5	-1,2
Bell	434	-0,3	-5	-0,5	-2,5
Prosaro 250 EC	45	0	2	-0,4	-0,5
Opera N	19	-0,1	-10	-0,2	-0,1
Archer Top 400 EC+Bell	143	-0,3	-3	-0,5	-1,4
Archer Top 400 EC+Opera N	319	0,1	2	-0,8	-8,5
Archer Top 400 EC+Prosaro	131	0	2	-0,2	-0,1
<i>PD_{0,05}</i>	269,6	0,29	3,70	0,31	1,24
'Specifik' (2012)					
Kontroll	6202	38,1	828	11,6	22,7
Tilt 250 EC	276	1,2	-8	0	0,4
Bell	224	1,1	2	0	-0,9
Prosaro 250 EC	428	1,0	2	0,1	-0,8
Opera N	460	1,5	2	0,2	-0,4
Archer Top 400 EC+Bell	361	1,0	2	0,2	-1,1
Archer Top 400 EC+Opera N	331	1,8	2	0,3	0
Archer Top 400 EC+Prosaro	63	1,3	2	0,1	-0,5
<i>PD_{0,05}</i>	504,6	0,38	4,63	0,37	1,32

2012. a jahe ja niiske suvi soodustas suvinisul haiguste arengut ja levikut. Taimekaitseta 'Specifiku' ülemised lehed nakatusid jahukastesse juuli keskpaigaks 20% ulatuses, helelaikususse nakatumine jäi 10% tasemele. Kasvuhooaja lõpuks oli lööbinud pähiku fusarioos. 'Specifiku' pritsimata variandi saagiga 6202 kg ha⁻¹ võrreldes tagasid kõik fungitsiidiga töötlemised saagitõusu, olles suurem Opera N ja Prosaro 250 EC variantides, kuid statistiliselt usutavad vahed puudusid. 1000 tera mass ja proteiinisisaldus suurenes fungitsiidiga töötlemisel, kuid proteiinisisalduse suuruse vahel statistiline

usutavus puudus. Mahukaal vähenes kontrolliga võrreldes ainukesena Tilt 250 EC kasutamisel, kleepvalgusisaldus suurenes.

Kokkuvõte

Nisu saaki ja kvaliteeti mõjutas lisaks ilmale, toitainete kättesaadavusele ja haigestumisele ka fungitsiidide kasutamine. Haiguste levikule ebasoodsal aastal saavutas taim saagipotentsiaali ka taimekaitseta ja fungitsiidi kasutamine end ei õigustanud, mõjudes saagile ning kvaliteedile negatiivselt. Haiguste levikule soodsal aastal suurendas haigustõrje saagikust ja enamikke kvaliteedinäitajaid, kuid ilmastik võis kvaliteedile ka negatiivselt mõjuda.

Tänuavaldused

Uurimustööd on toetanud MAK meetme 1.7.1 rakendusuuring “Toidu- ja tööstustarbelise teravilja sortimendi laiendamine ja sobivate kasvatustehnoloogiate täiustamine”.

Kasutatud kirjandus

- Dimmock, J.P.R.E., Gooding, M.J. 2002. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: a review. – *The Journal of Agricultural Science* **138**, 349–366.
- Puppala, V., Herrman, T., Bockus, W., Loughin, T. 1998. Quality Response to Twelve Hard Red Winter Wheat Cultivars to Foliar Disease Across Four Locations in Central Kansas. – *Cereal Chemistry* **75** (1), 94–99.
- Ruske, R.E., Gooding, M.J., Jones, S.A. 2003. The effect of adding picoxystrobin, azoxystrobin and nitrogen to a triazole program on disease control, flag leaf senescence, yield and grain quality of winter wheat. – *Crop Protection* **22** (7), 975–987.
- Ruske, R.E., Gooding, M.J., Dobraszczyk, B.J. 2004. Effect of triazole and strobilurin fungicide programs, with and without late-season nitrogen fertilizer, on the baking quality of Malacca winter wheat. – *Journal of Cereal Science* **40**, 1–8.
- Tanacs, L., Gregova, E., Bodnar, K., Lantos, F., Monostori, T. 2010. Effects of fertilizers and fungicides applied in various doses and combinations on baking characteristics of wheat. – *Cereal Research Communications* **38**, 579–588.
- Wang, J., Pawelzik, E., Weinert, J., Zhao, Q., Wolf, G. 2004. Effect of Fungicide Treatment on the Quality of Wheat Flour and Breadmaking. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52** (25), 7593–7600.
- Puppala, V., Herrman, T., Bockus, W., Loughin, T. 1998. Quality Response to Twelve hard Red Winter Wheat Cultivars to Foliar Disease Across Four Locations in Central Kansas. – *Cereal Chemistry* **75** (1), 94–99.

TAIME KASVUSTIMULAATOR “HUMISTAR GRIN-PIK” OMADUSED JA MÕJU KARTULIMARDIKALE (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY)

Külli Hiisaar, Viacheslav Eremeev, Eha Kruus, Luule Metspalu, Katrin Jõgar
Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Hiisaar, K., Eremeev, V., Kruus, E., Metspalu, L., Jõgar, K. 2013. Plant growth stimulator “Humistar Grin-PIK”: its qualities and effect on development of Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). – *Agronomy* 2013.

The effect of 0,5% preparation of humic substances in the form of a plant growth stimulator Humistar (OAO “Grin-PIK” RU) on development of Colorado Potato Beetle larvae and adults was investigated. Preparation had considerable deterrence and repellence effect reducing the feeding activity of beetles in comparison with control. Treated leaves were less visited by the beetles than untreated ones. The duration of the preadult stage did not change, but the mean mass of beetles developing on Humistar-treated food was significantly lower than that of beetles developed on clean food. About 10% of larvae produced defective adults.

Keywords: Colorado Potato Beetles, “Humistar Grin-Pik” deterrence, repellence, mean mass

Sissejuhatus

Kartulikasvatajatele hakkab aasta aastalt üha enam muret tekitama kartulimardikas (*Leptinotarsa decemlineata* Say), kes saabus meie maale vähem kui pool sajandit tagasi (Kuusksalu, Kangilaski 1972). Olles äärmiselt plastiline liik, on mardikas kiiresti kohastunud põhjamaa lühikese suve ja pika karmi talvega, nii et praegu on raske leida põldu, kus teda ei leidu. Kahjurit on keeruline tõrjuda tema resistentsuse tõttu enamiku sünteetiliste mürkkemikaalide suhtes (Alyokhin *et al.* 2008). Juba aastaid otsitakse terves maailmas vahendeid, mis aitaksid piirata kartulimardika kontrollimatut paljunemist. Üheks alternatiiviks mürkkemikaalidele peetakse taime toitumist stimuleerivate looduslikku päritolu preparaate kasutamist (Adani *et al.* 1998; Särekanno, Vasar 2004; Eremeev *et al.* 2011), mis aitavad taimel kergemini toime tulla mitmete keskkonnastressorite, sh kahjuritega.

Putukate arengut mõjutab taime biokeemiline koostis, mis omakorda sõltub taime tervislikust seisundist. Kvaliteetse saagi andmiseks vajab taim toitaineid, mida ta saab kas mineraal- või orgaaniliste väetiste kaudu. Viimastel aastatel on hakatud tootma ja katsetama spetsiaalseid humiinpreparaate, mis on osutunud väga efektiivseteks taimele, kuid mille võimalik kõrvalmõju kahjurite arengule on seni veel uurimata. Toidutaime kaudu võivad väetised ühtede kahjurite arengut stimuleerida ja teiste oma pärssida (Strauss 1987). Näiteks lämmastikväetised suurendasid pistmis-imemissuistega kahjurite arengukiirust ja viljakust (McNeill, Southwood 1978), aga poilaste arvukus vähenes (Strauss 1987). Putukate maailm on liiga mitmekesine, et ühed ja samad seaduspärasused laieneksid kõikidele rühmadele. Sellest tulenevalt seadsime käesoleva töö eesmärgiks kontrollida Venemaal toodetud biohuumuse tõmmise “Humistar Grin-PIK” mõju kartulimardikale. Uurisime:

- kas preparaat kutsub kartulimardika vastsetes esile arenguhäireid;

- kas preparaadil on repellentseid või deterrentseid omadusi;
- kas preparaat mõjutab mardikate toitumisaktiivsust ja keha massi.

Materjal

Humistar. Meie katsetes kasutatud humiinpreparaat "Humistar Grin-Pik" on biohuumuse tõmmis. Preparaat on naturaalse, ökoloogiliselt puhaste toiteelementide, humiainete ja kasvustimulaatorite kompleks, mille kasutamine stimuleerib taimede ainevahetust ja fotosünteesi, soodustades mitmete kultuuride saagikuse kasvu. Preparaat sisaldab endas kõiki vermikomposti komponente lahustatud olekus: humaate, fulvohappeid, aminohappeid, vitamiine, looduslikke fütohormoone, mikro- ja makroelemente ning mullas leiduvaid mikroorganisme. Vermikultiveerimise protsessis eraldavad vihmaussid bakteriostaatilisi valke ja vihmaussi soolestikus asuvad sümbiootilised mikroorganismid toodavad antibiootikume, mis koostoimes tagavad preparaadi bakteritsiidsed omadused (Igonin 2006).

Keemiline koostis. Kuivaine – 1,0%; pH 9,3; Lämmastik – 2,0%; Fosfor (P_2O_5) – 1,6%; Kaalium (K_2O) – 4,0%; Humiidid – 2,10 g l⁻¹; Ca – 0,62 g l⁻¹; Mg – 1,04 g l⁻¹; Fe – 105,0 mg l⁻¹; S – 0,06 g l⁻¹; Cu – 0,44 mg l⁻¹; Zn – 5,10 mg l⁻¹; Mg – 1,04 mg l⁻¹; Mo – 41,0 mg l⁻¹; B – 6,20 mg l⁻¹; Se – 17,2 mg l⁻¹ (Knjazeva 2010).

Toime taimedele. Tootja info kohaselt tõstab preparaati seemnete idanemise kiirust ja energiat; soodustab narmasjuurte moodustumist; stimuleerib ja kiirendab taimede kasvu; tõstab taimede immuniteti; alandab nitraatide sisaldust toodangus; tõstab suhkru-, valkude ja vitamiinide sisaldust viljades; soodustab värselt lõigatud lillede pikemaajalist säilitamist; kõrvaldab kloroosi, stimuleerib toataimede õitsemist (Kulešov, Galaeva 2004). Vedelate toitainete kasutamine stimuleerib taimedes bioloogilisi protsesse, parandab taimede hingamist, vitamiinide, mono- ja polüsahhariidide moodustumist ning suurendab saagikust (Igonin 2006).

Kasutamine. Preparaati kasutatakse taimede juure- ja juureväliseks väetamiseks, samuti seemnete ja juurte leotamiseks enne istutamist. Taimede ühe- või kahekordne kastmine kogu vegetatsiooniperioodi jooksul täiendab ja tugevdab pinnasesse lisatud biohuumuse pikaajalist mõju, kuna preparaadi veeslahustuvaid aineid omastab taim kohe pärast selle viimist pinnasesse. Humistaris leiduvad bioloogiliselt aktiivsed ühendid lasuvad oletada, et preparaat võib mõjutada ka kartulimardikat, kuid pole teada, millises suunas, kas meelitades ligi või peletades eemale, kas stimuleerides või pärssides nende arengut.

Metoodika

Katsed viidi läbi 2010. aasta kevadel ja suvel laboratooriumi tingimustes. Kartulimardika tõugud kasvatati välja EMÜ Eerika maheviljeluse katsepõllult kogutud munakurnadest; valmikud koguti samalt põllult.

Vastsete areng. Noored kartulitaimed toodi katsepõllult ja istutati pottidesse. Taimi pritsiti 0,5% Humistari vesilahusega kaks korda: esimest korda põllul kohe peale tärkamist ja teist korda peale pottidesse ümberistutamist. Munakurnadest kasvatatud I kasvujärgu tõugud viidi taimedele 48 h peale pritsimist ning nende arengut jälgiti pidevalt kuni valmikustaadiumini. Katse oli kolmes korduses, igas korduses 27 tõuku. Peale arengu-

tsükli lõpetamist kaaluti kõik mardikad ning hinnati, kas ja milliseid arenguhälbeid neil esines ning kui suur oli suremus. Kontrolliks olid pritsimata taimedel arenevad tõugud.

Repellentsus. Värsked kartulilehed kasteti 10 sekundiks 0,5% Humistari vesilahusesse või kontrolliks puhtasse vette ning lasti pool tundi kuivada. Seejärel paigutati puhtad ja töödeldud lehed vaheldumisi 60 cm läbimõõduga areeni äärtele. Areeni keskele viidi 30 eelnevalt ööpäev nälgunud mardikat. Seitsme tunni jooksul igal täistunnil määrati mardikate asukohad.

Deterrentsus. Laborikatses määrati, kas mardikad eelistavad puhast töötlemata toitu või Humistariga värskest või nädal varem töödeldud toitu. Noortest lehtedest lõigati 375 mm² suurused kettad. Neist kolme kasteti 10 sekundiks 0,5% Humistari lahusesse, kolm puhtasse vette. Kolm ketast lõigati taimedest, mida oli nädal aega varem Humistariga põllul töödeldud. Kettad paigutati Petri tassidesse vaheldumisi ning igasse tassi viidi kaks emas- ja kaks isasmardikat. Kolm tundi hiljem pildistati söömata jäänud lehe osad ning mõõdeti spetsiaalse lehepinna mõõtuuri AM 100 ADC *Bioscientific LTD* (UK) abil. Katset korrati kolmel järjestikusel päeval samade mardikatega.

Tulemused ja arutelu

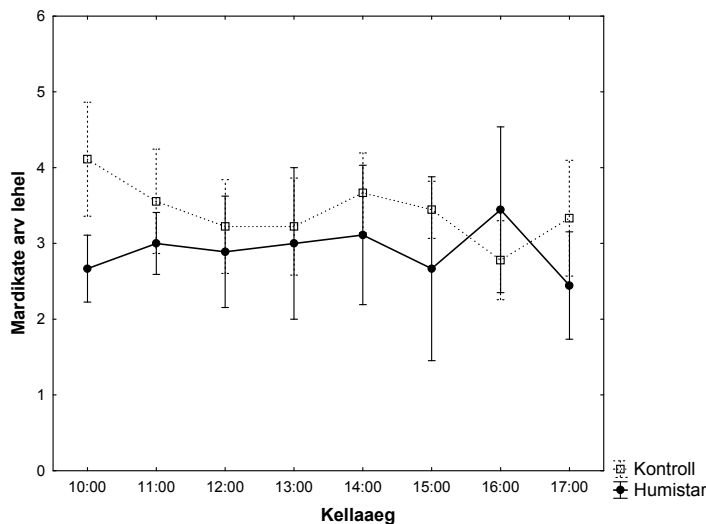
Vastsete areng

Taimede pritsimine Humistariga kartulimardika tõukude arengukiirust ei mõjutanud, tõukude koorumisest kuni valmikustaadiumini kulus nii kontrollis kui katses võrdne aeg, 18–22 päeva. Mõningane arenguaegne suremus esineb peaaegu alati ja hukkumise otsetesed põhjused jäävadki sageli välja selgitamata. Humistariga töödeldud taimel arenedes ületas suremus siiski kaks korda kontrolli oma (keskmine vastavalt 19,1 ±0,8% ja 8,7 ±1,3%, $P = 0,0002$).

Humistaris leiduvad bioloogiliselt aktiivsed ühendid on putukatele kehavõõrad ained, mis kutsuvad esile muutusi uute kudede sünteesil, mille tulemusena tekkisid mitmesugused morfogeneesi hälbed. Ilmnunud mutatsioonid viitavad pigem närvi- ja hormonaalsüsteemi funktsiooni häiretele, kui otsesele toksikoosile, mille tõttu putukad hukkuksid lühikese aja jooksul. Meie katses langes suremus hilisemale ajale, kui vastestaadium oli juba läbitud. Osaline metamorfoos ja väljaarenemata tiivad näitavad häireid kitiini sünteesis või ensüümide toimes. Talvitumisel või suvise niiskusedefitsiidi korral võivad kõik defektsete kattetiibadega mardikad liigse veekao tõttu hukkuda, sest tiivad ei saa normaalselt sulguda (Kuusik jt 1995). Arenguhäiretega mardikad reeglina järglasi ei anna, kuigi väiksemate defektide korral võivad veel vähesel määral toituda.

Deterrentsus ja repellentsus

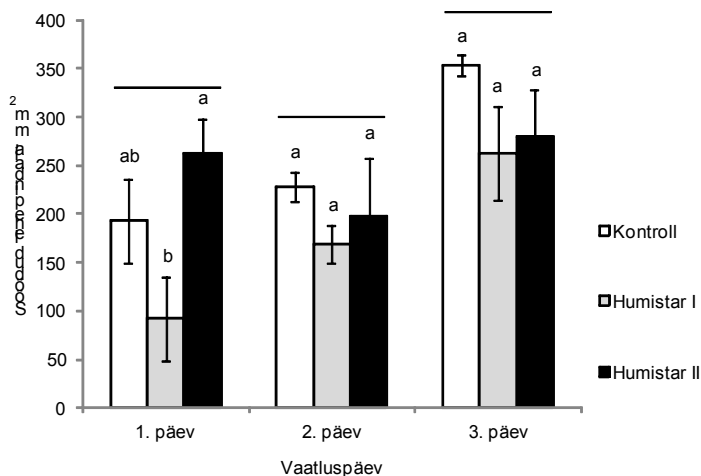
Meie katsed näitasid, et esimesel tunnil lähevad mardikad eelistatult puhastele lehtedele ($t = 5,58$; $P < 0,001$), kuid ei väldi ka preparaadiga töödeldud lehti (joonis 1). Osa mardikaid on pidevalt liikvel ja kuigi järgneva viie tunni vältel variantide vahel statistiliselt usaldusväärsed erinevused puudusid ($F_{7,128} = 0,32$; $P > 0,05$), peatusid mardikad siiski mõnevõrra sagedamini töötlemata lehtedel kui töödeldud lehtedel. Kuus tundi peale katse algust oli puhastel lehtedel mardikaid vähem, kui töödeldud lehtedel. Ilmselt oli põhjuseks see, et kontrollis oli päeva lõpuks lehtede pehme kude juba söödud ja mardikad siirdusid kvaliteetsema toidu otsingule.



Joonis 1. Humiinpreparaadi “Humistar Grin-PIK” mõju kartulimardika valmikutele: töödeldud ja töötlemata kartuli lehtede külustatavuse ajaline võrdlus

Vastavalt Ismani (2002) definitsioonile võib putukate toitumist pärssida mistahes aine, mis maitseb neile halvasti. Taimekaitse ei seisne üksnes putukate otseses hävitamises. Kui muuta taime maitse kahjurile ebameeldivaks, siis ta kas keeldub seda söömast või valiku puudumise korral tarvitab toitu vähem, mistõttu kogutakse vähem reservaineid ja kehamassi. Sellest tulenevalt kannatab ka valmiku viljakus ja talvitumisvõime.

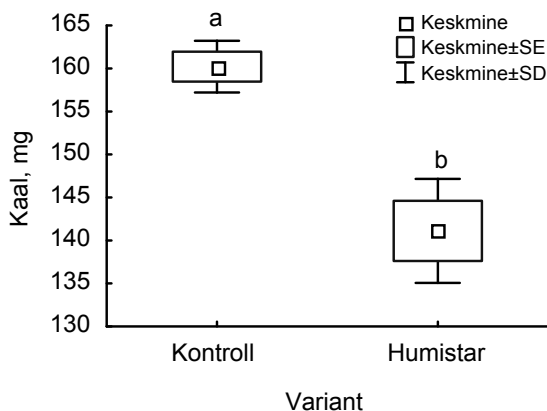
Värskelt Humistariga töödeldud lehti sõid mardikad esimesel katsepäeval vähem, kui töötlemata või nädal varem töödeldud lehti (joonis 2). Teisel-kolmandal päeval



Joonis 2. Kartulimardika valmikute poolt kolme järjestikuse päeva kolme tunni jooksul tarbitud puhta, värskelt töödeldud (Humistar I) ja nädal varem töödeldud (Humistar II) kartulilehe pindala. Erinevad tähed näitavad erinevust variantide vahel ($F = 4,4; 0,6$ ja $1,4; P < 0,05, LSD$ test)

statistiliselt usaldusväärsed erinevused katse ja kontrolli vahel toidu tarbimises küll kadusid, kuid sama tendents siiski säilis. Seda võib vaadelda kui harjumist võõra lõhna ja maitsega, kahjuri tundlikkus aja jooksul väheneb. Gökçe jt (2006) täheldasid kartulimardika vastsete kiiret harjumist paljude söömapärssijatega. Neemipuu seemnetest ekstraheeritud asadirahiini repellentne efekt kadus paljudel mardikatel juba 4–5 tunni pärast (Isman 2002).

Humistariga töödeldud taimedel kasvanud tõukudest formeerusid kergemad mardikad kui töötlemata taimedel kasvanud (joonis 3). Seda võis ennustada juba toitumiskatsete põhjal. Väiksema kehamassiga mardikate reproduktsioonivõime on madalam. Talvitusvõimet me antud katses küll ei uurinud, kuid mardikate keskmine kaal (140 mg) on piisavalt kõrge pika toiduta perioodi üleelamiseks, seega ei saa väita, et preparaadi mõjul talvitumine ohtu satub. Kirjanduse andmetel on üheks eduka talvitumise eeltingimuseks, et mardikad kaaluksid vähemalt 106 mg (Boman 2008).



Joonis 3. Preparaadiga “Humistar Grin-PIK” töödeldud ja töötlemata toidul kasvanud tõukudest formeerunud mardikate kaal. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usaldusväärset erinevust variantide vahel ($F = 23,9$; $P = 0,008$)

Meie katsetest võib järeldada, et “Humistar Grin-PIK” pigem pärsib kui soodustab kartulimardika arengut. Preparaadiga kartulimardikat tõrjuda ei õnnestu, kuid õnneks plahvatuslikku paljunemist selle kasutamise tagajärjel pole karta.

Kokkuvõte

“Humistar Grin-PIK”

- ei mõjuta kartulimardika vastsestaadiumi pikkust;
- ligi 10 % mardikatest tekkisid metamorfoosi häired;
- on nõrk repellent ja nõrk deterrent;
- tõukudest formeerusid väiksema massiga mardikad kui kontrollis.

Tänuavaldus

Uurimus on valminud ETF grantide 9449 ja 8895 toel.

Kasutatud kirjandus

- Adani, F., Genevi, P., Zaccheo, P., Zocchi, G. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. – *Journal of Plant Nutrition* **21**, 561–575.
- Alyokhin, A., Baker, M., Mota-Sanchez, D., Dively G., Grafius, E. 2008. Colorado Potato Beetle Resistance to Insecticides. – *American Journal of Potato Research* **85**, 6, 395–413.
- Boman, S. 2008. *Ecological and Genetic Factors Contributing to Invasion Success*. University of Jyväskylä, Jyväskylä, Doctors Theses, 50 p.
- Gökçe, A., Isaacs, R., Whalon, M.E. 2006. Behavioral response of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) larvae to selected plant extracts. – *Pest Manag. Sci.* **62**(11), 1052–1057.
- Eremeev, V., Tein, B., Šarin, R., Treimuth, M. 2011. Ruponicsi mõju kartuli mugulate arvule ja mugula keskmisele massile 2010. aastal. – *Agronomia 2010/2011*, Tartu, lk. 67–72.
- Igonin, A. M. 2006. Игонин, А. М. 2006. Дождевые черви: как повысить плодородие почвы в десятки раз, используя дождевого червя "Старатель". Ковров, 192 с.
- Isman, M.B. 2002. Insect antifeedants. – *Pesticide Outlook* **13**(4), 152–156.
- Knjazeva, N. 2010. Biohumus – looduslik, kuid tõhus lahendus mullaviljakuse tõstmiseks. – *Aiandusfoorum 2010*. Tallinn, lk. 20–30.
- Kulešov, N. I., Galaeva, E. A. 2004. Кулешов, Н. И., Галаева, Е. А. 2004. Эффективность применения биогумуса «Грин-ПИКЪ» и жидкой подкормки для растений «Гумистар» на рост и развитие топинамбура сорта «Скороспелка» [WWW] <http://www.green-pik.ru/sections/90.html&article=17>.
- Kuusik, A., Metspalu, L., Hiisaar, K. 1995. *Insektiisidide toimemehhanismide uurimine putukatel*. Tartu, 292 lk.
- Kuusksalu, R., Kanilaski, E. 1972. Kartulimardikas. – *Kartulikasvatuse päevaprobleeme* **2**, Tallinn, lk. 261–265.
- McNeill, S., Southwood, T.R.E. 1978. The role of nitrogen in the development of insect-plant relationships. – *Aspects of plant and animal coevolution*. Academic Press, London, 77–98.
- Särekanno, M., Vasar, V. 2004. Influence of Humistar on productivity of potato meristem plants. – *Agronomy 2004*. Transactions of EAU, 219, lk. 67–69.
- Strauss, Y.S. 1987. Direct and indirect effects of host-plant fertilization on an insect community. – *Ecology*, **68**, 6, 1670–1678.

KAHJURITE JA PARASITOIDIDE TALVITUMINE RAPSIPÕLLUL JA SELLE SERVA-ALADEL

Riina Kaasik, Gabriella Kovács, Eve Veromann

Eesti Maailikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Kaasik, R., Kovács, G., Veromann, E. 2013. Abundance of overwintering insect pests and parasitoids within and on borders of winter oilseed rape fields. – Agronomy 2013.

The widespread opinion is that the majority of oilseed rape pests overwinter on rape fields or around field borders. Therefore, deep tillage in autumn is often recommended method for reducing pest abundance. However, considering the disadvantages of deep tillage, it is important to find out whether this is a relevant insect pest control technique. In this study, we aimed to measure the number of successfully overwintered oilseed rape pests and hymenopteran parasitoids within fields and on field borders. Altogether, 48 soil surface samples were collected from 4 fields in Tartu County where winter oilseed rape was grown on the previous year and no tillage was made by the time of collection. All samples were placed into emergence traps. Emerged insects were all sorted; target taxa were counted and identified. Only low number of cruciferous pests emerged from our samples. These results showed that despite widely accepted assumption, most of these pests seek for overwintering sites several meters away from the field. The most abundant pest was brassica pod midge (*Dasineura brassicae* Winn.), which indicates that it overwinters on the field or near the field. However, this relatively new pest to Estonian oilseed rape growers is an avoidable threat in case of well-planned crop rotation. From our samples, significantly greater amount of parasitoids emerged than pests. Therefore, we can conclude that deep autumn tillage can possibly cause more harm than good by decreasing the number of overwintering natural enemies of pests.

Keywords: *Meligethes aeneus*, *Dasineura brassicae*, *Ceutorhynchus*, parasitoids, oilseed rape pests

Sissejuhatus

Laialt on levinud arvamus, et rapsikahjurid talvituvad enamasti rapsi põldudel ja nende serva-aladel. Kahjurputukate arvukuse reguleerimisel on oluline tähtsus põldude agrotehnilisel hooldamisel. Seetõttu on üheks sageli soovitatavaks kahjurite arvukuse vähendamise vahendiks koristusjärgne künd (Kaarli 2004; Metspalu, Hiiesaar 2002). Sügavkünd on väga sisendimahukas töö ja seetõttu on oluline välja selgitada, kas kahjurputukate arvukuse reguleerimise seisukohalt on sellel tähtsust. Seega on putukate talvitumiskohtade väljaselgitamine olulise tähtsusega.

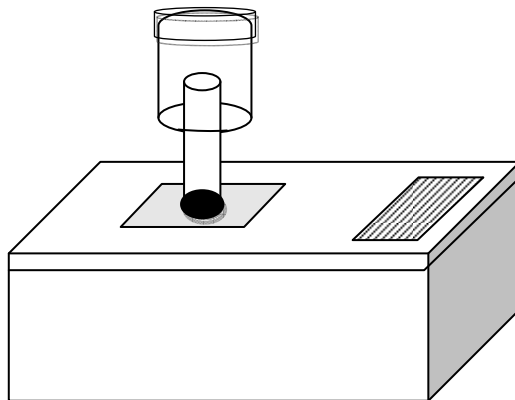
Peamisteks kahjuriteks rapsil Eestis tingimustes on maakirbud (*Phyllotreta*), hiilamardikad (*Meligethes*) ja peitkärsakad (*Ceutorhynchus*). Veromann *et al.* (2006a, 2006b) leidsid, et suvirapsi fenoloogiaga on paremini sünkroniseerunud naeri-hiilamardika (*M. aeneus* Fab.) elutsükkel ja talirapsiga kõdra-peitkärsaka (*C. obstrictus* Marsh.) bioloogia. Viimase arvukus enamasti siiski ei ületa majanduslikku tõrjekriteeriumit ja seetõttu ei ole insektitsiidide kasutamine vajalik (Veromann *et al.* 2011). Lisaks kõdra-peitkärsakale võivad rapsile tekitada kahju ka teised peitkärsakad – naeri-peitkärsakas (*C. rapae* Gyll.), juure-peitkärsakas (*C. pleurostigma* Marsh.) jt. Kesk-Euroopas ja Põhjamaades põhjustab olulist majanduslikku kahju ka kõdra-sääsk (*Dasineura brassicae* Winn.), kes on seotud kõdra-peitkärsakaga, kasutades munemiseks mardika poolt tehtud aukusid,

sest tema enda muneti on kõdraseina läbistamiseks liiga nõrk. Kõdra-sääse arvukus tõusis hüppeliselt 2011. a kui esmakordselt registreeriti see putukas olulise kahjurina suvirapsil (Kovács *et al.* 2012). Kõdra-sääsed talvituvad vastsetena 2–5 cm sügavusel mullas rapsipõllul. Nende valmikud on väga kehvad lendajad ja nad suudavad levida kuni paarisaja meetri kaugusele nukkumispaigast (Free, Williams 1979; Alford *et al.* 2003). Seega piisab vaid 0,5 km ruumilisest eraldatusest eelneva aasta rapsipõllust, et ära hoida sääskede poolt tekitatav kahju. Samuti on sel juhul täiesti lubamatu kahel järgneval aastal rapsi kasvatamine samal põllul, teineteisega külgnevatel põldudel või rapsi suvi- ja talisortide lähestikku kasvatamine.

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada rapsipõllul ja selle serva-aladel edukalt talvitunud rapsikahjurite ja parasitoidide arvukus.

Materjal ja meetodika

Pinnaseproovid putukate väljakasvatamiseks koguti 12. aprillil 2012. a neljalt põllult Tartu (B58°24', L26°42'), Tähtvere (B58°20' L26°31'), Nõo (B58°18' L26°35') ja Ülenurme (B58°19' L26°36') vallast Tartumaalt, kus eelneval aastal oli kasvatatud talirapsi. Ühelgi vaatlusalusel põllul ei viidud läbi sügis- ega kevadküüni. Keskmine ööpäevane õhutemperatuur Tartumaal oli veebruaris –10,6 °C, märtsis 0,2 °C ja aprillis 5,3 °C (EMHI 2012). Seega oli keskmine ööpäevane temperatuur kuni proovide kogumise päevani alla 6 kraadi ja seetõttu ei olnud alanud veel rapsiga seotud putukate koorumine ja väljumine talvitumispaikadest. Igalt põllult võeti proovid põllu servast, 3 ja 25 meetri kauguselt põllu seest ning 3 m kauguselt väljaspoolt põllu serva. Proovid koguti kolmes korduses, 12 proovi igalt põllult, kokku 48 pinnaseproovi. Proovi võtmiseks kooriti pinnas 25 cm² suuruselt alalt 10 cm sügavuselt (~30–40 dl), mis koguti eraldi kilekottidesse, märgistati ja transporditi laborisse. Laboris valati proovid kilekottidest välja kartongist väljakasvatuspüünistesse, kus neid hoiti kuni 25. juunini. Putukate väljakasvatuspüünised valmistati neljakandilistest u 25 cm kõrgustest karpidest, mille kaantesse tehti 15 cm² avad, mis kaeti tumeda tiheda, kuid hästi õhku läbilaskva kangaga, et tagada piisav ventilatsioon (joonis 1). Kaane peale monteeriti püünis, mis koosnes 50 ml tuubist ja 100 ml mahutist, mis täideti 50 ml 70% etanooliga. Mullast



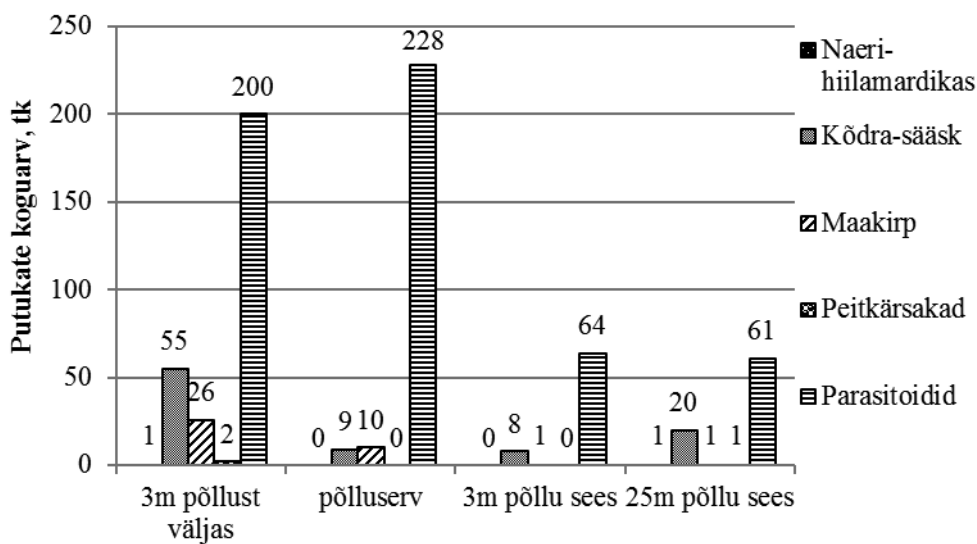
Joonis 1. Putukate väljakasvatamise püünis

väljunud putukad lendasid positiivse fototaksise tõttu püüsinisse ja uppusid piiritusse. Kõik püüsinisse roninud putukad sorteeriti, leitud kahjurid ja parasitoidid loendati ja määrati.

Andmete statistiline analüüs viidi läbi programmiga *STATISTICA 9.1* (StatSoft, Inc). Väljakasvatatud kahjurite ja parasitoidide omavaheline võrdlus viidi läbi *Sign* testiga. Putukate arvukuse sõltuvust liigist ja distantsi mõju põlluservast erinevatele putukatele analüüsiti kasutades *Kruskal-Wallis ANOVA* testi, variantide vahelised erinevused leiti *post-hoc Duncan* testiga.

Tulemused ja arutelu

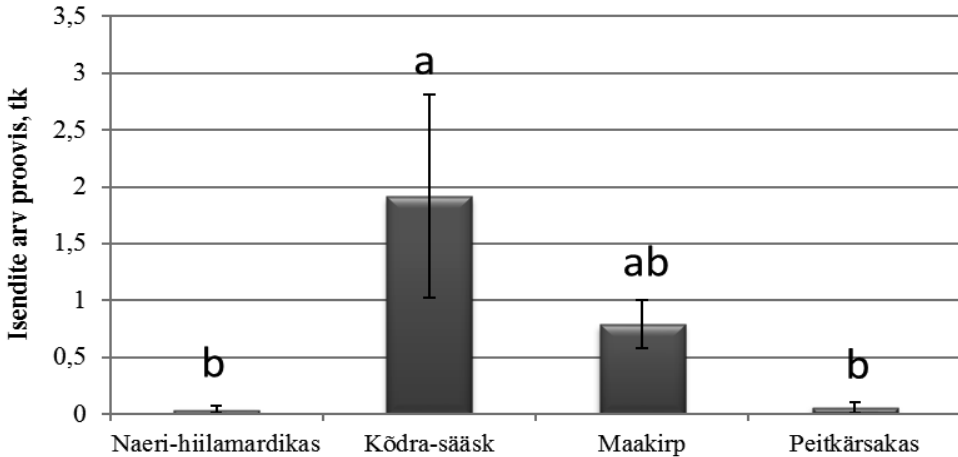
Kokku kasvatati katse käigus välja 553 kasulikku kiletiivalist parasitoidi (*Hymenoptera*, *Parasitica*) ja 135 rapsi kahjustavat putukkahjurit (joonis 2). Kasulike putukate osakaal ületas kahjurite oma ($Z = 4,37$, $n = 41$, $p < 0,0001$), mis oli üldiselt äärmiselt madal. Enimesindatud kahjurputukas oli kõdra-sääsk (92 isendit), järgnesid erinevad maakirbud (kokku 38 isendit); talirapsi peamisteks kahjuriteks olevad hiilamardikad ja peitkärsakad olid esindatud vaid mõne üksiku isendiga.



Joonis 2. Erinevatest põllupiirkondadest kogutud pinnaseproovidest välja kasvanud putukate koguarv Tartumaal Nõo, Tartu, Tähtvere ja Ülenurme valla põldudel 2012. a

Putukate arvukus proovides sõltus oluliselt nende liigist (*Kruskal-Wallis ANOVA* $H_{(3;189)} = 31,07$ $p < 0,0001$). Kahjurite arvukuse omavahelisel võrdlusel leiti enim kõdra-sääse isendeid, neid oli oluliselt rohkem võrreldes naeri-hiilamardikaga ($p = 0,0079$) ja peitkärsakatega ($p = 0,0071$). Ülejäänud kahjurite arvukused omavahel oluliselt ei erinenud ($p > 0,05$, joonis 3). Kõdra-sääse leidmine kinnitab ka hiljuti Kovács *et al.* (2012) poolt tõstatatud uue kahjuri levikuga seotud probleeme Eestis. Kuna viimaste aastate talved (2010/2011 ja 2011/2012) on olnud väga lumerikkad ja lumi on sadanud külmumata maale, siis paksu lumekatte all jäi maa soojaks ning mulda talvituma jäänud putukatele loodi edukaks talvitumiseks soodsad tingimused. Kõdra-sääsed talvituvad

2–5 cm sügavusel mullas ja põhjamaade karmid talved võivad olla peamiseks selle putuka populatsiooni suurust vähendavaks teguriks. Samas on kõdra-sääse arvukust võimalik vähendada lihtsalt rapsipõldude ajalis-ruumilise eraldatusega ehk siis korraliku külvikorra ja viljavahelduse rakendamisega.



Joonis 3. Keskmise ($\pm SE$) pinnaseproovidest välja kasvanud kahjurite arvukus Tartu-maal Nõo, Tartu, Tähtvere ja Ülenurme valla põldudel 2012. Erinevad tähed joonisel tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel ($p < 0,05$)

Naeri-hiilamardika valmikuid kasvas välja ainult kaks ja peitkärsakaid kolm. Seega võime kindlalt väita, et hiilamardikad ja peitkärsakad põllul ja põllupeenardel ei talvitu ka meie tingimustes. Mitmed uuringud on seda ka varem kinnitanud ja näidanud, et naeri-hiilamardikas otsib talvitumiskohta sellest põllust, kust ta moonde läbis, hoopis kaugemal ja enamasti metsadest (Pywell *et al.* 2005; Rusch *et al.* 2012).

Maakirpude arvukus sõltus oluliselt kaugusest põlluservast (*Kruskal-Wallis ANOVA* $H_{(3,48)} = 15,96$, $p = 0,0012$), kõige rohkem leiti isendeid põllu äärealadel. Maakirpude arvukus oli suurim põllu servadel, mardikaid leiti oluliselt rohkem 3 m kaugusel põlluservast võrreldes põlluservaga ($p = 0,013$) ja põllu sisealadega (3 m: $p = 0,0033$; 25 m: $p = 0,0039$). Varasemad uuringud on näidanud, et maakirbud talvituvad enamasti varjatud kohtades hekkide ja puude all, kuid ka põllul kõrretüüs (Burgess 1977). Kuigi varasemalt on soovitatud maakirpude tõrjeks rakendada sügiskünni (Metspalu, Hiisaar 2002), näitavad antud katse tulemused siiski, et enamik isendeid siirdub tõenäoliselt mujale talvituma.

Ka kasulike putukate, parasitoidide, arvukus oli sõltuvuses kaugusest põllu servast (*Kruskal-Wallis ANOVA* $H_{(3,48)} = 11,39$, $p = 0,0098$), kõige rohkem isendeid leiti põlluservalt ja põllupeenralt. Kiletiivaliste parasitoidide arvukus oli oluliselt suurem põllu serval võrreldes põllu sees olevate aladega (3 m: $p = 0,029$; 25 m: $p = 0,031$), arvukus põllupeenral oli sarnane põlluserva omaga ($p = 0,69$). Sarnaselt teiste uurimustega (Kells *et al.* 2001; Meek *et al.* 2002; Sivinski *et al.* 2011), saame järeldada, et mitmekesise taimestikuga põlluservad on tähtsad elu-, varje-, toitumis- ja talvitumiskohtad kasulikele putukatele.

Kokkuvõte

Käesolev katse näitas, et Eesti tingimustes olulisemad rapsikahjurid ei jää talvituma samale põllule, kus nad moonde läbisid, ega ka selle serva-aladele, vaid siirduvad kaugemale soodsamaid talvitumispaidu otsima. Seega ei mõju sügiskünd nende arvukust vähendavalt, vaid isegi vastupidi, sest kahjurite looduslikud vaenlased, parasitoidid, jäävad põllule ja selle lähiümbrusesse talvituma ning nii sügis- kui ka kevadküund mõjub neile hävitavalt. Tänu intensiivsele rapsikasvatusele ja mitmekülgse külvikorra puudumisele arvukaks muutunud kõdra-sääsk küll talvitub põllul, kuid tema arvukuse kontrollimiseks tuleks rakendada ennetavaid võtteid rapsipõldude ruumilise ja ajalise eraldatuse näol.

Tänuõnad

Uurimust toetasid ETF grant nr. 8895, sihtfinantseering SF0170057S09 ja EMÜ baasfinantseering P9003PKPK.

Kasutatud kirjandus

- Alford, D.V., Nilsson, C., Ulber, B. 2003. Insect pests of oilseed rape crops. – *Biocontrol of oilseed rape pests*, Blackwell Science. (Ed.) D.V. Alford, 9–42.
- Burgess, L. 1977. Flea beetles (Coleoptera: *Chrysomelidae*) attacking rape crops in the Canadian prairie provinces. – *Canadian Entomologist*, **109**, 21–32.
- EMHI 2012. [WWW] www.emhi.ee/index.php?ide=6jav_kiht=2. (10.12.2012.)
- Free, J.B., Williams, I.H. 1979. The distribution of insect pests on crops of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and the damage they cause. – *Journal of Agricultural Science* **92**, 139–149.
- Kaarli, K. 2004. *Õlikultuuride käsiraamat*. EV Põllumajandusministeerium, Eesti Maaviljeluse Instituut. Saku, 132 lk.
- Kells, A.R., Holland, J.M., Goulson, D. 2001. The value of uncropped field margins for foraging bumblebees. – *Journal of Insect Conservation* **5**, 283–291.
- Kovács, G., Kaasik, R., Veromann, E. 2012. Kõdra-sääsk (*Dasineura brassicae*) – uus kahjustaja rapsil. – *Agronomia 2012*, Eesti Maaülikool, Eesti Maaviljeluse Instituut, Jõgeva Sordiaretuse Instituut. Tartu, lk. 141–144.
- Meek, B., Loxton, D., Sparks, T., Pywell, R., Pickett, H., Nowakowski, M. 2002. The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. – *Biological Conservation*, **106**, 259–271.
- Metspalu, L., Hiisaar, K. (Toimetajad) 2002. *Ristõieliste kultuuride kahjurid*. Eesti Põllumajandusülikool, Taimekaitse Instituut. Tartu, 102 lk.
- Pywell, R.F., James, K.L., Herbert, I., Meek, W.R., Carvell, C., Bell, D., Sparks, T.H. 2005. Determinants of overwintering habitat quality for beetles and spiders on arable farmland. – *Biological Conservation* **123** (1), 79–90.
- Rusch, A., Valantin-Morison, M., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.P. 2012. Using landscape indicators to predict high pest infestations and successful natural pest control at the regional scale. – *Landscape and Urban Planning*, **205**, 62–73.
- Sivinski, J., Wahl, D., Holler, T., Al Dobai, S., Sivinski, R. 2011. Conserving natural enemies with flowering plants: Estimating floral attractiveness to parasitic Hymenoptera and attraction's relationship to flower and plant morphology. – *Biological Control*, **58**, 208–214.
- Veromann, E., Luik, A., Kevvää, R. 2006a. Oilseed rape pests and their parasitoids in Estonia. – *Bulletin IOBC/wprs, Integrated Control in Oilseed Crops*, **29**, 165–172.

- Veromann, E., Luik, A., Metspalu, L., Williams, I.H. 2006b. Key pests and their parasitoids on spring and winter oilseed rape in Estonia. – *Entomologica Fennica*, **17**, 400–404.
- Veromann, E., Williams, I.H., Kaasik, R., Luik, A. 2011. Potential of parasitoids to control populations of the weevil *Ceuthorrhynchus obstrictus* (Marsham) on winter oilseed rape. – *International Journal of Pest Management*, **57** (1), 85–92.

TAIMEKAITSE MÕJU TALIRUKKI SAAGILE

Mati Koppel, Liina Loorits
Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Koppel, M., Loorits, L. 2013. Influence of pesticide use on winter rye yield. – *Agronomy 2013*.

The aim of the study was to compare different pesticide regimes in winter rye. Yield and economic efficiency of eight variants treated with fungicides or insecticides were compared. The lowest yield increase occurred in the variant where insecticides were used at the beginning of stem elongation phase. The highest yield and net income was achieved using tank mixture of fungicides and insecticides at booting stage. Based on the trial results, we recommend changing the pesticide use practise – using tank mixture of insecticide and fungicide at booting stage instead of insecticide application at stem elongation.

Keywords: winter rye, fungicide, insecticide, grain yield

Sissejuhatus

Talirukis on eestlaste traditsiooniline leivavili. Talirukki kasvatamisel on põlumeeste peaeesmärk kõrge saagi ning leivaviljale vastava kvaliteedi saavutamine. Madalama kvaliteediga rukist on võimalik realiseerida söödaviljana või piiritusetööstuse toorainena. Sellisel juhul on aga vilja hind oluliselt madalam. Lähtudes rukki suhteliselt madalast hinnast kasutatakse talirukkil keemilist taimekaitset suhteliselt vähe. Madalate rukkisaakide üheks põhjuseks on sageli taimekahjustajate tekitatud kaod. Taimehaiguste tõttu hävivad taimede lehed enneaegselt ning väheneb fotosünteesiliselt aktiivne pind, mille tõttu võib saamata jääda kuni veerand saagist (Hay *et al.* 1992). Ripslased ilmuvad talirukki põldudele võrsumisfaasis või harvemini loomise alguses (Šmatas 2000). Ripslased kahjustavad moodustuvaid pähikuid või lehelaba lehetuppedes ning arenevat kõrt, põhjustades nende enneaegset kuivamist. Insektitsiidide kasutamine ripslaste tõrjeks suurendab saaki 11–12% (Šmatas 2000). Šmatas ja Gaurilčikienė (2005) andmetel annab rukkil paremaid tulemusi fungitsiidi ja insektitsiidi kasvuäegne koos kasutamine. Käesoleva töö eesmärk oli võrrelda erinevate pestitsiidide ja nende kasutamisaegade majanduslikku efektiivsust Eesti tingimustes, et anda soovitusi majanduslikult tasuvaks taimekaitseks talirukkil.

Materjal ja meetodika

Katse eesmärk oli võrrelda fungitsiidi ja insektitsiidi kasutamise mõju rukki saagile ning uurida keemilise taimekaitse tasuvust talirukkil. Katsed korraldati 2011. ja 2012. aastal Jõgeva Sordiaretuse Instituudi põldudel talirukki sordiga 'Elvi'. 2011. aastal oli katses 5 pestitsiididega töödeldud varianti ning pritsimata kontrollvariant. Täiendavalt lisati 2012. a katsesse 2 pestitsiididega töödeldud varianti. Katsed korraldati täielikult randomiseeritud blokkmeetodil neljas korduses, katselapi suurus 25 m². Fungitsiide kasutati põhiliste talirukist kahjustavate taimehaiguste – äärislaiksuse, jahukaste ja rukki-leherooste tõrjeks. Katsesse valiti võimalikult erineva hinna ja efektiivsusega

fungitsiidid: Tilt 250 EC (propikonasool 250 g l⁻¹), Falcon Forte (protiokonasool 53 g l⁻¹, spiroksamiin 224 g l⁻¹, tebukonasool 148 g l⁻¹), Opera N (püraklostrobiin 85 g l⁻¹, epok-sikonasool 62,5 g l⁻¹) ning Zantara (biksafeen 50 g l⁻¹, tebukonasool 166 g l⁻¹). Katses kasutati süsteemseid insektitsiide Danadim 40 EC (dimetooat 400 g l⁻¹) ja Proteus 110 OD (tia-klopriid 100 g l⁻¹, deltametriin 10 g l⁻¹), et tagada võimalikult efektiivne ja kauakestev ripslaste tõrje. Lisaks katses kasutatud pestitsiididele tehti katsealal umbrohutõrje herbiti-siidiga Lintur 70 WG (dikamba 659 g kg⁻¹, triasulfuroon 41 g kg⁻¹) kulunormiga 0,18 l ha⁻¹. Umbrohutõrje tehti 2011. aastal 12. mail kasvufaasis 32–33 (2.–3. kõrresõlme staadium) ning 2012. aastal 14. mail kasvufaasis 33–34 (3.–4. kõrresõlme staadium). Katses kasu-tatud pestitsiidide kulunormid ja pritsimise ajad on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Põldkatsetes kasutatud pestitsiidid ja nende kulunormid

Variant	Kasvufaas BBCH 33–35,	Kasvufaas BBCH 49–53,	
	kõrsumise algus	loomine	
	Insektitsiid l ha ⁻¹	Insektitsiid l ha ⁻¹	Fungitsiid l ha ⁻¹
1	Pritsimata kontroll	–	–
2	Danadim 0,5	–	–
3	–	Proteus 0,6	Tilt 0,5
4	–	Proteus 0,6	Falcon Forte 0,8
5	–	Proteus 0,6	Zantara 1,2
6	–	Proteus 0,6	Opera N 2,0
7	–	Proteus 0,6	–
8	–	–	Falcon Forte 0,8

Katsevariandis 2 pritsiti insektitsiidiga Danadim 1–2 päeva pärast umbrohutõrje tegemist 2011. a 14. mail (BBCH 34–35, 4.–5. kõrresõlme staadium) ja 2012. a 15. mail (BBCH 33–35, 3.–5. sõlme staadium). Katsevariante 3–6 pritsiti 2011. a 31. mail (BBCH 51–53, loomine) ja 2012. a 26. mail (BBCH 49–51, loomise algus). Katsevariante 7–8 kasutati ainult 2012. aastal, mil neid pritsiti 26. mail (BBCH 49–51, loomise algus). Katsed pritsiti katsepritsiga Wintersteiger, poomi laius 2,5 meetrit, 5 pihustit 4110–12, pritsimislahuse kogus 250 l ha⁻¹, rõhk 2,5 atm.

Katsed koristati katsekombainiga Hege 140. Terad kuivatati ning sorteeriti 1,8 mm sõelal. Terasaak on esitatud 14% niiskussisalduse juures.

Tulemuste statistiliseks töötlemiseks kasutati andmetöötlusprogrammi *Agrobase* dispersioonanalüüsi meetodit. Majandusarvestuste tegemisel on kasutatud 2011. aastal kehtinud pestitsiidide ja rukki kokkuostu hindu: Tilt 250 EC – 26,60 EUR l⁻¹, Falcon Forte – 26,20 EUR l⁻¹, Opera N – 28,20 EUR l⁻¹, Zantara – 28,75 EUR l⁻¹, Danadim 40 EC – 6,65 EUR l⁻¹, Proteus 110 OD – 20,80 EUR l⁻¹. Pritsimise kuluks on arvestatud 9 EUR ha⁻¹. Lähtudes põllumajandustootmise praktikast, kus talirukki kasvatamisel lisat-akse umbrohutõrjel paagisegusse insektitsiidi, ei ole variant 2 korral arvestatud pritsi-mise kulu. Toidurukki hind on arvestuslikult võetud 180 EUR t⁻¹, söödarukkil 130 EUR t⁻¹.

Tulemused ja arutelu

Mõlemad katseaastad olid talirukki kasvuaegsete lehehaiguste ja ripslaste levikuks soodsad. Mõlemal aastal nakatusid taimed tugevasti jahukastest, äärislaiksusest ja rukki-leheroostest ning kontrollvariandis hävisid lehed enneaegselt. Samuti olid katseaastad soodsad ripslaste esinemiseks, loomisaegsel hindamisel loendati pritsimata kontrollvariandis taime kohta 21 (2011) ja 33 ripslast (2012). 2011. a tagas taimekaitse kõigis variantides statistiliselt usutava saagitõusu, 2012. a saadi statistiliselt usutav saagitõus ainult variantides, kus kasutati fungitsiidi koos insektitsiidiga (tabel 2). Mõlemal aastal saadi kõrgeimad saagid fungitsiid Opera N kasutamisel. Strobiluriinide gruppi kuuluv fungitsiid Opera N omab ka taime rohendavat toimet, mis aitab kaasa suurte saakide kujunemisele.

Tabel 2. Talirukis 'Elvi' saak taimekaitse katsetes 2011. ja 2012. aastal

Variant	2011. a		2012. a	
	Saak kg ha ⁻¹	Enamsaak kg ha ⁻¹	Saak kg ha ⁻¹	Enamsaak kg ha ⁻¹
1. Kontroll	5042	–	7150	–
2. Danadim	5418	376	7285	135
3. Tilt + Proteus	5618	576	7798	648
4. Falcon Forte + Proteus	5982	940	7736	586
5. Zantara + Proteus	5786	744	7730	580
6. Opera N + Proteus	6105	1063	8272	1122
7. Proteus	–	–	7176	26
8. Falcon Forte	–	–	7564	414
<i>PD</i> _{0,05}	274,1		451,5	

Saagitõusust olulisem on taimekaitse tulemusena saadav enamtulu, kus enamsaagi hinnast arvestatakse maha taimekaitsele tehtavad kulutused, sest tihti võivad taimekaitsele tehtavad kulutused osutada suuremaks enamsaagina saadavast tulust. Enamtulu on arvestatud kahe hinnataseme juures: toiduvili 180 EUR t⁻¹ ja söödavili 130 EUR t⁻¹ (tabel 3).

Tabel 3. Taimekaitse tulemusel saadud enamtulu (EUR ha⁻¹) talirukis 'Elvi' katsetes 2011. ja 2012. aastal realiseerimisel toidu- või söödaviljana

Variant	2011.a		2012.a	
	Söödavili	Toiduvili	Söödavili	Toiduvili
1. Kontroll	–	–	–	–
2. Danadim	45,56	64,36	14,23	20,98
3. Tilt + Proteus	40,10	68,90	49,46	81,86
4. Falcon Forte + Proteus	79,76	126,76	33,74	63,04
5. Zantara + Proteus	40,68	77,88	19,36	48,36
6. Opera N + Proteus	60,31	113,46	67,98	124,08
7. Proteus	–	–	–18,10	–16,80
8. Falcon Forte	–	–	23,86	44,56

Mõlema hinnataseme juures saadi kõigist katsevariantidest peale Proteus 110 OD 0,6 t ha⁻¹ enamtulu. Maksimaalne taimekaitsest saadud enamtulu ulatus 2011. a 126,76 EUR ha⁻¹ (Falcon Forte + Proteus 110 OD) ning 2012. a 124,08 EUR ha⁻¹ (Opera N + Proteus 110 OD). Mõlemal aastal ületasid fungitsiidi ja insektitsiidi kooskasutamisel saadud enamsaagid fungitsiidi või insektitsiidi eraldi kasutamisel saadud enamsaagid.

Kokkuvõte

Sarnaselt Leedus läbiviidud uuringutele (Šmatas, Gaurilčikienė 2005) andsid ka meie talirukki taimekaitse katses suurima saagi ja enamtulu variandid, kus fungitsiidi ja insektitsiidi kasutati koos. Eesti põllumeeste poolt laialdaselt kasutatav variant, kus talirukist pritsitakse insektitsiidiga umbrohutõrje ajal, jäi meie katsetes mõlemal aastal saagilt üheks madalaimaks. Suure saagi saamiseks tuleb talirukki taimi kaitsta nii haiguste kui kahjurite eest. Vahetult loomise eel või loomise ajal tehtud kahjustajate tõrje tagas mõlemal aastal usutava saagitõusu. Uurimistulemuste praktikas rakendamisel peab kindlasti arvestama, et mõlemad katseaastad olid haiguste ja kahjurite levikuks soodsad ning katsete saagitase oli oluliselt suurem Eesti keskmisest talirukki saagist. Sellest tulevalt kujunesid ka saadud enamsaagid suhteliselt kõrgeks.

Tootmispõldude saagitaseme juures ning haigustele ja kahjuritele vähem soodsatel aastatel võib aga taimekaitsest saadav enamsaak jääda oluliselt väiksemaks. Seetõttu on majandusliku tasuvuse saavutamiseks soovitatav kasutada katsetes kasutatust odavamaid tõrjev variante kas odavamate preparaatide või mõnevõrra vähendatud kasutusnormide näol.

Tänuavaldused

Uurimistöö on teostatud meede 1.7.1 projekti “Toidu- ja tööstustarbelise teravilja sortimendi laiendamine ja sobivate kasvatustehnoloogiate täiustamine” raames.

Kasutatud kirjandus

- Hay, R.K.M., Walker, A.J. 1992. *An introduction to the physiology of crop yield*. New York, 283 p.
- Šmatas, R. 2000. Harmfulness of thrips in winter rye. – *Plant protection in the Baltic region in the context of integration to EU*. Proceeding of the scientific international conference, Akademija, LT. Žiogas, A., Pilipavičius, V., Šaluchaitė, A. (eds.), Kaunas, 129–130.
- Šmatas, R. 2005. Aphids and thrips occurrence and control measures in winter rye. Pest and Disease Management in Winter Rye Crop. – *Agronomijas Vēstis*. No. 8, 166–171.
- Šmatas, R., Gaurilčikienė, I. 2005. Pest and Disease Management in Winter Rye Crop. – *Agronomijas Vēstis*. No. 8, 172–177.

AIANDUS

EESTIS KASVATATUD AEDMAASIKA (*FRAGARIA* x *ANANASSA*) 'SONATA' VILJADE KVALITEET JA SÄILIVUS

Ulvi Moor, Priit Põldma, Tõnu Tõnutare

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Moor, U., Põldma, P., Tõnutare, T. 2013. Postharvest quality of Estonian strawberries (*Fragaria x ananassa* Sonata) depending on production site. – *Agronomy* 2013.

Most of Estonian strawberry growers have small production areas, often only two-three hectares. The yield of one farm is too small for export markets or large supermarket chains. The only possibility would be to cooperate and market strawberries together. In such case, it is essential that strawberries have uniform quality.

The aim of the current research was to find out if and how different is the postharvest quality of Sonata strawberries picked at the same day from different producers in South Estonia. The experimental material was collected from four strawberry plantations, which were established last year (2011) with Sonata frigo plants. All plantations used black polyethylene mulch and drip irrigation. 30 leaves and 10 kg of fruits were collected, leaf and fruit N, P, K, Ca and Mg was determined. 8 punnets containing 450 g fruits were stored at 3 ± 2 °C for 7 days. Fruit firmness, soluble solids content (SSC), organic acids (OA), ascorbic acid and anthocyanins were determined at harvest and after storage. The percentage of spoiled fruits was calculated at the end of the experiment.

The results indicated that strawberry quality was significantly different between the different growers: fruit spoilage ranged from 0,5 to 5,8%, being higher in fruits with higher N content and lower Ca content irrespectively from plant protection measures. Significant differences were also found in fruit firmness at harvest, SSC, OA and SSC/OA at harvest and after storage. Thus, if the aim is to market strawberry fruits together, it is important to use the same amount of nutrients to ensure uniform fruit quality.

Keywords: *strawberry quality, soluble solids, firmness, fruit spoilage*

Sissejuhatus

Eesti Statistikaameti andmeil kasvatati 2011. aastal Eestis aedmaasikat 599 hektaril, sellest 191 hektaril koduaias oma tarbeks (Põllumajandus arvudes 2011). Eesti maasikakasvatajate tootmispinnad on üldiselt väikesed, paljudel juhtudel ei ületa need 2–3 hektarit. Suurematesse kaubanduskettidesse ja eksporditurgudele pääsemiseks on ühe kasvataja toodang enamasti liiga väike; lahenduseks oleks erinevate kasvatajate maasikatoodangu ühiselt turustamine. Ühtse partiina on võimalik aga turustada vaid samasuguse kvaliteediga vilju. Aedmaasikate kvaliteet sõltub sordist, kasvukoha kliimast, agrotehnikast, koristusajast ja -tehnoloogiast ning säilituskeskkonnast (Haffner 2002).

Aedmaasika sortidest on Eesti tootmisaedades hetkel enim kasvatatavad 'Polka' ja 'Sonata'. Viimane on kõrge saagikuse ja väga hea transpordikindluse tõttu tootjate seas järjest enam populaarsust kogunud. 2008. aastal Eesti Maaülikoolis läbi viidud säilituskatses selgus, et 'Sonata' maasikad olid aktsepteeritava kvaliteediga isegi pärast 12-päevast madalal temperatuuril (3 ± 1 °C) säilitamist (Moor *et al.* 2012).

Käesoleva katse eesmärgiks oli välja selgitada, kas ja kui palju erineb 'Sonata' viljade kvaliteet ja säilivus juhul, kui maasikad on korjatud Tartumaa erinevate kasvatajate juurest samal päeval ühevanustest istandustest.

Metoodika

Uuringus osalesid järgmised Tartumaa maasikakasvatajad: TÜ Vasula Aed, OÜ Hortitech, OÜ Kristi Aed ja OÜ Kindel Käsi. Artiklis on maasikakasvatajad juhuslikus järjekorras tähistatud tähtedega A, B, C ja D. Kõigist ettevõtetest koguti lehti ja vilju 2011. aastal istutatud 'Sonata' frigotaimedelt, seega oli 2012. aasta taimedele teine saagiaasta. Kõik ettevõtted kasutasid musta kilemultši ja tilkkastmissüsteemi. Hahkhallituse tõrjet tehti kasvukohas A kolm korda, kasvukohas B kaks korda, kasvukohas C neli korda ja kasvukohas D kolm korda. Täpseid kasutatud väetisekoguseid artiklis ei käsitleta, kuid taimede toitainetega varustatuse hindamiseks määrati EMÜ Taimebiokeemia laboris nii lehtedest kui viljadest N, P, K, Ca ja Mg sisaldus. Mineraalelementide sisalduse määramiseks koguti 3. juulil (saagiperioodi algul) igast istandusest 30 täielikult välja arenenud maasikalehte. Säilituskatseks ja viljade mineraalelementide sisalduse määramiseks korjati 9. juulil 2012. a igast kasvukohast 10 kg maasikaid, mis transporditi EMÜ PKI Tõnissoni hoidlasse. Maasikad jahutati kahe tunni jooksul ja pakendati kaanega kaetud perforeeritud plastkarpidesse nii, et igas karbis oleks 450 g vilju. Iga talu toodangust võeti säilituskatsesse 8 karpi (8 kordust) maasikaid, mida säilitati 7 ööpäeva (16. juulini) temperatuuril 3 ± 2 °C. Katse alguses ja lõpus määrati vilja tugevus, mahla kuivaine-, orgaaniliste hapete, askorbiinhappe- ja antotsüaanide sisaldus. Vilja tugevus määrati tekstuurianalüsaatoriga *Food Texture Analyzer TMS*, (Food Technology Corporation, USA). Mahla kuivainesisaldus määrati digitaalse refraktomeetriga (ATAGO CO., Ltd., Japan). Orgaaniliste hapete sisaldus määrati 0,1M NaOH lahusega tiitrimise teel ja väljendati sidrunhappe sisaldusena. Mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe leiti arvutuslikul teel. Viljade askorbiinhappesisaldus analüüsiti titraatoriga Mettler Toledo, kasutades redokstiitrimetriilist meetodit. Antotsüaanide kogusisaldus määrati diferentsiaal-spektromeetriselt ja arvutati pelargonidiin-3-glükosiidile, kasutades molaarse absorptsiooni koefitsienti $\epsilon = 15600 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Katse lõpus loeti igast karbist kvaliteetsed ja hahkhallitusse nakatunud viljad ja arvutati hahkhallitusse nakatunud viljade osakaal (%).

Katseandmed töödeldi ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga ja variantide vaheliste erinevuste võrdlemiseks kasutati piirdiferentsi (PD) 95% usutavuse tasemel, kasutades programmi *Statistica* (ver.11.0, StatSoft Inc., USA). Kuna rikkemise analüüsimisel ei olnud paljudes karpides ühtegi hallitanud vilja, teisendati andmed enne statistilist andmetöötlust arkussiinuse abil. Joonistel ja tabelites ei ole ühesuguste tähtedega tähistatud väärtused statistiliselt oluliselt erinevad.

Tulemused ja arutelu

Lehtede ja viljade mineraalelementide sisaldus ja viljade riknemine

Lehtede ja viljade mineraalelementide sisaldus oli sõltuvalt tootmiskohast oluliselt erinev: A ja C kasvukohast korjatud lehtede ja ka viljade N sisaldus oli kõrgem kui teistel tootjatel (tabel 1). Kasvukohast A varutud maasikate lehtedes oli ka Ca ja Mg sisaldus teistega võrreldes oluliselt kõrgem. Kasvukoht B eristus teistest lehtede kõrge P ja K sisalduse ja viljade madala N sisalduse poolest. Kasvukoha D maasikataimede lehed sisaldasid teistega võrreldes vähem K, Ca ja Mg ning viljad vähem P ja K. Viljade N sisaldus jäi madalamaks kui kasvukohtade A ja C viljades, kuid ületas kasvukoha B viljade lämmastikusisaldust.

Tabel 1. Tartumaa erinevatelt tootjatelt kogutud 'Sonata' maasika lehtede ja viljade mineraalelementide sisaldus ja viljade riknemine (hahkhallitusse nakatumine) pärast 6-päevast säilitamist 3 ±2 °C juures

Element	Tootja				PD _{95%}
	A	B	C	D	
Lehtede mineraalelementide sisaldus (%)					
N	2,782 ^a	2,372 ^b	2,627 ^a	2,434 ^b	0,104
P	0,276 ^b	0,289 ^a	0,198 ^c	0,203 ^c	0,013
K	1,331 ^c	1,494 ^a	1,414 ^b	1,257 ^d	0,029
Ca	1,550 ^a	1,428 ^b	1,279 ^c	1,003 ^d	0,122
Mg	0,342 ^a	0,293 ^b	0,269 ^c	0,213 ^d	0,020
Viljade mineraalelementide sisaldus (%)					
N	1,396 ^b	1,099 ^d	1,489 ^a	1,271 ^c	0,030
P	0,256 ^b	0,270 ^a	0,276 ^a	0,234 ^d	0,009
K	2,207 ^b	2,143 ^c	2,358 ^a	2,009 ^d	0,050
Ca	0,215 ^a	0,221 ^a	0,242 ^a	0,220 ^a	0,030
Mg	0,130 ^a	0,112 ^b	0,140 ^a	0,120 ^{ab}	0,012
Riknenud viljad (%)					
	3,3 ^{ab}	0,5 ^b	5,8 ^a	0,6 ^b	

Pärast 6-päevast säilitusperioodi varieerus hahkhallitusse nakatunud viljade osakaal vahemikus 0,5–5,8%. Erinevate kasvatajate maasikad nakatusid hahkhallitusse statistilise usutavuse poolest erinevalt. Kasvatajate B ja D maasikatest nakatus hahkhallitusse oluliselt vähem vilju kui kasvataja C maasikatest. Kasvataja A maasikate hulgas oli riknenud viljade osakaal 3,3%, mis ei erinenud oluliselt teiste kasvatajate viljade riknemisest. Tulemused viitavad viljade säilivuse seostele eelkõige taimede ja viljade N sisaldusega: tootmiskohtades, kus maasikalehtede ja -viljade N sisaldus oli kõrgem, esines ka rohkem hahkhallitusse nakatunud vilju. Seda eriti juhul, kui lehtede kõrge N sisaldusega kaasnes madalam Ca sisaldus, nagu juhtus kasvukohas C. Vaatamata sellele, et kasvukohas A oli hahkhallituse tõrjet tehtud kahel korral ja kasvukohas C neljal korral, oli hahkhallitusse nakatunud vilju kasvukohas C oluliselt rohkem.

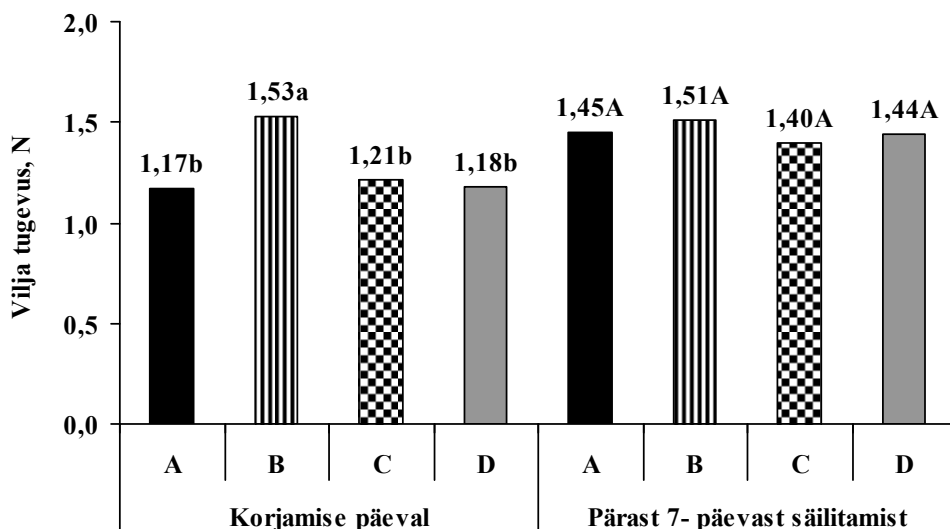
Vilja tugevus

Korjamise päeval olid kasvukoha B maasikad teiste kasvukohtade viljadest oluliselt tugevamad (joonis 1). Kuna selle ettevõtte viljadest oli säilitusperioodi lõpus hallitanud vaid 0,5%, võiks arvata, et tugevad viljad on hoidlas hallitusse nakatumise suhtes resistentsemad. Samas ei olnud teistest kasvukohtadest korjatud viljad omavahel erineva tugevusega, aga hallitanud viljade hulk oli kasvukohas C oluliselt suurem. Pärast nädalast säilitusperioodi viljade tugevuses enam olulist erinevust ei olnud.

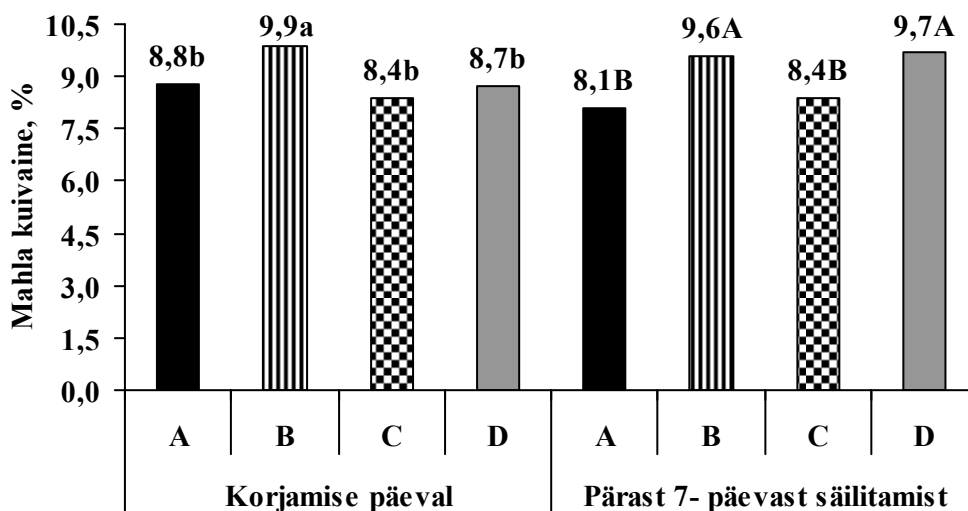
Mahla kuivaine- ja orgaaniliste hapete sisaldus ning nende suhe

'Sonata' maasikate mahla kuivainesisaldus varieerus vahemikus 8,4–9,9% (joonis 2). Enne säilitamist olid teistest oluliselt kõrgema mahla kuivainesisaldusega kasvukoha B maasikad.

Kasvukohtade A, B ja C maasikate mahla kuivainesisaldus jäi säilitusperioodil



Joonis 1. 2012. aasta juulis Tartumaa erinevatelt maasikakasvatajatelt (tähed A, B, C, D) kogutud 'Sonata' maasikate viljade tugevus enne ja pärast 7-päevast säilitamist 3 ± 2 °C juures

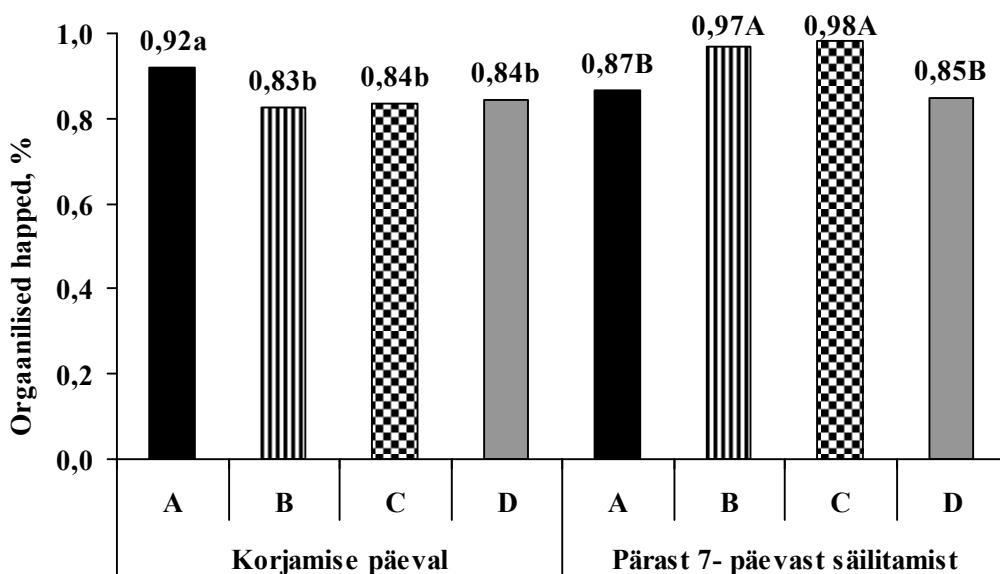


Joonis 2. 2012. aasta juulis Tartumaa erinevatelt maasikakasvatajatelt (tähed A, B, C, D) kogutud 'Sonata' maasikate mahla kuivainesisaldus enne ($PD_{95\%} = 0,9$) ja pärast ($PD_{95\%} = 1,0$) 7-päevast säilitamist 3 ± 2 °C juures

muutumatuks, kasvukohta D maasikates aga mahla kuivainesisaldus suurenes. Seega olid katse lõpus teistest suurema mahla kuivainesisaldusega kasvukohtade B ja D maasikad. Maasikate mahla kuivaine moodustavad eelkõige rakumahlas lahustunud suhkrud, millest peamised on glükoos ($160\text{--}190 \text{ mg g}^{-1}$), fruktoos ($90\text{--}180 \text{ mg g}^{-1}$) ja sahharoos

(30–120 mg g⁻¹) (Macias-Rodriguez *et al.* 2002). K psetes maasikaviljades moodustavad suhkrud mahla kuivainest 80–90% (Wrolstad, Shallenberger 1981). Seega võib mahla kuivainesisaldust kaudselt lugeda ka suhkrute sisalduse indikaatoriks. Üldiselt varieerub mahla kuivainesisaldus maasikates vahemikus 6 kuni 9% (Spayd, Morris 1981; Kader 1991). Antud katses oli maasikate mahla kuivainesisaldus mõnevõrra kõrgem. USAs loetakse aedmaasikate puhul minimaalseks aktsepteeritavaks mahla kuivainesisalduseks 7% (Mitcham *et al.* 1996). Käesolevas katses oli mahla kuivainesisaldus ka 7 päeva säilitatud maasikates sõltumata kasvukohast üle 7%.

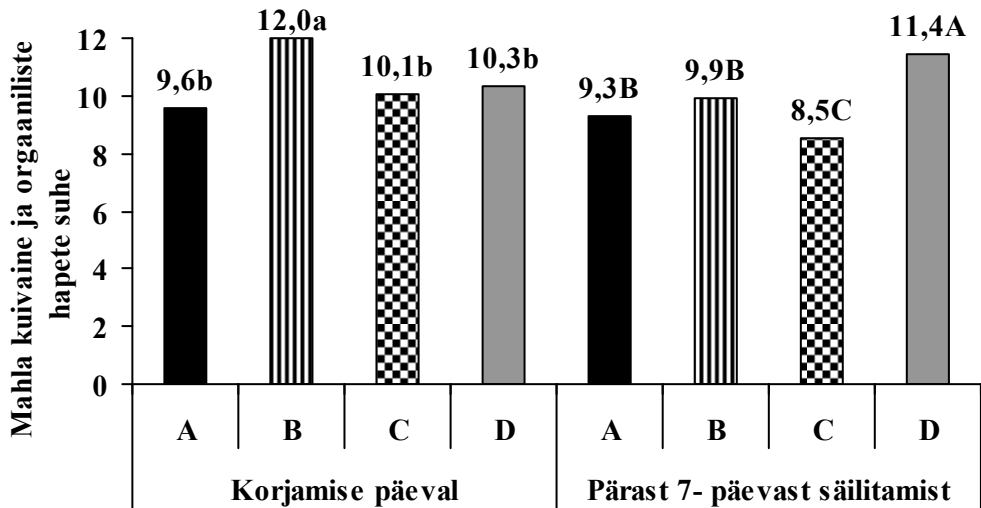
Maasikate orgaaniliste hapete sisaldus oli korjamise päeval teistega võrreldes kõrgem kasvukoha A maasikates (joonis 3). Pärast säilitamist oli orgaaniliste hapete sisaldus teistega võrreldes kõrgem kasvukohtade B ja C maasikates.



Joonis 3. 2012. aasta juulis Tartumaa erinevatelt maasikakasvatajatelt (tähed A, B, C, D) kogutud ‘Sonata’ maasikate orgaaniliste hapete sisaldus enne ($PD_{95\%} = 0,06$) ja pärast ($PD_{95\%} = 0,03$) 7-päevast säilitamist 3 ± 2  C juures

Mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe varieerus korjamise päeval vahemikus 9,6–12,0% (joonis 4). Teistega võrreldes oli mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe kõrgem kasvukoha B maasikates. Pärast säilitamist oli nimetatud näitaja teistega võrreldes kõrgem kasvukoha D maasikates. Mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe m arab suures osas maasika maitse (Haffner, Vestrheim 1997). Mahla kuivaine- ja orgaaniliste hapete sisaldus näitab maitse intensiivsust ning nende suhe seda, kas domineerib hapu või magus maitse. Kõige maitsetumad on maasikad, milles nii mahla kuivaine- kui ka orgaaniliste hapete sisaldus on madal (Kader 1991). Norras läbi viidud uurimused näitasid, et enamik tarbijaid eelistab suure suhkrusisaldusega ja väikese happesisaldusega maasikaid (Haffner 2002). 2008. aastal Eesti maasikatega läbi viidud katses jäi ‘Sonata’ mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe vahemikku 9,9–11,3, ‘Polka’ puhul 9,6–11,8 ja ‘Honeye’ puhul 7,7–8,8 (Moor *et al.* 2012). Nimetatud uuringus hindasid tarbijad ka

maasikate maitset ja hinnangud 'Honeoye' maitsele olid halvad. Käesolevas katses jäi mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe alla 9 vaid 7 päeva säilitatud kasvukoha C maasikates.



Joonis 4. 2012. aasta juulis Tartumaa erinevatelt maasikakasvatajatelt (tähed A, B, C, D) kogutud 'Sonata' maasikate mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe enne ($PD_{95\%} = 1,4$) ja pärast ($PD_{95\%} = 1,2$) 7-päevast säilitamist 3 ± 2 °C juures

Askorbiinhappe- ja antotsüaanide sisaldus

Vahetult pärast korjamist sisaldasid 'Sonata' maasikad askorbiinhapet 45–53 mg 100 g kohta (tabel 2). Statistiliselt olulised erinevused olid erinevatest kasvukohtadest pärit maasikate vahel küll olemas, kuid tarbija seisukohalt olid kõik maasikad kõrge askorbiinhappesisaldusega. Arvestades täiskasvanud inimese päevaseks C vitamiini vajaduseks 60–70 mg, piisaks sellest, kui inimene sööks 150 g värskelt korjatud 'Sonata' maasikaid. Säilitamise jooksul vähenes askorbiinhappesisaldus kõikides maasikates oluliselt. Vinokur *et al.* (2002) viisid Iisraelis läbi maasikate säilituskatse ja leidsid samuti,

Tabel 2. 2012. aasta juulis Tartumaa erinevatelt maasikakasvatajatelt (tähed A, B, C, D) kogutud 'Sonata' maasikate askorbiinhappe- ja antotsüaanide sisaldus enne ja pärast 7-päevast säilitamist 3 ± 2 °C juures

	Tootja				$PD_{95\%}$
	A	B	C	D	
Askorbiinhape, mg 100 g kohta					
Korjamise päeval	50 ^a	53 ^{ab}	45 ^b	47 ^b	6
Pärast 7-päevast säilitamist	29 ^C	32 ^B	36 ^A	34 ^{AB}	3
Antotsüaanid, mg 100 g kohta					
Korjamise päeval	15 ^b	15 ^b	23 ^a	25 ^a	4
Pärast 7-päevast säilitamist	52 ^A	49 ^A	51 ^A	52 ^A	8

et maasikate askorbiinhappesisaldus tava-atmosfääris säilitatud viljades langes, kuid modifitseeritud atmosfääri pakendatud maasikates jäi see stabiilseks.

Algne antotsüaanide sisaldus oli erinevatest kasvukohtadest korjatud maasikates oluliselt erinev, ulatudes 15 mg 100 g kohta (kasvukohad A ja B) kuni 25 mg 100 g kohta (kasvukoht D). 7-päevase säilitusperioodi jooksul suurenes antotsüaanide sisaldus maasikates oluliselt ja esialgsed erinevused ühtlustusid. Antotsüaanide biosüntees on maasikate säilitamisel tavapärane, kuna metaboolsed protsessid toimuvad säilitatavates viljades edasi ja viljad muutuvad küpsemaks. Peamine antotsüaan maasikates on pelargonidiin glükosiid (Yoshida *et al.* 2002). Kuigi pelargonidiin glükosiid on nõrga antioksidatiivse toimega (Wang *et al.* 1997), on aedmaasika antioksidatiivset toimet siiski peetud võrreldavaks punase veini omaga (Will *et al.* 1999). Maasikate antotsüaanide sisaldus sõltub eelkõige sordist (Anagnostou, Vasilakakis 1995), aga ka agrotehnikast (Wang, Camp 2000) ja keskkonnateguritest (Anagnostou, Vasilakakis 1995).

Kokkuvõte

Käesolevast uuringust selgus, et aedmaasikate kvaliteet võib olla üsna erinev ka juhul, kui kasvatatakse ühte sorti, kasutatakse sama multšimaterjali ja tilkkastmissüsteemi ning viljad korjatakse sama vanast istandusest. Samasuguse kvaliteediga viljade saamiseks oleks nähtavasti oluline kasutada sama väetusskeemi. Katse tulemused näitasid, et viljade tugevust ja hahkhallitusse nakatumist mõjutas oluliselt lehtede ja viljade mineraalne koostis. Kõrgema lämmastikusisalduse ja madalama kaltsiumisisaldusega viljade puhul on oht hahkhallitusse nakatumiseks suurem isegi siis, kui hahkhallituse tõrjet on tehtud rohkem kui teistes istandustes, kus lehtede ja viljade N sisaldus on madalam ja N/Ca suhe on paremas tasakaalus.

Tänuavaldused

Autorid on tänulikud EV Põllumajandusministeeriumile uurimistöo finantseerimise eest ja Valdis Kaskemale, Raivo Sellile, Imbi Rohejärvele ning Madis Pennarile ettevõtetest OÜ Kindel Käsi, OÜ Kristi Aed, TÜ Vasula Aed ja OÜ Hortitech katsematerjali ja koostöövalmiduse eest.

Kasutatud kirjandus

- Anagnostou, K., Vasilakakis, M.D. 1995. Effect of substrate and cultivar on earliness, plant productivity, and fruit quality of strawberry. – *Acta Horticulturae* **379**, 267–274.
- Haffner, K. 2002. Postharvest quality and processing of strawberries. – *Acta Horticulturae* **567**, 715–722.
- Haffner, K., Vestrheim, S. 1997. Fruit quality of strawberry cultivars. – *Acta Horticulturae* **439**, 325–336.
- Kader, A.A. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. – *The Strawberry into the 21st century*, Timber Press. Luby J.J., Dale, A. (eds.), Portland, Oregon. 145–152.
- Macias-Rodriguez, L., Quero, E., Lopez, M.G. 2002. Carbohydrate differences in strawberry crowns and fruit (*Fragaria x ananassa*) during plant development. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**, 3317–3321.

- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., Kader, A.A. 1996. Produce facts. Strawberry. Recommendations for maintaining post-harvest quality. – *Perish. Handl. Newslett.* **87**, 21–22.
- Moor, U., Mölder, K., Põldma, P., Tõnutare, T. 2012. Postharvest quality of 'Sonata', 'Honeoye' and 'Polka' strawberries as affected by modified atmosphere packages. – *Acta Horticulturae* **945**, 55–61.
- Põllumajandus arvudes. 2011. Statistikaamet. Juuli 2012. [WWW] <http://www.stat.ee/57677>
- Spayd, S.E., Morris, R.S. 1981. Physical and chemical characteristics of puree from once-over harvested strawberries. – *Journal of the American Society for Horticultural Science* **106**, 101–105.
- Vinokur, Y., Rodov, V., Horev, B. 2002. Effect of postharvest factors on the content of ascorbic acid in Israeli varieties of strawberry. – *Acta Horticulturae* **567**, 763–766.
- Wang, H., Cao, G., Prior, R.L. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **45**, 304–309.
- Wang, S.Y., Camp, M.J. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. – *Scientia Horticulturae* **85**, 183–199.
- Will, F., Rechner, A., Dietrich, H. 1999. French Paradoxon – Phenolische Inhaltsstoffe und ihre antioxidative Wirkung in Fruchtweinen. – *Getränkeindustrie* **11**, 692–698.
- Wrolstad, R.E., Shallenberger, R.S. 1981. Free sugars and sobitol in fruits: a compilation from the literature. – *Journal of AOAC International* **64**, 91–103.
- Yoshida, Y., Koyama, N., Tamura, H. 2002. Color and anthocyanin composition of strawberry fruit: changes during fruit development and differences among cultivars, with special reference to the occurrence of pelargonidin 3-malonyglycoside. – *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* **71**, 355–361.

SPEKTROSKOPIA RAKENDUSVÕIMALUSI AIANDUSTOODANGU KEEMILISEL ANALÜÜSIL VEINI NÄITEL

Tõnu Tõnutare, Madis Võikar, Ele Vool, Ulvi Moor, Merrit Shanskiy

Eesti Maülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Tõnutare, T., Võikar, M., Vool, E., Moor, U., Shanskiy, M. 2013. Application possibilities of spectroscopy for chemical analysis of horticultural products on the example of wines. – *Agronomy* 2013.

The purpose of current work is to introduce application possibilities of IR spectroscopy for the analysis of wine products. The FTIR-MIR analyses were conducted by the Department of Soil Science and Agrochemistry, Estonian University of Life Sciences (EULS) by using iS-10 (Thermo Scientific) ATR-FTIR spectrometer. The IR spectra were registered in interval of 4000–600 cm^{-1} with spectral resolution of 4 cm^{-1} . 32 averaged measurements were conducted for each spectrum. Local wines, made of hybrid vine grape varieties of Estonian grape growers (Department of Horticulture, EULS, Veinimaailm OÜ, R. Aas, A. Rajando, J. Eensalu, L. Kaska,) were used. For the current study purpose, the wines were marked as following – Rondo E2009, Rondo E2011, Rondo T, Rondo V, Toldi, Hasa Reserv (cv. Hasanski Sladkii). For the comparison, homemade wines from Sastova farm were included. These wines are made from rhubarb (*Rheum raphaniticum*) and from the mixture of red (*Ribes rubrum*) and blackcurrant (*Ribes nigra*). The comparison material, which consisted of wines produced in Italy and Spain (wineries: Villaseca del Mar, Castillo de Landa, Cantine Ceasri Gerardo), was also included. Earlier studies have shown that FTIR method was successfully applied for measuring different chemical parameters of wine in the presence of suitable database. The analysis of Estonian wines, made from locally cultivated hybrid wine grapes, indicated similarities with wines made of grapes of *Vitis vinifera*. For the application of modern and accurate methodology (FTIR spectroscopy), it is essential to collect data for creating relevant data base.

Keywords: FTIR spectroscopy, hybrid grapes, wine, anthocyanidines, chemical composition

Sissejuhatus

Spektroskoopilised analüüsimeetodid leiavad erinevates valdkondades järjest laialdsemat kasutust. Nende eeliseks võrreldes klassikaliste keemiliste analüüsimeetoditega on kiirus ja võimalus loobuda kemikaalide kasutamisest (odavam hind ja väiksem mõju keskkonnale). Tegemist on analüüsimeetoditega, mis sageli ei nõua proovimaterjali lõhkumist ja saastamist. Tänu elektroonika ja arvutustehnika arengule ning kasvavale kasutamisele muutub ka spektroskoopilise analüüsi aparatuur odavamaks ja kättesaadavamaks, turule on lisaks laboratoorsele ilmunud ka portatiivsed seadmed. Kuna tegemist on kiire, kemikaalidevaba ja mittepurustava (mitedestruktiivse) analüüsimeetodiga, siis sobib see kasutamiseks nii teaduslaborites kui ka tootmisprotsesside kontrollimiseks ja konsulentide (nõuandeteenistuse) töövahendiks. Viimasel aastakümnel on toimunud väga kiire Fourier teisendusega infrapuna spektroskoopia (*Fourier Transmission Infrared Spectrometry*, FTIR) meetodite kasutuste väljatöötamine aiandussaaduste analüüsiks ja kvaliteedi hindamiseks (Bureau *et al.* 2009; Nieuwoudt *et al.* 2006; Versari *et al.* 2010).

Käesoleva töö eesmärgiks on tutvustada FTIR spektroskoopia kasutusvõimalusi eesti- ja välismaiste viinamarjaveinide analüüsil.

FTIR spektroskoopiliste meetodite kasutamise võimalusi

FTIR määramise teooria

Sõltuvalt FTIR spektromeetri poolt kasutatavast lainepikkuste vahemikust eristatakse FTIR-NIR (*Near Infrared* – lähi-infrapuna piirkond, $\lambda = 0,8\text{--}2,5\ \mu\text{m}$ ehk $14\ 000\text{--}4000\ \text{cm}^{-1}$) ja FTIR-MIR (*Mid Infrared* – kesk-infrapuna piirkond, $\lambda = 2,5\text{--}25\ \mu\text{m}$ ehk $4000\text{--}400\ \text{cm}^{-1}$) meetodeid. Käesolevas töös vaatleme ainult FTIR-MIR piirkonda kasutavaid spektroskoopilisi meetodeid. Sageli kasutatakse kirjanduses seadme nimetuse FTIR-MIR asemel ainult lühendit FTIR.

FTIR tehnoloogia põhineb erinevate funktsionaalrühmade C–C, C–H, O–H, C=C ja N–H keemiliste sidemete võnkesageduse määramisel, milleks kasutatakse elektromagnetkiirguse absorptsiooni, FTIR-MIR seadmete puhul spektripiirkonnas 4000 kuni $400\ \text{cm}^{-1}$.

Veinide ja veini tooraine analüüsil ei ole võimalik kasutada kogu MIR spektripiirkonda, kuna põhikomponentide (vesi ja etanool) sisaldusest on tingitud neeldumisribad $1580\text{--}1700$ ja $2970\text{--}3630\ \text{cm}^{-1}$. Samuti ei kasutata spektripiirkonda kõrgemal kui $3630\ \text{cm}^{-1}$, kuna see piirkond on infovaene (Moreira, Santos 2005).

Veini kvaliteedikontrollis on väga oluline analüüsile kuluv aeg ja täpsus. Üheks kiirust garanteerivaks faktoriks on võimalus teostada analüüsid otse toormaterjalist ilma eeltötluseta (vili, mahl, vein) (Zoecklein *et al.* 1995). FTIR analüüs on tuntud oma väga hea korratavuse poolest. FTIR meetodi täpsus on otseses sõltuvuses kasutatava kalibratsiooni “headusest”. Enamasti soovitatakse teostada analüüsi paari minuti jooksul.

Spetsiaalselt veinide kvaliteediparameetrite kiireks määramiseks on loodud spetsiifilised FTIR spektromeetrid. Näiteks *WineScan* (FOSS, Taani) kasutab FTIR spektroskoopiat koos mitmeparameetrilise statistilise analüüsiga (*multivariate statistical procedures*), et leida korrelatsioon referentsmeetodiga sisalduste ja mõõdetud spektri vahel. Mõõdetud IR spektritest ja referentsmeetodite mõõtmistulemustest koostatakse andmebaas, mida pidevalt täiendatakse. FTIR seade koos kasutusvalmis kalibratsiooniga erinevat tüüpi proovidele on väga sobiv nii rutiinanalüüse tegevatele kui ka väheste kogemustega laboritele. Parimate tulemuste saamiseks peab iga labor koostama oma kalibratsiooni vastavalt analüüsivate proovide spetsiifikale.

Punaste veinide FTIR spektripiirkond 1543 ja $965\ \text{cm}^{-1}$ vahel on tuntud kui iseloomulik *fingerprint* (sõrmejälje) piirkond. IR spektroskoopias kasutakse väga informatiivse piirkonna kohta terminit *fingerprint* ehk sõrmejälje piirkond, kuna see on igale proovile iseloomulik ja kordumatu. Piirkonna pikkus pole järgalt fikseeritud, erinevates töödes võib see olla $800\text{--}1800\ \text{cm}^{-1}$ (Fernandez, Agostin 2007), aga ka $965\text{--}1543\ \text{cm}^{-1}$ (Versari *et al.* 2010). Sellesse piirkonda jäävad aromaatsse tuuma C=C–C rühmadele iseloomulikud neeldumisribad ($1450\text{--}1510\ \text{cm}^{-1}$ ja $1580\text{--}1615\ \text{cm}^{-1}$), paljud aromaatsete C–H rühmade molekuli tasapinnas ($950\text{--}1225\ \text{cm}^{-1}$) ja teistes suundades ($670\text{--}900\ \text{cm}^{-1}$) toimivate võnkumiste neeldumisribad, samuti tanniinidele iseloomulik neeldumisriba $1285\ \text{cm}^{-1}$ juures.

FTIR spektroskoopia rakendusvõimalusi veini ja selle tooraine analüüsil

a) antotsüaanid

Veinitootjate üheks suuremaks mureks on punase veini värvus ja selle muutused, mis toimuvad nii töötlemisprotsessi käigus kui ka järgneval säilitamisel. Punane värvus on tingitud 3-monoglükosiididena veinis olevatest monomeersetest antotsüaanidest (tsüanidiin, peonidiin, malvidiin, delfinidiin, petunidiin), mis võivad reageerida hapetega, sealhulgas äädik- ja p-kumaarhappega. Muutuste põhjustajaks on ka viinamarja antotsüaanide reageerimine polaarset kaksiksidet sisaldavate erinevate ühenditega (püruuvhape, atsetaldehyüd, hüdroksütsinnaanhape, 8-vinüülflavanoolid jt), mille tulemusel tekivad püranoantotsüaniinid (Gomez-Alonso *et al.* 2012). Oma olemuselt on tekkinud punakasoranžid ühendid tunduvalt stabiilsemad (nii hüdraatimise kui ka pleegitamise suhtes) kui antotsüaanid. Nii antotsüaanide kogusisaldus kui seda moodustavate antotsüaanide hulk sõltub viinamarja sordist, marja küpsusest, kliimast ja mullastikust (Cacho *et al.* 1992; Gonzales-San José *et al.* 1990; Yokotsuka *et al.* 1999). Samaaegselt antotsüaanide analüüsiga saab teostada kiiret ja täpset veini värvuse määramist, sealhulgas nende muutuste protsessi, mis omakorda võimaldab prognoosida värvuse käitumist pärast käärimisprotsessi lõppu. Seetõttu on meetodist majanduslikult huvitatud veinitootjad ja uurimistöoga tegelevad teadusasutused (Soriano *et al.* 2007).

b) etanoolisisaldus

Juba Gay-Lussaci aegadest (18. saj) määratakse kääritatud toodetes alkoholisaldust mahuprotsentides (%vol) densitomeetriliselt, mis sisaldab endas nii destillatsiooni kui püknomeetrilist määramist. Meetod on töömahukas ja seetõttu majanduslikult kulukas. Kaasajal kasutatakse alkoholisalduse hindamiseks laialdaselt FTIR meetodit, mis võimaldab alkoholisaldust määrata vähem kui kahe minutiga, kusjuures puuduvad proovi ettevalmistusprotseduurid. Puuduseks on FTIR seadme kõrge maksumus ja vajadus teha kalibratsioon proovispetsiifiliselt (Lachenmeier 2010).

c) hapete sisaldus

Veinid sisaldavad erinevaid orgaanilisi happeid (viinhape, õunhape, sidrunhape, äädikhape, piimhape jt). Veinide analüüsil määratakse kogu(üld)happesust, lenduvat happesust ja individuaalsete hapete sisaldust. Hapete kogusisalduse määramisel FTIR meetodil on saadud häid tulemusi, kuid individuaalsete hapete sisalduste määramised on osutunud problemaatiliseks. Enamlevinud orgaanilised happed, viin- ja õunhape, annavad oluliselt parema tulemuse kui madalama sisaldusega happed. Selle põhjuseks on veinis olevate orgaaniliste hapete sarnane keemiline struktuur, mille tõttu on ka nende IR spektrid sarnased (Moreira, Santos 2005). Silmas tuleb pidada ka asjaolu, et orgaanilistel hapetel on mitmeid ühiseid absorptsiooniribasid: C=O rühm hapetes, C–O rühm hapetes ja alkoholides, O–H rühm hapetes ja alkoholides ja C–H rühm alifaatsetes ühendites (Moreira, Santos 2005).

d) suhkrute sisaldus (glükoos)

Kõige informatiivsemaks spektripiirkonnaks on vahemik 1200–900 cm^{-1} , kuna selles vahemikus asuvad olulised alkoholi ja fermenteerumata suhkrute (viljades peamiselt glükoosi ja fruktoosi) absorptsiooni ribad. Selgelt nähtav on nende spektrite omavaheiline kattumine. Struktuuri sarnasuse tõttu on suhkrute spektrid väga sarnased ja seetõttu kattuvad Wynne *et al.* (2007) poolt saadutega.

Glükoosi kasutamisel on õnnestunud saada väga hea kalibratsioon magusates veinides üldsuhkru määramiseks FTIR meetodiga. Samas tuleb märkida, et see ei ole õnnestunud kuivade veinide puhul, mille üheks põhjuseks võib olla kogu suhkru madal kontsentratsioon nendes veinides. Valdava osa kogu suhkru sisaldusest moodustavad glükoos ja fruktoos. Glükoosil ja fruktoosil on orgaaniliste hapetega sarnased IR neeldumise ribad, kuna mõlemad sisaldavad C–O ja O–H rühmasid, samas on kuivades veinides orgaaniliste hapete sisaldus oluliselt suurem suhkrute sisaldusest (Moreira, Santos 2004). Läbiviidud katsed (Zude 2003) on näidanud, et meetodika on usaldusväärselt rakendatav viljade kvaliteedi ja küpsusastme väljaselgitamisel (väljendatud kuivaine kohta Brix%).

e) antioksidatiivsus

Versari *et al.* (2010) uurisid veinide antioksidatiivsuse määramise võimalust FTIR spektromeetriselt. Lõuna-Euroopa veinide FRAP meetodil (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) määratud antioksidatiivsuse andmeid võrreldi FTIR spektroskoopiliselt saadud tulemustega. Saadud analüüsi andmete ja FTIR spektri andmete vahel õnnestus leida hea korrelatsioon ($r^2 = 0,85$). Selle uuringu põhjal võib väita, et FTIR meetodi abil saab kiiresti hinnata veinide antioksidatiivseid omadusi. Tõenäoliselt on FTIR meetodit võimalik kasutada ka teiste antioksidatiivsuse määramismeetodite (ORAC, ABTS, DPPH) tulemuste leidmiseks vastava kalibratsiooni olemasolul (Versari *et al.* 2010).

f) käärimisprotsessi kontrolli võimalus

Vesi, etanool ja paljud teised alkohoolse käärimise protsessis tekkivad ühendid absorbeerivad IR kiirgust tänu nende koostises olevatele funktsionaalrühmadele. Kuna keemiliselt koostiselt on alkohoolsel käärimisel tekkivad ühendid väga sarnased, siis absorptsioonispektrid on sarnased ja enamasti ka kattuvad. Seetõttu ei saa neid kasutada individuaalsete ühendite määramiseks klassikaliste (ehk tavapäraste) interpreteerimise võtetega. Üldjuhul tuleb kalibratsiooniks kasutada klassikalise keemilise analüüsi teel saadud tulemusi, mistõttu on FTIR spektroskoopia sekundaarne analüüsitehnika. Shenk ja Westerhaus (1996) poolt on välja pakutud kriteeriumid kalibratsiooni “headuse” hindamiseks: kui R^2 (korrelatsiooni koefitsient) on suurem kui 0,90, siis saadav kvantitatiivne informatsioon on “väga hea”, vahemikus 0,7–0,9 aga saame “hea” tulemuse. R^2 väärtus vahemikus 0,5–0,7 võimaldab jagada proove kõrge, keskmise ja madala sisaldusega gruppideks ja on sobiv ainult hindamiseks (*screening*) (Lachenmeier 2007).

Materjal ja meetodika

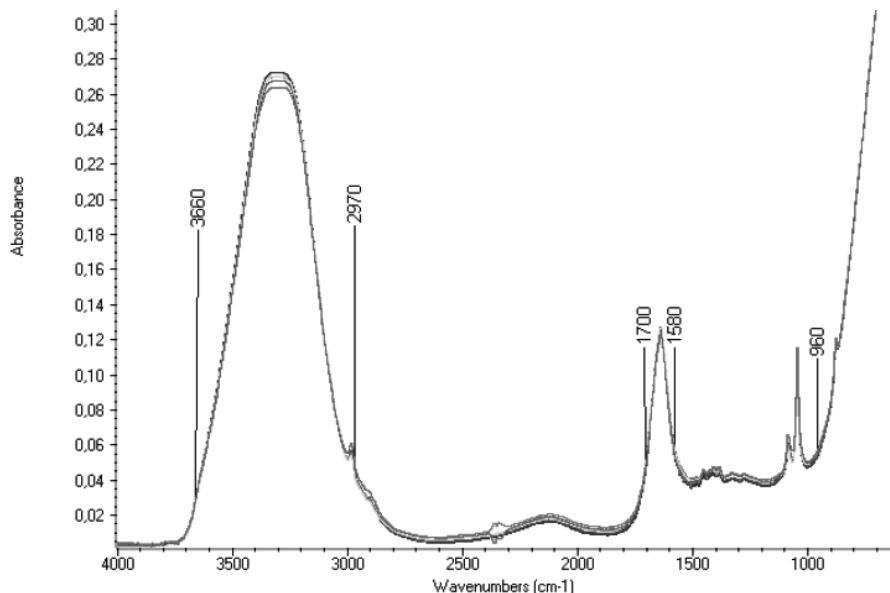
FTIR-MIR analüüs teostati spektromeetril iS–10 (*Thermo Scientific*) kasutades teemantkristalliga ATR (*Attenuated total reflectance* – nõrgendatud täielik sisepeegeldus) seadet. Analüüsi teostamiseks pipeteeriti 100 µl proovimaterjali otse teemantkristallile. Mõõtmised teostati temperatuuril 20 °C, IR spektrid registreeriti vahemikus 4000–600 cm^{-1} . Iga spekter on 32 spektri keskmine, määramised toimusid spektraalse resolutsiooniga 4 cm^{-1} .

Töös kasutati erinevate Eesti viinamarjakasvatajate (EMÜ aianduse osakond, Veinimaailm OÜ, Annemäe talu, Pruuli-Kaska talu, R. Aas, A. Rajando) poolt hübriidviinamarjadest valmistatud veine. Töös on tähistatud erinevad veinid – Rondo E2009, Rondo E2011, Rondo T, Rondo V, Toldi, Hasa Reserv (‘Hasanski Sladkii’). Lisaks olid

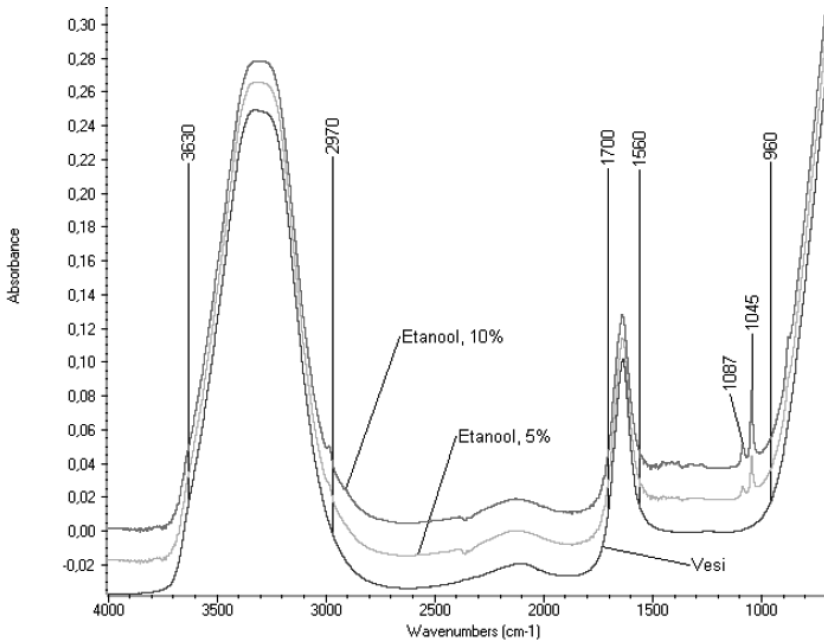
võrdluses ka kodustes tingimustes valmistatud rabarberi-, punase- ja mustasõstra seguvein (Sastova talu). Lisaks kasutati töös erinevaid kaubandusvõrgust saadud Itaalia ja Hispaania veine (Veinimõisad: Villaseca del Mar, Castillo de Landa, Cantine Ceasri Gerardo).

Tulemused ja arutelu

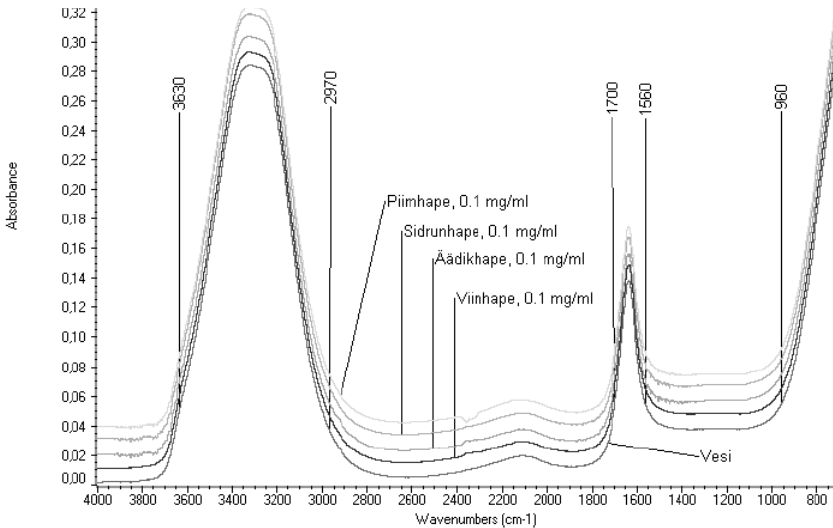
Töö käigus mõõdeti erinevate veinide ja nende põhikomponentide – vee, etanooli, orgaaniliste hapete, glükoosi ja fruktoosi vesilahuste FTIR spektrid. Joonisel 1 on esitatud erinevate *Vitis vinifera* Euroopas kasvanud sortidest valmistatud veinide spektrid. Spektrid on oma üldkujult väga sarnased sõltumata asjaolust, et tegemist on erinevates maades (Itaalias ja Hispaanias) kasvatatud viinamarjadest kohalikes veinimõisates valmistatud veinidega. Ka valge veini (viinamarjasort ‘Chardonnay’) spekter ei erine esmapilgul punase veini spektritest. Spektrite põhikuju määravad ära veini põhikomponendid vesi ja etanool (joonis 2). Valdavaks on spektris vee poolt põhjustatud IR absorptsiooniribad vahemikes 1580–1700 ja 2970–3630 cm^{-1} (Egidio *et al.* 2010). Etanooli absorptsiooni maksimumid on 1087 ja 1045 cm^{-1} (Egidio *et al.* 2010). Kuna nimetatud piigid puuduvad vee ja ka orgaaniliste hapete ja suhkrute vesilahuste IR spektrites (joonised 3 ja 4), siis on tegemist etanoolile omaste piikidega. Absorptsiooni maksimum 1045 cm^{-1} on sõltuvuses etanooli kontsentratsioonist. Kõigis töös analüüsitud veinide IR spektrites on selgelt eristatavad piigid 1087 ja 1045 cm^{-1} , seega on võimalik neid kasutada veini alkoholisisalduse määramiseks.



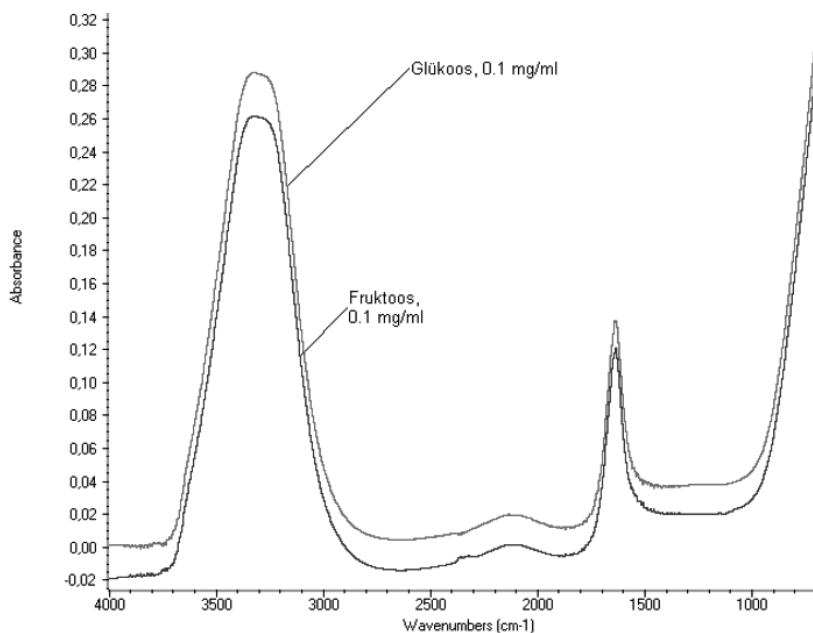
Joonis 1. *Vitis vinifera* sortidest Tempranillo, Shiraz, Merlot ja Chardonnay valmistatud veinide FTIR spektrid. X-teljel on esitatud neeldumine ja y-teljel lainearv (cm^{-1})



Joonis 2. Veini põhikomponentide, vee ja etanooli (5% ja 10% vesilahus) FTIR spektrid. Etanooli 5% lahuse spekter on vertikaalsuunas 0,02 ja etanooli 10% lahus 0,04 absorptsiooni ühiku võrra vee spektrist ülespoole nihutatud. X-teljel on esitatud neeldumine ja y-teljel lainearv (cm^{-1})



Joonis 3. Veinidele iseloomulike hapete vesilahuste FTIR spektrid. Spektrid on vertikaalsuunas nihutatud intervalliga 0,01 absorptsiooni ühikut. X-teljel on esitatud neeldumine ja y-teljel lainearv (cm^{-1})

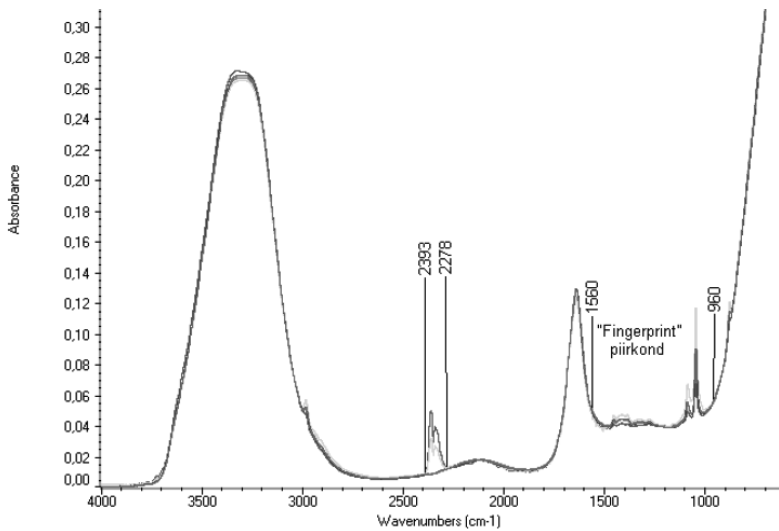


Joonis 4. Glükoosi ja fruktoosi vesilahuste ($0,1 \text{ mg ml}^{-1}$) FTIR spektrid. Glükoosi spekter on vertikaalsuunas nihutatud $0,02$ absorptsiooni ühiku võrra. X-teljel on esitatud neeldumine ja y-teljel lainearv (cm^{-1})

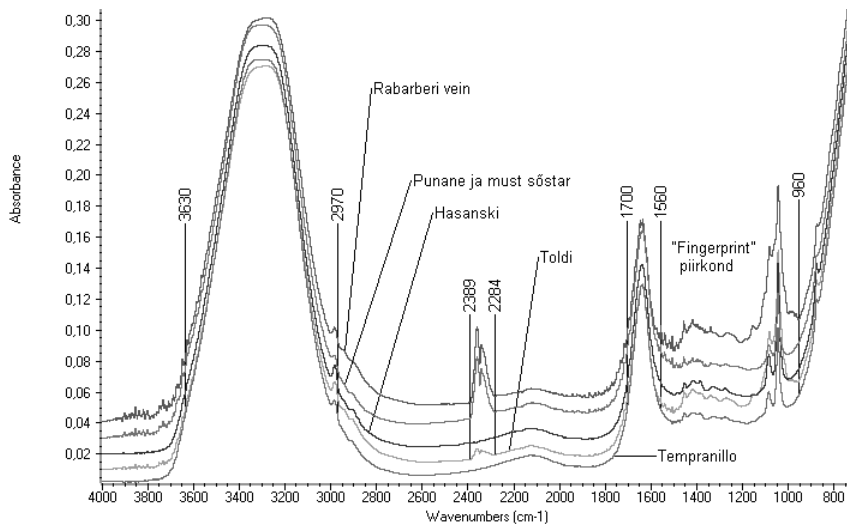
Leidmaks erinevusi *Vitis vinifera* ja Eestis kasvatatud hübriidviinamarjasortide viljadest valmistatud veinide vahel, määrati FTIR spektrid (joonis 5) ja võrreldi neid kaubandusvõrgust soetatud veinidega, samuti võrreldi erinevast toorainest valmistatud kodumaiseid veine (joonis 6). Kuna IR spektris andsid tooni vee molekuli O–H sideme poolt tingitud absorptsiooniribad, $1580\text{--}1700$ ja $2970\text{--}3630 \text{ cm}^{-1}$, siis spektri üldkuju oli kõikidel veinidel sarnane.

FTIR analüüsi tulemused näitavad, et erinevate viinamarjakasvatajate poolt tehtud hübriidviinamarja ‘Rondo’ veinides erinesid spektrid üksteisest *fingerprint* piirkonnas ($960\text{--}1560 \text{ cm}^{-1}$), mis kannab endas spetsiifilist informatsiooni ehk siis teavet antotsüaanide jt fenoolsete ühendite kvalitatiivse ja kvantitatiivse sisalduse kohta. Olulised erinevused olid viinamarjaveinide spektris aga spektripiirkonnas $2278\text{--}2393 \text{ cm}^{-1}$, kus kahel veinil (Rondo E2009 ja Rondo T) puudus IR kiirguse absorptsiooni piik, samal ajal aga veinidel Rondo E2011 ja Rondo V oli sellel kohal oluline IR kiirguse absorptsioon. Selles piirkonnas oli absorptsiooni piik ka veinil, mis oli valmistatud hübriidviinamarja ‘Toldi’ marjadest. Kõige silmatorkavam erinevus *Vitis vinifera* ja hübriidviinamarjade veinide vahel oligi IR absorptsiooni maksimum nimetatud piirkonnas. Erinevused on ka *fingerprint* piirkonnas.

Lisaks viinamarjaveinidele võeti FTIR spekter ka rabarberist, punase- ja mustasõstra segust valmistatud veinidest. Erinevalt viinamarjaveinidest esineb neil suur IR absorptsioonimaksimum vahemikus $2284\text{--}2393 \text{ cm}^{-1}$. Tingituna veini valmistamiseks kasutatud materjali keemilise koostise erinevusest on ka *fingerprint* piirkonna spektri- lised erinevused suuremad kui sortide vahelised erinevused.



Joonis 5. Erinevate viinamarjakasvatajate poolt hübriidviinamarjast ‘Rondo’ valmistatud veinide FTIR spektrid. X-teljel on esitatud neeldumine ja y-teljel lainearv (cm^{-1})



Joonis 6. Erinevatest hübriidviinamarjasortidest (‘Hasanski Sladkii’ ja ‘Toldi’) ning rabarberist, punasest ja mustasõstrast valmistatud veinide FTIR spektrid võrreldes *Vitis vinifera* sordist ‘Tempranillo’ valmistatud veini spektriga. Spektrid on vertikaalsuunas nihutatud 0,01 absorptsiooniühikulise intervalliga. X-teljel on esitatud neeldumine ja y-teljel lainearv (cm^{-1})

Kokkuvõte

Varasemad uuringud on näidanud, et FTIR meetod on kvaliteetse kalibratsiooniks sobiva andmebaasi olemasolul edukalt kasutatav veini mitmete erinevate keemiliste parameetrite määramiseks. Eestis kasvanud hübriidviinapuude marjadest valmistatud veinide FTIR spektrid olid sarnased *Vitis vinifera* viinamarjadest valmistatud veinide spektritega. Kaasaegse ja täpse määramise meetodi (FTIR spektroskoopia) kasutuselevõtuks on otstarbekohane alustada andmete kogumist vastava andmebaasi koostamiseks.

Tänuavaldused

Tänuõnad kuuluvad SA Archimedes meede 3.2.3 alameetmele “Teadus ja arendusametuste teadusaparatuuri ja -seadmete kaasajastamine”, TAP-16-4 projektile, ETF grandile nr 9363, Eesti viinamarjakasvatajatele ja veinivalmistajatele ning EMÜ aianuduse osakonnale.

Kasutatud kirjandus

- Bureau, S., Ruiz, D., Reich M., Gouble, B., Bertrand, D., Audergon, J.-M., Renard, C.M.G.C. 2009. Application of ATR-FTIR for a rapid and simultaneous determination of sugars and organic acids in apricot fruit. – *Food Chemistry* **115**, 1133–1140.
- Cacho, J., Fernandez, P., Ferreira, V., Castells, J.E. 1992. Evolution of five anthocyanidin 3-glucosides in the skin of Tempranillo, Moristel, and Garnacha grape varieties and influence of climatological variables. – *American Journal of Enology and Viticulture* **43**, 244–248.
- Egidio, V.D., Sinelli, N., Giovanelli, G., Moles, A., Casiraghi, E. 2010. NIR and MIR spectroscopy as rapid methods to monitor red wine fermentation. – *European Food Research and Technology* **230**, 947–955.
- Fernandez, K., Agostin, E. 2007. Quantitative Analysis of Red Wine Tannins Using Fourier-Transform Mid-Infrared Spectrometry. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**, 7294–7300.
- Gomez-Alonso, S., Blanco-Vega, D., Gomez, M.V., Hermosin-Gutierrez, I. 2012. Synthesis, isolation, structure elucidation, and color properties of acetyl-pyranoanthocyanins. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **60**, 12210–12223.
- González-San José, M.L., Barrón, L.J.R., Díez, C. 1990. Evolution of anthocyanins during maturation of Tempranillo grape variety (*Vitis vinifera*) using polynomial regression models. – *Journal of Science of Food and Agriculture* **51**, 337–43.
- Lachenmeier, D.W. 2007. Rapid quality control of spirit drinks and beer using multivariate data analysis of Fourier transform infrared spectra. – *Food Chemistry* **101**, 825–832.
- Lachenmeier, D.W., Godelmann, R., Steiner, M., Ansay, B., Weigel, J., Krieg, G. 2010. Rapid and mobile determination of alcoholic strength in wine, beer and spirits using a flow-through infrared sensor. – *Food Chemistry* **101**, 825–832.
- Moreira, J.L., Santos, L. 2004. Spectroscopic interferences in Fourier transform infrared wine analysis. – *Analytica Chimica Acta* **513**, 263–268.
- Moreira, J.L., Santos, L. 2005. Analysis of organic acids in wines by Fourier-transform infrared spectroscopy. – *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **382**, 421–425.
- Nieuwoudt, H.H., Pretorius, I.S., Bauer, F.F., Nel, D.G., Prior, B.A. 2006. Rapid screening of the fermentation profiles of wine yeasts by Fourier transform infrared spectroscopy. – *Journal of Microbiological Methods* **67**, 248–256.

- Soriano, P.M., Perez-Juan, A., Vicario, J.M., Gonzalez Perez-Coello, M.S. 2007. Determination of anthocyanins in red wine using a newly developed method based on Fourier transformation infrared spectroscopy. – *Food Chemistry* **104**, 1295–1303.
- Shenk, J.S., Westerhaus, M.O. 1996. *Calibration the ISI way*. Near infrared spectroscopy: The future waves, Nir Publications. Davies, A.M., Williams, P.C. (eds.), Chichester, UK, 198–202.
- Versari, A., Parpinello, G.P., Scazzina, F., Del Rio, D. 2010. Prediction of total antioxidant capacity of red wine by Fourier transform infrared spectroscopy. – *Food Control* **21**, 786–789.
- Wynnea, L., Clark, S., Adams, M.J., Neil William Barnett, N.W. 2007. Compositional dynamics of a commercial wine fermentation using two-dimensional FTIR correlation analysis. – *Vibrational Spectroscopy* **44** (2), 394–400.
- Yokotsuka, K., Nagao, A., Nakazawa, K., Sato, M. 1999. Changes in anthocyanins in berry skins of Merlot and Cabernet Sauvignon grapes grown in two soils modified with limestone or Oyster shells versus a native soil over two years. – *American Journal of Enology and Viticulture* **50**, 1–12.
- Zoecklein, B.W., Gugelsang, K.C., Gump, B.H., Nury, F.S. 1995. *Wine Analysis and Production*. Chapman & Hall, New York, 199–208.
- Zude, M. 2003. Non-destructive prediction of banana fruit quality using VIS/NIR spectroscopy. – *Fruits* **58**, 1–8

EFEKTIIVSETE MIKROORGANISMIDE MÕJU KAALIKA SAAGILE, KEEMILISELE KOOSTISELE JA SÄILIVUSELE

Margit Olle

Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Olle, M. 2013. Influence of effective microorganisms on yield, chemical composition and storability of swede. – *Agronomy 2013*.

The aim of present research was to evaluate the influence of effective microorganisms (EM) on yield, storability and chemical content (nitrates, calcium, C-vitamin, dry matter, monosaccharide's and sugars) of swede. Two variants were used: 1 – with activated EM (watered with 1:2000 activated EM solution 4 times during growth season), 2 – without EM (watered with pure water 4 times during growth season), and control. The yield was 26,65% higher in the variant watered with EM solution. EM did not influence the storage loss in swede. Dry matter content in swede was not statistically different using EM. The content of C-vitamin in swede was lower in EM variant after harvest, but no differences occurred after storage. The content of monosaccharides and sugars was not influenced by EM. The content of nitrates in swede was not statistically different using EM. The content of calcium in Swede was higher in EM variant after harvest, but no differences occurred after storage. Main conclusions: the yield of swede was higher in EM variant and the content of calcium was higher in EM variant after harvest.

Keywords: effective microorganisms, storability, swede, yield, quality

Sissejuhatus

Efektiivsed mikroorganismid (EM) on elavate mikroorganismide segu, mis on isoleeritud looduses esinevatest viljakatest muldadest ja mis on kasulikud taimekasvatuses (Mohan 2008). EMI printsiip on tõsta mikrofloora bioloogilist mitmekesisust, mis omakorda aitab tõsta saaki. EM on segu kasulikest looduses olevatest mikroorganismidest, nagu fotosünteesilised bakterid (*Rhodopseudomonas palustris* ja *Rhodobacter sphaeroides*), laktobatsillid (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, ja *Streptococcus lactis*), pärmid (*Saccharomyces* spp.) ja aktinomütseedid (*Streptomyces* spp.) (Javaid 2010). EMI tehnoloogia töötati välja 1970ndatel Tero Higa poolt Jaapanis (Higa 2012).

EMI mõju (Higa, Wididana 2012):

1. Taimede patogeenide ja haiguste vähenemine.
2. Energiasäästlikkus taimedes.
3. Pinnase mineraalide lahustamine.
4. Mulla mikroobikoosluse ökoloogiline tasakaal.
5. Fotosünteesi efektiivsus.
6. Bioloogiline lämmastiku fikseerimine.

EMI kasutatakse mitmetel erinevatel viisidel (Ncube 2008):

1. EM viiakse mulda ja segatakse mullaga.
2. EMiga pritsitakse lehti.
3. EMiga töödeldakse seemneid enne külvi (väikeseid seemneid 0,5 tundi ja väga suuri seemneid 4–6 tundi).
4. EM viiakse mulda põldude niisutussüsteemi abil.

5. EMiga pritsitakse taimi, ning EMi spetsiifiline lõhn peletab eemale kahjurputukad.

Töö eesmärgiks oli selgitada välja, kuidas efektiivsed mikroorganismid (EM) mõjutavad kaalika saaki, keemilist koostist ja säilivust.

Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi 2012. a suvel Jõgeva Sordiaretuse Instituudis. Katsealusel maal oli enne katse mahapanekut olnud 2 aastat ristik. Katse variante ei saanud põllule paigutada randomiseeritult, kuna EM oleks levinud ühelt lapilt teisele ning vahet EMiga või EMita variantide vahel poleks näinud. Taimed kasvasid kahel maalapil, mille vahe oli 3 meetrit. Mõlemate variantide maalapil oli 4 kordust.

Katse variandid: 1 – EMiga, 2 – EMita, kontroll. Mõlemaid variante töödeldi järgmiselt: 1 liiter 1:2000 lahjendusega EM suspensiooni (1 spl kastekannu vee kohta). 8 l sellise EM seguga kasteti pool vagu (ühe katselapi pikkus 5,2 m; terve vagu 10,4 m; kahe katselapi vao pikkus kokku). Ilma EMita taimed said 8 l puhast vett poole vao kohta. Kastmise kuupäevad: 05.06.12, 19.06.12, 03.07.12, 17.07.12 (alates 5. juunist kuni 17. juulini iga kahe nädala tagant).

Katselapi suurus: 5,2 x 2,8 m = 14,56 m². Katse teostati neljas korduses. Katsepõllu vaod olid 65 cm laiad. Taimede omavaheline kaugus pärast harvendamist 10 cm. Katsealusel maal oli leetjas muld. Mulla keemiline koostis on tabelis 1.

Tabel 1. Kaalika katsemaa mulla keemiline koostis

pH _{KCl}	P mg kg ⁻¹ (AL)	K mg kg ⁻¹ (AL)	Ca mg kg ⁻¹	Mg mg kg ⁻¹	Org. aine %
7,04	164,21	192,04	1193,75	84,19	2,82

Katses kasvatati kaalikasorti 'Globus'. Kaalikasort 'Globus' on varajane ümara kujuga sort. Kollakasroheline koorega, sisu intensiivse kollase värviga. Hea säilivusega. Soomes üks peamistest kaalikasortidest.

Katsealune maa künti 2011. a sügisel. Kevadel maa kultiveeriti 2 korda. Katsealune maa ei saanud väetist, kuna EM pidi kirjanduse andemetel mõjuma nii nagu taimed oleksid väetist saanud ja seda toimet tahetigi kontrollida. Kaalika seemned külvati käsikülvikuga 3. mail 2012. aastal. Umbrohutõrje toimus järgmiselt: mehhaaniliselt kõblastega ja käsitsi 3 korda. Saak koristati 27. augustil 2012. aastal. Igalt katselapilt koristatud saagist pandi 10 kaalikat säilima säilituskambritesse temperatuuril 1 °C ja 95% relatiivse õhuniiskuse juures. Varajase sordi kaalikat ei saa väga pikka aega säilitada ja seetõttu otsustati katses säilitada kaalikat 4 nädalat ehk 28 päeva. Säilitustulemused mõõdeti 24. septembril 2012. aastal.

2012. aasta taimede kasvuperioodi iseloomustab suhteliselt jahe ja sademeterohke suvi. Kõige vähem sademeid oli mai I dekaadis ja kõige rohkem augusti II dekaadis. Keskmise õhutemperatuur ei tõusnud isegi juulikuus üle 20 °C ja jäi juuli II dekaadis koguni 15 °C juurde. Tänu piisavale sademetehulgale tärkasid ja kasvasid taimed kenasti maikuu. Tänu suhteliselt jahedale ilmale oli taimede arengutsükkel suve teises pooles mitme nädala võrra tavalisest maha jäänud ja seetõttu koristati saak alles augusti lõpus.

Kaalikast võeti koristusjärgselt ja peale säilituskambrit välja võtmist järgmised

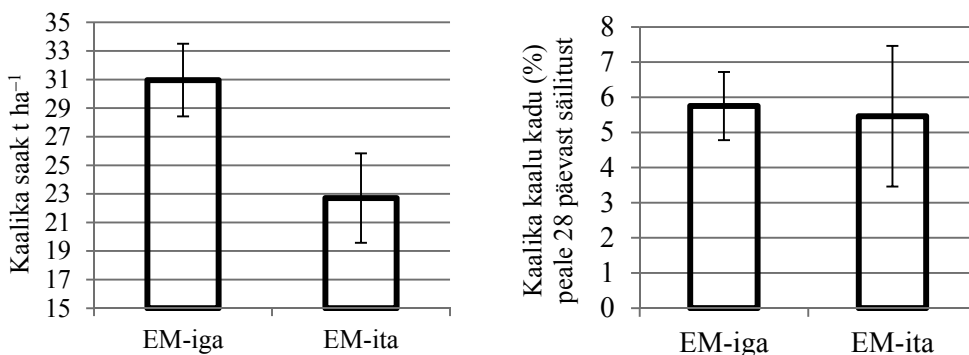
analüüsid: kaltsiumi-, kuivaine-, nitraatide-, C-vitamiini-, monosahhariidide ja suhkrute sisaldus.

Kuivaine üldsisaldus määrati kaalumeetodi abil massikaoga kuivatamisel. Kaltsium määrati *FiaStar 5000ga Kjeldahli* põletusest. Nitraadid määrati ekstraktides *FiaStar 5000ga*. C-vitamiinisisaldused määrati askorbiinhappe meetodil *Murri* järgi. Suhkrud määrati kolorimeetriliselt, kohandatud *Bertrand'i* meetodi järgi.

Saadud tulemused töödeldi statistiliselt kasutades programmi *Excel*. Arvutati välja keskmised, p väärtus ja piirdiferentsid.

Tulemused

Kaalika saak ($t\ ha^{-1}$) oli kõrgem efektiivsete mikroorganismidega kastetud variandis ($p = 0,023$) (joonis 1). Saak suurenes 26,65% võrreldes efektiivsete mikroorganismideta variandiga. Kaalika säilivust 28 päeva peale koristust efektiivsed mikroorganismid ei mõjutanud ($p = 0,805$).



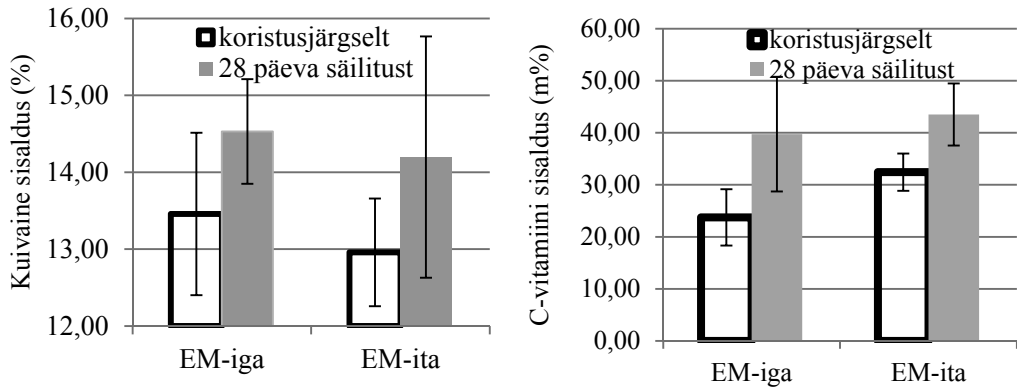
Joonis 1. Kaalika saak ($t\ ha^{-1}$, $p = 0,023$) ja säilivus (säilitati 28 päeva peale koristust) ($p = 0,805$) mõjutatuna efektiivsetest mikroorganismidest. EMiga – efektiivsete mikroorganismidega; EMita – efektiivsete mikroorganismideta.

Kõikidele joonistele on kantud piirdiferentsid

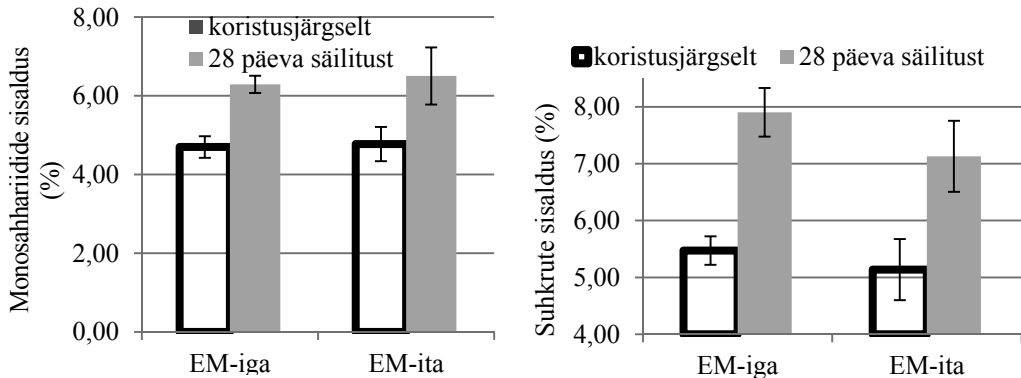
Kuivainesisaldus kaalikas polnud usutavalt erinev eri variantide puhul (joonis 2). Jooniselt on näha tendents, et kuivainesisaldus on suurim EMiga variandis. Kaalika C-vitamiinisisaldus oli koristusjärgselt väiksem EMiga variandis. Peale säilitust kaalika C-vitamiinisisaldus usutavalt erinevate variantide vahel ei erinenud.

Kaalika monosahhariidide sisaldus polnud usutavalt erinev ei koristusjärgselt ega ka peale säilitust (joonis 3). Kaalika suhkrute sisaldus polnud usutavalt erinev ei koristusjärgselt ega peale säilitust.

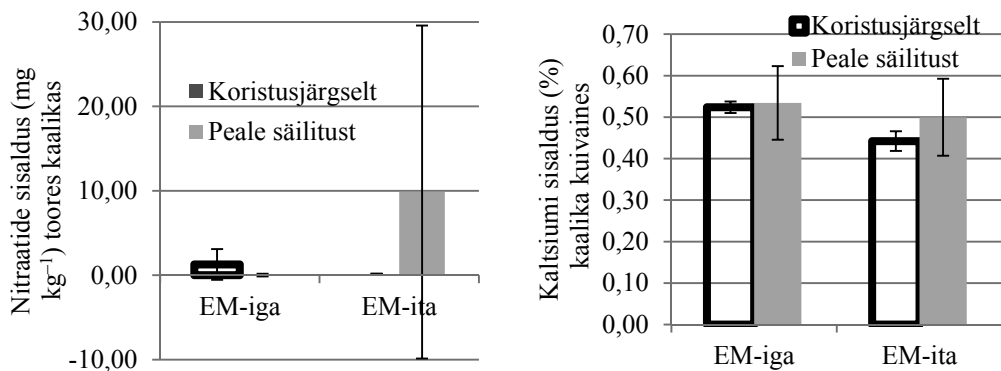
Kaalika nitraatidesisaldus polnud mõjutatud erinevatest variantidest ei koristusjärgselt ega 28 päeva peale säilitust (joonis 4). Kaalika kaltsiumisisaldus oli usutavalt suurem koristusjärgselt EMiga variandis. Kaalika kaltsiumisisaldus polnud mõjutatud erinevatest variantidest 28 päeva peale säilitust.



Joonis 2. Kuivainesisaldus (%) (koristusjärgselt $p = 0,456$, peale säilitust $p = 0,712$) ja C-vitamiinisisaldus (m%) (koristusjärgselt $p = 0,036$, peale säilitust $p = 0,567$) kaalikas mõjutatuna EMist



Joonis 3. Monosahhariidide sisaldus (%) (koristusjärgselt $p = 0,683$, peale säilitust $p = 0,629$) ja suhkrute sisaldus (%) (koristusjärgselt $p = 0,224$, peale säilitust $p = 0,109$) kaalikas mõjutatuna EMist



Joonis 4. Toore kaalika nitraatidesisaldus (mg kg⁻¹) (koristusjärgselt $p = 0,264$, peale säilitust $p = 0,356$) ja kaltsiumisisaldus (%) kaalika kuivaines (koristusjärgselt $p = 0,001$, peale säilitust $p = 0,609$) mõjutatuna EMist

Ilmastikutingimused olid 2012. aasta suvel ekstreemsed, kuna oli väga jahe ja sademeterohke suvi. Kohati taimi EMi lahusega (EMiga variant) või veega (kontrollvariante) üle kastes tekkisid küsitavused, kas EM ikka taimeni jõudiski või uhuti koos üleliigse veega lihtsalt ära. Tulemused aga näitasid, et kaalikasaak suurenes märgatavalt EMi kasutades.

Kaalikasaak suurenes EMiga variandis võrreldes EMita variandiga. Yadav (2012) pritsis redise taimi EM lahusega (1:500 lahjendus) ja sai EMiga töödeldud variandist 70,5% rohkem saaki võrreldes töötlemata variandiga. Saagi suurenemine võib olla põhjustatud asjaolust, et taime mulla ökosüsteemis olev EM aitab lahustada mulla mineraale ja siduda bioloogilist lämmastikku (Subadiyasa 1997).

Kaalika kaltsiumisisaldus oli koristusjärgselt suurem EMiga töödeldud variandis. See on üsna hea tulemus, sest teatavasti mõjutab kaltsium järgmisi protsesse:

- Taimehaigusi esineb vähem kõrgema kaltsiumisisaldusega taimes.
- Kahjureid esineb vähem kaltsiumirikkal taimel.
- Toodang on transpordikindlam ja säilib paremini, kui sisaldab rohkem kaltsiumi.

Kokkuvõte

- Kaalikasaak oli suurem EMiga variandis.
- Kaalika säilivust EM ei mõjutanud.
- Kaltsiumisisaldus oli koristusjärgselt suurem EMiga variandis.

Ühe aasta katsed näitasid, et selle aasta suhteliselt külma ja sademeterohke suvega ning leetjal mullal kasvatades suurendas EM saaki ja kaltsiumisisaldust kaalikas. Katsed EMiga jätkuvad.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud projekti “Keskkonnasäästliku köögiviljakasvatuse arendamine” raames PRIA MAK meede 1.7.1, Jaagumäe Agro OÜ ja Jõgeva Sordiarituse Instituut.

Kasutatud kirjandus

- Higa, T. 2012. Kyusei Nature Farming and Environmental Management Through Effective Microorganisms. – The Past, Present and Future. [WWW] http://www.infr.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/7th_Conf_KP_2.html
- Higa, T., Wididana, G.N. 2012. The Concept and Theories of Effective Microorganisms. [WWW] http://www.infr.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/1st_Conf_S_5_1.html
- Javaid, A. 2010. Beneficial Microorganisms for Sustainable Agriculture. – *Sustainable Agriculture Reviews*, **4**, 347–369.
- Mohan, B. 2008. Evaluation of organic growth promoters on yield of dryland vegetable crops in India. – *Journal of Organic Systems* **3**, 23–36.
- Ncube, N. 2008. *Evaluation of effective microorganisms (EM) on soil chemical properties and yield of selected vegetables in the eastern cape, South Africa*. Master of Science theses in Agriculture (Horticultural Science). Department of Agronomy, School of Agriculture and Agribusiness, Faculty of Science and Agriculture, University of Fort Hare, Alice 5700, South Africa.

- Subadiyasa, N.N. 1997. Effective microorganisms (EM) technology: its potential and prospect in Indonesia. – *Majalah Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Udayana* **16**, 45–51.
- Yadav, S.P. 2012. Performance of Effective Microorganisms (EM) on Growth and Yields of Selected Vegetables. [WWW] <http://www.futuretechtoday.com/em/background.htm>

PORGANDIKAHJURID VALIVAD PORGANDISORTE

Luule Metspalu, Eha Kruus, Külli Hiisaar,
Katrín Jõgar, Angela Ploomi, Marika Mänd
Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Metspalu, L., Kruus, E., Hiisaar, K., Jõgar, K., Ploomi, A., Mänd, M. 2013. Carrot pests prefer certain cultivars. – *Agronomy* 2013.

*Pest control costs and environmental pollution load can be controlled by choosing varieties of cash crops unacceptable for pests. Current study targeted preference of major carrot pests, *Psilia rosea*, *Trioza apicalis* and wireworms (*Elateridae*) for six carrot cultivars: Purple Haze, Amsterdam, Berlicum, Lange Rote, Touchon and Flyaway. The results indicated that *P. rosae* preferred Purple Haze while avoided Flyaway; *T. apicalis* favoured Flyaway and Purple Haze but avoided Amsterdam. Berlicum was dominantly preferred by wireworms. This indicates that the choice of carrot cultivars should be based on preliminary knowledge of which pests could prevail on the planned production site. Since several insect pest species with different food preference may occur simultaneously, producers should grow several carrot cultivars.*

Keywords: *Psilia rosae*, *Trioza apicalis*, *Elateridae*, carrot varieties

Sissejuhatus

Porgand (*Daucus carrota* L.) on väga populaarne köögivilj ning teda hinnatakse eelkõige kõrge vitamiinide ja mineraalainete sisalduse poolest. Lisaks kaubanduslikule viljelemisele on porgandipeenar meil pea igas koduaias. Aretatud on väga palju erinevaid sorte. Kasvuaja pikkuse järgi jagatakse nad kahte põhigruppi: varajane (80–100 päeva) ja hiline (120–150 päeva) porgand (Järvan 2000), kuid siin on üleminekuid.

Peamisteks kahjuriteks on meil porgandikärbes (*Psila rosae* F.) ja porgandi-lehekirp (*Trioza apicalis* F.), mõnel pool ka traatussid (*Elateridae*). Võimetus toime tulla näiteks porgandikärbse või siis porgandi-lehekirbuga on sundinud mõnegi aiapidaja porgandi kasvatamisest loobuma. Kaasajal toimub tõrje peamiselt insektitsiididega, kuid kahjurite käitumisest johtuvalt on preparaate efektiivsus enamasti piiratud. Näiteks vedavad porgandikärbse valmikud valdava osa oma elupäevadest põllu lähiümbruse roostikus. Emased tulevad porgandipõllule vaid munema, misjärel naasevad äärealale (Ellis 1999). Munadest koorunud vastsed kaevuvad kohe mulda ja närvivad end porgandi juurikasse. Selline käitumismuster jätab keemilisele tõrjele väga vähe võimalusi. Porgandi-lehekirbu valmikud ilmuvad põllule juuni alguses, nende eluiga on paar kuud (Laska 2011). Selle kahjuri tõrjet soovitatakse alustada siis, kui porgandilehtedele ilmuvad esimesed lehekirbu kahjustuse tunnused või püünistesse esimesed valmikud. Seega peab juunist augustini kestma pidev töömahukas monitooring (Burckhardt, Freuler 2000) ja kor-duvpritsimised on vältimatud (Tiilikala *et al.* 1996). Samas pole aga keemilise tõrjega kummastki kahjuriliigist võimalik vabaneda, sest peale porgandi paljunevad nad teistelgi sarikaliste (*Apiaceae*) sugukonda kuuluvatel taimedel (Degen *et al.* 1999). Kuivõrd naksurivastsete (traatusside) elu möödub mullas, siis nende tõrje mürkkemikaalidega on üsna tulutu – nad ei satugi mürkidega kokku (Andrews *et al.* 2008) ning praegu polegi meil mullasisese toimega preparaate. Kuivõrd koduaia porgandipeenras ei taha enam

inimesi mürgipritsiga toimetada, tuleb neil kahjurite vastu proovida teistsuguseid võtteid. Enamlevinud on porgandikülvide kattelooriga katmine. See toob tulu vaid siis, kui kaetavas porgandipeenras ei ole porgandikärbse nukke. Traatusside puhul pole kattelooriga abi. Porgandikärbse ja traatusside tõrjel on kasu olnud viljavaheldusest (Ellis 1999; Andrews *et al.* 2008). Kuna porgandi-lehekirp talvitub okaspuudel, eriti aga mändidel, on soovitatav rajada porgandipeenar neist puudest võimalikult kaugele.

Parima peremeestaime leidmine on putukale eluliselt tähtis, sellest sõltub munemine, vastsete toitumine ja järglaskonna arvukus. Kuivõrd porgandisordid erinevad üksteisest nii keemilise koostise kui morfoloogiliste omaduste poolest, siis mõjutab see ka putukate käitumist taimede valikul ning heakskiidul. Seega võiks üheks arenguvõimalustega tõrjeviisiks olla niisuguste sortide kasvatamine, mida kahjurid ei leia üles või mis ei sobi toitumiseks/paljunemiseks (Nissinen *et al.* 2005). Taoliste sortide kasvatamisel kahaneb kahjustatud saagi osakaal, vähenevad kulud kemikaalidele ja töötlemistele ning alaneb keskkonna saastekoormus. Meil on müügivõrgus palju erinevaid porgandisortide seemneid, mistõttu valikute tegemine on küllaltki keeruline. Teadmised kahjurite sordieelistustest võivad anda porgandikasvatajaile ühe võimaluse teha kasutoovaid valikuid. Töö eesmärgiks oli selgitada, millised on porgandikärbse, porgandi-lehekirbu ning traatusside eelistused mõne meil kaubandusvõrgus müüdava porgandisordi suhtes.

Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi 2012. aastal Tartus Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul. Sortide valikul lähtuti sellest, et katses oleks nii varaseid kui hiliseid sorte ning seemned müügivõrgus saadaval.

Katses oli 6 porgandisorti. Neist 'Amsterdam' on varajane sort, mis sobib hästi värskelt tarbimiseks. Ta ei kasva ülemäära suureks, juurvilja pikkus on 15–18 cm. Ei sobi pikaajaliseks säilitamiseks. 'Purple Haze' on omapärase värvusega keskvarajane hübriidsort. Porgandi sisemine osa on oranž, kuid pealmine kiht on punapeedile sarnase värvusega. Sobib värskelt tarbimiseks, mahlaks, külmutamiseks ja konserveerimiseks. On magusa maitsega, kõrge vitamiinide sisaldusega. Teda hinnatakse ebatavalise dekoratiivse värvuse tõttu, mistõttu sobib värvikate toorsalatite valmistamiseks. Maitse on mõlemal kihil veidi erinev. 'Touchon' on silinderjas, ilusa oranži värvusega, pikkusega kuni 17 cm keskvarajane porgandisort. Teda peetakse üheks parimaks Nantes-tüüpi sordiks. Sobib ületalve hoidmiseks ja säilitab kaua magusa maitse. 'Flyaway' on keskvalmiv Nantes-tüüpi hübriidsort värskelt tarbimiseks, kuid sobib ka säilitamiseks. Magusa maitse ja oranži värviga, 12–15 cm pikkune, õhukese koore ja tõmbi otsaga porgand. 'Berlicum' on keskhiline sort, silindrilise viljaga, ilusa oranži värvusega. Porgand võib kasvada üle 20 cm pikkuseks. Sobib hästi säilitamiseks. 'Lange Rote' on hiline sort. Juurvili on 19–22 cm pikkune, tõmbi otsaga silinderjas-koonilise juurikaga. Hea säilivusega sort.

Porgand külvati 15. mail käsitsi kahe põhja-lõunasuunalise kõrvuti asetseva, 70 cm vahekaugusega vao harjale tehtud vaokesse ning kaeti 1–2 cm mullakihi. Iga sordi külvirea pikkuseks ühes korduses oli 2 x 3 m. Katse oli kolmes korduses ning sortide järjestus ('Purple Haze' → 'Amsterdam' → 'Flyaway' → 'Touchon' → 'Berlicum' → 'Lange Rote') ning katseskeem oli kõikides kordustes ühesugune. Sortide ning korduste vahele jäeti 50 cm laiused ning külgedele 70 cm laiused taimikuta puhveralad. Katses

vätisi ei kasutatud. Umbrohud eemaldati käsitsi. Kui taimed olid 2–3 pärislehe faasis, harvendati nad 2–3 cm vahedele. Saak koristati käsitsi 25. septembril. Selle käigus vaadeldi üle ja loendati kõik porgandid ning määrati kahjustused ning nende tekitajad. Kahjustuste hindamise kriteeriumid on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Kahjurid ja kahjustuse hindamise kriteeriumid

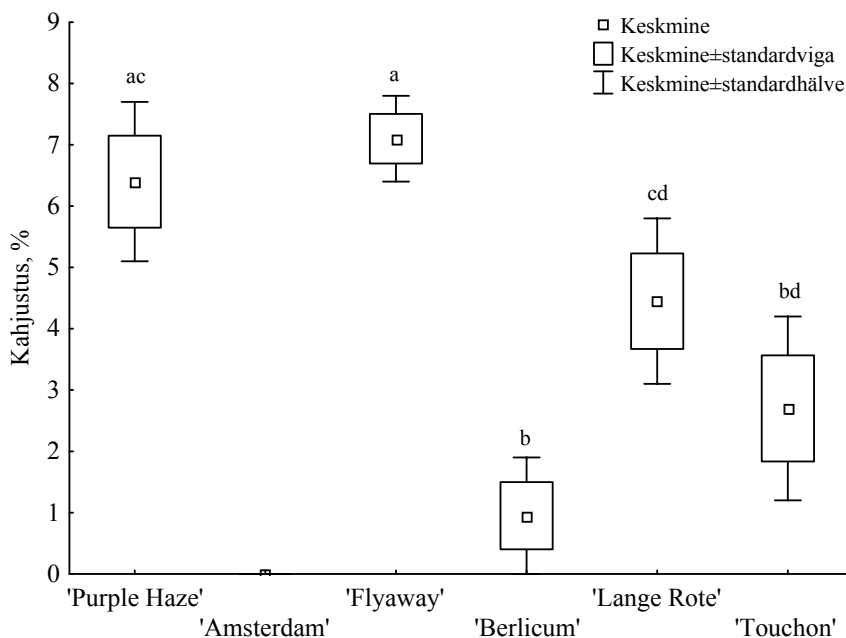
Kahjurid	Kahjustus lehtedel	Kahjustus juurikal
Porgandi-lehekirp, <i>T. apicalis</i>	Lehed kiprunud ja rullunud. Tugevama kahjustuse korral on taim kipras lehtedega madal rosett.	Porgand peenike, lühike ja kaetud tiheda narmasjuurte puntraga.
Porgandikärbes, <i>P. rosae</i>	Lehed punakaspruunid, ka lillad, koltunud, osaliselt kuivanud.	Porgandil koore all tumedad looklevad kaevandid, enamasti porgandi alumises kolmandikus. Peenemad käigud juurika ülaosas, laiema tipus. Juurika kasv on seiskunud, puitunud, sageli kõverdunud. Kaevandites vaklu, roostepruuni puru. Käike ümbritsev kude pruunistunud.
Traatussid, <i>Elateridae</i>	Pealsetel puuduvad kahjustuse tunnused.	Porgandisse puuritud peamiselt risti kulgevad kuni 3 mm läbimõõduga närimistunnelid. Tugevama kahjustuse korral porgand käikudest läbi puuritud. Kaevandites sageli traatusse.

Statistiline andmetöötlus tehti programmiga *STATISTICA* 9.0. Analüüsil kasutati dispersioonanalüüsi (*ANOVA*) ning variantide võrdluses *LSD*-testi. Kui variantide vahel statistiliselt usaldusväärne erinevus puudus, tähistati variandid ühesuguste tähtedega.

Tulemused ja arutelu

Porgandi-lehekirbu katses sõltus kahjustustega porgandite kogus statistiliselt usaldusväärselt sordist (*ANOVA*, $F_{4,10} = 13,65$; $p = 0,0004$; joonis 1). Sortidest olid enamkahjustatud 'Flyaway' (7,1%) ja 'Purple Haze' (6,4%). Nende sortide omavahelisel võrdlusel usaldusväärne erinevus puudus (*LSD*-test; $p = 0,48$). Kõige vähem kahjustas porgandi-lehekirp 'Berlicumi' (ligikaudu 1%), järgnes 'Touchon' (2,7%) ning 'Lange Rote' (4,4%). Lehekirbu poolt kahjustatud porgandeid ei olnud 'Amsterdamil', see sort oli ka eelmisel katseaastal vähem kahjustatud kui 'Berlicum' (Metspalu jt 2012).

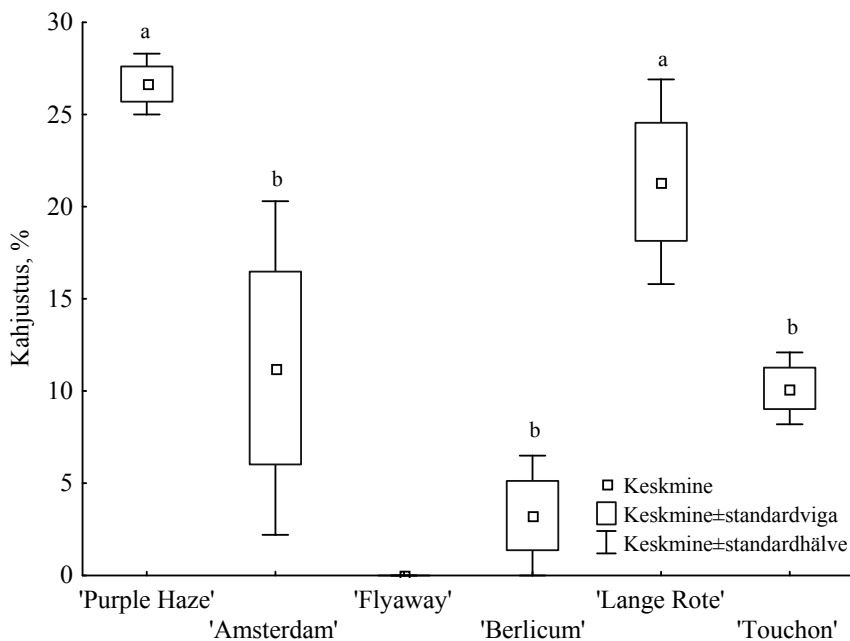
Sellel liigil kahjustavad nii vastsed kui valmikud. Juba lühiajaline porganditaimel toitumine muudab märkimisväärse osa saagist söögikõlbmatuks (Markkula *et al.* 1976). Kahjuri tegevuse tagajärjel lähevad lehed krussi, juurikas puitub, kasv pidurdub, tekib



Joonis 1. Porgandi-lehekirbu (*Trioza apicalis*) poolt tekitatud kahjustus (korduste keskmine, %) erinevatel porgandisortidel. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$) sortidevahelises võrdluses (*LSD*-test) on märgitud erinevate tähtedega

arvukalt narmasjuuri. Selline kahjustuspilt püsib kogu vegetatsiooniperioodi ja taim kahjustusest enam ei taastu. Sündivat kahju porgandi toiteväärtusele ja saagile seletatakse sellega, et kahjur viib taimemahla imemise ajal süljega taimesse toksilisi aineid, mis mõjutavad porgandi ainevahetust. Selle tagajärjel on uued noored lehed krussis ja keerdunud. Kahjustatud porgandilehtedes on täheldatud tavatult kõrget aminohapete taset. Arvatakse ka, et putukatoksiinide toimel käivitab taim oma kaitsemehhanismid, mille tulemusena porgand puitub ja muutub söögikõlbmatuks (Laurema 1989). Ainevahetusproduktid võivad sorditi tugevasti varieeruda. Näiteks leidsid Valterova jt (1997), et porgandi-lehekirbu meelitavad kohale need sordid, mis sisaldavad rohkem sabineeni ja alfa-pineeni, suurem limoneenisaldus aga muudab taime vähematraktiivseks. Nad leidsid ka, et just Nantes-tüüpi porgandid sisaldavad rohkem limoneeni ning on porgandi-lehekirbule vastupidavamad kui näiteks Chantenay-tüüpi porgandid.

Porgandikärbsse kahjustuse analüüs näitas, et kahjustatud porgandite hulk sõltus statistiliselt usaldusväärsest sordist (*ANOVA*, $F_{4;10} = 25,9$; $p = 0,001$; joonis 2). Sortide kahjustuste võrdlus näitas, et porgandikärbsse kahjustus puudus täielikult sordil 'Flyaway'. Vähekahjustatud oli 'Berlicum' (3,2%), järgnesid 'Touchon' (10,1%) ning 'Amsterdam' (11,2%). Nende kolme sordi võrdluses puudus usaldusväärne erinevus (*LSD*-test; $p > 0,05$). Enamkahjustatud olid 'Purple Haze' (26,6%) ning 'Lange Rote' (21,35%), ka nende võrdluses usaldusväärne erinevus puudus (*LSD*-test; $p = 0,23$). Arvatakse, et 'Flyaway' porgandikärbseresistentsuse tagab madal klorogeenhappe sisaldus, mistõttu valmikud ei leia porgandit üles ning see toimeaine on noortele vastsetele letaalne (Ellis



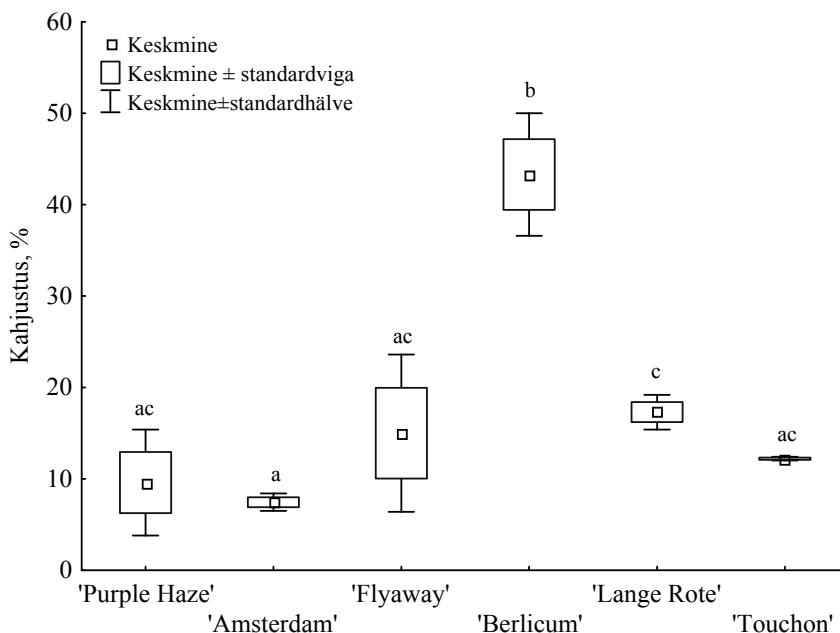
Joonis 2. Porgandikärbsse (*Psilia rosae*) poolt tekitatud kahjustus (korduste keskmine, %) erinevatel porgandisortidel. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$) sortidevahelises võrdluses (*LSD*-test) on märgitud erinevate tähtedega

1999). Selle sordi ühe aretaja Ellise (1999) andmeil pole 'Flyaway' siiski täiesti porgandikärbseresistentne ning ka teda nimetatakse osalise resistentsusega sordiks. Osalise resistentsusega porgandisorte on teisiigi. Näiteks leidis Sazonova (1982) 474 testitud porgandisordi hulgas viis porgandikärbssele osaliselt resistentset sorti, nende hulgas ka Nantes-tüüpi 'Touchoni'. Mõningal määral on resistentsed ka sordid 'Systan' ja 'Resistantfly'.

Ka meie katses oli porgandikärbsse vastsete poolt kahjustatud vaid 10% selle sordi porgandeist. Üldiselt on täheldatud, et lühema kasvuperioodiga sordid on porgandikärbsse poolt tavaliselt rohkem kahjustatud kui keskvalmivad või pika kasvuperioodiga sordid. Meie tulemused olid teistsugused – porgandikärbsse poolt vähemkahjustatud sordiks oli nii 2011. (Metspalu jt 2012) kui 2012. aastal keskiline 'Berlicum'. Bremer jt (1940) leidsid, et kahjustuse intensiivsus sõltus porgandi värvusest ning oranžid porgandisordid on vähemkahjustatud kui punased sordid. Meie katses oligi porgandikärbsse poolt kõige enam kahjustatud punast värvi 'Purple Haze'.

Traatusside poolt kahjustatud porgandite hulk sõltus statistiliselt usaldusväärsest sordist ($F_{5;12} = 19,7$; $p = 0,000$; joonis 3). Sortide omavaheline võrdlus näitas, et 'Berlicum' oli usaldusväärsest rohkem kahjustatud (43,3%) kõikidest ülejäänud sortidest (*LSD*-test; $p < 0,05$). Kahjustuse intensiivsuse poolest järgnesid talle 'Lange Rote' (17,3%), 'Flyaway' (15%) ja 'Touchon' (12,2%). Mõnevõrra vähem olid kahjustatud 'Purple Haze' (9,6%) ja 'Amsterdam' (7,4%).

Traatussid närivad porganditesse sügavaid ristikulgevaid käike, muutes tugeva



Joonis 3. Traatusside (*Elateridae*) poolt tekitatud kahjustus (korduste keskmine, %) erinevatel porgandisortidel. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$) sortidevahelises võrdluses (*LSD*-test) on märgitud erinevate tähtedega

kahjustuse korral porgandi söögikõlbmatuks. Sellised porgandid lähevad ka kergesti mädanema. Sõltuvalt liigist, võivad traatussid olla mullas 1 kuni 5 aastat. Kuna naksurid munevad väga pika perioodi jooksul, on erinevates mullahorisontides korraga väga erinevates kasvujärkudes vastseid, kes on põllul tavaliselt hajusalt. Maailmas tehakse intensiivset kahjurikindlate kultuursortide aretamise alast uurimistööd, kuid traatussiresistentsete porgandisortide kohta ei ole me kirjandusest andmeid leidnud.

Analüüsidest kõiki kahjustusi koos, selgus, et nende määr sõltus porgandisordist ($F_{5,12} = 11,59$; $p = 0,0003$). Enamkahjustatud sort oli 'Lange Rote', kus 43% juurikaist oli kahjustatud, järgnes 'Purple Haze' (42,6%). Erinevad kahjuriliigid eelistasid/vältisid porgandisorte erinevalt. Nii oli traatusside poolt kõige enam kahjustatud 'Berlicum' ja porgandikärkse poolt 'Purple Haze'. Porgandi-lehekirbu kahjustusi oli kõikidel sortidel vähe, veidi rohkem sortidel 'Flyaway' ning 'Purple Haze'.

Üheks põhjuseks, miks porgandisorte valitakse erineva intensiivsusega on see, et nendes sisalduvate sekundaarsete ühendite koosseis on mõnevõrra erinev (Kainulainen *et al.* 1998). Valmikute valikuid mõjutavad ka taimede kuju ning värvus. Nende arvukust võib oluliselt mõjutada porgandi kasvuaegne ilmastik. Meie katses võis porgandikärkse ja porgandi-lehekirbu suhteliselt madala arvukuse üheks põhjuseks olla 2012. aasta jahe ja vihmane juunikuu (EMHI 2012). Meie oludes ilmuvad juunis talvitumast nii porgandikärbes kui ka porgandi-lehekirp. Esimene neist on küll niiskete ilmade ja hämariku putukas, kuid vihmase päris kehvade lennuvõimega tillukese kärkse liikumist. Mõle-

mal liigil takistab lendlust ka madal temperatuur. Näiteks ei lenda porgandi-lehekirp üldse, kui temperatuur on alla 16 °C ning ilm on vihmane (Laska 2011). EMHI andmeil oli 2012. aastal juunikuu keskmine õhutemperatuur 13,2 °C, jäädes alla paljude aastate keskmisele (14,5 °C) ning keskmine sademete hulk oli 88 mm (paljude aastate keskmine oli 61 mm).

Kokkuvõte

Sobivate porgandisortide valikul tuleks lähtuda eelkõige sellest, millised kahjurid on kavandataval kasvukohal probleemiks. Juhul kui probleemiks on porgandikärbes, valige porgandisort 'Flyaway' või ka 'Touchon'. Porgandi-lehekirbu probleemile võiks leevendust tuua 'Amsterdami' kasvatamine. Traatussirohkel põllul ärge kasvatage 'Berlicumi'.

Kuivõrd porgandipõldu võivad üheaegselt kahjustada mitmed kahjuriliigid, kellel sordieelistused on erinevad, kasvatage korraga mitmeid porgandisorte.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Eesti Teadusfondi grantid 8895, 9449 ning SF 0170057s09.

Kasutatud kirjandus

- Andrews, N., Ambrosino, M., Fisher, G., Rondon, S.I. 2008. Wireworm biology and non chemical management in potatoes in the Pacific Northwest. – *Pacific Northwest Extension Publication* **607**, Oregon State University, Corvallis, OR. <http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/pnw/pnw607.pdf>. (28.11.2012)
- Bremer, H., Hahne, H., Korting, A., Langebuch, R. 1940. Beobachtungen quantitativer art über das auftreten von schaden an gemüsepflanzen. – *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten* **50** (8), 402–412.
- Burckhardt, D., Freuler, J. 2000. Jumping plant-lice (Hemiptera: *Psylloidea*) from sticky traps in carrot fields in Valais, Switzerland. – *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* **73**, 191–209.
- Degen, T., Städler, E., Ellis, P.R. 1999. Host-plant susceptibility to the carrot fly, *Psila rosae*. Acceptability of various host species to ovipositing females. – *Annals Applied Biology* **134**, 1–11.
- Ellis, P.R. 1999. The identification and exploitation of resistance in carrots and wild Umbelliferae to the carrot fly, *Psila rosae* (F.). – *Integrated Pest Management Reviews* **4**, 259–268.
- Laska, P. 2011. Biology of *Trioza apicalis* – a review. – *Plant Protection Science* **47** (2), 68–77.
- Laurema, S. 1989. Free amino acids in the psyllid *Trioza apicalis* Först (Homoptera, *Trioziidae*) and in carrot leaves. – *Annales Agriculturae Fenniae* **28**, 113–120.
- Järvan, M. 2000. *Porgand aias ja köögis*. Maalehe Raamat, 102 lk.
- Kainulainen, P., Tarhanen, J., Tiilikkala, K., Holopainen, J.K. 1998. Foliar and emission composition of essential oil in two carrot varieties. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **46**, 3780–3784.
- Markkula, M., Laurema, S., Tiittanen, K. 1976. Systemic damage caused by *Trioza apicalis* on carrot. – *Symposium Biologica Hungarica* **16**, 153–155.
- Metspalu, L., Švilponis, E., Jõgar, K., Hiiesaar, K., Ploomi, A., Kivimägi, I. 2012. Sordid mõjutavad porgandikahjurite valikuid. – *Agronomia 2012*, Tartu, lk. 151–156.

- Nissinen, A., Ibrahim, M., Kainulainen, P., Tiilikkala, K., Holopainen, J.K. 2005. Influence of carrot psyllid (*Trioza apicalis*) feeding or exogenous limonene or methyl jasmonate treatment on composition of carrot (*Daucus carota*) leaf essential oil headspace volatiles. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**, 8631–8638.
- Sazonova, L. V. 1982. Ecological-geographical variability of the phenotypic display of characters of carrot variety populations. – *Trudy po prikladnoi botanike genetike i selektsii* **2** (3), 47–55.
- Tiilikkala, K., Ketola, J., Taivalmaa, S.L. 1996. Monitoring and threshold values for control of the carrot psyllid. – *IOBC/WPRS Bulletin* **19** (11), 18–24.
- Valterova, I., Nehlin, G., Borg-Karlson, A.K. 1997. Host plant chemistry and preferences in egg-laying *Trioza apicalis* (Homoptera, *Psylloidea*). – *Biochemical Systematics and Ecology* **25**, 477–491.
- EMHI. 2012: www.emhi.ee/index.php?ide=6,530&g (28.11.2012)

GENOTÜÜBI MÕJU KÜÜSLAUGU SAAGILE JA SELLE KVALITEEDILE

Priit Põldma, Ulvi Moor, Agnes Merivee

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Põldma, P., Moor, U., Merivee, A. 2013. Genotype effect on yield and quality of garlic. – *Agronomy* 2013.

Field experiment, where 19 winter garlic cultivars and clones were used, was established in East Estonia in October 2011. Following cultivars were planted: Polish cultivars – Arkus, Ornak, Harnas; Lithuanian cultivar – Ziemiai; English cultivars – Chesnok Wight, Iberian Wight, Early Purple Wight, Picardy Wight, Lautrec Wight, Tuscany Wight, Bella Italiano; French cultivars Primor, Germidour, Therador, Thermidrome, Messidor, Messidrome, and Ukrainian Ljubaša. Local clone of winter garlic in Estonia was used as standard cultivar. Three spring garlic cultivars Flavor, Cledor and Printanor of French origin were planted on 22 April 2012. There was no winter damage in garlic crop during the winter 2011/2012 but cultivar Primor was damaged by late spring frosts. Cultivars with the highest yield were Ljubaša and Messidor (1161 and 1158 g m⁻²) followed by Early Purple Wight and Ziemiai. Non-bolting French and English cultivars still developed flower stalks which reduced their yield potential.

Keywords: garlic, genotype, yield

Sissejuhatus

Küüslauku (*Allium sativum* L.) on Eestis kasvatatud väga pikka aega, kuid turunduslik kasvupind on aastaid püsinud 30 ha ringis (Põldma *et al.* 2005). Viimase aastakümne jooksul on huvi küüslaugu kasvatamise vastu suurenenud ning kasvupinnad on varieerunud 66–108 hektari vahel (ESA 2012). Eesti Statistikaameti andmetel varieerub küüslaugu kogutoodang aastati ulatuslikult (74–369 tonni) ning kohaliku toodangu puudujääk tuleb kompenseerida küüslaugu impordiga mujalt maailmast, peamiselt Hiinast ja Lõuna-Euroopa riikidest. Värske küüslaugu import on püsinud suhteliselt stabiilsena 300–400 tonni aastas. Üheks küüslaugukasvatuse laienemist takistavaks teguriks Eestis on olnud ühtlase ja kvaliteetse istutusmaterjali puudumine. Küüslaugul eristatakse põhiliselt kahte tüüpi sorte: putkuvad ja mitteputkuvad. Putkuval küüslaugul areneb liitsibula keskelt välja õisikuvars, mille tippu moodustuvad väikesed sigisibulad. Taim õitsema ei hakka ja ehtsaid seemneid ei moodusta. Seetõttu kasutataksegi küüslaugu paljundamiseks kas küüsi või varrel tekkinud sigisibulaid. Mitteputkuvad sordid õisikuvart ei moodusta, kuid osad neist võivad siiski teatavatel kasvukeskkonna tingimustel osaliselt putkuda (nn. poolputkuvad sordid). Lisaks eelnimetatule eristatakse veel tali- ja suviküüslauku. Liitsibula ning õisikuvarre moodustumist mõjutavad nii päeva pikkus kui ka temperatuur puhkeperioodil ning taimede intensiivse kasvu ajal (Mathew *et al.* 2010). Kasvukoha kliimatilised tingimused võivad mõjutada sama sordi morfoloogilisi tunnuseid, nt koore värvust (Volk, Stern 2009).

Seni on Eestis peamiselt kasvatatud nõukogude ajast säilinud Vene või Ukraina päritolu violetse koorega putkuvaid taliküüslaugusorte, mille liitsibulas on 6–8 küünt. Kuna paljundusmaterjali ei ole uuendatud, siis aja jooksul on see segunenud ning ei anna ühtlase kvaliteediga toodangut. Viimastel aastatel on seemneid ja aiandustarvikuid müü-

vad firmad pakkunud uusi Leedus, Poolas, Inglismaal või Prantsusmaal aretatud sorte.

Käesoleva katse eesmärgiks oli välja selgitada erinevate tali- ja suviküüslaugu sortide sobivust kasvatamiseks Eesti kliimatingimustes.

Metoodika

2011. a sügisel rajati Jõgevamaa Pala valla Tooma talu tootmispõllule katse 18 taliküüslaugu sordiga: 'Arkus', 'Ornak', 'Harnas' (Poola), 'Ziemiai' (Leedu), 'Chesnok Wight', 'Iberian Wight', 'Early Purple Wight', 'Picardy Wight', 'Lautrec Wight', 'Tuscany Wight', 'Bella Italiano' (Inglismaa), 'Germidour', 'Therador', 'Thermidrome', 'Messidor', 'Messidrome', 'Primor' (Prantsusmaa), 'Ljubaša' (Ukraina) ning kontrolliks oli Eestis levinud taliküüslaugu kloon 'Kohalik'. Küüslaugu küüned istutati käsitsi 8. oktoobril üherealiselt vagudesse reavahega 70 cm ning taimede vahega reas 12 cm. Lisaks taliküüslaugu sortidele rajati kevadel (22. aprill) sama istutusseemi järgi katse kolme suviküüslaugu sordiga: 'Flavor', 'Cledor' ja 'Printanor' (Prantsusmaa). Katse viidi läbi neljas korduses, ühe katselapi pindala oli 8,4 m². Katseala asus kerge kuni keskmise liivsavi lõimisega kahkjäl mullal, mille pH_{KCl} oli 5,8. Mulla fosfori- (217 mg kg⁻¹), kaaliumi- (280 mg kg⁻¹), kaltsiumi- (837 mg kg⁻¹) ja magneesiumisisaldused (131 mg kg⁻¹) olid kõrged ning mullatingimused küüslaugu taimede kasvuks soodsad. Katseaastat iseloomustas jahe ning sademeterohke vegetatsiooniperiood, mis üldiselt oli küüslaugu kasvuks sobiv.

Enamus taliküüslaugu sortidest talvitusid 2011/2012 väga hästi, kuigi mulla temperatuur langes veebruaris küüslauguküünte sügavusel -4...-9 °C. Kõige esimesena tärkas kevadel sort 'Primor', mis kahjustus tugevalt kevadise -6 °C külmaga ning arvati seejärel katsest välja.

Kogu katsealale anti sügisel väetist YaraMila Cropcare 3-11-24 normiga 300 kg ha⁻¹, kevadel väetati taimerea kohalt paikselt väetisega YaraMila Cropcare 11-11-21 normiga 550 kg ha⁻¹ ning kasvuaegselt veel ammooniumsalpeetriga normiga 175 kg ha⁻¹. Taimede arengu võrdlemiseks mõõdeti ühel korral kasvuperioodil (5. juuli) taimede kõrgust (maapinnast kuni kõige pikema lehe tipuni cm), loendati lehtede ja roheliste lehtede koguarv ning mõõdeti nihkkaliibriga taime varre läbimõõd vahetult mullapinna lähedal. Küüslaugu saak koristati sõltuvalt sordist ajavahemikul 29.07...18.08. Pärast kuivatamist kaaluti katselappide saak ning arvatati kogusaak ruutmeetrit.

Katseandmed töödeldi ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga ja variantide vaheliste erinevuste võrdlemiseks kasutati piirdiferentsi (*PD*) 95% usutavuse tasemel, kasutades programmi *Statistica* (ver. 11.0, StatSoft Inc. USA). Joonistel ja tabelites ei ole ühesuguste tähtedega tähistatud väärtused statistiliselt oluliselt erinevad.

Tulemused ja arutelu

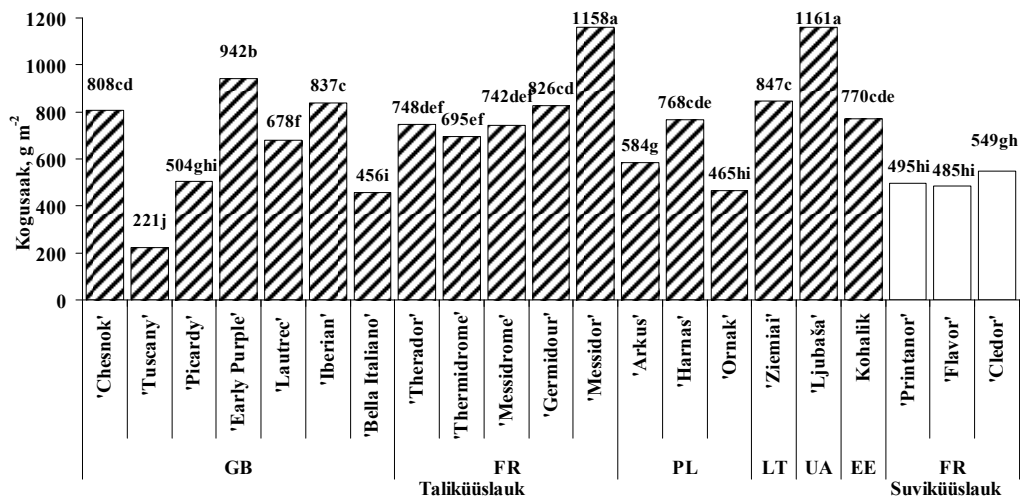
Taimede kõrgus maapinnast kuni kõrgeima lehe tipuni oli katse keskmisena 72,2 cm, varieerudes sõltuvalt sordist 64–89 cm (tabel 1). Lehtede koguarv ning roheliste lehtede arv mõõtmishetkel oli vastavalt 7,3 ja 6,7 ning varre läbimõõd 15,5 mm. Kasvuaegsetes mõõtmisparameetrites sortide vahel suuri erinevusi ei olnud, kuid putkuvatel sortidel oli üldiselt vähem lehti. Küünte arv talisortide liitsibulas oli keskmisena 9,6 ning suvisortidel 15,9. Talisortidest oli suurema küünte arvuga veel Inglismaa päritolu sordid 'Picardy Wight' ja 'Early Purple Wight', vastavalt 13,8 ja 13,9.

Tabel 1. Küüslaugusortide taimede kõrgus, lehtede koguarv, roheliste lehtede arv ja varre läbimõõt mõõdetuna intensiivse kasvuperioodi lõpul (5. juulil) ning liitsibula mass ja küünte arv mõõdetuna koristusjärgelt

Sort	Putku- mine	Kasvuaegsed mõõtmised				Koristusjärgne liitsibula	
		Kõrgus cm	Lehti tk	Rohe- lisi lehti, tk	Varre diam. mm	Küünte arv, tk	Mass g
‘Chesnok’	P	75,5 ^{de}	6,7 ^{ij}	6,1 ^e	16,9 ^{bc}	10,0 ^d	70 ^{de}
‘Tuscany’	MP	63,5 ^j	7,6 ^{efgh}	6,9 ^d	12,7 ^f	10,2 ^d	27 ^h
‘Picardy’	MP	73,5 ^{def}	8,1 ^{bcdef}	7,5 ^{bcd}	12,9 ^f	13,8 ^c	46 ^g
‘Early Purple’	PP	72,0 ^{efgh}	7,9 ^{cdefg}	7,5 ^{bcd}	16,4 ^{bcd}	13,9 ^c	79 ^{bc}
‘Lautrec’	PP	85,5 ^{ab}	5,9 ^{klm}	5,4 ^{fg}	15,7 ^{cd}	9,9 ^d	63 ^{ef}
‘Iberian’	PP	72,5 ^{efg}	8,5 ^{bc}	7,6 ^{bc}	17,8 ^b	10,7 ^d	81 ^b
‘Bella Italiano’	P	88,5 ^a	5,6 ^m	5,1 ^g	16,1 ^{bcd}	10,3 ^d	40 ^g
‘Therador’	PP	66,0 ^{ij}	8,0 ^{cdef}	7,4 ^{bcd}	17,2 ^{bc}	10,2 ^d	68 ^{de}
‘Thermidrome’	PP	64,0 ^j	8,2 ^{bcde}	7,5 ^{bcd}	17,1 ^{bc}	10,1 ^d	72 ^{cd}
‘Messidrome’	PP	67,5 ^{ghij}	8,3 ^{bcd}	7,3 ^{cd}	16,7 ^{bcd}	10,9 ^d	72 ^d
‘Germidour’	PP	68,5 ^{fghij}	8,7 ^b	8,0 ^b	17,7 ^b	10,6 ^d	74 ^{bcd}
‘Messidor’	PP	81,5 ^{bc}	9,4 ^a	8,7 ^a	20,1 ^a	10,9 ^d	101 ^a
‘Arkus’	P	63,5 ^j	6,1 ^{ijklm}	5,4 ^{fg}	13,9 ^{ef}	6,5 ^{ef}	56 ^f
‘Harnas’	P	70,5 ^{efghi}	5,8 ^{lm}	5,1 ^g	13,9 ^{ef}	10,6 ^d	68 ^{de}
‘Ornak’	P	70,5 ^{efghi}	6,5 ^{jk}	6,0 ^{ef}	13,1 ^f	5,1 ^f	44 ^g
‘Ziemiai’	P	72,0 ^{efgh}	5,8 ^{lm}	5,2 ^g	15,1 ^{de}	7,7 ^e	75 ^{bcd}
‘Ljubaša’	P	82,0 ^{bc}	7,3 ^{ghi}	7,0 ^{cd}	16,7 ^{bcd}	6,2 ^{ef}	102 ^a
‘Kohalik’	P	78,0 ^{cd}	6,4 ^{ijkl}	5,9 ^{ef}	16,4 ^{bcd}	5,9 ^{ef}	80 ^b
‘Printanor’	MP	65,5 ^{ij}	7,2 ^{hi}	7,1 ^{cd}	12,4 ^f	17,3 ^a	45 ^g
‘Flavor’	MP	67,0 ^{hij}	7,5 ^{fgh}	7,1 ^{cd}	13,8 ^{ef}	14,4 ^{bc}	43 ^g
‘Cledor’	MP	68,0 ^{ghij}	7,8 ^{defgh}	7,1 ^{cd}	13,2 ^f	15,9 ^{ab}	44 ^g

P – putkuv; MP – mitteputkuv; PP – poolputkuv

Taliküüslaugu sortide keskmine saagikus oli 734 g m⁻² ja suvisortidel 510 g m⁻². Suurima kogusaagiga talisortideks olid Ukraina päritolu ‘Ljubaša’ ning Prantsusmaa päritolu ‘Messidor’, mille kogusaagid olid vastavalt 1158 ja 1161 g m⁻² (joonis 1). Nendele järgnes saagikuselt ‘Early Purple Wight’ (942 g m⁻²). Kontrollvariandina katses olnud klooni ‘Kohalik’ saagikus oli 770 g m⁻². Kui Poola ja Leedu sordid on putkuvad, siis Prantsuse sordid kuuluvad poolputkuvate rühma. Prantsusmaal kasvatades nad tavaliselt õisikuvart ei moodusta. Maaülikooli katsetes aga moodustus kõigil Prantsuse sortidel ning osadel Inglise sortidel osaliselt 1–15 cm pikkune varresisene õisikuvars (19–72% taimedest). Õisikuvarre moodustamist mõjutab tõenäoliselt rohkem kasvukoha laiuskraad (päeva pikkus), kuna nimetatud sortidel moodustus õisikuvars sademeterohkel ja jahedal aastal (2012) ning samuti kuival ja kõrgema keskmise temperatuuriga aastal (2011). Varresisese õisikuvarre moodustumine võib oluliselt vähendada saagipotentsiaali, sordi ‘Messidor’ mitteputkunud liitsibulate keskmine mass oli 110 g ning putkunud taimedel ainult 64 g.



Joonis 1. Küüslausortide kogusaak (kg m⁻²) 2012. katseaastal. GB – Inglismaa, FR – Prantsusmaa, PL – Poola, LT – Leedu, UA – Ukraina, EE – Eesti

Kokkuvõte

Uuematest taliküüslaugu sortidest andsid 2012. aastal parima saagi violetse koorega putkuv sort 'Ljubasha', millel on küüsi keskmiselt 6,2 ning valgekooreline Prantsusmaa sort 'Messidor', millel on küüsi keskmiselt 10,9. Leedu päritolu 'Ziemiai' andis meie kohaliku küüslauguga võrdse saagi. Sellel sordil on liitsibulas keskmiselt 6–9 valkja kattesoomusega kaetud küünt. Poola päritolu sortidest oli parima saagikusega violetse koorega sort 'Harnas'. Inglismaa päritolu sortidest andis suurima saagi violetse kattesoomusega 'Early Purple Wight', mis oli ka katse varajasim sort.

Tänuavaldused

Autorid on tänulikud EV Põllumajandusministeeriumile uurimistöõ finantseerimise eest.

Kasutatud kirjandus

- ESA. 2012. Eesti Statistikaamet. [WWW] www.stat.ee. (10.12.2012.)
- Mathew, D., Forer, Y., Rabinowitch, H.D., Kamenetsky, R. 2010. Effect of long photoperiod on the reproductive and bulbing processes in garlic (*Allium sativum* L.) genotypes. – *Environmental and Experimental Botany* **71**, 166–173.
- Pöldma, P., Merivee, A., Pae, A., Justus, K. 2005. Influence of planting time on the development, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.) in Estonia. – *Acta Horticulturae* **688**, 333–338.
- Volk, G.M., Stern, D. 2009. Phenotypic characteristics of ten garlic cultivars grown at different North American locations. – *Horticultural Science* **44**, 1238–1247.

**AIAKULTUURIDE MIKROPALJUNDUSE KOGEMUSI
EESTI MAAVILJELUSE INSTITUUDI
TAIMEBIOTEHNOLOOGIA OSAKONNAS EVIKA**

Viive Rosenberg, Merili Lükko

Eesti Maaviljeluse Instituut, taimebiotehnoloogia osakond EVIKA

Abstract. Rosenberg, V., Lükko, M. 2013. *The application of micropropagation method for horticultural crops in the Department of Plant Biotechnology EVIKA of ERIA. – Agronomy 2013.*

The research of meristem method and micropropagation of fruit trees and other horticultural crops for cultivating disease-free plantlets and self-rooted trees has been carried out in the Department of Plant Biotechnology EVIKA of ERIA. About 50 accessions of cultivars, land races and selections of top and small fruit species and some trees are grown on special culture media under the controlled growth conditions in vitro. There are cultivars and land races of plum tree, apple tree, pear tree, sweet cherry, sour cherry, raspberry, and strawberry established in tissue culture. As a result of the applied research projects, a propagation technology for cherry tree, sour cherry, and plum tree cultivars has been created. The technology includes steps from culture initiation in vitro to the growth of 2-year old trees in a nursery.

52 cultivars and breeding lines of chrysanthemum and 60 of carnation were preserved as in vitro micro plants.

Keywords: *micropropagation, fruit trees, horticultural crops*

Sissejuhatus

Eesti iseseisvumine tõi meie polettidele suures valikus puuvilju ja marju paljudest riikidest. Viimasel ajal on üha rohkem läinud hinda oma maal või oma aias toodetud puuviljad ja marjad. Meil on kombeks kasvatada viljapuid ka ilupuudena ja tavapäraselt on need esimesed, mida rajatavasse aeda tuuakse. Viimasel aastakümnel on kogetud seda, et väljastpoolt toodud liigid ja sordid ei pea meie kliimatingimustes kaua vastu. Levima on hakanud mitmed väga ohtlikud taimehaigused, näiteks viljapuu-bakterpõletik, tammeäkksurm jt, mis kahjustavad aiakultuure. Nende esinemine on viimastel aastatel tuvasutatud ka Eestis (Põllumajandusameti kodulehekülg). See peaks ettevaatlikuks tegema neid, kes soovivad aeda istikuid osta. Meristeemkultuuri ja mikropaljunduse abil saab paljundada ja kasvatada omajuurset haigusvaba istutusmaterjali. Koekultuuris paljundatud ja nõuetekohases puukoolis kasvatatud istikud ei kannu edasi ohtlikke taimehaigusi. Omajuursetel puudel on ka mitmeid teisi eeliseid. Näiteks, kui puu külmub või muul viisil hukkub ja juured jäävad ellu, taastub viljapuu kiiresti ning ei ole vaja uue istiku muretsemiseks kulutusi teha.

EVIKAs on loodud luuviljaliste, eriti hapukirsipuu, paljundamise ja kasvatamise tehnoloogia, mis võimaldab *in vitro* kultuurist 2 aastaga saada hea kvaliteediga istikud. Maasika kasvatamisel on eriti oluline, et istutusmaterjal oleks taimehaiguste ja kahjurite vaba. Selleks, et head saaki saada, peab maasikaistandusi tihti uuendama. Koekultuuridena on võimalik säilitada hävimisohus olevaid liike, sorte, väga vanu kohalikke sorte ja rahvaaretisi.

Kahjuks käesoleval ajal finantseeritakse teadust ainult projektipõhiselt ja prioritee-

did ei ole soosinud selle valdkonna tegevust. Seetõttu oleme kaotanud väljaõppinud ja kraadiga teadlased ning abipersonali. Oleme vähendanud aiakultuuride säilikute hulka, vaatamata sellele, et katsetulemused näitasid suurepärasest võimalust väärtuslike sortide ja rahvaaretiste pikaajaliseks säilitamiseks. Lõpetatud on ka looduslike käpaliste koekultuuride, mikropaljunduse ja regenerantide loodusesse viimise katsed. Seda uurimistööd finantseeriti projektipõhiselt KIKi vahenditest.

EVIKA labor on spetsiaalselt välja ehitatud ja sisustatud taimsete koekultuuride uurimiseks ja arendustegevuseks. Seni saavutatu ja uued ideed selles valdkonnas peaksid olema tõestuseks selle uurimissuuna arendamise vajalikkusest.

Toome siin ülevaate aiakultuuride mikrokloonimise alal tehtud töödest ja tulemustest Eesti Maaviljeluse Instituudi taimebiotehnoloogia osakonnas EVIKA ja sellele eelnenud asutustes.

Ülevaade uurimistööst ja tulemustest

Aiakultuuride *in vitro* ehk mikropaljunduseks on kõigepealt vaja rajada meristeemkultuurid. Tavaliselt tuuakse EVIKAsse lähtematerjal EMÜ Polli Aiandusuuringute Keskusest. Oluline on see, et lähtematerjal, mis tuuakse 25–30 cm pikkuste oksakestena, oleks võetud sordiehtsa ja hea saagivõimega viljapuudelt. Meristeemkultuuri rajamine on täpset tööd nõudev ja töömahukas protseduur. Alustame tavaliselt märtsis ja püsima jäänud koekultuurid saame 1,5–2 kuu jooksul. Erinevad liigid ja sordid vajavad erinevaid toitesegusid, ülekandmisel erinevat intervalli ja muid tingimusi. Juhtub ka nii, et mõnest sordist ei saagi esimese katsetuse järel koekultuuri. Sageli on selle põhjuseks koekultuuride saastumine seente või bakteritega, hiline mine ülekannetega või toitesegu sobimatus. Kogemused on näidanud, et mida vanem on emapuu, millelt oksad võetakse, seda raskem on paljunemisvõimelist koekultuuri rajada. Need on vaid mõned koekultuuri rajamist mõjutavad tegurid. Mitmeid probleeme oleks vaja veel uurida, eriti vanade viljapuude koekultuuride rajamise õnnestumiseks. Enam-vähem samad põhimõtted kehtivad ka marjapõõsastele (sõstrad, karusmari, mustikad, pohlad). Maasikatega on tunduvalt lihtsam, need alluvad rohttaimede meristeemkultuuride rajamise põhimõtetele. Viljapuude meristeemistikute kasvatamise võib jagada järgmisteks etappideks: meristeemkultuuri rajamine, paljundamine mikrokloonimise teel, juurdumiskõlblike regenerantide kasvatamine, juurdumine, aklimatiseerumine, esimese aasta istikud ja teise aasta istikud. Mikrokloonimisel oleme katsetanud erinevaid toitesegusid, mis erinevad peamiselt kasvuhormoonide ja nende kontsentratsioonide poolest (Vasar *et al.* 2000, 2005).

Hapukirsipuu edeneb hästi EVIKA toitesegul IVMA, mida kasutatakse ka meristeemkultuuri rajamisel. Mikrokloonimisel jagatakse *in vitro* toitesegul arenenud puhmikud 3–5 osaks ja pannakse uuele segule, kus neid saab 4–6 nädala pärast uuesti paljundada. Kui materjali on piisavalt paljundatud, siis jäetakse anumad regenerantidega pikemaks ajaks seisma. Selle aja jooksul kasvavad juurdumiskõlblikud, 2–4 cm pikkused võrsed. Kui need on pisut puitunud, pannakse juurduma. Üldreeglina pannakse puittaimede mikrovõrsed juurduma *in vitro* toitesegule mitmesugustesse anumatesse. See on tunduvalt kallim ja töömahukam, kui EVIKAs loodud meetod. EVIKA tehnoloogia järgi toimub esmane juurdumine plastikrullides turbasubstraadil. Seni on häid tulemusi andnud hapukirsid ja enamuse ploomisorte.

Plastikrullis juurutamine on tunduvalt odavam ja lihtsam kui *in vitro* juurutamine,

milleks on vaja keerulise koostisega steriliseeritud toitesegusid, laboratoorseid tingimusi nende valmistamiseks, steriilseid ruume juurdumiskõlblike võrsete kandmiseks toitesegule ja reguleeritava kliimaga kasvatusruume. Plastikrullides juurutamine toimub kasvuhoones, materjalidest on vaja kasvuturvast, plastikket ja juureergutit. Plastikrullides toimub ka taimekeste aklimatiseerumine, mis on probleemiks *in vitro* juurdunud taimede üleviimisel kasvuhoonesse. Plastikrullis juurduvad võrsed 4–5 nädala jooksul, juurdumisprotsent meie katsetes varieerub 20,5–100%. Tulemusi mõjutasid erinevate kasvustimulaatorite kasutamine, pistikute puitumine ja sordi iseärasused. Pärast juurdumist istutatakse taimekesed ümber I aasta kasvatamise plastikrulli. Kui juurdumiskõlblik pannakse 100–150 võrset, siis kasvatusrulli tavaliselt 12–15 taime. Pärast istutamist hoitakse kasvatusrullid 10–14 päeva kasvuhoones ja seejärel viiakse istikuaeda. Vastava hoolduse juures kasvavad nendest esimesel vegetatsiooniperioodil 40–70 cm pikkused istikud. Need talvituvad plastikrullis ja kevadel istutatakse istikukottidesse, kus sügiseks kasvavad aeda istutamiseks valmis istikud. Istikute kvaliteet sõltub kasvuajast hooldusest. Oleme katsetanud erinevaid väetamisrežiime. Vastavalt väetamisele varieerus 2007. aasta katsetes 'Läti Madalkirsi' istikute pikkus 79–167 cm, harude arv 5–12 ja tüve läbimõõt 1,4–2,1 cm. Osadel istikutel moodustusid ka õiepungad (Aasa *et al.* 2006).

EVIKA katsetes on olnud 24 hapukirsi sorti ja klooni. Koguti ja säilitati 6 erinevat 'Läti madalkirsi' klooni, nendest säilitatakse veel kloone 'Oswald' ja 'Kuusalu'. Viimane on eriti viljakas ja hea kvaliteediga viljadega. Klooni 'Oswald' on madalakasvuline, viljad on pisut väiksemad ja kannab rikkalikult.

Maguskirsipuu mikropaljundust, juurdumist ja aklimatiseerumist on EVIKAs uuritud põhjalikumalt. Katsetes olid peamiselt Eestis aretatud sordid ja aretusnumbrid. Katsetulemused näitasid et maguskirsipuu sordid reageerisid erinevalt nii toitesegu koostisele kui juurdumistingimustele (Vasar *et al.* 1999a, 1999b, 1999c, 2000, 2003)

Maguskirsipuu kõikide sortide istikud ei harunenud alati teisel kasvuaastal. Tugevama istiku saamiseks võiks neid veel ühe vegetatsiooniperioodi kasvatada istikuaias. Maguskirsi paljundamise ja kasvatamise tehnoloogia vajab selles osas veel uurimist ja täiustamist. Praegu annab nende juurutamine *in vitro* tingimustes siiski kindlaid tulemusi. Eriti oluline oleks uurida juurdumisprotsessi ja võrsete puitumisastet ning optimaalse puitumisastme saavutamist mõjutavaid tegureid. Arvatavasti on võimalik nende arenemist ja kasvamist kiirendada, aga selleks on vaja vastavat uurimistööd. Maguskirsipuu sorte ja aretusnumbreid on katsetes olnud kokku 24.

Ploomipuu mikropaljunduse, võrsete juurdumise ja istikuaias kasvatamise katseid on EVIKAs tehtud üle 30 aasta. Ploomipuu koekultuuride rajamisel ja proliferatsioonistaadiumil kasutati EVIKA IV MA toitesegu. Kõikidest katsetatud 46 sordist õnnestus rajada koekultuurid ja neid paljundada. Mikrovõrsete juurdumisel katsetati *in vitro* ja plastikrulli meetodit. Tulemused erinesid sorditi. Mikropaljundatud ploomipuud kasvavad paljudes koduaedades. Neid on EVIKAst väljastatud ca 5000. Mõni tuhat taime on viidud ka Soome, Rootsi, Läti ja Venemaale. Kuigi otseste võrdluskatsete tulemusi ei ole, on vaatlused näidanud, et omajuurset ploomipuud hakkavad varakult kandma, talvituvad sarnaselt poealustel puudega. Enamus omajuursetest ploomisortide meristeempuudest ei anna rikkalikult või üldse juurevõrseid, mis on iseloomulik kirsi meristeempuudele. On üks näide, kui sordi 'Amitar' meristeempuu andis rikkalikult juurevõrseid. Nimetatud puu kasvas kitsastes tingimustes õunapuude vahel.

Õuna ja pirnipuu koekultuuri katseid on viidud läbi 26 õunapuu ja 14 pirnipuu sordiga. Mõlemate liikide kõikidel sortidel andis rahuldavaid või häid tulemusi EVIKA IV MA toitesegu nii koekultuuride rajamisel kui mikropaljundamisel. Meristeemkultuuri regenereerumisel erinesid tulemused sorditi ja sõltusid emapuu vanusest. Ligikaudu 100 aasta vanuse 'Suislepa' meristeemkultuur õnnestus rajada alles 4 katseseeria järel. Samuti saadi regenerandid mitme katseseeria järel ligikaudu 80 aasta vanuse sordi 'Martsipan' pungadest.

Seemneviljalistega on vähem katsetatud, kuna arvatakse, et omajuursed õuna- ja pirnipuud võivad liiga tugeva vegetatiivse kasvuga olla. Seega ei oma seemneviljaliste mikropaljundus majanduslikku tähtsust. Mõnede katsepuude jälgimisel ei ole sellist nähtust täheldatud. Vanim meristeemseltselt paljundatud sordi 'Sügisjoonik' puu, mille algmaterjal pärines Polli aiandist, kasvab Sakus eraaias. Puu hakkas pärast aeda istutamist kandma 4. aastal. Puu kasvab kitsastes oludes, teiste puude varjus. Seni ei ole juurevõrseid moodustanud. Peale õunapuusortide oleme rajanud koekultuurid ja paljundanud õunapuude madalakasvulisi pookealuseid. Neid paljundati aiandusliidu tellimisel 10 000 taime 6 erinevast variandist.

Pirnipuudega on vähem katsetatud. Peamiselt on rajatud meristeemkultuure, katsetatud mikropaljundamist ja säilitamist *in vitro* kollektsioonis. Pirnipuule sobivad samad toitesegud ja kasvatusrežiim nagu õunapuule. Mõned pirnipuud kasvavad kodu- aedades ja kannavad vilju.

Maasikas on üks nendest taimeliikidest, mille kvaliteetset istutusmaterjali ei ole ilma koekultuuri meetodita võimalik kasvatada. Maasikal on viirushaigused, seenhaigused, lestad ja nematoodid, mille vastu on võimalik edukalt kaitsta vaid koekultuuris tervendatud ja paljundatud istutusmaterjaliga. EVIKAs alustati maasikataimede tervendustööga 1982. aastal. Maasika meristeemkultuuri rajamiseks sobib EVIKA kartuli meristeemi toitesegu I, mikropaljundamisel on kasutatud mitmesuguseid modifitseeritud variante.

EVIKAs kasvatatakse ka maasika meristeemistikuid plastikrullis. Sellisel viisil kasvavad taimed kiiremini kui muudes anumates, neid on hea transportida ja kasvukohale istutada. Meil paljundatud maasika meristeemtaimed on ette nähtud istikute tootmiseks, mitte otse tarbepõllu rajamiseks. Oleks liiga kallis nii väärtusliku materjaliga tarbepõldu rajada. Kui maasika meristeemtaimed istutada põllule mai lõpus või juuni algul, võib piisava niiskuse ja hea hooldamise korral igast taimest samal aastal 40 või rohkemgi tütartaime saada.

Maasika meristeemtaimi paljundati *in vitro*. Tavatehnoloogia järgi toimub maasikataimede esialgne juurdumine *in vitro* toitesegul. Sellise tehnoloogia järgi on vaja valmistada ja steriliseerida toitesegud, antiseptilistes tingimustes kanda mikrotaimed juurdumissegule ja seejärel 3–4 nädala jooksul kasvatada taimi reguleeritava kliimaga fütotronis. Kui taimed on juurdunud, siis pestakse taimakesed toitesegust puhtaks ja istutatakse kasvuhoonesse aklimatiseeruma ja juurduma.

Meie katsetes püüti tehnoloogiat lihtsustada ja muuta taimede juurdumise protsess odavamaks. Sellel eesmärgil istutati juurteta taimealged otse turbasubstraati. Katses oli 10 maasikasorti, kõik Eestis peamiselt kasvatatavad ja perspektiivseteks peetavad sordid. Pesemisel sorteeriti juurteta taimealged kahte suurusesse: I variant – puhmiku pikkus 15–30 mm ja alumise osa läbimõõt 2,5–3,5 mm; II variant – puhmiku pikkus alla

15 mm ja läbimõõd alla 2,5 mm. I variandis oli katses 7730 mikrotaimet (10 sorti) ja II variandis 1560 mikrotaimet (3 sorti).

I variandis juurdusid taimekesed 2–3 nädala jooksul ja vastavalt sordile olid 5–6 nädala pärast põllule istutamiseks kõlblikud. Kõikidest sortidest kokku juurdus 89,3% taimedest. Paremini juurdusid sordid ‘Senga Sengana’ (94,2%) ja ‘Bounty’ (90,3%). Kõige vähem juurdus sordi ‘Jonsok’ taimi (66,6%).

II variandis juurdusid taimealged kauem, kuid juurdunud taimede % oli lähedane I variandile. Kuna teise variandi mikrotaimed istutati substraati tihedalt, vahekaugusega 10 mm, oli vaja need ümber istutada ja need said istutuskõlblikeks 8 nädala jooksul. Katsetulemuste põhjal võib järeldada, et maasika meristeemtaimede juurdumise ja aklimatiseerumise protsessi on võimalik lihtsustada. Katseid tuleb jätkata hooldamise täiustamiseks ja sortide erinevuste uurimiseks.

Vaarika mikropaljunduse katsetes oli 12 vaarikasorti. Nende meristeemkultuuride rajamisel ja mikropaljundusel kasutati EVIKA IV MA toitesegu. Mikropaljundatud taimed juurduvad ja kasvavad hästi plastikrullis. Meristeemkultuuri rajamise raskendavaks asjaoluks on see, et eelmise aasta võrsel on peamiselt õiepungad. Seetõttu on vaja katsetada koekultuuride rajamise aega ja materjali. Edu saavutati ka esimese aasta võrsetipust võetud pungade kultiveerimisel. Vaarika mikropaljundatud taimi on katsetatud Polli Aiandusuuringute keskuses. Seni ei ole õnnestunud rajada koekultuuri vaarikasordist ‘Aita’.

Vähem katsetatud kultuuridest ja taimeliikidest

EVIKAs on tehtud katseid veel järgmiste taimedega: kultuurmustikas, pohl, mesimurakas, söödav kusalapuu, viinamari, pampel, punane, must ja valge sõstar, karusmari, kultuurpihlakas, ebaküdoonia, mitmed kase-, haava- ja vahtraliigid, miniroosid, rippkellukad, orhideed, flamingolill, minigerbera.

Dekoratiivtaimedest olid krüsanteemid, daaliad ja nelgid kartuli kõrval esimesed, mille koekultuuridega maailmas katsetama hakati, et vabastada neid viirushaigustest. Ka Eestis olid vääriselgi sordid esimesed, mille koekultuurid loodi ja nendest kasvatati Eesti aiandites haigusvaba istutusmaterjali. Praegu säilitatakse EVIKA *in vitro* kollektioonis 60 vääriselgi sorti. Samuti oli vajadus krüsanteemisortide tervendamiseks ja tootjad kasutasid seda materjali istikute tootmisel. Praegu on EVIKAs säilitamisel 52 krüsanteemi sorti.

Kokkuvõte

Eesti Maaviljeluse Instituudi taimebiotehnoloogia osakonnas EVIKA on üle 30 aasta tegeldud paljude aiakultuuride ja nende sortide meristeemkultuuride rajamise ja mikropaljundusega. Katsetatud toitesegude optimeerimist erinevatel etappidel, taimeliikidele ja sortidele. On loodud mitu originaalset toitesegu ja nende modifikatsiooni, mille kasutamisel on saadud häid tulemusi koekultuuride rajamisel ja mikropaljundamisel. Paljundamisel, juurdumisel ja istikute kasvatamisel on saadud häid tulemusi nende protsesside lihtsustamisel ja *in vitro* keskkonna asendamiseks *in vivo* keskkonnaga.

Teaduse projektipõhisele finantseerimisele ei ole selle valdkonna tegevust peetud prioriteetseks. Seetõttu oleme kaotanud väljaõppinud ja kraadiga teadlased, vastava abiper-

sonali ja vähendanud oluliselt töömahtu. EVIKA labor on spetsiaalselt välja ehitatud ja sisustatud taimsete koekultuuride uurimiseks ja arendustegevuseks. Vältimaks uute taimekahjustajate sissetoomist istutusmaterjaliga, peaks enam toetama mikropaljunduse uurimistööd ja arendustegevust. EVIKAs saavutatu ja uued ideed selles valdkonnas peaksid olema tõestuseks selle uurimissuuna arendamise võimalikkusest.

Tänuavaldus

Uurimistööd on rahastatud mitmetest EV Põllumajandusministeeriumi, Eesti Teadusfondi ja sihtfinantseeritavatest projektidest.

Kasutatud kirjandus

- Aasa, I., Rosenberg, V., Vasar, V., Umborg, U. 2006. Väetamise mõju hapukirsipuu mikropaljundatud võrsete kasvule. – *Agronomia*. Jõgeva, lk. 192–197.
- Põllumajandusameti kodulehekülg [WWW] <http://www.pma.agri.ee/index.php?main=1>
- Vasar, V., Kokk, T. 1990. Koekultuurid viljapuude paljundamisel. – *Taimekoekultuurid*. Harku, lk. 147–161.
- Vasar, V. 1999a. Erinevate süsivesikute kasutamine maguskirsi (*Prunus avium* L.) mikropaljunduses. – *APS Toimetised* **9**, lk. 109–112.
- Vasar, V. 1999b. The effect of glucose as carbon source on *Prunus avium* L. micropropagation. – *Biologia* vol **54**, no 7, p 11.
- Vasar, V. 1999c. The rooting and acclimatization of two cherry species – *Prunus cerasus* L. and *Prunus avium* L. – *Biologia* vol **54**, no 7, p 7.
- Vasar, V. 2000. Hapu- ja maguskirsi juurdumine *in vitro* ja *ex vitro* ning aklimatiseerumine kasvuhuones. – *APS Toimetised* **11**, lk. 105–108.
- Vasar, V. 2003. *Auksiinide ja antioksidantide mõju maguskirsipuu mikrovõrsete in vitro juurdumisele ning järelmõju aklimatiseerumisele ja ex vitro kasvule*. PhD-thesis. Tartu, 156 lk.
- Vasar, V., Rosenberg, V. 2005. The sweet cherry (*Prunus avium* L.) micropropagation in EVIKA. – *Proceedings of the International Scientific Conference “Environmentally Friendly Fruit Growing”*. Tartu, lk. 136–142.

ÕUNASORDI 'LIGOL' PUU KASV, SAAK JA SELLE KVALITEET ERINEVATEL ÕUNAPUU NÕRGAKASVULISTEL KLOONALUSTEL

Toivo Univer, Krista Tiirmaa, Neeme Univer
Eesti Maaülikool

Abstract. Univer, T., Tiirmaa, K., Univer, N. 2013. Tree vigour, yield and yield quality of apple cultivar Ligol on different dwarfing rootstocks. – *Agronomy* 2013.

The effects of eleven rootstocks (M26, M9, B396, P22, P59, P61, P62, P66, P67, Pure 1 and PB4) on the growth and yield of apple cultivar Ligol were studied in a field experiment at the Polli Horticultural Research Centre. Investigations were carried out in young orchard in 2006–2012. The growth on Ligol trees on rootstock M26 was the highest and can be classified as semi-dwarf. The tree vigour on P59, P62, P66, P67, B396 and Pure 1 were close to standard dwarf rootstock M9. Rootstocks P22, P 61 and PB4 can be classified into the group of super dwarf rootstocks. Fruit trees of Ligol on rootstock M26 were the most vigorous and productive. Yields of apple trees on super dwarf rootstocks P22, P61 and PB4 were the smallest. Fruit quality parameters, such as size and the percentage of fruits with blush on more than 50% of the skin surface, were good on most of rootstocks. Smaller size and fewer red coloured fruits were obtained on trees of PB4 rootstock. Ligol trees on rootstocks B396, P62, P67 and PB4 were less damaged by winter than trees on rootstocks M9 and P61 over a period of eight years.

Keywords: apple, clonal rootstock, growth, fruit firmness, trunk diameter, winter hardiness

Sissejuhatus

Euroopa puuviljaaedades on üle mindud nn madaltihedate õunapuuistanduste rajamisele. Lõuna- ja Lääne-Euroopas laialtlevinud nõrgakasvuline kloonalus M9 ja poolnõrgakasvuline M26 on Eestis ja meie lähinaabrite juures keskpärase või kohati ebapiisava talvekindlusega (Zhabrovsky, Samus 1999). Palk (1987) ei soovitanud M9 võrsikutele poogitud istikutega ärilisi õunaaedu rajada, sest kloonaluse M9 emataimede ja puukooli istikute juured on karmidel ja lumevaestel talvedel kahjustunud Pollis ja teistes puukoolides. Talvekindlaid õunapuu kloonaluseid aretatakse Venemaal, Poolas, Valgevenes, Lätis, Soomes, Eestis jm (Lepsis 1999, 2006; Univer 2000). J. Palgi ja A. Veidenbergi aretatud E-tüüpi kloonalused on valdavalt tugevakasvulised (Haak, Jalakas 2001). Nende seas on üks keskmise kasvatugevusega (E20) ja üks nõrgapoolse kasvuga (E75) (Haak 2003; Univer *et al.* 2012b). Eesti puuvilja- ja marjakultuuride soovitussoortimendis on paljundamiseks soovitatud kahte nõrgakasvulist õunapuu kloonalust – B9 ja B396. Uute kloonaluste kliimaatilise adaptatsiooni ja viljakate pookekombinatsioonide leidmiseks on Baltimaades rajatud katseistandike võrgustik (Bite *et al.* 1999). Eestis on vastavad katsed rajatud Pollis. Käesoleva katse eesmärgiks on välja selgitada uute õunapuu kloonaluse tüüpide kasvatugevus, kohastuvus Eesti mullastiku ja kliimaatiliste tingimustega ning nendele vääristatud puude saagivõime ja saagi kvaliteeditase.

Materjal ja meetodika

Õunapuu vegetatiivaluste katse rajati 2005. a kevadel 11 alusetüübiga. Uuritavatest pookealustest kuus on aretatud Poolas: P22, P59, P61, P62, P66 ja P67. Lisaks neile on üks aretatud Lätis – Pure 1, üks Valgevenes – PB4 ja üks Venemaal – B396. Võrdlusvariantideks olid Euroopas laialt kasutatav nõrgakasvuline vegetatiivalus M9 ja poolnõrgakasvuline ehk nõrgapoolse kasvuga M26. Igast pookekombinatsioonist istutati 12 puud, iga variant oli 4 korduses (korduses 3 puud). Katse rajati randomiseeritud blokina. Üheaastase kultuurosaga Poola sordi 'Ligol' 132 puud istutati skeemiga $4 \times 1,5$ m (1666 puud ha⁻¹). Katsematerjal kasvatati Leedu Aianduse Instituudis. Puid kärbiti peale aeda istutamist 90 cm kõrguselt ja neil kujundati vabakujuline koonalvõra.

Puudel mõõdeti tüve läbimõõd (mm) 30 cm kõrguselt, puu kõrgus (m), võra laius (m), kaaluti õunte saak (kg) ja leiti keskmine vilja mass (g). 2012. aastal hinnati viljade kvaliteeti, kus 50 viljast koosnevas proovis mõõdeti vilja läbimõõd (mm), hinnati vilja kattevärvuse ulatus (%) ja vilja kärntõve kahjustus (0–5 palli skaalas). Mõõdeti viljaliha tugevust TMS-Pro penetromeetriga, mille 11 mm läbimõõduga otsik suruti 8 mm sügavusele viljalihasse. Viljaliha tugevus määrati novembris ja väljendus maksimumjõuna njuutonites (N).

Katseala paikneb Lõuna-Eestis keskmiselt leetunud kamar-leetmullal, lõimiseks on keskmine liivsavi, huumushorisoni tusedus 22–27 cm, huumuse sisaldus 1,7%, pH 6,0. Mulda kaaliumi- ja fosforisisaldus oli keskmine kuni kõrge (K 136 mg kg⁻¹, P 102 mg kg⁻¹). Põhjavesi asub 1,5–2 m sügavusel. Esimesel kahel kasvuaastal hoiti istandust mustkesas. 2006. a suvel külvati kultuurkamara moodustamiseks kogu katseala reavahedesse kõrreliste heintaimede ja valge ristiku seemnesegu. Reavahesid niideti rootorniidukiga 5–8 korda suve jooksul. Puude võraalused ja puude vahed reas hoiti umbrohuvabad herbitsiidide abil. Õunapuid väetati igal kevadel ammooniumsalpeetriga, kulunormiga 60 kg N tegevaines võraaluse pinna hektari kohta. Kaheksa-aastase katseperioodi jooksul esines kaks ebasoodsat aastat, mil puudele tekkis talvekahjustusi.

Katsetulemuste esitamisel kasutati mõõdetud karakteristikute aritmeetilist keskmist ja selle hälvet (S_x), saagiandmete puhul kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi. Keskmiste mitmeseks võrdlemiseks kasutati *Tukey* testi, mille abil selgitati üksteisest oluliselt erinevad tasemed.

Tulemused ja arutelu

Puude kasvutugevust väljendavad puude kõrgus, võra laius ja tüve läbimõõd. Neljandal aastal pärast aeda istutamist olid oluliselt madalamatel pookealustel P61 ja PB4 kasvavad puud ning kõrgemakasvulistele pookealustele M26, P67 ja P62 vääristatud puud (tabel 1). Samasugune jaotus esines ka tüve läbimõõdu võrdlusel. Võra läbimõõd varieerus varianditi 102–192 cm piires. Puude võrad reas puutusid kokku enamikes katsevariantides.

2012. aastal, olles aias kasvanud 8 aastat, jäi puude kõrgus sõltuvalt pookealusest vahemikku 170–255 cm. Sellise kõrgusega puudelt saab saaki koristada maapinnal seistes redelit kasutamata. Madalama kasvuga puud olid pookealustel P61 (170 cm), PB4 (182 cm) ja P22 (202 cm). Oluliselt kõrgemaks kasvasid puud, mis olid vääristatud pookealustele P62 (255 cm) ja M26 (250 cm). Laiema võraga puud kasvasid pookealustel B396 ja P62,

kuid variantidega P66, M26, M9, P59 ja Pure 1 statistiliselt usutavat erinevust ei olnud. Tüve läbimõõt oli kontrollvariandiga M9 sarnane pookekombinatsioonis B396, P62 ja P67 ning usutavalt jämedam oli tüvi pookekombinatsioonis M26 (6,7 cm). Võra laiuse ja tüve läbimõõdu alusel rühmitusid nõrgema kasvuga pookekombinatsioonide rühma P61, PB4 ja P22. Sarnases katses õunasordiga 'Auksis' rühmitusid pookealused puu kõrguse ja tüve läbimõõdu järgi alljärgnevalt: P61, PB4 ja P22 ning osutusid samuti kasvult nõrgemaks võrreldes pookealusele M9 vääristatud puudega (Univer *et al.* 2010).

Tabel 1. Õunasordi 'Ligol' puude vegetatiivse kasvu parameetrid erinevatel pookealustel 2008. ja 2012. a. Tähed indeksites näitavad usaldusväärset erinevust keskmiste vahel *Tukey* testiga ($p < 0,05$)

Pooke- alus	Puu kõrgus, cm		Võra laius, cm		Tüve läbimõõt, cm	
	2008	2012	2008	2012	2008	2012
M26	217 ^e	250 ^d	192 ^e	180 ^{cd}	3,6 ^e	6,7 ^f
P59	165 ^b	217 ^{bc}	147 ^{cd}	179 ^{cd}	2,2 ^b	4,3 ^c
P61	140 ^a	170 ^a	102 ^a	130 ^a	1,8 ^a	2,4 ^a
P66	165 ^b	220 ^{cd}	145 ^{cd}	195 ^{cd}	2,6 ^{bcd}	4,9 ^{de}
Pure 1	165 ^b	220 ^{cd}	150 ^{cd}	168 ^{bcd}	2,5 ^{bc}	4,6 ^{cd}
B396	167 ^{bc}	237 ^{cd}	152 ^{cd}	205 ^d	2,5 ^{bc}	5,0 ^{de}
P67	192 ^d	237 ^{cd}	165 ^d	165 ^{bc}	3,0 ^d	5,2 ^e
P62	177 ^{cd}	255 ^d	157 ^{cd}	200 ^d	2,9 ^d	5,2 ^e
PB4	145 ^a	182 ^{ab}	115 ^{ab}	140 ^{ab}	2,0 ^a	3,4 ^b
P22	152 ^{ab}	202 ^{abc}	132 ^{bc}	145 ^{ab}	2,3 ^{bc}	3,7 ^b
M9	167 ^{bc}	230 ^{cd}	147 ^{cd}	180 ^{cd}	2,7 ^{cd}	5,5 ^e

Nõrgakasvulistele alustele vääristatud puud õitsesid ja viljusid teisel aastal peale aeda istutamist, katsevariantidest koristati 0,3–1,5 kg õunu puu kohta. Järgmisel aastal oli saak vahemikus 0,9–3,7 kg puult ja neljandal kasvuaastal 1,7–5,6 kg puult. Esimesel katseperioodil (1–4 aastat) kogutud saak jäi vahemikku 3,0–9,6 kg puu kohta (tabel 2). 2009. aastaks oli puude võra välja kujunenud. Puud õitsesid rikkalikult ja õite viljastumine oli edukas. Esimesel suure saagi aastal eristusid pooke-kombinatsioonid hästi puude saagivõime alusel. Pookealusele M26 vääristatud puudelt koguti keskmisena 35,7 kg õunu. Mõnevõrra madalama saagiga (21,3–26,1 kg) puud olid pookealustel P67, M9, P62, B396. Väiksemasaagiliste pookealuste rühma jäid P61, P59, PB4 ja P22.

2009/2010. a talv oli pakaseline, miinimumtemperatuur langes kuni $-35,3$ °C. Madal temperatuur põhjustas viljaokste (viljapaunad ja rõngasoksad) kahjustusi katsesordil 'Ligol', mistõttu oli 2010. aastal puude saak tagasihoidlik ja jäi vahemikku 0,1–4,8 kg puult. 2011. a (seitsmendal aastal peale aeda istutamist) puude seisund mõnevõrra paranes. Suurim keskmine saak puult oli pookealustel M26 (23,1 kg) ja P62 (21,8 kg). Võrdlusalusega M9 (13,6 kg) sama suur saak koguti variantides P66, P59, B396, Pure 1 ja P67. Ka 2012. aastal oli puude saagitase mõjutatud kahest eelnevast pakaselisest talvest. Katsepuude saak katsevariantides jäi vahemikku 8,8–23,1 kg. Suurem oli see pookealustele M9 (23,1 kg) ja M26 (22,9 kg) vääristatud puudel. Kaheksa katseaasta summaarne

saak küündis 89,6 kg puult pookealusel M26. Pookealuseid saab reastada vastavalt puude keskmisele saagikusele alanevas järjestuses alljärgnevalt: M26, M9, P62, P67, P66, B396 ja Pure 1 ning P59, P22, PB4 ja P61 (tabel 2).

Tabel 2. Õunasordi 'Ligol' puude saak (kg puult) erinevatel pookealustel aastatel 2006–2012. Tähed indeksites näitavad usaldusväärset erinevust keskmiste vahel *Tukey* testiga ($p < 0,05$)

Pooke- alus	Saak, kg puult					Summaarne saak 2006– 2012, kg
	2006–2008	2009	2010	2011	2012	
M9	7,9 ^{NS}	23,9 ^{de}	1,8 ^{ab}	13,6 ^{bc}	23,1 ^d	70,3
M26	6,4	35,7 ^f	1,5 ^{ab}	23,1 ^e	22,9 ^d	89,6
P22	4,6	14,9 ^{bc}	1,4 ^{ab}	7,3 ^{ab}	8,8 ^a	37,0
P59	7,1	11,9 ^b	3,2 ^{bc}	13,2 ^{bc}	11,9 ^{abc}	47,3
PB4	5,3	13,2 ^{bc}	0,1 ^a	4,8 ^a	10,7 ^{abc}	34,1
P61	3,0	5,6 ^a	3,7 ^{bc}	0,5 ^a	9,1 ^{ab}	21,9
P62	7,9	22,7 ^{de}	1,2 ^{ab}	21,8 ^{de}	20,1 ^{cd}	73,7
P66	7,2	20,6 ^d	4,8 ^c	10,4 ^{bc}	19,8 ^{cd}	62,8
P67	9,6	26,1 ^e	3,7 ^{bc}	17,4 ^{cde}	12,4 ^{abc}	69,2
Pure 1	5,8	18,3 ^{cd}	0,9 ^a	15,6 ^{cd}	11,3 ^{abc}	51,9
B396	7,7	21,3 ^{de}	2,4 ^{abc}	13,8 ^{bc}	11,2 ^{abc}	56,4

NS – statistiliselt usaldusväärne erinevus katsevariantide vahel puudub.

Uuritavad pookealused olid kasvukoha mullastiku, temperatuuri- ja niiskusrežiimi ning talvitumistingimuste suhtes erineva kohastumisega. 2008. aastal (neljandal kasvuaastal) oli aeda istutatud 132 puust hävinud 12 puud (9%). Järgmisest nelja-aastasest katseperioodist olid kaks talve (2009/2010 ja 2010/2011) lumerohked ja pakaselised. Kahesanda katseaasta sügiseks oli säilinud 73 puud (55,3%) ja hävinud 59 puud (44,7%). Pookealustel P62, B396, PB4 ja P67 oli säilinud igaühel 9–11 puud (77,5–83%). Suurem puude väljalangevus (83–92%) oli pookealustel M9 (11 tk) ja P61 (10 tk), mistõttu võib neid lugeda talveõrnadeks.

Sordi 'Ligol' keskmine vilja mass aastate lõikes oli 157 g (tabel 3). Puude vananemisel ilmnes tendents keskmise vilja massi vähenemise suunas. Tõenäoliselt põhjustasid kaks pakaselist talve puude stressi ja tüve kahjustusi, mis häirisid viljade normaalset kasvu.

2012. aastal määrati viljade jagunemine saagis õunte läbimõõdu alusel. Katse keskmisena oli väikseid, alla 60 mm läbimõõduga õunu 9,6% (tabel 4). Valdava osa (77,6%) saagist moodustasid õunad läbimõõduga 60–74 mm. Väga suuri õunu, läbimõõduga üle 75 mm oli 12,8%. Alla 64 mm läbimõõduga viljade osatähtsus oli suurim kloonalusele PB4 vääristatud puude saagis (64%) ja väikseim oli selliste viljade osatähtsus kloonalustele P67 ja B396 vääristatud puude saagis, vastavalt 8% ja 14%.

Tabel 3. Õunasordi 'Ligol' vilja mass (g) erinevatel pookealustel aastatel 2006–2012. Tähed indeksites näitavad usaldusväärset erinevust keskmiste vahel *Tukey* testiga ($p < 0,05$)

Pookealus	Vilja mass, g				
	2006–2008	2009	2010	2011	2012
M9	149 ^a	184 ^{bc}	167 ^{bc}	149 ^{ab}	145 ^a
M26	162 ^b	199 ^c	166 ^{abc}	149 ^{ab}	140 ^a
P22	151 ^{ab}	173 ^{abc}	177 ^c	156 ^{ab}	150 ^a
P59	144 ^a	170 ^{abc}	154 ^{ab}	137 ^{ab}	151 ^a
PB4	153 ^{ab}	151 ^a	148 ^a	173 ^b	131 ^a
P61	138 ^a	197 ^c	153 ^{ab}	192 ^{ab}	149 ^a
P62	171 ^b	196 ^c	175 ^c	160 ^b	144 ^a
P66	150 ^a	183 ^{bc}	175 ^c	163 ^b	147 ^a
P67	158 ^{ab}	186 ^{bc}	175 ^c	146 ^{ab}	143 ^a
Pure 1	150 ^a	161 ^{ab}	172 ^c	121 ^a	132 ^a
B396	145 ^a	169 ^{ab}	167 ^{bc}	148 ^{ab}	125 ^a

Tabel 4. Õunasordi 'Ligol' viljade kvaliteedinäitajad 2012. aastal

Pookealus	Vilja läbimõõt, mm					Kattevärvus >50% viljast	Kärntöve kahjustus, % viljadest	Viljaliha tugevus, N
	<60	60–64	65–69	70–74	<75			
M26	2	20	32	40	6	86	32	48±5
P59	14	28	28	20	10	60	22	44±4
P61	4	26	30	39	10	74	46	49±5
P66	4	26	36	28	6	30	35	40±2
Pure 1	20	23	36	13	8	92	40	44±4
B396	4	10	30	44	12	76	46	47±8
P67	4	4	24	18	50	60	26	55±6
P62	16	18	48	18	–	68	35	48±5
PB4	28	36	28	8	–	30	41	43±3
P22	4	24	40	18	14	58	42	52±7
M9	6	20	34	16	24	62	30	43±3
Keskmine	9,6	21,3	33,3	23,0	12,8	63,3	35,9	46,6

Sordi 'Ligoli' viljad on turul atraktiivsed. Tarbimisküpsed õunad on märgatavate kantidega, rohekaskollased, ilusa helepunase kattevärvusega. 2012. a olid kahes variandis PB4 ja P66 õunad vähevärvunud, kattevärviga oli kaetud alla 50% vilja pinnast. Edaspidisel uurimisel vajavad nimetatud alusetüübid suuremat tähelepanu, et selgitada välja põhjuslikku seost viljade kattevärvuse tekkel. 2012. a kasvuperioodil olid kevad, suvi ja sügis keskmisest tunduvalt sademeterikkamad, mis soodustas õunapuu-kärntõve arengut ning massilist levikut.

Kärntõvest nakatunud vilju oli erinevates variantides 22–46%, kuid valdaval osal kärntõppe nakatunud viljadest (71–85%) oli kahjustuse aste väike (1–2 palli), mistõttu viljade kärntõve kahjustus jäi esimese kvaliteediklassi nõuete (alla 0,25 cm²) piiresse.

Õunasordi 'Ligol' viljad on tugeva viljalihaga. Novembrikuus mõõdeti viljaliha tugevuseks 45–55 njuutonit (N). Ka varasemates katsetes paistsid sordi 'Ligol' viljad silma tugeva viljaliha poolest. Koristusjärgselt mõõdeti viljade tugevuseks 68,1–89,0 N (Univer *et al.* 2012a).

Pookealuste erinev mõju neile vääristatud sordi vegetatiivsele kasvule võimaldab vegetatiivselt paljundatavaid ehk kloonaluseid rühmitada tugeva-, keskmise- ja nõrgakasvulisteks. Nõrgakasvulistele pookealustele vääristatud õunapuud on madalamad, ümarguselt 50% seemikalustele vääristatud sama sordi puu kõrgusest. M9 on tuntuim nõrgakasvuline kloonalus maailmas. M26 jääb kasvutugevuselt keskmisekasvulise MM106 ja nõrgakasvulise M9 vahele (Wertheim 1998). J. Palk (1987) nimetab sarnast aluste rühma nõrgapoolse kasvuga pookealusteks. Kloonalusest M9 nõrgema kasvuga kloonalused tuleb rühmitada kääbusaluste hulka.

Noores (1–4 aastat) istanduses ületas M26 puu kõrguse ja tüve läbimõõdu poolest M9, kuid mitte võra läbimõõdu osas (Haak 2006). B396 osutus Leedus poolnõrgakasvuliseks (Kviklys 2002), Valgevenes nõrga- või poolnõrgakasvuliseks (Kaprichnikova 1999), kuid Lätis nõrgakasvuliseks (Bite 1999). Seega mõjutavad kasvuperioodi pikkus, õhutemperatuuri tase ja niiskusrežiim puude vegetatiivset kasvu ja juurestiku arengut sedavõrd, et puud erinevad ühe kloonaluse piires kasvutugevuselt. Valgevenes tehtud katsetes oli PB4 varaviljakas ning kindlustas puu kääbusja kasvu (Samus, Gruševa 2009). Varaviljakust soodustab kääbusaluse kalduvus lõpetada puul võrsete kasv ja moodustada võrsel tipupung varakult juba juulis–augustis (Rjabtzeva 2008). Nõrga- ja poolnõrgakasvulistele pookealuste mõju puu kõrguse ja läbimõõdu osas ilmneb selgepiirilisel kandealuste puude juures. Lehestiku pind arvestatuna hektari kohta on 2–3 korda suurem (Rjabtzeva 2008). Puude võra mahu ja lehestiku pinna erinevusega on seletatav saagi suurus nimetatud pookealuse katses. Mida nõrgema kasvuga on puud, seda väiksem on puu saak. Vilja suuruse osas on erinevused väiksemad ja tõenäoliselt oleneb see vegetatiiv- ja generatiivpungade vahekorra puul. Peale talvekahjustusi osutub puu stressiseisund vilja suurust kahandavaks teguriks. Sordi 'Ligol' viljaliha tugevus Poolas läbi viidud katses, kus võrreldi erinevaid kloonaluseid, oli sarnane Eesti omaga, kuid näitas sõltuvust aastate kasvuperioodi erisusest (Tomala, Slowinska 2006).

Kokkuvõte

1. Istanduses kaheksa aastat kasvanud puude kõrguse ja tüve läbimõõdu alusel jagunesid pookealused kolme rühma: poolnõrgakasvuline M26; nõrgakasvulised M9, P59, P62, P66, P67, B396 ja Pure1; kääbuskasvulised P22, P61, PB4.

2. Uuritavad pookealused pookekombinatsioonis sordiga 'Ligol' erinesid talvekindluse ja saagivõime poolest.

3. Puu kõrgema kasvuga ja jämedama tüvega pookekombinatsioon M26 on suurema saagiga.

4. Kääbusja kasvuga pookekombinatsioonid alustel P61, P22, PB4 on väiksema saagilised.

5. Sordi 'Ligol' puud vääristatuna poolnõrga-, nõrgakasvulistele ja kääbusalustele annavad hea kvaliteediga õunu. Valdav osa saagist kuulub ekstra ja esimesse kvaliteediklassi.

6. Äriliste õunaistanduste rajamisel tuleb arvestada pookealuse mõju puu talvekindlusele. Pookealustele B396, P62, P67 ja PB4 vääristatud sordi 'Ligol' puud hävis kaheksa-aastase katseperioodi lõpuks vähem kui pookealustel M9 ja P61.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud EAS (projekt nr EU29768).

Kasutatud kirjandus

- Bite, A., Kviklyš, D., Haak, E., Lukut, T.F. 1999. International project „Baltic fruit rootstock studies”. – *Apple rootstocks for intensive orchards*, Proceedings of the International Seminar, Toim. A. Sadowski, Warsaw-Ursynow, Poland, 17–18.
- Haak, E., Jalakas, M. 2001. Õunapuu kloonaluste aiakatsete tulemustest Eestis. – *Agraarteadus*, **13**(1), lk. 8–13.
- Haak, E. 2003. Kloonaluste ja vahepoogendite mõjust õunapuude kasvule ja saagikusele. – *Agraarteadus*, lk. 14(5), 251–259.
- Haak, E. 2006. Growth intensity of apple-trees on clonal rootstocks before the beginning of fruit bearing. – *Agronomijas Vestis* (Latvian Journal of Agronomy), **9**, lk. 28–31.
- Kaprichnikova, N.G. 1999. Effect of clonal rootstocks on apple tree performance during first five years after planting. – *Apple rootstocks for intensive orchards*, Proceedings of the International Seminar, Toim. A. Sadowski, Warsaw-Ursynow, Poland, 49–50.
- Kviklyš, D. 2002. Apple rootstock research in Lithuania with aspect to fruit quality and tree productivity. – *Sodininkyste ir Daržininkyste* **21**(3), 3–11.
- Lepsis, J. 1999. Evaluation of rootstocks B9 and Pure1 in a modern orchard in Latvia. – *Apple rootstocks for intensive orchards*, Proceedings of the International Seminar, Toim. A. Sadowski, Warsaw-Ursynow, Poland, 69–70.
- Lepsis, J. 2006. Evaluation of apple rootstock Pure 1. – *Agronomijas Vestis* (Latvian Journal of Agronomy), **9**, 75–79.
- Palk, J. 1987. Õuna- ja pirnipuude kasvatamine. Tallinn, Valgus, 112 lk.
- Rjabtzeva, T.V. 2008. Growth and fruiting dynamics of apple variety 'Antey' on rootstocks of different growth vigor depending on crowning type of planting material. – *Fruit Growing*, **20**, 78–88.

- Samus, V.A., Grusheva, T.P. 2009. Growth of Belorussian apple cultivars on dwarf rootstock PB-4 at no-replantation technology. – *Fruit Growing*, **21**, 61–69.
- Zhabrovsky, I.E., Samus, V. 1999. Winter hardiness of clonal apple rootstock under conditions of Belarus republic. – *Apple rootstocks for intensive orchards*, Proceedings of the International Seminar, Toim. A. Sadowski, Warsaw-Ursynow, Poland, 125–126.
- Tomala, K., Slowinska, J. 2006. The effect of rootstock of the physiological status and the storage ability of 'Elise' apples. – *Agronomijas Vestis* (Latvian Journal of Agronomy), **9**, 162–166.
- Univer, T. 2000. The breeding of apple rootstocks in Estonia. – *Transactions of the Agricultural University*, **208**, Agronomy, Tartu, 180–182.
- Univer, T., Kviklys, D., Lepsis, J., Univer, N. 2010. Early performance of 'Auksis' apple trees on dwarfing rootstocks in the Baltic region. – *Agronomy Research*, **8** (Special Issue III), 743–748.
- Univer, N., Tiirmaa, K., Ojarand, A., Univer, T. 2012a. Mõnede õunasortide sisemise kvaliteedi muutusest säilitusperioodil. – *Agronomia* 2012, lk. 221–224.
- Univer, N., Tiirmaa, K., Univer, T. 2012b. Õunapuu pookealuse E75 mõju enamlevinud ja uute õunasortide puu kasvule, saagile ja selle kvaliteedile. – *Agronomia* 2012, lk. 225–232.
- Wertheim, S.J. 1998. *Rootstock Guide*. Fruit Research Station Wilhelminadorp the Netherlands. 144 pp.

MITMESUGUST

KÜLVISENORMI JA REAVAHELAIUSE MÕJU PÄIDEROO (*PHALARIS ARUNDINACEA* L.) SEEMNESAAGILE

Ants Bender

Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. Bender, A. 2013. Effect of seeding rate and row spacing on seed yield of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.). – *Agronomy* 2013.

Reed canarygrass (RCG) is widely spread in Estonia. Flooded fertile alluvial soils, river and creek banks are its main natural habitats. The species had a great importance in agricultural production at the time when conserved forage for feeding ruminants was collected from semi-natural grasslands. In recent years, the species has regained farmers' interest as a possible biofuel source. The forage production potential and herbage quality connected with their causal factors have been studied in Estonia for a long time, but not the seed production technology of RCG. In order to encourage seed producers, field trials were conducted at the Jõgeva Plant Breeding Institute to specify the details of seed production technology of RCG. Current article covers the impact of sowing rate and row spacing on seed yield and 1000 kernel weight of RCG. The effect of seeding rate on seed yield distinctly appears in the first year's seed yield. In our trial, the least seeding rate (4 kg ha⁻¹) had the biggest seed yield. Results of our trials indicate that row spacing in the range of 15–45 cm does not affect seed yield significantly in the first crop year. Increase of row spacing within abovementioned range allows reducing seeding rates thus economize on costs. The row spacing of 45 cm has an additional advantage if mechanical weed control is planned during seeding year.

Keywords: reed canarygrass, row spacing, seeding rate, seed yield, 1000 kernel weight

Sissejuhatus

Päideroog on Eestis laia levikuga kõrreline, mis kasvab looduslikult jõgede ja ojade üleujutatavatel viljakatel uhtlammidel ja kallastel. Liik oli põllumajanduslikus tootmises oluline ajal, mil rohusööjate loomade talvine sööt varuti pool-looduslikelt rohumaadelt. Hiljem on päideroog kasutusel olnud kultuurniitude rajamisel kuivendatud madalsoo turvasmuldadel, sest on üks väheseid kõrrelisi aas-rebasesaba, ohtetu püsikluste ja põldtimuti kõrval, mis sealsetes agro-meteoroloogilistes tingimustes pikaajalise ja saagika niidutaimiku moodustab. On suure saagipotentsiaaliga. Annab Eestis kaheniitelise kasutuse korral 8–12 t kuivainet hektarilt (Koitjärv 1987, 1989; Annuk 1992). Viimastel aastatel on päideroog tõusnud huviorbiiti seoses tema võimaliku kasutamisega biokütuse-na. Liigi saagivõimet ja saagi kvaliteeti ning neid mõjutavaid tegureid on Eestis pikka aega uuritud, kuid seemnekasvatuse agrotehnikat väga vähe. Agronomilistes teatmeteostes soovitatakse seemnepõld rajada laiarealises külvis külvisenormiga 6–12 kg ha⁻¹ (Korjus 1958; Rand 1992), niidutaimikute rajamisel on soovitatav puhaskülvinorm 15 kg ha⁻¹ (Adojaan 1964). Laia reavahe vajalikkust põhjendatakse liigi võimega levida võsunditega. Päideroo seemnesaagi kohta on kirjanduses andmeid vähe, enamasti on saaginumbriid tagasihoidlikud – 80–200 kg ha⁻¹.

Eestis oli uue aastatuhande algul 286 000 ha kasutamata põllumaad (Astover *et al.* 2007). Võsastumise ärahoidmiseks peeti õigeks neid alasid kasutusele võtta bioener-

gia tootmise eesmärgil. Päideroog, kui potentsiaalne energiakultuur, pakub selleks ühe võimaluse. Lihtsustuks ka sortide valik, sest poleks vaja jälgida alkaloidide sisaldust, mis teatavasti on takistuseks päideroo söödaks kasutamisel (Østrem 1987). Kasvupindade laiendamine eeldab liigi kodumaist seemnekasvatust. Et seemnekasvatajaid julgustada, rajati 2008. aastal Jõgeva Sordiaretuse Instituudis põldkatsed, mille eesmärgiks on täpsustada päideroo seemnekasvatuse agrotehnika üksikasju. Käesolevas artiklis käsitletakse seemnepõllu rajamisel kasutatud külvisenormi ja reavahelaiuse mõju päideroo seemnesaagile ning 1000 tera massile.

Materjal ja meetodika

Päideroo seemnekasvatuse agrotehnika uurimise katsed rajati 2008. a mais eelneval aastal mustkesas hoitud põllule. Katsed viidi läbi leostunud mullal (K0), mille agrokeemilised näitajad katse rajamisel olid: pH_{KCl} 5,8, P 27, K 67, Ca 2150, Mg 159 mg kg⁻¹ ja C_{org} 2,4%. Rajamise eel sai katseala mineraalväetisi normiga P 19, K 67, N 70 kg ha⁻¹. Fosfor-kaaliväetisi hiljem ei kasutatud, saagiaastatel anti lämmastikväetisi kevadel taimekasvu algul ja pärast saagikoristust (juulis) normiga N 70 kg ha⁻¹, külvik Hege 33. Kitsarealised (reavahe 15 cm) külvid külvati külvikuga Hege 80, laiarealised (30, 45 ja 60 cm) üherealise külvikuga Hege 90.1. Seemnesaak koristati kombainiga Hege 140 kahefaasiliselt: I faas kui kergel pööriste raputamisel ilmnisid seemnete varisemise nähud, II faas 7–8 päeva hiljem. Tüü kõrgus koristamisel oli 60–70 cm, kontshein koristati ja eemaldati põllult oktoobri keskpaigas. Katsed viidi läbi Jõgeva Sordiaretuse Instituudis aretatud sordiga 'Pedja', uuritavad variandid olid neljas korduses. Seemnesaak kuivatati dineesenkuivatis ja puhastati Kamas-Westrupi firma laboratoorsete masinatega.

Katsetulemused ja arutelu

Kitsarealiselt rajatud külvisenormi katses saime esimesel kasutusaastal esimesel kombainimisel seemnesaagid vahemikus 213,6–311,4 kg ha⁻¹, teine läbipeks andis saagilisa 46,3–74,3 kg ha⁻¹ (tabel 1). Ülejäänud külvisenormi variantidest usutavalt suurema seemnesaagi nii esimeses kui teises koristusfaasis andis väikseima külvisenormiga (4 kg ha⁻¹) rajatud katsevariant. Külvisenormi suurendamine 2 kg ha⁻¹ võrra vähendas esimese kasutusaasta seemnesaaki 13,8%, edasine suurendamine veel 2 kg ha⁻¹ võrra omakorda 18,8%.

Ka teisel kasutusaastal ilmnis tendents, et väiksema külvisenormiga rajatud katsevariantide seemnesaak oli kõrgem, kuid variantidevahelised erinevused seemnesaagis olid märgatavalt ühtlustunud. Katseviiga arvesse võttes erines ülejäänutest vaid külvisenormiga 10 kg ha⁻¹ rajatud variant, mille seemnesaak oli 23,9% madalam külvisenormiga 4 kg ha⁻¹ rajatud variandist. Teisel läbipeksmisel saadud seemnesaagid (58,1–63,6 kg ha⁻¹) olid teisel kasutusaastal katseviiga arvestades võrdsed.

Kolmandal saagiaastal moodustas päideroog generatiivvõrseid vähe kõigis läbiviidavates katsetes kõigis uuritavates variantides. Külvisenormi katses jäid kahefaasiliselt koristatud seemnesaagid kõigis variantides alla 100 kg ha⁻¹.

Kasutatud külvisenorm 1000 tera massi ei mõjutanud. Teises faasis koristatud seemne 1000 tera mass oli ootuspäraselt väiksem võrreldes esimesel läbipeksmisel saadud seemnega – vahe 0,10–0,15 g. Generatiivvõrsete hõreda seisu tõttu eeldasime

kolmandal saagiaastal varasemate saagiaastatega võrreldes suuremat 1000 tera massi, kuid katseandmed näitasid vastupidist. Kordustevahelised suured erinevused suurendasid piirdiferentsi väärtust – eriti esimese faasi saagi 1000 tera massides. Neljanda kasutusaasta seeme oli varasemate aastatega võrreldes 0,2–0,3 g kergem.

Tabel 1. Külvisenormi mõju päideroo seemnesaagile ja 1000 tera massile kitsarealise külvi korral

Külvisenorm kg ha ⁻¹	Taimiku kõrgus cm	Seemnesaak, kg ha ⁻¹				1000 tera mass, g	
		I faas	II faas	I + II faas	%	I faas	II faas
2009							
4	183	311,4	74,3	385,6	100,0	1,128	0,974
6	180	274,3	58,0	332,4	86,2	1,116	0,970
8	178	213,6	46,3	259,9	67,4	1,122	0,980
10	183	220,7	48,6	269,3	69,8	1,120	0,980
<i>PD</i> _{0,05}	5	33,3	10,0	31,3		0,012	0,030
2010							
4	189	409,7	58,1	467,8	100,0	1,110	1,011
6	182	394,5	59,7	454,1	97,1	1,108	1,011
8	181	364,4	63,6	428,1	91,5	1,104	1,004
10	181	297,9	58,3	356,2	76,1	1,114	1,018
<i>PD</i> _{0,05}	7	44,9	9,2	45,4		0,026	0,018
2011							
4	182	69,3	29,5	98,8	100,0	1,015	0,948
6	180	48,1	22,6	70,7	71,5	1,053	0,933
8	181	36,6	20,0	56,6	57,3	0,975	0,943
10	176	23,9	16,9	40,8	41,3	0,960	0,890
<i>PD</i> _{0,05}	8	13,1	7,0	17,3		0,107	0,031
2012							
4	170	95,2	17,2	112,4	100,0	0,734	0,686
6	165	67,3	14,5	81,8	72,8	0,709	0,699
8	166	38,2	12,4	50,6	45,0	0,732	0,704
10	160	53,3	12,2	65,4	58,2	0,742	0,705
<i>PD</i> _{0,05}	7,4	13,0	4,4	15,6		0,049	0,074

Külvisenorm mõjutas päideroo generatiivvõrsete pikkust vähe. Paljude üksikmõõtmiste (16 kordust) keskmisena oli see kõigil kasutusaastatel ühetaoline ja küündis kolmel esimesel kasutusaastal 180–190 cm-ni, neljandal kasutusaastal jäid generatiivvõrsed 20 cm võrra madalamaks.

Külvisenormi mõju seemnesaagile ilmneb kõige selgemalt esimesel saagiaastal. Hiljem võrsumise arvel taimik ühtlustub ja rajamisel kasutatud külvisenormi mõju väheneb. Meie katses andis väikseim kasutatud külvisenorm (4 kg ha⁻¹) kitsarealises külvis kõige suurema seemnesaagi kõigil neljal saagiaastal. Koristades seemet kahel esimesel saagiaastal, saadi parimaks osutunud variandis keskmiseks seemnesaagiks 427 kg ha⁻¹, kasutades seemnepõldu kolm aastat, saadi aastate keskmisena 317 kg

seemet hektarilt. Seemnepõllu jätmise neljandaks kasutusaastaks vähendas nelja aasta keskmist seemnesaaki 170 kg-ni hektarilt. Külvisenormi suurendamine ei suurendanud mitte ainult rajamiskulusid vaid vähendas usutavalt ka seemnesaaki.

Reavahe laius vahemikus 15–45 cm esimesel kasutusaastal seemnesaaki usutavalt ei mõjutanud (tabel 2). Võrreldes kitsarealise külviga olid saaginumbriid 4,4% paremad variandis, kus külv tehti 45 cm reavahega. Vaid 60 cm reavahe vähendas usutavalt seemnesaaki. Teisel kasutusaastal andis teistest variantidest usutavalt kõrgema seemnesaagi kitsarealine külv. Ka teisel kasutusaastal jäi seemnesaak kõige tagasihoidlikumaks reavahe korral 60 cm. Kolmanda kasutusaasta seemnesaak jäi kõigi reavahevariantide puhul sedavõrd madalaks, et tootmises vaevalt oleks koristamine end õigustanud. Ka neljandaks kasutusaastaks olukord ei paranenud – generatiivvõrseid moodustus vähe ja seemnesaak jäi väikeseks. Analoozne katse reavahedega 15, 30 ja 60 cm on korraldatud ka Loode-Venemaal ja leitud, et päideroog annab suurima seemnesaagi kitsarealises külvis külvisenormi puhul 4,8 kg ha⁻¹ (Lepkovitch *et al.* 1995).

Reavahelaiusest tingitud muutusi päideroo generatiivvõrsete kõrguses ei täheldatud. Selles katses võis täheldada kitsarealise külvi variandis kõrgemat 1000 tera massi, mis oli märgatav esimese koristusaja saagis.

Meie katsete esialgsed andmed näitavad, et reavahelaius vahemikus 15–45 cm esimesel kasutusaastal seemnesaaki oluliselt ei mõjuta. Reavahe suurendamine nimetatud piires võimaldab rajamisel kasutada väiksemat külvisenormi ja hoida seega rajamiskulusid kokku. Reavahelaius 45 cm omab lisaelist tingimustel, kui rajamisaastal soovitakse rakendada mehhaanilist umbrohutõrjet, näiteks maheseemne tootmisel.

Võrreldes Soomes korraldatud päideroo seemnekasvatuse katsetega (Sahramaa, Hömmö 2000; Sahramaa 2004) ei langenud meie katsetes seemnesaak teiseks kasutusaastaks järsult, vaid jäi enam-vähem esimese kasutusaasta tasemele. Langus toimus aga kolmandal saagiaastal. Selline erinevus katsetulemustes võis tuleneda mitmest asjaolust.

Sortide ja looduslike populatsioonide vahel on suur varieerumine generatiivvõrsete moodustumise osas, mistõttu nende seemnesaagivõime võib olla erinev (Østrem 1988; Sahramaa *et al.* 2002). Soomes oli katses sort 'Palaton' (USA), Jõgeval sort 'Pedja' (Eesti).

Vahe rajamisel kasutatud külvisenormis oli mitmekordne (Soome katsetes 11,5 kg ha⁻¹). Liigile on iseloomulik, et soodsas kasvukohas moodustab ta tiheda taimiku, mis koosneb sellisel juhul nõrkadest, vähe pööriseid moodustavatest võrsetest. Väiksem külvisenorm aitab taimiku ületihenemist esialgu vältida.

Päideroog, nagu teisedki mitmeaastased kõrrelised heintaimed, vajab õitsemiseks duaalset induksiooni. Oluline on, et sügissuvine periood oleks primaarseks induksiooniks päeva pikkuse ja õhutemperatuuri poolest soodne. Jõgeval olid 2009. aastal tingimused liigile sobivad ja generatiivvõrseid moodustus 2010. aastal rohkesti. 2010. ja 2011. aasta juuli ja august olid põuased, mis soodustas küll päideroo seemnete valmimist ja koristamist, kuid põhjustas taimedel koristusjärgselt pikaajalise kasvuseisaku. Generatiivvõrsete vähest teket ja madalat seemnesaaki 2011. ja 2012. aastal võis põhjustada asjaolu, et pärast põua lõppu hilissügisel moodustunud võrsed ei jõudnud primaarseks induksiooniks vajalikku arengujärku.

Tabel 2. Reavahelaiuse mõju päideroo seemnesaagile ja 1000 tera massile

Reavahe cm	Taimiku kõrgus cm	Seemnesaak, kg ha ⁻¹				1000 tera mass, g	
		I faas	II faas	I + II faas	%	I faas	II faas
2009							
15	191	324,3	80,4	404,7	100,0	1,152	0,968
30	187	323,0	83,2	406,1	100,4	1,115	0,930
45	193	335,4	87,1	422,6	104,4	1,119	0,946
60	197	282,3	73,1	355,4	87,8	1,108	0,955
<i>PD</i> _{0,05}	6	25,2	10,4	18,9		0,030	0,016
2010							
15	189	322,8	32,0	354,8	100,0	1,122	1,027
30	177	284,1	30,2	314,1	88,5	1,115	1,031
45	176	295,8	31,5	327,3	92,2	1,109	1,020
60	180	273,8	30,4	304,2	85,7	1,086	0,998
<i>PD</i> _{0,05}	8	14,9	4,6	16,8		0,017	0,032
2011							
15	183	35,5	13,5	49,0	100,0	1,078	0,880
30	180	29,5	11,7	41,2	84,1	1,068	0,925
45	182	30,2	14,4	44,6	91,0	1,058	0,945
60	186	26,8	14,7	41,5	84,7	1,100	0,945
<i>PD</i> _{0,05}	11	5,0	2,5	3,7		0,129	0,038
2012							
15	170	89,4	15,6	105,0	100,0	0,742	0,664
30	168	74,9	14,8	89,7	85,4	0,731	0,719
45	177	79,3	19,6	98,9	94,2	0,774	0,725
60	170	84,7	14,2	98,9	94,2	0,723	0,702
<i>PD</i> _{0,05}	7,1	29,9	2,8	31,5		0,041	0,047

Sort 'Pedja' ei ole aretatud varisemiskindlaks. Seemnesaak sõltub väga palju valmimisaegsest ilmastikust. Koristamise hõlbustamiseks on oluline, et taimik oleks püstine. Pika, peaaegu kahemeetrise kõrre otsas olevad pöörised on aga tuulel kerged kõigutada, mille tagajärjel valminud seeme kergesti pudeneb. Seeme valmib ebaühtlaselt. Erinevus valmimises on märgatav nii võrsete vahel kui ühe ja sama pöörise ulatuses. See teeb päideroo seemne koristusaja määramise keerukaks, osa seemet läheb paratamatult kaduma.

Praktilise töö kogemus näitas, et katsekombain Hege 140 ei ole eriti sobiv päideroo seemnekasvatuskatsete koristamiseks. Seemnetaimik on 180–190 cm kõrge. Nii kõrge taimiku jalalt koristamisel väikese katsekombainiga on varisemiskadu paratamatu. Kui

liik osutub edaspidi soojusenergia tootmises püsivalt tähtsaks, tuleks aretusprotsessis luua päideroo sort, mille seemned ei varise. Teadaolevalt on Kanadas kaks niisugust populatsiooni registreeritud (Østrem 1988).

Päideroo kolme esimese saagiaasta seemnete idanevusega probleeme ei esinenud. Pool aastat pärast koristamist (jaanuaris-veebruaris) oli nende idanevus 83–85%. Katsevariandid idanevust ei mõjutanud.

Kasutatud kirjandus

- Adojaan, A. 1964. *Rohumaaviljelus Eestis*. Tallinn, 591 lk.
- Annuk, K. 1992. *Poldriniitude rajamine ja intensiivne kasutamine turvasmuldadel*. Tallinn, 199 lk (vene keeles).
- Astover, A., Padari, A., Roostalu, H., Kukk, L., Suuster, E., Ostroukhova, A., Melts, I. 2007. *MES uuringu Maaressurss lõpparuanne*. Projekti juht P. Muiste. Tartu, 70 lk.
- Koijtjärv, M. 1987. Sookultuuriniitude intensiivne viljelemine. – *Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teadustööde kogumik LX*. Turvasmuldade kasutamise intensiivistamine Eestis. Tallinn, 40–60 (vene keeles).
- Koijtjärv, M. 1989. Heintaimede viljelemise intensiivistamine turvasmuldadel. – *Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teadustööde kogumik LXIV* Intensiivne niiduviljelus. Tallinn, lk. 62–70.
- Korjus, H. 1958. Paelrohu seemnekasvatuse kogemusi. – *Sotsialistlik Põllumajandus*, nr 1, lk. 16–18.
- Lepkovitch, I., Gormin, A., Degunova, N. 1995. Perfection of the technology growing *Phalaroides arundinacea* L. for seeds at North-West Russia. – *Proceedings third International Herbage Seed Conference June 18–23, 1995*. Yield and quality in herbage seed production. Halle (Saale), 243–245.
- Østrem, L. 1987. Studies on genetic variation in reed canarygrass *Phalaris arundinacea* L. Alkaloid type and concentration. – *Hereditas*, Vol. 107, 235–248.
- Østrem, L. 1988. Studies on genetic variation in red canarygrass *Phalaris arundinacea* L. III Seed yield and seed yield components– *Hereditas*, Vol. 108, 159–168.
- Rand, H. 1992. Heintaimede seemnekasvatus. – *Rohumaaviljelus talupidajale*. Saku, Tallinn, Tartu, lk. 44–71.
- Sahramaa, M. 2004. *Evaluating germplasm of reed canary grass Phalaris arundinacea* L. Academic dissertation. Helsinki, 47 p.
- Sahramaa, M., Hömmö, L. 2000. Seed production characters and germination performance of reed canary grass in Finland. – *Agricultural and food science in Finland*, Vol. 9, 239–251.
- Sahramaa, M., Hömmö, L., Jauhiainen, L. 2002. Variation in seed production traits of reed canarygrass germplasm. – *Crop Science*, Vol. 44, 988–996.

MULLA VEEVARUDE KUJUNEMISE SEOSD EELNEVATE PERIOODIDE SADEMETE HULGAGA KARTULI-, PÕLDHEINA- JA ODRAPÕLDUDEL

Tiina Tammets

Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut

Laine Keppart

Jõgeva Sordiaretuse Instituut

Abstract. *Tammets T., Keppart L. 2013. Relationship between soil moisture formation and precipitation totals of previous periods on potato, clover and barley fields. – Agronomy 2013.*

Calculating moving totals of precipitation before the most responsive period to moisture demand allows estimating the soil moisture conditions without measuring soil moisture. The moisture data from 20 and 50 cm upper soil layers on potato, clover and barley fields in 1965–2012 have been used to find the statistical relationships between the precipitation totals on 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50; 60; 70; 80; 90, and 100-day period and soil moisture measurement on 8th day of ten-day period. For these periods, values of hydrothermal coefficient (HTK) have also been calculated. The best correlation was found between 20 cm soil moisture (productive water content) of potato field and 35-day precipitation totals on 18.08. The value of HTK and soil moisture correlation coefficient for this period was also similar. The extreme values of HTK on 8.08 and 18.08 indicate the occurrence of either drought or too wet conditions on potato fields in almost all cases, measured trough soil moisture in 50 cm layer.

Keywords: *agroclimate, drought, precipitation, soil water, wet conditions*

Sissejuhatus

Taimede veevajaduse optimaalseks rahuldamiseks peaks mulla veevaru vegetatsiooniperioodil olema vastav nende füsioloogilistele vajadustele ja seda eriti olulistel kasvu- ja arenguetappidel. Mulla veevaru oleneb eelkõige sademete hulgast. Taimede kasvutingimusi iseloomustab kõige paremini mulla produktiivse ehk taimedele kättesaadava vee varu. Pikaajalised produktiivse veevaru määramised toimuvad praeguseni ainult Jõgeval (1965–2012). Mulla veevarude mõõtmine nõuab spetsiaalseid vaatlusriistu ja on töömahukas. Seepärast on tihti oluline kasutada kaudseid meetodeid mulla veevarude hindamiseks. Selleks on välja töötatud statistilised seosed mulla produktiivse veevaru ja hüdrotermilise koefitsiendi vahel kuude lõikes (Keppart jt 2009). Samas annab sademete libisevate summade meetod (Tammets 2010; Tammets, Jaagus 2012) võimaluse täpsemalt määratleda seoseid taimedele oluliste arenguetappide jaoks sademete summade ja mulla veevarude vahel, samuti välja tuua ekstremaalsed sademete hulgad nende etappide jaoks ja hinnata täpsemalt võimalike liigniiskuse ja põuperioodide sagedust vaadeldavates kliimatingimustes.

Käesolevas töös uuriti niiskuse suhtes taimedele olulisel kasvuperioodil mulla veevarude ja sademete libisevate summade vahelisi seoseid, toodi välja perioodid kuni mullaniiskuse määramise päevani, mille sademete hulk korreleerus kõige paremini mulla produktiivse veevaruga. Vaadeldavateks kuupäevadeks oli odra puhul 8. juuni (võr-

sumise faas), põldheina (teise kasvuaasta hiline punane ristik) puhul 18. juuni (õisiku moodustumise aeg), kartuli puhul valiti nii 8. kui 18. augusti (mugulate intensiivne kasvuaeg). Esitati ka vastavateks kuupäevadeks aastatel 1965–2012 erineva pikkusega ajalõikude jooksul maha sadanud minimaalsed ja maksimaalsed sademete hulgad. Esmakordselt kasutati sademete libisevate summade kõrval hüdrotermilise koefitsiendi (HTK) libisevaid väärtusi ja hinnati mulla produktiivse veevaru seoseid nende väärtustega. Mulla produktiivne veevaru on määratud Jõgeva ümbruse põldudel, kartuli- ja odrapõldude puhul aastatel 1965–2012 ja põldheinal aastatel 1973–2012 (1965–2001 Jõgeva agrometeoroloogiajaamas ja 2002–2012 Jõgeva Sordiaretuse Instituudis).

Materjal ja meetodika

Töös kasutatud odra- ja kartulipõldude pindmise 20 cm mullakihi ning põldheina- ja kartulipõldude 50 cm mullakihi produktiivsed veevarud leetjatel liivsavi lõimisega muldadel määrati iga dekaadi 8. päeval. Mullaniiskuse mõõtmised toimusid põldheinal alates 1973. aastast, 2001. a mõõtmisi ei toimunud; odra- ja kartulipõllul toimusid mõõtmised alates 1965. aastast, 2001. aastal mõõtmisi ei toimunud, samuti puudus osa mõõtmisi kartulis 2002. a. Produktiivne veevaru leiti nimetatud aastatel nn mullapuuri-termostaadi meetodil vastavalt hüdroloogiajaamade ja postide töö juhendile (Juhend... 1987), mille järgi on 10 cm mullakihi üldveevaru arvuliselt võrdne mullaniiskuse protsendi (absoluutkuivast mullast) ja sama mullakihi lasuvustiheduse korrutisega. Iga mullakihi produktiivse veevaru leidmiseks tuleb selle kihi üldveevarust lahutada vastava kihi mitteproduktiivne veevaru.

Sademete mõõtmised toimusid Eesti Hüdroloogia ja Meteoroloogia Instituudi Jõgeva meteoroloogiajaamas Tretjakovi sademetemõõtja abil; õhutemperatuuri mõõtmised arvutati ööpäeva 8 vaatlusaja õhutemperatuuride väärtuste keskmisena.

Hüdrotermiline koefitsient on arvutatud vaadeldava perioodi sademete summa suhtena sama perioodi kümme korda vähendatud ööpäeva keskmiste õhutemperatuuride summasse: $HTK = \sum \text{sademed} / 0,1 * \sum T$ (Põllumajandust... 1998). Libisevate summade puhul on perioodi pikkus samuti libisev: ühepäevase perioodi puhul on HTK arvutamiseks ööpäeva sademete hulk jagatud kümnendikuga ööpäeva keskmisest õhutemperatuurist; viiepäevase perioodi puhul on viie ööpäeva sademete hulk jagatud kümnendikuga viie ööpäeva keskmiste õhutemperatuuride summast jne.

Järgnevalt leiti perioodid, mil mulla produktiivse veevaru seos sademete hulgaga on kõige tugevam, seda odra- ning kartulipõldude 20 cm pealmise mullakihi niiskuse mõõtmiste järgi ning põldheina- ja kartulipõldude 50 cm mullakihi mõõtmiste järgi. Arvutati samuti vastavate seoste võrrandid (tabel 1). Saadud seoste alusel on võimalik kaudselt hinnata mulla veevarusid kultuuridele niiskuse suhtes olulistel arenguetappidel. Korrelatsioonikoefitsiendid ja seose võrrandid on leitud, arvutades sademete summasid 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100-päevastel perioodidel. Samade perioodide kohta on arvutatud hüdrotermilised koefitsiendid, jagades sademete summa vastaval ajaperioodil 0,1-ga korrutatud ööpäeva keskmiste õhutemperatuuride summaga samal perioodil. Analoogiliselt sademete hulgaga on leitud kõige tugevamad seosed mulla produktiivse veevaru ja hüdrotermilise koefitsiendi vahel.

Tabel 1. Mulla produktiivvevaru tugevaimad seosed eelneva perioodi sademete hulgaga ja hüdrotermilise koefitsiendiga erinevatel põldudel

Mulla produktiivvevaru, mm = f (sademete hulk, mm)						
Põld	Järjestikuste päevade arv	Korrelatsiooni koefitsient	Regressioonivõrrand	Järjestikuste päevade arv	Korrelatsiooni koefitsient	Ruutvõrrand
Põldhein 18.juuni 50 cm	50	0,807	$y = 0,6503x + 7,8732$	50	0,781	$y = -0,0034x^2 + 1,3022x - 18,991$
Oder 8.juuni 20 cm	25	0,573	$y = 0,3225x + 16,095$	20	0,613	$y = -0,0073x^2 + 0,8849x + 11,327$
Kartul 8.aug 20 cm	40	0,679	$y = 0,1914x + 12,469$	40	0,691	$y = -0,0006x^2 + 0,3191x + 6,8784$
Kartul 8.aug 50 cm	40	0,680	$y = 0,4197x + 36,132$	40	0,685	$y = -0,0008x^2 + 0,6003x + 28,226$
Kartul 18.aug 20 cm	40	0,832	$y = 0,2728x + 0,1701$	35	0,871	$y = -0,0029x^2 + 0,8905x - 23,211$
Kartul 18.aug 50 cm	50	0,678	$y = 0,4411x + 19,313$	35	0,731	$y = -0,005x^2 + 1,5394x - 13,93$

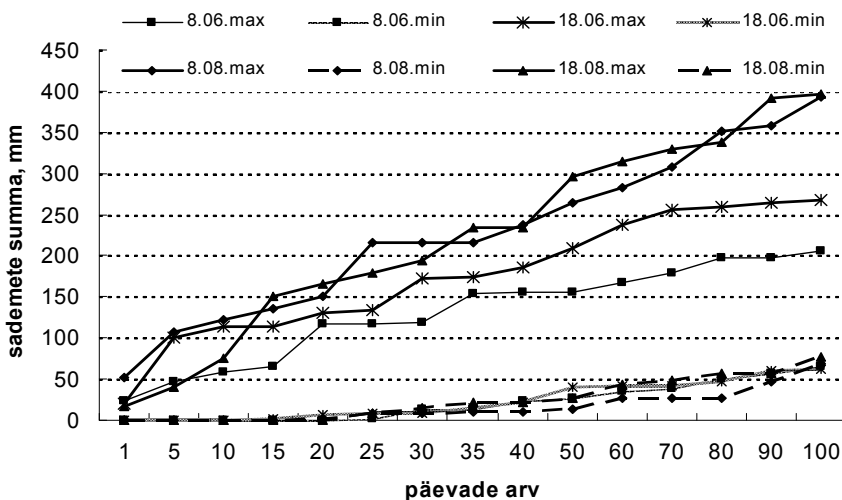
Mulla produktiivvevaru, mm = f (HTK, mm^{0,5})

Põld	Järjestikuste päevade arv	Korrelatsiooni koefitsient	Regressioonivõrrand	Järjestikuste päevade arv	Korrelatsiooni koefitsient	Ruutvõrrand
Põldhein 18.juuni 50 cm	50	0,801	$y = 39,164x + 6,855$	50	0,806	$y = -6,9052x^2 + 61,144x - 8,016$
Oder 8.juuni 20 cm	25	0,643	$y = 10,647x + 14,733$	20	0,671	$y = -5,7053x^2 + 25,285x + 9,8485$
Kartul 8.aug 20 cm	35	0,790	$y = 16,024x + 4,8059$	25	0,831	$y = -5,1913x^2 + 31,714x - 2,4413$
Kartul 8.aug 50 cm	35	0,791	$y = 35,129x + 19,337$	35	0,808	$y = -8,9033x^2 + 65,956x - 2,5462$
Kartul 18.aug 20 cm	40	0,831	$y = 16,597x + 2,236$	30	0,875	$y = -4,288x^2 + 32,311x - 8,1274$
Kartul 18.aug 50 cm	30	0,687	$y = 25,167x + 36,533$	35	0,748	$y = -12,306x^2 + 74,971x - 4,307$

Tulemused ja arutelu

8. juuniks (oder), 18. juuniks (põldhein) ning 8. ja 18. augustiks (kartul) aastatel 1965–2012 langenud minimaalsed ja maksimaalsed sademete summad sõltuvalt arvestatud päevade arvust on toodud joonisel 1.

Kartulile mullaniiskuse suhtes olulisel perioodil – augusti esimese ja teise dekaadi lõpuks, on kogunenud sademete hulgas enamasti kõige suuremad, välja arvatud 18. augustiks võimalikud madalama maksimaalse sademete hulgaga 1 kuni 10-päevased perioodid. Põldheina puhul on 18. juuniks kogunenud maksimaalne sademete hulk kõikidel perioodidel suurem kui odra puhul 8. juuniks, kuid see jaotub ühtlasemalt poolemeetrises mullakihis, kus paikneb põldheina põhiline juurestik. Sademeteta perioodide pikkus võib kesta kõikide kultuuride tähtsamate arenguetappide jaoks 5 kuni 20 päeva. Minimaalne sademete hulk võib 20 päeva jooksul vaadeldava kuu-



Joonis 1. Taimede niiskusevajaduse olulisemaks perioodiks kogunenud sademete minimaalsed ja maksimaalsed hulgad Jõgeval aastatel 1965–2012

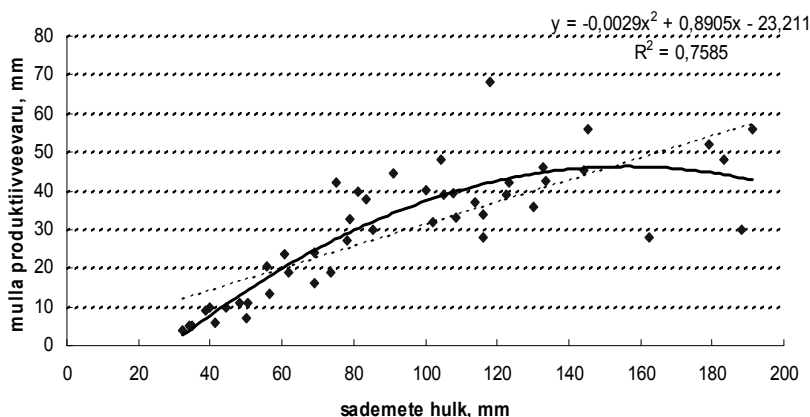
päevani olla 0 (18. augustiks kartulil) kuni 5,6 mm (18. juuniks põldheinal). Erinevused eri põldudele langenud minimaalsete sademete puhul on väikesed.

Võrreldes erinevate põldude puhul leitud tugevamaid seoseid omavahel võib näha, et kõige täpsemini on võimalik hinnata kartulipõllu 18. augusti 20 cm pindmise mullakihi produktiivne veevaru ja 15.07–18.08 (35 päeva) sademete hulga ja 30 päeva HTK (20.07–18.08) alusel; teistest tugevama seose andis ka põldheina 50 cm veevaru ja 30. aprillist kuni 18. juunini langenud (50 päeva) sademete hulga vahel.

Odrapõllu puhul on seosed nõrgemad. Mulla produktiivse veevaru ja hüdrotermilise koefitsiendi vahelised seosed on odrapõldude ja 8. augustil kartulipõldude puhul veidi tugevamad. Mulla produktiivse veevaru ja sademete hulga, samuti veevaru ja HTK vahelisi seoseid kirjeldavad enamikel juhtudel paremini teise astme polünoomid – suuremate sademetehulkade puhul on muld niiskusest küllastunud ja produktiivveevaru hulk tõuseb perioodi pikenedes aeglasemalt (joon. 2).

Põua ja liigniiskuse tekkimisel on sademete kõrval üheks kõige arvestatavamaks teguriks õhutemperatuur. Hinnati 1; 5; 10; 15; 25; ...100-päevaste perioodide puhul arvutatud HTK kõige kõrgemate ja madalamate väärtuste kokkulangemist mulla produktiivse veevaru ekstreemsete väärtustega niiskuse suhtes olulistel kasvuperioodidel erinevate põllukultuuride puhul. Selleks kasutame kirjanduses toodud kriteeriume mulla põua, liigniiskuse ning HTK ekstreemsete väärtuste kohta:

Kartuli puhul tekib põud, kui pealmise 20 cm mullakihi produktiivne veevaru on mugulakasvu perioodil väiksem kui 10 mm, 50 cm kihis aga väiksem kui 50 mm. Optimaalse mullaniiskuse ülempiir on vastavalt 55 ja 100 mm. Mitmeaastase põldheina puhul oleks põua tingimuseks 30 mm ning liigniiskuse hinnanguks 120 mm mullaniiskus 50 cm mullakihis. Odra puhul on kasutatud 20 cm mullakihi piiriks põuatingimuste tekkimisel 25 mm, optimaalse niiskuse ületab aga 100 mm (Kivi i. a.; Eesti... 1976).



Joonis 2. Seos kartulipõllu 18. augusti pindmise 20 cm mullakihi produktiivveevarude ja selle kuupäevani langenud 35 päeva sademete hulga vahel 1965–2012 Jõgeval

Põua tekkimise tingimusteks HTK järgi loetakse 0,6 mm/°C madalamaid väärtusi ning liigniiskuse tingimuseks väärtusi 2 mm/°C ja rohkem (Põllumajandust... 1998).

Selgub, et kõige paremini oli võimalik põua ja liigniiskuse olukorda hinnata HTK järgi 8. ja 18. augustil kartulipõllul. 50 cm mulla pealmises kihis määratud mullaniiskuse kriitiliste väärtuste tekkimise aastad lähevad enamikel juhtudel kokku HTK äärmuslike väärtuste tekkimise aastatega: 8. augustil määratud eelnenud 40-päevase perioodi HTKga ja 18. augustil määratud 50-päevase perioodi HTKga (tabel 2).

Kokkuvõte

Sademete libisevad summad, samuti ka sademete hulga ja õhutemperatuuri väärtuste alusel arvatud HTK väärtused võimaldavad kaudselt hinnata mullaniiskust. Kõige tugevamad on mullaniiskuse ja sademete hulga vahelised seosed kartulipõllu puhul 18. augusti mõõtmiste järgi 20 cm mullakihi 35 päeva sademete ja 30 päeva HTKga (korrelatsioonikoefitsient vastavalt 0,87 ja 0,88), põldheinal aga 18. juuni mõõtmiste järgi 50 cm mullakihi 50 päeva sademete ja HTKga (mõlemad korrelatsioonikoefitsiendid 0,81). Odrapõllul ulatuvad korrelatsioonikoefitsiendid 20 cm mullakihi puhul 8. juunil sademetega 0,61 ja HTKga 0,67 (mõlemad 20-päevase perioodi puhul). Samas on äärmuslikku põuda ja liigniiskust kartuli puhul täpsem määratleda HTK kaudu 8. augustil 40 päeva või 50 päeva sademete ja õhutemperatuuri andmetel. Kui võrrelda saadud HTK väärtusi pealmise 50 cm mullakihi produktiivse veevaruga, langevad põua ja liigniiskuse aastad enamikel juhtudel kokku. Kui arvestada, et põud algab mulla produktiivveevarust 50 mm ja liigniiskuse väärtusest 100 mm, siis 8. augustil määratud mulla produktiivveevaru järgi on vaadeldud 46 aasta jooksul kartul olnud 19 aastal kas liigniiskuse või põua tingimustes. 11 korral on tegemist olnud liigniiskusega, 8 korral põuaga. Selgub, et täpsemini saab mulla veevarusid hinnata HTK järgi 8. augustist eelneva 40 päeva sademete ja õhutemperatuuri järgi – kokku langevad hinnangud 74% juhtudel ja täpsemini saab hinnata liigniiskust. Kuuest HTK järgi määramata mullaniiskuse mittevastavuse juhtumist olid 5 põuaolukorrad. Samas esines HTK arvutuste järgi 4 valehäiret, mis kõik olid liigniiskusega seotud juhud. 50 päeva HTK arvutuste

Tabel 2. Produktiivveevaru 8. augustil võrrelduna 40 ja 50 eelneva päeva HTKga kartuli 50 cm pealmises mullakihis

Aasta	40 päeva HTK	8.08.mulla produktiivveevaru, mm	Aasta	40 päeva HTK	8.08.mulla produktiivveevaru, mm	Aasta	50 päeva HTK	8.08.mulla produktiivveevaru, mm	Aasta	50 päeva HTK	8.08.mulla produktiivveevaru, mm
1965	2,13	93	1988	1,98	137	1965	1,92	93	1988	2,24	137
1966	1,43	68	1989	2,09	112	1966	1,50	68	1989	1,78	112
1967	1,03	63	1990	2,96	83	1967	1,18	63	1990	2,67	83
1968	1,16	51	1991	1,43	61	1968	1,40	51	1991	2,61	61
1969	1,75	20	1992	0,54	27	1969	1,67	20	1992	0,65	27
1970	2,36	97	1993	1,59	94	1970	2,04	97	1993	1,69	94
1971	1,89	55	1994	1,95	93	1971	1,73	55	1994	1,81	93
1972	1,61	90	1995	1,13	72	1972	1,34	90	1995	0,96	72
1973	1,53	82	1996	1,39	68	1973	1,27	82	1996	1,07	68
1974	2,27	171	1997	1,11	58	1974	2,37	171	1997	1,05	58
1975	0,89	48	1998	3,66	127	1975	1,05	48	1998	3,54	127
1976	1,33	78	1999	0,60	22	1976	1,15	78	1999	0,52	22
1977	1,46	95	2000	2,63	114	1977	1,46	95	2000	2,21	114
1978	2,38	94	2003	1,76	98	1978	2,72	94	2003	1,67	98
1979	2,72	101	2004	1,50	73	1979	2,09	101	2004	1,72	73
1980	1,66	55	2005	1,69	97	1980	1,52	55	2005	1,76	97
1981	2,10	109	2006	0,40	27	1981	1,76	109	2006	0,47	27
1982	0,69	40	2007	1,26	82	1982	0,81	40	2007	1,05	82
1983	0,63	44	2008	2,42	100	1983	0,61	44	2008	2,27	100
1984	1,85	106	2009	1,63	65	1984	1,69	106	2009	1,95	65
1985	2,26	116	2010	0,70	41	1985	2,13	116	2010	0,80	41
1986	1,62	55	2011	0,57	30	1986	2,11	55	2011	1,00	30
1987	2,64	121	2012	1,44	57	1987	2,89	121	2012	1,24	57

Märkus: Tiheda punktiiriga märgistatud HTK ja mulla veevaru – liigniiske olukord; hõreda punktiiriga märgistatud HTK ja mulla veevaru – põuaolukord.

järgi oli kokkulangevus 58%. Toodud analüüsi juures sõltus tulemus mullatüübist ja lõimisest ning antud järeldused kehtivad leetjatele liivsavi lõimisega muldadele (Jõgeva ümbruses).

Kasutatud kirjandus

- Eesti NSV agrokliima ressursid. 1976. Koost. K. Kivi, Valgus, Tallinn, 142 lk.
- Juhend hüdrometeoroloogiajaamadele ja postidele II. kd. Agrometeoroloogilised vaatlused hüdrolöögijaamades ja postides. Põhilised agrometeoroloogilised vaatlused. 1987. Eesti Vabariiklik Hüdrolöogia ja Looduskeskkonna Kontrolli Valitsus, Tallinn, 272 lk.
- Keppart L., Tammets, T., Loodla, K. 2009. Kuivade ja liigniiskete kuude statistikast Jõgeva põldudel viimase 45 aasta andmetel. – *Agronoomia* 2009, lk. 236–241.
- Tammets, T. 2010. Estimation of extreme wet and dry days through moving totals in precipitation time series and some possibilities for their consideration in agrometeorological studies. – *Agronomy Research* 8 (Special Issue II), 433–438.
- Tammets, T., Jaagus, J. 2012. Climatology of precipitation extremes in Estonia using the method of moving precipitation totals. – *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 109 No 1–2, DOI 10.1007/s00704-012-0691-1
- Seljaninov, G. T. 1966. *Agroklimatiitšeskaja karta mira*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 5 s (vene keeles).
- Kivi, K. i.a. *Mulla produktiivne veevaru*. Käsikiri EMHI Meteoroloogiakeskuses.
- Põllumajandust kahjustavad ilmastikunähtused. 1998. Eesti Meteoroloogia ja Hüdrolöogia Instituut, Meteoroloogiakeskus. Koost. K. Kivi, Käsikiri EMHI Meteoroloogiakeskuses, lk. 10–20.

SÕNNIKU RAHALISE VÄÄRTUSE JA KUIVAINESISALDUSE VAHELINE SEOS

Raivo Vettik, Kalvi Tamm
Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Vettik, R., Tamm, K. 2013. Relationships between monetary value and dry matter content of manure. – Agronomy 2013.

Manure nutrient analyses, performed quickly on the farm, could be useful for planning to fertilize or trade with manure. In this research, the relationship between dry matter and nutrient content of manure was analysed in Agricultural Research Centre in 2009–2011. Relationships were compared using values given in the instructions of hydrometer Slurry-Meter which is used to determine dry matter content of slurry. Relationships between monetary value and dry matter content of manure are given as well.

The results indicated that values determined by regression model based on analyses of dry matter (2–16%) and nutrient content of manure differed in some cases significantly from values given in the instructions of Slurry-Meter. Further research should explain the reason for such significant differences.

Relationships between monetary value and dry matter content (all dry matter contents are involved) of manure are described through power functions – coefficient of determination R^2 for pig and cattle manure 0,75 and 0,56, respectively.

Keywords: manure, dry matter content, nutrient content, monetary value

Sissejuhatus

Sõnnik, sisaldades arvestatavas koguses taimedele vajalikke toiteaineid, on oluline kohalik väetis. Sõnniku koostise nõuete (2003) kohaselt liigitatakse sõnnik: allapanuga ehk tahesõnnik, milles on kuivainet $\geq 20\%$; allapanuta ehk poolvedel sõnnik, milles on kuivainet ≥ 8 – $19,9\%$; vedelsõnnik ehk veega eemaldatud sõnnik, milles on kuivainet ≥ 5 – $7,9\%$ ja virts, mille kuivainesisaldus peab olema vähemalt $0,6\%$.

Erineva kuivainesisaldusega sõnniku käitlemiseks kasutatakse vastavaid seadmeid ja tehnoloogiaid. Soovitav kuivainesisaldus vedelväetises lähtuvalt tehnoloogiast on: paisklaotusel kuni 12% , lohislautusel kuni 9% ja sisestuslautusel kuni 6% (PVT 2007). Tahesõnnikulaoturiga laotatava sõnniku kuivainesisaldus peaks olema 15% ja enam.

Väetamise kavandamisel või sõnniku müügiväärtuse hindamisel on vaja teada, kui palju toitaineid sõnnik sisaldab. Täpsem, aga ka aeganõudvaim viis on lasta sõnniku-proove analüüsida akrediteeritud laboris. Põllumehed seda aeg-ajalt ka teevad. Sõnniku toitainete sisaldus varieerub sõltuvalt hoiustamiskestusest, loomade vanusest, söödaratsioonist, sööda omadustest, aastaajast, ilmastikust hoiustamise ajal jmt. Seega tegelik toiteainete sisaldus võib oluliselt erineda analüüsi andmetest.

Martínez-Suller *et al.* (2008, 2010) ja Scotford *et al.* (1998) on uuringute tulemuse-na leidnud, et vedelsõnniku kuivaine ja toitainete sisalduse vahel on tugev korrelatiivne seos ning seda saab kasutada vedelsõnniku väärtuse ligikaudseks hindamiseks.

Välja on töötatud mitmeid kiirmeetodeid sõnniku toitainete sisalduse määramiseks, näiteks vedelsõnnikust lämmastiku või ammooniumlämmastiku (NH_4^+-N) määramiseks

hüdromeetri, elektrijuhtivuse, reflektromeetri, jt abil (Van Kessel, Reeves 2000).

Martínez-Suller *et al.* (2010) leidsid oma uurimuses, et lineaarse sõltuvuse korral saab veise vedelsõnniku kuivainesisalduse kaudu lämmastiku ja fosfori sisalduse hajuvust kirjeldada (lähtuvalt determinatsioonikordaja R^2 väärtusest) vastavalt 75 ja 82% ulatuses. Kaaliumisisalduse korral oli lineaarsel sõltuvusel determinatsioonikordaja suurem hoopis sõnniku elektrijuhtivuse korral, $R^2 = 0,75$.

Eestis on erialakirjanduses kajastatud hüdromeetri kasutamist vedelsõnniku kuivainesisalduse määramiseks ja sellele vastavalt toitainete sisalduse hindamiseks (Ameerikas 2009). Kuivainesisalduse ligikaudse määramise seadmetega (nt *Slurry-Meter*) on kaasas juhendmaterjal, mille abil saab leida nii sea kui veise 2–16% kuivainesisaldusega sõnniku N, P₂O₅ ja K₂O ligikaudse sisalduse.

Artiklis selgitatakse, milline on sõnniku kuivaine- ja toitainete sisalduse vaheline sõltuvus Eestis analüüsitud sõnnikuproovide tulemuste alusel ja kuivõrd need ühtivad *Slurry-Meter* juhendmaterjalisisestatuga. Samuti esitatakse seosed sõnniku kuivaine ja rahalise väärtuse vahel sea- ja veisesõnniku korral.

Materjal ja meetodika

Sõnniku rahalise väärtuse leidmisel arvutati taimetoiteelementide (N, P, K) hinnad mineraalväetiste (ammooniumnitraat, kaaliumkloriid ja NPK 16-16-16) hindade kaudu. Arvutustes kasutati mineraalväetiste hindu Baltic Agro AS hinnakirjast seisuga juuli 2012. a.

Sõnniku elementide sisalduse ning rahalise väärtuse ja kuivaine vahelise seose uurimisel on aluseks võetud Põllumajandusuuringute Keskuses (PMK) aastatel 2009–2011 analüüsitud veiste ja sigade virtsa- ja sõnnikuproovide tulemused. Sõnnikuanalüüside andmed rühmitati vastavalt sõnniku koostise nõuetele kuivainesisalduse järgi. Neid andmeid töödeldi statistiliselt tabelarvutusprogrammis *MS Excel*. Iga rühma ulatuses leiti keskmine NPK sisaldus ja usalduspiirid. *MS Exceli* abil leiti funktsioonid kuivaine ja elementide sisalduse ning rahalise väärtuse vahelise seose leidmiseks, seose sobivuse kriteeriumiks oli maksimaalne determinatsioonikordaja väärtus. Erinevate sõnnikute toitainete sisalduste erinevuse statistilist olulisust kontrolliti dispersioonanalüüsiga.

Tulemused ja arutelu

Vastavalt sõnniku koostise nõuetele (2003) on esitatud tabelis 1 ülevaade erinevat liiki sõnnikute ja virtsa kuivaine- ja toitainete sisaldusest. Tabeli andmete põhjal saab järeldada, et nii sea virts kui ka sõnnikud sisaldasid veise virtsa või vastava sõnnikuga võrreldes statistiliselt usutavalt rohkem lämmastikku ja fosforit. Sea virts sisaldas veise virtsast enam kaaliumi, kuid see erinevus ei olnud statistiliselt usutav. Veisesõnnikud sisaldasid sea vastava sõnnikuga võrreldes rohkem kaaliumi, kuid see erinevus ei olnud statistiliselt usutav. Kuivainesisalduse suurenedes suurenes lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kogus sõnnikus.

Kõige täpsemalt kirjeldas taimetoiteelementide N, P ja K koguse sõltuvust kuivainesisaldusest astmefunktsioon ($y = ax^b$), vastavad R^2 väärtused olid vahemikus 0,235–0,754. Veisesõnniku korral oli R^2 väärtus kõrgeim (0,625) lämmastiku sõltuvusel, järgnesid fos-

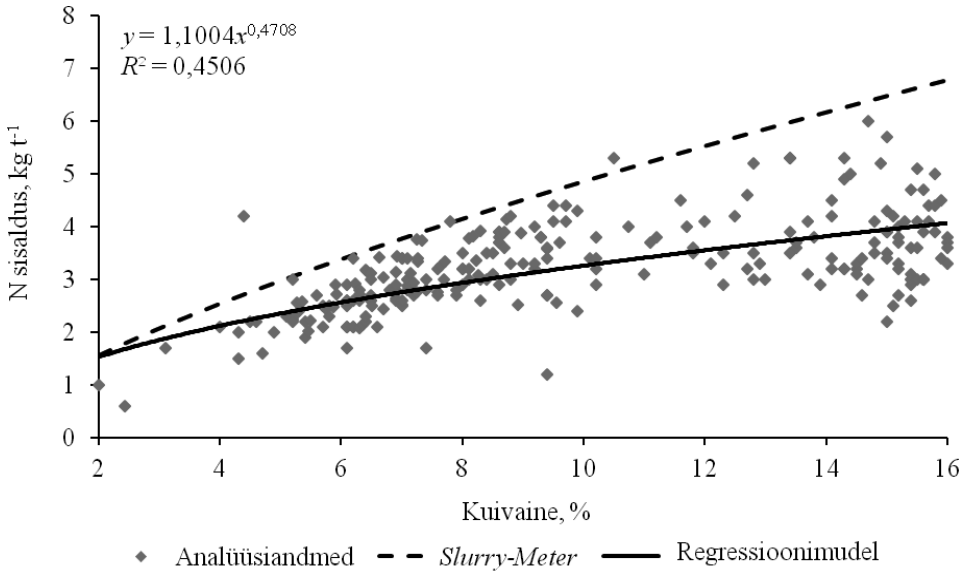
Tabel 1. PMKs 2009–2011 analüüsitud virtsa- ja sõnnikuproovide keskmised tulemused 95% usalduspiiridega

Sõnniku liik	Proovide arv	Kuivaine %	N kg t ⁻¹	NH ₄ ⁺ kg t ⁻¹	P kg t ⁻¹	K kg t ⁻¹
Veise virts	17	3,0±0,72	1,5±0,45	0,8±0,35	0,2±0,08	1,2±0,24
Veise vedelsõnnik	89	6,5±0,15	2,7±0,10	1,3±0,07	0,5±0,04	1,8±0,16
Veise poolvedel sõnnik	343	15,3±0,36	4,1±0,11	0,9±0,07	0,9±0,05	2,9±0,15
Veise tahesõnnik	164	25,2±0,87	5,4±0,24	0,6±0,10	1,2±0,10	4,1±0,37
Sea virts	34	3,3±0,41	3,4±0,31	2,5±0,23	0,6±0,10	1,3±0,15
Sea vedelsõnnik	21	6,1±0,27	4,1±0,30	2,6±0,19	1,0±0,15	1,4±0,20
Sea poolvedel sõnnik	21	13,9±1,97	6,1±0,74	2,7±0,50	2,3±0,61	2,4±0,42
Sea tahesõnnik	13	26,1±2,44	7,8±2,05	1,8±0,78	2,9±0,66	4,0±1,34

for $R^2 = 0,350$ ja kaalium $R^2 = 0,235$. Seasõnniku korral oli R^2 väärtus kõrgeim (0,754) fosfori sõltuvusel, järgnesid lämmastik $R^2 = 0,706$ ja kaalium $R^2 = 0,439$.

Martínez-Suller *et al.* (2010) uuringus oli leitud Hispaania, Itaalia ja Iirimaa andmete alusel veise vedelsõnniku taimetoiteelementide koguse sõltuvus kuivainesisaldusest lineaarfunktsioonina. Sea vedelsõnniku korral uuriti ainult Itaalia andmeid ja tulemused olid sarnased Eesti andmetega. Taimetoiteelementide N, P ja K koguse ja kuivainesisalduse vahelise lineaarse sõltuvuse korral oli R^2 väärtus kõrgeim (0,93) samuti fosforil, järgnesid lämmastik $R^2 = 0,52$ ja kaalium $R^2 = 0,47$. Veise vedelsõnniku korral oli Martínez-Suller *et al.* (2010) uuringus R^2 väärtus kõrgeim (0,45–0,75) lämmastikul, kaaliumi kohta olid ainult Iirimaa andmed $R^2 = 0,73$ ja fosforil oli erinevus riikide vahel suur $R^2 = 0,23–0,88$.

PMKs 2009–2011 analüüsitud virtsa- ja sõnnikuproovide tulemusi (kuivainesisalduse vahemikus 2–16%, kuna selles vahemikus olid ka *Slurry-Meter* juhendi andmed) võrreldi *Slurry-Meter* juhendmaterjalis toodud seostega kuivainesisalduse ja N, P₂O₅ ja K₂O vahel (Ameerikas 2009). Joonisel 1 on näha, et veise vedelsõnniku kuivainesisalduse ja lämmastiku vahelise seose regressioonimudel kirjeldab alla poole hajuvusest ($R^2 = 0,45$) ja 99% juhtudel laboris määratud lämmastikuisaldused on väiksemad *Slurry-Meter* juhendite kohaselt määratud väärtustest. Mitte küll nii drastilisel määral, aga siiski, on sarnane trend enamasti märgatav ka sea vedelsõnniku ning fosfori- ja kaaliumisisalduste puhul (tabel 2). Kui võrrelda hälbeid tabelis 1 esitatud usalduspiiridega, siis on näha, et enamasti juhendi alusel määratavad NPK sisaldused on suuremad ülemisest usalduspiirist. Edaspidi tuleks uurida, mis põhjustab analüüsiandmetes sõnniku kuivaine ja NPK sisalduste nõrka korreleeruvust ning olulist erinevust *Slurry-Meter* juhendites toodud andmetest.

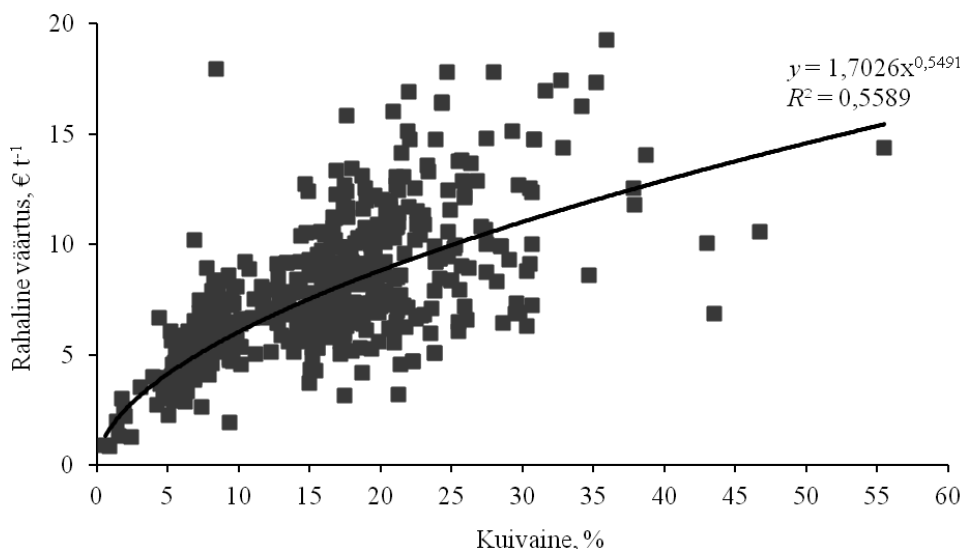


Joonis 1. Veise vedelsõnniku lämmastiku- ja kuivainesisalduse analüüsiandmete korrelatsiooniväli, regressioonimudel (kuivainesisaldus vahemikus 2–16%) ja vedelsõnniku lämmastikusisalduse sõltuvus kuivainesisaldusest *Slurry-Meter* juhendamaterjali kohaselt

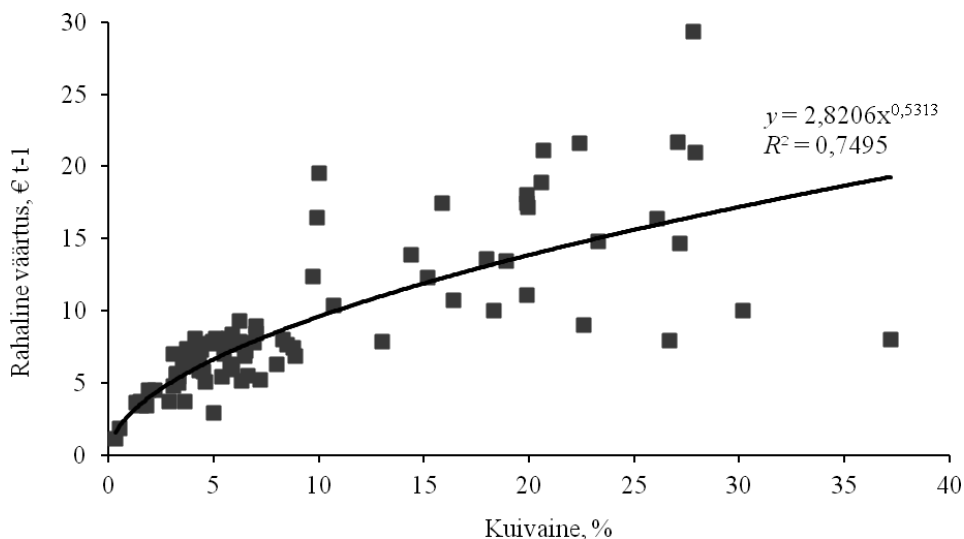
Tabel 2. *Slurry-Meter* juhendis esitatud hinnangud vedelsõnniku NPK sisaldusele sõltuvalt kuivainesisaldusest, regressioonimudelite determinatsioonikordajad R^2 ja *Slurry-Meter* väärtuste erinevus regressioonimudeliga määratud väärtusest

Kuiv- aine, %	N		P		K	
	<i>Slurry-Meter</i>	Regressiooni- mudelist hålbimine	<i>Slurry-Meter</i>	Regressiooni- mudelist hålbimine	<i>Slurry-Meter</i>	Regressiooni- mudelist hålbimine
Veised		$R^2 = 0,451$		$R^2 = 0,305$		$R^2 = 0,136$
4	2,50	0,39	0,40	0,04	2,16	0,83
6	3,50	0,94	0,62	0,16	2,66	1,05
14	6,00	2,19	1,41	0,63	3,90	1,50
Sead		$R^2 = 0,588$		$R^2 = 0,495$		$R^2 = 0,260$
4	4,20	0,53	1,01	0,32	1,66	0,27
6	5,50	1,27	1,54	0,53	2,08	0,48
14	7,50	0,99	3,52	1,32	2,66	0,23

Jårgnevalt leiti PMKs 2009–2011 analüüsitud sõnnikuproovide N, P ja K sisalduste ja nende elementide hinna alusel sõnniku rahaline väärtus. Leitud rahalise väärtuse ja kuivainesisalduse vahelist sõltuvust kirjeldas samuti kõige täpsemalt astmefunktsioon, $R^2 = 0,559–0,750$. Saadud tulemused on esitatud graafiliselt joonistel 2 ja 3. Korrelatsiooniväljal on esitatud kõik analüüsitulemused ja regressioonimudel on koostatud sõltumata sõnniku kuivainesisaldusest.



Joonis 2. Veisesõnniku rahalise väärtuse sõltuvus sõnniku kuivainesisaldusest



Joonis 3. Seasõnniku rahalise väärtuse sõltuvus sõnniku kuivainesisaldusest

Jooniste põhjal saab järeldada, et seasõnniku rahaline väärtus on kõrgem kui veisesõnnikul (nt 8% kuivainesisalduse korral on sea- ja veisesõnniku rahalise väärtuse erinevus ca 3,5 € t⁻¹). See on loomulik, sest seasõnniku N, P ja K sisaldus on kõrgem sama kuivainesisaldusega veisesõnniku N, P ja K sisaldusest. Veisesõnniku rahaline väärtus kasvab kuivainesisalduse suurenedes kiiremini kui seasõnniku rahaline väärtus.

Sõnniku ostmisel või müümisel peab arvestama ka sõnniku käitlemise kulutustega, mis määravad sõnnikule lõpliku hinna. Sõnnikus sisalduvate toitainete rahalise väärtuse

alusel saab leida piirkauguse sõnniku hoidlast, millest kaugemale ei ole majanduslikult otstarbekas sõnnikut vedada.

Kokkuvõte

Põllumehed vajavad kiirmeetodeid sõnniku toitainete sisalduse hindamiseks nii väetamise kavandamisel kui sõnnikuga kauplemisel. Ilmnes, et vedelsõnniku kuivainesisalduse määramiseks kasutatava hüdroometri *Slurry-Meter* juhendis esitatud vedelsõnniku NPK sisalduse hinnangud vastavalt kuivainesisaldusele hälbisid osadel juhtudel oluliselt PMKs 2009–2011 analüüsitud sõnnikuproovide N, P ja K sisalduste alusel koostatud regressioonimudelite väärtustest. Selgitamist vajab, mis põhjustab analüüsandmetes sõnniku kuivaine ja NPK sisalduste nõrka korreleeruvust ning olulist erinevust *Slurry-Meter* juhendites toodud andmetest.

Sõnniku rahalise väärtuse ja kuivainesisalduse vahelist sõltuvust kirjeldava astme-funktsiooni determinatsioonikordaja oli veisesõnniku korral 0,559 ja seasõnniku korral 0,750. Järelikult kuivainesisalduse kaudu saab kirjeldada vastavalt 55,9% ja 75% veise- ja seasõnniku rahalise väärtuse hajuvust.

Tänuavaldused

Uurimistöö on läbiviidud Põllumajandusministeeriumi Riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2009–2014” raames rahastatava töö “Põllukultuuride ja rohumaade tasuvuse suurendamise meetmed” (vastutav täitja Valdek Loko) ning Läänemere regiooni programmi 2007–2013 projekti *Baltic Manure* toel. Arvutustes on kasutatud Põllumajandusuuringute Keskuses 2009–2011 analüüsitud sõnnikuproovide analüüsimeetodeid.

Kasutatud kirjandus

- Ameerikas, M. 2009. Vedelsõnniku kiiranalüüs. – *Teraviljafoorum 2009*, lk. 24–25.
- Martínez-Suller, L., Azzellino, A., Provolo, G. 2008. Analysis of Livestock Slurries from Farms across Northern Italy: Relationship between Indicators and Nutrient Content. – *Biosystem Engineering* **99** (4), 540–552.
- Martínez-Suller, L., Salcedo, G., Tejero, I., Provolo, G., Richards, K. 2010. Manure Characterization: Estimation of Nutrient Values of Pig and Cattle Slurries and Dairy Cow Farms Dirty Water in Spain, Italy and Ireland. [WWW] <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=13159> (07.09.2012).
- PVT, 2007. Saastuse kompleksne vältimine ja kontroll. Parim võimalik tehnika veiste intensiivkasvatuses. [WWW] http://www.ippc.envir.ee/docs/PVT/VeistePVT_parandustega.pdf (07.09.2012).
- Scotford, I.M., Cumby, T.R., White, R.P., Carton, O.T., Lorenz, F., Hatterman, U., Provolo, G. 1998. Estimation of the Nutrient Value of Agricultural Slurries by Measurement of Physical and Chemical Properties. – *Journal of Agricultural Engineering Research* **71**, 291–305.
- Sõnniku koostise nõuded. 2003. Riigi Teataja. Redaktsiooni jõustumine 01.09.2003 [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/949455?leiaKehtiv> (07.09.2012).
- Van Kessel, J.S., Reeves III, J.B. 2000. On-Farm Quick Tests for Estimating Nitrogen in Dairy Manure. – *Journal of Dairy Science* **83**, 1837–1844.

