

Eesti Maaülikool
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
Eesti Taimekasvatuse Instituut

Estonian University Of Life Sciences
Institute of Agricultural and Environmental Sciences
Estonian Crop Research Institute

AGRONOOMIA 2015

Agronomy 2015

Tartu 2015

TOIMETUS / EDITORIAL

Toimetajad / Editors Maarika Alaru
 Alar Astover
 Kadri Karp
 Rein Viiralt
 Anne Must

Kogumik ilmub teaduskonverentsiks Agronoomia 2015
The present book is published for the conference Agronomy 2015

Toimetus tänab artiklite retsensente nende suurepärase töö eest
Editors would like to thank all reviewers for their perfect work

Kogumik on välja antud MAK meede 1.1. raames, toetab Euroopa Liit

© 2015 Eesti Maaülikool / Estonian University of Life Sciences
Eesti Taimekasvatuse Instituut / Estonian Crop Research Institute

Trükitud Ecoprint AS / Printed by Ecoprint AS
ISSN 1736-6275

Sisukord

MULLATEADUS JA MAAVILJELUS

- 10–15 **Mulla tallamise järelmõju mulla omadustele ja rohumaa saagikusele**
Mihkel Are, Endla Reintam, Are Selge, Diego Sanchez de Cima
- 16–21 **Viljelussüsteemide mõju mulla süsinikuvarule**
Karin Kauer, Berit Tein, Liina Talgre, Vyacheslav Eremeev, Anne Luik
- 22–27 **Eestis kasvatatavate suviteraviljade mullaharimisviisid ja külvitehnoloogia lähtuvalt mulla lõimisest**
Helis Luik, Kaire Vahejõe, Ants-Hannes Viira
- 28–33 **Biomassituhk sobib põllule väetiseks**
Henn Raave, Karin Kauer, Indrek Keres, Märt Nõges, Jaanus Rebane, Are Selge, Mailiis Tampere, Rein Viiralt
- 34–39 **Viljelusviisi ja väetamise mõju vihmaussidele**
Endla Reintam, Greete Kahu, Kati Sulp, Diego Sanches de Cima, Mihkel Are, Anne Luik
- 40–44 **Talvised vahekultuurid parandavad mulda ja kultuuride saagikust**
Liina Talgre, Viatseslav Eremeev, Endla Reintam, Berit Tein, Diego Sanches de Cima, Helena Madsen, Maarika Alaru, Anne Luik
- 45–50 **Toitainete vabanemine liblikõieliste lagunemisel**
Liina Talgre, Enn Lauringson
- 51–54 **Rohumaa mulla mikrobiaalne aktiivsus sõltuvalt väetamisest**
Mailiis Tampere, Karin Kauer, Indrek Keres, Toomas Laidna, Evelin Loit, Argaadi Parol, Are Selge, Rein Viiralt, Henn Raave

PÕLLUKULTUURID

- 56–61 **Humiinpreparaadi kasutamise mõju kartulile**
Vyacheslav Eremeev, Peeter Lääniste, Berit Tein, Erkki Mäeorg, Jaan Kuht
- 62–69 **Seemnemugulate termilise töötlemise ja humiainete kasutamise mõju kartuli saagikusele**
Vyacheslav Eremeev, Peeter Lääniste, Berit Tein, Erkki Mäeorg, Jaan Kuht
- 70–73 **Õlleodra terasaagist ja proteiinisisaldusest intensiivsel viljelemisel**
Tiia Kangor, Ülle Tamm, Hans Küüts
- 74–79 **Kasvukohapõhise väetamise mõju odra saagile ning terade kvaliteedile**
Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi
- 80–85 **Väetamise ja ilmastiku hüdrotermiliste omaduste mõjust teraviljade produktsioonile**
Valli Loide

- 86–88 **Efektivsete mikroorganismide mõju põldherne saagile ning selle lämmastiku- ja magneesiumisisaldusele**
Margit Olle, Lea Narits
- 89–94 **Väetamise mõju esimese kasutusaasta punase ristiku ja kõrreliste rohumaa saagile**
Henn Raave, Karin Kauer, Indrek Keres, Argaadi Parol, Rein Viiralt, Mailiis Tampere, Peep Pitk
- 95–100 **Väetamise mõju odra 'Anni' saagile ja saagistruktuurile näivleetunud mullal**
Triin Teesalu, Jaak Täkker, Helis Rossner, Avo Toomsoo, Enn Leedu, Alar Astover
- 101–104 **Teraviljade fütomassi ja saagikuse kasvukohapõhine analüüs**
Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi, Jaan Kuht, Madis Ajaots
- 105–112 **Biolagunevate jäätmete segust valmistatud komposti ja vedelsõnniku mõjust odra saagikusele**
Raivo Vettik, Peeter Viil, Taavi Võsa
- 113–118 **Eesti ja Hollandi rohumaa seemnesegude võrdlus**
Rein Viiralt, Are Selge, Mailiis Tampere, Henn Raave, Argaadi Parol, Rando Värnik, Katri Kall, Ülle Roosmaa, Lex van der Weerd

TAIMEKAITSE

- 120–123 **Kimalaste õietolmu korje sõltuvalt aedmaasika kasvatustehnoloogiast**
Gerit Dreyersdorff, Reet Karise, Marika Mänd
- 124–127 **Toidu kvaliteedi mõju kartulimardika (*Leptinotarsa decemlineata* Say) kaevumiskäitumisele**
Küllli Hiiesaar, Katrin Jõgar, Luule Metspalu, Reet Karise
- 128–131 **NeemAzal T/S-i toimest kapsaõõlase (*Mamestra brassicae* L.) arvukusele**
Katrin Jõgar, Luule Metspalu, Külli Hiiesaar, Angela Ploomi, Liina Loorits
- 132–137 **Maastikuelementide mõju naeri-hiilamardika arvukusele ja tema parasiteerituse tasemele talirapsil**
Riina Kaasik, Gabriella Kovács, Janne Mölder, Kaia Treier, Liis Vaino, Luule Metspalu, Eve Veromann
- 138–141 **Naeri-hiilamardika resistentsusprobleem Eestis näitab süvenemise märke**
Gabriella Kovács, Riina Kaasik, Krista Kortspärn, Luule Metspalu, Anne Luik, Eve Veromann
- 142–146 **Maakirbud ristõielistel õlikultuuridel**
Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Angela Ploomi, Külli Hiiesaar
- 147–150 **Pulbriliste biopreparaatide mõju kimalaste ainevahetusele ja veekaole**
Riin Muljar, Reet Karise, Marika Mänd
- 151–154 **Roheline seep tugevdab taimsete tõmmiste toimet**
Angela Ploomi, Luule Metspalu, Anne Luik, Katrin Jõgar, Külli Hiiesaar, Ivar Sibul, Irja Kivimägi

- 155–159 **Tau-fluvalinaadi ja tebukonasooli sünergeetiline mõju kimalastele (*Bombus terrestris* L.)**
Risto Raimets, Reet Karise, Marika Mänd
- 160–165 **Biostimulaatori ja fungitsiidiga puhtimise mõju suvinisu saagile ja kvaliteedile 2013. ja 2014. aastal**
Pille Sooväli, Mati Koppel, Kadri Sildoja
- 166–171 **Kuivlaikus eri kartulisortidel Einola talus**
Liisi Tamela, Eve Runno-Paurson, Merili Hansen, Ants Einola, Priit Einola
- 172–178 **Tolmeldajate liigiline mitmekesisus ja arvukus põllumajandusmaastiku erinevatel elementidel**
Eve Veromann, Gabriella Kovács, Riina Kaasik, Liis Vaino, Reet Karise, Reelika Päädam, Katrin Jõgar, Linda-Liisa Veromann, Martin Jürgenson, Marika Mänd

AIANDUS

- 180–184 **Sordi 'Krista' õunte säilivus modifitseeritud atmosfääriga pakendites**
Lagle Heinmaa, Ulvi Moor
- 185–190 **Viinamarjade kvaliteedi mõjutamise võimalused**
Mariana Maante, Ele Vool, Reelika Rätsep, Kadri Karp
- 191–194 **Efektiiivsete mikroorganismide mõju taliküüslaugu saagile ning kuivaine- ja kaltsiumisisaldusele**
Margit Olle
- 195–198 **Puitu lagundavad seemned renoveeritavas õunapuustanduses**
Irma Zettur, Toivo Univer
- 199–204 **Eesti uued õunapuusordid**
Toivo Univer, Neeme Univer

MITMESUGUST

- 206–209 **Põllumajandusmaa määramine planeeringutes**
Siim Maasikamäe, Evelin Jürgenson
- 210–213 **Kartulisortide pikaajaline säilitamine *in vitro* ja säilikut kasutamise võimalused nišitoodeteks**
Viive Rosenberg, Katrin Kotkas
- 214–218 **Teraviljade saagikused ja tootmiskulud erinevate viljelusmeetodite kompleksuuringus**
Kalvi Tamm, Raivo Vettik, Peeter Viil, Elina Akk, Liina Edesi, Jüri Kadaja, Taavi Võsa
- 219–224 **Makroelementide sisalduse määramisest mullas Mehlich 3 meetodil**
Tõnu Tõnutare, Ako Rodima, Raimo Kõlli, Kadri Krebstein, Priit Penu, Jaanus Rebane, Allan Künnapas

Contents

SOIL SCIENCE AND SOIL MANAGEMENT

- 10–15 **The after-effect of soil compaction on soil properties and grassland productivity**
Mihkel Are, Endla Reintam, Are Selge, Diego Sanchez de Cima
- 16–21 **Estimation of soil carbon dynamics and its dependence on the farming system**
Karin Kauer, Berit Tein, Liina Talgre, Vyacheslav Eremeev, Anne Luik
- 22–27 **Tillage and seeding methods of spring crops in Estonia in relation to soil texture**
Helis Luik, Kaire Vahejõe, Ants-Hannes Viira
- 28–33 **Biomass ash is suitable fertilizer for field crops**
Henn Raave, Karin Kauer, Indrek Keres, Märt Nõges, Jaanus Rebane, Are Selge, Mailiis Tampere, Rein Viiralt
- 34–39 **Field management and fertilization effect on earthworms**
Endla Reintam, Greete Kahu, Kati Sulp, Diego Sanches de Cima, Mihkel Are, Anne Luik
- 40–44 **Winter cover crops improve soil and crop yield**
Liina Talgre, Viatcheslav Eremeev, Endla Reintam, Berit Tein, Diego Sanches de Cima, Helena Madsen, Maarika Alaru, Anne Luik
- 45–50 **Nutrient release during decomposition of green manure crops**
Liina Talgre, Enn Lauringson
- 51–54 **Grassland soil microbial activity depending on fertilization**
Mailiis Tampere, Karin Kauer, Indrek Keres, Toomas Laidna, Evelin Loit, Argaadi Parol, Are Selge, Rein Viiralt, Henn Raave

FIELD CROPS

- 56–61 **The effect of humic preparation on the yield and quality parameters of potato**
Viacheslav Eremeev, Peeter Lääniste, Berit Tein, Erkki Mäeorg, Jaan Kuht
- 62–69 **The effect of seed tuber thermal treatment and humic preparation on potato yield**
Viacheslav Eremeev, Peeter Lääniste, Berit Tein, Erkki Mäeorg, Jaan Kuht
- 70–73 **The grain yield and protein content of malting barley in high input cultivation**
Tiia Kangor, Ülle Tamm, Hans Küüts
- 74–79 **Effect of site-based fertilizing on the barley yield and on grain quality**
Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi
- 80–85 **The influence of fertilization and hydrothermal properties of weather conditions on cereal yield**
Valli Loide
- 86–88 **The impact of effective microorganisms on the yield and the contents of nitrogen and magnesium of pea**
Margit Olle, Lea Narits

- 89–94 **Influence of fertilization on the yield of first year grassland consisting of red clover and grasses**
Henn Raave, Karin Kauer, Indrek Keres, Argaadi Parol, Rein Viiralt, Mailiis Tampere, Peep Pitk
- 95–100 **Impact of fertilization on yield of spring barley ‘Anni’ and its components on Stagnic Albeluvisol**
Triin Teesalu, Jaak Täkker, Helis Rossner, Avo Toomsoo, Enn Leedu, Alar Astover
- 101–104 **The site-based analyses of the phytomass and yield of cereals**
Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi, Jaan Kuht, Madis Ajaots
- 105–112 **The effect of biowaste compost and liquid manure on the yield of barley**
Raivo Vettik, Peeter Viil, Taavi Võsa
- 113–118 **The comparison of the productivity of Estonian and Dutch grassland seed mixtures**
Rein Viiralt, Are Selge, Mailiis Tampere, Henn Raave, Argaadi Parol, Rando Värnik, Katri Kall, Ülle Roosmaa, Lex van der Weerd

PLANT PROTECTION

- 120–123 **Strawberry pollen forage of bumble bees depending on production systems**
Gerit Dreyersdorff, Reet Karise, Marika Mänd
- 124–127 **The effect of food quality on digging behaviour of Colorado potato beetles**
Küllli Hiiesaar, Katrin Jõgar, Luule Metspalu, Reet Karise
- 128–131 **Influence of NeemAzal T/S on *Mamestra brassicae***
Katrin Jõgar, Luule Metspalu, Külli Hiiesaar, Angela Ploomi, Liina Loorits
- 132–137 **The effect of field-bordering landscape elements on the abundance and parasitism rate of *Meligethes aeneus* on winter oilseed rape**
Riina Kaasik, Gabriella Kovács, Janne Mölder, Kaia Treier, Liis Vaino, Luule Metspalu, Eve Veromann
- 138–141 **The pyrethroid resistance of the pollen beetle is increasing in Estonia**
Gabriella Kovács, Riina Kaasik, Krista Kortspärn, Luule Metspalu, Anne Luik, Eve Veromann
- 142–146 **Flea beetles on cruciferous oilseed crops**
Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Angela Ploomi, Külli Hiiesaar
- 147–150 **The effect of powdery biopreparations on the metabolic rate and water loss of bumble bees**
Riin Muljar, Reet Karise, Marika Mänd
- 151–154 **Potassium salt of fatty acids enhances the effect of plant extracts**
Angela Ploomi, Luule Metspalu, Anne Luik, Katrin Jõgar, Külli Hiiesaar, Ivar Sibul, Irja Kivimägi

- 155–159 **Synergistic effect of tau-fluvalinate and tebuconazole on bumble bees (*Bombus terrestris* L.)**
Risto Raimets, Reet Karise, Marika Mänd
- 160–165 **Effect of biostimulator and fungicidal seed treatment on yield and quality of spring wheat in 2013 and 2014**
Pille Sooväli, Mati Koppel, Kadri Sildoja
- 166–171 **Potato early blight on different potato cultivars in Einola farm**
Liisi Tamela, Eve Runno-Paurson, Merili Hansen, Ants Einola, Priit Einola
- 172–178 **The abundance and species diversity of pollinators in agricultural landscape elements**
Eve Veromann, Gabriella Kovács, Riina Kaasik, Liis Vaino, Reet Karise, Reelika Päädam, Katrin Jõgar, Linda-Liisa Veromann, Martin Jürgenson, Marika Mänd

HORTICULTURE

- 180–184 **Postharvest life of 'Krista' apples in modified atmosphere packages**
Lagle Heinmaa, Ulvi Moor
- 185–190 **Possibilities to influence the quality of the grapes**
Mariana Maante, Ele Vool, Reelika Rätsep, Kadri Karp
- 191–194 **The effect of effective microorganisms on the yield and the contents of dry matter and calcium of winter garlic**
Margit Olle
- 195–198 **Wood decay fungi in an apple orchard under renovation**
Irma Zettur, Toivo Univer
- 199–204 **The new apple varieties in Estonia**
Toivo Univer, Neeme Univer

MISCELLANEOUS

- 206–209 **Determination of agricultural land in spatial plans**
Siim Maasikamäe, Evelin Jürgenson
- 210–213 **Long term preservation of potato plants *in vitro* and using of the potato conservation varieteis**
Viive Rosenberg, Katrin Kotkas
- 214–218 **Cereal yields and production costs in complex research of different cultivation methods**
Kalvi Tamm, Raivo Vettik, Peeter Viil, Elina Akk, Liina Edesi, Jüri Kadaja, Taavi Võsa
- 219–224 **About determination of macroelements content in soil by Mehlich 3 method**
Tõnu Tõnutare, Ako Rodima, Raimo Kõlli, Kadri Krebstein, Priit Penu, Jaanus Rebane, Allan Künnapas

Mullateadus ja maaviljelus

Soil science and soil management

Mulla tallamise järelmõju mulla omadustele ja rohumaa saagikusele

Mihkel Are, Endla Reintam, Are Selge, Diego Sanchez de Cima

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Are M., Reintam, E., Selge, A., Sanchez de Cima, D. 2015. The after-effect of soil compaction on soil properties and grassland productivity. – Agronomy 2015.

The after-effect of soil compaction on grassland in Estonia has not been studied that close before. In order to study the after-effects of soil compaction an experiment was established in the experimental station located in Rõhu in Estonia on sandy loam Haplic Luvisol (siltic). From the grass cultivars perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) 'Raidi' was seeded in June 2009 and alfalfa (*Medicago varia* Mart.) 'Karlu' in September 2008. In year 2010 nitrogen fertilizer with a rate of 200 kg ha⁻¹ was applied three times to the fertilized ryegrass treatments. In 2010–2011 the compaction was performed after every cut (3 cuts) two times pass by pass with a tractor and trailer that weighted 2.5 and 3.0 Mg. In this study the first after-effect year 2012 was analysed: plant yield samples were taken and from soil the air-filled and water-filled porosity from total porosity was measured. The results of the study revealed that air-filled porosity was still affected by soil compaction after-effect, especially at the end of growing season. However, on fertilized ryegrass there were no differences between compacted and un-compacted treatments. Water-filled porosity did not differ between compaction treatments. The examination of total biomass of the three harvests revealed that the plants still suffered from the after-effects of soil compaction. The biomass yields due compaction were on the non-fertilized perennial ryegrass 20.7%, on fertilized perennial ryegrass 21.0% and on alfalfa 39.9% lower than on the un-compacted plots. This study showed that despite some recovery in soil properties and plant biomass yields, the soil compaction has a long-term impact on the soil properties.

Keywords: soil compaction after-effect, water-filled porosity, air-filled porosity, perennial ryegrass, alfalfa

Sissejuhatus

Tänapäeva põllumajanduses on trend, et haritaval maal tehakse järjest rohkem ülesõite, mille tulemusel suureneb mulla tallamise oht. Enamik mulla tihendamise seotud uuringuid käsitleb eelkõige põllumuldade, rohumaaade tallamist on uuritud palju vähem (Krebstein *et al.*, 2013). Samas tuleks rohumaaade kaitsele rohkem rõhku panna, kuna Euroopa Liidus moodustasid 2004. a rohumaad 35% põllumajanduslikust maa-fondist (Kacorzky *et al.*, 2009). Eriti suur probleem on tallamine mitmeaastasel rohumaaadel, kus puudub võimalus mulda agrotehniliste võtetega mehaaniliselt kobestada (Glab, 2007). Mulla tallamist rohumaaadel peetakse üheks suurimaks faktoriks, mis võib heintaimede saaki vähendada (Glab, 2008). Põllumajanduses muutub tallamine järjest aktuaalsemaks probleemiks, sest kasutatakse võimsamaid ja massilt raskemaid traktoreid. Suuremaks ja raskemaks muutuvad ka järelveetavad haagised (Alakukku, 1999). Suurt kahju tekitab põllumajandustehnika siis, kui liigutakse märjal mullal, näiteks varakevadel ja hilissügisel (Radford *et al.*, 2000). Douglase (1995) andmetel on rohumaaadel saagi koristamisel liiklustihedus 110–186 Mg km ha⁻¹, samas kui põllumaaadel on see näitaja 32–88 Mg km ha⁻¹. Frost (1985, artiklist Frame *et al.*, 1996) on välja arvanud, et silotegemisel läbitakse kolme niite puhul vastavalt masinapargis olevale tehnikale 21 kuni 61 km ha⁻¹, mis on võrdväärne sellele, et kogu maapind tallatakse 3 kuni 9 korda, kuid mõju mullale ja saagile sõltub ka sellest, millist tehnikat kasutati. Randlemeeritud

liiklus rohumaal võib põhjustada ränka mulla tallamist, mille tulemusena on häiritud mulla veeläbilaskvus ja taimejuurte areng. Samal ajal suureneb ka tarbetult energiakulu, põhjustades majanduslikku kahju, sest läbitakse rohkem maad kui kindlate tehnoradade olemasolul (Carter *et al.*, 1991).

Uurimistöö eemärk oli uurida mulla tallamise järelmõju karjamaa-raiheina ja hübriidlutserni saagine ning mulla füüsikaliste omadustele.

Materjal ja meetodika

Põldkatse tehti Eesti Maaülikooli (EMÜ) Rõhu katsejaamas (N:58°21'31.81''; E:26°31'27.16''), mis asub Tartumaal Tähtvere vallas. Katsepõllu muld oli tolmla keskmine liivsavi lõimiseega leetjas muld (*Haplic Luvisol*), mille künnikihis oli liiva 51,5%, tolmuosakesi 37,4% ja savi 11,1%. Katse rajati 2008. aastal. Karjamaa-raihein 'Raidi' (*Lolium perenne* L.) külvati normiga 40 kg ha⁻¹ 2008. a septembris. Raiheina hakati väetama 2010. a mai algusest enne kasvu algust normiga 200 N kg ha⁻¹ ning jätkati veel kahel korral peale niidet, sealjuures jäeti üks katseplokk lämmastikväetiseta (N0) ja teist väetati ammooniumsalpeetriga. Hübriidlutserni (*Medicago varia* Mart.) sort 'Karlu' külvati 2009. a juunis külvisenormiga 18 kg ha⁻¹, kuid lämmastikväetisega ei väetatud. Tallamise otsemõju taimikule ja mullale uuriti aastatel 2010–2011. Tallamiseks kasutati traktorit T-40 massiga 2,5 t, mille külge oli ühendatud üheteljeline veega täidetud tsisternhaagis massiga 3,0 t. Traktori ja haagise põhjustatud rõhk pinnauhikule oli 118 kPa. Tallati pärast iga niidet (kolmeniiteline). Tallamisvariantid olid katses tallamata (kontrollvariant) ja tallatud variant. Tallatud katsevariantidel sõideti katselapp kaks korda jälgijalle kõrval ühtlaselt üle.

Kirjeldatud katses uuriti tallamise järelmõju mullale ja taimikule 2012. aastal, mil otsest tallamist ja väetamist ei tehtud, kuid taimikut niideti kolmel korral.

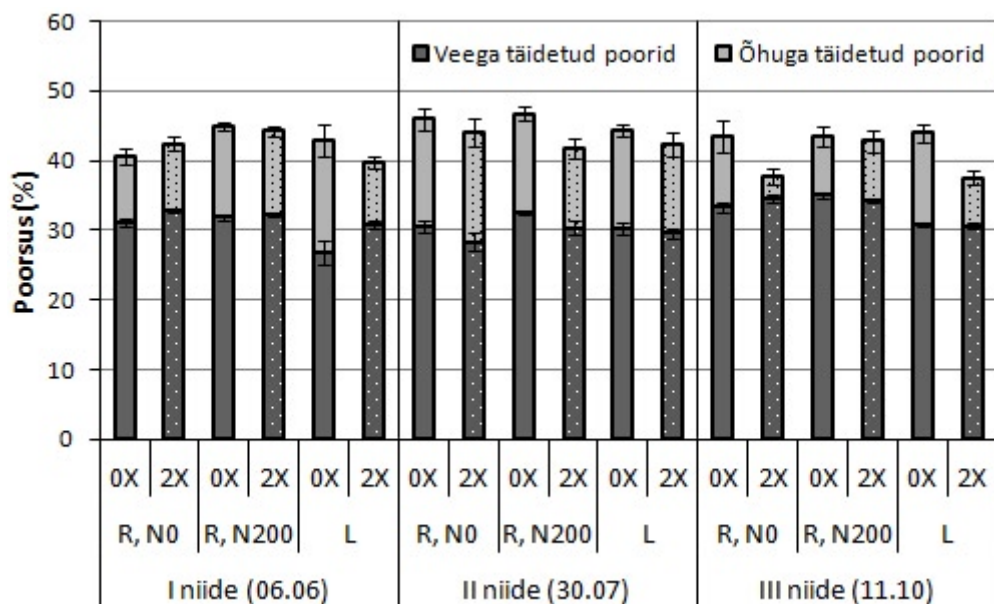
Mullaproovid koguti 2012. aastal iga niite järel kuupäevadel 06.06, 30.07 ja 11.10. Mullaproovid üld- ja aeratsioonipoorsuse e õhuga täidetud poorsuse määramiseks võeti künnikihist 88,20 cm³ terassilindritega neljas korduses. Üldpoorsusest lahutati aeratsioonipoorsus ja leiti veega täidetud pooride osa. Taimeproove võeti 0,25 m² metallraamist neljas korduses kolm korda enne niitmist. Taimeproovid kuivatati õhukuivaks. Pärast taimeproovide võtmist niideti katselapid kergekaalulise murutraktoriga. Aeratsioonipoorsus määrati 60 hPa imamisjõu juures liivatünnidel.

Rõhu ilmajaama andmetel oli aasta 2011 sademete poolest kuivem (452 mm) ja keskmine õhutemperatuuri poolest soojem (6,2 °C) ning aasta 2012 sademete poolest niiskem (722 mm) ja jahedam (4,8 °C) võrreldes EMHI Tartu Tõravere ilmajaama pikaajaliste keskmistega (637 mm ja 5,4 °C) perioodil 1971–2000. Talvel 2011–2012 külmus maa läbi.

Katsetulemused töödeldi ja analüüsiti kahe programmi abil: 1) Microsoft Excel 2007 – millega tehti kirjeldav statistika, tabelid/joonised ja 2) STATISTICA 8.0. – millega tehti mitmefaktoriline dispersioonanalüüs ning Tukey HSD test usutavate erinevuste tuvastamiseks. Mõlema testi puhul loeti statistiliselt oluliseks 95% tõenäosusega ($p < 0,05$).

Tulemused ja arutelu

Kõikidel uuritud kultuuride niidetel puudus tallamise järelmõju veega täidetud pooridel (joonis 1). Eri poorsustest varieerus kasvuperioodi jooksul kõige rohkem aeratsiooni-



Joonis 1. Mulla veega ja õhuga täidetud poorsused üldpoorsusest pärast I niidet (06.06.2012), pärast II niidet (30.07.2012) ja pärast III niidet (11.10.2012) sõltuvalt tallamise järelmõjust (0X – tallamata, 2X – kaks korda tallatud), kultuurist ja väetamisest. R, N0 – väetamata karjamaa-raihein; R, N200 – väetatud karjamaa-raihein (200 kg N ha⁻¹); L – hübriidlutsern. Vertikaaljooned näitavad standardviga

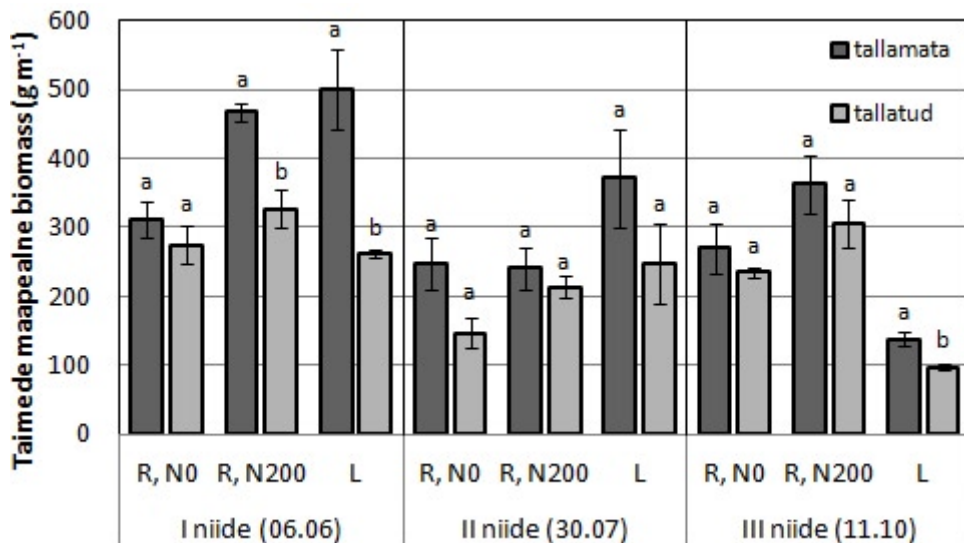
poorsus. I niitel erinesid õhuga täidetud poorsused kõige rohkem lutsernil, mille tallamata variantidel oli see 4% suurem. II niitel puudusid variantidevahelised erinevused. III niitel, kui kasvuperiood oli lõppenud, puudus tallamata ja tallatud variantide mõju mulla poorsusele ainult väetatud karjamaa-raiheinal. See-eest väetamata karjamaa-raiheinal oli tallamata variantidel õhuga täidetud poorsus 6,9% ja lutsernil 6,2% suurem kui tallatud variantidel.

Põhjus, miks väetatud karjamaa-raiheinal puudusid variantidevahelised erinevused, võis olla tingitud sellest, et väetamise käigus muutus juurestik tihedamaks ja peenemaks ning suutis paremini mulda tungida ja mulda õhustada (Glab, 2013). Õhuga täidetud poorsusel on tugev positiivne korrelatsioon mulla veeläbilaskevõimega. Mida parem on mulla õhustatus, seda paremini ja kiiremini pääseb vesi mulda, see omakorda tagab taimedele parema keskkonna ja tõstab väetamise efektiivsust (Sveistrup *et al.*, 1997).

Kuigi mulla tallamise järelmõju künnikihis ei kajastunud mulla poorsuses, siis taimede maapealne biomass oli tallamise järelmõjust mõjutatud kogu kasvuperioodi jooksul (joonis 2). Samas vähenes saagi erinevus tallatud ja tallamata mullal iga niitega nii karjamaa-raiheina kui ka hübriidlutserni puhul.

I niitel põhjustas tallamise järelmõju väetamata karjamaa-raiheinal 11,6%, väetatud karjamaa-raiheinal 29,9% ja hübriidlutsernil 47,6% saagi vähenemise võrreldes tallamata variantidega. Hübriidlutserni puhul oli saagi langus ka statistiliselt usutav.

II niitel põhjustas tallamise järelmõju suurima saagilanguse (40,7%) väetamata raiheinal. Väetatud raiheina ja lutserni puhul oli mõju väiksem kui esimese niite puhul,



Joonis 2. Karjamaa-raiheina ja hübriidlutserni maapealne biomass (kg m^{-2}) 2012. aastal sõltuvalt tallamise järelmõjust, kultuurist, niitest ja väetamisest. R, N0 – väetamata karjamaa-raihein; R, N200 – väetatud karjamaa-raihein (200 N kg ha^{-1}); L – hübriidlutsern. Vertikaaljooned näitavad standardvigga. Ühesugused tähed näitavad statistiliselt usutavate (95% nivoo) erinevuste puudumist tallamisvariantide vahel kultuuri ja ühe niite (tähistatud kuupäevadega) piires Tukey HSD testi alusel

kuid saagi langus oli endiselt vastavalt 11,7% ja 33,4%. Taimiku ebaühtlikkusest tingituna ei olnud saagi erinevused statistiliselt usutavad.

III niitel põhjustas tallamise järelmõju hübriidlutsernil statistiliselt usutava saagi languse (29,5%) võrreldes tallamata variandiga. III niitel raiheina puhul tallamise järelmõju küll esines, kuid erinevus oli vähenenud võrreldes I ja II niitega ning statistiliselt olulist erinevust enam ei leitud.

Kõigi kolme niite saakide summeerimisel leiti, et taimed kannatasid tallamise järelmõju all. Tallamisest tingitud saagikaod olid väetamata karjamaa-raiheinal 20,7%, väetatud karjamaa-raiheinal 21,0% ja hübriidlutsernil 39,9%.

Väetatud raiheina II niite tallamise järelmõju vähenemise põhjus võis olla lämmastikväetise mõju ammendumine selleks ajaks, mistõttu pidid taimed sügavamale leostunud lämmastiku kättesaamiseks rohkem oma juurestikku arendama, mis omakorda aitas kaasa mulla mehaanilisele kobestamisele. Väetatud mullas koonduvad taimejuured enamasti pinna lähedale (Reintam *et al.*, 2005). Glab (2011; 2013) leidis karjamaa-raiheina väetamisel lämmastikväetise kogustega 100 ja 160 kg N ha^{-1} taimede juurte vähenemise väetamise tagajärjel. Juurestiku seisukohast aga leiti, et optimaalne on väetada karjamaa-raiheina väetusnormiga 50 kg N ha^{-1} (Glab, 2013). Üleüldise saagi vähenemise põhjus kõikidel variantidel võrreldes I niitega oli tingitud sademetevaesest kasvuperioodist. Mulla tihenemisest tingitud mulla omaduste halvenemine mõjutab saaki enamasti põuastel või väga sademeterohketel aastatel, mil vastavalt kas suureneb märgatavalt mulla vastupanuvõime juurte mulda tungimisele ja toitainete kättesaamisele või tekivad probleemid mulla õhustatusega. Varasemad uuringud tallamise otsuse kohta on näi-

danud, et mulla tallamine ei ole saagile seni probleem, kuni taim on piisavalt hästi vee ja toitainetega varustatud (Montagu *et al.*, 1998). Põhjus, miks hübriidlutsernisaak oli III niitel olenemata tallamisest nii väike, võis olla tingitud sellest, et lutsern on tallamise otsemõju suhtes väga tundlik kultuur, mistõttu võidi niitmise ja proovide kogumise käigus hübriidlutserni taimestikku liigselt kahjustada (Caporali *et al.*, 1992).

Kokkuvõte ja järeldused

2010.–2011. aastal rohumaal tehtud tallamiste järelduste tulemusena oli 2012. aasta niidete saagilangus olenemata väetamisest karjamaa-raiheinal keskmiselt ~21% ja hübriidlutsernil ~40% võrreldes tallamata taimikuga. Mulla poorsed omadused olid mõjutatud eelnevate aastate tallamistest, see omakorda mõjus negatiivselt taimede maapealse biomassi saagikusele. Kuigi rohumaa kultuure, eriti lutserni, soovitatakse kasvatada nende ulatusliku juurestiku tõttu tihenenud muldade omaduste parandamiseks, on mulla omaduste säilitamiseks siiski esmatähtis tallamist võimalikult palju minimeerida.

Tänuõnad

Töö on valminud M. Are magistritöö andmete põhjal ning ETF-i grant nr 7622 toel.

Kasutatud kirjandus

- Alakukku, L. 1999. Subsoil compaction due to wheel traffic. – *Agricultural and Food Science in Finland* **8**, 333–351.
- Are, M., 2014. Mulla tallamise järelduste karjamaa raiheina (*Lolium perenne* L.) ja hariliku lutserni (*Medicago sativa*) saagikusele ja mulla omadustele. Magistritöö. Eesti Maaülikool, Tartu, lk 1–62.
- Caporali F., Onnis, A. 1992. Validity of rotation as an effective agro-ecological principle for a sustainable agriculture. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **41**, 101–113.
- Carter, L.M., Meek, B.D., Rechel, E.A. 1991. Zone production system for cotton, soil response. – *Transactions of the ASAE* **34** (2), 354–360.
- Douglas, J.T., Crawford, C.E., Campbell, D.J. 1995. Traffic Systems and Soil Aerator Effects on Grassland for Silage Production. – *Journal of Agricultural Engineering Research* **60**, 261–270.
- Frame, J., Merrilees, D.W. 1996. The effect of tractor wheel passes on herbage production from diploid and tetraploid ryegrass swards. – *Grass and Forage Science* **51** (1), 13–20.
- Frost, J.P. 1985. Some effects of machinery traffic on grass yield. – *British Grassland Society* **17**, 18–25.
- Glab, T. 2007. Effect of soil compaction on root system development and yields of tall fescue. – *International Agrophysics* **21** (3), 233–239.
- Glab, T. 2008. Effects of tractor wheeling on root morphology and yield of lucerne (*Medicago sativa* L.). – *Grass and Forage Science* **63** (3), 398–406.
- Glab, T. 2013. Effects of tractor traffic and N fertilization on the root morphology of grass/red clover mixture. – *Soil and Tillage Research* **134**, 163–171.
- Glab, T., Kacorzyc, P. 2011. Root distribution and herbage production under different management regimes of mountain grassland. – *Soil and Tillage Research* **113** (2), 99–104.
- Kacorzyc, P., Glab, T., Zaleski, T. 2009. Effect of land management in mountainous regions on physical quality of sandy loam Haplic Cambisol soil. – *Geoderma* **149** (3), 298–304.
- Krebsteyn, K., Von Janowsky, K., Reintam, E., Horn, R., Leeduks, J., Kuht, J. 2013. Soil compaction in a Cambisol under grassland in Estonia – *Zemdirbyste-Agriculture* **100** (1), 33–38.

- Montagu, K.D., Conroy, J.P., Francis, G.S. 1998. Root and shoot response of field-grown lettuce and broccoli to a compact subsoil – *Australian Journal Of Agricultural Research* **49**, 89–97.
- Radford, B.J., Bridge, B.J., Davis, R.J., McGarry, D., Pillai, U.P., Rickman, J.F., Walsh, P.A., Yule, D.F. 2000. Changes in the properties of a Vertisol and responses of wheat after compaction with harvester traffic. – *Soil and Tillage Research* **54**, 155–170.
- Reintam, E., Kuht, J., Loogus, H., Nugis, E., Trükmann, K. 2005. Soil compaction and fertilization effects on nutrient content and cellular fluid pH of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). – *Agronomy Research* **3** (2), 189–202.
- Sveistrup, T.E., Haraldsen, T.K. 1997. Effects of soil compaction on root development of perennial grass leys in northern Norway. – *Grass and Forage Science* **52**, 381–387.

Viljellussüsteemide mõju mulla süsinikuvarule

Karin Kauer, Berit Tein, Liina Talgre, Vyacheslav Eremeev, Anne Luik

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Kauer, K., Tein, B., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2015. Estimation of soil carbon dynamics and its dependence on the farming system. – *Agronomy* 2015.

Maintaining or enhancing the stock of soil organic carbon (SOC) is a key factor in sustaining the soil resources of the world. The objective of this research was to study the effect of different farming systems (conventional farming with mineral fertilizers vs. organic farming with organic fertilizers (catch crops and composted manure)) under the same 5-crop rotation system on the SOC stock. Data presented in this paper concerned the first rotation during 2008–2012. The main factors were farming systems: conventional and organic. Four conventional farming systems differed in the mineral nitrogen application rates. In two organic farming systems catch crops were used with or without composted solid cattle manure. The SOC stock was determined before experiment and after the first rotation. The stock of SOC increased considerably after the first rotation only in the organic farming systems, where the total C-inputs were higher compared to the C-inputs in conventional systems. The use of mineral N contributed to no change in SOC stock but influenced the quality of soil organic matter. This research revealed that, compared to the other studied systems, in a system in which the highest rate of mineral N was used the more stable C fraction of SOM proportion increased.

Keywords: organic farming, conventional farming, N fertilization, SOC stock, DOC

Sissejuhatus

Mulla orgaanilise süsiniku (OS) sisaldus on oluline mulla kvaliteedi näitaja. On teada, et mullaharimise käigus mulla OS-i sisaldus väheneb (Blair *et al.*, 2000), kuid rakendades sobivaid agrotehnilisi võtteid (külvikord, väetised, sh mineraalsed ja orgaanilised väetised), on võimalik mulla OS-i varu vähenemist vältida ja isegi suurendada (Paustian *et al.*, 2007). Üldine teadmine on, et orgaanilised väetised suurendavad mulla OS-i varu (Blair *et al.*, 2000). Mineraalsete väetiste mõju mulla OS-i varule võib olla erinev. On leitud, et mineraalväetiste lisamine suurendab mulla OS-i varu (Gong *et al.*, 2009), sest mineraalväetised suurendavad põllumajanduslikku saaki, millest tulenevalt suureneb ka mulda mineva orgaanilise aine kogus taimejäänuste ja koristusjääkide näol (Liang *et al.*, 2012). Teisalt on leitud ka, et mineraalväetised ei avalda mingit mõju (Halvorson *et al.*, 2002) või pigem isegi vähendavad mulla OS-i varu, soodustades mulla orgaanilise aine mineralisatsiooni (Sinsabugh *et al.*, 2002).

Mulla OS-i varus toimunud muutusi, mis on põhjustatud erinevatest majandamisvõtetest, on keeruline tuvastada, sest muutused kogu mulla OS-i varus on pikaajalised. Seetõttu on otstarbekam määrata muutusi mulla orgaanilise aine eri fraktsioonides (Guimaraes *et al.*, 2013). Kõige levinumad mulla orgaanilise aine fraktsioonid on labiilne ja passiivne. Mulla orgaanilise aine labiilne fraktsioon koosneb kergesti lagunevatest ühenditest, mineraliseerub kiiresti ja ei ole mullas stabiilne. Muutused labiilsetes fraktsioonides avalduvad kiiremini võrreldes muutustega kogu mulla OS-i varus, sest labiilne fraktsioon on erinevatele majandamisvõtetele tundlikum (Saviozzi *et al.*, 2001). Jätkusuutliku põllumajanduse seisukohalt on lisaks kogu mulla OS-i varu suurendamisele oluline suurendada ka stabiilsema fraktsiooni osakaalu mullas.

Uurimistöö eesmärk oli selgitada erinevate viljelussüsteemide (tava ja mahe) mõju mulla OS-i varule ja omadustele. Töö teine eesmärk oli hinnata süsinikusisendi kogust erinevates viljelussüsteemides ja selle seost OS-i varu muutustega.

Materjal ja meetodika

Põldkatsed korraldati aastatel 2008–2012 Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Rõhu katsejaama Eerika katsepõllul. Katses oli viis üksteisele järgnevat põllukultuuri: punane ristik, talinisu, hernes, kartul ja oder punase ristiku allakülviga, mida kasvatati katsepõllul samaaegselt. Uuritavate aastate (2008–2012) jooksul läbis kogu külvikord esimese rotatsiooni. Tavaviljeluses oli neli varianti: kontroll (N0 – väetamata) ning erinevad mineraalse lämmastikväetiste normid fikseeritud PK väetisnormidega (tabel 1). Maheviljeluses oli kaks viljelussüsteemi: vahekultuuriga viljelussüsteem (O + CC) ning vahekultuuriga viljelussüsteem, mis oli saanud külvikorras (enne kartulit) lisaks komposteeritud sõnnikut 40 t ha⁻¹ (O + CC + M). Vahekultuurid olid taliraps pärast hernest, talirukis pärast kartulit ja raihein pärast talinisu. Katsed olid neljas korduses ja iga katselapi suurus oli 60 m². Katsealal domineeris näivleetunud muld.

Mullaproovid koguti enne katse rajamist 2008. aastal ja 2013. aastal kevadel enne põllutööde algust 0–25 cm sügavuselt. Mullaproovidest määrati OS-i ja N_{uld}-i sisaldus Dumas' kuivpõletusmeetodiga, kasutades elementanalüsaatorit varioMAX. Mulla OS-i varu (t ha⁻¹) arvutati, kasutades valemit:

$$\text{OS-i varu} = \text{BD} \times \text{OS} \times \text{D},$$

kus BD on mulla lasuvustihedus (g cm⁻³), OS on mulla orgaanilise süsiniku sisaldus (mg g⁻¹) ja D on mullakihi tusedus (m). Selles töös katseala mulla BD-d (g cm⁻³) ei määratud, vaid leiti arvutuslikult, kasutades Posti ja Kwoni (2000) valemit:

$$\text{BD} = 100 / \{ (\text{OA} / 10 / 0,244) + [(100 - (\text{OA} / 10)) / 1,64] \},$$

kus OA on mulla orgaanilise aine sisaldus (mg g⁻¹), 0,244 on orgaanilise aine BD ning 1,64 on mulla mineraalosa BD. Eeldati, et mulla orgaaniline aine sisaldab 58% süsinikku (Mann, 1986).

Mulla orgaanilise aine labiilse fraktsiooni hindamiseks määrati vees lahustunud OS-i kogus. Selleks loksutati 10 g õhkuiva mulda 30 ml destilleeritud veega 1 tund,

Tabel 1. Kasvuperioodi jooksul lisatud N, P ja K väetusnormid (kg ha⁻¹) tavaviljelussüsteemides

Viljelussüsteem	Kartul ja talinisu			Oder punase ristiku allakülviga			Hernes		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N1	20 ¹ +30 ²	25	95	20; ⁺ 20	25	95	20	25	95
N2	20+60+20 ³	25	95	20; ⁺ 60	25	95	20	25	95
N3	20+90+40	25	95	20; ⁺ 90+10	25	95	20	25	95

¹ NPK mahapaneku/külviaegsed väetise normid; ² teine täiendav lisaväetamine N norm kasvuperioodi jooksul sõltuvalt kultuurist ja lõplikust N-väetise kogusest; ³ kolmas täiendav lisaväetamise N norm kasvuperioodi jooksul sõltuvalt kultuurist ja lõplikust N-väetise kogusest.

seejärel tseentrifugeeriti ja filtreeriti läbi 0,45 µm filtri. Saadud lahusest määrati vees lahustunud OS-i sisaldus elementanalüsaatoriga varioMAX. Mulla vees lahustunud OS-i osakaal kogu mulla OS-i sisaldusest (DOCp) arvutati, kasutades valemit:

$$\text{DOCp} = 100 \times (\text{DOC} / \text{OS}),$$

kus DOC on vees lahustunud mulla orgaaniline süsinik (mg g⁻¹) ja OS on kogu mulla orgaaniline süsinik (mg g⁻¹). Katses eemaldati süsinikku põllult ainult põhisaagiga (terad, mugulad). Külvikorras olevatest kultuuridest pärinevad aastased süsiniku (C)-sisendid (mis moodustuvad maapealsest ja -alusest (juured ja risosfäär) biomassist pärit olevast süsinikust) mulda arvutati põhisaagis oleva C kaudu, kasutades eri kultuuride C jaotuskoefitsiente erinevates taimeosades (Bolinder *et al.*, 2007).

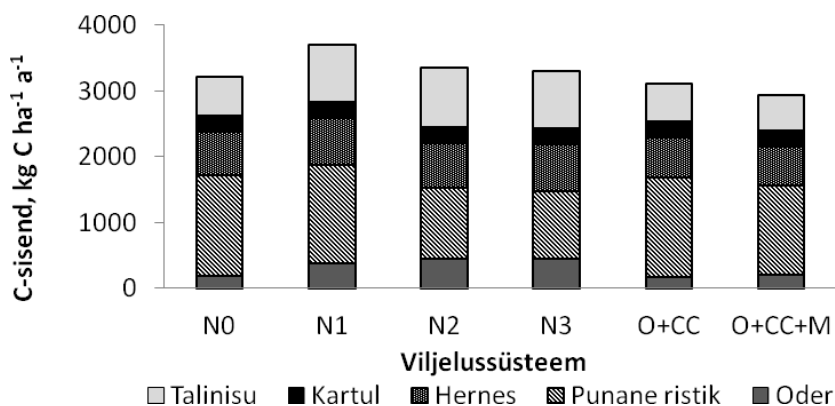
Katseandmed töödeldi dispersioonianalüüsil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi STATISTICA 11 (ANOVA, Fisher LSD test).

Tulemused

Esimese rotatsiooni (2008–2012) keskmine aastane C-sisend mulda varieerus erinevates viljelussüsteemides vahemikus 2935–3697 kg C ha⁻¹y⁻¹ (joonis 1). Maheüsteemides suurendas kogu aastast C-sisendit vahekultuuridest ja komposteeritud sõnnikust pärinev C, mis oli vastavalt 562 ja 495 kg ha⁻¹a⁻¹.

Katse alguses varieerusid mulla OS-i sisaldused 1,2–1,4% (tabel 2). Pärast esimest külvikorda suurenesid mulla OS-i sisaldus ja varu kontrollvariandis ja mõlemas maheviljelusvariandis (O + CC ja O + CC + M). Variandis O + CC suurenes mulla OS-i varu keskmiselt 0,77 t C ha⁻¹ aastas. Sõnniku lisamisel suurenes mulla OS-i varu 2,57 t ha⁻¹ aastas. Tavaviljelusvariantides, kuhu oli lisatud mineraalset N-väetist (variandid N1, N2 ja N3), mulla OS-i varu esimese rotatsiooni jooksul oluliselt ei muutunud.

Katse alguses veelahustuva OS-i sisaldus varieerus erinevatel katselappidel 0,33–0,40 mg g⁻¹ (tabel 3). Külvikorra järel veelahustuva OS-i sisaldus mullas suurenes N1



Joonis 1. Põhikultuuridest pärinevad aasta keskmised süsiniku (C)-sisendid mulda aastatel 2008–2012; N0 – kontrollvariant; N1, N2 ja N3 – erinevate mineraalse lämmastikväetise normidega väetatud variandid; O + CC – vahekultuuridega mahevariant; O + CC + M – vahekultuuridega ja sõnnikuga mahevariant

Tabel 2. Mulla orgaanilise süsiniku (OS) ja üldlämmastiku ($N_{\text{üld}}$) sisaldused aastatel 2008 ja 2013 ning OS-i varu muutused aastas

Viljelus- süsteem	OS (%)		$N_{\text{üld}}$ (%)		OS varu (t ha ⁻¹)		OS varu muutus (t ha ⁻¹ a ⁻¹)
	2008	2013	2008	2013	2008	2013	
N0	1,3 ^{a1}	1,3 ^a	0,13 ^a	0,11 ^{a*2}	46,7 ^a	48,4 ^{a*}	0,34
N1	1,4 ^b	1,4 ^{ab}	0,13 ^a	0,13 ^{b*}	51,1 ^b	50,5 ^{ab}	-0,12
N2	1,4 ^b	1,4 ^{ab}	0,14 ^{bc}	0,13 ^{b*}	51,6 ^b	49,6 ^{ab}	-0,39
N3	1,4 ^b	1,5 ^b	0,13 ^a	0,13 ^{b*}	51,5 ^b	52,2 ^b	0,15
O+CC	1,54 ^b	1,6 ^{c*}	0,15 ^c	0,14 ^{bc*}	52,7 ^b	56,5 ^{c*}	0,77
O+CC+M	1,2 ^a	1,7 ^{c*}	0,14 ^b	0,14 ^c	45,3 ^a	58,2 ^{c*}	2,57

¹ Väikesed tähed ülaindeksina veergudes näitavad usutatavat erinevust ($p < 0,05$) erinevate viljelusviidide vahel;

² Tärn näitab usutatavat ($p < 0,05$) muutust aastate jooksul.

Tabel 3. Mulla C/N suhe, vees lahustunud orgaaniline süsiniku (DOC) sisaldus ja vees lahustuva orgaanilise süsiniku osakaal kogu mulla orgaanilisest süsinikust (DOCp)

Viljelus- süsteem	C/N		DOC (mg g ⁻¹)		DOCp (%)	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013
N0	9,7 ^{ab1}	11,7 ^{a*2}	0,33 ^a	0,36 ^{ab}	2,6 ^{ab}	2,7 ^b
N1	10,6 ^b	10,7 ^a	0,35 ^a	0,54 ^{c*}	2,5 ^a	4,0 ^{c*}
N2	10,1 ^b	10,6 ^a	0,38 ^b	0,47 ^{d*}	2,7 ^{ab}	3,5 ^{d*}
N3	10,7 ^b	11,5 ^{a*}	0,37 ^b	0,32 ^{a*}	2,6 ^{ab}	2,2 ^{a*}
O+CC	10,0 ^b	11,9 ^{a*}	0,40 ^c	0,34 ^{ab*}	2,7 ^b	2,1 ^{a*}
O+CC+M	8,7 ^a	11,8 ^{a*}	0,40 ^c	0,38 ^{b*}	3,3 ^c	2,3 ^{a*}

¹ Väikesed tähed ülaindeksina veergudes näitavad usutatavat erinevust ($p < 0,05$) erinevate viljelusviidide vahel;

² Tärn näitab usutatavat ($p < 0,05$) muutust aastate jooksul.

ja N2 süsteemides vastavalt 54% and 34%. Variandis N3 ja mõlemas mahevariandis veeslahustuva OS-i sisaldused vähenesid (-13%, -15% ja -5%, vastavalt) võrreldes algse sisaldusega 2008. aastal. Külvikorra järel veeslahustuva OS-i osakaal kogu OS-i varus suurenes N1 ja N2 süsteemides, kuid vähenes N3 ja mahevariandides.

Tavaviljeluses, kuhu oli lisatud mineraalset N-väetist (variandid N1, N2 ja N3) vähenes veeslahustuva OS-i osakaal N normi suurenedes. Katse algul oli mulla C/N suhe keskmiselt 10, külvikorra järel suhe laienes kontroll-, N3 ja mahevariantides.

Arutelu

Kõige rohkem suurenes mulla OS-i varu variandis, kus oli kõige suurem aastane C-sisend (variandis O + CC + M). C-sisendi koguse ja OS-i varu suurenemise vahelist positiivset seost on leitud ka teistes eelnevates uurimistöodes (Duiker, Lal, 1999; Nyborg *et al.*, 1999). Meie töös ilmnes, et kui kogu aastane C-sisend (põhi- ja vahekultuuridest pärinev) ületas 4415 kg C ha⁻¹a⁻¹ (nii nagu oli O + CC variandis), siis OS-i bilanss oli mullas positiivne ja mulla OS-i varu suurenes. Tavaviljelusvariantides, mida oli väetatud N erinevate normidega, varieerus ainult põhikultuuridest pärinev C-sisend 3302–3697

kg C ha⁻¹a⁻¹ ning OS-i bilanss oli mullas tasakaalus, s.t mineraliseerunud OS-i kogus ja C-sisend mulda olid enam-vähem võrdsed. Kontrollvariantis oli C-sisend eespool nimetatud variantidega sama suur, kuid mulla OS-i varu suurenes keskmiselt 340 kg C ha⁻¹ aastas. Ilmselt soodustas väetatud mullas mineraalse N-i lisamine orgaanilise aine mineralisatsiooni (Sinsabugh *et al.*, 2002), mistõttu mulla OS-i varu ei suurenenud. Kontrollvariantis võis N-i kättesaadavus lagunemisprotsessis olla ebapiisav, mistõttu orgaanilise aine mineralisatsioon oli aeglasem ning toimus orgaanilise aine kuhjumine mulda.

Kõige stabiilsem orgaaniline aine moodustus mineraalse N-i suurima normi kasutamisel. N-i kättesaadavus soodustas orgaanilise aine mineralisatsiooni, mille tulemusena suurenes stabiilsema fraktsiooni osakaal mulla orgaanilise aines. Seda kinnitab orgaanilises aines oleva veeslahustuva OS-i osakaalu vähenemine võrreldes teiste mineraalse lämmastikuga väetatud variantidega. Madalamate N normidega väetatud tavaviljelusvariantides veeslahustuva OS-i sisaldus ja osakaal kogu mulla OS-ist suurenesid, mis osutab sellele, et mullas suureneb labiilsema orgaanilise aine osakaal. Ka Liang *et al.* (2012) leidsid, et labiilsema fraktsiooni sisaldus oli suurem tavaviljeluses, kuid ilmselt peab arvestama, et see sõltub N-i kättesaadavusest. Mulla veeslahustuva OS-i sisalduse ja osakaalu vähenemine kogu mulla OS-ist osutab sellele, et mullas moodustub stabiilsem orgaaniline aine. Suurema stabiilsema fraktsiooniga mulla orgaaniline aine on jätkusuutlikum ja keskkonnasäästlikum, sest seob rohkem C-d stabiilsemasse vormi ja ei ole välistingimuste mõjutuste suhtes tundlik.

Veeslahustuva OS-i osakaal kogu mulla OS-ist vähenes ka maheviljeluses. Stabiilsema fraktsiooni suurenemine on seotud nendes variantides suurema C-sisendiga võrreldes tavaviljelusega. Orgaanilise aine kuhjumine mulda sõltub C-sisendi omadustest (Singh *et al.*, 2009). Eelnevalt on leitud, et sõnniku lisamisel suureneb mulla veeslahustuva OS-i sisaldus (Gong *et al.*, 2009), mille põhjuseks võib olla see, et lisatud sõnnik sisaldab palju kergesti lagunevaid ühendeid (nt veeslahustuvat OS-i) (Liang *et al.*, 1997). Käesolevas uurimistöös sõnnikuga mahevariantis veeslahustuva OS-i osakaal vähenes, sest katses kasutati komposteeritud sõnnikut, mis sisaldab vähem labiilsemat fraktsiooni (Gomez-Brandon *et al.*, 2008).

Mulla veeslahustuva OS-i dünaamika oli seotud ka mulla C/N suhte dünaamikaga. Kui külvikorra järel mulla C/N suhe laienes, siis veeslahustuva OS-i sisaldus vähenes (suurenes stabiilsema fraktsiooni osakaal). Mulla C/N suhe laienes usutavalt külvikorra järel maheviljelussüsteemides. Laiem C/N suhe osutab sellele, et mulla orgaanilise aine mineralisatsioon ei ole nii intensiivne kui algselt (Mary *et al.*, 1996). Madalate N normidega variantides (N1 ja N2) C/N suhe külvikorra järel ei muutunud ning mulla orgaanilise aine stabiilsema fraktsiooni osakaal vähenes.

Kokkuvõte

Katses olnud viljelussüsteemides olid erinevad N-i allikad (mineraalne N väetis ning liblikõielised kultuurid, vahekultuurid ja sõnnik orgaanilise väetisena) ning sõltuvalt sellest oli mõju mulla OS-i varu dünaamikale erinev. Kõige rohkem suurenes OS-i varu variantis, kus kasvatati vahekultuure ja külvikorras oli antud ka sõnnikut 40 t ha⁻¹. Stabiilsema fraktsiooni osakaal suurenes enim aga kõige suurema mineraalse N normiga väetatud variantis, mis näitab, et suurema N normi kasutamine võib soodustada püsivama ja harimisele vähemtundliku orgaanilise aine moodustumist.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud CORE Organic II rahastusallikad, olles FP7 ERA-Net projekti CORE Organic II TILMAN-ORG partnerid, ja ETF-i projekt SF0170057s09.

Kasutatud kirjandus

- Blair, N. 2000. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a chromic luvisol in Queensland, Australia. – *Soil Tillage and Research* **55**, 183–191.
- Bolinder, M.A., Janzen, H.H., Gregorich, E.G., Angers, D.A., VandenBygaart, A.J. 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **118**, 29–42.
- Duiker, S.W., Lal, R. 1999. Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a luvisol in central Ohio. – *Soil Tillage and Research* **52**, 73–81.
- Gong, W., Yan, X., Wang, J., Hu, T., Gong, Y. 2009. Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat-maize cropping system in northern China. – *Geoderma* **149**, 318–324.
- Gómez-Brandón, M., Lazcano, C., Domínguez, J. 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. – *Chemosphere* **70**, 436–444.
- Guimaraes, D.V., Silva Gonzaga, M.I., da Silva, T.O., da Silva, T.L., Dias, N.S., Silva Matias, I. 2013. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. – *Soil Tillage and Research* **126**, 177–182.
- Halvorson, A., Wienhold, B.J., Black, A.L. 2002. Tillage, Nitrogen, and Cropping System Effects on Soil Carbon Sequestration. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. Paper 1219. Kättesaadav: <http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1219>.
- Liang, Q., Chen, H., Gong, Y., Fan, M., Yang, H., Lal, R., Kuzyakov, Y., 2012. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the north China plain. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **92**, 21–33.
- Liang, B.C., Mackenzie, A.F., Schnitzer, M., Monreal, C.M., Voroney, P.R., Beyaert, R.P. 1997. Management-induced change in labile soil organic matter under continuous corn in eastern Canadian soils. – *Soil Biology and Fertility of Soils* **26**, 88–94.
- Mary, B., Recous, S., Darwls, D., Robin, D. 1996. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soils. – *Plant and Soil* **181**, 71–82.
- Nyborg, M., Malhi, S., Solberg, E., Izaurralde, R., 1999. Carbon storage and light fraction C in a grassland dark gray chernozem soil as influenced by N and S fertilization. – *Canadian Journal of Soil Science* **79**, 317–320.
- Paustian, K., Levine, E., Post, W.M., Ryzhova, I.M. 1997a. The use of models to integrate information and understanding of soil C at the regional scale. – *Geoderma* **79**, 227–260.
- Saviozzi, A., Levi-Minzi, R., Cardelli, R., Riffaldi, R. 2001. A comparison of soil quality in adjacent cultivated, forest and native grassland soils. – *Plant and Soil* **233**, 251–259.
- Singh, S., Ghoshal, N., Singh, K.P. 2007. Variations in soil microbial biomass and crop roots due to differing resource quality inputs in a tropical dryland agroecosystem. – *Soil Biology and Biochemistry* **39**, 76–86.
- Sinsabaugh, R., Carreiro, M., Repert, D. 2002. Allocation of extracellular enzymatic activity in relation to litter composition, N deposition, and mass loss. – *Biogeochemistry* **60**, 1–24.

Eestis kasvatatavate suviteraviljade mullaharimisviisid ja külvitehnoloogia lähtuvalt mulla lõimisest

Helis Luik, Kaire Vahejõe, Ants-Hannes Viira

Eesti Maaülikooli majandus- ja sotsiaalinstituut

Abstract. Luik, H., Vahejõe, K., Viira, A.-H. 2015. Tillage and seeding methods of spring crops in Estonia in relation to soil texture. – Agronomy 2015.

The results of this study correspond with the data of Statistics Estonia – conventional tillage (CT) is the most common tillage method in Estonia. While it has been found that CT involves higher costs and is associated with lower yields, reduced tillage (RT) improves yields, reduces costs and ensures environmentally more friendly production.

This study shows that in 2012 farms that applied RT achieved higher average wheat yield (3,98 t ha⁻¹) compared to CT (3,14 t ha⁻¹). Brennan *et al.* (2014) found that in the conditions of medium precipitation, RT has a positive effect on yield, while in adverse weather conditions, the CT has positive effect on yield. Ozpinar (2006) found that RT has significant positive effects on farm's economic performance. In case of RT the productivity (output-input ratio) was 1,12, while in case of CT the ratio was 1,02. Higher productivity was achieved through higher yield and lower costs. Huang *et al.* (2012) analysed in case of winter wheat the effects of CT and RT on the yield, root growth, soil structure and soil water content. They found that RT had a positive effect on yield due to higher soil water content and better soil aeration.

The analysis of soil texture and tillage method revealed that in case of farms that apply CT, the share of heavy clay soils was higher than in case of RT. This suggests that farmers consider the soil texture on their fields when selecting the tillage method. The following relationships were found between the type of seeding machine, soil texture, and wheat yield: combination seed drill with soil cultivation device was used mainly on average and light soils, which give higher yields.

In conclusion, such tillage methods should be selected that provide the nutrient needs of plants in the best possible way. RT ensures the nutrient and soil diversity that helps maintain and improve the soil characteristics. Therefore, RT, which helps achieving higher yield and lower costs should be preferred.

Keywords: tillage systems, seeding machine, soil texture, wheat yield

Sissejuhatus

Muld on maakoore pindmine kobe kiht, mida kasutavad ja mõjutavad mullaorganismid. Mida mitmekesisem ja aktiivsem on mullaelustik, seda intensiivsemalt moodustuvad orgaanilistest jääkidest huumusained ning hoogustuvad protsessid mineraalosa ja huumusainete vahel, mis omakorda soodustavad taimede kiiremat kasvu. Mitmekesise mullaelustiku tagamiseks on vajalik säilitada muldade omadused sobiva viljavahelduse ning õigeaegse ja õigesti korraldatud mullaharimise teel ja õigesti valitud harimistehnika abil, mille juures ei kahjustata mulla struktuuri ega lõhuta mullaprofiili (Penu, 2006). Ettevõtte valik mullaharimistehnoloogia osas sõltub ettevõtte suuruselt, mulla lõimisest, kasvatatavatest kultuuridest ja põllumajandustootja teadlikkusest.

Eesti Statistikaameti (ES) andmetel on Eestis kõige enam levinud traditsiooniline ehk künnil põhinev maaharimine (maad haritakse traditsiooniliste meetoditega, st maad küntakse), sellele järgneb kaitsev maaharimine ehk madalkünn (maad haritakse madalkünniga, kolmandik taimejääkidest jääb mullale) ning kõige väiksema osatähtsusega on kündmiseta maaharimine ehk tüükülv (maad koristuse ja külvi vahel ei harita)

(PMS602). ES-i maaharimisstatistika andmetel hariti 2010. aastal 12 627 põllumajandusliku majapidamise poolt 465 400 hektarit, 92% majapidamistest haris maad traditsioonilisel viisil, harides 337 900 ha (73%), 6% majapidamistest kasutas madalküüdi, harides 85 400 ha (18%) ja 2% majapidamistest kasutas tüükülvi, harides 42 100 ha (9%). Eelnevast tulenevalt saab öelda, et seos harimisviisi ja ettevõtte suuruse vahel on järgmine: väiksemad majapidamised kasutavad pigem traditsioonilist ehk künnipõhist maaharimist (majapidamise keskmine suurus 29 ha) ning suuremad majapidamised kasutavad pigem kaitsvat maaharimist (majapidamise keskmine suurus 122 ha) ja künnita maaharimist (majapidamise keskmine suurus 158 ha).

Üleminek uutele mullaharimistehnoloogiatele toob kaasa masinapargi ajakohastamise vajaduse. Investeeringute mahud sõltuvad aga suuresti ettevõtte finantsvõimekusest ning investeeringutoetuste taotlemise aktiivsusest. Meetme 1.4.1. toetuse saajate keskmine põllumaa suurus oli 2010. aasta andmetel 186 ha (EMÜ, 2015), millest võib järeldada, et väiketootjate osakaal toetuse saajate hulgas on marginaalne. Kuna väiketootjad ei ole olnud investeeringutoetuste taotlemisel nii aktiivsed ja võimekad kui suurtootjad, siis võib eeldada, et väiksemates majapidamistes on kasutusel traditsioonilised mullaharimisvõtted ning töid tehakse masinatega, mis on ettevõttes kasutusel olnud juba aastaid või isegi aastakümneid.

Mulla lõimise järgi sobivad taimede kasvuks kõige rohkem kerge ja keskmise lõimisega mullad (liiv- ja saviliiv ning kerge ja keskmine liivsavi), kus on piisavalt suuri poore mullaelustikule vajaliku õhu liikumiseks ja piisavalt peenikesi poore vee kinnihoidmiseks, samuti on nende muldade harimine suhteliselt lihtne. (Penu, 2006) Kerge ja keskmise lõimisega muldade harimisel vajatakse vähem eri masinaid, seega on nendel muldadel suhteliselt madalamad tootmiskulud võrreldes raskete muldadega, kus on vaja rohkem masinaid ja tuleb teha täiendavaid tööoperatsioone, mis automaatselt suurendavad tootmiskulusid. Kuna raskete muldade puhul tuleb rohkem tootmissisendeid kasutada, saame väita, et tehtavad tööoperatsioonid sõltuvad mulla lõimisest.

Teadlikkuse kasvust tulenevalt on tehnoloogia valikul hakatud üha enam tähelepanu pöörama keskkonnasäästlikule majandamisele ja kulude kokkuhoiule. Mullaharimisviiside seoseid keskkonnasäästlikkuse, kulude minimeerimise ja saagikuse suurendamise vahel on uurinud paljud autorid (Hamza, Anderson, 2005; Šíp *et al.*, 2009; Brennan *et al.*, 2014). Eestis on mullaharimise mõju tootmiskuludele ja saagikusele uuritud Eesti Maaviljeluse Instituudis. EMVI korraldas pikaajalise uurimistöo (odra näitel), millest selgus, et mullaharimisviis ei mõjuta saagikust, kuid mõjutab suurel määral kulusid: künnipõhisel mullaharimisel on tootmiskulud hektari kohta *ca* 2 korda kõrgemad kui minimeeritud harimisel, kuid saagikus on sama, seega ei ole künnipõhine mullaharimine majanduslikult otstarbekas. (Viil, Tamm, 2011)

Eelnevast tulenevalt on käesoleva uurimistöo eesmärk hinnata mulla lõimise ja harimisviiside seoseid ning analüüsida suviniisu saagikust sõltuvalt mullaharimisviisist ja külvitehnoloogiast.

Materjal ja meetodika

Uurimistöös kasutatud andmed koguti uuringu „Peamiste tootmisressursside kasutamise efektiivsus Eesti põllumajanduses“ raames korraldatud teraviljakasvatuses kasutatavate tehnoloogiate alase ankeetküsitlusega. Küsitlus korraldati teravilja- ja õlikultuuride kasvatamisele spetsialiseerunud ettevõtetes 2012. aastal. Valimi suuruseks oli 1474

ettevõtet. Valimis olnud ettevõtetes kasvatati teraviljakultuure, kaunvilju ning õlikultuure kokku 261 100 hektaril ning nende toetusalususe põllumajandusmaa kogupind oli 348 800 ha. Seega moodustas valimisse kuulunud ettevõtete teraviljade, kaunviljade ja õlikultuuride pind 64,8% nende kultuuride kogupinnast ning 37,2% toetusalusest kogupinnast PRIA 2012. aasta toetuse saajate andmebaasis (PRIA, 2013).

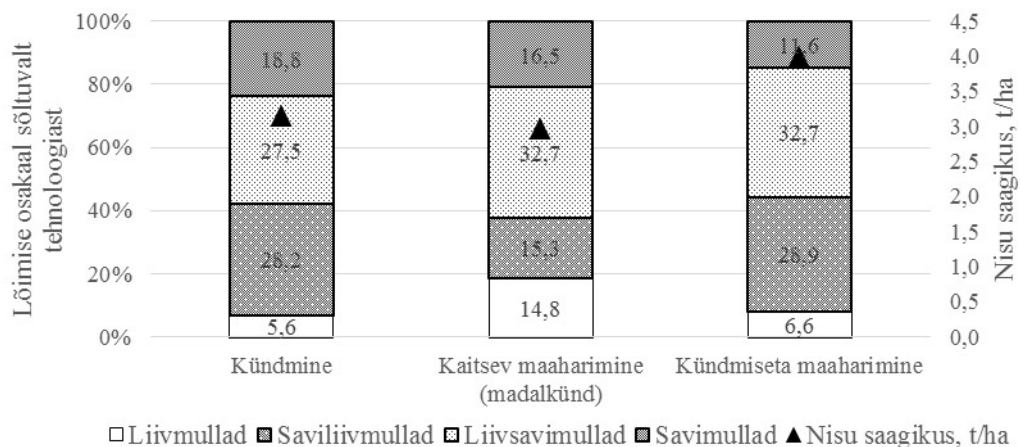
Ankeedile vastas 491 ettevõtet. Pärast andmete kvaliteedikontrolli selgus, et arvestatavaks saab lugeda 334 ettevõtte vastused, seega kujunes vastanute määraks 22,6%. Ankeediga koguti informatsiooni ettevõttes kasutatavate tehnoloogiate kohta kasvatatavate kultuuride lõikes. Ettevõtja märkis iga kultuuri kohta mullaharimistehnoloogia, mille alajaotus koosnes üheksast nimetusest (sügavküünd rohkem kui 25 cm sügavuselt; tavaadruga kündmine 18–25 cm sügavuselt; kergadruga kündmine kuni 18 cm sügavuselt; mulla kobestamine ja segamine tüükultivaatoriga 15–25 cm sügavuselt; mulla pindmine segamine randaaliga 10–15 cm sügavuselt; mulla pindmine segamine koorliga 8–10 cm sügavuselt; libistamine; rullimine; äestamine). Mullaharimistehnoloogia alusel moodustati kolm gruppi: kündjad, kaitsva maaharimise (madalküünd) viljelejad ning kündmiseta maaharimise viljelejad. Käesolevas töös loetakse kündjateks need tootjad, kes teraviljade kasvatamisel künnavad maad rohkem kui 18 cm sügavuselt, madalkünni tehnoloogiat kasutavateks tootjateks loetakse need, kes künnavad kuni 18 cm sügavuselt, ning tootjad, kes ei künnu, on loetud kündmiseta maaharimise viljelejateks. Külvitehnoloogia osas küsiti külvikü tüüpi, mille alajaotus koosnes viiest nimetusest: otsekülvik; kombikülvik (seeme + väetis); kombikülvik (seeme + väetis + mullaharimisseade); monokülvik (seeme); monokülvik (seeme + mullaharimisseade). Mulla lõimise kohta küsiti selle osakaalu ettevõttes, mulla lõimise jagunes: liiv-, savi-, liiv-, liiv-, liiv-, savi- ja turvasmullad. Ankeedi vastustes paluti märkida kasvatatavate kultuuride külvi- ja koristuspinnad ning saagikused 2012. aastal.

Ankeetküsitlusega koguti märksa rohkem informatsiooni kui eelnevalt loetleti, kuid uurimistöös kasutati tulenevalt uurimistöö eesmärgist suviteraviljade mullaharimis- ja külvitehnoloogiate, mulla lõimise ning suvinisu saagikuse andmeid. Võrdlusanalüüsi abil selgitati välja mullaharimistehnoloogia ja mulla lõimise vahelised seosed.

Tulemused ja arutelu

Kuigi Eestis tehtud pikaajalises külvikorra katses selgus, et suviteravilja kasvatamisel pindmise mullaharimisega on kulud hektarile künnipõhise viljelemise kuludest 1,7 kuni 1,9 korda väiksemad (Viil, Tamm, 2011), on küsitluse põhjal siiski Eestis enamlevinud künnipõhine maaharimise tehnoloogia. Enim kasutatakse suviteraviljade kasvatamisel künnipõhist (190 tootjat) ja järgmisena kündmiseta maaharimise tehnoloogiat (124 tootjat). Kaitsvat maaharimist ehk madalkünni tehnoloogiat kasutatakse väga vähesel määral (11 tootjat). Küsitlusele vastanutest kasvatab suviteravilju 326 tootjat, järgnev analüüs põhineb nende vastustel.

Põllukultuuride kasvupinna ja mullaharimistehnoloogia võrdlusest selgub, et künnipõhise maaharimise viljelejate keskmine põllukultuuride kasvupind (165 ha) on väiksem kui kündmiseta maaharijatel (330 ha). Hinnates analüüsitud ettevõtete poolt haritud põllukultuuride kasvupinda, saab öelda, et 43% maast hariti künnipõhiselt, 55% ilma kündmiseta ja 2% madalkünnil. Seega võib küsitluse põhjal öelda, et suurem osa vastanud tootjatest kasutab künnipõhist maaharimist, kuid suuremal osal põllukultuuride kasvupinnal rakendatakse minimeeritud harimist.

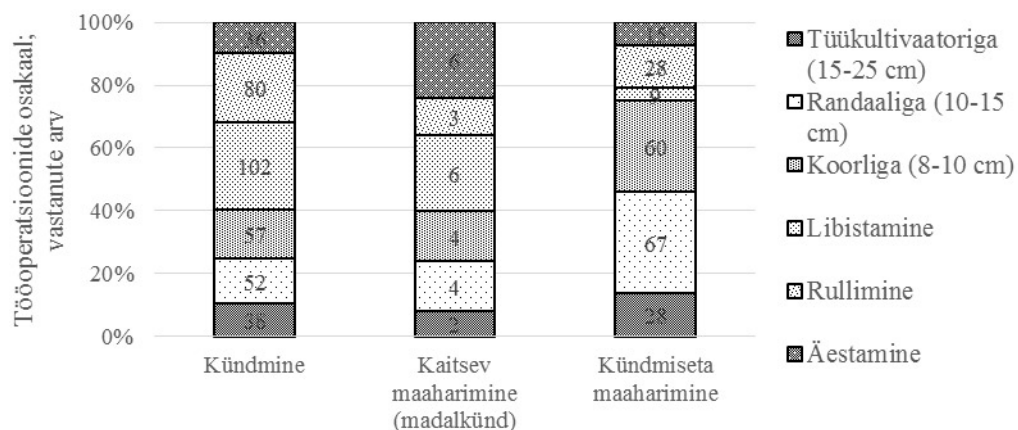


Joonis 1. Suviteraviljade mullaharimisviis ja mulla lõimis ning suvinisu saagikus sõltuvalt kasutatavast tehnoloogiast

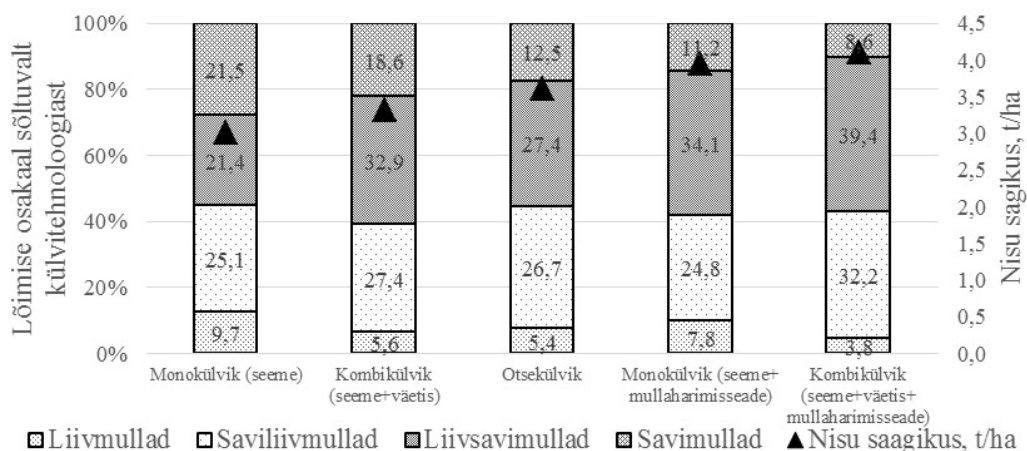
Künnipõhisel mullaharimisel kasutatakse enim tavaadrage kündmist 18–25 cm sügavuselt (181 tootjat) ja vähesel määral sügavkündi rohkem kui 25 cm sügavuselt (9 tootjat). Künnipõhist maaharimist kasutatakse võrreldes teiste tehnoloogiatega rohkem savimuldadel, madalkündi rakendatakse märgatavalt rohkem liivmuldadel (joonis 1).

Maaharimistehnoloogia valikul on üks oluline kriteerium selle mõju saagile. Küsitluse tulemuste põhjal on suvinisu keskmine saagikus olnud kõrgeim (3,98 t ha⁻¹) kündmiseta maaharimisel. Kündmisega maaharimisel oli suvinisu keskmine saagikus 3,14 t ha⁻¹. Madalaim suvinisu keskmine saagikus (2,97 t ha⁻¹) on olnud kaitsval maaharimisel. Huang *et al.* (2012) uurimistöö tulemustest selgus, et minimeeritud mullaharimine avaldas saagikusele positiivset mõju, seda tänu kõrgemale mulla veesisaldusele ja mulla paremale õhustatusele nimetatud tehnoloogia puhul. Sarnaste tulemusteni jõudis ka Ozpinar (2006), kes leidis, et minimeeritud mullaharimisel on oluline positiivne mõju saagikusele ja ettevõtte majandustulemustele, nimelt leiti, et minimeeritud mullaharimisel on tootlikkus – väljundi-sisendi suhe – 1,12 ning künnipõhisel harimisel oli see 1,02. Eelnevalt mainitud kõrgem tootlikkus saavutati kõrgema saagikuse ja madalamate kulude tulemusel. Brennan *et al.* (2014) uuringu andmetest ilmnes, et minimeeritud mullaharimisel on saagikusele positiivne mõju eelkõige keskmise sademetega aastal, seevastu ebasoodsamates ilmastikuoludes on künnipõhisel mullaharimisel saagikusele positiivne mõju. Käesolevas töös ei ole ilmastiku (sademete hulga ja vegetatsiooniperioodi keskmise temperatuuri) mõju arvesse võetud, kuid edaspidi oleks otstarbekas ka need andmed analüüsi kaasata. Giacomini *et al.* (2010) tööst selgus, et eelkultuur avaldab lämmastiku omastamisele ja seega ka kultuuri saagikusele tunduvalt suuremat mõju kui mullaharimistehnoloogia. Seega tuleks analüüsida ka kultuuride järgnevust külvikorras kui üht olulist saagikust mõjutavat tegurit.

Küsitlusest selgus, et kaitsva maaharimise puhul rakendatakse rohkem äestamist ja libistamist, kündmiseta maaharimistehnoloogia puhul kasutatakse pindmist mullaharimist: randaaliga harimist 10–15 cm sügavuselt (67 tootjat) ja kooreliga harimist 8–10 cm sügavuselt (60 tootjat) (joonis 2). Künnipõhise tehnoloogia korral rakendatakse palju



Joonis 2. Suviteraviljade tööoperatsioonid sõltuvalt kasutatavast mullaharimisviisist



Joonis 3. Külviku tüüp ja mulla lõimis ning suvinisu keskmine saagikus sõltuvalt külviku tüübist

rohkem libistamist (102 tootjat) ja rullimist (80 tootjat). Künnipõhine tehnoloogia tähendab rohkemaid tööoperatsioone, see aga tihendab mulda, mistõttu taimejuured ei saa vett enam nii lihtsalt, mullaelustik vaesub ning mullas toimuvad protsessid aeglustuvad.

Uurimistöö aluseks olnud ankeetküsitluste vastustest selgus, et kõige rohkem kasutatakse kombikülvikut (118 tootjat), millega külvatakse seeme ja väetis üheaegselt, kõige vähem kasutatakse monokülvikut (seeme + mullaharimisseade) (45 tootjat).

Suvinisu saagikus (4,11 t ha⁻¹) on kõrgeim tootjatel, kes kasutavad kombikülvikut (seeme + väetis + mullaharimisseade), madalaim suvinisu saagikus (3,02 t ha⁻¹) on tootjatel, kes kasutavad monokülvikut (seeme) (joonis 3).

Võrreldes külvikute tüüpe eri mullaharimistehnoloogiate korral, selgub, et künnipõhisel maaharimisel kasutatakse kõige rohkem (48%) kombikülvikut (seeme + väetis) ja kõige vähem otsekülvikut (9%). Kaitsva maaharimise puhul on enim kasutatav

külvikutüüp monokülvik (seeme + mullaharimisseade) (36%) ja monokülvik (seeme) (36%). Kündmiseta maaharimisel kasutatakse kõige rohkem otsekülvikut (27%) ja kombikülvikut (seeme + väetis + mullaharimisseade) (24%). Täisotsekülvi, mille puhul põllumaad üldse ei harita ja seeme külvatakse otse kõrrepõldu, kasutasid 14 tootjat.

Kokkuvõte

Uurimistöö tulemused kinnitavad ES-i andmeid: suviteraviljade kasvatajate seas on enam levinud künnipõhine mullaharimine. Uurimistööst selgus, et 2012. aastal saavutati minimeeritud harimisega kõrgem suvinisu saagikus (3,98 t ha⁻¹) kui traditsioonilise mullaharimisega (3,14 t ha⁻¹). Mulla lõimise ja harimisviisi analüüsist ilmnes, et künnipõhise tehnoloogia puhul on raskete savimuldade osatähtsus suurem kui kündmiseta harimisviisi puhul. Külviku tüübi, mulla lõimise ja nisu saagikuse vahel ilmnemised järgmised seosed: kombikülvikut koos mullaharimisseadmega kasutatakse pigem keskmistel ja kergematel muldadel, kus saavutatakse ka kõrgem saagikus. Kombikülviku kasutajatel on suvinisu keskmine saagikus kõrgem (4,11 t ha⁻¹) kui monokülviku kasutajatel (3,02 t ha⁻¹).

Kasutatud kirjandus

- Brennan, J., Hackett, R., McCabe, T., Grant, J., Fortune, R.A., Forristal, P.D. 2014. The effect of tillage system and residue management on grain yield and nitrogen use efficiency in winter wheat in a cool Atlantic climate. – *European Journal of Agronomy* **54**, 61–69.
- EMÜ. 2015. Eesti Maaülikooli Maamajanduse uuringute ja analüüsi osakonna Maaelu arengukava püsihindamise andmed. Meede 1.4.1. Investeeringud mikropõllumajandusettevõtete arendamiseks.
- Giacomini, S.J., Mchet, J.M., Boizard, H., Recous, S. 2010. Dynamics and recovery of fertilizer N in soil and winter wheat crop under minimum versus conventional tillage. – *Soil and Tillage Research* **108** (1–2), 51–58.
- Hamza, M.A., Anderson, W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. – *Soil and Tillage Research* **82** (2), 121–145.
- Huang, G., Chai, Q., Feng, F., Yu, A. 2012. Effects of Different Tillage Systems on Soil Properties, Root Growth, Grain Yield, and Water Use Efficiency of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Arid Northwest China. – *Journal of Integrative Agriculture* **11** (8), 1286–1296.
- Ozpinar, S. 2006. Effects of tillage systems on weed population and economics for winter wheat production under the Mediterranean dryland conditions. – *Soil and Tillage Research* **87**, 1–8.
- Penu, P. 2006. Eesti muldadest põllumehele. Kättesaadav: http://pmk.agri.ee/pkt/files/f22/ees-ti_muldadest_põllumehele.pdf (viimati vaadatud 11.10.2014)
- PMS602: Maaharimine. Eesti Statistikaameti andmebaas. Kättesaadav: www.stat.ee (viimati vaadatud 01.12.2014)
- PRIA. 2013. Otsetoetuste ja MAK keskkonnatoetuste andmestik.
- Šíp, V., Růžek, P., Chrpová, J., Vavera, R., Kusá, H. 2009. The effect of tillage practice, input level and environment on the grain yield of winter wheat in the Czech Republic. – *Field Crops Research* **113** (2), 131–137.
- Viil, P., Tamm, K. 2011. Otsekülvi ja künnipõhise teraviljakülvi kulude võrdlus. – *Teraviljafoorum 2011* (19–22), Tallinn, Eesti Põllumajandus- ja Kaubanduskoda.

Biomassituhk sobib põllule väetiseks

Henn Raave, Karin Kauer, Indrek Keres, Are Selge, Mailis Tampere, Rein Viiralt

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Märt Nõges, Jaanus Rebane

Põllumajandusuuringute Keskus

Abstract. Raave, H, Kauer, K., Keres, I., Nõges, M., Rebane, J., Selge, A., Tampere, M., Viiralt, R. 2015. Biomass ash is suitable fertilizer for field crops. – *Agronomy* 2015.

There is little data about the suitability of using biomass ash as fertilizer for field crops. From 2011–2013 field experiment was conducted in EMÜ Rõhu experimental station with the purpose to clarify: (i) the effectiveness of using wood and herbage biomass ash as cereal fertilizer compared to mineral fertilizers; (ii) if ash can be used for increasing soil K content and (iii) if in addition to ash it is necessary to apply phosphorous with mineral fertilizer. Research was conducted in pots under field conditions. In the experiment the impact of herbage, wood and wood (90%) and peat (10%) ashes were compared. At the beginning of the experiment ash was applied in quantities in which the amount of extractable K was (i) equal to the amount of K (10 g m^{-2}) applied with mineral fertilizer (ii) or it was two-times larger than that. In addition treatment with application of phosphorous fertilizer besides ash was included. Our results showed: (i) herbage biomass ash is the most suitable for cereals fertilization; (ii) the efficiency of wood and wood-peat ash is lower than of hay ash, therefore their application rate must be higher; (iii) with ash it is possible to apply K in reserve; (iv) the application of phosphorous fertilizer in addition to ash does not increase the yield.

Keywords: wood ash, herbage biomass ash, fertilizer, plant nutrients

Sissejuhatus

Tuhaga väetamine, millel põhines ka alepõllundus, on vana agrotehniline võte. Praegu on see muutunud taas aktuaalseks, sest mineraalväetiste hinnad on järsult kasvanud ja vähendanud tootmise kasumlikkust. Tuha kasutamist väetisena soosib ka fosforivarude ammendumine maailmas, mis sunnib otsima traditsioonilistele fosforväetistele alternatiive (Haarr, 2005). Tuha puhul on probleemiks vähene info selle väetusomaduste kohta. Suur osa senisest uurimistööst on tehtud metsades, kus on selgitatud tuha mõju puude kasvule (Pitman, 2006). Põllul on tuhka kasutatud rohkem lubiainena mulla happesuse neutraliseerimiseks.

Tuha mineraalainete sisaldus on varieeruv, sõltudes taimeliigist, selle kasvukoha mullast, väetamisest jt teguritest. On leitud, et puutuhas on P ja K üldsisaldus vastavalt 0,9–1,7 ja 3–4% (Hytonen, 2003), odrapõhutuhas 1,7 ja 15,4%, rukkipõhutuhas 1,6 ja 20,8%, rapsipõhutuhas 2,1 ja 15,8% (Sander, Andre, 1997). Toiteelemendi omastatavuse määr taimetele sõltub põletatavast biomassist, katla töörežiimist, kuid ka mulla omadustest, kus tuhka väetisena kasutatakse. Kogu tuhas olevast kaaliumist on hinnanguliselt taimedele omastatav 18–35% (Naylor, Schmidt, 1986), kuid mõnedel andmetel isegi 100% (Bidlingmaier, Wunsch, 2010). Fosfori omastatavus sõltub peamiselt mulla reaktsioonist ja on kõige suurem, kui mulla pH on 6,0–7,0 (Pitman, 2006). Tuha järelmõju mulla toitainete sisaldusele võib olla väga pikaajaline, kestes K, Ca ja Mg puhul 16 ja enam aastat (Saarsalmi *et al.*, 2001).

Tuha keskkonnaohtlikkuse osas arvamused lahknevad. Raskmetallidest sisaldab puutuhk kõige rohkem C-d, mille sisaldus võib seal olla 4–20 mg kg⁻¹ (Saarsalmi *et al.*,

2001). Ohtu, et puutuhas olevad raskmetallid võiksid sattuda inimese toiduahelasse, hinnatakse väikeseks. Tuhk neutraliseerib mulla happesust ja vähendab seeläbi taimede poolt raskmetallide omastamist (Kärblane *et al.*, 1998).

Uurimistö eesmärgiks oli saada teada: (i) milline on teraviljade väetamisel puu- ja heinatuha efektiivsus võrreldes mineraalväetisega; (ii) kui kaua kestab tuha järelmõju mulla K sisaldusele; (iii) kas lisaks tuhale on vaja anda mineraalväetisega fosforit.

Metoodika

Uurimistö toimus EMÜ Rõhu katsejaamas, Eerikal, aastatel 2011–2013. Katses uuriti: (i) puu-, (ii) puu- (90%) ja turbatuha (10%) segu (edaspidi puu- ja turbatuhk) ning (iii) heinatuha mõju võrrelduna mineraalväetisega teravilja saagile ja $P_{\text{Mehlich } 3}$ ning $K_{\text{Mehlich } 3}$ sisaldusele mullas. Kõigi kolme tuhaga anti K kogus, mis vastas (i) mineraalväetisega antud K kogusele (10 g m^{-2} ehk 100 kg ha^{-1}) või (ii) oli sellest kaks korda suurem. Veel oli katses variant, kus lisaks tuhale anti fosforväetist ja kontrollvariant, kus väetisi ei antud. Kokku oli katses 11 varianti, mis olid neljas korduses. Andmed tuhade keemilise koostise kohta on toodud tabelis 1. Katse toimus katsenõudes välitingimustes. Ühe nõu pindala oli $0,085 \text{ m}^2$ ja sügavus $0,28 \text{ m}$. 2011. aasta maikuu alguses täideti kasvunõud kerge liivsavi lõimisega leetja mulla (KI) künnikihist kogutud mullaga, mille keemilised näitajad olid: $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,5$, $\text{N}_{\text{üld}} 0,26\%$, $P_{\text{Mehlich } 3} 299$ ja $K_{\text{Mehlich } 3} 260 \text{ mg kg}^{-1}$. Enne nõudesse panemist sõeluti muld läbi $15 \times 15 \text{ mm}$ avaga sõela. Igasse katsenõusse kaaluti 26 kg mulda (niiske mulla kaal). Seejärel segati kasvunõu ülemisse kihti (0–10 cm) tuhk. Ühte kasvunõusse lisatav tuha kogus arvutati tuha K_{AL} sisalduse põhjal, mis oli puutuhas 2,6%, puu- ja turbatuhas, 1,4% ja heinatuhas 4,7%. Puutuhka segati igasse kasvunõusse 33 g ($388,2 \text{ g m}^{-2}$ ehk $3,9 \text{ t ha}^{-1}$), puu- ja turbatuhka 61 g ($717,6 \text{ g m}^{-2}$ ehk $7,2 \text{ t ha}^{-1}$) ja heinatuha 18 g (212 g m^{-2} ehk $2,1 \text{ t ha}^{-1}$). Tuha norm anti korraga katse alguses. Kõik tuhavariandid said igal aastal mineraalväetisega lisaks lämmastikku 8 g m^{-2} .

Variandis, kus tuhale anti lisaks fosforväetist, arvutati esmalt, kui palju erineb tuhaga mulda antud P_{AL} kogus mineraalväetisega antud P kogusest ja seejärel selle vahe katmiseks vajalik superfosfaadi norm. Tuhaga antud K kogus vastas selles variandis mineraalväetisega antud K kogusele. Fosforväetist anti kõigil katseaastatel. Mineraalväetise variandis anti igal aastal väetistega 8 g N m^{-2} , $2,5 \text{ g P m}^{-2}$ ja 10 g K m^{-2} . Lämmastikväetistena kasutati katses ammoniumnitraati, fosforväetisena superfosfaati ja kaaliumväetisena kaaliumkloriidi. Mineraalväetis anti kevadel kohe pärast seemnete külvi. Esimesel aastal külvati teravili 14 päeva pärast tuha mulda segamist. Kõigil katseaastatel kasutati külviks eelidandatud seemneid, mis külvati matriitsiga ette märgitud kohtadesse. Katsekultuuriks oli esimesel aastal oder 'Teele', teisel suvinisu 'Manu' ja kolmandal kaer 'Jaak'. Saak koristati nõudelt tervikkoristusena. Laboris eraldati kõrte

Tabel 1. Makroelementide sisaldus tuhas

Materjal	Neutraliseerimis- võime (Ca), %	Elemendi üldsisaldus tuhas, %					
		P	K	Ca	Mg	S	Mn
Puu- ja turbatuhk	25,5	1,1	2,6	25,4	1,9	1,13	0,37
Puutuhk	25,1	0,86	2,9	24,0	1,6	1,67	0,14
Heinatuhk	7,7	1,5	11,4	11,4	3,9	0,2	0,15

Tabel 2. Terasaak katseaastatel, g m⁻²

Kontroll	Mineraalväetis	Puu- ja turbatuhk			Puutuhk			Heinatuhk		
		K ¹	2K ²	T+P ³	K	2K	T+P	K	2K	T+P
		1. aasta, oder 'Teele'								
310 ^{B4}	414 ^B	368 ^B	389 ^B	325 ^B	292 ^B	579 ^A	357 ^B	406 ^B	319 ^B	336 ^B
		2. aasta, suvinisu 'Manu'								
132 ^B	385 ^A	335 ^A	393 ^A	381 ^A	395 ^A	400 ^A	387 ^A	361 ^A	397 ^A	414 ^A
		3. aasta, kaer 'Jaak'								
183 ^B	480 ^A	456 ^A	375 ^A	426 ^A	398 ^A	451 ^A	418 ^A	364 ^A	396 ^A	409 ^A

¹ Tuhka anti koguses, mis vastas mineraalväetisega antud K normile;

² Tuhka anti koguses, mis vastas 2 kordsele mineraalväetisega antud K normile;

³ Tuhale anti lisaks mineraalväetisega fosforit; ⁴ Erineva tähega tähistatud ühe katseaasta saigid on statistiliselt usutaval määral erinevad ($p < 0,05$).

küljest viljapead, mis kaaluti ja kuivatati õhukuivaks. Terasaak arvutati kuivkaalu põhjal iga katsenõu kohta eraldi. Mulla toitainete sisaldust hinnati kõigil katseaastatel. Selleks võeti pärast saagi koristamist mullapuuriga katsenõudest 0–28 cm sügavuselt mullaproov, mis saadeti analüüsimiseks laborisse. Pärast seda kaevati kasvunõu pindmine kiht (0–10 cm) kühvliga ringi. Tuha-, mulla- ja taimeanalüüsid tehti Põllumajandus-uuringute Keskuse laborites. Taimede poolt omastatava K ja P sisaldus tuhas määrati AL meetodil EMÜ mullateaduse ja agrokeemia laboris. Katseandmete analüüsimiseks kasutati programmi STATISTICA 12 (*StatSoft, Inc.*, USA 2014) andmeanalüüsi paketi sisalduvat ühe ja mitmefaktorilist dispersioonanalüüsi. Erinevuste usutavust hinnati Fisher LSD testiga olulisusenivool 0,05.

Tulemused

Väetise mõju teraviljasaagile. Kolme aasta kokkuvõttes saadi suurim terasaak ($p < 0,05$) variandis, kus puutuhaga anti K kogus, mis vastas mineraalväetisega antud kahekordsele K kogusele (tabel 2).

Teistest väiksem ($p < 0,05$) oli saak kontrollvariandis. Teiste variantide saigid statistiliselt olulisel määral ei erinenud. Tuhaga antud kahekordne K norm suurendas ühekordse normiga võrreldes saaki kõige rohkem puutuha variandis, kus saak oli suurem kõigil kolmel katseaastal. Teiste tuhkadega saadi väike saagiefekt kahel aastal. Mineraalväetisega võrreldes oli tuhaga väetatud variantidele iseloomulik saakide suurem varieeruvus katseaastatel. Eriti avaldus see puutuha ning puu- ja turbatuhaga variandis, kus tuhaga anti ühekordne kaaliumi norm.

Tuhale lisaks antud fosforväetis saagile statistiliselt usutavat mõju ei avaldanud.

Tuha mõju mullale

Mulla reaktsioon. Mulla pH_{KCl} oli mineraalväetisega väetatud variandis (6,6) võrreldes kontrollvariandiga (6,7) esimesel kahel aastal madalam ($p < 0,05$). Kolmandal aastal see ei erinenud. Puu- ning puu- ja turba- ning heinatuha variandis oli ühekordse K normi andmisel mulla pH esimesel aastal vastavalt 7,2; 7,4 ja 6,9. Tuhaga kahekordse

K normi saanud variantides oli see 0,1–0,2 ühikut suurem. Kolme aastaga vähenes pH tuhavariantide mullas 0,1–0,3 ühikut. Kõige suurem muutus toimus puu- ja väiksem heinatuha variandis.

Fosforisisaldus. Väetiste mõju mulla P_{Mehlich3} sisaldusele oli erinev ($p < 0,05$) (tabel 3). Katseperioodi keskmisena oli see kõige kõrgem mineraalväetise variandis. Tuhavariantidest oli sisaldus suurim heinatuha variandis (321 mg kg^{-1}). Puu- ning puu- ja turbatuha variandis sarnanes P_{Mehlich3} sisaldus kontrollvariandiga. Tuha norm ja tuhale lisaks antud fosforväetis P_{Mehlich3} sisaldust mullas ei mõjutanud.

Kaaliumisisaldus. K_{Mehlich3} sisaldus oli mullas esimese aasta sügisel mineraalväetist saanud variandiga võrreldes suurem kõigis tuhavariantides ($p < 0,05$), teisel aastal variantides, kus tuhaga anti kahekordne K norm ja kolmanda aasta sügisel ainult heinatuha variandis, mis sai tuhaga kahekordse K normi.

Arutelu

Sarnaselt K. Schiemenzi ja N. Eichler-Loebermanniga (2010) näitas meie uurimistöö, et tuhaga väetamine suurendab biomassisaaki, kuid me leidsime ka, et tuhade mõju on väetisena väga erinev. Kõige tõhusam oli heinatuhk, mida kulus tuhkadest ühekordse K normi andmiseks kõige vähem, kuid millega väetades oli saak esimesel aastal kõige suurem. Heinatuha puuduseks oli, et ühekordse K normiga väetades hakkas saak alates teisest aastast vähenema, kuid kaks korda suurem norm vähendas saaki esimesel aastal. Sellest tulenevalt tuleks anda heinatuha mulda väikese normiga igal aastal või siis suurema normi andmisel peab jääma tuha laotamise ja seemnete külvi vahele pikem periood, kui oli seda katses olnud 14 päeva. Puu- ning puu- ja turbatuhas oli K_{AL} sisaldus heinatuhas väiksem, mistõttu oli nende kogus, mis väetisena anti, suurem. Mõlema

Tabel 3. Väetamise mõju P_{Mehlich3} ja K_{Mehlich3} sisaldusele (mg kg^{-1}) mullas

Väetusvariant	1. katseaasta		2. katseaasta		3. katseaasta	
	P	K	P	K	P	K
Kontroll	315,7 ^{C1}	259,0 ^F	308,0 ^{BC}	251,8 ^D	321,0 ^{A-C}	196,5 ^E
Mineraalväetis	327,7 ^B	267,3 ^{EF}	325,2 ^A	306,3 ^{CD}	325,3 ^A	251,5 ^B
Puu- ja turbatuhk	319,0 ^{AB}	294,5 ^{DE}	296,5 ^E	260,8 ^D	318,7 ^{A-D}	206,2 ^{DE}
Puu- ja turbatuhk 2K ²	320,7 ^{AB}	335,0 ^{BC}	297,1 ^E	322,0 ^{BC}	310,0 ^E	233,7 ^C
Puu- ja turbatuhk + P ³	324 ^{AB}	302,7 ^D	312,6 ^B	269,6 ^D	323,0 ^{AB}	206,5 ^{DE}
Puutuhk	326,5 ^{AB}	308,2 ^{CD}	298 ^{DE}	291,8 ^D	317,2 ^{A-D}	209,2 ^{DE}
Puutuhk, 2K	323,2 ^{AB}	304,0 ^{CD}	304,3 ^{B-E}	309,2 ^{B-D}	315,2 ^{C-E}	220,7 ^{CD}
Puutuhk + P	327,0 ^B	291,5 ^{DE}	307,0 ^{B-D}	295,0 ^D	318 ^{A-D}	199,5 ^E
Heinatuhk	342,5 ^A	344,0 ^B	301,0 ^{C-E}	322,8 ^{BC}	312,7 ^{E-E}	219,5 ^{CD}
Heinatuhk 2K	341,7 ^A	435,5 ^A	301,6 ^{C-E}	395,6 ^A	316,0 ^{B-E}	278,5 ^A
Heinatuhk + P	350 ^A	347 ^B	307,8 ^{BC}	326,8 ^B	317 ^{A-D}	226,5 ^C

¹ Ühel katseaastal erinevate tähtedega tähistatud sisaldused on statistiliselt usutaval määral erinevad ($p < 0,05$);

² Tuhka anti koguses, mis vastas 2 kordsele mineraalväetisega antud K normile;

³ Tuhale anti lisaks mineraalväetisega fosforit.

tuhaga saadi kolme aasta keskmisena suurem saak variandist, mis sai tuhaga kahekordse K koguse. Põhjus, miks oli nende kahe tuha tõhusus heinatuhast väiksem, ei ole selge. Tuhas on palju erinevaid elemente, mistõttu on neist iga üksiku mõju saagile keeruline hinnata. Me arvame, et kirjeldatud juhul võis üheks põhjuseks olla Ca, mille sisaldus oli nii puu- kui ka puu- ja turbatuhas heinatuhaga võrreldes suurem. Kaltsium on K antagonist (Ohno, Erich, 1994) ja see võis vähendada taimedel mullast K omastamist.

Biomassituha puhul märgitakse, et tuha normi ja taimedele omastatava K sisalduse vahel mullas puudub otsene seos (Müller-Stöver *et al.*, 2012), mis võib olla seotud tuhade erineva taimedele omastatava K sisaldusega (Kulikowski *et al.*, 2008). Meie katses anti kõigi kolme tuhaga sarnane K_{AL} norm, kuid nende mõju oli $K_{Mehlich3}$ sisaldusele mullas erinev. See tulemus osutab vajadusele edaspidi täpsustada meetodikat, millega taimede poolt omastatava K sisaldust tuhas ja ka tuhaga väetatud mullas määrata.

Puutuha puhul on probleem väike fosforisisaldus, mistõttu tuleks seda anda mineraalväetisega tuhale lisaks (Müller-Stöver *et al.*, 2012). Meie katses tuhale lisaks antud fosforväetis saaki ei mõjutanud, mille arvatavaks põhjuseks oli katsemulla kõrge fosforisisaldus.

Kokkuvõte

Teraviljale kõige mõjusam väetis oli heinatuhk. Puu- ning puu- ja turbatuha efektiivsus oli väiksem, kuid suurema normi andmisel on nendega võimalik saada sama kõrgeid saake kui mineraalväetisega. Tuhaga väetamine suurendas mullas taimede poolt omastatava K sisaldust märgatavalt, kuid mõju taimede poolt omastatava P sisaldusele oli väike. Sõltuvalt tuhas ja normist kestis tuha järelmõju $K_{Mehlich3}$ sisaldusele 1–3 aastat. Tuhale fosforväetise lisaks andmine saaki ei suurendanud, mis kõnealuses katses võis olla tingitud katsemulla kõrgest fosforisisaldusest.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetas Põllumajandusministeerium. Täname AS-i Anne Soojus ning OÜ-d Bioenergia katsesse antud tuha eest.

Kasutatud kirjandus

- Biodlingmaier, W., Wunsch, K. 2010. What to do with residues of thermal energy production from biomass? – *Abstract book of conference Recycling of Biomass Ashes*, Innsbruck, 15.
- Haarr, A. 2005. The Reuse of Phosphorus. Eureau position paper, EU2-04-SL09. *European Union of National Associations of Water Suppliers and Waste Water Services*.
- Hytonen, J. 2003. Effects of wood, peat and coal ash fertilization on Scots Pine foliar nutrient concentrations and growth on afforested former agricultural peat soils. – *Silva Fennica* **37** (2), 219–234.
- Kuligowski, K., Stoholm, P., Pind, N., Laursen, J., Poulsen, T. 2008. Nutrients and heavy metals distribution in thermally treated pig manure. – *Waste Manage Research* **26**, 347–354.
- Kärblane, H., Kevvai, L., Kanger, J. 1998. Taimede Pb, Cd ja Hg sisaldus. – *Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised* **6**, 55–58.
- Müller-Stöver, D., Shalatek, S.G.S., Hauggaard-Nielsen, H. 2013. Soil application of ash produced by low-temperature fluidized bed gasification: effects on soil nutrient dynamics and crop response. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **94**, 193–207.
- Naylor, L., Schmidt E. 1986. Agricultural use of wood ash as a fertiliser and liming material. – *Tappi Journal* **69**, 114–119.

- Ohno, T., Erich, M. 1994. Phosphorus and potassium availability in wood ash-amended Soils: An Incubation Study. – *Maine Agricultural and Forest Experiment Station Technical Bulletin 154*.
- Pitman, R.M. 2006. Wood ash use in forestry – a review of the environmental impacts. – *Forestry* **79**, 563–588.
- Saarsalmi, A., Mälkönen, E., Piirainen, S. 2001. – Effects of Wood Ash Fertilization on Forest Soil Chemical Properties. – *Silva Fennica* **35** (3), 355–368.
- Sander, M.-L., Andrén, O. 1997. Ash from cereal and rape straw used for heat production: liming effect and contents of plant nutrients and heavy metals. – *Water, Air and Soil Pollution* **93**, 93–108.
- Schiemenz, K., Eichler-Loebermann, B. 2010. Biomass ashes and their phosphorus fertilizing effect on different crops. – *Nutrient Cycling in Agroecosystem* **87**, 471–482.

Viljelusviisi ja väetamise mõju vihmaussidele

Endla Reintam, Greete Kahu, Kati Sulp, Diego Sanches de Cima, Mihkel Are, Anne Luik
Eesti Maaülikool

Abstract. Reintam, E., Kahu, G., Sulp, K., Sanches de Cima, D., Are, M., Luik, A. 2015. Field management and fertilization effect on earthworms. – *Agronomy* 2015.

Earthworms are the easiest detectable species to evaluate soil conditions on arable land. The aim of current study was to investigate conventional and organic farming practices, including different fertilization schemes effect on earthworms' abundance, biomass and species diversity. Data were collected in autumn of 2012 from a 5-year crop rotation experiment (pea, potato, barley undersown with red clover, red clover and winter wheat), established near Tartu, at Eerika on sandy loam Albic Stagnic Luvisol in 2008. This rotation was managed under 5 farming systems, two conventional: Conventional I (not fertilized but with addition of chemical pesticides) and Conventional II (mineral fertilized plots with a final fertilization rate of N150P25K95 and with the addition of chemical pesticides); and three organic: Organic 0 (without any fertilization), Organic I (with winter cover crops used lately as green manure) and Organic II (plots with the same cover crops plus a yearly amendment of 40 t ha⁻¹ of cattle manure). Earthworms were collected from humus layer of the soil, counted by species and weighted. The dominating species on all treatments were *Aporrectodea caliginosa* L. and *Lumbricus rubellus* L. Only some individuals of *Aporrectodea rosea* L. were found under conventional farming in both fertilization treatment, but they were found almost on every plot under Organic I and II treatments. As it was expected, the highest number and biomass of earthworms was by using cattle manure. However, as the residues goes back into the soil in this experiment, there was no significant differences in earthworm abundance and biomass between highly fertilized conventional treatment and organic treatments with cover crops. Earthworms favoured red clover and pea and less potato and barley. The results revealed slightly improving effect of organic farming on earthworms. However, the main factor on earthworms seems to be the availability of suitable food (plant residues, manure) than farming practice itself.

Keywords: conventional farming, organic farming, cover crops, fertilization, earthworms

Sissejuhatus

Vihmaussikooslused on põhiline elustikurühm, kelle järgi hinnatakse haritavate maade mullaelustiku ja ka mulla enda seisundit. Neil on suur tähtsus mullaviljakuse kujundajatena, sest nad aitavad lagundada ja sügavamale mulda transportida taimejäänuseid, vabastades sellega toitaineid ning luues soodsa keskkonna ka mikroorganismidele (Ivask *et al.*, 2006). Lisaks mulla huumusseisundi ja lämmastikuga varustatuse parandamisele (Lauringson *et al.*, 2009) aitavad nad parandada ka mulla füüsikalisi omadusi, nagu poorsus ning sellest tulenevalt õhustatust ja veeläbilaskvust. Vihmausside liikide eelistused elupaiga osas on erinevad ning nad on mõjutatud eri mulla parameetritest, nagu lõimis, orgaanilise aine kättesaadavus, pH, veesisaldus, poorsus ning mõningad ioonid (Ivask *et al.*, 2006). Põllumajanduslikust tegevusest mõjutavad vihmaussikooslusi enim iga-aastane maaharimine, väetamine ja pestitsiidide kasutamine, mistõttu on karja-, rohu- ja heinamaades vihmausside arvukus ja biomass sarnaste tingimuste juures üldjuhul suurem kui põllumaal (Paoletti, 1999). Orgaaniliste väetistega, nagu sõnniku, komposti ja haljasväetistega väetamine mõjub vihmaussikooslustele positiivselt, sest suurendatakse nende toiduvaru (Carpenter-Boggs *et al.*, 2000; Lauringson *et al.*, 2009). Mineraalväetistega otsene kokkupuude võib olla vihmausside jaoks kahjulik, kuid suu-

renenud taimejäänuste hulga tõttu võib mõju olla hoopis positiivne (Lapied *et al.*, 2009). Samas on paljude autorite töödes leidnud kinnitust pestitsiidide – eriti herbitsiidide ja insektitsiidide – negatiivne mõju vihmaussikooslustele, nende arvukusele, massile, käitumisele ja geneetilisele koosseisule (Pelosi *et al.*, 2014).

Viljelusviisi, st tava ja maheviljeluse mõju vihmaussikooslustele on uuritud nii Eestis (Ivask *et al.*, 2007) kui ka mujal maailmas (Birkhoferi *et al.*, 2008; Irmeler, 2010) ning valdavalt on leitud vihmausside mõningane suurem arvukus maheviljeluslikes tingimustes. Samas suuremateks mõjutajateks on olnud pigem mulla niiskusseisund, orgaanilise aine varu mullas ning külvikord ja sinna valitud kultuurid. Lühiealiste kultuuride, nagu suviteraviljad ja kartul, monokultuurina kasvatamine vähendab vihmausside arvukust, samas kui liblikõieliste kasvatamine loob neile paremad elutingimused (Riley *et al.*, 2008).

Käesoleva uurimistöo eesmärk oli uurida viieväljalises külvikorras tavaviljeluse tingimustes mineraalväetiste ning maheviljeluse tingimustes talviste kattekultuuride ning kattekultuuride ja tahesõnniku mõju vihmausside arvukusele, massile ning liigilisele koosseisule.

Materjal ja meetodika

Katseandmed koguti Eesti Maaülikooli mahe- ja tavaviljeluse süsteemide võrdluskatselt kerge liivsaviilõimisega näivleeturund (LP) mullalt septembris 2014. aastal Eerikal. 2008. aastal rajati EMÜ Eerika katsepõllule külvikorrakatse kolmes eri maheviljelussüsteemis (M 0, M I ja M II) ja neljas tavaviljelussüsteemis, millest mõõtmisi tehti kahel (T 0 ja T 150). Külvikorras oli oder 'Anni' punase ristiku allakülviga – punane ristik 'Varte' – talinisu 'Freddis' – hernes 'Tudor' – kartul 'Maret'. M 0 süsteem järgis kontrollsüsteemina üksnes külvikorda. M I süsteemis külvati peale talinisu koristust rukki/talirapsi segu, peale hernest taliraps ning peale kartulit rukis. M II süsteemis kasutati lisaks talviste vahekultuuridele kompostitud lehmasõnnikut 10 t ha⁻¹ kummalegi teraviljale ning 20 t ha⁻¹ kartulile. Sõnnik anti kevadel. Vahekultuurid külvati põhikultuuri koristusjärgselt ning künti mulda 22 cm sügavuselt. T 0 süsteemis jälgiti külvikorda ning tehti kultuuridest ja vajadustest lähtuvad taimekaitsetööd. T 150 süsteemis lisaks külvikorrale ja taimekaitsetöödele väetati kompleksväetisega arvestusega, et iga kultuur saab kas otse või järelmõjuna kokku N150P25K95. Külviks ettevalmistamisel kultiveeriti ning teraviljade ja herne umbrohutõrjeks äestati kaks korda mahe- ja üks kord tavaviljeluslikel variantidel, kartuli puhul vahelhariti kolm korda kasvuperioodi jooksul.

Kaev vihmausside kogumiseks tehti 40 × 40 cm lapil 20 cm sügavuseni, kuna selles sügavuses asuvad kõige tundlikumad liigid. Muld asetati kaev kõrval kilele ning vihmaussid sorteeriti käsitsi. Seejärel arvutati vihmausside keskmine arvukus ja elumass m² suurusel alale.

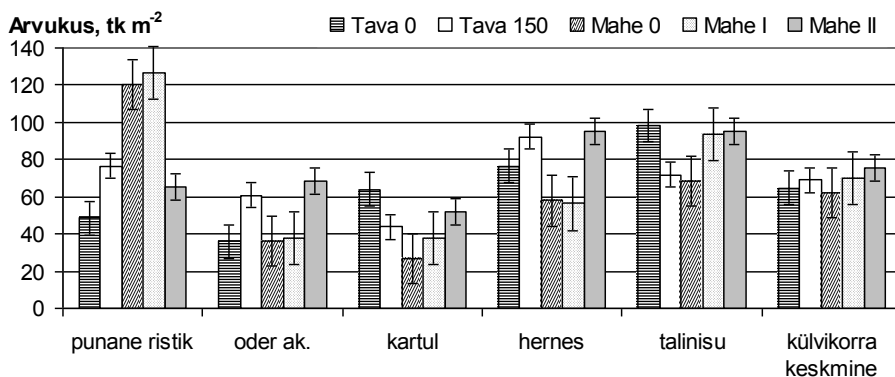
Proovivõtu ajaks oli muld katselappide lõikes ühtlase veesisaldusega ja niiskuse erinevused katsetulemust ei mõjutanud.

Vihmausside arvukuse ja massi andmete analüüsiks kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi. Post-hoc testina kasutati Tukey testi ning olulisuse nivooks valiti 0,05. Statistiliselt usutavaid erinevusi katsevariantide vahel ei leitud.

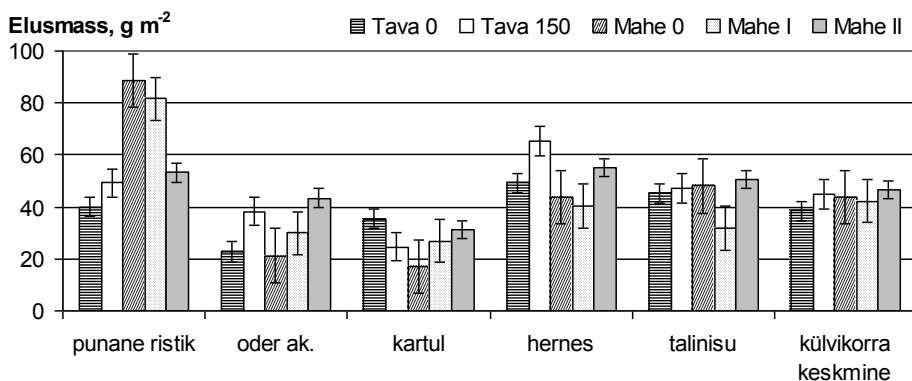
Tulemused ja arutelu

Katsetulemustest selgus, et viljelusviisil ei olnud olulist mõju vihmausside arvukusele ja massile (joonised 1 ja 2). Liikidest domineerisid harilik mullauss (*Aporrectodea cali-*

ginosa L.) ja punane vihmauss (*Lumbricus rubellus* L.), kes moodustasid vastavalt üle 2/3 ja 1/4 kuni 1/3 leitud liikide arvukusest. Väetatud maheviljeluse variantides leidis ka roosat mullaussi (*Aporrectodea rosea* L.) ja harilikku vihmaussi (*Lumbricus terrestris* L.), samas leidis ainult üksikuid roheline mullaussi (*Allolobophora chlorotica* L.) ja tumeda vihmaussi (*Lumbricus castaneus* L.) isendeid. Tavaviljeluse variantides leidis roosat mullaussi peamiselt ristiku sissekünni järgselt üksikute isenditena. Aasta varem tehtud uuringus maheviljelusvariantidel olid mitmekesisus, kuid ka arvukus ja mass suurimad talviste kattekultuuride kombineerimisel sõnnikuga ning domineerisid



Joonis 1. Vihmausside arvukus (tk m^{-2}) sõltuvalt viljelusviisist, väetamisest ja kultuurist 2014. aasta septembris. T 0 – tavaviljelus, väetamata; T 150 – tavaviljelus, väetatud $\text{N}_{150}\text{P}_{25}\text{K}_{95}$; M 0 – maheviljelus, väetamata; M I – maheviljelus, talviste kattekultuuridega; M II – maheviljelus, talviste kattekultuuridega + 40 t ha^{-1} tahesõnnikut. Vertikaaljooned näitavad külvikorra keskmise arvukuse või massi standarddviaga



Joonis 2. Vihmausside elusmass (g m^{-2}) sõltuvalt viljelusviisist, väetamisest ja kultuurist 2014. aasta septembris. T 0 – tavaviljelus, väetamata; T 150 – tavaviljelus, väetatud $\text{N}_{150}\text{P}_{25}\text{K}_{95}$; M 0 – maheviljelus, väetamata; M I – maheviljelus, talviste kattekultuuridega; M II – maheviljelus, talviste kattekultuuridega + 40 t ha^{-1} tahesõnnikut. Vertikaaljooned näitavad külvikorra keskmise arvukuse või massi standarddviaga

samad liigid (Reintam *et al.*, 2014; Sulp, 2014). Leitud liikide põhjal võib järeldada, et vihmausside kooslus on suhteliselt vähe mõjutatud, sest esineb nii mullapinna lähedal kui ka sügavamal elutsevaid liike (Ivask, Kuu, 2005). Samas on dominantliigi osatähtsuse järgi tavaviljeluse variantide vihmaussikooslused külvikorra keskmisena vähe ja keskmiselt mõjutatu piiril, sest üle 65% dominantliigi esinemist peetakse juba keskmiselt mõjutatuks ning üle 85% esinemist tugevalt mõjutatuks (Ivask, Kuu, 2005). Eestis on maheviljeluslikelt põldudel leitud keskmiselt 3,84 liiki (Ivask *et al.*, 2007), Eerika katses oli see näitaja 2,63 (Sulp, 2014). Külvikorras esinenud kultuuridest kartul vähendas (ei esinenud roosat mullaussi) ning punane ristik suurendas liigirikkust. Ka Lapied *et al.* (2009) leidsid, et liblikõieliste lisamine külvikorda suurendab vihmausside mitmekesisust võrreldes monokultuuride kasvatamisega.

Kõige vähem leiti vihmausse mõlema viljelusviisi väetamata variantidelt, eriti tavaviljeluses (joonis 1). Nendel variantidel oli taimejäänustega mulda tagasi antav orgaanilise aine kogus väiksem ning tavaviljeluses kaasnes ka taimekaitsevahendite negatiivne mõju. Talviste kattekultuuride kasvatamine suurendas vihmausside arvukust, kuid mitte nende massi. Põhjuseks oli nende variantide puhul ka liigiline erinevus. Kui väetamata variantides domineerisid harilik mullauss ja punane vihmauss, siis talviste kattekultuuride kasutamisel leidis arvukamalt ka roosat mullaussi, kes on oma kasvult eelnimetatutest väiksem, kuid ka tundlikum elupaiga tingimuste suhtes. Suurte väetusnormide kasutamine vihmausside arvukusele ja massile negatiivset mõju ei avaldanud ning mõju oli pigem positiivne (joonised 1 ja 2).

Kuigi katses kultuurid roteeruvad, oli täheldatav kartuli negatiivne ning punase ristiku ja herne positiivne mõju vihmausside arvukusele ja biomassile eriti maheviljeluslikel variantidel. Sarnane mõju esines ka 2013. aasta sügisel (Reintam *et al.*, 2014; Sulp, 2014). Tavaviljeluses oli kultuuride mõju ühtlasem ning kuni kaks korda väiksem vihmausside arvukus ja mass leiti väetamata odra puhul (joonised 1 ja 2). Kartuli negatiivne mõju oli tingitud intensiivsemast harimisest võrreldes teiste kultuuridega. Eri allikate põhjal võib mullaharimine vihmausside arvukust vähendada 2–9 korda (Chan, 2001). Teraviljapõhus seevastu on süsiniku ja lämmastiku suhe laiem, mistõttu on need jäänused vähemsoodsam toit vihmaussidele ja bakteritele kui liblikõieliste puhaskultuurid. Juba üheaastane liblikõieliste kasvatamine haljasväetiseks on kirjanduse andmetel avaldanud vihmaussikooslustele positiivset mõju (Riley *et al.*, 2008; Lauringson *et al.*, 2009).

Katsetulemustest selgus, et viljelusviisist rohkem mõjutas vihmausside arvukust ja massi mulda jääva orgaanilise aine kogus. Kirjeldatud katses eemaldati ainult saak ning ülejäänud taimejäänused, nagu põhk, kartulipealsed, punase ristiku kogumass jm taimne materjal tagastati mulda. Intensiivse väetamisega suureneb kaubanduslik saak, kuid ka taimejäänuste hulk, mida mulda tagastada, mistõttu ka intensiivselt väetatud tavaviljelussüsteemis oli vihmaussidele piisavalt toitu. Maheviljeluslikus külvikorras suurendasid võrreldes kontrollvariandiga orgaanilise aine voogu mulda talvised kattekultuurid (Mahe I ja II) ning kompostitud veisesõnnik (Mahe II). Kui enamik autoreid on leidnud, et orgaaniliste väetiste, nagu sõnniku ja haljasväetiste lisamine mulda suurendab vihmausside arvukust ja massi (nt Mäder *et al.*, 2002; Lauringson *et al.*, 2009), siis Riley *et al.* (2008) leidsid, et kõige positiivsemalt mõjub mineraalväetistega väetamine võrreldes teiste väetusvariantidega. Samas tuleb alati arvestada ka ilmastikutingimuste ja mulla veesisaldusega. Suurenenud orgaanilise aine kogusest ei ole kasu, kui muld on vihmaussidele liiga kuiv või liiga märg.

Kokkuvõte ja järeldused

Uurimistulemused ei näidanud suurt erinevust vihmausside arvukuses ja massis viljelusviiside vahel, kuigi maheviljeluslikel variantidelt leiti rohkem liike. Enam kui viljelusviis mõjutas vihmausse orgaanilise aine juurdetulek mulda ning oodatult oli vihmausside kõrgeim arvukus ja suurim mass talviste katekultuuride ning sõnniku kooskasutamisel. Madalaim vihmausside arvukus ja väikseim mass olid nii tava- kui ka maheviljeluslikus külvikorras väetisi ja katekultuure kasutamata. Kultuuridest eelistasid vihmaussid punast ristikut ja hernest ning enim oli nende arvukus pärsitud kartuli kasvatamisel. Et katse on kestnud ainult seitse aastat ning läbi on üks rotatsioon, ei saa teha veel lõplikke järeldusi viljelusviisi mõjust vihmaussikooslustele uuritud külvikorras.

Tänuavaldused

Uurimistöö on tehtud ERA-Net Core Organic II TILMAN-ORG, Eesti Teadusagentuuri SF0170057s09 ja Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise 8–2/T13001PKTM projektide toel.

Kasutatud kirjandus

- Birkhofer, K., Bezemer, T. M., Bloem, J., Bonkowski, M., Christensen, S., Dubois, D., Ekelund, F., Fließbach, A., Gunst, L., Hedlund, K., Mäder, P., Mikola, J., Robin, C., Setaälä, H., Tatin-Froux, F., Van der Putten, W. H., Scheu, S. 2008. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. – *Soil Biology and Biochemistry* **40**, 2297–2308.
- Carpenter-Boggs, L., Kennedy, A. C., Reganold J., P. 2000. Organic and Biodynamic Management: Effects on Soil Biology. – *Soil Science Society American Journal* **64**, 1651–1659.
- Chan, K. Y. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils. – *Soil and Tillage Research* **57**, 179–191.
- Irmeler, U. 2010. Changes in earthworm populations during conversion from conventional to organic farming. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **135**, 194–198.
- Ivask, M., Kuu, A. 2005. 2004. a. Põllumajandusliku keskkonnatoetuse bioloogilise mitmekesisuse hindamise raames teostatud vihmausside arvukuse ja liigilise mitmekesisuse ning mulla mikroobikoosluse hüdrofüütilise aktiivsuse seire aruanne. Eesti Maaelu arengukava 2004–2006 PKT hindamine. Põllumajandusuuringute Keskus, kokkuvõte, lk 1–3.
- Ivask, M., Kuu, A., Truu, M., Truu, J. 2006. Mullatüübi ja niiskustingimuste mõju põllumuldade vihmaussikooslustele. – *Agraarteadus* **17** (1), 3–6.
- Ivask, M., Kuu, A., Sizov, E. 2007. Abundance of earthworm species in Estonian arable soils. – *European Journal of Soil Biology* **43**, 39–42.
- Lapied, E., Nahmani, J., Rousseau, G. X. 2009. Influence of texture and amendments on soil properties and earthworm communities. – *Applied Soil Ecology* **43**, 241–249
- Lauringson, E., Talgre, L., Kuht, J., Makke, A. 2009. Liblikõieliste haljasväetiskultuuride järeloomu mulla lasuvustihedusele ja vihmausside arvukusele. – *Agronomiam 2009*, 48–53.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. – *Science* **296**, 1694–1697.
- Paoletti, M., G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **74**, 137–155.
- Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M., Vandenbulcke, F. 2014. Pesticides and earthworms. A review. – *Agronomy Sustainable Development* **34**, 199–228.

- Reintam, E., Sulp, K., Sanches de Cima, D., Luik, A. 2014. Talviste vahekultuuride haljasväetiseks kasvatamise mõju vihmaussidele. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 80–83.
- Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S., Korsæth, A. 2008. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **124**, 275–284.
- Sulp, K. 2014. *Muutused vihmaussikoosluses sõltuvalt väetamisest maheviljeluslikus külvikorras*. Magistritöö. Tartu, 43 lk.

Talvised vahekultuurid parandavad mulda ja kultuuride saagikust

Liina Talgre, Viatseslav Eremeev, Endla Reintam, Berit Tein, Diego Sanches de Cima, Helena Madsen, Maarika Alaru, Anne Luik

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Talgre, L., Eremeev, V., Reintam, E., Tein, B., Sanches de Cima, D., Madsen, H., Alaru, M., Luik, A. 2015. Winter cover crops improve soil and crop yield. – *Agronomy* 2015.

The influence of green manures as winter cover crops and these combined with composted cattle manure on soil properties, biodiversity indicators and crop yield was studied in a crop rotation experiment in three organic systems at the Estonian University of Life Sciences. The use of green manures as winter cover crops and their combination with cattle manure brought tendencies to improve the soil quality: increased content of organic carbon, pH, soil water permeability, soil water holding capacity, soil microbial activity and abundance of earthworms and ground dwelling arthropods. Depending on the year, yield level of all main crops was increased due to improved soil properties caused by green manures.

Keywords: green manure, soil organic carbon, soil properties, weeds, crop yield

Sissejuhatus

Mahetootmises püütakse võimalikult efektiivselt kasutada agroökosüsteemiseseid ressursse ja vähem tuua neid sisse väljastpoolt. Erilist tähelepanu pööratakse elurikkuse säilitamisele ja arendamisele nii mullas kui ka taimikus, mis on põllukoosluste kestliku toimimise eelduseks. Seetõttu on jätkusuutlikuks maheviljeluseks oluline arendada viljelussüsteeme, mis tagaksid elurikkuse suurenemise, mullaviljakuse paranemise ning hea ja kvaliteetse saagi. Põhinedes kohalikel taastuvatel ressursidel, sõltub maheviljeluses mullaviljakus suurel määral orgaaniliste väetiste kasutamisest; lisaks kompostidele ja sõnnikule on külvikorras oluline koht haljasväetiskultuuridel, sh talvistel vahekultuuridel. Mulda viidav orgaaniline aine suurendab mulla huumusesisaldust, sellest tulenevalt paraneb mulla struktuursus, veesidumisvõime (Luik *et al.*, 2014), väheneb mulla lasuvustihedus (Lauringson *et al.*, 2009). Orgaanika muldaviimine mõjub soodsalt mulla elustikule ja bioloogilisele aktiivsusele (Luik *et al.*, 2014). Orgaaniliste väetiste lagunemisel muutuvad toitained taimedele kättesaadavaks aeglasemalt ja ühtlase-malt, kindlustades nii külvikorras järgnevate kultuuride stabiilse varustatuse toita-inetega (Freyer, 2002). Samuti vähendab haljasväetiskultuuride kasvatamine külvikorras umbrohtumust (Palmeos *et al.*, 2014).

Uurimuse eesmärk oli selgitada talviste vahekultuuride ning nende ja kompostitud sõnniku mõju mullaomadustele, umbrohtumusele ja saagile viieväljalises külvikorras kolmes maheviljelussüsteemis.

Materjal ja meetodika

Katse tehti 2012.–2014. aastal Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul viieväljalises külvikorras: punane ristik 'Varte', talinisu 'Olivin' 2012. a või 'Fredis' alates 2013. a, hernes 'Tudor', kartul 'Maret' ja oder 'Anni' punase ristiku allakülviga. Katsealal oli näivleetanud muld (*Stagnic Luvisol*) WRB 2012 klassifikatsiooni järgi (FAO, 2006). Katses oli kolm maheviljelussüsteemi: talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0), mis

järgib ainult külvikorda; talviste vahekultuuridega viljelussüsteem (Mahe I) ning talviste vahekultuuride ja komposteeritud veisesõnnikuga (kevadell teraviljadele 10 t ha^{-1} , kartulile 20 t ha^{-1}) viljelussüsteem (Mahe II). M I ja M II süsteemis külvati vahekultuuridena pärast talinisu koristust rukki ja talirapsi segu (2012. aastal oli raihein), pärast hernest taliraps ning pärast kartulit rukis.

Katse rajati neljas korduses, iga katselapi suurus oli 60 m^2 . Vahekultuurid külvati kohe peale põhikultuuri koristamist ja künti sisse kevadel esimesel võimalusel (aprilli III dekaad). Ristiku allakülvi odrale tehti üheaegselt odra külviga. Talinisu eelviljaks olnud punane ristik niideti ja multšiti suve jooksul kahel korral ning künti sisse augusti keskel. Ilmastikuliselt olid katseaastate vegetatsiooniperioodid väga erinevad: 2012. a oli sademeterohke: sademeid oli keskmisest rohkem kõigil suvekuudel, eriti juunis – $100,6 \text{ mm}$, (paljude aastate keskmine $66,0 \text{ mm}$). 2013. a osutus kuivaks (juunis sademeid $52,4 \text{ mm}$ ja juulis $62,6$ (paljude aastate keskmine $72,0 \text{ mm}$)) ja kuumaks. 2014. aasta vegetatsiooniperioodi algus oli külm ja vihmane, mai teine pool paljude aastate keskmisest soojem, juuni külm ja vihmane ning juuli kuum ja põuane.

Proovid koguti kõikidelt katselappidelt ja analüüsiti vastavalt projekti ERA-Net Core Organic II TILMAN-ORG nõuetele (Handbook of methods – TILMAN-ORG, 2012) Eesti Maaülikooli laboratooriumites.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi STATISTICA 12 (Anova, Fisher LSD test) (StatSoft, Inc., USA 2014).

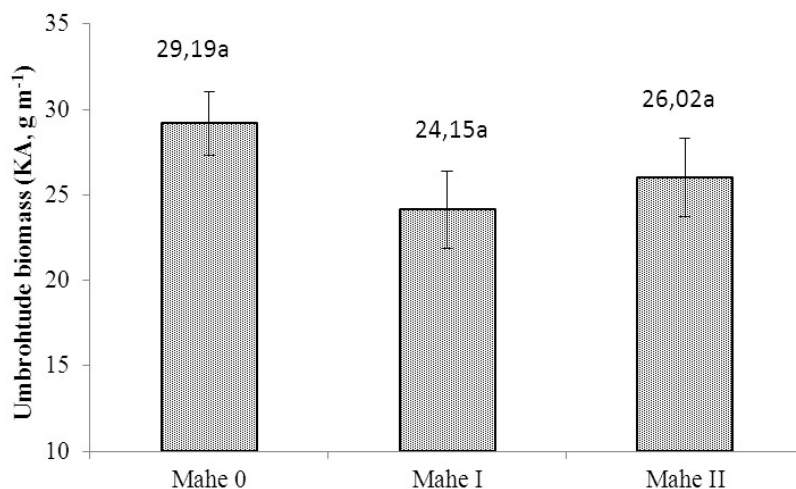
Tulemused ja arutelu

Aastatel 2012–2014 korraldatud katsete tulemustest selgusid mõned muutused eri maheviljelussüsteemide mullas. Võrreldes kontrollvariandiga (M 0) on vahekultuuridena kasvatatavate talvistest katekultuuridest haljasväetiste (M I) ning nende ja sõnniku koostoime (M II) korral suurenenud mulla pH (Luik *et al.*, 2014). Selle tulemusel paranes taimedel toitainete kättesaadavus mullast. Samuti oli M I ja M II süsteemides selge tendents orgaanilise süsiniku sisalduse (M 0 – $1,52\%$, M I – $1,64\%$ ja M II – $1,67\%$) tõusule. Samuti olid suurenenud mullas lämmastiku, magneesiumi ja kaltsiumi sisaldused, mis samuti viitavad mullaviljakuse paranemisele. Mulla elustiku suurenemisele ning selle aktiivsuse tõusule viitab kõrgem mulla mikroobide hüdrofüütiline aktiivsus M I ja M II süsteemides (Luik *et al.*, 2014). Reintam *et al.* (2014) leidsid, et talviste vahekultuuride kasvatamine suurendab ka vihmausside arvukust: M I süsteemis suurenes vihmausside arvukus ligi kaks korda ning sõnniku lisamine M II süsteemis suurendas vihmausside arvukust omakorda 2,6 korda võrreldes kontrolliga. Samal ajal suurenes nendes süsteemides ka mullapinnal elavate kasulike lüljalgsete arvukus (Kruus *et al.*, 2012). Mulla veeläbilaskvust ja veehoiuvõimet uuriti aastatel 2012–2013. Luik *et al.* (2014) andmetel leiti 2013. aastal kontrollsüsteemiga (M 0) võrreldes statistiliselt usutavalt suurem veeläbilaskvus nii Mahe I kui ka Mahe II süsteemis ja seda nii künnikihis kui sügavamal. Samuti paranes 2013. aastal mulla veehoiuvõime nii vahekultuuride kui ka nende ja sõnniku koostoimel mulla pindmises 0–5 cm kihis, künnikihi all statistiliselt usutavaid muutusi ei olnud (tabel 1). Veehoiuvõime tõus on seotud orgaanilise aine lisandumisega künnikihti (Hudson, 1994). Veehoiuvõime tõusuga suureneb mulla vastupidavus põuale, mistõttu isegi kuivaperioodil suudavad taimed end veega paremini varustada.

Tabel 1. Mulla maksimaalne veehoiuvõime (%) 2012. ja 2013. aasta kevadel

Süsteem	2012		2013	
	0–5 cm	30–35 cm	0–5 cm	30–35 cm
Mahe 0	29,6 ^a ± 0,4 ¹	24,9 ^a ± 0,4	27,4 ^a ± 0,4	23,8 ^a ± 0,4
Mahe I	25,9 ^b ± 0,4	22,6 ^b ± 0,4	28,6 ^b ± 0,4	23,6 ^a ± 0,5
Mahe II	27,1 ^c ± 0,5	24,1 ^a ± 0,5	29,1 ^c ± 0,4	23,7 ^a ± 0,4

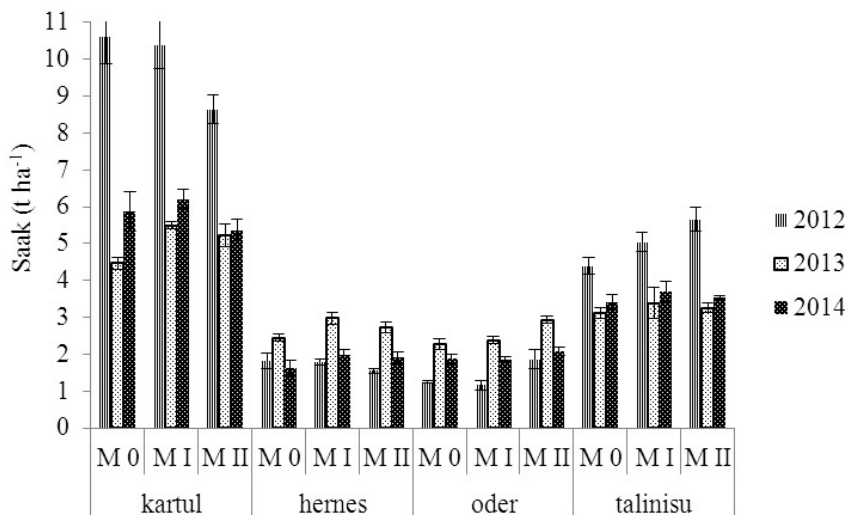
(Mahe 0 – viieväljane külvikord, Mahe I – külvikord + haljasväetistest vahekultuurid, Mahe II – külvikord koos vahekultuuride ja kompostitud sõnnikuga). Eri tähed tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi $p < 0,05$, ¹± standardviga.



Joonis 1. Umbrohtude biomass (kuivaine, g m⁻²) sõltuvalt vahekultuurist ja viljelussüsteemist enne vahekultuuri sissekündi aprillis (2012.–2014. a keskmine) Vearibad joonisel tähistavad standardviga. Eri tähed tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi $p < 0,05$ (ANOVA, Fisheri LSD test)

Katsetulemuste põhjal selgus, et talvised vahekultuurid mõjutavad umbrohtumust, sealjuures on tähtis kasvatatav vahekultuur. Katseaastate keskmisena ilmnes, et M I ja M II süsteemides on tendents umbrohtumuse vähenemisele võrreldes M 0 süsteemiga (joonis 1). Aastate keskmisena oli enne vahekultuuride muldaküü umbrohtude kuivmass kõige madalam neis variantides, kus vahekultuurina kasvatati talirukist, kõige umbrohtunum oli talvise vahekultuurina kasvatatav taliraps (Palmeos *et al.*, 2014).

Paranenud mullaomadustega tagatakse saagikuse tõus M I ja M II süsteemides. Suurem saagilisa saadi odral ja nisul vahekultuuride ja sõnniku kooskasutamisel (M II süsteem) katseaastate keskmiselt vastavalt 0,59 ja 0,51 t kuivaines ha⁻¹. Kuna kõikides süsteemides on odrale tehtud ristiku allakülv ja nisule eelviljaks ristik, siis teraviljade saagikuse tõusule M I ja II süsteemides aitab kaasa vahekultuuride kasvatamine külvikorras ning veelgi rohkem vahekultuuride ja sõnniku koosmõju. Kartuli saagikus varieerus suuresti katseaastati. 2013. aasta põua tingimustes avaldus eriti selgelt paranenud



Joonis 2. Kultuuride saagid kuivaines (t ha⁻¹) kolmes maheviljelussüsteemis. (M 0 – viieväljane külvikord, M I – külvikord + haljasväetistest vahekultuurid, M II – külvikord koos vahekultuuride ja kompostitud sõnnikuga). Vearibad joonisel tähistavad standardviga

mullaomaduste mõju kartuli saagikusele, kus statistiliselt usutavat saagilisa saadi nii M I kui ka M II süsteemis (joonis 2). Tein *et al.* (2014) leidsid, et taliraps talvise vahekultuurina vahetult enne kartulit vähendas oluliselt mugulate hõbekärna nakatumist M I ja M II süsteemides võrreldes variandiga, milles vahekultuure ei kasutatud (M 0). Katsetulemustest selgus, et mahetingimustes, kus kasutatakse talviseid vahekultuure, on võimalik saada ka optimaalne hernesaaik.

Järeldused

Üksnes liblikõielise kultuuri (punane ristik) kasvatamine külvikorras (M 0 süsteem) pole mullaomaduste parandamiseks piisav. Talviste vahekultuuridega külvikorra täiendamine on oluline mulla orgaanilise aine suurendamiseks nii eraldi kui ka koos sõnniku kasutamisega (M I ja M II süsteemid). See aitab parandada nii mulla bioloogilist aktiivsust kui ka toitainetega varustatust ning soodustab ka mulla füüsikaliste omaduste paranemist. Samuti reguleerib umbrohtumust. Nii luuaksegi eeldused parema saagi saamiseks ja ka kestlikumaks tootmiseks.

Edaspõlviseid vahekultuuride uuringud peaks olema suunatud kohalikesse tingimustesse sobivaimate lahenduste leidmiseks, et parandada mullaviljakust ning tagada mahetootmises hea ja kõrge kvaliteediga saak.

Tänuavaldused

Uurimus on valminud ERA-Net Core Organic Plus FertilCrop, Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise 8–2/T13001PKTM ja SF0170057s09 projektide toel.

Kirjandus kirjandus

- FAO, 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006, Second Edition. World Soil Resources Report 103. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Freyer, B. 2003. Crop Rotation. Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Hudson, B. D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. – *Journal of Soil and Water Conservation* **49** (2), 189–194.
- Kruus, M., Kruus, E., Luik, A. 2012. Viljelusviisi mõju jooksiklaste liigirikkusele. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 53–55.
- Lauringson, E., Talgre, L., Kuht, J., Makke, A. 2009. Liblikõieliste haljasväetiskultuuride järelmõju mulla lasuvutihedusele ja vihmausside arvukusele. – *Agronoomia* 2009, 48–53.
- Luik, A., Talgre, L., Eremeev, V., Sanches de Cima, D., Reintam, E. 2014. Talvised vahekultuurid parandavad külvikorras mulda. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 56–59.
- Palmeos, H., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2014. Haljasväetistest vahekultuuride kasvatamine külvikorras vähendab umbrohtumust. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 72–75.
- Reintam, E., Sulp, K., Sanchez de Cima, D., Luik, A. 2014. Talviste vahekultuuride haljasväetiseks kasvatamise mõju vihmaussidele. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 80–83.
- Tein, B., Eremeev, V., Loit, E., Luik, A. 2014. Talvine vahekultuur mõjutab kartulimugulate hõbekärnaga nakatumist. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 102–104.

Toitainete vabanemine liblikõieliste lagunemisel

Liina Talgre, Enn Lauringson

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Talgre, L., Lauringson, E. 2015. Nutrient release during decomposition of green manure crops. – *Agronomy* 2015.

Decomposition rates of above- and belowground biomass and the dynamics of the N, P, K and C released into the soil were studied in trials at the Estonian University of Life Sciences. Plant species used in the study were: red clover, lucerne, bird's-foot trefoil, white melilot, and large-leaved lupine. Our results show that plant species had a significant impact on the decomposition of the residue. Results indicate a marked difference in decomposition rates between shoots and roots, which may also be explained by the differences in the chemical composition of the residue. The decomposition of residue and the release of N, P, K and C were all influenced by weather conditions. Rapid release of N, P and K from legume shoot residue occurred in 6 months. The root residue decomposes more slowly. The roots released K in a period lasting from 6 to 12 months.

Keywords: green manure, decomposition, nitrogen, phosphorus, potassium.

Sissejuhatus

Mullaviljakus ja põllukultuuride saagikus on tihedalt seotud taimetoitainete ringe ja bilansiga. Taimejäänuste lagunemisega suureneb mulla orgaanilise aine sisaldus (Boehm ja Anderson, 1997), mulda vabanevad toitained, mida omastavad kohe järgnevad kultuurid (Lupwayi *et al.*, 2005). Mulda küntud taimejäänuste lagunemist mõjutab suurel määral taimejäänuste süsiniku ja lämmastiku suhe. Mida kitsam on orgaanilise aine C/N suhe ja mida suurem on selle lämmastikisisaldus, seda enam vabaneb haljasväetise mineralisatsioonil mulda lämmastikku (Kumar ja Goh, 2002; Chaves *et al.*, 2004). Orgaanilise aine lagunemine ja lämmastiku sidumine mikroorganismide poolt sõltub ka mulla temperatuurist ja niiskusest (Andersen ja Jensen, 2001) ning samuti lagundavate organismide hulgast ja liigilisest mitmekesisusest (Lal, 2004). Noorest taimikumassist vabaneb lämmastik kiiremini kui vananenud puitunud materjalist. Orgaanilistest väetistest vabanevad toitained muutuvad taimedele kättesaadavaks aeglasemalt ja ühtlasemalt kui mineraalväetistest, kindlustades külvikorras järgnevale kultuuridele stabiilse varustuse toitainetega (Freyer, 2002). Taimejäänuste lagunemiskiirust on uurinud paljud teadlased (Marstorp ja Kirchmann, 1991; Haynes, 1997; Lupwayi *et al.*, 2005; Lupwayi *et al.*, 2007; Soon ja Ashrad, 2002), kuid enamasti on uuritud maapealse biomassi lagunemiskiirust. Käesolev uuring keskendub eri taimeosade (juured ja lehed/varred) toitainete sisaldusele ja nende vabanemisele mulda sõltuvalt eri taimeosade lagunemiskiirusest.

Materjal ja meetodika

Mulda viidava orgaanilise aine lagunemise ja taimetoitainete vabanemise uurimiseks korraldati 2 katset (aastatel 2007–2009 ja 2008–2010), kus võrreldi kahe aasta kestel liblikõieliste maapealse biomassi ja juurte lagunemise dünaamikat ning kiirust.

Uuriti järgmiste liblikõieliste haljasväetiste lagunemiskiirust: 2007–2009 punane ristik (*Trifolium pratense*), harilik lutsern (*Medicago sativa*), nõiahammas (*Lotus corniculatus*), valge mesikas (*Melilotus albus* Med); 2008–2010 punane ristik, valge mesikas ja hulgalehine lupiin (*Lupinus polyphyllus*).

Et imiteerida haljasväetiste muldaküüdi, koguti taimed vahetult enne tavapäraselt haljasväetiste muldaküüdi (oktoobri lõpus), eraldati maapealne biomass ja juured. Juured ja maapealne osa lõigati 5 cm pikkusteks tükkideks ja pandi (juured ja maapealne osa eraldi) 20 × 20 cm suurustesse 1 mm aukudega nailonkottidesse. Kotid paigutati 20 cm sügavusele mulda. Pärast 6, 12 ja 24 kuu möödumist kaevati igast variandist 4 kotti (4 kordust) välja, et määrata biomassi vähenemine ja toitainete sisaldus jäätmetes. Jäätmed kuivatati 65 °C juures konstantse kaaluni, seejärel jäätmed kaaluti. Eesti Maaülikooli mullateaduse ja agrookeemia laboratooriumis määrati jäätmete lämmastiku- (N), fosfori- (P), kaaliumi- (K) ja süsiniku- (C) sisaldus. Katseperioodi ilmastikutingimused on toodud tabelis 1.

Andmetöötluses kasutati programmi STATISTICA 10, andmed analüüsiti dispersioonanalüüsiga (ANOVA). Variantidevaheline varieeruvus on joonistel välja toodud standardhälvena.

Tulemused ja arutelu

Sõltuvalt biomassi suurusest sidusid liblikõielised haljasväetiskultuurid kuni 206 kg N-i, 144 kg K-d, 24 kg P-d ha⁻¹ (Talgre *et al.*, 2012) ning kuni 3.8 t ha⁻¹ C-d (Talgre *et al.*, 2009). Mulda tagastatava biomassi C/N suhe sõltus haljasväetiskultuurist, aga oli maapealses massis laiem kui juurtes ($p < 0.05$) (tabel 2). Kuigi maapealse massi C/N suhe oli laiem kui juurtel, toimus toitainete vabanemine kiiremini just maapealsest massist (joonised 1, 2 ja 3). Järelikult ei sõltu lagunemiskiirus ainult jäänuste C/N suhtest. Ilmselt sisaldavad juured taime maapealsetest osadest rohkem ligniini ja teisi raskesti lagunevaid komponente (Rasse *et al.*, 2005).

Sõltuvalt kultuurist ja aastast oli pärast 6-kuulist lagunemisperioodi lagunevasse materjali süsinikku alles jäänud 75% maapealses massis ja kuni 88% juurtes (Lauringson *et al.*, 2011). Kuna 2008. aastal alustatud katses oli talvel maa külmunud, siis toimus lagunemine aeglasemalt kui 2007. aastal alustatud katses. Ilmastiku mõju biomassi lagunemise kiirusele ja toitainete vabanemisele on täheldanud ka Soon ja Ashrad (2002). Selle ajaga vabanes C usutavalt kiiremini nõiahamba juurtest, võrreldes

Tabel 1. Kuu keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademed (mm) aastatel 2007–2010

Kuu	Keskmine õhutemperatuur, °C				Sademed, mm			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
Jaanuar	-7,1	-1,3	-3,4	-12,7	29	22	10	3
Veebruar	-6,6	0,6	-4,9	-7,9	23	34	7	5
Märts	-2,4	0,4	-1,5	-2,1	26	8	22	30
Aprill	4,2	7,1	5,3	6,1	33	27	14	26
Mai	11,6	10,6	11,5	12,6	55	27	13	61
Juuni	15,1	14,4	13,8	14,6	66	110	137	73
Juuli	16,7	16,1	16,9	22,2	72	54	55	36
August	15,6	17,7	15,4	18,2	79	118	89	107
September	10,4	9,8	12,8	11,1	66	46	49	93
Oktoober	5,7	8,2	4,1	4,2	52	68	116	49
November	0,3	2,3	2,3	0,8	48	49	36	53
Detsember	-4,2	-1,1	-3,8	-7,7	40	24	41	17

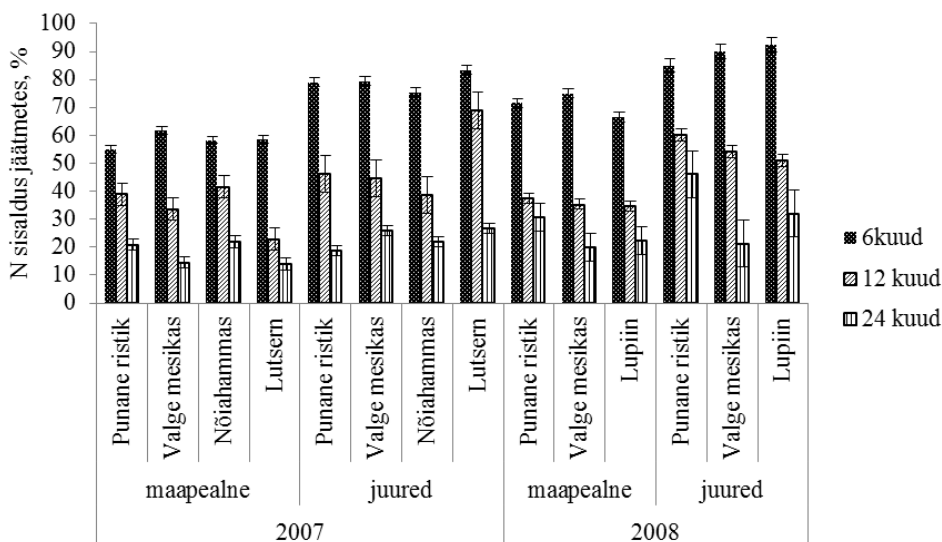
teiste liblikõieliste juurtega. C vabanemisel maapealsest massist usutavaid erinevusi liblikõieliste vahel ei olnud.

Kõige kiiremini vabanesid lämmastik, fosfor ja kaalium maapealsetest jätmetest esimese 6 kuu jooksul. Sellel perioodil vabanes liblikõieliste haljasväetiste maapealsest massist sõltuvalt aastast ja taimeliigist kuni 45% lämmastikust, 82% fosforist ja 89% kaaliumist (joonised 1, 2 ja 3).

12 kuuga vabanes esialgselt maapealse massi lämmastikust 58–77% ja juurtest 32–61%, see sõltus taimeliigist ja aastast. Usutavalt aeglasemalt vabanes lämmastik nõiahamba maapealsest biomassist ja lutsernijuurtest. Aeglasema lagunemisega juured kindlustavad lämmastikuga varustatuse teisel aastal peale biomassi sissekündi. Fosfori vabanemine maapealsest biomassist oli perioodil 6–12 kuud väga aeglane. 12 kuuga

Tabel 2. Lagunema pandud liblikõieliste haljasväetiskultuuride maapealsete taimeosade (M) ja juurte (J) kuivaine (g kg^{-1}) ning C, N, P, K (mg kg^{-1}) sisaldus

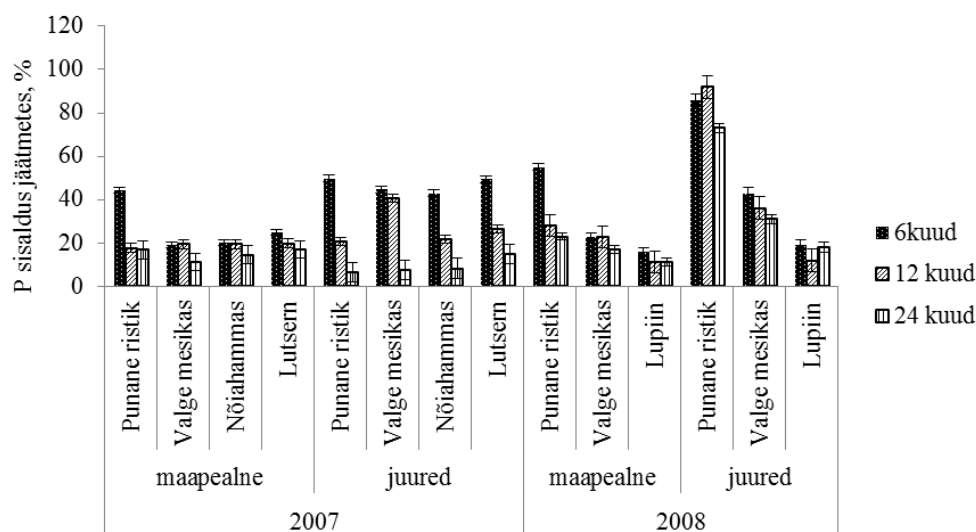
	Taimeosa	KA	C	N	P	K	C/N
Punane ristlik	M	291,2	431	22,4	2,6	24,1	18,1
	J	342,7	414	23,2	3,2	12,7	15,8
Valge mesikas	M	321,1	447	19,2	2,7	19,0	24,3
	J	372,9	428	25,6	3,2	12,7	13,8
Nõiahammas	M	315,7	462	20,4	2,3	20,6	22,6
	J	402,1	402	26,7	3,0	11,2	15,1
Harilik lutsern	M	433,7	457	21,2	2,0	17,8	21,6
	J	459,8	441	25,7	4,0	9,4	17,1
Hulgalehine lupiin	M	188,5	410	21,3	3,1	22,0	19,2
	J	264,5	380	20,7	2,5	10,4	18,5



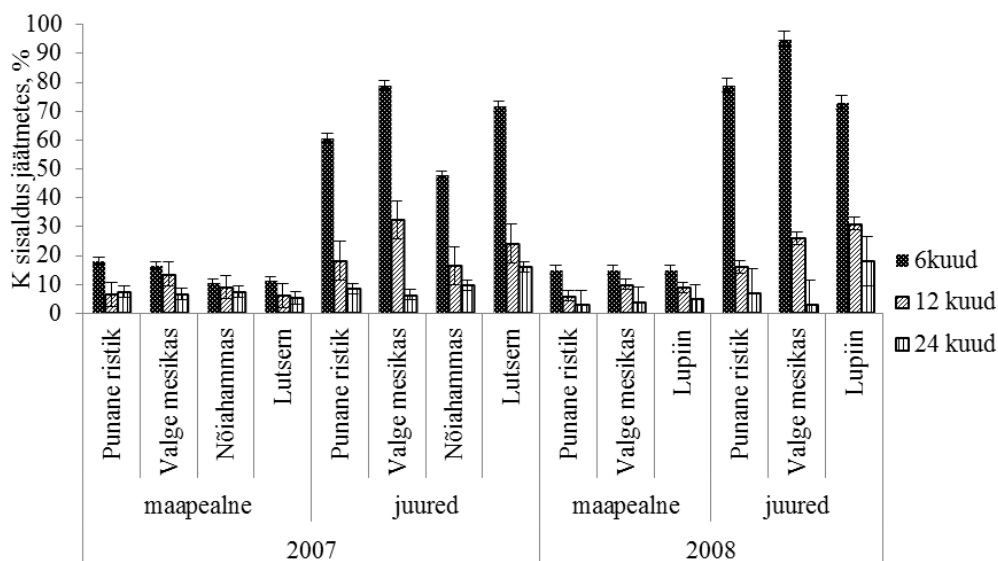
Joonis 1. Lämmastiku sisaldus jätmetes pärast 6, 12 ja 24 kuu pikkust lagunemisepäriodi. Vearibad joonisel tähistavad standardhälvet

vabanes maapealse biomassi esialgsest fosforist kuni 83% ning juurtest kuni 79%. Varasemates uuringutes on leitud, et biomassi lagunemise käigus võib hilisemal perioodil tekkida isegi mõningane fosfori immobilisatsioon (Soon ja Arshad, 2002; Rodriguez-Lizana *et al.*, 2010).

Aastaga vabanes maapealse biomassi kaaliumist 77–94% ja juurtest 68–85% kaaliumist. Kõige aeglasemalt vabanes kaalium valge mesika juurtest. Kaaliumi vabane- mist jätmetest mõjutavad suurel määral sademed (Rodriguez-Lizana *et al.*, 2010). Meie



Joonis 2. Fosfori sisaldus jätmetes pärast 6, 12 ja 24 kuu pikkust lagunemisperioodi. Vearibad joonisel tähistavad standardhälvet



Joonis 3. Kaaliumi sisaldus jätmetes pärast 6, 12 ja 24 kuu pikkust lagunemisperioodi. Vearibad joonisel tähistavad standardhälvet

katses võib seda tendentsi täheldada juurte lagunemisel vabaneva K korral: intensiivselt lagunesid juured ja vabanes K perioodil juunist augustini (juuni ja august olid sademeterohked). Vähem ilmneb see tendents maapealse massi lagunemisel.

24 kuu möödudes oli jäämetesse jäänud alles keskmiselt 24% N-i, 8% K-d ja 19% P-d (joonised 1, 2 ja 3).

Kokkuvõte ja järeldused

Ilmastik mõjutas biomassi lagunemise ja toitainete vabanemise kiirust. Talvel, kui muld oli pikka aega külmunud, toimus biomassi lagunemine ja toitainete vabanemine aeglaselt. Kaaliumi vabanemist soodustasid vihmasemad perioodid. Liblikõieliste juured lagunesid aeglasemalt kui maapealne biomass. Kõige kiiremini lagunev on nõiahamba ja valge mesika maapealne biomass. Kuna maapealne mass laguneb kiiremini, siis esimesel aastal peale muldaküüdi kasutavad järgnevad kultuurid just maapealsest massist vabanevaid toitaineid. Juured lagunevad hiljem ja nii oli haljasväetistel positiivne mõju veel kolmandal aastal nii punase ristiku, hariliku lutserni kui ka valge mesika puhul.

Tänuavaldused

Uurimust toetas Põllumajandusministeerium.

Kasutatud kirjandus

- Andersen, M. K., Jensen, E. S. 2001. Low soil temperature effects on shortterm gross N mineralisation – immobilisation turnover after incorporation of green manure. – *Soil Biology and Biochemistry* **33**, 511–521.
- Boehm, M.M., Anderson, D.W. 1997. A landscape-scale study of soil quality in three prairie farming systems. – *Soil Science Society of America Journal* **61**, 1147–1159.
- Chaves, B., De Neve, S., Hofman, G., Boeckx, P., Van Cleemput, O. 2004. Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio) chemical composition. – *European Journal of Agronomy* **21**, 161–170.
- Freyer, B. 2003. Crop Rotation. Eugen Ulmer GmbH & Co. (In German)
- Haynes, R.J. 1997. Fate and recovery of 15N derived from grass/clover residues when incorporated into a soil and cropped with spring or winter wheat for two succeeding seasons. – *Biology and Fertility of Soils* **191**, 77–87.
- Kumar, K., Goh, K.M. 2000. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. – *Advances in Agronomy* **68**, 197–319.
- Lal, R. 2004. Agricultural activities and the global carbon cycle – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **70**, 103–116.
- Lauringson, E., Talgre, L., Roostalu, H., Makke, A. 2011. Mulla huumusseisundi ja toitainete bilansi reguleerimise võimaluste ning haljasväetuskultuuride fütoproduktiivsuse selgitamine tava- ja maheviljeluse tingimustes. Rakendusuuringu 2008–2010 lõpparuanne, 78 lk.
- Lupwayi, N.Z., Clayton, G.W., Harker, K.N., Turkington, T.K., Johnston, A.M. 2005. Impact of crop residue type on potassium release. – *Better Crops* **89**, 14–15.
- Lupwayi, N. Z., Clayton, G. W., O'Donovan, J. T., Harker, K. N., Turkington, T. K., Soon, Y.K. 2007. Phosphorus release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. – *Soil and tillage research* **95** (1–2), 231–239.
- Marstorp, H., Kirchmann, H. 1991. Carbon and nitrogen mineralization and crop uptake of nitrogen from six green manure legumes decomposing in soil. – *Acta Agriculturae Scandinavica* **41**, 243–252.

- Rasse, D.P., Rumpel, C., Dignac, M.F. 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. – *Plant and Soil* **269**, 341–356.
- Rodríguez-Lizana, A., Carbonell, P., González, R., Ordóñez, R. 2010. N, P and K released by the field decomposition of residues of a pea-wheat-sunflower rotation. – *Nutrient Cycling in Agroecosystem* **87**, 199–208.
- Soon, Y. K., Arshad, M. A. 2002. Comparison of the decomposition and N and P mineralization of canola, pea and wheat residues. – *Biology and Fertility of Soils* **36**, 10–17.
- Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., Astover, A., Eremeev, V., Selge, A. 2009. The effects of pure and undersowing green manures on yields of succeeding spring cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica Section, B – Soil and Plant Science* **59** (1), 70–76.
- Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., Astover, A., Makke, A. 2012. Green manure as a nutrient source for succeeding crops. – *Plant, Soil and Environment* **58**, 275–281.

Rohumaa mulla mikrobiaalne aktiivsus sõltuvalt väetamisest

Mailis Tampere, Karin Kauer, Indrek Keres, Toomas Laidna, Evelin Loit, Argaadi Parol, Are Selge, Rein Viiralt, Henn Raave
Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Tampere M., Kauer K., Keres I., Laidna T., Loit, E., Parol A., Selge A., Viiralt R., Raave H. 2015. Grassland soil microbial activity depending on fertilization. – Agronomy 2015.

Soil microorganisms have a significant role in soil processes and their activity is largely influenced by fertilization. The aim of this study was to determine the effect of fertilization on grassland soil dehydrogenase activity. Soil samples were collected after fertilization with mineral fertilizer, cattle slurry and cattle slurry digestate throughout the growing period in 2013 from grassland. Dehydrogenase activity was determined colorimetrically after samples incubation with iodinitrotetrazolium chloride. We found that surface fertilization impact on dehydrogenase activity was low. More than fertilization the dehydrogenase activity depended on air temperature.

Keywords: dehydrogenase activity, fertilizer, grassland, temperature

Sissejuhatus

Mikroorganismid on tihedalt seotud mulla kvaliteedi ja taimede kasvuga (Edesi *et al.*, 2013), kuna nende aktiivsus mõjutab suurel määral orgaanilise aine ja toitainete mineraliseerumist ja muundumist mullas (Dick, Tabatabai, 1993). Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse määramine ensümaatilise aktiivsuse mõõtmise teel on üks enamlevinud meetodeid, kuna dehüdrogenaasid (DHA) suudavad eksisteerida vaid elujõulistes mikroobirakkudes (Kumar *et al.*, 2013). DHA peegeldab mulla metaboolset võimekust ning selle aktiivsust peetakse proportsionaalseks mulla mikroorganismide biomassiga (Wolińska, Sępniewska, 2012; Kumar *et al.*, 2013).

Kuna mulla ensüümide aktiivsus on tundlik, reageerib see kiiresti nii looduslikele kui ka antropogeensetele häiringutele (Dick *et al.*, 1997). Keskkonnatingimustest mõjutavad aktiivsust mulla niiskus, õhustatus, orgaanilise aine sisaldus, pH, temperatuur ja aastaaeg (Wolińska, Sępniewska, 2012). On ka leitud, et väetised, mis suurendavad taimede toitainetega varustatust, suurendavad ka mikroorganismide populatsiooni ja mõjutavad mulla ensümaatilist aktiivsust (Wolińska, Sępniewska, 2012). Avaldatud tulemused väetiste mõju osas on vastuolulised. On leitud, et orgaanilised väetised suurendavad mulla ensümaatilist aktiivsust, kuna nende kasutamisel kiireneb orgaanilise aine lagundamine, samas kui mineraalsetel väetistel on sellele väike (Parham *et al.*, 2002; Mijangos *et al.*, 2006; Chu *et al.*, 2007) või lausa pärssiv mõju (Nannipieri, 1994). Samas märgivad H. Chu *et al.* (2007), et mineraalväetiste kasutamine võib ka suurendada dehüdrogenaasi aktiivsust, kuna suureneb saak ning mikroorganismide elutegevuseks oluliste juureeritiste hulk.

Uurimistö eesmärk oli selgitada väetamise mõju dehüdrogenaasi aktiivsusele rohumaa mullas. Meie hüpotees oli, et väetiste andmine rohumaa pinnale ei avalda mulla ensümaatilisele aktiivsusele mõju.

Materjal ja meetoodika

Katse tehti Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul 2013. aasta maist septembrini näiv-leetunud (*Stagnic Luvisol*) mullal, mille huumushorisoni lõimise oli saviliiva ja kerge liivsavi vahepealne ning huumushorisoni keskmine tüsedus 26 cm. Rohumaa taimik koosnes aasnumikast (*Poa pratensis* L.) ja punasest aruheinast (*Festuca rubra* L.). Väetamata katselappidel levis ka valge ristiku (*Trifolium repens* L.) looduslik väike-seleheline vorm. Katselapi suurus oli $8,8 \text{ m}^2$. Väetusvariandid olid: 1) kontroll (väetisi ei kasutatud), 2) mineraalne N-väetis (NH_4NO_3), 3) veisevedelsõnnik ja 4) veisevedel-sõnniku digestaat. Katsevariandid olid kolmes korduses ning paiknesid randomeeritud plokküsteemis. Kõik väetised anti rohumaa pinnale kolme võrdse annusena aastanor-miga 180 kg N ha^{-1} . Orgaaniliste väetiste normid arvatati nende amooniumlämmastiku ($\text{NH}_4\text{-N}$) sisalduse põhjal ning need olid: veisevedelsõnnik $25 + 29 + 22 \text{ t ha}^{-1}$ (keskmi-selt 76 t ha^{-1}) ja veisevedelsõnniku digestaat $19 + 29 + 24 \text{ t ha}^{-1}$ (keskmiselt 72 t ha^{-1}).

Mullaproove (50 g) koguti kogu katseperioodi vältel üks päev peale väetiste and-mist ning üks ja kaks kuud peale viimast väetamist üks proov variandi igalt (3) kordu-selt. Proove võeti mullapuuriga 10 cm sügavuselt. Dehüdrogenaasi aktiivsus määrati Von Mersi ja Schinneri (1991) meetoodika kohaselt kolmes korduses väljendatuna mulla kuiva massi kohta. Proove inkubeeriti $2 \text{ t } 40^\circ \text{C}$ juures jodonitrotetrasoolium-kloriidiga (INT) ning mõõdeti jodonitrotetrasoolium-formasaani (INTF) moodustumist kolori-meetriselt.

Meteoroloogilisi tingimusi katseperioodil jälgiti Metos Compact (Pessl Instruments) elektroonilise ilmajaamaga. Katseteandmed töödeldi STATISTICA 9 programmis (*Stat-Soft, Inc.*, USA 2014), kasutades ühefaktorilist dispersioonanalüüsi 95% usalduspiiri juures, joonise kujundamiseks kasutati programmi Microsoft Excel 2010.

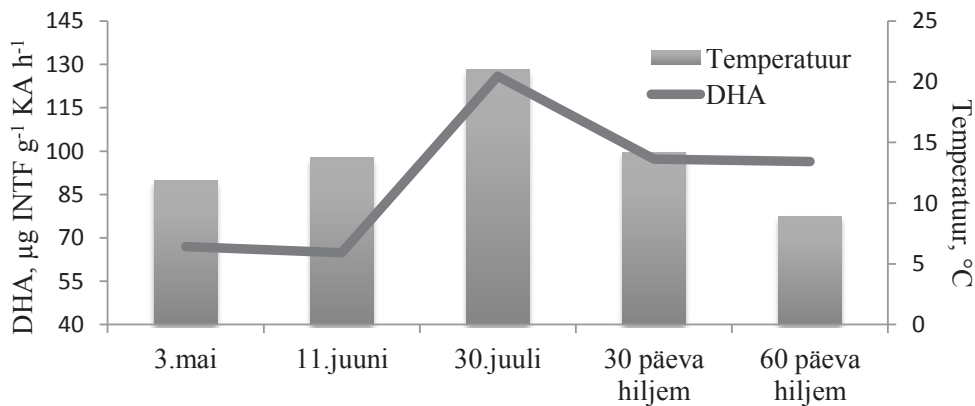
Tulemused ja arutelu

Proovivõttude keskmisena näitasid meie tulemused, et väetamisel ei ole DHA-le rohu-maa mullas usutavat mõju ($p = 0,19$). Orgaaniliste väetiste mõju ei erinenud usutavalt mineraalväetiste omast, kuigi mullas, mida oli väetatud digestaadi ja vedelsõnnikuga, oli DHA veidi kõrgem kui kontrollivariandis või mineraalse N-väetise kasutamisel. Eri-nevused variantide vahel puudusid enamikul proovivõtukordadel. Vaid ühel proovivõtu korral (30 päeva peale väetamist) oli DHA orgaaniliste väetiste kasutamisel usutavalt ($p < 0,05$) kõrgem võrreldes kontrolliga (tabel 1). Kõigil proovivõtukordadel oli mine-raalse N-väetise variandis DHA sarnane kontrolliga või isegi pisut madalam. Varasemad uuringud on näidanud, et DHA on suurem muldades, mida on väetatud sõnnikuga, ning madalaim väetamata ja mineraalväetist saanud mullas (Parham *et al.*, 2002). Orgaani-lise aine viimine mulda suurendab seal mikroobide arvukust (Mijangos *et al.*, 2006), mis omakorda kiirendab orgaanilise aine lagunemist ning taimetoitainete vabanemist. Meie uuring näitas, et enamasti DHA orgaaniliste väetistega väetatud mullas ($0\text{--}10 \text{ cm}$) ei erinenud usutavalt kontrollvariandist ning mineraalväetisega väetatud mullast. Me oletame, et väetamise mõju avaldumist võis pärssida väetiste pinnale andmine ning ka liiga lühike periood, mis jäi väetiste andmise ja proovide võtmise vahele.

Meie katses sõltus DHA rohkem õhutemperatuurist ($r = 0,48$, $p < 0,05$) kui väeta-misest või väetise tüübist (joonis 1). On leitud, et DHA kasvab koos temperatuuri tõu-suga temperatuuride vahemikus $5\text{--}30^\circ \text{C}$ (Wolińska, Stepniewska, 2012). Seda näitas ka meie katse, kus õhutemperatuuri tõustes suurenes DHA kõigis väetusvariantides.

Tabel 1. Väetamise mõju DHA-le ($\mu\text{g INTF g}^{-1}\text{KA h}^{-1}\pm\text{SE}$)

Variant	Väetamise aeg			Väetamise järelmõju peale kolmandat väetamist	
	3. mai	11. juuni	30. juuli	30 päeva hiljem	60 päeva hiljem
Kontroll	54,3 ± 10,7	61,4 ± 6,2	117,6 ± 21,6	61,1 ± 14,4	100,5 ± 25,2
Mineraalne N	67,1 ± 7,4	51,0 ± 5,8	102,0 ± 12,8	87,2 ± 14,3	83,9 ± 0,3
Veisevedelsõn- niku digestaat	68,9 ± 3,8	71,1 ± 8,1	145,3 ± 5,3	122,4 ± 8,6	103,9 ± 2,8
Veise vedelsõnnik	77,5 ± 19,2	76,0 ± 10,2	138,5 ± 10,8	118,3 ± 19,6	97,1 ± 9,0

**Joonis 1.** Õhutemperatuuri mõju DHA-le

Kuna dehüdrogenaasi ensüümid eksisteerivad vaid elujõulistes mikroobirakkudes, siis on ka nende aktiivsus suurim temperatuuril, mis on lähedasem mikroorganismide elutegevuseks optimaalsele temperatuurile (30 °C) (Wolińska, Stępniewska, 2012). See tõttu oli DHA kõrgeim 30. juulil, mil õhutemperatuur oli 21 °C. Esimesele ja teisele niitele eelnenud rohukasvuperioodil oli õhutemperatuur vastavalt 11,9 °C ja 13,8 °C ning DHA usutavalt ei erinenud.

Kokkuvõte

Katsetulemused näitasid, et väetamine ei mõjuta olulisel määral rohumaa mulla mikrobioloogilist aktiivsust. Väetamisest ja väetise liigist suuremat mõju avaldas dehüdrogenaasi aktiivsusele õhutemperatuur, mille tõustes suurenes ka uuritava ensüümi aktiivsus.

Kasutatud kirjandus

Chu, H., Lin, X., Fujii, T., Morimoto, S., Yagi, K., Hu, J., Zhang, J. 2007. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long term fertilizer management. – *Soil Biology and Biochemistry* **39** (11), 2971–2976.

- Dick, W.A., Tabatabai, M.A. 1993. Significance and potential uses of soil enzymes. *Soil microbial ecology*, Marcel Dekker, New York. Toim. F.B. Metting, lk. 95–127.
- Dick, R.P. 1997. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health – *Biological indicators of soil health*, CAB International. Toim. C.E. Pankhurst, B.M. Doube, V.V.S.R. Gupta, New York, lk 121–156.
- Edesi, L., Järvan, M., Lauringson, E., Akk, E., Tamm, K. 2013. The effect of solid cattle manure on soil microbial activity and on plate count microorganisms in organic and conventional farming systems – *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 2 (12), 476–488.
- Kumar, S., Chaudhuri, S., Maiti, S. K. 2013. Soil Dehydrogenase Enzyme Activity in Natural and Mine Soil - A Review – *Middle-East Journal of Scientific Research* 13 (7), 898–906.
- Mijangos, I., Pérez R., Albizu, I., Garbisu, C. 2006. Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters – *Enzyme and Microbial Technology* 40 (1), 100–106.
- Nannipieri, P. 1994. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. – *Soil biota: management in sustainable farming systems*, CSIRO, Australia. Toim. C.E. Pankhurst, B.M. Double, V.V.S.R. Gupta, P.R. Grace, lk 238–244.
- Parham, J.A., Deng, S.P., Raun, W.R., Johnson, G.V. 2002. Long-term cattle manure application in soil I. Effect on soil phosphorus levels, microbial biomass C and dehydrogenase and phosphatase activities. – *Biology and Fertility of Soils* 35 (5), 328–337.
- Salazar, S., Sanchez, L., Alvarez J., Valverde A., Galindo P., Igual J., Peix A., Santa-Regina I. 2011. Correlation Among Soil Enzyme Activities Under Different Forest System Management Practices. – *Ecological Engineering* 37, 1123–1131.
- Von Mersi, W., Schinner, F. 1991. An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with iodonitrotetrazolium chloride. – *Biology and Fertility of Soils* 11 (3), 216–220.
- Wolińska, A., Stepniewska, Z. 2012. Dehydrogenase Activity in the Soil Environment. – *Dehydrogenases*, InTech. Toim. R.A. Canuto, lk 183–210.

Põllukultuurid

Field crops

Humiinpreparaadi kasutamise mõju kartulile

Viacheslav Eremeev, Peeter Lääniste, Berit Tein, Erkki Mäeorg, Jaan Kuht

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Eremeev, V., Lääniste, P., Tein, B., Mäeorg, E., Kuht, J. 2015. The effect of humic preparation on the yield and quality parameters of potato. – Agronomy 2015.

Field trials with the potato cultivars ‘Ants’ (medium late) and ‘Laura’ (medium early) were carried out on the experimental fields of the Department of Field Crops and Grassland Husbandry located at Eerika (58°22’N, 26°40’E), Estonian University of Life Sciences in 2010 and 2011. The yield of tubers and starch, marketable yield of potato, number of tubers per plant, and tuber weight were studied. In the experiment humic preparation (HP) “Rupronics” was used in three different treatments – “Rupronics” 50 l ha⁻¹ (HP50), “Rupronics” 25 l ha⁻¹ (HP25) and control (HP0) 0 l ha⁻¹. The results are presented as the averages of studied years.

According to the average results of two experimental years, the variants of humic preparations HP25 and HP50 increased significantly the total tuber yield, marketable yield and starch yield of cultivars ‘Ants’ and ‘Laura’. Also the starch content of cultivar ‘Ants’ was increased because of the application of various variants of humic preparations.

Keywords: number of tubers per plant, tuber weight, tuber yield, starch yield, starch content

Sissejuhatus

Järjest rohkem pööratakse põllumajanduses tähelepanu taimede toitumist stimuleerivatele loodusliku päritoluga preparaaside kasutamisele (Eremeev *et al.*, 2011). Ökoloogiliselt puhtamaid ja suuremaid saake aitab saavutada vermikomposti ehk biohuumuse mulda viimine. Käesoleva töö raames katsetati biohuumuse vedelkontsentraati nimega Rupronics, mille vastu on maailmas suur huvi ja mis on valmistatud MNPK „PIK“ erilise tehnoloogia alusel: Rupronics on vedel tõmmis biohuumusest. Rupronics on naturaalse, ökoloogiliselt puhaste toiteelementide, humiainete ja kasvustimulaatorite kompleks. Selle kasutamine osutab positiivset mõju taimede kasvule, ainevahetusele ja fotosünteesi protsessidele – see omakorda soodustab kartuli saagikuse kasvu (Knjazeva, 2010).

Mida suurem on humiainete sisaldus huumuses, seda paremini omastavad taimed makro- ja mikroelemente. Humiained parandavad mulla negatiivseid omadusi, taimede kasvu ja toitainete omastamist (Asik *et al.*, 2009). Humiin- ja fulvohappeid sisaldav preparaat parandab taimedel toitainete omastamist (Eremeev *et al.*, 2010). Nii-suguseid preparaate on võimalik manustada mullapinnale nii enne mugulate mahapanekut, mahapaneku ajal kui ka kasvuajal (Särekanno, Vasar, 2004).

Üks hea võimalus mulla bioloogilise aktiivsuse parendamiseks on kasutada bio-stimulaatoreid ja mullaviljakuse parandajaid. Erinevad katsed on varasemalt tõestanud humiinpreparaatide kasulikku mõju taimede kasvule (Adani *et al.*, 1998; Arancon *et al.*, 2004; Turkmen *et al.*, 2004; Ayuso *et al.*, 1996; Azcona *et al.*, 2011).

Humiainete kasutamise korral suureneb mullas mikrobioloogiline aktiivsus ja seetõttu omastavad taimed rohkem toitaineid (Mauromicale *et al.*, 2011), mis toob omakorda kaasa suurenevad saagid (Sangeetha *et al.*, 2006).

Uurimuse eesmärk oli selgitada, kuidas mõjutab humiinpreparaadi erinevate normide kasutamine vahetult enne mahapanekut kartulisortide ‘Ants’ ja ‘Laura’ mugulate

arvu taime kohta, mugula keskmist massi, saagikust (sh kaubanduslikku saaki) ning mugulate tärklisesisaldust ja tärklisesaaki.

Materjal ja meetoodika

Katsed korraldati Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Rõhu katsejaama Eerika katsepõldudel 2010. ja 2011. a. Katsete tegemiseks kasutati hilisepoolset kartulisorti 'Ants' ja keskvarajast sorti 'Laura'. Katsed rajati plokkasetuses ning variandid paigutati katselappidele (72 katselappi) randomeeritult neljas korduses (Hills, Little, 1972). Katselapi suurus oli 16,8 m², vagude vahe 70 cm ja mugulate vahekaugus vaos 27 cm. Seemnemugulate mahapanek toimus masinatega. Mullaliik oli Reintami (1996) järgi näivleeturund muld LP, WRB klassifikatsiooni järgi Stagnic Luvisol (Deckers *et al.*, 1998). Katses kasutati kartulikasvatusele iseloomulikke agrotehnilisi võtteid.

Katses kasutatud humiinpreparaat Ruponics on biohuumuse tõmmis, mis on naturaalse, ökoloogiliselt puhaste toiteelementide, humiainainete ja kasvustimulaatorite kompleks, ja mille kasutamine stimuleerib taimede ainevahetust ja fotosünteesi, soodustades mitmete kultuuride saagikuse kasvu. Preparaat sisaldab kõiki vermikomposti komponente lahustatud olekus: humaaate, fulvohappeid, aminohappeid, vitamiine, looduslikke fütohormoone, mikro- ja makroelemente ning mullas leiduvaid mikroorganismide. Vermi kultiveerimise protsessis eraldavad vihmaussid bakteriostaatiliselt valke ja vihmaussi soolestikus asuvad sümbiootilised mikroorganismid toodavad antibiootikume, mis koostoimes tagavad preparaadi bakteritsiidset omadust (Igonin, 2006). Ruponicsi keemiline koostis on järgmine: KA – 1,0%; pH 9,3; N – 2,0%; P (P₂O₅) – 1,6%; K (K₂O) – 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; Mo – 1,04 mg l⁻¹; B – 6,20 mg l⁻¹; Se – 17,2 mg l⁻¹ (Knjazeva, 2010).

Katses kasutati järgmisi variante:

1. H0 – humiinpreparaadita (kontroll).
2. H25 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 25 l ha⁻¹. Pritsiti mullapinnale vahetult enne mugulate mahapanekut sisseaetud vagudele. Veekulu 200 l ha⁻¹.
3. H50 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 50 l ha⁻¹. Pritsiti mullapinnale vahetult enne mugulate mahapanekut sisseaetud vagudele. Veekulu 200 l ha⁻¹.

Kartuli eelviljaks oli nisu. Sügiskünni alla anti komposteerunud veisesõnnikut normiga 50 t ha⁻¹. Mineraalväetist (Yara 11-11-21) anti kevadel paiklikult koos kartuli mahapanekuga, (275 kg ha⁻¹). Mõlemal katseaastal pandi kartul maha 13. mail.

Artiklis käsitletakse lõppsaagi tulemusi, mille proovid võeti 2010. a 26. augustil (106. kasvupäeval) ja 2011. a 30. augustil (110. kasvupäeval).

Igalt katselapilt võeti kartulimugulate struktuurianalüüsiks 15 järjestikust taime. Kaubanduslikeks mugulateks loeti sordi 'Ants' (ümarad mugulad) kõik mugulad, mille läbimõõt oli üle 35 mm ja sordi 'Laura' (ovaalsed mugulad) üle 30 mm läbimõõduga mugulad. Tärklisesisaldus tehti kindlaks Parovi kaaludega (Viileberg, 1976). Tärklisesaak arvutati tärklisesisalduse ja saagikuse kaudu. Katseandmed töödeldi programmiga STATISTICA 11 (*StatSoft, Inc.*, USA 2005), kasutades ANOVA, Fisher LSD testi. Statistiliselt usutavad erinevused ($p < 0,05$) variantide vahel on märgitud erinevate tähtedega. Katseandmed on esitatud kahe aasta (2010–2011) keskmistena.

Tulemused ja arutelu

Varasematest katsetulemustest on selgunud, et humiinpreparaatide kasutamine on suurendanud kartulimugulate arvu taime kohta (Särekanno, Vasar, 2004; Ereemeev *et al.*, 2011, Šarin *et al.*, 2012). Käesoleva katse tulemustest selgus, et keskmine mugulate arv taime kohta kartulisordil 'Ants' oli 13,1–14,5 mugulat ning kartulisordil 'Laura' keskmiselt 14,8–17,1 mugulat (tabel 1). Humiinpreparaadi kasutamine ei suurendanud sordil 'Ants' mugulate arvu taime kohta ($p > 0,05$), kuid ühe mugula mass suurenes HP50 variandil usutavalt ($p < 0,05$) võrrelduna HP0 variandiga 7,8 g võrra (tabel 1). Sordil 'Laura' ei suurendanud humiinpreparaadi kasutamine usutavalt ühe mugula keskmist massi ($p > 0,05$; tabel 1), kuid HP25 variandil suurendas humiinpreparaadi kasutamine usutavalt ($p < 0,05$) mugulate arvu taime kohta 2,3 mugula võrra. Ühe taime mugulate massi ja saagikuse vahel on tugev seos. Mitmetes katsetes kujunes reegliski, et mida vähem on taime kohta mugulaid, seda kiiremini suureneb üksikmugula mass (kaubandusliku osakaalu suurenemine saagis) (Ereemeev *et al.*, 2008a; 2008b; Tein, Ereemeev, 2011). Suurema mugulate arvuga taimedel üksikmugula massi kasv aeglustub (Kuull, 2002). Ebasoodsad keskkonnatingimused (ilmastik, toitainete vähesus mulla neelavas kompleksis ja mulla lahuses, mulla tihenemine) pidurdavad saagi formeerumise staadiumis mugulate massi kasvu seda enam, mida suurem on mugulate arvukus taimel. Väheneb kaubanduslike mugulate osakaal saagis ja ühes sellega ka saagi kvaliteet (Polevoi, 1978).

Humiinpreparaadi erinevate normide kasutamine suurendas usutavalt ($p < 0,05$) nii mõlema sordi kogusaaki kui ka kaubanduslikku saaki (tabel 2). Sordil 'Ants' suurenes mugulate kogusaak 5,8–6,4 t ha⁻¹ võrra ja kaubanduslik saak 5,2–6,9 t ha⁻¹ võrra. Sordil 'Laura' suurenesid saagid vastavalt 4,5–4,9 t ha⁻¹ ja 4,2–4,4 t ha⁻¹ võrra.

Kõige tähtsam komponent kartulis on tärklis, mille sisaldus varieerub 8,0–29,4% (Solovjeva, 2004). Mugulate tärklisesisaldus on mõjutatud 21% ulatuses vegetatsiooniperioodi temperatuuride summast, 18% sademete summast, 15% päikesepaiste tundidest ja 7% merepinna kõrgusest (Tartlan, 2005). Mugulate tärklisesisaldus on sordile omane

Tabel 1. Humiinpreparaadi Ruponics mõju ühe taime mugulate arvule (tk) ja mugula keskmisele massile (g) 2010.–2011. a keskmisena

Sort	Variant	Mugulate arv taime kohta, tk	Mugula keskmine mass, g
Ants	H0	13.1a ¹ ±0.6*	40.5a±1.2
	H25	14.5a±0.4	43.9a±1.0
	H50	13.5a±0.5	48.3b±1.7
Laura	H0	14.8a±0.6	40.3a±1.7
	H25	17.1b±0.5	39.8a±1.3
	H50	15.7ab±0.5	43.0a±1.3

H0 – humiinpreparaadita (kontroll); H25 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 25 l ha⁻¹; H50 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 50 l ha⁻¹; ¹ – statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$) samas veerus on märgitud erinevate tähtedega (ANOVA, Fisher LSD test); * – ± tähistavad standarddviiga.

Tabel 2. Humiinpreparaadi Ruponics mõju kartulisaagile (t ha⁻¹) ja kaubanduslikule saagile (t ha⁻¹) 2010.–2011. a keskmisena

Sort	Variant	Saak, t ha ⁻¹	Kaubanduslik saak, t ha ⁻¹
Ants	H0	27.5a ¹ ±0.9*	23.7a±0.8
	H25	33.3b±0.9	28.9b±0.9
	H50	33.9b±0.9	30.6b±1.0
Laura	H0	30.6a±0.7	27.7a±0.7
	H25	35.5b±1.0	32.1b±1.0
	H50	35.1b±0.8	31.9b±0.8

H0 – humiinpreparaadita (kontroll); H25 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 25 l ha⁻¹; H50 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 50 l ha⁻¹; ¹ – statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$) samas veerus on märgitud erinevate tähtedega (ANOVA, Fisher LSD test); * – ± tähistavad standardviga.

Tabel 3. Humiinpreparaadi mõju mugula tärklisesisaldusele (%) ja tärklisesaagile (t ha⁻¹) 2010.–2011. a keskmisena

Sort	Variant	Tärklisesisaldus, %	Tärklisesaak, t ha ⁻¹
Ants	H0	14.4a ¹ ±0.2*	4.0a±0.2
	H25	15.0b±0.1	5.0b±0.1
	H50	15.1b±0.2	5.1b±0.2
Laura	H0	13.8a±0.1	4.2a±0.1
	H25	13.9a±0.1	4.9b±0.1
	H50	14.1a±0.1	4.9b±0.1

H0 – humiinpreparaadita (kontroll); H25 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 25 l ha⁻¹; H50 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 50 l ha⁻¹; ¹ – statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$) samas veerus on märgitud erinevate tähtedega (ANOVA, Fisher LSD test); * – ± tähistavad standardviga.

tunnus (van Eijk, Hak, 1995; Brunt *et al.*, 2002; Tsahkna, Tähtjärvi, 2007). Katses selgus, et humiinpreparaadi erinevad normid suurendasid usutavalt sordil ‘Ants’ tärklisesisaldust (0,6–0,7%) (tabel 3). Ka tärklise kogusaak oli sordil ‘Ants’ usutavalt suurem HP variantidel (1,0–1,1 t ha⁻¹), mis tulenes suuremast mugulate kogusaagist. Vastupidiselt sordile ‘Ants’ ei suurendanud humiinpreparaadi erinevate normide kasutamine sordi ‘Laura’ mugulate tärklisesisaldust, kuid vaatamata sellele saadi siiski usutavalt suurem tärklisesaak hektari kohta, sest mugulate saak oli usutavalt suurem (tabel 3).

Kokkuvõte

Kahe katseaasta keskmistest tulemustest selgus, et humiinpreparaadi erinevad normid HP25 ja HP50 suurendasid kartulisortidel ‘Ants’ ja ‘Laura’ usutavalt mugulate kogusaaki, kaubanduslikku saaki ja tärklisesaaki. Samuti suurendas humiinpreparaadi erinevate normide kasutamine sordil ‘Ants’ mugulate tärklisesisaldust.

Tänuavaldused

Uurimust toetas ETF-i grant nr 8495.

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.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. – *Bioresource Technology* **93** (2), 145–153.
- Azcona, I., Pascual, I., Aguirreolea, J., Fuentes, M., García-Mina, J., Sánchez-Díaz, M. 2011. Growth and development of pepper are affected by humic substances derived from composted sludge. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **174**, 916–924.
- Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C., Pascual, J.A. 1996. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. – *Bioresource Technology* **57**, 251–257.
- Asik, B., Turan, M., Celik H., Katkat, A. 2009. Effects of Humic Substances on Plant Growth and Mineral Nutrients Uptake of Wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) Under Conditions of Salinity. – *Asian Journal of Crop Science* **1**, 87–95.
- Brunt, K., Keizer-Zinsmuster, J., Cazemier, J., Intema, P. 2002. Potato and starch quality in relation to variety, growing location and year. – *Abstracts of Papers and Posters 15th Triennial conference of the EAPR*, 58 lk.
- Deckers, J.A., Nachtergale, F.O., Spaargarn, O.C. 1998. *World Reference Base for Soil Resources: Introduction*. ISSS, ISRIC, FAO, Acco Leuven, 165 lk.
- Eremeev, V., Jõudu, J., Lääniste, P., Mäeorg, E., Selge, A., Tshakna, A., Noormets, M. 2008a. Influence of thermal shock and pre-sprouting of seed potatoes on formation of tuber yield. – *Spanish Journal of Agricultural Research* **6** (1), 105–113.
- Eremeev, V., Lääniste, P., Mäeorg, E., Jõudu, J. 2008b. Mugulate arvu kujunemise dünaamika sõltuvalt seemnekartuli termilisest töötlemisest. – *Agraarteadus* **19** (2), 3–9.
- Eremeev, V., Tein, B., Šarin, R., Treimuth, M. 2011. The effect of Ruponics on the number of tubers per plant and on average tuber weight in 2010. – *Agronomy 2010/2011*, 67–72.
- Eremeev, V., Tein, B., Lääniste, P. 2011. The Effect of different Ruponics quantities on the effectiveness of growing potato in 2010. Helsinki, Finland, 169–169.
- Hills, F.J., Little, T.M. 1972. *Statistical methods in agricultural research*. University of California, USA, 242 lk.
- Igonin, A.M.: Игонин, А.М. 2006. Дождевые черви: как повысить плодородие почвы в десятки раз, используя дождевого червя «Старатель». Ковров, 192 стр.
- Knjazeva, N. 2010. Biohuumus – looduslik, kuid tõhus lahendus mullaviljakuse tõstmiseks. – *Aiandusfoorum 2010*. Tallinn, lk 20–30.
- Kuill, T. 2002. Tärkamisjärgne konkurents taimede vahel (konkurents agrofütotsünoosis) kartulipõllul. – *Kartulikasvatus*. Toim. J. Jõudu, Tartu, lk 83–87.
- Mauromicale, G., Angela, M.G.L., Monaco, A.L. 2011. The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato. – *Scientia Horticulturae* **129** (2), 189–196.
- Polevoi, A.N.: Полевой А.Н. 1978. Агрометеорологические условия и продуктивность картофеля в Негерноземье. - Гидрометеоздат - Ленинград. 118 стр.
- Reintam, L. 1996. Mulla genees ja võrdlev diagnostika. – *EPMÜ teadustööde kogumik* **187**. Tartu, lk 55–64.
- Sangeetha, M., Singaram P., Devi, R.D. 2006. Effect of lignite humic acid and fertilizers on the yield of onion and nutrient availability. – *Proceedings of 18th World Congress of Soil Science*, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Särekanno, M., Vasar, V. 2004. Influence of Humistar on productivity of potato meristemplants.

– *Agronomy* 2004 **219**, 67–69.

Solovjeva, A.E.: Соловьева, А.Е. 2004. Биохимические показатели качества овощной продукции. *Улучшение качества картофеля и овощей*. Академия менеджмента и агробизнеса НЗ РФ. Санкт-Петербург. стр. 10–33.

Šarin, R., Tein, B., Ereemeev, V. 2012. Humiinpreparaadi mõju kartuli kaubanduslikule saagile ja ühe taime mugulate arvule. – *Agronomia* 2012. EPMÜ Teadustööde Kogumik, lk 61–66.

Tartlan, L. 2005. *Kartuli kvaliteet ja seda mõjutavad tegurid*. Eesti Maaviljeluse Instituut, Tallinn, lk 55–62.

Tein, B., Ereemeev, V. 2011. Eri viljelusviiside mõju kartuli saagistruktuuri elementide kujunemisele. – *Agraarteadus* **22** (1), 40–44.

Turkmen, O., Dursun, A., Turan, M., Erdinc, C. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil and Plant Science* **54**, 168–174.

Tsahkna, A., Tähtjärvi, T. 2007. Kartulisortide viljelemisest Eesti erinevates kasvukohtades. – *Agraarteadus* **18** (1), 66–77.

Van Eijk, P.C.M., Hak, P.S. 1995. Fried potato products. – *Potato Magazine*, Summer 1995, 12–14.

Viileberg, K. 1976. Mugulviljad. – *Põllukultuurid ja nende hindamine*. Tallinn, lk 107–135.

Seemnemugulate termilise töötlemise ja humiainete kasutamise mõju kartuli saagikusele

Viacheslav Eremeev, Peeter Lääniste, Berit Tein, Erkki Mäeorg, Jaan Kuht

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Eremeev, V., Lääniste, P., Tein, B., Mäeorg, E., Kuht, J. 2015. The effect of seed tuber thermal treatment and humic preparation on potato yield. – Agronomy 2015.

Field trials with the potato cultivar ‘Ants’ (medium late) were carried out on the experimental fields of the Department of Field Crops and Grassland Husbandry located at Eerika (58°22’N, 26°40’E), Estonian University of Life Sciences in 2010 and 2011. The yield of tubers, number of tubers per plant and tuber weight were studied.

We used the following treatments: Factor A (humic preparation) – “Rupronics” 50 l ha⁻¹ (HP50), “Rupronics” 25 l ha⁻¹ (HP25) and control (HP0) 0 l ha⁻¹. The results are presented as the averages of four years. Factor B (pre-planting treatment of seed tubers) – untreated control (0): seed tubers were planted directly from storage house (storage temperature 4 °C); Thermal shock (SL): seed tubers were kept before planting 5 days in a room with temperature of 30 °C and 2 days with temperature of 12 °C; Pre-sprouting (E): before planting the seed tubers were kept 26 days in a room with temperature of 15 °C and 10 days with temperature of 12 °C.

It was observed that the use of humic preparations (HP50) had positive effect on the average weight of tubers and it also increased the tuber yield by 3.0–3.8 t ha⁻¹.

The thermal treatment (thermal shock) of tubers increased the number of tubers per plant (2 more tubers on average), but the average weight of the tubers decreased.

Due to the effect of preplanting treatments of seed tubers and the use of humic preparations, the tuber yield was influenced mainly by the average weight of tubers (positive correlation).

Results indicated that the use of humic preparations did not have any effect on the number of tubers per plant and the preplanting thermal treatment did not increase the yield.

Keywords: number of tubers per plant, tuber weight, tuber yield

Sissejuhatus

Eestis on kartul teraviljade ja heintaimede kõrval üks tähtsamaid põllukultuure, seda eeskätt oma kasutusvõimaluste poolest ja pinnauhikult saadava suure saagi tõttu. Üks kilogramm kartulit tärkliisisaldusega 18,2% sisaldab 0,30 söötühikut (sü), teravili keskmiselt 1,15 sü (Oll, Ilus, 1974). Kui võtame kartuli keskmiseks saagiks 30 t ha⁻¹ ja teraviljasaagiks 3 t ha⁻¹, siis kartuli puhul saame hektarilt 9000 sü, teravilja puhul 3450 sü (Jeremejev *et al.*, 1998). Selleks et Eesti kartulikasvataja võiks uuesti selja sirgu ajada, peab ta nüüd palju rohkem teadma, oskama ja tahtma. Kui meie ise kasvatame vähe kartulit, siis puudujääv osa imporditakse meile mujalt. Eesti elanikud eelistavad siiski kohapeal kasvatatud kartulit, sest sellele on omane spetsiifiline hõrk ja värske maitse (Lõhmus *et al.*, 2005). Selleks et säilitada kartuli kõrge saagipotentsiaal, on oluline rakendada kõik saagikust suurendavad meetmed. Üks selline meede on seemnemugulate mahapanekueelne eelidandamine (Struik, Wiersema, 1999). Mugulate mahapanekueelne termiline töötlemine on sobilik nii varajaste kui ka hiliste sortide puhul.

Uurimistöo esimese faktorina käsitleme kartuli seemnemugulate pikemaajalist (eelidandamine) ja lühiajalist (soojalöök) töötlemist. Üks soojalöögiga suhteliselt sarnane võte on mugulate lühiajaline töötlemine kõrgemate temperatuuridega. Kirjan-

duse põhjal tõstetakse soojalöögi ehk termošoki puhul temperatuur 30 °C-ni, hoitakse seemnemugulaid sellistes tingimustes 2 päeva ja selle järel 5 päeva 12–15 °C juures (Eremeev, 2007; Eremeev *et al.*, 2008a). Termilise töötlemisega saab kartulimugulatele lisada füsioloogilist vanust ja muuta lühemaks see kronoloogiline aeg, mis on vajalik mugulasaagi koristusküpseks kujunemiseks (Allen *et al.*, 1992; Struik *et al.*, 2006; Eremeev, 2007; Eremeev *et al.*, 2008a; 2008b). Sellise meetodi kasutamine soodustab ensüümide aktiivsust mugulates, stimuleerib idude kiiremat arenemist silmades, lühendab tärkamisperioodi pikkust, kiirendab taime arengut ja saagi moodustumist.

Järjest rohkem pööratakse põllumajanduses tähelepanu taimede toitumist stimuleerivatele loodusliku päritoluga preparaatide kasutamisele (Adani *et al.*, 1998, Dursun *et al.*, 2002, Eremeev *et al.*, 2011). Heaks võimaluseks parandada mulla bioloogilist aktiivsust võivad olla erinevad biostimulaatorid ja mullaviljakuse parandajad. Töö teise faktorina võtame uurimise alla humiinpreparaadi erinevad normid. Meie katsetes kasutatud humiinpreparaat Ruponics on vedeltõmmis biohuumusest. Preparaat sisaldab kõiki vermikomposti komponente lahustatud olekus: humaate, fulvohappeid, aminohappeid, vitamiine, looduslikke fütohormoone, mikro- ja makroelemente ning mikroorganismide eoseid. Eri katsed on varasemalt tõestanud humiinpreparaatide kasulikku mõju taimede kasvule (Ayuso *et al.*, 1996; Adani *et al.*, 1998; Arancon *et al.*, 2004; Turkmen *et al.*, 2004; Särekanno, Vasar, 2004; Azcona *et al.*, 2011). Üks humiinpreparaadi positiivne toime on köögiviljadel toitainete parem omastamine (Akinremi *et al.*, 2000; Cimrin, Yilmaz, 2005), samuti stimuleerib ja kiirendab humiinpreparaat taimede kasvu ning tõstab taimede immuniteti (Knjazeva, 2010).

Uurimistöe eesmärk oli uurida seemnemugulate mahapanekueelse termilise töötlemise ja humiinpreparaadi erinevate normide mõju kartulisagaile ning ühe taime mugulate arvule ja mugula keskmisele massile.

Materjal ja meetodika

Katsed korraldati Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Rõhu katsejaama Eerika katsepõldudel 2010.–2013. aastal. Katsete tegemiseks kasutati hilisepoolset kartulisortit 'Ants'. Katsed rajati plokkasetuses ning variandid paigutati katselappidele (72 katselappi) randomeeritult neljas korduses (Hills, Little, 1972). Katselapi suurus oli 16,8 m², vagude vahe 70 cm ja mugulate vahekaugus vaos 27 cm. Seemnemugulad pandi maha masinatega. Katseala mullastik oli näivleetunud muld (Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (Deckers *et al.*, 2002)), lõimis kerge liivsavi ja huumuskihi tusedus 20–30 cm (Reintam, Köster, 2006).

Katsevariandid olid järgmised:

Faktor A. Humiinpreparaat Ruponics (HP): 1) HP0 – humiinpreparaadita (kontroll); 2) HP25 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 25 l ha⁻¹, pritsiti mullapinnale vahetult enne mugulate mahapanekut sisseetud vagudele; veekulu 200 l ha⁻¹; 3) HP50 – humiinpreparaat Ruponics kulunormiga 50 l ha⁻¹, pritsiti mullapinnale vahetult enne mugulate mahapanekut sisseetud vagudele; veekulu 200 l ha⁻¹.

Faktor B. Mahapanekueelne seemnemugula termiline töötlus (TT): 1) 0 – töötlemata (kontroll), kaks päeva enne mahapanekut toodi mugulad hoidlast (säilitustemperatuur 4 °C), et tõsta nende temperatuur ligilähedaseks mullatemperatuurile; 2) SL – soojalöök, mugulaid hoiti 5 päeva 30 °C juures, misjärel jäeti mugulad kaheks päevaks jahtuma, et saavutada põllumullale ligilähedane temperatuur; 3) E – eelidandamine, mugulaid hoiti

26 päeva 15 °C juures ja 10 päeva 12 °C juures, misjärel jäeti mugulad kaheks päevaks jahtuma, et saavutada põllumullaga ligilähedane temperatuur. Töötlemisruumide valgus- ja niiskustingimused olid vastavuses seemnemugulate füsioloogilistele vajadustele.

Kartuli eelviljaks oli nisu. Sügiskünni alla anti komposteerunud veisesõnnikut normiga 50 t ha⁻¹. Mineraalväetist (Yara 11-11-21) anti kevadel paiklikult koos kartuli mahapanekuga, (275 kg ha⁻¹). Katses kasutati kartulikasvatusele iseloomulikke agrotehnilisi võtteid.

Taimekaitsevahenditest kasutati katseaastatel 2010.–2013. a umbrohutõrjeks Titus 50 g ha⁻¹, kartulimardika vastu Fastac 50 0,3 l ha⁻¹ ja Decis 2,5 EC 0,2 l ha⁻¹. Lehemädaniku tõrjeks kasutati Shirlani 0,4 l ha⁻¹ (2010. aastal), Ridomil Gold MZ 68 WG 2,5 kg ha⁻¹ ning Ranman 0,2 kg ha⁻¹ koos Ranman aktivatoriga 0,15 l ha⁻¹.

Artiklis käsitletakse lõppsaagi tulemusi, mille proovid 2010. a võeti 26. augustil (106. kasvupäeval), 2011. a 30. augustil (110. kasvupäeval), 2012. a 30. augustil (109. kasvupäeval) ja 2013. a 29. augustil (106. kasvupäeval). Igalt katselapilt võeti kartulimugulate struktuurianalüüsiks 15 järjestikust taime.

Katseandmed töödeldi programmiga STATISTICA 11 (*StatSoft, Inc.*, USA 2005), kasutades ANOVA, Fisher LSD testi. Statistiliselt usutavad erinevused ($p < 0,05$) variantide vahel on märgitud erinevate tähtedega. Korrelatiivse seose (koefitsiendi r) tugevus: kui korrelatsiooni koefitsient on tähistatud kolme tärniga (***) , siis on seos usutav vähemalt 99,9% tõenäosusega, kui kahe tärniga (**), siis on seos usutav 99% tõenäosusega ja kui ühe tärniga (*), siis 95% tõenäosusega. Katseandmed on esitatud nelja aasta (2010–2013) keskmistena.

Tulemused ja arutelu

Humiinpreparaadi kasutamise mõju. Eelnevalt tehtud katsetes on humiinpreparaatide kasutamine suurendanud kartulimugulate arvu taimel (Särekanno, Vasar, 2004; Ereemeev *et al.*, 2011, Šarin *et al.*, 2012). Mugulate arvu mõjutavad peamiselt kliimaatilised tingimused: päevapikkus, sademete jaotumine kasvuperioodi lõikes ning öised temperatuurid avaldavad suurimat mõju mugulate moodustumise kiirusele (Struik, Ewing, 1995). Meie katses ei avaldanud humiinpreparaadi erinevate normide kasutamine usutavat mõju mugulate arvule taime kohta (tabel 1, $p > 0,05$). Küll aga mõjutas HP50 normi kasutamine positiivselt mugula keskmist massi, suurendades seda usutavalt ($p < 0,05$) võrrelduna teiste variantidega (vähemalt 6,1 g võrra). Humiinpreparaadi kasutamine suurendas samuti usutavalt ($p < 0,05$) mugulasaaki 3,0 t ha⁻¹ võrra variandil HP25 ja 3,8 t ha⁻¹ võrra variandil HP50. Seega soodustab humiinpreparaadi kasutamine saagikuse tõusu.

Mugulate termilise töötlemise mõju. Eelnevates katsetes on soojalöögi kasutamine suurendanud kartulimugulate arvu taimel, kuid eelidandamisel on mugulate arv vähenenud, ent samas on mugulate mass taime kohta suurenenud (Ereemeev *et al.*, 2008b; 2009; 2012). Mugulate arvu mõjutavad peamiselt kliimaatilised tingimused: päevapikkus, sademete jaotumine kasvuperioodi lõikes ning öised temperatuurid avaldavad suurimat mõju mugulate moodustumise kiirusele (Lääniste, 2000; Ereemeev *et al.*, 2003). Tabelist 1 ilmneb, et termiline töötlemine soojalöögi näol tõstab usutavalt ($p < 0,05$) mugulate arvukust taime kohta (keskmiselt 2 mugulat rohkem) võrrelduna teiste katsevariantidega, kuid seejuures jääb mugula keskmine mass siiski usutavalt väiksemaks ($p > 0,05$) kui teisel kahel uuritava variandil. Seetõttu on soojalöögi kasutamine eriti sobilik just kartuli seemnekasvatases, tagades taime kohta rohkem mugulaid. Kartuli saagivõimet

Tabel 1. Seemnemugulate mahapanekueelse termilise töötlemise ja humiinpreparaadi Rupronics erinevate normide mõju ühe taime mugulate arvule (tk), mugula keskmisele massile (g) ja saagikusele ($t\ ha^{-1}$) 2010.–2014. aasta keskmisena

Faktor	Variant	Mugulate arv taime kohta, tk	Mugula keskmine mass, g	Saak, $t\ ha^{-1}$
HP	HP0	12.3a ¹ ± 0.4*	51.3a ± 1.9	32.6a ¹ ± 1.1*
	HP25	13.2a ± 0.4	52.3a ± 1.6	35.6b ± 0.9
	HP50	12.2a ± 0.4	58.4b ± 2.0	36.4b ± 0.9
TT	0	11.7a ± 0.3	56.1b ± 1.7	34.2a ± 1.0
	SL	14.1b ± 0.4	49.1a ± 1.7	35.6a ± 0.9
	E	11.9a ± 0.3	56.9b ± 2.0	34.8a ± 1.0

HP – humiinpreparaat; H0 – humiinpreparaadita (kontroll); H25 – humiinpreparaat Rupronics kulunormiga 25 l ha^{-1} ; H50 – humiinpreparaat Rupronics kulunormiga 50 l ha^{-1} ; TT – termiline töötlemine; 0 – töötlemata (kontroll); SL – soojalöök; E – eelidandamine; ¹ – statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$) samas veerus on märgitud erinevate tähtedega (ANOVA, Fisher LSD test); * – ± tähistavad standardviga.

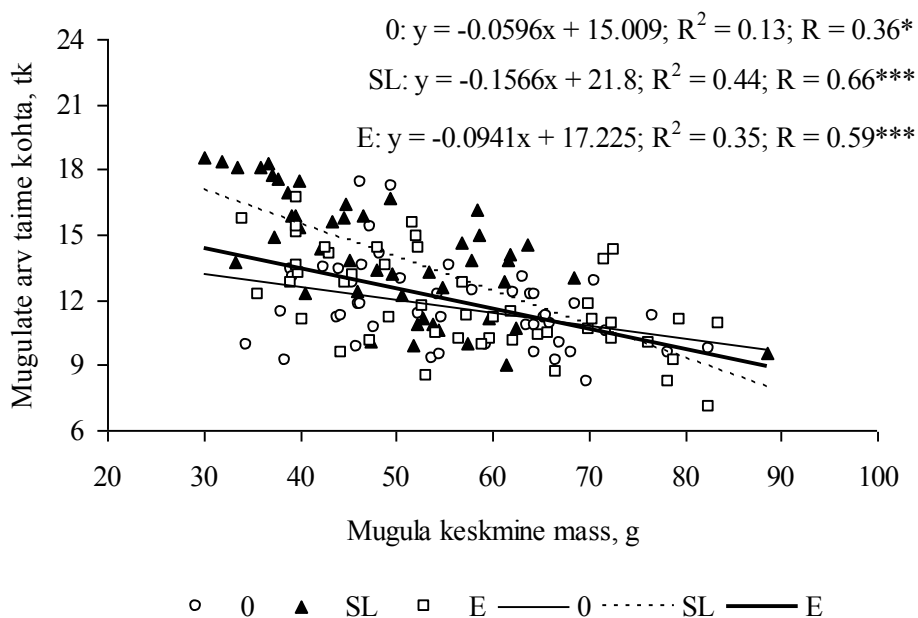
mahapanekueelne termiline töötlemine siiski positiivselt ei mõjutanud ning märgatavat saagilisa ei ilmnenud ($p > 0,05$).

Katsefaktorite mõju kartulisaaki kujundavatele elementidele. Nelja aasta keskmisena avaldus kõige tugevam seos ($r = 0,66^{***}$, $N = 48$) mugula keskmise massi ja nende arvukuse vahel seemnemugulate soojalöögiga töötlemise variandis (joonis 1). Samuti oli see seos väga tugev ($r = 0,59^{***}$, $N = 48$) ka seemnekartuli eelidandamisel, samas kui töötlemata 0 variandis jäi see seos tagasihoidlikuks ($r = 0,36^*$, $N = 48$). Seega avaldasid uuritavate kartulimugulate eeltöötlemise viisid (SL ja E) tugevamat toimet kartulisaagi mugulate massile ja nende arvukusele kui töötlemata variant. Ilmnes, et mida rohkem oli mugulaid ühel taimel, seda väiksemate mugulatega oli ka kartulisaak. Analoogiline seos oli täheldatav ka humiinpreparaadi Rupronics kõikide normide kasutamisel (joonis 3). Küll aga mõjutas kartulisaaki väga tugevalt mugulate mass (joonis 2), kus korrelatsioonikoefitsiendi väärtused olid mugulate eeltöötlemise variantides vahemikus $r = 0,57^{***}$ – $r = 0,70^{***}$, $N = 48$, ja humiinpreparaadi erinevatel annustel vahemikus $r = 0,50^{***}$ – $r = 0,73^{***}$, $N = 48$ (joonis 4). Ilmnes, et mida raskemad olid mugulad, seda suurem oli ka saak.

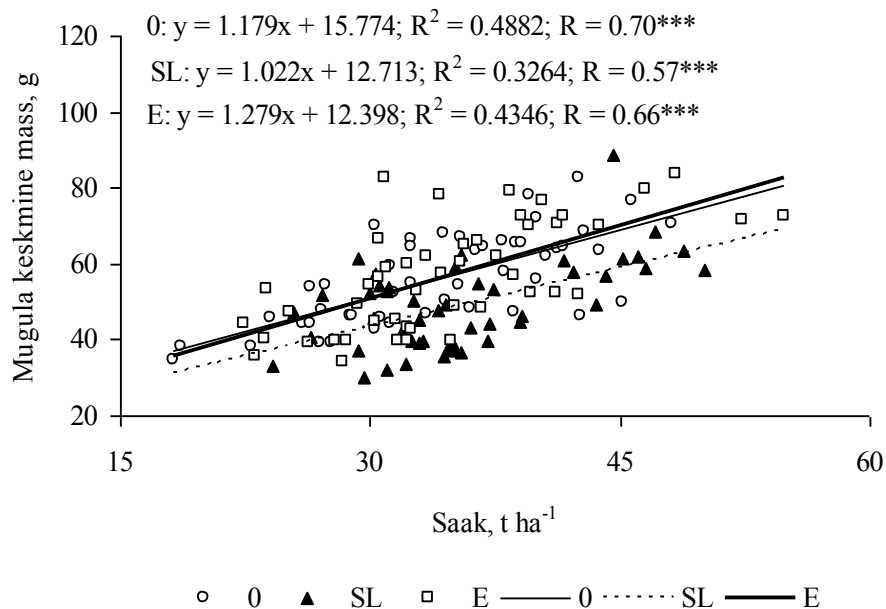
Kokkuvõte

Katsefaktorite mõju selgitamisel kartulisaaki kujundavatele elementidele ilmnes, et humiinpreparaadi (HP50) kasutamine mõjutas positiivselt mugula keskmist massi, suurendades seda võrrelduna teiste variantidega vähemalt 6,1 g võrra mugula kohta. Humiinpreparaadi kasutamine suurendas samuti mugulasaaki 3,0–3,8 $t\ ha^{-1}$ võrra.

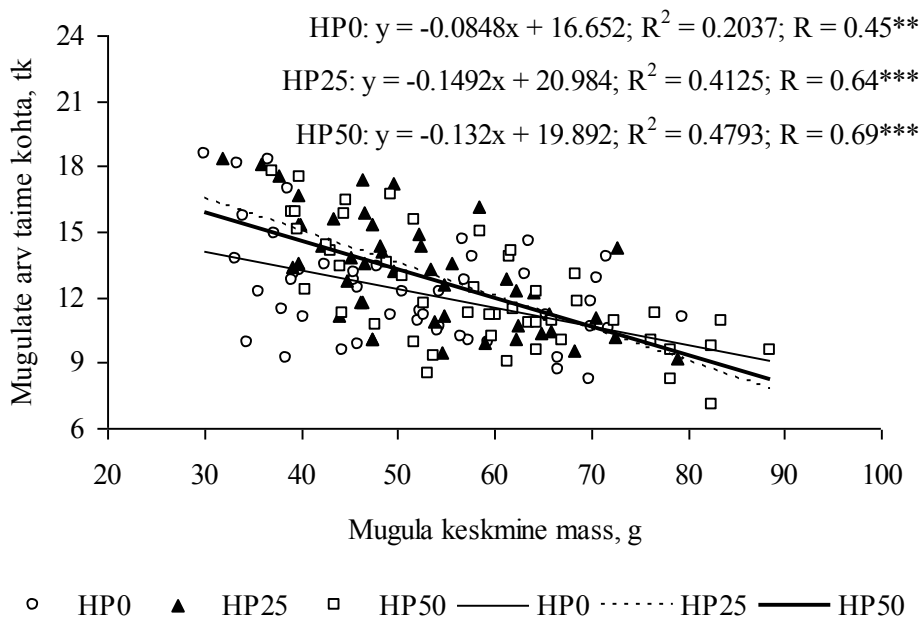
Mugulate termiline töötlemine soojalöögi näol suurendab mugulate arvukust taime kohta (keskmiselt kaks mugulat rohkem) võrrelduna teiste katsevariantidega, kuid seejuures jääb mugula keskmine mass väiksemaks. Seetõttu on soojalöögi kasutamine eriti sobilik just kartuli seemnekasvatases, tagades taime kohta rohkem mugulaid.



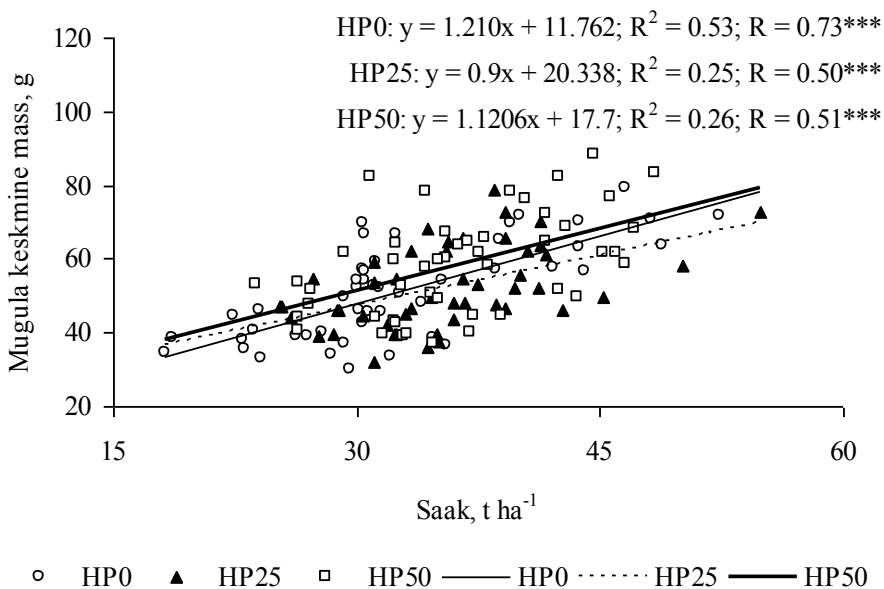
Joonis 1. Kartulisordi ‘Ants’ mugula keskmise massi sõltuvus mugulate arvust taime kohta olenevalt mahapanekueelsest termilisest töötlemisest 2010.–2013. aasta keskmisena, ($N = 48$)



Joonis 2. Kartulisordi ‘Ants’ mugulasaagi sõltuvus mugula keskmisest massist olenevalt mahapanekueelsest termilisest töötlemisest 2010.–2013. aasta keskmisena, ($N = 48$)



Joonis 3. Kartulisordi ‘Ants’ mugula keskmise massi sõltuvus mugulate arvust taime kohta olenevalt humiinpreparaadi Ruponics erinevate normide mõjust 2010.–2013. aasta keskmisena, ($N = 48$)



Joonis 4. Kartulisordi ‘Ants’ mugulasaagi sõltuvus mugula keskmisest massist olenevalt humiinpreparaadi Ruponics erinevate normide mõjust 2010.–2013. aasta keskmisena, ($N = 48$)

Nii seemnemugulate eeltöötlemise viisidel kui ka humiinpreparaadi kasutamisel olenes kartuli mugulasaagi suurus mugulate keskmisest massist – mida suurem see oli, seda suurem oli ka kartuli saagikus. Selgus ka, et mida rohkem oli mugulaid ühel taimel, seda väiksemate mugulatega oli ka kartulisaak.

Katsest selgus, et humiinpreparaadi kasutamine ei avaldanud mõju mugulate arvule taime kohta ning samuti mugulate mahapanekueelne termiline töötlemine saagilisa ei andnud.

Tänuavaldus

Uurimust toetas ETF-i grant nr 8495.

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.
- Akinremi, O.O., Janzen, H.H., Lemke, R.L., Larney, F.J. 2000. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. – *Canadian Journal of Soil Science*, **80**, 437–443.
- Allen, E.J., O’Brein, P.J., Firman, D. 1992. Seed tuber production and management– *The Potato Crop*. Toim. P.M. Harris, Chapman and Hall, London, lk 247–291.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. – *Bioresource Technology* **93** (2), 145–153.
- Azcona, I., Pascual, I., Aguirreolea, J., Fuentes, M., García-Mina, J., Sánchez-Díaz, M. 2011. Growth and development of pepper are affected by humic substances derived from composted sludge. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **174**, 916–924.
- Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C., Pascual, J.A. 1996. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. – *Bioresource Technology* **57**, 251–257.
- Cimrin, K.M., Yilmaz, I. 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil and Plant Science* **55**, 58–63.
- Deckers, J.A., Driessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources – in a nutshell. – *Soil Classification 2001*. Toim. E. Micheli, F.O. Nachtergaele, R.J.A. Jones, L. Montanarella, lk 173–181.
- Dursun, A., Guvenc, I., Turan, M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. – *Acta Agrobotanica* **56**, 81–88.
- Eremeev, V., Jõudu, J., Lõhmus, A., Lääniste, P., Makke, A. 2003. The effect of preplanting treatment of seed tubers on potato yield formation. – *Agronomy Research* **2** (2), 115–122.
- Eremeev, V. 2007. The influence of thermal shock and pre-sprouting on formation of yield structure elements in seed potatoes. Doktoritöö. EMÜ, Tartu, Triip, 126 lk.
- Eremeev, V., Lõhmus, A., Lääniste, P., Jõudu, J., Talgre, L., Lauringson, E. 2008a. The influence of thermal shock and pre-sprouting of seed potatoes on formation of some yield structure elements. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science* **58** (1), 35–42.
- Eremeev, V., Jõudu, J., Lääniste, P., Mäeorg, E., Selge, A., Tsahkna, A., Noormets, M. 2008b. Influence of thermal shock and pre-sprouting of seed potatoes on formation of tuber yield. – *Spanish Journal of Agricultural Research* **6** (1), 105–113.
- Eremeev, V., Keres, I., Tein, B., Lääniste, P., Selge, A., Luik, A. 2009. Effect of different production systems on yield and quality of potato. – *Agronomy Research* **7**, 245–250.

- Eremeev, V., Tein, B., Šarin, R., Treimuth, M. 2011. Ruponicsi mõju kartuli mugulate arvule ja mugula keskmisele massile 2010. aastal. – *Agronomia 2010/2011*, 67–72.
- Eremeev, V., Lääniste, P., Tein, B., Lauk, R., Alaru, M. 2012. Effect of tuber pre-planting treatments and humic preparation on tuber yield and quality. – *ESA12 Abstracts: 12th Congress of the European Society for Agronomy*. Helsinki, Finland, 20–24 August, lk 324.
- Hills, F.J., Little, T.M. 1972. *Statistical methods in agricultural research*. – Davis, CA: University of California, USA, 242 lk.
- Jeremejev, V., Jõudu, J., Lõhmus, A. 1998. Mugulasaagi formeerumine ja kvaliteet sõltuvalt seemnemugulate töötlemisest. – *Põllumajanduskultuuride produktiivsus ja kvaliteet*. EMÜ Teadustööde kogumik **199**, 88–93.
- Knjazeva, N. 2010. Biohuumus – looduslik, kuid tõhus lahendus mullaviljakuse tõstmiseks. – *Aiandusfoorum 2010*. Tallinn, lk 20–30.
- Lõhmus, A., Eremeev, V., Makke, A., Jõudu, J. 2005. Soojalöögi ja eelidandamise mõju varajase kartuli kasvule. – *Agronomia 2005*, 75–77.
- Lääniste, P. 2000. Mehhaaniliste ja keemiliste umbrohutõrjevõtete mõju kartuli umbrohtumusele, saagile, kvaliteedile, omahinnale ning põllu energeetilisele bilansile. Magistritöö. Tartu, 74 lk.
- Oll, Ü., Ilus, A. 1974. *Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid*. Tallinn, lk 8–24.
- Reintam, E., Köster, T. 2006 The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and Soil Taxonomy criteria. – *Geoderma* **136**, 199–209.
- Struik, P.C., Ewing, E.E. 1995. Crop physiology of potato (*Solanum tuberosum* L.): responses to photoperiod and temperature relevant to crop modelling. – *Potato Ecology and Modelling of Crop under Conditions Limiting Growth*. Toim. A.J. Haverkort, D.K.L. MacKerron, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, lk 19–40.
- Struik, P. C. and Wiersema, S. G. 1999. *Seed potato technology*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, 350 lk.
- Struik, P.C., Van der Putten, P.E.L., Caldiz, D.O., Scholte, K. 2006. Response of the stored potato seed tubers from contrasting cultivars to accumulated day-degrees. – *Crop Science* **46**, 1156–1168.
- Särekanno, M., Vasar, V. 2004. Influence of Humistar on productivity of potato meristemplants. – *Agronomy 2004*. Transactions of EAU **219**, 67–69.
- Šarin, R., Tein, B., Eremeev, V. 2012. Humiinpreparaadi mõju kartuli kaubanduslikule saagile ja ühe taime mugulate arvule. – *Agronomia 2012*, lk 61–66.
- Turkmen, O., Dursun, A., Turan, M., Erdinc, C. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. – Soil and Plant Science* **54**, 168–174.

Õlleodra terasaagist ja proteiinisisaldusest intensiivsel viljelemisel

Tiia Kangor, Ülle Tamm, Hans Küüts
Eesti Taimikasvatuse Instituut

Abstract. Kangor, T., Tamm, Ü., Küüts, H. 2015. The grain yield and protein content of malting barley in high input cultivation. – Agronomy 2015.

The aim of this study was to evaluate grain yield and protein content of malting barley growing under high input conditions; to find out which factor has influenced these characteristics the most. We used two genotypes (Propino, Anni) with three levels (V1 – N₆₀P₁₂K₄₄; V2 – N₁₀₀P₁₉K₇₄; V3 – N₁₄₀P₂₇K₁₀₃) of complex fertiliser (Yara Mila 18-8-16) in low (herbicide, insecticide application) and high input cultivation (growth regulator, single fungicide and leaf fertilizer application additionally) during the years 2012–2014. The field experiment with 9 m² of randomized plots in three replications was established at the Estonian Crop Research Institute. We found that the protein content of malting barley was influenced mostly by fertilization. The effect of year on protein content was small because in two years out of three (2013, 2014) this characteristic was identical. The variation of grain yield was influenced by fertilization as well as yearly conditions. However, both these characteristics of malting barley were influenced by high input cultivation where yield was increased and protein content was decreased significantly.

Keywords: malting barley, grain yield, protein content, high input cultivation

Sissejuhatus

Viimastel aastatel on teraviljakasvatatatel suurenenud huvi õlleodra viljelemise vastu. Sellel on majanduslik põhjus, sest õlleotra saab müüa kõrgema hinnaga kui söödaotra. Õlleodrale on tööstuse poolt esitatud kindlad kvaliteedinõuded, millest proteiinisisaldus on kõige tundlikum eri kasvutingimuste, nagu mullastik, kasvuaegne ilmastik, väetamine jne, suhtes (Spaner *et al.*, 2001). Sobiv proteiinisisalduse vahemik on õlleodral 9,0–11,5%. Õlleodraks aretatud sortide proteiinisisaldus jääb üldjuhul madalamaks kui söödaodra sortidel (Vanova *et al.*, 2006). Kuna uued sordid, pestitsiidid, väetised jms tooted on aja jooksul muutunud, siis on oluline teada nende kasutamise mõju õlleodrasaagile ja proteiinisisaldusele. Töö eesmärk oli välja selgitada, milliseks kujuneb õlleodrasaak ja proteiinisisaldus intensiivviljeluse tingimustes; milline faktor mõjutab mõlemat omadust kõige enam.

Materjal ja meetodika

Katse tehti aastatel 2012–2014 Eesti Taimikasvatuse Instituudi Jõgeva katsepõllul. Randeeritud põldkatses oli kaks sorti: õlleodrasort 'Propino' ja võrdluseks söödaodrana tuntud sort 'Anni'. Katset tehti kolmes korduses. Seemned külvati 9 m² lappidele kahes variandis: vähemintensiivses (I) ja intensiivses (II). Mõlemas variandis kasutati kompleksväetist Yara Mila (18-8-16) kolme väetamisnormiga, elementidena ja füüsilises koguses vastavalt V1 – N₆₀P₁₂K₄₄ (333 kg ha⁻¹); V2 – N₁₀₀P₁₉K₇₄ (556 kg ha⁻¹); V3 – N₁₄₀P₂₇K₁₀₃ (778 kg ha⁻¹). I variandis tehti võrsumisfaasis umbrohu- ja putukatõrje, milleks kasutati 15 g ha⁻¹ Granstar Premia (toimeaineks metüültribenuroon 500 g kg⁻¹) + 0,6 l ha⁻¹ Tomigani (toimeaineks fluroksüüpüür 180 g l⁻¹) segu ja 0,6 l ha⁻¹ Proteus OD (toimeaineteks

tiaklopiid 100 g l⁻¹; deltametriin 10 g l⁻¹). II variandis lisandus eespool nimetatule (olevalt vajadusest kas võrsumise lõpus või kõrsumise alguses) haigustõrje 1,25 l ha⁻¹ Bell Superiga (toimeaineteks boskaliid 140 g l⁻¹; epoksikonasool 50 g l⁻¹), kõrsumise alguses pritsiti taimekult lehevätisega Nutricomplex 18-18-18 (8 kg ha⁻¹) ja võrsumise lõpus kasvuregulaatoriga 1 l ha⁻¹ CCC (toimeaineks kloromekvaatkloriid 750 g l⁻¹). Külvisenormiks kasutati 500 idanevat tera ruutmeetritele.

Katselappidelt koristatud terasaak kuivatati, sorteeriti ja arvatati 14% niiskusele. Proteiinisisaldus määrati laboris NIR-iga (Foss).

Kõne all olevate aastate ilmaolud kujunesid erinevateks. 2012. a oli taimekasvuperiood niiske, sademeid tuli võrreldes pikaajalise keskmisega (1922–2011) maist augustini (s.t odra kasvuperioodil) 102 mm enam. Võrreldes pikaajalise keskmisega oli õhutemperatuur samal ajal 0,2 °C kõrgem. 2013. a valitsesid kasvuajal soojad ilmad, esinesid mitmed lühiajalised põuaperioodid. Vihma sadas maist augustini 61 mm vähem ja õhutemperatuur oli keskmisest 2,4 °C kõrgem. 2014. a oli vaheldusrikas, kuivaperioodid esinesid vaheldumisi jahedama ja niiskema perioodiga. Eriti põuane oli tera valmimise aeg ning sademeid oli maist augustini keskmisest 48 mm rohkem ja õhutemperatuur 0,9 °C võrra kõrgem.

Katseandmed töödeldi mitmefaktorilisel dispersioonanalüüsil (ANOVA). Selleks kasutati andmetöötlusprogrammi *Agrobases*. Mõlema omaduse hajuvuse hindamiseks arvutati determinatsioonikoefitsiendid (väljendati %des) igale faktorile ja nende koosmõjudele.

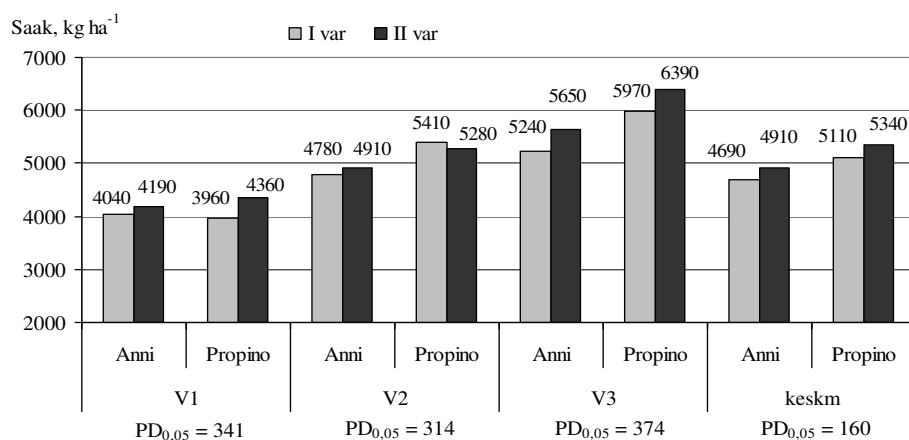
Tulemused ja arutelu

Terasaak. Kolme aasta keskmise terasaagi variatsiooni määras 44% ulatuses väetamine, aasta mõju oli 32%. Sordi ning aasta ja variandi koosmõju olid mõlemad 4%, teised faktorid mõjutasid saagi suurust vähem. Odra terasaak suurenes viljelusviiside keskmisena vastavalt väetamisnormile 4140 kg ha⁻¹ (V1), 5090 kg ha⁻¹ (V2) kuni 5810 kg ha⁻¹ (V3). Eri normiga väetatud viljal oli terasaagis usutavad erinevused.

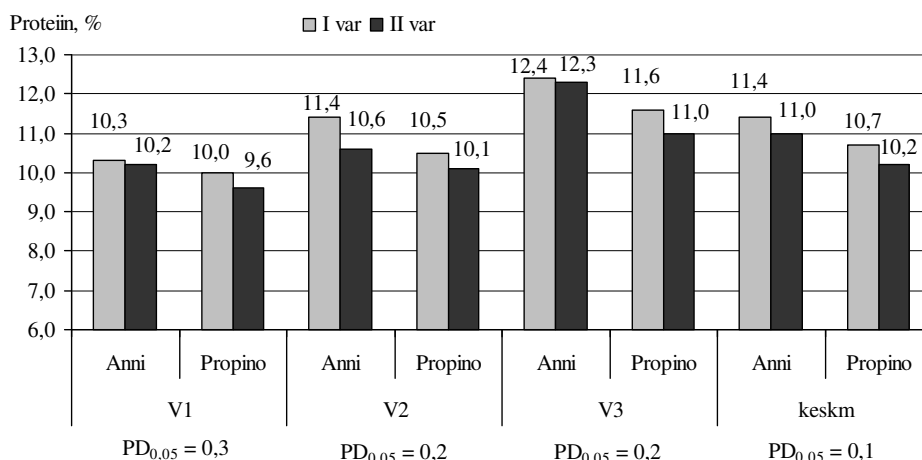
Aasta mõju saagile oli väiksem; kahel aastal (2013, 2014) jäid keskmised saagid samale tasemele, vastavalt 4590 kg ha⁻¹ (2013. a) ja 4650 kg ha⁻¹ (2014. a). Usutavalt suurem saak saadi 2012. a (5800 kg ha⁻¹). 2013. a ja 2014. a ilmaolud olid sarnasemad kui 2012. a, mil vegetatsiooniperioodil oli õhutemperatuur lähedane pikaajalisele keskmisele, kuid sademeid tuli tunduvalt rohkem. Niiskem kasvukeskkond soodustas odrataimedel paremat toitainete omastamist ja tera täitumist, aeglasemat kasvu ning arengut – need kõik tagasid kõrgema saagitaseme.

Eri viljelusviiside, foonide ja aastate keskmine terasaak oli sordil ‘Propino’ statistiliselt suurem (5230 kg ha⁻¹) kui sordil ‘Anni’ (4800 kg ha⁻¹). Uued sordid on aretatud suurema saagivõimega.

Kuigi intensiivviljeluse mõju odrasaagile oli vaid 1%, siis kolme aasta keskmisena suurenes mõlema odrasordi terasaak intensiivsel viljelemisel märgatavalt (joonis 1). Lehevätise ühekordne kasutamine kõrsumise alguses, fungitsiidi ja kasvuregulaatoriga töötlemine tõstsid saagikust tunduvalt. Eri väetisfoonidel oli aastate keskmisena sortide terasaak eri viljelusviiside rakendamisel mõnevõrra erinev. Mõlema sordi saak oli intensiivviljeluse tingimustes usutavalt suurem foonil V3. Tunduvalt suurem saak oli ‘Propinol’ intensiivviljeluses foonil V1, kuid foonil V2 olid saagid eri variantides samal tasemel. ‘Anni’ terasaagis eri viljelusviiside vahel usutavaid erinevusi foonidel V1 ja V2 ei olnud.



Joonis 1. Odrasortide terasaak eri variantides (I – vähemintensiivne, II – intensiivne viljelus) ja väetisfoonidel (V1 – N₆₀P₁₂K₄₄; V2 – N₁₀₀P₁₉K₇₄; V3 – N₁₄₀P₂₇K₁₀₃) aastate keskmisena (2012–2014) ning väetisfoonide keskmisena



Joonis 2. Odrasortide proteiinisaldus eri variantides (I – vähemintensiivne, II – intensiivne viljelus) ja väetisfoonidel (V1 – N₆₀P₁₂K₄₄; V2 – N₁₀₀P₁₉K₇₄; V3 – N₁₄₀P₂₇K₁₀₃) aastate keskmisena (2012–2014) ning väetisfoonide keskmisena

Proteiinisaldus. Odra proteiinisalduse variatsiooni määras 59% ulatuses väetisfoon ja 16% sort. Aasta mõju oli 7% ja viljelusviisi oma 4%, teiste faktorite mõju oli veel väiksem.

Suurema väetisekogusega väetamisel suurenes mõlema sordi terades proteiinisaldus (joonis 2). Sortide, aastate ja viljelusviiside keskmisena olid näitajad vastavalt 10,0% (V1 foonil), 10,7% (V2) ja 11,8% (V3).

‘Propino’ kui õlleodraks aretatud sordi keskmine proteiinisaldus (10,5%) oli söödaodraks aretatud ‘Anni’ omast (11,2%) usutavalt väiksem. Intensiivviljeluse tingimustes oli ‘Propino’ proteiinisaldus aastate keskmisena tunduvalt väiksem kõikidel väetisfoonidel. Sordil ‘Anni’ jäi see näitaja märgatavalt väiksemaks ainult foonil V2.

Õlleodrasort reageeris intensiivsemale kasvatusel enam kui söödaodra sort. Üks põhjustest on õlleodra suurem 1000 tera mass (andmeid ei ole esitatud) ja selle suurenemine intensiivsel viljelemisel (Turkington *et al.*, 2012). Üldiselt on proteiini rohkem terade idupoelses osas ja tärkliis paikneb endospermis. Kui tera on hästi täitunud ja suur, siis proportsionaalselt on endospermi osa iduosast tunduvalt suurem ja seega proteiinisisaldus teras väiksem. Kui endospermi osa jääb mingil põhjusel väiksemaks, s.t tera on peenem, siis terast määratud proteiinisisaldus osutub suuremaks.

Kõigil kolmel aastal vastas 'Propino' proteiinisisaldus eri variantides ja väetisfoonidel õlleodra nõuetele, v.a 2014. a vähemintensiivses variandis foonil V3 (11,9%). Samal väetisfoonil intensiivses variandis jäi see näitaja väiksemaks (11,0%).

Kokkuvõte

Õlleodra 'Propino' kasvatamisel leiti, et väetamine on peamine faktor, mis mõjutas terasaagi ja proteiinisisalduse suurust. Aasta mõju jäi meie katses väiksemaks eelkõige proteiinisisaldusele, sest kahel aastal kolmest oli see näitaja sama. Kasvu aasta mõju oli määrava tähtsusega saagi suuruse kujunemisele: sademeterohkel ja paljude aastate keskmisele lähedase õhutemperatuuriga aastal koristati tunduvalt suurem terasaak. Intensiivviljeluse tingimustes ühekordse haigustõrje, lehevätise ja kasvuregulaatori kasutamisel kasvas õlleodra terasaak, ent vähenes proteiinisisaldus.

Tänuavaldused

Katse tehti koostöös Baltic Agro AS-iga.

Kasutatud kirjandus

- Turkington, T.K., O'Donovan, J.T., Edney, M.J., Juskiw, P.E., McKenzie, R.H., Harker, K.N., Clayton, G.W., Xi, K., Lafond, G.P., Irvine, R.B., Brandt, S., Johnson, E.N., May, W.E., Smith, E. 2012. Effect of crop residue, nitrogen rate and fungicide application on malting barley productivity, quality and foliar disease severity. – *Canadian Journal of Plant Science* **92** (3), 577–588
- Spaner, D, Todd, A.G., McKenzie, D.B. 2001. The Effect of Seeding Rate and Nitrogen Fertilization on Barley Yield and Yield Components in Cool Maritime Climate. – *Journal of Agronomy and Crop Science* **187** (2), 105–110.
- Vanova, M., Palik, S., Hajslova, J., Buresova, I. 2006. Grain quality and yield of spring barley in field trials under variable growing conditions. – *Plant Soil and Environment* **52** (5), 211–219.

Kasvukohapõhise väetamise mõju odra saagile ning terade kvaliteedile

Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi
Eesti Maaülikool

Abstract. Kuht, J., Tõrra, T., Kilgi, J. 2015. Effect of site-based fertilizing on the barley yield and on grain quality. – *Agronomy* 2015.

In 2014 the experiments were carried out in two fertilization methods on the barley yield and some grains quality characteristics. The previous crop was spring wheat. Six treatments were used: control I (without fertilizers), control II (without mineral fertilizers, only foliar fertilize), conventional fertilizing system, fertilization by site-based chemical properties information, fertilization by site based information additionally with mineral nitrogen fertilizer and site-based fertilization additionally with foliage nitrogen fertilizer. Precision fertilization experiment with barley showed that site-based fertilizing considering soil nutrients gave the same yields as variants where fully fertilized conventional technology was used. Based on the grain protein content, the highest values were obtained with conventional (T), MI and the MIMN (where mineral nitrogen was applied during growth). However, the simultaneous foliar fertilization did not increase the grain protein content in barley. Experiments showed a strong correlation between grain yield and protein content of the grain. The weight of 1000 seeds was the highest in soil fertilized (MI) and MILV (foliar liquid fertilizer based on the plant nitrogen demand) variants. The yield of barley was related to the weight of 1000 seeds.

Keywords: barley, soil nutrient content, precision fertilizing, foliar fertilization

Sissejuhatus

Täppisväetamine on täppisviljeluse tähtis osa ja säästab samas ka keskkonda. Väetisi antakse põllu piires erinevalt, lähtudes mullas olevatest toiteelementidest. Sellega välditakse üleväetamist ja hoitakse ära taimede poolt kasutamata jäänud taimetoitainete leostumist keskkonda. Väetisi saab kasutada efektiivsemalt, tõsta saagikust ning tasakaalustada põllumullas sisalduvate toitainete koguseid (Yu *et al.*, 2010). Täppisväetamise peamine eesmärk on saavutada väetiste maksimaalne kasutusefektiivsus (Guo *et al.*, 2010) ja kasutada väetisi optimaalselt kogu põllu piires. Tähtis on sealjuures teave kasvukoha mulla omadustest. Mulla kohta kogutav süsteemne ja mitmekülgne andmesitik on saanud täppisviljeluse oluliseks osaks (Santhi *et al.*, 2005; Jordan *et al.*, 2005). Põllu täiendava väetamise vajalikkust saab otsustada ka kasvavate taimede analüüsi andmete alusel, mille tulemuste järgi otsustatakse kasvuaegse väetamise vajadus. Ka see võib põllu piires olla erinev ja sellekohane teave võimaldab kogu taimkatte väetamist optimeerida. Eelmistel aastatel korraldatud täppisväetamise katsed näitasid, et taimede kasvuaegset lehtede kaudu väetamist on samuti võimalik teha kohtpõhiselt, lähtuvalt eelnevalt N-sensoriga määratud taimede vegetatsioonindeksist (VI). Võrreldes tavatehnoloogiaga saadi kas samaväärne või suurem saak ning paranes ka saagi kvaliteet (Kuht *et al.*, 2012; Kuht, *et al.*, 2013a ja Kuht *et al.*, 2013b). Paranes ka saagi ühtlikkus.

Geoinfosüsteemi (GIS) rakendused annavad teavet mullastiku, reljeefi, mulla erinevate toitainete sisalduse, happesuse jm varieerumise kohta põllu piires. Täppisviljeluse positiivseks tulemiks on ka majanduslik efekt suurema saagi või väiksemate kulu- tuste tõttu (Tamm, Võsa, 2006; Godwin *et al.*, 2003). Käesoleva uurimistöö eesmärk oli uurida kohtpõhise väetamise mõju odra saagile ja kvaliteedile.

Materjal ja meetodika

2011. aasta kevadel alustati katsetega täppisväetamise uurimiseks. Põldkatse korraldati Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama katsepõllul, asukohaga Eerika, Õssu küla, Ülenurme vald, Tartumaa.

Põllul märgiti katselapid vastavalt katsevariantide ja korduste arvule, kokku 45 lappi, neljas korduses.

Igalt katselapilt võeti 2013. aasta sügisel mullaproovid mullaviljakuse näitajate määramiseks. Keskmise mullaproov pakendati ja märgistati katselapi numbriga. Proovid viidi Põllumajandusuuringute Keskuse laboratoriumisse keemilisteks analüüsideks. Laboris määrati mulla pH, orgaanilise süsiniku sisaldus (Corg), fosforisisaldus (P), kaaliumisisaldus (K), lisaks veel ka mulla kaltsiumi- (Ca), magneesiumi- (Mg), vase- (Cu), mangaani- (Mn) ja boori- (B) sisaldus.

Saadud mullainfo alusel järgnes 2014. a kevadel väetamine mineraalväetisega vastavalt katseplaanile ja variantides, kus see oli ette nähtud. Mullainfo alusel väetistega antava lisa-toitainetevajaduse kindlaksmääramisel arvutati kõigepealt mulla toitainete $N_{\text{üld}}$, P ja K varud 1 ha künnikihi (20 cm kihis, mulla keskmise lasuvustihedusega $1,5 \text{ Mg m}^3$) kohta kg ha^{-1} . Eerika katsealal oli valdavalt kaaliumi vähesus. P ja K kasutuse koefitsiendid mulla varudest leidsime Kevvai ja Kärblase (1996) koostatud tabelite kaudu ja arvutasime need ümber (kas P või K) kilogrammidesse ühe hektari kohta. Nendes kohtades, kus mullas oli vähem toitaineid, vähendasime mulla arvelt võetavate toitainete koguseid ja suurendasime väetusnormi, ja nendes kohtades, kus oli rohkem, vähendasime väetusnormi. Lämmastikväetiste vajaduse kindlakstegemisel lähtusime kriteeriumist, et mulla üldlämmastikust omastavad teraviljad 0,5–1,5%, ehk $25\text{--}45 \text{ kg ha}^{-1}$. Eerika põldkatses kasutati odra väetamiseks väetist NPK 27-6-6, olenevalt variandist 300 kuni 370 kg ha^{-1} . 25. aprillil külvati oder (sort 'Conchita') normiga 180 kg ha^{-1} (450 idanevat seemet m^2). Kasvuajal anti variandile MIMN täiendavalt pealtväetamiseks ASN 26-13, mida külvati katselappidele katsekülvikuga Fiona, arvutatult N-testri näitude järgi 100 kuni 250 kg ha^{-1} . Odrataimi väetati leheväetisega Nutricomplex 18-18-18, kasutades taimekaitsepretsi (variandid KLV ja MILV). Väetistega mulda viidud ja kasvuaegselt mineraalse lämmastikuga ning leheväetistega väetatud toitainetekogused katsevariantide lõikes on esitatud tabelis 1.

Katse koristati katsekombainiga Sampo (heedri laius 2 m), iga lappi saak määrati kaalumise teel.

Tabel 1. Väetistega odrale antud toitainetekogused, kg ha^{-1}

Element	Väetis	Katsevariandid					
		K	KLV	T	MI	MIMN	MILV
N	Põhiväetis	0	0	100	81	81	81
	Pealtväetis	0	0	0	0	38	0
P	Leheväetis	0	0,72	0	0	0	0,72
	Põhiväetis	0	0	22,2	18	18	18
K	Leheväetis	0	0,32	0	0	0	0,32
	Põhiväetis	0	0	22,2	18	18	18
	Leheväetis	0	0,60	0	0	0	0,60

Katsevariandid:

- 1) väetamata – (K, kontrollvariant);
- 2) mineraalväetistega väetamata + lehevätis kasvu ajal N-sensori määrangute järgi vastavalt taime vajadusele (KLV, lehevätise variantide kontroll);
- 3) tavaviljelus – (T) kogu mineraalne NPK väetis teravilja külvi ajal, (väetusfoon lähtuvalt taime vajadusest saagi tootmisel, arvestamata mulla toitaineid);
- 4) mineraalväetised mullainfo alusel – (MI) mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest;
- 5) diferentseeritud väetamine I – (MIMN) mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest + mineraalne N kasvu ajal N-sensori määrangute järgi vastavalt taime vajadusele;
- 6) diferentseeritud väetamine II – (MILV) mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest + lehevätis kasvu ajal N-sensori määrangute järgi vastavalt taime vajadusele.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi STATISTICA 12 (Anova, Fisher LSD test) (*StatSoft, Inc.*, USA 2005) ja kasutati ka regressioonanalüüsi.

Tulemused

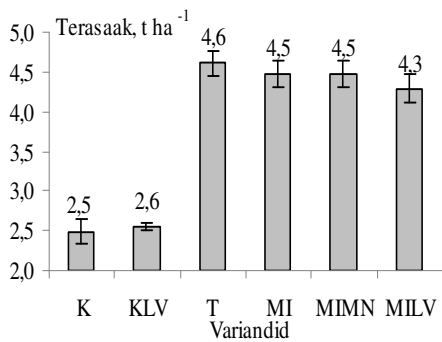
Odra terasaak. Põldkatsete odra terasaagid on kujutatud joonisel 1. Eerika põldkatsetes saadi suurimad saagid tavaväetamise variandis (T) ja mullainfo alusel väetatud variandis (MILV), millele anti lehevätist N-testri näitude põhjal. Sellest järeldub, et mullainfo alusel oli optimeeritud väetusnormidega võimalik saada samasugune saagitase nagu rohkesti väetatud tavatehnoloogias.

Terade proteiinisaldus. Terade proteiinisalduse järgi olid valgurikkamad tava (T) ja MI ning kasvuaegset mineraalset lämmastikku saanud variandi MIMN aladel kasvanud odraterad (joonis 3). Variandi MIMN foonilt oli terade proteiinisaldus (%) usutavalt suurem kui mõlemal külveelselt väetamata K ja KLV, kuid ka variandil MILV. Lehevätamine ei suurendanud terade proteiinisaldust (olid variantidel K ja KLV võrdsed), kuid jäi variandis MILV siiski usutavalt alla ka tavaväetamisele (var. T). Katse keskmisena ilmses tugev korrelatiivne seos ($r = 0,63$; $p \leq 0,01$) terasaagi ja terade proteiinisalduse vahel (joonis 4). Lämmastiku lisamisega on küll võimalik suurendada proteiinisaldust, kuid sellega väheneb proteiini bioloogiline väärtus (Gauer *et al.*, 1992).

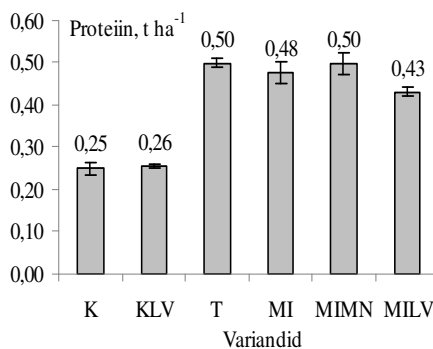
Variantidevaheline erinevus terade proteiinisaga (võrreldes odra terasaagiga, joonis 1) avaldus vaid proteiinisaga 11,6–16,3% usutavas vähenemises lehevätist saanud variandis MILV võrreldes teiste mineraalväetistega väetatud variantidega (T, MI ja MIMN) (joonis 2).

1000 tera mass. Odra 1000 tera massid oli absoluutväärtuses suurimad mullainfo-põhiselt väetatud variandis MI ja ka taimeinfo alusel N vajaduse suurust arvestava lehevätisega väetatud variandis MILV (joonis 5). Kuid arvestades seda, et variandis KLV ei suurendanud lehevätisega väetamine 1000 tera massi võrreldes väetamata K fooniga, ei saa eeldada variandis MILV lehevätise mõju.

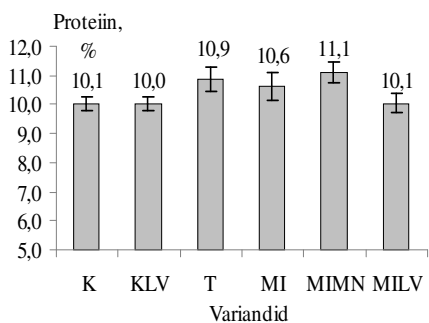
Ilmselt on variantidevahelised 1000 tera massi sellised erinevused tingitud 2014. aasta soodsadest ilmastikuoludest taimekasvuks. Ilmastikutingimuste suurt mõju 1000 tera massile on täheldanud ka Kangor *et al.* (2010).



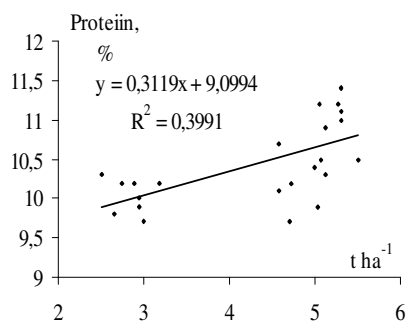
Joonis 1. Odra terasaak (kuivaines) t ha⁻¹ olenevalt väetamise viisist; N = 4; I tähistab standardviga



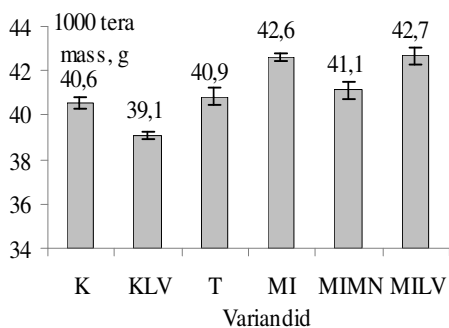
Joonis 2. Odra proteiinisaa t ha⁻¹ olenevalt väetamise viisist; N = 4; I tähistab standardviga



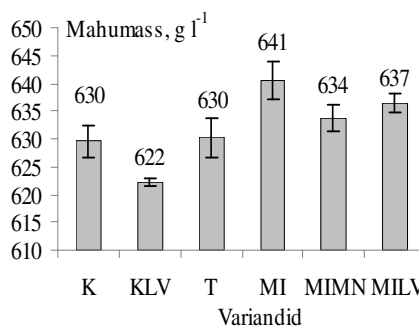
Joonis 3. Odraterade proteiinisaldus, % olenevalt väetamise viisist; N = 4; I tähistab standardviga



Joonis 4. Seos terade proteiinisalduse (%) ja terasaagi (t ha⁻¹) vahel; N = 24



Joonis 5. Odraterade 1000 tera mass, (g) olenevalt väetamise viisist; N = 4; I tähistab standardviga



Joonis 6. Odraterade mahumass, (g l⁻¹) olenevalt väetamise viisist; N = 4; I tähistab standardviga

Terade mahumass. Nii nagu 1000 tera massi korral olid suurima mahumassiga mulla toitainetesisaldust arvestava väetamisega (MI) kasvatatud odra terad (joonis 6), oli tavavariandist T suurem ka variandi MILV mahumass. Mahumassilt tavaväetamisega (T) võrdseks osutusid kontrollvariandi K ja kasvuaegselt mineraalse lämmastikuga väetamise variandi MIMN mahumassid. Erinevalt 1000 tera massist ei ilmnenud katse keskmisena mahumassi ja terasaakide vahelist korrelatiivset seost.

Võrreldes eelmiste aastate katsete tulemustega (Kuht *et al.* 2012; Kuht *et al.* 2013a ja Kuht *et al.*, 2013b) ei ilmnenud sel aastal lehevätistega väetamise mõju saagile ja selle olulisematele kvaliteedinäitajatele.

Kokkuvõte

Täppisväetamise 2014. a katses odraga ilmnes, et tavaväetamise variandiga võrdne saak saadi ka mulla toitainete sisalduse alusel väetatud variantidelt. Seega kohtpõhine väetamine kindlustas väetisega lisatud vähema toitainetekogusega samasuguse saagi nagu rohkem väetatud tavatehnoloogia. Terade proteiinisalduse järgi olid valgurikkamad tava (T) ja MI ning kasvuaegset mineraalset lämmastikku saanud MIMN oder. Samas aga kasvuaegne lehekaudne väetamine terade proteiinisaldust odral ei suurendanud. Katse keskmisena ilmnes tugev korrelatiivne seos terasaagi ja terade proteiinisalduse vahel. Odraterade 1000 tera massid oli suurimad mullainfopõhiselt väetatud foonil (MI) ja ka taimainfo alusel N lehevätisega väetatud variandis MILV. Katse keskmisena oli saagi suurus seotud seemnete 1000 tera massiga.

Tänuavaldused

Uurimistöö on valminud arendusprojekti T11027PKTM raames ja on toetatud ka projekti „Teraviljade fütomassi ja saagikuse kasvukohapõhine analüüs ning sellest tulenev keskkonnasäästliku agrotehnika rakendamine“ 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.
- Godwin, R.J., Wood, G.A., Taylor, J.C., Knight, S.M., Welsh, J.P. 2003. Precision Farming of Cereal Crops: a Review of a Six Year Experiment to develop Management Guidelines. – *Biosystem Engineering* **84** (4), 375–391.
- Gauer, L.E., Grant, C.A., Gehl, D.T., Bailey, L.D. 1992. Effects of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, in relation to estimated moisture supply. – *Canadian Journal of Plant Science* **72**, 235–241.
- Guo, J., Chen, L., Wang, X., Chen, T., Ma, W., Meng, Z., Fu, W. 2010. The effect of precision variable fertilization on wheat based on prescription map. – *Sensor Letters* **8** (1), 173–177.
- Jordan, C. and R.V. Smith. 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.
- Kangor, T., Ingver, A., Tamm, Ü., Tamm, I. 2010. Effect of fertilization and conditions of year on some characteristics of spring wheat and barley. – *Agronomy Research* **8** (Special Issue), 595–602.
- Kevvai, L., Kärblane, H. 1996. *Väetiste kasutamine. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat* Tallinn, 285 lk.

- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J. 2013a. Kasvukohapõhise väetamise mõju suvirapsi saagile ja seemnete õlisisaldusele. – *Agronomia* 2013, 90–97.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Kutti, J. 2012. Suvinisu väetamine lähtuvalt kasvukoha taimetoitainete sisaldusest. – *Agraarteadus* 13 (2), 3–10.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Nugis, E. 2013b. Effect of site-based precision fertilisation on yield and oil content of spring oilseed rape seeds. – *Agronomy Research* 11 (1), 67–72.
- 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.
- Tamm, K., Võsa, T. 2006. Täppisviljeluse eeldused ja tasuvus Eesti tingimustes. – EMVI Teadustööde kogumik 81, 275–282.
- Yu, H., Liu, D., Chen, G., Wan, B., Wang, S., Yang, B. 2010. A neural network ensemble method for precision fertilization modeling. – *Mathematical and Computer Modelling* 51, 1375–1382.

Väetamise ja ilmastiku hüdrotermiliste omaduste mõjust teraviljade produktsioonile

Valli Loide

Eesti Taimikasvatuse Instituut

Abstract. Loide, V. 2015. The influence of fertilization and hydrothermal properties of weather conditions on cereal yield. – Agronomy 2015.

The development plan of cereal sector for years 2014–2020 states the goal to increase the production of cereals up to 1.5 mill tons per year and double the export of cereals. Despite the measures implemented the cereal growing sector can be described by low productivity and unstable quality of product. The productivity of cereals depends mostly on the fertilization and weather conditions. The impact of fertilization and weather conditions on crop yield of early and late maturing barley as well as rye and winter wheat was analysed based on data of 13–23 years. Fertilization increased the yield depending on cereal type by 1.8–2.3 times. At the same time the weather conditions influenced the fertilized cereals by 2.3–6.4 times. When comparing the different investigated cereals the highest yield variation was revealed in case of barley and the smallest in case of rye.

To characterize the weather conditions of vegetation period the hydrothermal coefficient (HTC) was developed (calculated as the ratio of the sum of precipitation to sum of temperatures which were divided by 10). According to that coefficient the period is considered dry if HTC is between 1.0–0.6 and very dry if HTC is 0.5 or less. In case of too moist conditions the value of HTC is above 2.0. The vegetation period favourable for cereals was with HTC value around 1.6. The unfavourable for cereal production were dry May and June and here the most sensitive are the spring cereals, especially barley. The productivity of cereals is also influenced by conditions of emerging period. As the root system of barley is weaker compared to other spring cereals, it is very sensitive to low soil moisture content inhibiting the uptake of plant nutrients from soil which is the basis for high production. In conclusion, for increasing the crop production the main factors are the soil water capacity and plant root system which are essential for the uptake of the plant nutrients. There is need for databases for fertilizer usage as well as for suitability of soils for crops and properties of varieties in order to reduce the risks of weather conditions.

Keywords: fertilization, weather conditions, crop yield

Sissejuhatus

Põllumajandussektori areng sõltub suuresti ka teraviljatoodangust, mille järele nõudlus pidevalt kasvab. Eesti teraviljasektori arengukava aastateks 2014–2020, seab eesmärgiks suurendada teraviljatootmist 1,5 miljoni tonnini aastas ja kahekordistada teraviljaekspordi. Teraviljatoodangu suurendamiseks on aretatud järjest saagikamaid sorte, väljatöötatud tõhusamaid tehnoloogiad, parandatud taimede toitainete kasutamist ja varustamist ning vastupidavust mitmesugustele kahjulikele mõjudele jne. Vaatamata rakendatud meetmetele iseloomustab teraviljakasvatust jätkuvalt madal saagikus ja toiduviljale mittevastav ja ebastabiilne kvaliteet.

Saagikuse suurenemisega kaasneb ka suurem toitainete vajadus, mis seab järjest suuremad nõuded väetiste kasutamisel nende efektiivsusele ja keskkonnoahutusele. Vesi on elu aluseks ja taimedki vajavad eluks palju vett. Taimede produktiivsus sõltub eluks ja arenguks vajalikest toitainetest, mis on taimedele kättesaadavad vee olemasolu korral. Liigvee esinemisel aga võivad taimed toitainetest ka ilma jääda. Seega sõltub taimede poolt väetiste kasutamise efektiivsus palju ka ilmastikutingimustest. Lähtuvalt

Tabel 1. Ilmastik eri vegetatsiooniperioodidel Kuusikul

Näitaja	Periood	Vegetatsiooniperiood					
		Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September
Temp, °C	1994–2003	5,3	10,5	14,9	17,3	15,5	10,0
	2004–2013	4,8	11,1	14,5	17,7	16,2	11,5
	2014	5,6	10,9	13,1	16,8	19,3	11,6
Sademed, mm	1994–2003	46,8	48,8	128,0	121,6	109,4	69,6
	2004–2013	31,6	52,1	72,4	81,3	109,7	69,1
	2014	20	58	91	133	40	35,0

eeltoodust analüüsitakse alljärgnevas töös pikaajalise katse andmete baasil eri teraviljade produktiivsust sõltuvalt väetamisest ja ilmastikutingimustest, et leida edaspidi võimalusi suurendada ja stabiliseerida teraviljasaagikust.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö on koostatud A. Piho (1973) poolt 1965.–1966. a Kuusikul rähkmullale rajatud pikaajalise külvikorra NPK-väetuskatse andmete baasil. Katse on korraldatud 4 NPK- ja 2 sõnniku väetustasemega, mis olid kuni 1993.a neljas korduses ja edasi kahes korduses. Katselapi suurus 7,5 × 7,5 m. Katse külvikord: kartul, hiline oder, varane oder allakülviga, 1. ja 2. a põldhein, talirukis, on rakendatud traditsioonilist, künnipõhist agrotehnikat. Alljärgnevas töös käsitletakse ainult teraviljade saagiandmeid: hiline oder, varane oder allakülviga ja talirukis Kuusiku NPK-katsest ning lisaks talinisu Olustvere NPK-katsest väetamata ja mineraalväetistega maksimaalse saagi andnud variandi saakide kohta. Väetamine: elemendina, kg ha⁻¹: 1. väetusastmel: hiline oder N₃₅P₉K₂₅; varane oder allakülviga N₂₀P₂₆K₃₀; rukis N₄₅P₁₃K₃₀; talinisu N₄₅P₁₃K₃₀. Katses kasutati NPK väetusastmeid: 1, 2, 3, 4, mille numbriline kombinatsioon väljendab 1. astme puhul vastavalt kultuurile ettenähtud väetise koguseid näiteks NPK aste 222 rukki puhul N₄₀P₅₂K₆₀. Ilmastiku andmeid on kasutatud aastaist 1994–2013, 2014 (tabel 1).

Saagiandmete statistilisel töötlemisel leiti mediaan ja varieerumiskoeffitsient (V), standarthälve (sd). Ilmastikuandmete põhjal leiti hüdrotermiline koeffitsient (HTK), mis on arvutatud sademete summa (S) suhtena sama perioodi kümme korda vähendatud õhutemperatuuri summasse (T): $HTK = T \cdot 0,1 / S$. Perioodi loetakse kuivaks, kui HTK võrdub 1,00,6 ning väga kuivaks (põuaseks), kui HTK on 0,5 ja väiksem. Liigniiskuse puhul on HTK väärtus üle 2,0 (Keppart *et al.*, 2009; Põllumajandust ..., 1998).

Tulemused ja arutelu

Pikaajalise katse andmete (tabel 2) analüüsist selgus, et väetamise mõjul suurenes teraviljade saagikus sõltuvalt liigist keskmiselt 1,8–2,3 korda. Võrreldes väetamata variandi saagi ja maksimaalse saagi suhet, siis väetiste efektiivsus oli madalaim hilise odra ja kõrgeim varase odra puhul, järgnes talinisu ja talirukis vaadeldavatest teraviljaliikidest. Vaadeldes aga aasta mõju teraviljade saagikusele, siis selgus, et väetamata foonilt saadud saagid kõikusid olenevalt teraviljaliigist 2,5 korrast hilise odra puhul kuni 4,7 korrani rukki puhul. Väetatud foonil kasvanud eri teraviljade terasaagid varieerusid aga vahemikus 2,3 korrast talirukki puhul kuni 6,4 korrani hilise odra puhul. Toodud and-

metest ilmneb, et hiline oder on väetamise suhtes väikseima efektiivsusega ja suurima sõltuvusega ilmastikust (aastast).

Saagivõime poolest konkureeris hiline oder soodsates tingimustes edukalt taliniga, terasaagid vastavalt 7,7 ja 7,5 t ha⁻¹. Stabiilsema saagikusega olid varane oder ja talirukis. (Talirukist 'Vambo' on kasvatatud katses kogu katseperioodil.)

Jaotades aga saagiaastad headeks ja halbadeks e teraviljadele soodsateks ja ebasoodsateks aastateks, saadi esimesel juhul terasaagid kaalutud keskmise saagist suuremad, olenevalt teraviljaliigist 4,3–5,2 t ha⁻¹ ning teisel juhul väiksemad, s.o 2,8–3,7 t ha⁻¹. Teraviljaliikide keskmine terasaak oli vastavalt 4,9 ja 3,2 t ha⁻¹.

Oder on suviteraviljadest suurima külvipinnaga. Odra iseloomustatakse kui suviteraviljadest kõige lühema kasvuajaga, vähenõudlikku mullastiku, niiskuse ja temperatuuri suhtes (Tamm, 2007). Katseandmetest (tabel 3) ilmneb, et hilise odra võimalikust potentsiaalsest saagist jäi keskmiselt 46% ebasoodsate ilmastikutingimuste tõttu saamata. Samas kodumaise talirukki saagikadu oli vaid 21%. Lähtuvalt ilmastiku olulisusest teraviljade saagi kujunemisel selgitati ilmastikutingimusi, mille puhul teraviljade produktiivsus oli kõrgem. Saaki mõjutavad nii temperatuur ja sademed kui ka nende koosmõju. Üks sobiv näitaja ilmastikutingimuste iseloomustamiseks on hüdrotermiline koefitsient (HTK). Joonisel 1 on toodud teraviljade produktiivsusele soodsad ja ebasoodsad ning eri kasvuperioodide HTK-d. Võrreldes teraviljadele ebasoodsa ja soodsa vegetatsiooniperioodi HTK-d kahe viimase aastakümne omaga näeme, et viimane aastakümne (2004–2013) oli teraviljadele eelnevast aastakümnest soodsam. Teraviljade

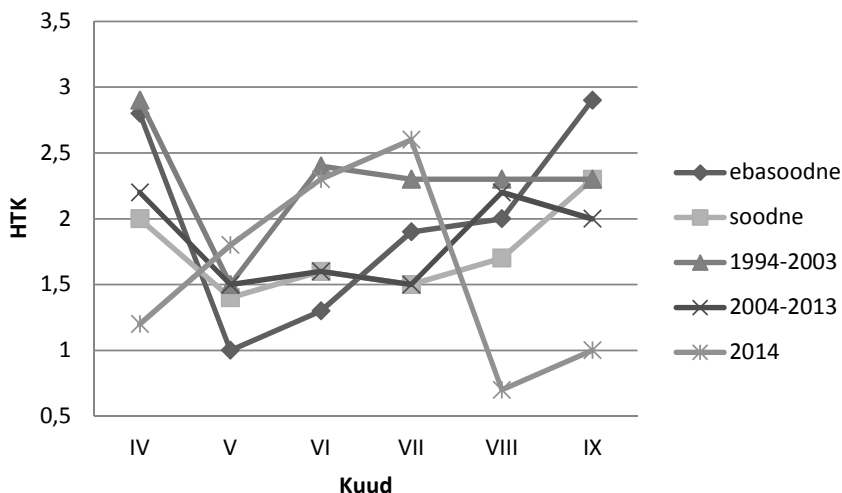
Tabel 2. Teraviljade produktiivsus sõltuvalt väetamisest ja aastast

Teravili	NPK- väetuste	Saak, t ha ⁻¹ Max-min // median*	V, % // sd	Väetuse mõju, koef	Aasta mõju, koef
Hiline oder (N=23)	N ₀ P ₀ K ₀	2,0 0,8 // 1,9	28,4//0,6		2,5
	N ₁₀₅ P ₂₇ K ₇₅	7,7 1,2 // 3,5	37,5/1,4	1,8	6,4
Varane oder (allak.) (N=22)	N ₀ P ₀ K ₀	2,0 0,5 // 1,5	28,3//0,4		4,0
	N ₈₀ P ₇₈ K ₉₀	6,1 2,0 // 3,4	24,2//0,9	2,3	3,1
Talirukis (N=18)	N ₀ P ₀ K ₀	3,3 0,7 // 2,0	47,2//0,8		4,7
	N ₁₃₅ P ₃₉ K ₉₀	6,4 2,8 // 3,9	31,2//0,8	2,0	2,3
Talinisu (N=13)	N ₀ P ₀ K ₀	2,7 0,9 // 2,1	32,6//-		3,0
	N ₁₃₅ P ₃₉ K ₉₀	7,5 1,6 // 4,6	34,7//-	2,1	5,8

*Max-min// maksimaalne, minimaalne; V – variatsioonikordaja, sd – standarthälve.

Tabel 3. Teraviljade saagikus ja saagikadu sõltuvalt ilmastikutingimustest

Teravili	Saak, t ha ⁻¹ , erinevates ilmastikutingimustes		Saagikadu, %
	Soodsad	Ebasoodsad	
Hiline oder (N=23)	5,2	2,8	46
Varane oder (allak.) (N=22)	4,3	3,0	30
Talirukis (N=18)	4,7	3,7	21
Talinisu (N=13)	5,2	3,2	38



Joonis 1. Hüdrotermilised koefitsiendid kasvuperioodil ja nende sobivus teraviljadele

kasvuks ja arenguks oli soodne HTK vahemikus 1,5–2, enamasti oli see 1,5. Ilmastiku mõju hindamine on küllaltki komplitseeritud. Varasemas uurimistöös (Piho *et al.*, 1969) on leitud pikaajaliste andmete põhjal, et mida jahedam, pilvisem ja vihasem on kõrsu- misest loomiseni, s.o juunis ja juuli alguses, seda parem on odrasaak.

Üldjoontes kehtib see seaduspärasus koos eranditega ka aastakümneid hiljemgi. Võrreldes aastakümneid 1994–2003 ja 2004–2013 ilmneb, et esimese kümnendi juuni- ja juulikuud iseloomustas liigniiskus, HTK väärtus üle 2. Järgneval aastakümnel sadas märksa vähem (1994–2003: vastavalt 128 ja 122 mm ning 2004–2013: 72 ja 81 mm), samal ajal temperatuur väga ei erinenud. Hilise odra suurim 10. a keskmine terasaak – 5,1 t ha⁻¹ – saadi 3. väetustasemel aga just märksa kuivema juuni-juulikuuga aastakümnen- dil (määrjema 4,8 t ha⁻¹), millest järeldub, et teraviljadele loob soodsad kasvutingimused teatud hulk sademeid. Liigniisked juuni-juuli võivad aga põhjustada saagilanguse, mis võib olla tingitud toitainete nappusest saagi moodustumise kriitilisel perioodil.

Sademetest ja temperatuurist sõltub mullaniiskus, millest omakorda sõltub toitai- nete omastatavus taimede poolt või nende eemaldumine liigvetega mullast.

Võrreldes aga eelnenud aastakümneid 2014. a ilmastiku andmetega, kus juuni- ja juulikuu HTK-d osutusid teraviljadele ebasoodsateks (loodetavasti Kuusiku ilm ei eri- nenud väga palju vabariigi keskmisest), saadi sellele vaatamata siiski vabariigi kõigi aegade parim teraviljasaak. Ilmselt tasakaalustas niiskema ja jahedama perioodi eba- soodsama mõju järgnev kuiv ja soe periood. Pikema ajaperioodi tulemusi analüüsid il- mnes, et teraviljade produktsioonile ebasoodsaks osutusid aastad, mil sademeterohkele aprillikuule järgnesid kuiv mai- ja juunikuu, HTK alla 1,5. Teraviljade produktsioo- nile oli soodsaks HTK väärtuseks vegetatsiooniperioodi keskmisena 1,6, mille puhul realiseerus vastavalt taimedele loodud agrotehnilistes tingimustes keskmisest suurem terasaak. Eriti hästi sobis odrale 2014. a jahedam ja niiskem juunikuu, mis soodustas võrsumist ning toitainete lahustuvust ja omastatavust taimede poolt. Taimede tugev võr- sumine eeldab ka tugevat toitainetevaru mullas produktiivvõrsete arenguks, vastasel juhul võib saak jääda kesisemakski väetamata taimede omast.

Teraviljakogutoodangu suurendamine vajab nii suuremaid väetisekoguseid kui ka paremat väetiste efektiivsust. Ainuüksi ebasoodsatest ilmastikutingimustest põhjustatud üle 1/3 saagikaoga lähevad kaotsi ka plaanitava saagi jaoks muldaviidud toitained. Toitainete piisavaks omastamiseks on taimedele vajalik, et muld sisaldaks küllaldaselt vett. Mulla olulisemaks hüdrofüüsikaliseks näitajaks on väliveemahutavus. Mulla väliveemahutavus tingib nii erineva agrotehnika kui ka sortide valikut vastavalt veenõudlusele (Kitse, 1978; Roostalu, 2012). Taimejuurte levikust sõltub veekättesaadavus. Taimed oma jõulise ja ulatusliku juurestikuga saavad saagi moodustamiseks haarata vett ja toitaineid suuremalt pinnalt ja on ühtlasi vastupidavamad ilmastikuoludele (Haller, 1969; Merrill *et al.*, 2002; Dempewolf *et al.*, 2014). Teraviljadele ebasoodsamaiks perioodiks on veevaene kasvualgperiood, suviviljadele mai ja juuni ning taliviljadele august-september. E. Haller (1969) on oma uurimistöodes märkinud, et põllukultuuride saagikus sõltub juba idanemisaegsest vee-, õhu- ja toiterežiimist.

Vabariigi teravilja külvipinnast moodustavad orienteeruvalt oder 40% ja nisu 46% ning teraviljatoodang on vastavalt 39% ja 51% (Eesti ..., 2014). Oder on seega üks oluline teraviljakultuur, mille saagikus mõjutab teravilja kogutoodangut. Odra suhteliselt väike juurestik raskendab taimedel vee- ja toitainete nappuses toime tulla saagipotentsiaali realiseerimisega. Taimede võimsam, laiahaardelisem juurestik ja muldade suurem veemahutavus leevendaksid ilmastiku negatiivset mõju, mis omakorda võimaldaks paremini realiseerida saagivõimet. Teisalt on tähtis ka mulla filtratsioon liigvee kõrvaldamisel. Nii mulla veemahutavus kui ka filtratsioon sõltub suure osas mulla lõimisest, poorsusest, struktuursusest. Peale eeltoodu on muidugi palju teisigi saagikust mõjutavaid tegureid. Teravilja külvipinna struktuuri määrab paljuski turg. Meie põllumuldi iseloomustab väga erinev sobivus teraviljakasvatuseks. R. Kõlli (1994) uurimistöö andmebaas muldade kasutussobivusest põllukultuuridele võimaldab riski vähendamiseks valida eriteraviljaliikidele paremini sobivaid muldi.

Seega on info põllumulla veeläbilaskvuse jt omaduste kohta ja nende teadmistega arvestamine põllul toimetamisel samatähtis kui info näiteks mullatoitainetesisalduse kohta. Andmete paljusus teeb nendega töötamise keeruliseks, kuid infotehnoloogia areng ja selle üha suurem rakendamine põllumajanduses võimaldab kasutada üha suuremaid andmebaase, mille abil efektiivsemalt ja keskkonnasõbralikumalt majandada.

Kokkuvõte

Pikaajalise väetuskatse tulemustest selgus, et teraviljade saagikust mõjutasid ilmastikutingimused väetamisest oluliselt enam. Kui väetamise mõjul suurenes terasaak olenevalt teraviljaliigist 1,8–2,3 korda, siis ilmastiku mõjul erinesid väetatud teraviljade saagid 2,3–6,4 korda. Vaadeldavatest teraviljadest oli saagi varieeruvus suurem odral, väiksem rukkil. Teraviljadele sobisid paremini vegetatsiooniperioodid, millede HTK oli 1,6 piires. Teraviljadele ebasoodsamad olid sademetevaene mai- ja juunikuu, mille suhtes on eriti tundlikud suviteraviljad, eriti oder

Tänuavaldus

Tänuõnad kuuluvad eelkõige varalahkunud põllumajandusteaduste doktorile Arnold Pihole (1924–1978) kui katse autorile, Põllumajandusuuringute Keskuse Kuusiku katsekeskuse agronoomile magister Madis Häuslerile pikaajalise töö eest katse korraldamisel ning kõigile neile, kes on abiks olnud.

Kasutatud kirjandus

- Dempewolf, H., Eastwood, R., Guarino, L., Khoury, C.K., Müller, J.K., Toll, J., 2014. Adapting Agriculture to Climate Change: A Global Initiative to Collect, Conserve, and Use Crop Wild Relatives. – *Agroecology and Sustainable Food Systems* **38** (4), 369–377.
- Eesti ..., 2014. Eesti teraviljasektori arengukava aastateks 2014–2020. 17.11.2014.
- Haller, E., 1969. *Idanemiskeskonna mõju põllukultuuride saagile*. Tallinn, 276 lk.
- Keppart, L., Tammets, T., Loodla, T., 2009. Kuivade ja liigniiskete kuude statistikast Jõgeva põldudel viimase 45 aasta andmetel. – *Agronoomia* 2009, 236–241.
- Kitse, E., 1978. *Mullavesi*. Tallinn, 140 lk.
- Kõlli, R., 1994. *Muldade kasutusobivus ja agrorühmad*. Tartu, 85 lk.
- Merrill, S. D., D. L. Tanaka, and J. D. Hanson. 2002. Root length growth of eight crop species in Haplustollsoils. – *Soil Science Society of America Journal*. **66**, 913–923.
- Piho, A., Kүүts, H., Int, L., 1969. Odrasaagi ja ilmade vaheline seos. – *Sotsialistlik Põllumajandus* **9**.
- Piho, A., 1973. Väetiste kasutamise mullastikulised tingimused, efektiivsus põllukultuuride väetamisel ning mineraalväetiste jaotamine külvikorras Eesti NSV-s. Dissertatsioon pm. dr teadusliku kraadi taotlemiseks.
- Põllumajandust kahjustavad ilmastikunähtused 1998. (Koost K. Kivi). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut Meteoroloogiakeskus, lk 10–20.
- Roostalu, H. 2012. Mullavesi ja mulla hüdrofüüsikalised omadused. – *Mullateadus. Toim.* A. Astover, Tartu, 486 lk.
- Tamm, Ü., 2007. Odra omadused, kasvatamise iseärasused ja enamlevinud sordid. Millest sõltub teravilja saagikus. Jõgeva, lk 26–35.

Efektiiivsete mikroorganismide mõju põldherne saagile ning selle lämmastiku- ja magneesiumisisaldusele

Margit Olle, Lea Narits

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Olle, M., Narits, L. 2015. The impact of effective microorganisms on the yield and the contents of nitrogen and magnesium of pea. – Agronomy 2015.

Effective microorganisms (EM) comprise a mixture of live cultures of microorganisms isolated from fertile soils in nature that are useful during crop production. The aim of present investigation was to evaluate the effect of EM on the yield and the contents of nitrogen and magnesium in peas. There were two treatments: 1. with EM; 2. without EM (water; control). The yield of peas increased by 43% in EM variant. The contents of nitrogen and magnesium were higher in EM variant after harvest. Conclusion: effective microorganisms increased the yield and improved the chemical content of peas.

Keywords: effective microorganisms, magnesium, nitrogen, pea, yield

Sissejuhatus

Efektiiivsed mikroorganismid (EM) on elavate mikroorganismide segu, mis on isoleeritud viljakatest muldadest loodusest ja mis on kasulikud taimekasvatustes. EM-i printsiip on tõsta mulla mikrofloora bioloogilist mitmekesisust, mis aitab omakorda tõsta saaki (Olle, Williams, 2013). EM on segu kasulikest looduses olevatest mikroorganismidest, nagu fotosünteesilised bakterid (*Rhodospseudomonas palustris* ja *Rhodobacter sphaeroides*), laktobatsillid (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, ja *Streptococcus lactis*), pärmid (*Saccharomyces* spp.) ja aktinomütseedid (*Streptomyces* spp.). EM-i tehnoloogia töötas Jaapanis 1970ndatel välja Tero Higa (Olle, 2013a, b). EM: 1) vähendavad taime patogeene ja haigusi, 2) lahustavad pinnase mineraale, 3) fikseerivad bioloogilist lämmastikku (Olle, 2014a, b).

EM inokuleeritakse mulda, et luua taime tervisele ja kasvule soodne keskkond. EM mõjutab muld-taim ökosüsteemi ja aitab maha suruda taime patogeene ja haigusi ning lahustada mulla mineraale. EM on kasulik energia säästmisel, mulla mikroobiokoosluse ökoloogilise tasakaalu säilitamisel, fotosünteesi efektiivsuse suurendamisel ja bioloogilise lämmastiku omastamise parandamisel (Olle, Williams, 2013). Siqueira *et al.* (2012) leidsid, et EM-i mõju on sarnane mõnede mahevätiste kasutamise mõjuga.

Uurimistö eesmärk oli välja selgitada, kuidas mõjutab EM põldherne saagikust ja kvaliteeti.

Materjal ja meetodika

Katse tehti Eesti Taimekasvatuse Instituudis 2014. aasta kevadel ja suvel. Katsetati põldherne (*Pisum sativum*) sorti 'Mehis'. Katseala geograafilised koordinaadid: N 58°769' E 26°400'. Katsealal oli näivleeturud muld.

Väetamine enne külvi kahe kultiveerimise vahel: Yara Mila 7-12-25 (300 kg ha⁻¹). Seemned külvati 28. aprillil külvinormiga 120 idanevat seemet m² kohta.

Katses oli kaks varianti: 1) EM, 2) kontroll. EM-iga katsevariandi taimed pritsiti 1:500 lahjendusega aktiveeritud EM-iga lahusega 21. maist alates nädalaste vahedega kuni 25. juunini. Kontrollvariandi taimi pritsiti samadel aegadel veega.

Põldherne neljanda pärislehe staadiumis tehti katsealal umbrohutõrjet järgmiste preparaatidega: Activus 330EC 1,5 L ha⁻¹ ja Basagran 480 1,5 L ha⁻¹. Katselapi suurus oli 10 m². Katse tehti neljas korduses.

Saak koristati 11. augustil. Saagist määrati järgmiste keemiliste elementide sisaldused: lämmastiku- ja magneesiumisisaldus. Lämmastiku määramiseks oli kuivaine algkaalutis 0,5 g ja magneesiumi määramiseks oli kuivaine algkaalutis 0,4 g. Andmed töödeldi programmiga Excel 2010. Leiti keskmine, standardhälve ja p väärtus.

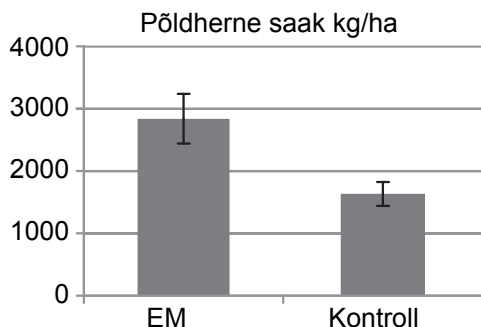
Kasutatud tähised: *** $p < 0,001$; ** $p = 0,001-0,01$; * $p = 0,01-0,05$; NS mitte-usutav, $p > 0,05$.

Tulemused

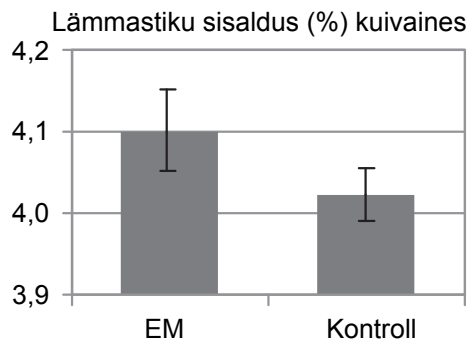
Põldherne saak oli märgatavalt suurem EM-iga katsevariandis (joonis 1). Põldherne saak oli 43% suurem EM-iga variandis võrreldes kontrolliga.

Lämmastikuisaldus oli statistiliselt usutavalt suurem EM-iga variandis võrreldes kontrolliga (joonis 2). Lämmastikuisaldus oli EM-iga variandis 2% suurem võrreldes kontrollvariandiga.

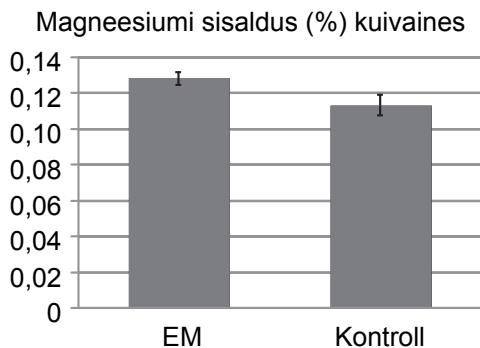
Magneesiumisisaldus oli statistiliselt usutavalt suurem EM-iga variandis võrreldes kontrolliga (joonis 3). Magneesiumisisaldus oli EM-iga variandis 12% suurem võrreldes kontrollvariandiga.



Joonis 1. Põldherne saak (kg ha⁻¹, **), variandid: EM ja kontroll. Joonisel on tulpade peal näidatud standardhälve.



Joonis 2. Lämmastiku sisaldus (%), (*) kuivaines, variandid: EM ja kontroll. Joonisel on tulpade peal näidatud standardhälve.



Joonis 3. Magneesiumi sisaldus (%), (***) kuivaines, variandid: EM ja kontroll. Joonisel on tulpade peal näidatud standardhälve.

Arutelu

Paljude katsete tulemusi kokku võtvas kirjandusülevaate artiklis tõdeti, et EM mõjus uuritud köögiviljakultuuridele saaki tõstvalt (Olle, Williams, 2013). Seega oli otstarbekas seda preparaati kasutada ka hernel. Kaalikaasaak suurenes 27% võrra ja söögipeedis- saak suurenes 31% võrra EM-iga variandis võrreldes EM-ita variandiga (Olle, 2013a). Yadav (2012) pritsis redisetaimi EM-iga lahusega (1:500 lahjendus) ja sai 70,5% rohkem saaki EM-iga töödeldud variandist võrreldes kontrollvariandiga. Saagi suurene- mine võib olla põhjustatud asjaolust, et taime mulla ökosüsteemis olev EM aitab lahus- tada mulla mineraale ja siduda bioloogilist lämmastikku (Subadiyasa, 1997).

2014. aasta taimede kasvuperioodi iseloomustab suhteliselt külm kevad ning soe ja paraja niiskusega suvi. Suhteliselt jaheda ilma tõttu oli taimede arengutsüklkel mai lõpus mitme nädala võrra tavalisest maha jäänud ja peamiselt seetõttu koristati saak alles 11. augustil.

Magneesiumisisaldus oli kõrgem EM-iga katsevariandis. Kirjandusest on teada, et EM-iga pritsimine suurendas roosisubstraadi magneesiumisisaldust poole võrra (Gorski, Kleiber, 2010). Seega võib oletada, et taimi EM-iga pritsides tõuseb ka mulla magnee- siumisisaldus ning taim omastab rohkem magneesiumi.

Kokkuvõte

Põldherne saak oli suurem efektiivsete mikroorganismidega variandis võrreldes kont- rolliga. Lämmastiku- ja magneesiumisisaldused olid suuremad efektiivsete mikroorga- nismidega variandis võrreldes kontrolliga.

Tänuõnad

Katsed tehti projekti EUROLEGUME raames, mida rahastab EL 7RP grant nr 613781.

Kasutatud kirjandus

- Gorski, R., Kleiber, T. 2010. Effect of Effective Microorganisms (EM) on nutrient contents in substrate and development and yielding of rose (*Rosa x hybrida*) and gerbera (*Gerbera jamesonii*). – *Ecological Chemistry and Engineering* **17**(4), 505–513.
- Olle, M. 2013a. Efektiivsete mikroorganismide mõju köögiviljade saagile, kvaliteedile ja säilivu- sele. – *Aiandusfoorum 2013*, lk 10–13.
- Olle, M. 2013b. Efektiivsete mikroorganismide mõju kaalika saagile, keemilisele koostisele ja säilivusele. – *Agronoomia 2013*, 174–178.
- Olle, M. 2014a. Efektiivsed mikroorganismid mõjutavad positiivselt istikute kasvu. – *Postimees Maaelu edendaja* **2/6**, lk 24–24.
- Olle, M. 2014b. Efektiivsete mikroorganismide mõju tomati istikute kasvule. – *Põllumajandus- teaduselt tootjatele*. Jõgeva, Rebellis, lk 100–103.
- Olle, M., Williams, I. H. 2013. Effective microorganisms and their influence on vegetable pro- duction – a review. – *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **88** (4), 380–386.
- Siqueira, M. F. B., Sudré, C. P., Almeida, L. H., Pegorer, A. P. R., Akiba, F. 2012. Influence Of Effective Microorganisms on Seed Germination and Plantlet Vigor of Selected Crops. Kätte- saadav: <http://www.teraganix.com/category-s/1171.htm>
- 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 Se- lected Vegetables. Kättesaadav: <http://www.futuretechtoday.com/em/background.htm>

Väetamise mõju esimese kasutusaasta punase ristiku ja kõrreliste rohuma saagile

Henn Raave, Karin Kauer, Indrek Keres, Argaadi Parol, Mailiis Tampere, Rein Viiralt

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Peep Pitk

Tallinna Tehnikaülikooli keemiainstituut

Abstract. Raave, H., Kauer, K., Keres, I., Parol, A., Tampere, M., Viiralt, R., Pitk, P. 2015. Influence of fertilization on the yield of first year grassland consisting of red clover and grasses. – *Agronomy* 2015.

Since the enactment of the change in Water act from 1 July 2014 the maximum permitted application amount of phosphorous with organic fertilizer is 25 kg per hectare in a year. It may increase the farmer's interest in digestate because compared to untreated slurry its content of $\text{NH}_4\text{-N}$ per unit of P is higher. In 2014 an experiment was conducted on the field of Tartu Agro with the aim to compare the effect of mineral fertilizer, cattle slurry and cattle slurry digestate on the grassland biomass yield. Both organic fertilizer application amounts corresponded to the P rate of 25 kg ha⁻¹. The amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ applied with the cattle slurry and its digestate was 64.5 and 80.1 kg ha⁻¹ respectively. Nitrogen amount applied with mineral fertilizer was 80 kg N ha⁻¹ yr⁻¹. Our experiment showed that the fertilization efficiency of cattle slurry and cattle slurry digestate on grassland biomass yield was similar and in both cases it was smaller compared to mineral fertilizer.

Keywords: digestate, cattle slurry, fertilizer, grassland biomass yield, red-clover grass

Sissejuhatus

Eestis on üha rohkem loomafarme, kus kasutatakse vedelsõnnikutehnoloogiat. R. Vetti, K. Tamme (2011) andmetel moodustas vedelsõnnik aastatel 2008–2009 põllumajandusettevõtetes käideldavast sõnnikust veisekasvatuses 61% ja seakasvatuses 92%. Vedelsõnnikukogus, mis Eestis aasta kohta tekib, on hinnanguliselt üle 1,3 miljoni tonni (Viil, 2010).

Vedelsõnnik on eelkõige tuntud kui toitainerikas kohalik väetis, mis sobib mineraalväetise asemel põllukultuuride väetamiseks. Hiljuti hakati seda kasutama ka toorainena biogaasijaamades, kus sellest toodetakse anaeroobse kääritusprotsessi käigus biogaasi, millest omakorda toodetakse soojus- ja elektrienergiat. Praegu töötab Eestis viis vedelsõnnikut toorainena kasutavat biogaasijaama, kuid arvestades olemasolevat vedelsõnnikuressurssi võiks nende arv olla märksa suurem. Üheks biogaasisektori senise arengu takistuseks on olnud põllumeeste umbusk kääritusjäägi vastu: ei olda kindlad, kas selle väetusväärts on vedelsõnnikuga võrdväärne. On teada, et vedelsõnnikuga võrreldes on kääritusjäägis palju rohkem mineraalset N-i (Goberna *et al.*, 2011) ja taimedele kergesti omastatavat $\text{NH}_4\text{-N}$ -i, mis võib moodustada kogulämmastikust 60–80% (Mákadi *et al.*, 2012). Negatiivse poole pealt on nimetatud 11–38% väiksemat (Menardo *et al.*, 2011) orgaanilise aine sisaldust, mistõttu kardetakse, et mulla süsinikuväetamiseks sobib kääritusjääk vedelsõnnikust vähem.

Orgaanilise väetise kasutamise regulatsiooni on Eestis viimasel aastal oluliselt muudetud. 1. juulil 2014 jõustus veeseaduse muudatus, mis lubab orgaanilise väetisega anda aastas põllumaa ühele hektarile maksimaalselt 25 kg fosforit (veeseaduse muutmise seadus). Kui seni on põllumeeste suhtumine kääritusjääki olnud kahtlev, siis see

seadusemuudatus peaks kääritusjäägi vastu huvi suurendama, sest töötlemata vedelsõnnikuga võrreldes on kääritusjäägis $\text{NH}_4\text{-N}$ -i sisaldus P ühiku kohta suurem, mis võimaldab sama P normiga viia mulda rohkem taimedele kergesti omastatavat lämmastikku.

Uurimistöö eesmärk oli võrrelda mineraalväetise, veisevedelsõnniku ja veisevedelsõnnikul baseeruva biogaasijaama kääritusjäägi mõju tootmistingimustes.

Metoodika

Katse rajati 2014. aasta aprillis Ilmatsalus AS-i Tartu Agro esimese aasta põldheina põllule (34 ha). Põllu rajamiseks oli kasutatud seemneseugu, mis koosnes punasest ristikut (*Trifolium pratense* L.) 'Jõgeva 433', 25%, põldtimutist (*Phleum pratense* L.) 'Tika', 30%, harilikust aruheinast (*Festuca pratensis* Huds.) 'Arni', 30% ja karjamaa raiheinast (*Lolium perenne* L.) 'Raite', 15%. Katses oli neli väetusvarianti: kontroll (väetamata), veisevedelsõnnik (edaspidi vedelsõnnik), veisevedelsõnniku kääritusjääk (edaspidi kääritusjääk) ja mineraalväetis. Kõik katsevariandid olid neljas korduses.

Ühe korduse laiuseks oli laoturi kahe töökäigu laius, mis orgaanilise väetise laoturil oli 16,8 m ja mineraalväetise külvikul 48 m. Kontrollvariandi üks kordus oli 6 m lai. Kõik kordused olid ca 600 m pikad, ulatudes ühest põlluservast teise. Iga korduse sisse märgiti neli 2×7 m katselappi, millelt toimus saagiarvestus ja kust koguti proovid taimiku botaanilise koosseisu ja rohu kuivaine sisalduse määramiseks. Ühe väetusvariandi saagiarvestus toimus kokku 16 lapilt. Orgaaniliste väetiste normid arvatati nende väetiste keskmise fosforisisalduse põhjal. Eesmärgiks oli mõlema väetisega anda aastas mulda 25 kg fosforit. Tegelikult mulda antud fosfori koguse selgitamiseks võeti igal väetuskorral mõlemast väetisest proov, mis laboris analüüsiti. Orgaanilised väetised viidi taimikusse lägalaoturiga Challenger Terra Gator 2244. Mineraalväetist anti normiga 80 kg N ha^{-1} taimiku pinnale. Väetisena kasutati Venemaal toodetud väetist NP33-3. Kõik väetised anti kolmes võrdses osas: kevadel enne rohukasvu algust ning pärast I ja II niidet. Väetistega mulda antud kuivaine, orgaanilise aine ning N-i ja P kogus on toodud tabelis 1. Esimene niide toimus punase ristiku õitsemisfaasi alguses. I ja II ning II ja III niite vahe oli vastavalt 39 ja 53 päeva. Saak niideti katsekombainiga Haldrup kõigilt lappidelt $10,5 \text{ m}^2$ suuruselt pinnalt. Vahetult enne niitmist võeti kõigilt kordustelt nelja lapi kohta üks ca 1 kg raskune proov taimiku botaanilise koosseisu ja eraldi proov rohu kuivaine sisalduse määramiseks. Taimiku botaaniline koosseis ja rohu kuivaine sisaldus määrati vastavalt Eestis üldkasutatavale metoodikale. Saagiandmete statistiliseks analüüsiks kasutati programmi STATISTICA 12 (*StatSoft, Inc.*, USA 2014). Katsevariantide erinevuse usutavust tasemel $p < 0,05$ hinnati Fisher LSD testiga.

Tulemused

Esimese niite ajal koristatud haljasmassisaak väetusvariantidel ei erinenud ($p > 0,05$). Kuivainesisaldus oli kõige kõrgem mineraalväetise (11,7%) ja väiksem kääritusjäägiga väetatud variandi saagis (10,8%). Suurema kuivainesisalduse tõttu oli kuivainesisaak kõige suurem ($p < 0,05$) mineraalväetisega väetatud variandis (tabel 3). Vedelsõnniku, kääritusjäägi ja kontrollvariandi kuivainesaagid ei erinenud ($p > 0,05$). Mineraalväetisega väetatud variandis oli teistega võrreldes usutavalt kõrgem kõrreliste osasaak (tabel 4). Samuti oli seal suur punase ristiku osasaak, mis jäi alla ainult kontrollvariandi saagile. Vedelsõnniku ja kääritusjäägiga väetatud variantides olid punase ristiku ja kõrreliste osasaagid sarnased.

Tabel 1. Väetistega mulda antud kuivaine, orgaanilise aine ning N-i ja P kogus

Väeta- mine	Väetisega antud kogus, kg ha ⁻¹					
	Väetise kogus	Kuivaine	Orgaaniline aine	NH ₄ -N	Kogu N	P
Vedelsõnnik						
1	10 000	972	810,4	23,9	44,8	8,3
2	10 000	914	753,7	19,1	40,6	8,3
3	10 000	1053	868,7	21,5	39,2	8,3
Kokku	30 000	2939	2432,8	64,5	124,6	24,9
Kääritusjääk						
1	9600	408	280,9	25,9	38,9	6,9
2	9600	673	495,2	27,8	41,6	9,7
3	9600	523	392,4	26,4	39,5	6,2
Kokku	28 800	1604	1168,5	80,1	120	22,8
Mineraalväetis						
1	80	-	-	-	26,4	1,06
2	80	-	-	-	26,4	1,06
3	80	-	-	-	26,4	1,06
Kokku	240	-	-	-	79,2	3,18

Tabel 2. Ilmastikutingimused rohukasvuperioodil (Eerika ilmajaama andmed)

Rohukasvuperiood ¹	Sademete summa, mm	Keskmine õhutemperatuur, °C
I (9.04–3.06)	118	10,6
II (9.06–12.07)	109	13,7
III (23.07–3.09)	130	17,7

¹ Väetise andmisest kuni saagi koristamiseni.

Tabel 3. Punase ristiku ja kõrreliste taimiku saagid erinevate väetiste foonil

Väetis	Saak, t KA ha ⁻¹			
	Niide			I–III niide kokku
	I	II	III	
Väetamata (kontroll)	3,93 ^{a1}	3,98 ^a	2,17 ^c	10,08 ^{ab}
Mineraalväetis	4,45 ^b	3,77 ^a	2,11 ^{bc}	10,33 ^b
Vedelsõnnik	3,86 ^a	3,67 ^a	1,88 ^{ab}	9,41 ^a
Kääritusjääk	3,87 ^a	3,85 ^a	1,82 ^a	9,54 ^a

¹ Veerus erineva tähega tähistatud saagid on statistiliselt olulisuse nivool $p < 0,05$ erinevad.

Tabel 4. Väetise mõju punase ristiku, kõrreliste ja mittekülvatud liikide osasaagile I, II ja III niite saagis, t KA ha⁻¹

Väetis	Punane ristik			Kõrrelistes			Mittekülvatud liigid		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Väetamata (kontroll)	2,83	2,58	1,73	0,95	1,2	0,42	0,15	0,2	0,02
Mineraalväetis	2,71	2,0	1,02	1,6	1,65	1,04	0,14	0,12	0,05
Vedelsõnnik	2,4	2,32	1,26	1,17	1,14	0,55	0,29	0,21	0,07
Kääritusjääk	2,56	2,1	1,14	1,17	1,54	0,66	0,14	0,21	0,02

Teise niite haljasmassi- ja kuivainesaagid katsevariantidel ei erinenud. Kuivainesisaldus oli kõige suurem ($p < 0,05$) kontrollvariandi saagis (17,5%). Väetatud variantide saagis oli see vahemikus 16,3–16,9%. Kõige madalam oli kuivainesisaldus kääritusjäagi ning kõrgem mineraalväetisega väetatud variandis. Teise niite ajal oli punase ristiku osasaak kõige suurem kontrollvariandis ning väiksem mineraalväetise ja kääritusjäagiga väetatud variandis. Kõrreliste osasaak oli vastupidiselt punasele ristikule suurim mineraalväetise ja kääritusjäagiga väetatud variandis.

Kolmanda niite haljasmassi saak väetamisest ja väetisest ei olenenud ($p > 0,05$), kuid sarnaselt esimese kahe niitega erinesid saagid kuivainesisalduse poolest ($p < 0,05$). Kõige kõrgem oli see mineraalväetise (16,8%) ja madalam kääritusjäagiga väetatud variandi saagis (14,8%). Vedelsõnnikuga väetatud ja kontrollvariandi saagis oli kuivainet vastavalt 15,1% ja 15,8%. Kuivainesaak oli III niite ajal kõige suurem kontrollvariandis ja madalam variandis, kus väetiseks oli kääritusjääk ($p < 0,05$). Väetiste mõju punase ristiku ja kõrreliste osasaagile oli III niite ajal sarnane II niitega.

Kolme niitega kokku saadi suurim kuivainesaak mineraalväetisega väetatud variandis. Sellega võrreldes oli saak väiksem ($p < 0,05$) kääritusjäagi ja vedelsõnnikuga väetatud variandis. Ka kontrollvariandis oli saak mineraalväetist saanud variandiga võrreldes väiksem, kuid see erinevus ei olnud statistiliselt oluline.

Arutelu

J. Walsh *et al.* (2012) uurimistööst näitas, et kääritusjäagi mõju on rohumaal väetisena vedelsõnnikust ja mineraalväetisest suurem. Meie katse andis mineraalväetisega võrdluses erineva tulemuse. Katsest selgus samuti, et võrreldes kontrollvariandiga oli ka mineraalväetise mõju katses väike, mille põhjuseks võib olla suur punase ristiku osakaal taimikus ja arvatavasti ka kõrge toitainete sisaldus katsepõllu mullas. Artikli kirjutamise ajaks ei olnud mullaproovid veel analüüsitud.

Väetamine mõjutas taimiku agrobioloogiliste rühmade saagikust. Kõigis väetist saanud variantides vähenes kontrollvariandiga võrreldes punase ristiku ja suurenes kõrreliste osasaak, mis tuleneb nende liikide erinevast N-i tarbest. Kõige suuremad olid muutused mineraalväetise ja kõige väiksemad vedelsõnnikuvandis. See on korrelatsiooniliselt nende väetistega mulda antud taimedele kergesti omastatava N-i kogusega, mida oli mineraalväetise puhul ca 15 kg rohkem.

Mineraalväetis osutus meie katses paremaks väetiseks ka võrreldes kääritusjäagiga, kuigi mulda antud N-i kogused nende väetiste puhul ei erinenud. Selle põhjused ei ole

päris selged. Mõlema väetise mõju oli punase ristiku osasaagile sarnane, kuid kõrreliste – eriti just karjamaa raiheina osasaak – oli mineraalväetise foonil märgatavalt suurem. Eriti avaldus see I ja III niite ajal, millele eelnenud rohukasvuperioodid olid II niitega võrreldes niiskemad. Teise niite ajal oli kõrreliste osasaak kõrge ka kääritusjäädiga väetatud taimikus, mis osutab võimalusele, et kääritusjääd annab suurema efekti just kuivematel kasvuperioodidel.

Kääritusjääd mõju võis mineraalväetisest olla väiksem ka taimiku vigastuste tõttu, mis väetise taimikusse viimisel tekkisid. M.A. Halling ja L. Rodhe (2010) võrdlesid erinevaid orgaanilise väetiste laotamise tehnoloogiaid ja leidsid, et orgaanilise väetise taimikusse andmisel väheneb nii N-i efektiivsus kui ka rohusaak. Eriti avaldus see nende katses kevadel antud väetiste puhul. Suvel oli negatiivne mõju väiksem. Edaspidises uurimistöös tuleks sellele probleemile pöörata tähelepanu ja võrrelda rohumaa omavahel erinevaid orgaanilise väetise laotustehnoloogiaid, andmise aegu ja samuti väetusskeeme, kus kasvuperioodil antakse orgaanilist väetist kombineerituna mineraalväetisega.

Meie tulemustest selgus veel, et väetamine mõjutas saagi kuivainesisaldust, millel oli usutav mõju kuivainesaagi kujunemisele. Saagi kuivainesisaldus sõltus usutavalt ($p < 0,05$) karjamaa raiheina osasaagist taimikus (tulemusi ei ole esitatud), mis on seletatav karjamaa raiheina teistest liikidest kiirema arenguga. Mõju avaldas ka punase ristiku arengufaas saagi koristamise ajal ja sisaldus taimikus. Kõigi niidete ajal punane ristik õitses, mistõttu oli ka selle liigi maapealse biomassi kuivainesisaldus kõrge.

Kokkuvõte

Artiklis kirjeldatud omadustega kääritusjääd ja vedelsõnniku mõju on rohumaa väetisena sarnane, kuid võrreldes mineraalväetisega oli see kirjeldatud katsetingimustes mõlemal juhul usutavalt väiksem. Mineraalväetise ja orgaaniliste väetiste erinevus seisnes mõjus kõrreliste osasaagile, mis oli kääritusjäädiga ja vedelsõnnikuga väetades väiksem kui mineraalväetise andmisel. Punase ristiku osasaak sõltus kasutatud väetisest vähem. Kõrrelised – eriti karjamaa raihein – mõjutasid saagi kuivainesisaldust ja kuivainesaaki, mis suurenesid kõrreliste osasaagi kasvades. Edaspidises uurimistöös tuleks pöörata tähelepanu orgaaniliste väetiste taimikusse andmisel tekkivate taimiku vigastuste mõjule rohumaa saagile.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetas Eesti Põllumajandusministeerium. Täname AS-i Tartu Agro mõistva suhtumise ja igakülgse abi eest katse tegemisel.

Kasutatud kirjandus

- 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.
- Halling, M.A., Rodhe, L. 2010. Grassland response to knife/tine slurry injection equipment-benefit or crop damage? – *Grassland science in Europe* **15**, 175–177.
- Makádi, M., Tomócsik, A., Orosz, V. 2012. Digestate: A New Nutrient Source – Review. – *Bio-gas, InTech*. Toim. S. Kumar, lk 295–310.
- 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.

- Tamm, K., Vettik, R. 2011. Sõnniku liigiline jaotus Eestis ja selle toitaineite rahaline väärtus. – *Agronoomia 2010/2011*, 231–236.
- Veeseaduse muutmise seadus. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/127062013001> (viimati vaadatud 25.11. 2014)
- Walsh, J.J., Jones, D.L., Edwards-Jones, G., Williams, A.P. 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **175**, 840–845.
- Viiil, P. 2010. Vedelsõnnik kui kohalik väetis. Kättesaadav: <http://www.epkk.ee/3385> (viimati vaadatud 07. 12. 2014)

Väetamise mõju odra 'Anni' saagile ja saagistruktuurile näivleeturud mullal

Triin Teesalu, Jaak Täkker, Helis Rossner, Avo Toomsoo, Enn Leedu, Alar Astover

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Teesalu, T., Täkker, J., Rossner, H., Toomsoo, A., Leedu, E., Astover, A. 2015. Impact of fertilization on yield of spring barley 'Anni' and its components on Stagnic Albeluvisol. – Agronomy 2015.

The yield and yield components of spring barley 'Anni' depending on fertilization with mineral nitrogen and organic fertilizer was studied in the experiment field on sandy loam Stagnic Albeluvisol (WRB) at Eerika in 2012 and 2013. The studied yield components were 1000 kernel weight, productive tillers per m⁻² and kernels per ear. The organic fertilizer was applied as compost in three rates according to total nitrogen (N_{tot} – 200, 275 and 350 kg ha⁻¹) and mineral nitrogen rates were 80 and 160 kg ha⁻¹ in three replications. Compost was ploughed into soil previous autumn and mineral nitrogen as ammoniumnitrate was applied before sowing in spring. The weather conditions differed in two consecutive years. Due to low precipitation in 2013 summer, the yield of 'Anni' was smaller compared to 2012.

The application of compost increased the yield and yield components of barley, as with mineral nitrogen, but the effect was smaller. There were no significant differences between applied compost rates. Yield was influenced mainly by number of kernels per ear, followed by others yield components. There was difference between path coefficients depending on the fertilization type.

Keywords: fertilization with mineral nitrogen, compost, barley yield, yield structure components

Sissejuhatus

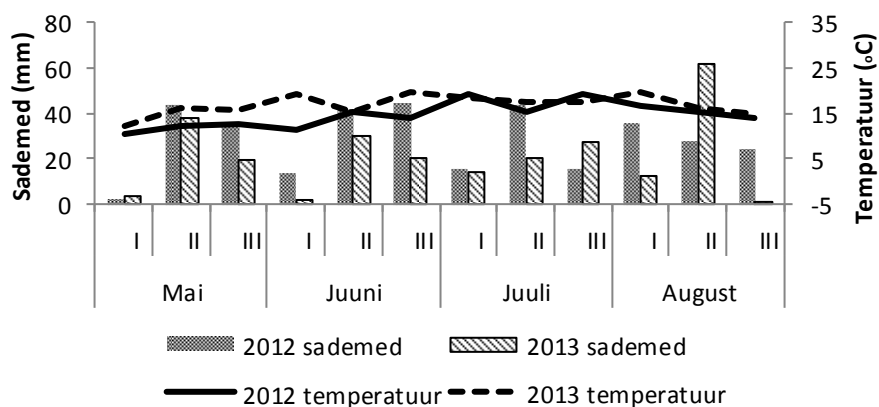
Kõrge teraviljasaagi kindlustamiseks on oluline väetamine, mil mineraalväetiste kõrval leiavad kasutust ka kompostid. Teraviljade saagi kujunemist aitab mõista saagistruktuuri analüüs. Saagistruktuuri elementideks on produktiivvõrsete arv ruutmeetril, terade arv produktiivvõrse kohta ja 1000 tera mass, mis on ühtlasi ka kvaliteedinäitaja. Saagistruktuuri elemendid on ajaliselt omavahel seotud, mõjutades järgnevat saagikomponentide kujunemist. Kõigepealt kujuneb võrsumisel produktiivvõrsete arv ja samal ajal kujunevad pähikute algmed peas, mis määrab terade võimaliku arvu. Kõige viimasena määratakse tera tuumakus terade täitumisel küpsusfaasides. Soodsad arengutingimused on ühelt poolt määratud agrokliimaga ja teisalt ka toitainete kättesaadavusega. Käesolev uuring põhineb mineraalse lämmastikuga ja Jõelähtmel toodetud kompostiga väetatud odra 'Anni' saagiandmetel, mis on saadud näivleeturud mullal asuvalt põldkatselt aastail 2012 ja 2013. Eesmärk oli testida Jõelähtmel toodetud komposti sobivust suviodra väetamiseks võrreldes mineraalse lämmastikväetisega.

Materjal ja meetodika

Odra 'Anni' kasvatati kolmeväljalises põldkatses näivleeturud mullal, *Stagnic Albeluvisol* (WRB 2006), Eerikal. Iga väli oli jaotatud orgaanilise väetise andmise järgi, kusjuures ilma orgaanilise väetiseta foonil anti mineraalväetisi, alternatiivse väetamise foonil aga komposti. Jõelähtme kompost künti katseaastatele eelneval sügisel sisse normidega vastavalt üldlämmastikusaldusele 200, 275 ja 350 kg N ha⁻¹ (JL1, JL2, JL3) ja võrdluseks oli alternatiivse väetamise foon (kontroll). Jõelähtme kompost on pärit Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskusest ja toodetud III kategooria loomsetest jäätmetest,

Tabel 1. Jõelähtme komposti keemiline koostis ja normid aastatel 2012 ja 2013

Aasta	Kuivaine %	pH _{KCl}	C _{üld} %	N _{üld} %	P _{üld} %	K _{üld} %	C:N	Normid t ha ⁻¹
2012	64	7,0	19	3,27	1,04	0,97	5.8	10/13/17
2013	38	7,0	32	3,34	3,08	0,87	9.6	16/22/28

**Joonis 1.** Vegetatsiooniperioodi sademed ja keskmine õhutemperatuur 2012. ja 2013. a katsepõllul

liigiti kogutud biolagunevatest jäätmetest ning haljastus- ja pargijäätmetest, kasutades kompostimisel Saksa firma Comp-Any tehnoloogiat Agile (Tallinna jäätmete ... 2014). Süsiniku ja lämmastiku suhe kompostis on küllalt kitsas (6–10) (tabel 1). Võrreldes sõnnikuga on komposti lämmastikusisaldus peaaegu sama, kuid fosforisisaldus on suurem ja kaaliumi oma väiksem. Jõelähtme kompost oli aastati heterogeenne: fosforisisaldus erines kuni kolm korda. Mineraalse lämmastiku variandid põldkatses olid 0 (N0), 40 (N40), 80 (N80), 120 (N120) ja 160 kg N ha⁻¹ (N160). Suuremad lämmastikukogused (120 ja 160 kg N ha⁻¹) anti jaotatult: esimesel korral külvi eelselt vastavalt 80 ja 120 kg N ha⁻¹ ning juuni algul lisaks veel täiendavalt 40 kg N ha⁻¹.

Kõik väetamisvariandid olid põllul esindatud kolmes korduses ja katselapi suurus oli 50 m². Odra külvi- ja koristusajad olid 2012. a 27. aprill ja 17. august ning 2013. a 06. mai ja 08. august. Seega 2012. a oli odra kasvuaeg 112 päeva ja 2013. a 94 päeva. Külvisenorm oli aastati erinev: vastavalt 565 ja 512 idanevat seemet m²-le. Enne viljakoristust võeti kõigilt kompostivariantidelt ja mineraalse lämmastiku N0, N80 ja N160 variandilt 0,2 m² suuruselt alalt proovivihud, millest määrati hiljem laboris produktiivvõrsete arv m²-l, terade arv peas ja 1000 tera mass. Katseaastate ilmastik oli erinev. 2012. a oli temperatuur ligilähedane paljude aastate keskmisega, ainult juulis jäi natuke madalamaks (joonis 1).

2013. a seevastu oli eriti mais ja juunis palju kõrgem õhutemperatuur. Ka sademed jaotusid 2012. a palju ühtlasemalt ja vee defitsiiti praktiliselt ei esinenud, 2013. a paistsid mai ja juuni esimene dekaad silma eriti väheste sademetega. Fenofaasidest langes

tärgamine maisse ning võrsumine ja teraalgete kujunemine peas juunisse. 2013. a oli nädal aega hilisem külv kui aastal 2012; tärgamine, võrsumine toimusid ka nädal aega hiljem, kuid tänu kõrgetele temperatuuridele jõudis taimede areng 2012. a järele ja kokkuvõttes jäi generatiivne kasvuperiood 2013. a lühemaks kui 2012. a.

Andmete põhjal tehti kahefaktoriline (aasta ja variant) dispersioonanalüüs ja variantide mitmene võrdlus, kasutades programmi STATISTICA 12. Teekoefitsientide analüüs (*Path coefficient analysis*) saagistruktuuri elementidele tehti Excelis vastavalt Akintunde (2012) juhendile.

Tulemused ja arutelu

Kahefaktoriline dispersioonanalüüs näitas, et nii aasta kui ka väetamine mõjutasid odra 'Anni' kõiki saagistruktuuri elemente ja saaki. Aasta ja väetamise statistiliselt usutav ($p < 0.05$) koosmõju ilmnes 1000 tera massile ja terade arvule peas. Väetamine mõjutas tugevamini saaki ja terade arvu peas ning aasta mõju ilmnes rohkem 1000 tera massile ja produktiivvõrsete arvule. Väetamata variandi (N0) ja alternatiivse väetise fooni (kontrolli) tulemused ei erinenud statistiliselt usutavalt teineteisest. Väetamisel odra 'Anni' produktiivvõrsete arv taime kohta suurenes mõlemal katseaastal (tabel 2), statistiliselt usutavalt 2013. a. Jõelähtme komposti eri normidest andis kõige suurema produktiivvõrsete arvu keskmine annus. Kui mineraalse lämmastikuga suurenes produktiivvõrsete arv taime kohta keskmiselt 31% (0,3 tk/taim) võrreldes väetamata variandiga, siis komposti eri normide korral 5–19% (0,05–0,2 tk/taim) võrreldes kontrolliga.

Keskmine terade arv pea kohta varieerus 8,7 terast kuni 16-ni 2012. a ning 6,7-st kuni 15,1-ni 2013. a. Mineraalse lämmastikuga väetamine suurendas terade arvu peas kahe aasta keskmisena võrreldes väetamata variandiga 62–80%. Samas suurenes Jõelähtme kompostiga väetamisel terade arv peas 28–47% võrreldes kontrolliga. Et lämmastikudoosid tõstavad märgatavalt terade arvu peas ja lämmastikupuudus võib vähen-

Tabel 2. Väetamise mõju suviodra 'Anni' saagistruktuuri elementidele näivleetunud mullal

Väetisvariant	Proovivihu analüüs						Terasaak t ha ⁻¹	
	2012			2013			2012	2013
	PVT	TA	1000TM	PVT	TA	1000TM		
N0	1,0	8,7	37,6	0,9	6,7	32,2	1,27	0,69
N80	1,4	15,0 a	40,1	1,1 a	12,6 ab	34,9	2,66 a	1,81 a
N160	1,4	13,4 a	38,7	1,1 a	11,4 ab	35,3	2,54 a	1,99 a
Kompost								
kontroll	1,1	11,9	40,0	1,0	7,0	31,2	2,08 a	0,99
JL1	1,2	13,1 a	41,7 a	1,0	10,2 a	35,6	2,75 a	1,64 a
JL2	1,4	13,3 a	42,8 a	1,1 a	12,8 ab	35,3	2,91 ab	1,73 ab
JL3	1,3	12,8 a	42,7 a	1,0	10,6 ab	36,5	2,95 ab	1,55 a

PVT – produktiivvõrsete arv taime kohta; TA – keskmine terade arv peas; 1000TM – 1000 tera mass kuivainena g. arvesse lähevad kõik moodustunud terad. Terasaak kuivainena koristatud 50 m² lapilt. JL1, JL2, JL3 – Jõelähtme komposti normid. Tähed: a – statistiliselt usutav erinevus N0 variandist ja b – statistiliselt usutav ($p < 0,05$) erinevus kontrollist

dada terade arvu peas umbes 40–60%, on täheldatud ka teistes uurimustes (Moreno *et al.*, 2003). 1000 tera mass varieerus väetamise tõttu saagistruktuuri elementidest kõige vähem. Jõelähtme komposti mõjul suurenes tera mass. Suurem mineraalse lämmastiku norm (N160) vähendas 1000 tera massi 2012. a, kuigi mitte oluliselt.

Odra 'Anni' saagistruktuuri elementide väärtuste erinevus 2012. ja 2013. aastal ja sellest tulenevalt ka saagi erinevus olid otseselt tingitud kasvuperioodi ilmastikust, mis aastati erines sademete hulga ja jaotuse ning ka õhutemperatuuride poolest (joonis 1). Mineraalse lämmastikuga väetamisel kasvas saak kahe aasta keskmisena 135–144% võrreldes N0 variandiga, samas kui Jõelähtme komposti kasutamisel vaid 49–57% võrreldes kontrolliga.

Saagiga korreleerusid saagistruktuuri elementidest tugevamini terade arv peas ja 1000 tera mass ning vähem produktiivvõrsete arv (tabel 3). Vastupidiste tulemusteni jõudis A. Moreno (2003), kes leidis, et odrasaagil oli tugev positiivne korrelatsioon produktiivvõrsete hulgaga pindalal ning olematu või positiivne nõrk seos 1000 tera massiga. Terade arvul peas ja tuhande tera massil oli omavahel ka tugev positiivne korrelatsioon.

Kuna teravilja saagistruktuuri elemendid kujunevad välja ajalises järgnevuses – hilisemad elemendid varasemate kontrolli all – siis on taimedele omane kompenseerimisvõime (Garcia de Moral *et al.*, 1991), tänu millele ühe saagikomponendi vajakajäämisel areneb teine rohkem ja lõpptulemusel kujuneb parem saak. Täpsemalt näitavad saagistruktuuri elementide ja saagi vahelist seost teeanalüüsi kordajad (*path coefficient analysis*), kus saagi ja saagistruktuuri elemendi vaheline seos on jaotatud otseks ja kaudseks mõjaks teiste elementide kaudu. Saagistruktuuri elementide ja saagi vahelised teeanalüüsi kordajad näitasid, et suurimat otsemõju saagile avaldas terade arv peas (joonis 3). Produktiivvõrsete arv mõjutab saaki peamiselt kaudselt, terade arvu ja 1000 tera massi kaudu. Ka 1000 tera massi mõju saagile oli rohkem kaudne kui otsene. Seos terade arvu ja nende massi vahel pole selge. Mõnikord on nad mõlemad positiivselt mõjutatud lämmastikväetamisest, teinekord on nad võisteldes ressurside pärast omavahel negatiivselt korreleerunud. Produktiivvõrsete arv pindalal on ühelt poolt määratud taimede arvuga ja teisalt produktiivvõrsete hulgaga taime kohta ning sellega on selgitatav tema nõrk korreleerumine teiste struktuurielementidega. Sõltuvalt väetamisest oli saagistruktuuri elementidel erinev osakaal saagi kujunemisel (joonis 4).

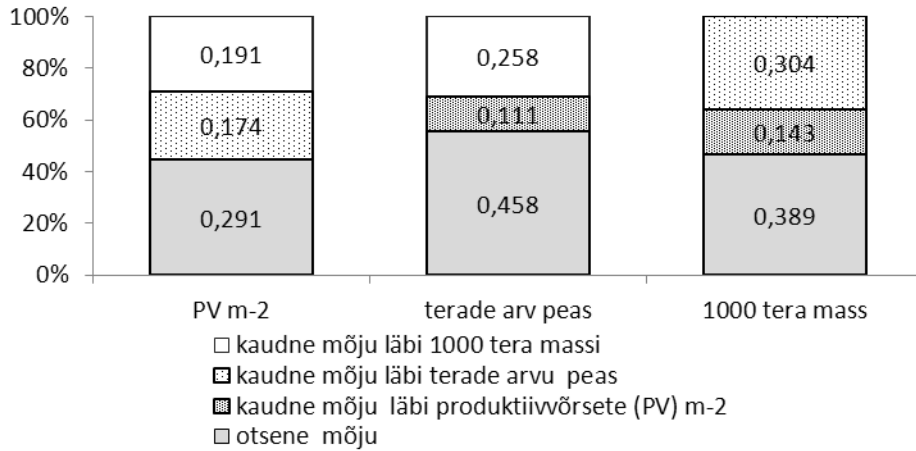
Jõelähtme komposti kasutamisel määras saaki enam 1000 tera mass ja produktiivvõrsete arv, mineraalse lämmastiku kasutamisel aga terade arv peas. Kui otsemõjudena oli saagistruktuuri elementidel erineva kaalukus, siis kaudsete mõjude kaasamisel neil

Tabel 3. Pearsoni lineaarsed korrelatsioonikoefitsiendid odra 'Anni' terasaagi ja saagistruktuuri elementide vahel kahe aasta keskmisena

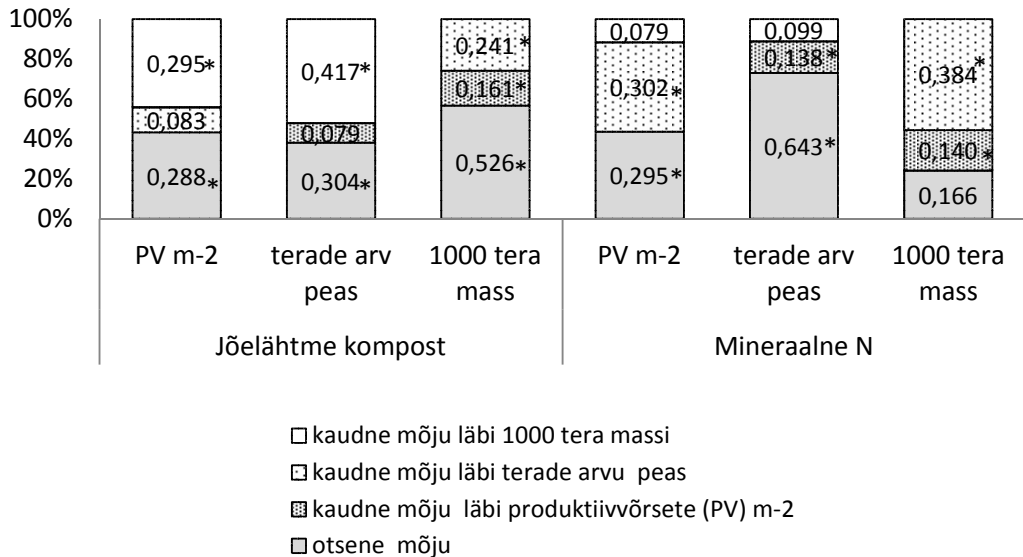
	Produktiivvõrseid m ⁻²	Teri peas	1000 tera mass
Terasaak	0,656*	0,827*	0,836*
Produktiivvõrseid m ⁻²		0,380*	0,490*
Teri peas			0,663*
1000 tera mass			

* – statistiliselt usutav $p < 0,05$ juures

omavahel suurt vahet polnud. Mineraalse lämmastikväetise korral 1000 tera mass ei omanud usutatavat mõju saagile. Jõelähtme komposti variantides produktiivvõrsete arvu ja terade arvu vahel ei olnud usutatavat korrelatsiooni ja seega ei osalenud teineteise mõjudes saagile.



Joonis 3. Teeanalüüsi kordajad, mis näitavad suvi odra 'Anni' saagistruktuuri elementide otsesest ja kaudset mõju terasaagile kahe aasta keskmisena



Joonis 4. Teeanalüüsi kordajad, mis näitavad suvi odra 'Anni' saagistruktuuri elementide otsesest ja kaudset mõju terasaagile kahe aasta keskmisena sõltuvalt väetamisfoonist. Tärn numbri juures näitab statistiliselt usutatavat ($p < 0,05$) mõju

Kokkuvõte

Väetamine Jõelähtme kompostiga suurendas odra 'Anni' saake, kuid 2–3 korda vähem kui mineraalne lämmastik. Eri normide kasutamisel saagid statistiliselt usutavalt üksteisest ei erinenud, küll aga suurenes saak keskmise normi korral ka statistiliselt usutavalt võrreldes kontrolliga. Saagi struktuuri elementidest määras saagi suurust kõige enam terade arv peas. Jõelähtme kompostiga väetamisel avaldas suurt mõju saagile ka 1000 tera mass, mille otsemõju mineraalse lämmastikuga väetamisel oli ebaoluline. 2012. a ületasid nii saagistruktuuri elemendid kui ka saak 2013. a samu näitajaid.

Tänuavaldused

Uurimistöö on osa projektist „Biolaadneevatest jäätmetest valmistatud komposti ohutu kasutamine põllumajanduses“, uurimust toetas Põllumajandusministeerium.

Kasutatud kirjandus

- Akintunde, A.N. 2012. Path analysis Step by step using Excel. – *Journal of Tehnical Science and Tehnologies* **1** (1), 9–15.
- Garcia del Moral, L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D., Royo, C. 2003. Evaluation of Grain Yield and its components in Durum Wheat under Mediterranean conditions. An ontogenic approach. – *Journal of Agronomy* **95**, 266–274.
- Garcia del Moral, L.F., Ramos, J.M., Garcia Del Moral, M.B., Jimenez-Tejada, M.P. 1991. Ontogenic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. – *Crop Science* **5**, 1179–1185.
- Moreno, A., Moreno, M.M., Ribas, F., Cabello, M.J. 2003. Influence of nitrogen fertilizer on grain yield of barley (*Hordeum vulgare L.*) under irrigated conditions. – *Spanish Journal of Agricultural Research* **1** (1), 91–100.
- Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus. Kättesaadav: <http://www.jaاتمkeskus.ee/kompost/kompostimine> (viimati vaadatud 10.05.2014).

Teraviljade fütomassi ja saagikuse kasvukohapõhine analüüs

Toomas Tõrra, Jaan Kuht, Jaanus Kilgi

Eesti Maaülikool

Madis Ajaots

Pilsu talu

Abstract. Tõrra, T., Kilgi, J., Kuht, J., Ajaots, M. 2015. The site-based analyses of the phytomass and yield of cereals. – Agronomy 2015.

It is possible to collect large data sets of site based information related to plant growth factors from the fields. Therefore quick and skilled analysis of data is important. Biggest efficiency in precision farming comes from site-based fertilizer use. Fertilizer must be added as little as possible and as much as needed for every specific site. Thus zones with different nutrient content in soil must be identified. Easiest options for this purpose are site-based harvesting with mapping the crop yield and the plant nutrition level during the growth period.

Keywords: crop sensing, yield mapping, soil tests, variable application

Sissejuhatus

Täppisviljelus on praegusel ajal kiiresti arenev valdkond, mis hõlmab põllumajanduses kõiki tegevusalasid. Täppisviljelus tähendab praegu meie jaoks rohkem ja täpsemat informatsiooni, mida saab võtta aluseks edasiste otsuste langetamisel. Tehniliselt poolt saame panna masinad põllul täpsemalt liikuma ja opereerima, et saavutada väiksemat aja-, kütuse-, seemnete, väetiste ja taimekaitsevahendite kulu. Tööprotsessis kogutud täiendavate andmete alusel saame veelgi vähendada kulutusi eelkõige väetiste, seemnete ja taimekaitsevahendite osas. Tootjatele on kättesaadav tänapäevane tehnika, kuid probleem on nende kasutamise oskus ja kogemuste puudumine. Milliseks kujuneb kokkuhoid või saavutatud enamsaak, sõltub juba valikutest ja oskustest.

Töö eesmärkideks oli uurida erinevates kasvufaasides odra- ja nisutaimede toitainete kättesaadavust terve põllu lõikes ning parandada taimede toitumist kasvuajal, kasutades asukohamääranguga kohtpõhist väetamist.

Metoodika

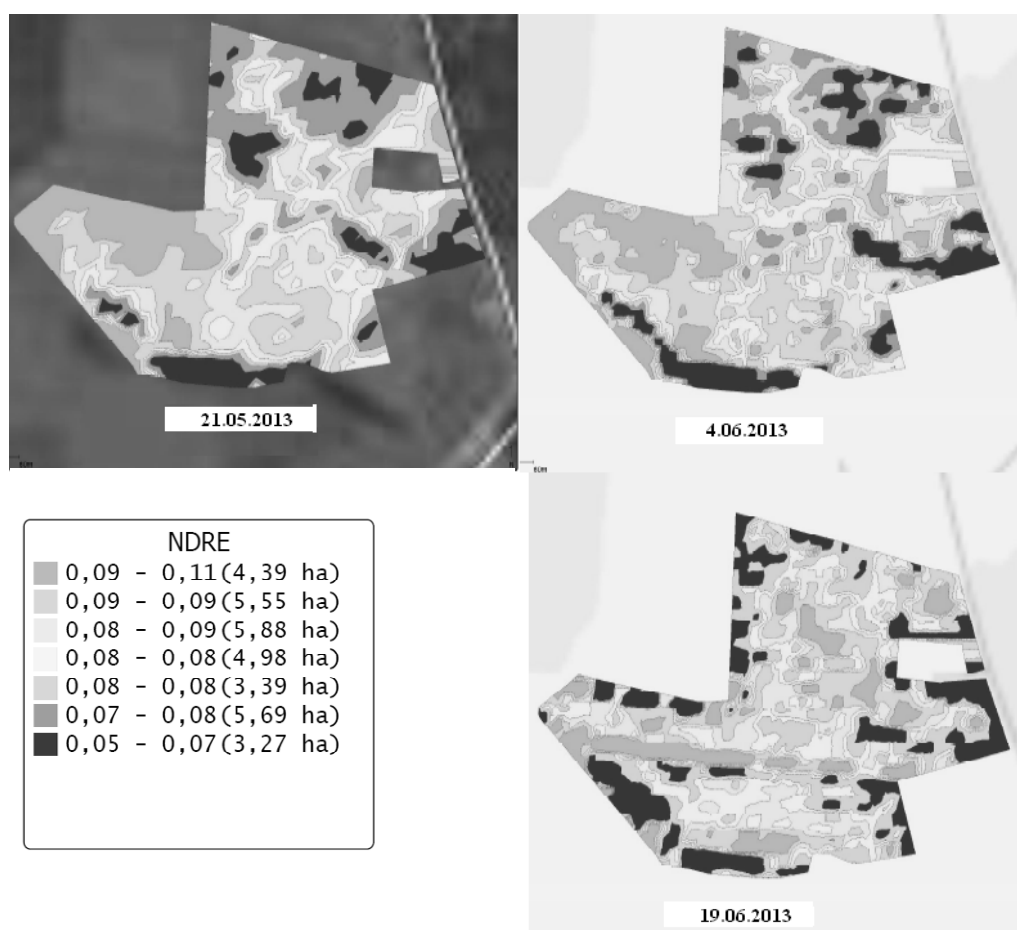
Uuringud tehti Pilsu talu tootmispõldudel Tartumaal Konguta vallas. Uuringute korraldamiseks valiti ettevõtte põllukultuuride külvikorras olevast maast 8 põldu. Valitud põldude pindala oli vahemikus 14–98 ha. Pooltel valitud põldudest kasvas suvinisu ja pooltel suvioder. Kõigil põldudel mõõdeti 2013. ja 2014. aastal taimede toitainetega varustatust kolmes kasvufaasis. Esimene mõõtmine tehti võrsumise faasis, teine mõõtmine kõrsumise faasis ja kolmas mõõtmine loomise faasis. Taimede toitainetega, eelkõige lämmastikuga varustatuse mõõtmiseks kasutati ettevõtte Ag Leaderi toodetud viljaseireandureid OptRx (Ag Leader Technology, 2013; AgLeader koduleht), mille kasutamine andis positiivseid tulemusi ka meie varasemates katsetes (Kuht, Tõrra *et al.*, 2012). Viljaseireandur OptRx mõõdab kasvavatelt taimedelt peegelduvat valgust kolmes spektri osas. Mõõtmistulemusel saame vegetatsiooniindeksi, mis baseerub taimede biomassil ja lämmastikuisaldusel. 2013. aastal määrati põldudel taimede toitumistase,

seejärel kaardistati saagi koristamisel kõigil põldudel kohtpõhiselt saak ja võeti vastavalt saadud tulemustele põllu erineva saagikusega piirkondadest mullaproovid. Aastal 2014 korraldati samuti kolm taimede toitumustaseme mõõtmist. Pärast esimest mõõtmist võrsumise faasis tehti aga kohtpõhine mineraalväetisega väetamine, võttes arvesse mõõtmistulemusi.

Tulemused

Alustasime 2013. aastal valitud põldudel taimede toitumustaseme kaardistamist kohe 2014. a kevadel, kui taimed olid jõudnud võrsumisfaasi ja tegime kaks mõõtmist veel järgmises kahes arengufaasis (kõrsumine ja loomine). Saadud tulemused on ühe 36 hektarilise põllu osas, millel kasvas 2013. aastal oder, toodud joonisel 1.

Kaardistamise tulemustest näeme, et põllul olevad alad, millel on taimedel toitainete omastamine raskendatud, on vegetatsiooniperioodi vältel üldiselt jäänud samaks.



Joonis 1. Odra toitumistaseme mõõtmised 2013. aastal kolmes kasvufaasis (võrsumine, kõrsumine ja loomine). NDRE – kogu mullapinda katva taimkatte normaliseeritud vegetatsiooniindeks

Võrsumise faasis tuvastatud nõrgema toitumisega aladel on toitainete omastamisega olnud probleeme ka kõrsumise ja loomise faasis.

Kuidas kattuvad kasvuajal kaardistatud tulemused põllult koristatud saagiandmetega, selgub jooniselt 2. Taas võib öelda, et üldjoontes näitavad saagiandmed põllul madalama ja kõrgema saagikusega alade kattumist võrsumisfaasis tehtud toitumistase kaardistamistulemustega. Saagiandmed põllult näitavad, et koristamise ajaks, võrrelduna võrsumisfaasis tehtud kaardistamisega, oli madalama saagikusega ala (2,8–6,0 t ha⁻¹) suurenenud 1,46 ha võrra. Selle põllu osas võib seda lugeda majanduslikus mõttes ebaoluliseks erinevuseks, mille puhul ei tasu põllul kultuuri kasvuajal teha täiendavat mõõtmist ja lisaväetamist. Lisategevused tooksid kaasa enam kulutusi, kui võiksime



Joonis 2. Odrasaak 2013. aastal koristamise ajal kohtpõhiselt kaardistatuna

Yield Mass (Dry)
(tonne/ha)

■	6,48 - 8,57 (3,48 ha)
■	6,25 - 6,48 (3,89 ha)
■	6,03 - 6,25 (5,34 ha)
■	5,77 - 6,03 (5,53 ha)
■	5,43 - 5,77 (4,34 ha)
■	4,88 - 5,43 (5,16 ha)
■	2,81 - 4,88 (3,76 ha)



Joonis 3. Nisusaak 2014. aastal koristamise ajal kaardistatuna kohtpõhiselt

Yield Mass (Dry)
(tonne/ha)

■	7,69 - 14,43 (3,466 ha)
■	6,99 - 7,69 (7,442 ha)
■	6,30 - 6,99 (9,338 ha)
■	5,57 - 6,30 (5,852 ha)
■	3,94 - 5,57 (4,974 ha)
■	3,93 - 3,94 (0,874 ha)
■	0,37 - 3,93 (1,208 ha)

saada tulu nende tegevuste tulemusel saadavast enamsaagist. Tinglikult võime põllu kaheks jagada: kõrgema saagikusega alaks ($6,0\text{--}8,5\text{ t ha}^{-1}$) ja madalama saagikusega alaks ($2,8\text{--}6,0\text{ t ha}^{-1}$) ning vaadata joonisel 3, kuidas on võimalik neid alasid mõjutada kohtpõhise väetamise rakendamisega.

Kahe aasta võrdluses ei ole mõistlik saaki võrrelda, kuna 2013. a kasvatati põllul suviotra ja 2014. a suvinisu. Küll aga saame võrrelda erineva saagikusega alasid põllul. Kahe aasta võrdlusest selgub, et suurema saagikusega ala moodustas 2014. aastal põllu pindalast 61% ja 2013. aastal vaid 40%. Kasvukohapõhine väetamine on 2014. aastal oluliselt ühtlustanud saagikust põllu erinevates osades ja tõstnud seeläbi terve põllu saaki.

Kokkuvõte

Tehtud uuring on aidanud kaasa täppisviljeluses kasutatavate tehniliste võimaluste rakendamisele tavatootmises. Põldude seirel kasutatud Ag Leaderi toodetud OptRx-andurid taimede toitumustaseme mõõtmiseks andsid häid tulemusi juba varajases kasvufaasis. Võrsumise faasis põllul tehtud taimede kaardistamisel tulid selgelt välja alad, kus taimedel oli raskusi toitainete kättesaadavusega, ja alad, kus oli toitaineid piisavalt. Positiivseid tulemusi andis ka kohtpõhine väetamine, mille puhul eelnevalt arvestati eelmise aasta taimede toitumustaseme kaardistamise ja saagi kaardistamise tulemustega. Korraldades kasvukohapõhist taimede ja saagi seiret, suurendasime 20% põllul parema taimede toitainetega varustatusega pindala.

Tänuavaldused

Uurimistöö on valminud Eesti maaelu arengukava meetme „Põllumajandus- ja toidusektoris ning metsandussektoris uute toodete, töötlemisviiside ja tehnoloogiate arendamise alane koostöö“ projekti „Teraviljade fütomassi ja saagikuse kasvukohapõhine analüüs ning sellest tulenev keskkonnasäästliku agrotehnika rakendamine“ ning Põllumajandusministeeriumi arendusprojekti T11027PKTM toetusel.

Kasutatud kirjandus

Ag Leader Technology. 2013. Tootekataloog, 44 lk. Kättesaadav: http://www.tatoli.ee/doc/2013_AgLeader_Kataloog.pdf

AgLeader koduleht: <http://www.agleader.com/products/directcommand/optrx-crop-sensors/>

Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Kutti, J. 2012. Suvinisu väetamine lähtuvalt kasvukoha taimetoitainete sisaldusest. – *Agraarteadus* **13** (2), 3–10.

Biolagunevate jäätmete segust valmistatud komposti ja vedelsõnniku mõjust odra saagikusele

Raivo Vettik, Peeter Viil, Taavi Võsa

Eesti Taimikasvatuse Instituut

Abstract. Vettik, R., Viil, P., Võsa, T. 2015. The effect of biowaste compost and liquid manure on the yield of barley. – Agronomy 2015.

Compost is known organic fertilizer. Industrial-scale composting, however is arising issues about safety and efficiency of product. Waste companies are collecting gardening waste separately and this relatively uniform and safe material is usable also in the farming as a source of organic matter. 25000 t of biowaste composts are laying on producers storages in Estonia. This material can be valuable organic fertilizer also for barley. Unfortunately there are some doubts about the use of compost on farm scale, concerning safety, efficiency, logistics etc.

In Kuusiku long-term trial a comparison has been made between compost (13 t ha⁻¹ on autumn), liquid manure (33 t ha⁻¹ on spring) and mineral fertilizer plots. All plots were treated with 3 different soil tillage variants: M1 – shallow tillage at 8–12 cm depth, M2 – normal ploughing at 22–25 cm depth and M3 – deep ploughing at 33–35 cm depth. All plots had established barley (variety “Anni”) crop, preceding oilseed rape.

The compost originated from the gardening waste from composting field of Tallinn Recycling Center.

Using compost as one source of nutrients, topped up with required mineral fertilizer gave the highest yield (yield increase 5.7–8.7%) in M1. M3 yielded less (additionally 0.2–1.9%). Both variants had also one year with yield decrease, 2.9% and 2.4% respectively.

Using mineral fertilizer topped liquid manure had positive effect on the barley yield (additionally 8.4–31.4%) on all variants. Only in 2012 the yield of M1 plot was equal to the yield of mineral fertilizer plot.

Fertilizing effect of compost is long lasting. Summarized yields of two barley varieties (“Anni” and following years “Hyvä”) increased on compost plots (additional yield 3.6–5.6%).

Main disadvantages of compost are nutrient content unevenness and low density. For environmentally reasonable use it is necessary to calculate the nutrient balance according to specified nutrient content of batch being used. Low density can mean problems with logistics, since spreading time is short and road load limits may be lowered, increasing hauling costs. Prehauling in winter time can be solution, but then it is necessary to carefully observe ground water movement to avoid hazard to environment.

Keywords: solid waste compost, liquid manure, ploughing, shallow tillage, barley yield

Sissejuhatus

Sõnnikukomposte on Eestis kasutatud läbi aegade ja varemgi uuritud. Liigiti kogutud biolagunevate jäätmete segust valmistatud kompostide (edaspidi LBK) omadusi on Eestis vähe uuritud ning nende põllumaal kasutamise kohta ei ole piisavalt andmeid. See takistab nende kasutamist põllumajanduses ja võib tuua kaasa nii võimalike saasteainete akumulatsioonide ohu kui ka võimaliku asjatu keskkonnakoormuse komposti ebapädeva kasutamise tõttu. Mujal maailmas on kompostiga seonduvat uuritud (Amlinger *et al.*, 2003) ja leitud, et kuigi materjal on sobilik, tuleb selle käsitlemisel arvestada teatud eripäradega. Peamine probleem on toitainetesisalduse ebahühtlikkus materjalis ja nende vabanemise pikaajalisus. Esile võivad kerkida ka probleemid materjali käsitlemisel väikse mahumassi ja ebahütlase füüsikalise koostise (osakeste suurus, ebahütlane

niiskusesisaldus jms) tõttu. Samas on toitaineringluse jätkusuutlikkuse parandamiseks oluline saadaolevad toitained võimalikult täielikult ringlusesse tagastada. Liigiti kogutud biojätmetest nõuetekohase protsessi järgi valmistatud kompost on arvestatav lisand mulla orgaanilise aine sisalduse parandamisel neile tootjatele, kel puudub sõnniku kasutamise võimalus.

LBK laojääk Eesti suuremate kompostitootjate ladudes oli 2013. aastal *ca* 25 000 t ja aastas ollakse võimelised tootma *ca* 11 000 t komposti (Liivak, 2014). Kompostitootjatel on raskusi komposti turustamisega, sest tarbijad ei ole kindlad komposti kvaliteedis ja ohutuses. Komposti kvaliteet sõltub üldiselt selle valmistamiseks kasutatavast toorainest ja kompostimise meetodi nõuetest kinnipidamisest. Kvaliteetse komposti saamiseks on väga oluline vältida võõrkehade, komposteerimist häirivate lisandite või kahjulike ühendite sattumist materjali hulka. Praktikaks on selgunud, et neile nõuetele vastab kõige paremini liigiti kogutud biojätmetest taimne materjal (pargi- ja aiajäätmed jne). Toiduainejäägid ja puhastusseadmete jääkmuda on oma koostise tõttu probleemsed ja nende kasutamisel on keeruline tagada lõpptulemuse stabiilset kvaliteeti ja ohutust. 13. aprillil 2013. aastal jõustusid „Biologunevatest jäätmetest komposti tootmise nõuded“, mille lisas 2 on toodud komposti ohutus- ja kvaliteedinäitajad (Keskkonnaministri määrus nr 7, 2013).

Uurimistöö eesmärk oli omavahel võrrelda kahe kohaliku väetusainega (vedelsõnnikuga ja biologunevate jäätmete segust valmistatud kompostiga) väetamise mõju odra saagikusele sõltuvalt mullaharimisintensiivsusest.

Orgaanilise väetise madala toitainesisalduse ja väikse mahumassi tõttu kasutatakse seda märkimisväärses kogustes. See omakorda tähendab, et aine tuleb viia taimejuurtele kättesaadavasse tsooni mullas. Selleks on võimalik kasutada erinevaid mullaharimise riistu. Oluline on pinnale laotatud materjal viia taimejuurte peamise elutegevuse sügavusele (15–25 cm) ja seal see võimalikult ühtlaselt läbi segada. Tuleb arvestada, et kompostist vabanevad toitained mitme aasta jooksul, mistõttu komposti laotamise aja valikul peab silmas pidama külvikorras esinevate kultuuride nõuete ja piirangutega.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö on osa suuremast projektist, mille raames kasutati liigiti kogutud biojätmetest (peamiselt pargi- ja aiajäätmed) Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus AS-i (endine Tallinna Prügila AS) kompostimisväljakul vastavalt nõuetele valmistatud komposti (<http://tjt.ee/kompost/kompostimine>) põllukultuuride põhiväetisena nii ETKI katsealal PMK Kuusiku katsekeskuses kui ka EMÜ Eerika katsealal aastatel 2011–2014.

Artikkel tutvustab Kuusikul saadud tulemusi. Kuusiku pikaajalise mullaharimise, väetamise ja külvikorra komplekskatses uuriti erineva mullaharimise intensiivsuse mõju odrasaagile. Vaatluse all olid kolme erineva mullaharimise intensiivsusega (harimissügavus ja vahendid) varase odra väljad M1 – pindmine mullaharimine 8–10 cm, M2 – tavakünd 22–25 cm ja M3 – sügavküünd 33–35 cm.

Väetamisvariante oli kolm:

- 1) kontrollala väetamisel kasutati ainult mineraalväetist (N90 P39 K74);
- 2) mineraalväetisele lisaks eelnenud sügisel komposti (13 t ha⁻¹) saanud ala (NPK + LBK);
- 3) mineraalväetisele lisaks kevadel vedelsõnnikut (33 t ha⁻¹) saanud ala (NPK + VS).

Iga ala oli jaotatud neljaks lapiks (korduseks). Katses kasutati kuueväljalist külvi-korda (talnisu, suviraps, oder, varane oder põldheina allakülviga, põldhein I ja põldhein II), mille kõik kultuurid olid esindatud igal aastal. Sügisel pärast suvirapsi koristust laotati käsitsi kompost. Kompost toodi otse kompostimisväljaku aunast, ammutamiskoha valis ettevõtte laadurijuht huupi. Kahel alal (M2 ja M3) järgnes kündmine ja ühel alal (M1) pindharimine nugaäkkega. Kevadel hariti kõik väljad kahel korral lausharimiskultivaatoriga ja seejärel külvati oder 'Anni' külvisemääraga 400 idanevat seemet ruutmeetrile.

Katsetehnilistel kaalutlustel kujunes vedelsõnniku laotusnormiks 33 t ha⁻¹, kuna selle kogusega kaeti peamiste toitainete põhivajadus ning selleks kasutati täpselt üks laoturipaagitäis materjali.

Komposti laotusnormi 13 t ha⁻¹ valiku põhjus oli peamiselt ajaline: laotamine tehti otse renditud transpordivahendilt ja projekti esimesel aastal kattus just eelmainitud laotusnormi toitainekogus projektipartneriks oleva EMÜ pikaajalise katse ühe variandiga. Järgnevatel aastatel ei õnnestunud piisavalt operatiivselt organiseerida komposti toitainesisalduse määramist ja nii jäadi esimesel aastal kasutatud laotusnormi juurde. Laotamisel võeti materjalist üksikproovid, millest omakorda moodustati koondproov kasutatud materjali toitainesisalduse määramiseks EMÜ PKI laboris.

Eri katseaastatel kasutatud komposti ja vedelsõnniku koostisest annab ülevaate tabel 1.

Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskuse veebilehel (<http://tjt.ee/kompost/kompost-anals-kasutamine>) on esitatud mitme aasta LBK anorgaaniliste saasteainete sisalduse analüüside tulemused. 2011.–2013. aasta andmed on esitatud tabelis 2.

Anorgaaniliste saasteainete sisaldus LBK proovides oli väiksem (v.a 2012. aasta proovi tsingisisaldus ja 2013. aasta proovi kaadmiumisisaldus) kui biolagunevatest jäätmetest komposti tootmise nõuete lisas 2 toodud piirväärtused (Keskkonnaministri

Tabel 1. Komposti ja vedelsõnniku kuivainesisaldus ja toitainete üldsisaldus

Aasta	Kompost				Aasta	Vedelsõnnik			
	KA,%	N, kg t ⁻¹	P, kg t ⁻¹	K, kg t ⁻¹		KA,%	N, kg t ⁻¹	P, kg t ⁻¹	K, kg t ⁻¹
2011	56	20,98	3,91	12,83	2012	6,2	2,91	0,35	2,92
2012	38	13,50	9,05	5,15	2013	7,7	3,40	1,20	3,40
2013	60	21,12	2,71	4,64	2014	10,2	3,60	0,67	2,50
Keskmine	51	18,53	5,22	7,54		8,03	3,30	0,74	2,94

Tabel 2. LBK anorgaaniliste saasteainete sisaldus kuivaines

Aasta	Zn, mg kg ⁻¹	Cu, mg kg ⁻¹	As, mg kg ⁻¹	Hg, mg kg ⁻¹	Cd, mg kg ⁻¹	Cr, mg kg ⁻¹	Ni, mg kg ⁻¹	Pb, mg kg ⁻¹
2011	561±56		<0,05	ei leitud	<0,1	15,5±2,3	11,6 ±2,1	<0,5
2012	629±113		1,18±0,18	0,218±0,033	<0,6	15,3±2,3	12,1±3	75,1±18,7
2013	498±125	95±24	0,414±0,075	0,128±0,019	1,31±0,33	11,4±1,7	7,4±2,85	57,8±14,4
Piir- väärtu- sed	600	200		0,45	1,3	60	40	130

Tabel 3. Kasvuperioodi kestus ja sademete summa

Aasta	Kasvukestus, päeva	Kasvuperiood	Kasvuperioodi sademete summa, mm
2012	107	mai–august II	343,4
2013	95	mai–august I	112,8
2014	106	aprill III–august I	192,5

määrus nr 7, 2013). Kõikides proovides ületas tsingisisaldus 400 mg/kg (kuivaines) ja seetõttu peab selle näitaja märkima sertifikaadile.

Eri aastate kasvutingimuste iseloomustamiseks on koostatud tabel 3, kus on esitatud kasvuperioodi kestus ja sademete summa kasvuperioodil.

Katselappidelt määrati saak, koguti saagiproovid, need puhastati ja kuivatati ning saadeti analüüsimiseks EMÜ PKI laborisse.

Odra eri katsevariantide saagikuste andmeid töödeldi statistiliselt tabelarvutusprogrammis MS Excel. Kasutati ühefaktorilist ja kahefaktorilist kordustega dispersioonanalüüsi.

Tulemused ja arutelu

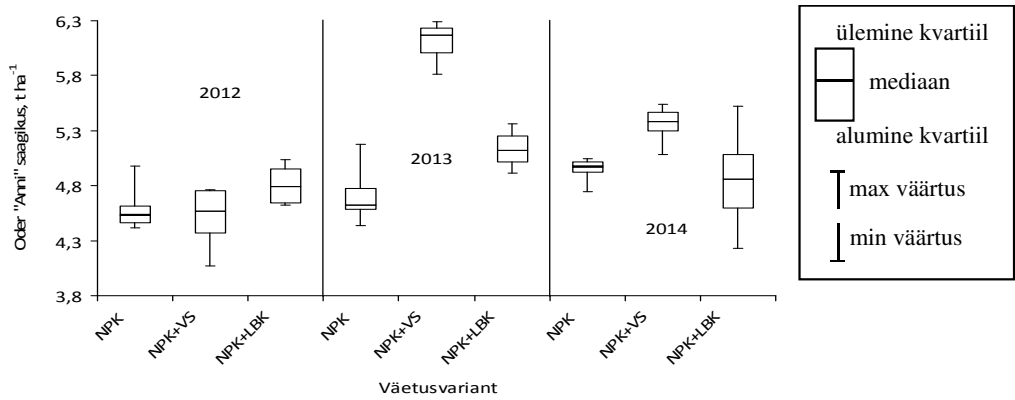
Väetamisel kasutatud vedelsõnniku fosforisisaldus erines kuni 3,4, kaaliumisisaldus kuni 1,4 ja lämmastikusaldus kuni 1,2 korda. Komposti fosforisisaldus erines kuni 3,3, kaaliumisisaldus kuni 2,8 ja lämmastikusaldus kuni 1,6 korda (tabel 1). Järelikult erines taimedele kättesaadavate toitainete kogus eri aastatel, sest komposti ja vedelsõnniku füüsiline laotusnorm jäi samaks. Samuti mõjutas taimede toitainete omastamist eri aastate kasvuperioodi sademete kuni 3-kordne erinevus (tabel 3).

Odra 'Anni' saagikused (14% niiskusele teisendatuna) aastatel 2012–2014 on esitatud graafiliselt joonistel 1–3. Hajuvuse iseloomustamiseks on koostatud nn „karp-vurud“ diagramm, millel on esitatud mediaan, alumine-, ülemine kvartiil, minimaalne- ja maksimaalne väärtus.

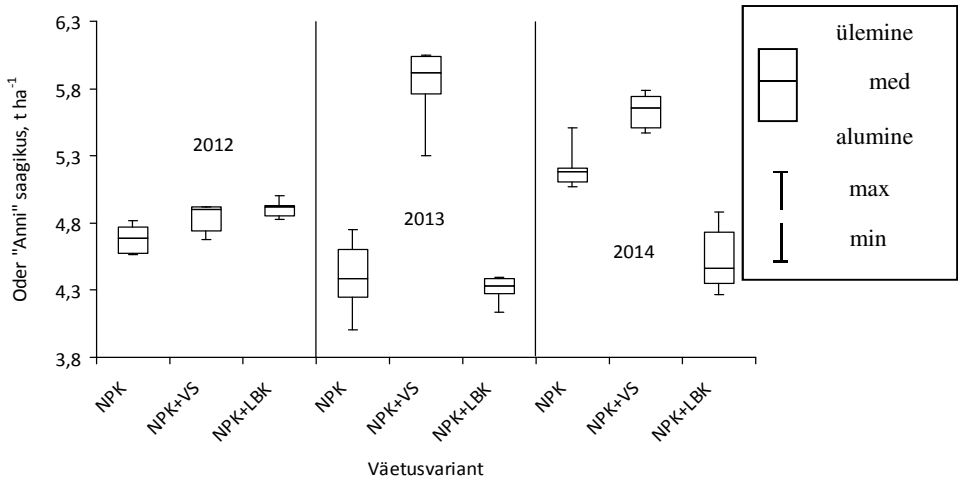
Andmetöötluse ja jooniste 1–3 põhjal selgus, et:

1. Pindmise mullaharimise variandis suurenes komposti mõjul odra 'Anni' saagikus kahel aastal (2012. aastal 5,7% ja 2013. aastal 8,7%) ning vähenes 2014. aastal 2,9%. Statistiliselt usutav ($p < 0,05$) oli erinevus 2012. aastal.
2. Tavakünni variandis vähenes komposti mõjul odra 'Anni' saagikus kahel aastal (2013. aastal 3,0% ja 2014. aastal 3,3%) ning suurenes 2012. aastal 4,5%, kuid erinevused ei olnud statistiliselt usutavad ($p > 0,05$).
3. Sügavkünni variandis suurenes komposti mõjul odra 'Anni' saagikus kahel aastal (2012. aastal 0,2% ja 2013. aastal 1,9%) ning vähenes 2014. aastal 2,4%, kuid erinevused ei olnud statistiliselt usutavad ($p > 0,05$).
4. Vedelsõnniku mõjul suurenes odra 'Anni' saagikus kõigil kolmel aastal iga mullaharimisviisi (v.a 2012. aasta pindmine mullaharimine, kui saagikus jäi kontrollvariandiga samale tasemele) korral. 2013. ja 2014. aastal oli saagikuse suurenemine (8,4–31,4%) statistiliselt usutav ($p < 0,05$).

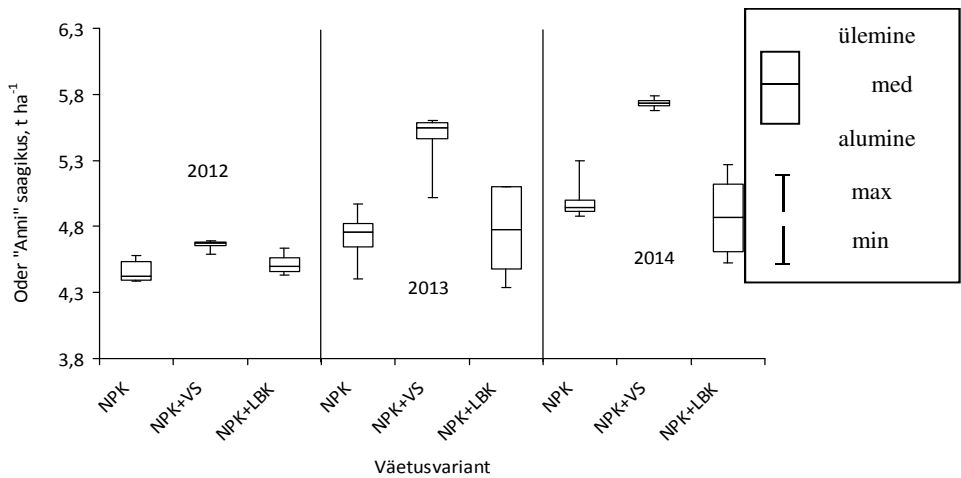
Väetamisviiside mõju hindamisel eri aastatel selgus, et vaadeldud mullaharimisviiside korral oli nii väetamisviiside kui ka aastate vaheline odra 'Anni' saagikus usutavalt erinev ($p < 0,05$). Mullaharimisviisi mõju hindamisel eri aastatel selgus, et:



Joonis 1. Odra 'Anni' saagikus aastatel 2012–2014 pindmise mullaharimise (M1) korral



Joonis 2. Odra 'Anni' saagikus aastatel 2012–2014 tavakünni (M2) korral



Joonis 3. Odra 'Anni' saagikus aastatel 2012–2014 sügavkünni (M3) korral

1. Ainult mineraalväetisega ja mineraalväetisele lisaks vedelsõnnikuga väetatud alal oli eri aastate vaheline odra 'Anni' saagikuste erinevus statistiliselt usutav ($p < 0,05$).
2. Mineraalväetisele lisaks kompostiga väetatud alal oli mullaharimistevaheline odra 'Anni' saagikuste erinevus samasugune sõltumata aastast, nagu oli ka aasta-
tevaheline odra 'Anni' saagikuste erinevus samasugune sõltumata mullaharimisest ($p > 0,05$).

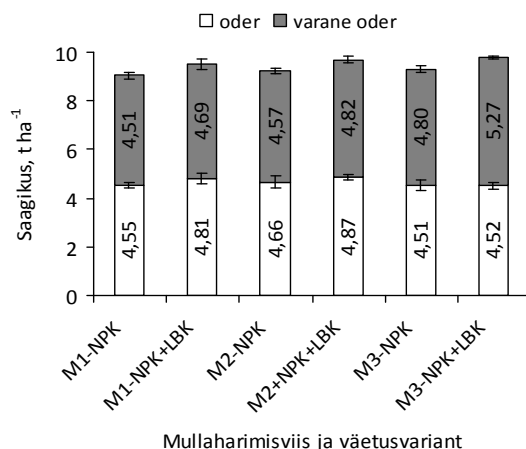
Kolme aasta andmete alusel ei saa teha lõplikke järeldusi, sest katsetulemusi mõjutavaid faktoreid on palju. Ülevaateartiklis (Diacono, Montemurro, 2009) on toodud eri riikides aastaid kestnud kompostiga väetamise katsete tulemuste ülevaade, kus teraviljade saagikuse suurenemine oli 10–15% kompostiga antud süsinikutonni kohta.

Komposti mõju on pikaajaline (Erhart, 2005; Amlinger *et al.*, 2003), seetõttu on arvatud otrade summaarne saagikus (odra korral komposti otsemõju ja varase odra korral komposti järelmõju).

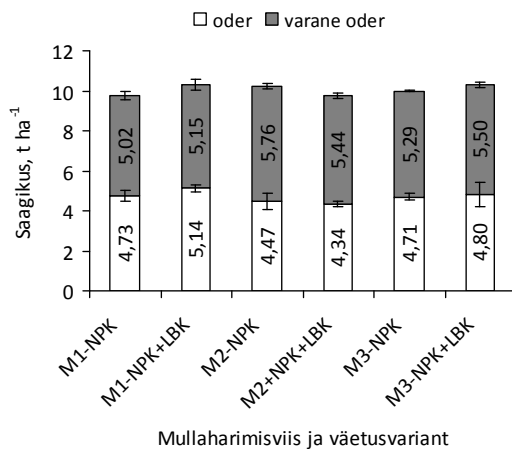
Tulemused 2011. aasta ja 2012. aasta sügisel laotatud komposti korral on esitatud graafiliselt joonistel 4 ja 5.

Andmetöötluse ning jooniste 4 ja 5 põhjal selgus, et:

1. 2011. aasta sügisel laotatud komposti mõjul suurenes otrade summaarne saagikus kõikide mullaharimisviiside korral (pindmine mullaharimine 4,8%, tavakünd 5,0% ja sügavkünn 5,3%) statistiliselt usutavalt ($p < 0,05$).
2. 2012. aasta sügisel laotatud komposti mõjul suurenes otrade summaarne saagikus pindmise mullaharimise ja sügavkünni variandis (vastavalt 5,6% ja 3,0%) ning vähenes tavakünni variandis 4,4%, kuid erinevused ei olnud statistiliselt usutavad ($p > 0,05$).



Joonis 4. 2011. a. sügisel laotatud komposti mõju otrade summaarsele saagikusele (2012 – oder, 2013 – varane oder), esitatud koos standardhälvetega



Joonis 5. 2012. a. sügisel laotatud komposti mõju otrade summaarsele saagikusele (2013 – oder, 2014 – varane oder), esitatud koos standardhälvetega

Katsetulemused kinnitavad kirjanduse (Erhart, 2005; Amlinger *et al.*, 2003) andmeid, et liigiti kogutud biojätmetest nõuetekohaselt valmistatud kompost sobib orgaaniliseks väetiseks. Selle kasutamisel on kaks peamist probleemi. Esiteks on komposti toitainete sisaldus kõikum, mistõttu on toitainebilansi koostamisel vaja arvestada konkreetse partii tegeliku toitainesisaldusega. See tähendab väetusplaani täiendamist vajaliku mineraalväetisekogusega. Teiseks on komposti mahumass väike ja seega on transpordimahud suured. Kuna laotamise peamine periood langeb aega, mil kohalike teede kandevõimed võivad olla niiskunud teetammide tõttu vähenenud, võib raskendatud ettevedu takistada komposti kasutamist. Üks lahendus oleks komposti vaheladustamine laotuskoha vahetus läheduses, kuhu materjal veetakse talvisel ajal. Nii kasutatakse alakooritud veovõimsusi paremini ja väheneb teede kahjustumine. Vaheladustamisel tuleb aga jälgida veekaitsenõudeid, et nõrgveed ei satuks veekogudesse.

Kokkuvõte

Mineraalväetisele lisaks kompostiga väetamine mõjus odra 'Anni' saagikusele positiivselt kõige enam pindharimisel (enamsaak 5,7–8,7%), erandiks oli saagikuse vähenemine ühel aastal 2,9%. Tagasihoidlikum positiivne mõju odra 'Anni' saagikusele oli sügavkünnil (enamsaak 0,2–1,9%), erandiks oli saagikuse vähenemine ühel aastal 2,4%.

Mineraalväetisele lisaks vedelsõnniku laotamisel oli positiivne mõju odra 'Anni' saagikusele kõigil aastatel kõikide vaadeldud mullaharimisviiside korral (enamsaak 8,4–31,4%), erandiks oli 2012. aasta pindmine mullaharimine, kui saagikus jäi ainult mineraalväetisega väetamisega samale tasemele.

Komposti mõju oli pikaajaline, seda kinnitab otrade summaarne saagikus, mis suurenes nii 2011. aastal kui ka 2012. aastal laotatud komposti toimel (enamsaak 3,0–5,6%), erandiks oli 2012. aastal laotatud komposti mõjul saagikuse vähenemine tavakünni variandis 4,4%.

Katsetulemused odraga näitavad, et liigiti kogutud jätmetest valmistatud kompost on sobilik orgaaniline väetis neile põllumeestele, kel ei ole võimalik kasutada vedel- või tahesõnnikut. Kuna komposti toitainete sisaldus sõltub suuresti kompostimisel kasutatud toorainest, tuleb juba väetusplaani koostamisel arvestada võimaliku hilisema korriigerimisvajadusega vastavalt laotatud materjali tegelikule toitainesisaldusele. Komposti kasutamise tõsiseks takistuseks on märkimisväärsete mahtude tõttu keerukaks muutuv logistika ja võimalikud keskkonnakahjud materjali hooletul käsitsemisel.

Tänuavaldused

Uurimistöö on tehtud Põllumajandusministeeriumi riikliku programmi „Põllumajanduslikud rakendusuringud ja arendustegevus aastatel 2009–2014“ raames rahastatava töö „Biolagunevatest jätmetest valmistatud komposti ohutu kasutamine põllumajanduses“ toel.

Kasutatud kirjandus

- Amlinger, F., Götz, B., Dreher, P., Geszti, J. 2003. Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilisation and availability – a review. – *European Journal of Soil Biology* **39**, 107–116.
- Diacono, M., Montemurro, F. 2009. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. – *Agronomy for Sustainable Development* **30**, 401–422.

- Erhart, E., Hartl, W., Putz, B. 2005. Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops. – *European Journal of Agronomy* **23**, 305–314.
- Keskkonnaministri määrus nr 7. 2013. Biolagunevatest jäätmetest komposti tootmise nõuded. Lisa 2. Kättesaadav: https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1100/4201/3001/KKM_m7_Lisa2.pdf# (viimati vaadatud 14.10.2014).
- Liivak, M. 2014. *Biolagunevatest jäätmetest kvaliteedinõuetele vastava komposti tootmine ja turundamise võimalused Eestis*. Lõputöö. Tallinn, Tallinna Tehnikakõrgkool, lk 41.

Eesti ja Hollandi rohumaa seemnesegude võrdlus

Rein Viiralt, Are Selge, Mailiis Tampere, Henn Raave, Argaadi Parol

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Rando Värnik, Katri Kall, Ülle Roosmaa

Eesti Maaülikooli majandus- ja sotsiaalinstituut

Lex van der Weerd

Barenbrug Holland BV

Abstract. Viiralt, R., Selge, A., Tampere, M., Raave, H., Parol, A., Värnik, R., Kall, K., Roosmaa, Ü., van der Weerd, L. 2015. The comparison of the productivity of Estonian and Dutch grassland seed mixtures. – Agronomy 2015.

To study comparatively the productivity of some typical seed mixtures and more valuable forage grasses and legume cultivars for Estonia and the Netherlands (Barenbrug origin) the field trial was established at Eerika Experimental Station on Stagnic Luvisol sandy loam soil (the humus content in the 0–20 cm layer 2.9%, total N content 0.14%, pH_{KCl} 6.3) in May, 2008. Over 7 years (2008–2014) Barenbrug mixtures (5) showed somewhat higher yields than Estonian ones (5): in relation to annual dry matter (DM) yield was increased by 21%, digestible dry matter (DDM) by 19%, crude protein (CP) by 12% and metabolizable energy production (ME; GJ ha^{-1}) by 19%. The average DM digestibility of seed mixtures of Estonian and Barenbrug origin was 66% and 65%, and the mean CP content in DM yield 18.9 and 17.5%, respectively. The best yielding ability among mixtures tested in 2008–2014 was observed with Barenbrug lucerne cv. Derby, Estonian lucerne cv. Karlu and Barenbrug grass-only mixture at N180 kg ha^{-1} (mean annual DM yield 12.16; 10.49 and 9.88 t ha^{-1} , respectively).

Keywords: forage grasses and legumes, seed mixture, grass production costs.

Sissejuhatus

Rohusööda sageli tagasihoidlik toiteväärtus takistab lüpsikarja piimatoodangu edasist tõusu just mitmetes intensiivsema tootmistasemega ettevõtetes. Ka võib rohusilo kvaliteet samas ettevõttes tugevasti kõikuda nii aastate kui ka hoidlate kaupa. Olukorra parandamiseks soovitatakse sileerida energiarikkamaid taimeliike ja sorte ning nende segusid, mis tuleb välja selgitada põldkatsetega. Sordiaretusega on püütud suurendada näiteks karjamaa-raiheina ja selle hübriidide veeslahustuvate suhkrute (kui energiariikaste ühendite) sisaldust, mis on suurendanud piimatoodangut (Humphreys, Marshall, 2000).

Eeltoodust selgub, et toodetava rohusööda (haljasrohi karjatamiseks või ette-veoks, rohusilo, hein) kvaliteet, eelkõige selle energia- ja proteiini- ning omastatava kiu sisaldus sõltuvad oluliselt rohumaa rajamiseks kasutatud seemnesegust.

Käesoleva uurimuse eesmärk oli võrrelda Eestis ja Hollandis kasutatavaid oma ja välismaistest sortidest koosnevaid rohumaa seemnesegusid, eeskätt saagikuse ja saagi toiteväärtuse ning eri liikide/sortide konkurentsivõime, taimiku püsivuse ja majandusliku efektiivsuse seisukohalt (tabelid 1–4).

Aastail 2008–2010 oli uurimuse tellijaks Enterprise Barenbrug Holland BV, 2011.–2014. a EV Põllumajandusministeerium.

Materjal ja meetoodika

Põldkatse korraldati EMÜ Rõhu katsejaama Eerika katsepõllul näivleeturud mullal (*Stagnic Luvisol*), mille huumushorisoni keskmine tusedus on 26 cm ja lõimis saviliiv kuni kerge liivsavi. Heinaseemned taimikute rajamiseks külvati 12. mail 2008.

Enne katse rajamist võetud mullaproovide andmetel oli huumushorisonis (pindmine 0–20 cm kiht) orgaanilise aine sisaldus keskmiselt 2,9%, üldlämmastikku oli 0,14%, mulla pH_{KCl} 6,3. Toiteelementide suhe mullas (Ca:Mg:K) oli 13:1,0:1,3 (rahuldav tase).

Kokkuvõtvalt oli katseala muld suhteliselt viljakas ja hästi kultuuristatud, sest orgaanilise aine (millest 85–95% on huumus) sisaldus oli näivleeturud mulla kohta suhteliselt kõrge (2,9%) ning süsiniku ja üldlämmastiku koguste suhe (C:N) mullas oli lähedane optimaalsele, olles keskmiselt 11,9.

Katsevariantid olid 3 korduses, katselapi mõõdud $7 \times 2,2$ m. Väetusfoon oli Barenbrugi kõrreliste segul (var 3) ja aru-raiheina puhaskülvil (var 11) N180P35K100 ning teistel segudel P35K100 kg ha⁻¹ aastas. 2011. a kevadel variantide 3; 8; 11; 12 lapid poolitati, et uurida veiste vedelsõnniku (VS) efektiivsust rohumaal (käesolevas töös VS-iga lappide saake ei käsitleta), mistõttu muutus ka VS-ita lapipoolte väetamine: var 3 ja 11 said 2011–2014 N180P0K0 ning var 8 ja 12 N0P0K0. Rohusaak määrati (3 niidet, külviaastal 2) katsekombainiga Haldrup (varustatud elektroonilise kaaluseadmega) kõikidelt taimikutelt samal ajal: lutsern ja ristikud valdavalt õitsemise algul, varasemad kõrreliised loomise faasis. Kõikidest katsevariantidest tehti niidete kaupa rohusaagi liigiline botaaniline kaalanalüüs. Keemilist umbrohutõrjet katsealal ei tehtud. Külviaastal (2008) tõrjuti umbrohute taimiku üleniitmisega juuni algul. Rohu toiteväärtus määrati EMÜ taimebiokeemia laboris. Saagiandmed töödeldi paketiiga STATISTICA 12.

Majandusliku hinnangu andmiseks eri rohumaasegudele (nr 1–10) kalkuleeriti tootmiskulud toodanguühiku kohta ehk kuivaine omahind kahel tasemel. Kasvava rohu kuivaine omahinda arvestati rohumaajagamiskulud saagiaasta kohta ning saagiaasta väetamise kulud. Silo tegemiseks sobivatele segudele arvutati omahind hoidlasse viidud närvutatud rohumassi kuivaine kohta, mis sisaldab niitmise, vaalutamise, hekseldamise, transpordi ja sileerimise kulusid. Segude kohta, millest Eestis silo tavaliselt ei tehta (var 6, 7), ei ole tabelis 4 esitatud hoidlasse pandud närvutatud rohu kuivaine omahinda. Närvutatud rohu KA omahinna leidmisel on arvestatud kümneprotsendilise saagikaoga võrreldes kasvava rohu saagitasemetega katses (tabel 2). Hoidlas sileerimise käigus tekkivat kuivaine kadu arvesse võetud ei ole. Kasutatud sisendite (väetised, kütus, silokonservant ja -kile jm) maksumus ja masinatööde kulud on arvestatud 2014. a hinnatasemetel vastavuses suurtootmise tehnoloogiaga.

Tulemused ja arutelu

Rohumaade seemnesegused on võrreldud ja hinnatud enamasti rajatud rohukamarate majanduslikult otstarbeka kasutuskestuse ning saagi suuruse, kvaliteedi ja omahinna põhjal. Tulemused on seejuures sõltunud suuresti kohapealsetest ilma- ja mullaoludest. Meie katseperioodil (2008–2014) oli üks rohumaale soodne aasta (2012), teiste aastate ilmaolud olid rohukasvaks keskpärased (esines põuaperioode).

Selgus ka, et 2009./2010. a karmil talvel Barenbrugi karjamaa-raiheina sordid ja hübriidne põldraiheina 'Molisto' talvitusid kehvalt, mistõttu nende osakaal kõnealuste segude KA saagis oli 2010. a vastavalt ainult 0,3–1,8% ja 2,8–10,6%.

Tabel 1. Erineva koostisega Eesti ja Hollandi segude produktiivsus 7 saagiaasta keskmisena Eerikal 2008.–2014. a

Seemnesegu nr ja koostis kaalu-%	Saak		Sisaldus KA saagis		Kuivaine seeduvus %
	KA t ha ⁻¹	TP t ha ⁻¹	TP %	ME MJ kg ⁻¹	
1. Karjamaa-raihein 'Mara' 30 kaalu-%, harilik aruhein sort 'Pradel' 30%, timut 'Tapio' 30%, valge ristik 'Alice' 6%, valge ristik 'Barbian' 4% (kokku 35 kg ha ⁻¹).	7,77 ²⁻⁴	1,48 ³	19,0	10,51	66,4
2. Harilik aruhein 'Pradel' 40%, põldtimut 'Tapio' 40%, valge ristik 'Alice' 10%, karjamaa-raihein 'Barsprinter' 10% (35 kg ha ⁻¹).	7,64 ¹⁻⁴	1,50 ³	19,6	10,66	67,3
3. Harilik aruhein 'Pradel' 30%, roog-aruhein 'Karolina' 60%, põldtimut 'Tapio' 10% (39 kg ha ⁻¹).	9,88 ^{5:6}	1,33 ^{1:3}	13,5	10,20	65,1
4. Põldtimut 'Tapio' 35%, põldtimut 'Bor-9911' 35%, punane ristik 'Astur' (varane, tetraploidne) 30% (25 kg ha ⁻¹).	8,61 ^{4:5}	1,40 ^{1:3}	16,3	10,38	65,6
5. Harilik (sinine) lutsern 'Derby' 100% (30 kg ha ⁻¹).	12,16 ⁷	2,35 ⁴	19,3	9,71	62,2
6. Karjamaa-raihein 'Raidi' (diploidne) 20%, karjamaa-raihein 'Raite' (tetraploidne) 20%, põldtimut 'Tia' 40%, valge ristik 'Tooma' 20% (18 kg ha ⁻¹).	6,44 ¹	1,21 ^{1:2}	18,8	10,46	66,3
7. Harilik aruhein 'Arni' 40%, põldtimut 'Tia' 30%, aasnumikas 'Esto' 15%, valge ristik 'Tooma' 15% (23 kg ha ⁻¹).	6,75 ^{1:2}	1,27 ¹⁻³	18,8	10,59	66,8
8. Punane ristik 'Varte' (varajane, tetraploidne) 55%, põldtimut 'Tia' 45% (20 kg ha ⁻¹).	6,92 ¹⁻³	1,21 ^{1:2}	17,5	10,65	67,3
9. Põldraihein (karjamaa-raiheina ja itaalia raiheina hübriid) 'Molisto' 70%, punane ristik 'Varte' 30% (31 kg ha ⁻¹).	7,52 ¹⁻⁴	1,28 ¹⁻³	17,0	10,57	66,8
10. Hübriidlutsern 'Karl' 100% (25 kg ha ⁻¹).	10,49 ⁶	2,23 ⁴	21,2	10,04	64,0
11. Aru-raihein (ehk festulolium, karjamaa-raiheina ja hariliku aruheina hübriid) 'Barfest' puhaskülv 100% (30 kg ha ⁻¹).	8,18 ^{3:4}	1,23 ^{1:2}	15,0	10,51	66,5
12. Aru-raihein 'Barfest' 70%, punane ristik 'Mars' 30% (25 kg ha ⁻¹).	7,68 ¹⁻⁴	1,08 ²	14,1	10,28	65,2

nr 1–5 – hollandi (Barenbrug) segud; nr 6–12 – Eesti segud

KA – kuivaine TP – toorproteiin ME – metaboliseeruv energia

^A Erinevate numbritega väärtused samas veerus on usutavalt erinevad ($p < 0,05$)

Tabel 2. Rohumaasegude saak sõltuvalt taimiku vanusest (I, II, III katseperiood*) ja rohundite osakaalust rohukamaras

Segu nr. (tab.1)	Kuivaine (KA) saak t ha ⁻¹			Metaboliseeruva energia sisaldus MJ kg ⁻¹ KA			Rohundeid KA saagis, kaalu- %		
	I*	II*	III*	I	II	III	I	II	III
Barenbrugi segud									
1	4,84 ²	7,59 ¹⁻³	8,92 ^{4,5}	11,15	10,44	10,46	25,6	1,2	13,2
2	5,04 ^{2,3}	7,77 ¹⁻³	8,38 ³⁻⁵	11,37	10,51	10,66	21,8	0,8	11,8
3	6,52 ¹	10,91 ⁴	9,96 ⁵	10,77	9,90	10,41	37,7	1,1	13,0
4	6,07 ^{1,3}	9,04 ¹	9,02 ^{4,5}	10,72	10,26	10,42	19,6	2,7	14,8
5	6,45 ¹	12,96 ⁵	13,27 ⁶	10,45	9,14	10,14	10,2	0,4	8,1
Eesti segud									
6	4,58 ²	6,37 ²	7,12 ¹⁻³	11,51	10,36	10,33	27,5	0,8	24,4
7	4,31 ²	6,80 ^{2,3}	7,51 ¹⁻⁴	11,36	10,62	10,41	18,3	0,9	19,0
8	6,03 ^{1,3}	8,15 ^{1,3}	5,99 ¹	10,93	10,67	10,53	17,6	1,5	21,7
9	6,61 ¹	8,82 ¹	6,52 ^{1,2}	10,81	10,60	10,45	10,7	3,3	36,5
10	5,14 ^{2,3}	11,01 ⁴	11,77 ⁶	10,74	9,63	10,30	18,5	0,7	9,6
11	6,70 ¹	9,24 ¹	7,73 ²⁻⁴	10,93	10,29	10,51	34,8	6,8	36,6
12	6,48 ¹	8,77 ¹	7,00 ¹⁻³	10,62	10,15	10,32	17,3	4,9	10,3

*Katseperiood: I – külviaasta (2008) II – 2009–2011 keskmine III – 2012–2014 keskmine

^Erinevate numbritega väärtused samas veerus on usutavalt erinevad ($p < 0,05$)**Tabel 3.** Liblikõieliste osakaalu muutumine aastati olenevalt seemnesegust

Seemnesegu nr. (tab.1)	Osakaal kuivaine aastasaagis, %						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Barenbrugi segud							
1	51,6	62,4	56,5	45,0	31,0	37,6	49,3
2	59,2	61,8	47,4	37,0	38,1	40,0	45,4
3	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
4	59,1	86,3	79,5	56,0	61,3	59,7	54,9
5	89,8	99,7	99,3	98,9	90,4	86,1	93,4
Eesti segud							
6	59,4	77,5	72,4	62,4	27,8	28,5	34,2
7	66,2	74,0	55,2	40,5	20,4	25,2	43,3
8	78,3	92,8	82,1	61,5	41,9	52,8	49,9
9	71,9	68,4	91,8	77,8	43,7	38,1	52,3
10	81,5	98,6	97,9	97,3	82,7	81,5	87,9
11	0,0	1,4	8,7	4,4	4,6	15,5	11,2
12	74,2	72,4	78,6	28,9	48,7	54,2	46,2

Rohusaagi liigiline koosseis sõltus katse esimesel poolel põhiliselt seemneseigust (tabel 1), edaspidi aga taimikus olevate liikide elueast, väetamisest ja konkurentsi-võimest. Külviaastal umbrohtusid (s.o rohundite osakaal segu KA aastasaagist) kõige vähem lutsern ‘Derby’ (10%) ja segu 9 (11%). Rohundite osa oli suurim variandis 11 (35%) ja üllatuslikult segus 3 (38%), teistes segudes oli neid 17–28%. Praktikast on külviaasta umbrohtuvusest siiski olulisem külvatud liikide püsivus täissaagiaastail. Kui võtta umbrohtuvuse kriteeriumiks 15% KA aastasaagist, siis enamik segusid (*excl.* lutsernid) ületas selle piiri 6. eluaastal (2013) rohundite osakaaluga 16–23%. Lühema kestusega olid var 11 festuloliumi puhaskülv (2011. a rohundeid 25%) ja segu 9 (2012. a 26% ja 2014. a 37%). Seevastu lutserni ‘Derby’ puhaskülvi KA saagis oli rohundeid 2013. a 12% ja 2014. a 5%, lutserni ‘Karlu’ korral vastavalt 12% ja 7%. Kõikides taimikutes moodustas üle 90% rohundite KA massist võilill.

Segude produktiivsus. Kõigist segudest usutavalt suurima KA saagi (tabelid 1 ja 2) andis lutsern ‘Derby’ puhaskülv, järgnesid lutsern ‘Karlu’ (var 10) ja Barenbrugi kõrreliste segu (var 3; N180). Seejuures ületas lutsern ‘Derby’ usutavalt Eesti sordi ‘Karlu’ KA saaki (tabel 2) külviaastal ja perioodil 2009–2011, kuid katse teisel poolel (2012–2014) enam mitte. Teiste segude KA ja TP aastasaagid 2008.–2014. a keskmisena valdavalt ei erinenud usutavalt ($p < 0,05$). Katseperioodi keskmisena olid segude KA metaboliseeruva energia (ME) sisaldus ja KA seeduvus (tabelid 1 ja 2) suhteliselt ühtlased (enamasti piirides vastavalt 10,3–10,7 MJ kg⁻¹ ja 65–67%). Teistest mõnevõrra väiksemad olid need näitajad lutsernidel (var 5 ja 10).

Tabelist 3 selgub, et lisaks lutsernidele püsisid segudes selles katses hästi ka punane ja valge ristik (sordid tabel 1).

Tabel 4. Erineva koostisega Eesti ja Hollandi segude kasvava rohu kuivaine (KA) omahind ja närvutatud rohumassi KA omahind kaetud silohoidlas 2008.–2014. a (€ t⁻¹)

Segu nr	2008		2009-2011		2012-2014		2009-2014	
	kasvava rohu KA omahind € t ⁻¹	närvutatud rohu KA omahind € t ⁻¹	kasvava rohu KA omahind € t ⁻¹	närvutatud rohu KA omahind € t ⁻¹	kasvava rohu KA omahind € t ⁻¹	närvutatud rohu KA omahind € t ⁻¹	kasvava rohu KA omahind € t ⁻¹	närvutatud rohu KA omahind € t ⁻¹
Barenbrugi segud								
1	38,45	85,98	33,98	78,48	30,65	74,54	32,31	76,51
2	36,86	82,65	33,17	76,90	31,26	74,06	32,21	75,48
3	44,59	86,22	34,03	72,68	24,37	64,95	29,20	68,81
4	29,59	69,81	28,90	69,54	29,13	70,64	29,02	70,09
5	29,12	68,19	20,39	58,44	19,56	57,08	19,97	57,76
Eesti segud								
6	39,22	-	40,81	-	36,79	-	38,80	-
7	41,72	-	37,25	-	35,89	-	36,57	-
8	29,49	70,40	20,14	64,66	6,24	53,76	13,19	59,21
9	27,07	65,71	30,15	74,57	40,47	90,64	35,31	82,60
10	35,39	79,76	23,47	66,19	21,52	59,24	22,49	62,72

Eesti ja Hollandi segude KA saagi omahinda (tabel 4) on käsitletud kolmes etapis: rajamisaasta ja kaks järgnevat kolmeaastast perioodi. Tulenevalt erinevustest väetamises kujunesid märkimisväärselt erinevaks ka omahinna tasemed perioodide võrdluses variandis 8. Aastatel 2008–2010 kasutati väetisena P35K100, 2011.–2014. a ei antud selles variandis katse eesmärkide muutumisel väetist. Seetõttu perioodi 2012–2014 keskmine kasvava rohu kuivaine omahind on vaid 6,24 € t⁻¹ ning silotootmise kulud hoidlasse viidud närvutatud rohu kuivaine tonni kohta 53,76 € t⁻¹.

Seega võib väita, et ekstensiivsel tootmisel (või piiratud rahaliste võimaluste korral), kus eesmärgiks ei ole võimalikult kõrge saak ja ME toodang hektari kohta, on punase ristiku ja põldtimuti segu PK-väetist andmata (var 8) kuluefektiivne valik. Piiratud maaressursi, seemne kättesaadavuse ning selle sobiva hinnataseme korral tuleks eelistada lutserni kasvatamist (var 5 ‘Derby’, var 10 ‘Karlu’), mille puhul olid tootmisomahinnad võrreldes liblikõieliste-kõrreliste segudega madalaimad nii katseaja keskmisena (6 a) kui ka teise ja kolmanda perioodi lõikes.

Tulenevalt 2012. a soodsast ilmastikust ja kõrgest saagitasemest, on perioodil 2012–2014 tootmisomahinnad madalamad kui perioodil 2009–2011, kuigi rohundite osakaal saagis oli perioodil 2012–2014 suurem.

Järeldused

Katseaastate (7) kokkuvõttes olid Barenbrugi rohumaasegud mõnevõrra produktiivsemad, ületades Eesti segusid kuivaine saagilt keskmiselt 21%, seeduva kuivaine koguselt 19%, toorproteiini saagilt 12% ning metaboliseeruva energia toodangult (GJ ha⁻¹) 19%. Eesti ja Hollandi segude kuivainesaagi keskmine (7 a) seeduvus oli vastavalt 66% ja 65% ning toorproteiini sisaldus kuivaines 18,9% ja 17,5%. Barenbrugi segud umbrohtusid aeglasemalt kui Eesti segud: 2012.–2014. a keskmisena oli rohundite osakaal kuivaine saagis vastavalt 12% ja 22%. Eesti lutsernisort ‘Karlu’ konkureeris edukalt Barenbrugi sordiga ‘Derby’ nii taimikus püsivuse kui ka saagi suuruse poolest. Rohu kuivaine tootmisomahind sõltus eeskätt vastava segu saagitasemest ja väetamiskuludest.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetasid Enterprise Barenbrug Holland BV (2008.–2010. a) ja Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium (2011.–2014. a).

Kasutatud kirjandus

Humphreys, M., Marshall, A. 2000. Herbage breeding and seed production: past, present and future. – *Conventional and ecological grassland management. Comparative Research and Development*. Proceedings of the International Symposium. Tartu, Juuli 4–6, lk 46–52.

Taimekaitse

Plant protection

Kimalaste õietolmu korje sõltuvalt aedmaasika kasvatustehnoloogiast

Gerit Dreyersdorff, Reet Karise, Marika Mänd

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Dreyersdorff, G., Karise, R., Mänd, M. 2015. Strawberry pollen forage of bumble bees depending on production systems. – Agronomy 2015.

Strawberry is a fruit crop grown worldwide. There are two main strawberry production systems: open fields and protected cultures (greenhouses or high tunnels). Growing strawberries under high tunnels has many advantages such as protection from different weather conditions, but also disadvantages such as lack of pollinators. The aim of this study was to investigate whether additional pollinators (bumble bees) visit strawberry flowers at different rate under high tunnels compared to open fields. Field experiment was performed to collect and analyze bumble bee corbicular pollen from hives located under high tunnels and open fields. We found that bumble bees under high tunnels gathered more pollen from plant species (strawberry and white clover) present there. By bringing additional pollinators under high tunnels attention should be paid, what kind of other plant species and how abundantly they are flowering there besides strawberry. Under high tunnels the weather conditions are somewhat different which also may affect bumble bee foraging behaviour.

Keywords: *Fragaria* × *ananassa*, strawberry production systems, *Bombus terrestris*

Sissejuhatus

Aedmaasikas (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) on maailmas laialdaselt kasvatatav viljakultuur: FAOSTAT-i (2014) andmetel oli 2012. aastal aedmaasika kogutoodang maailmas 4,5 miljonit tonni, millest 42,8% toodeti Ameerika Ühendriikides ja 29,2% Euroopas. Eestis oli aedmaasika toodang samal aastal 1,7 tuhat tonni.

Aedmaasika kasvatases on kaks peamist tehnoloogiat: avamaal kasvatamine ja kaetud keskkonnas kasvatamine, millest viimane hõlmab kasvuhooneid ning kõrgeid ots-test avatud kiletunneleid (Salamé-Donoso *et al.*, 2010). Tihti arvatakse, et kiletunnelites kasvatamine on sama, mis kasvuhoonetes kasvatamine, kuid tegelikult on tegemist kahe täiesti erineva tehnoloogiaga (Lamont, 2009). Kui kasvuhooned on püsivad, enamasti soojendus- ja ventilatsioonisüsteemidega varustatud, siis kiletunneleid ei kõeta ja sealne õhutus toimub üleskeeratavate külgeinte kaudu (Salamé-Donoso *et al.*, 2010). Aedmaasika kasvatases on kiletunneleid laialdaselt kasutama hakatud üle kogu maailma, sest neil on võrreldes avamaal kasvatamisega mitu eelist. Majanduslikust aspektist on kõige olulisem eelis varase saagi saamine ajal, kui aedmaasika hind on kõrgeim. Lisaks pakuvad kiletunnelid kaitset tuule, vihma ja päikese eest ning vähendavad umbrohtude ja taimehaiguste levikut (Lamont, 2009). Puuduseks võib osutada looduslike tolmeldajate piiratud ligipääs õitele, mistõttu võib olla vajalik lisatolmeldajate toomine tunnelitesse.

Poolavatud kiletunneli puhul ei ole takistatud sinna toodud lisatolmeldajate siirdumine mujal õitsevatele, atraktiivsematele toidutaimedele. Kimalased (*Bombus terrestris* L.) tolmeldavad laia valikut õitsevaid taimi ja võivad ühe korjelenu jooksul külastada mitut eri toidutaimet (Delaplane, Mayer, 2000; Thorp, 2000). Nende korjekäitumist ja toidutaimede valikut mõjutavad mitmesugused visuaalsed tunnused, näiteks õite värvus, suurus ja kuju, kuid põhiline eelistus sõltub konkreetse toiduresursi kvaliteedist antud

kimalase liigi jaoks (Karise, 2003). Meie tingimustes on kevadel lisaks aedmaasikale teisi kimalastele atraktiivsemaid toidutaimi, näiteks taliraps ja valge ristik, mis võivad suuresti mõjutada aedmaasika õietolmu korjet. Samas mitmed aedmaasika sordid, näiteks Eestis populaarne 'Polka' (Tuohimetsä *et al.*, 2014) vajavad maksimaalse saagi kujunemiseks putuktolmeldajaid.

Uurimistöe eesmärk oli teada saada, kas kimalased kui lisatolmeldajad koguvad aedmaasika õietolmu kiletunnelites ja avamaal erinevalt.

Materjal ja meetodika

Katseandmed koguti aedmaasika õitsemise ajal 11. ja 16. juunil 2014. aastal Päkste külas, Haaslava vallas, Tartumaakonnas. Lisatolmeldajatenakasutatud kimalaste (*B. terrestris* L.) pered olid Hollandist (Koppert Biological Systems) ostetud tööstuslikult kasvatatud pered. Kimalaste peredest 3 paigutati avamaa aedmaasikapõllule ja 3 kiletunnelitesse, mõlemal katsealal kasvatati aedmaasika sorti 'Sonata'. Kiletunnelite pikkus oli 100 m ja laius 7,5 m. Aedmaasikapõllu suurus avamaal oli 5,4 ha, tunnelites 0,4 ha. Aedmaasika kasvutingimused kiletunnelis erinesid avamaa tingimustest: seal ei sadanud, õied ei märkunud ja temperatuur oli sõltuvalt ilmastikust mõnevõrra kõrgem.

Selleks et teada saada aedmaasika õietolmu osakaalu kimalaste korjatud õietolmust, koguti avamaale ja kiletunnelitesse paigutatud tarudesse naasvatelt kimalastelt õietolmukämbud. Proovid töödeldi 96% etaanhappega, mille järel oli võimalik valgusmikroskoobis määrata õietolmutterade liigilist koosseisu. Igast proovist määrati 200 tolmutera ning arvutati aedmaasika ja teiste taimeliikide osatähtsus korjes. Õietolmutterad määrati sugukonna, võimaluse korral liigi tasemeni. Taimeliigid, mille osakaal kimalaste kogutud õietolmus jäi alla 5%, grupeeriti „Muu“ alla.

Katseandmete statistiliseks töötlemiseks kasutati statistikaprogrammi STATISTICA 12. Õietolmude esinemise sageduste analüüsimiseks kasutati Chi^2 -testi.

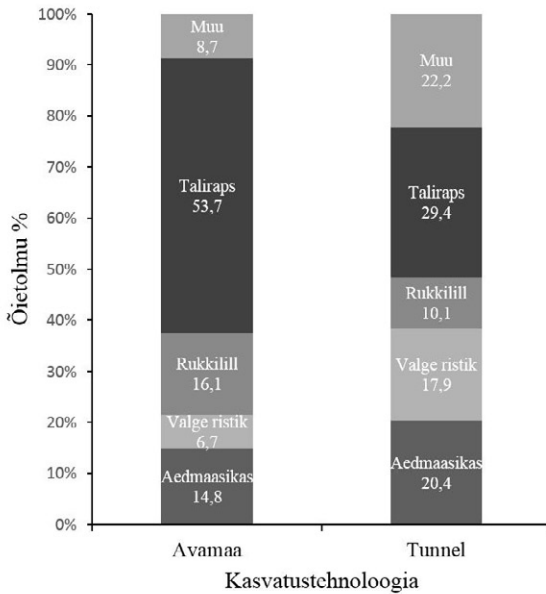
Tulemused ja arutelu

Kimalaste kogutud õietolmu proportsionaalne erinevus sõltuvalt kasvatustehnoloogiast (joonis 1) näitas, et kui avamaal moodustas aedmaasika õietolm $14,8 \pm 4,2\%$ (keskmine \pm standardviga) kimalaste korjatud õietolmust, siis kiletunnelites paiknevate kimalaste kogutud õietolmus oli seda oluliselt rohkem – $20,4 \pm 3,1\%$ ($Chi^2 = 81$; $p < 0,001$).

Kiletunnelis kasvas lisaks aedmaasikale valge ristik (*Trifolium repens* L.), mida tunnelis paiknevad kimalased külastasid oluliselt sagedamini ($Chi^2 = 396$; $p < 0,001$) kui avamaa kimalased. Keskmiselt koguti valge ristiku õietolmu kiletunnelites $17,9 \pm 2,9\%$ ja avamaal $6,7 \pm 3,1\%$. Muid taimeliike peale aedmaasika ja valge ristiku kiletunnelite all ei õitsenud.

Taliraps (*Brassica napus* var. *Olifera* Mezg.), mis oma nektari- ja õietolmurikaste õitega hästi kimalasi ligi meelitab (Mänd *et al.*, 2010), oli lõpetamas õitsemist ca 800 m kaugusel katsepõllust. Avamaal paiknenud tarudesse toodi talirapsi õietolmu oluliselt rohkem ($Chi^2 = 966$; $p < 0,001$) kui kiletunnelites olevatesse tarudesse (keskmised vastavalt $53,7 \pm 5,7\%$ ja $29,4 \pm 4,1\%$). Kuigi talirapsi õietolm oli tunnelites paiknevates tarudes võrreldes teiste taimeliikide õietolmuga enim korjatud, toodi seda tarudesse vähem kui kiletunnelites kasvavate taimeliikide (aedmaasikas ja valge ristik) õietolmu kokku.

Katsepõllu ümbruses õitses rikkalikult ka rukkilill (*Centaurea cyanus* L.), mille õietolmu avamaal asuvate tarude kimalased kogusid oluliselt rohkem kui kiletunnelites



Joonis 1. Kimalaste (*Bombus terrestris* L.) kogutud õietolmu proportsionaalne erinevus (%) sõltuvalt kasvatustehnoloogiast. Muu alla grupeeriti taimeliigid, mille osakaal kogutud õietolmus jäi alla 5%

paiknevad kimalased ($Chi^2 = 127$; $p < 0,001$) (keskmiselt avamaal $16,1 \pm 3,8\%$ ja tunnelites $10,1 \pm 2,6\%$).

Tulemused näitasid, et sõltuvalt kasvatustehnoloogiast võib kimalaste õietolmu korje olla erinev. Hoolimata sellest, et kiletunnelid on osaliselt avatud ja läheduses kasvas kimalastele atraktiivne toidutaim taliraps, korjasid avamaal paiknenud tarudega võrreldes kiletunnelis olnud kimalased rohkem seal kasvavate taimeliikide õietolmu.

Kimalased on mitmetoidulised putukad, kes eelistatult korjavad ühe korjelennu jooksul mitme eri taimeliigi õietolmu (Raine, Chittka, 2007; Keasar *et al.*, 2013). Heglandi (2014) avaldatud materjalide põhjal suurendab mõõdukas taimeliigiline mitmekesisus põllu vahetus läheduses kultuurtaimede tolmeldamist ja saagikust. Kiletunnelites kasvanud valge ristik võis aedmaasikaga konkureerimise asemel hoopis soodustada kimalaste tunnelis püsimist, pakkudes alternatiivset toiduresurssi. Et sellele oletusele kinnitust leida, tuleks korraldada võrdlev katse.

Lisaks alternatiivsetele korjetaimedele mõjutavad kimalaste käitumist suurel määral ka ilmastikutingimused. On tõestatud, et halvemates ilmastikutingimustes korjavad kimalased kuni veerandi võrra vähem õietolmu (Tuell, Isaacs, 2010). Sademete puudumine kiletunnelis pakub kimalastele rohkem korjeaega võrreldes avamaastikul paiknevate kimalastega ja lisaks on kiletunnelis temperatuur kõrgem. Viimane võib aga osutada ka kimalaste korjet pärssivaks teguriks, kuna liiga kõrge õhutemperatuuri korral jäävad kimalased pessa (Martinez *et al.*, 2014).

Kokkuvõte

Ühe aasta tulemused näitasid, et kiletunnelitesse viidud kimalased kogusid tunnelites õitsevate taimeliikide õietolmu proportsionaalselt kõige rohkem. Lisatolmeldajate viimisel kiletunnelitesse tuleb pöörata tähelepanu, mis taimeliigid ja kui rikkalikult need lisaks aedmaasikale seal õitsevad, võttes arvesse seda, et alternatiivse toidutaimede mõõdukas arvukus võib soodustada aedmaasika tolmeldamist.

Tänuavaldused

Suur tänu Paavo Otsusele ja Jaanika Märdimäele meeldiva koostöö eest. Uurimistööd finantseerisid projekt ERA-NET CORE Organic II BICOPOLL, Haridus- ja Teadusministeerium (SF0170057s09 ja IUT36-2) ning ETF-i grant nr 9450.

Kasutatud kirjandus

- Delaplane, K.S., Mayer, D.F., 2000. Crop Pollination by Bees. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, 344 lk.
- FAOSTAT. 2014. FAOSTAT Agricultural data. Production of Strawberries. Kättesaadav: <http://faostat3.fao.org/home/E> (viimati vaadatud 5.12.2014).
- Hegland, S.J. 2014. Floral neighbourhood effects on pollination success in red clover are scale-dependent. – *Functional Ecology* **28**, 561–568.
- Lamont, W.J. 2009. Overview of the Use of High Tunnels Worldwide. – *HortTechnology* **19** (1), 25–29.
- Karise, R., 2003. Kimalaste selektiivne öievärvi valik hübriidlutsernil (*Medicago x varia*). Magistritöö. Eesti Põllumajandusülikool, Tartu, 58 lk.
- Keasar, T., Motro, U., Shmida, A. 2013. Temporal reward variability promotes sampling of a new flower type by bumblebees. – *Animal Behaviour* **86**, 747–753.
- Martinez, F.D., Garcia, F.J.S., Hernandez, M.S., Ferre, F.C. 2014. Evaluation of a novel bumble bee pollination station under summer greenhouse conditions. – *Journal of Apicultural Research* **53** (3), 408–412.
- Mänd, M., Williams, I. H., Viik, E., Karise, R. 2010. Oilseed Rape, Bees and Integrated Pest Management. – *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Toim Williams, I. H., Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, lk 357–379.
- Raine, N.E., Chittka, L. 2007. Flower constancy and memory dynamics in bumblebees (Hymenoptera: Apidae: Bombus). – *Entomologia Generalis* **29**, 179–199.
- Salamé-Donoso, T.P., Santos, B.M., Chandler, C.K., Sargent, S.A. 2010. Effect of High Tunnels on the Growth, Yields, and Soluble Solids of Strawberry Cultivars in Florida. – *International Journal of Fruit Science* **10**, 249–263.
- Thorp, R.W., 2000. The collection of pollen by bees. – *Plant Systematics and Evolution* **222** (1–4), 211–223.
- Tuell, J.K., Isaacs, R. 2010. Weather During Bloom Affects Pollination and Yield of Highblush Blueberry. – *Journal of Economic Entomology* **103** (3), 557–62.
- Tuohimetsä, S., Hietaranta, T., Uosukainen, M., Kukkonen, S., Karhu, S. 2014. Fruit development in artificially self- and cross-pollinated strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*). – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science* **64** (5), 408–415.

Toidu kvaliteedi mõju kartulimardika (*Leptinotarsa decemlineata* Say) kaevumiskäitumisele

Külli Hiisaar, Katrin Jõgar, Luule Metspalu, Reet Karise

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Hiisaar, K., Jõgar, K., Metspalu, L., Karise, R. 2015. The effect of food quality on digging behaviour of Colorado potato beetles. – Agronomy 2015.

The Colorado potato beetles from northern population usually maintain their activity and continue foraging and reproducing at the conditions of long day photoperiod (> 15.8 h); diapause is induced primarily by a short-day photoperiod. The day length is not the only signal for beetles about changeable weather conditions. We found that the host plant quality had significant additional effect on diapaus behaviour of the beetles; after feeding on fresh young potato leaves one third of the beetles from the first summer generation initiated diapause and burrowed into the soil at long day conditions; after feeding on old wilted leaves or temporary starving three-fourth of the beetles stopped feeding and burrowed into the soil. Such behaviour of beetles enables the population to avoid the risk of total perishing if the environmental conditions might suddenly change worse and the beetles might not manage to finish their development before overwintering.

Keywords: diapaus, food, long day photoperiod, two generations

Sissejuhatus

Invasiivne kartulimardikas, *Leptinotarsa decemlineata* Say, kelle algkodumaa on Mehhiko, on lühikese ajaga oma areaali suurel määral laiendanud, hõlmates nüüdseks 16 000 000 km² suuruse ala (Lehman *et al.*, 2014). Oma arengult on kartulimardikas pikapäeva tüüpi liik, kellel põhjapiirkondades kujuneb puhkeseisund siis, kui valgusperioodi pikkus on alla 15,8 tunni (Noronha, Cloutier, 2006). Eestis langeb see periood augusti keskpaika. Kui suvise põlvkonna mardikad jõuavad oma arengu varem lõpetada, võivad nad anda veel teise põlvkonna, kui on piisavalt kvaliteetset toitu ja ööpäevased temperatuurid on kõrgemad kui 12,5 °C (Tauber *et al.*, 1988). Juba kümme aastat tagasi panime tähele, et üksikud suvise põlvkonna mardikad hakkasid veel suve teisel poolel munema. Kindlalt fikseeritud kaks täispõlvkonda arenes Eestis esmakordselt 2010. aastal, kui efektiivsete temperatuuride summa, 820 kraad/päeva, ületas piiri, mis on vajalik ühe põlvkonna arenguks (300–400 kraad/päeva) (Boman, 2008; Hiisaar *et al.*, 2013). Kirjanduses on andmeid selle kohta, et ka pikapäeva tingimustes jääb osa mardikatest kesksuvel diapausi (Tauber *et al.*, 1988), kusjuures üksikutel mardikatel võib puhkeseisund kesta isegi kuni kaheksa aastat (Yocum *et al.*, 2011). Päeva pikkuse kõrval on teistelgi teguritel oma osa puhkeseisundi kujunemisel. Noronha ja Cloutier (2006) andmetel võimaldasid noored kartulilehed osal mardikatest jätkata munemist veel septembriski, kuigi lühipäev ja langevad temperatuurid peaksid mardikad juba augusti keskel diapausi viima. Kahe põlvkonna areng põhjamaades on uus nähtus ning ei ole teada, kuidas see võiks mõjutada tervikuna mardika asurkonna arvukust ja struktuuri meie aladel.

Käesoleva töö eesmärk oli hinnata toidu kvaliteedi mõju kartulimardika suvise põlvkonna mardikate arengule ja puhkeseisundi kujunemisele pikapäeva tingimustes.

Hinnati, kui palju suvise põlvkonna mardikatest jätkab aktiivset arengut ja kui palju neist kaevub mulda, toitudes erineva kvaliteediga taimedel.

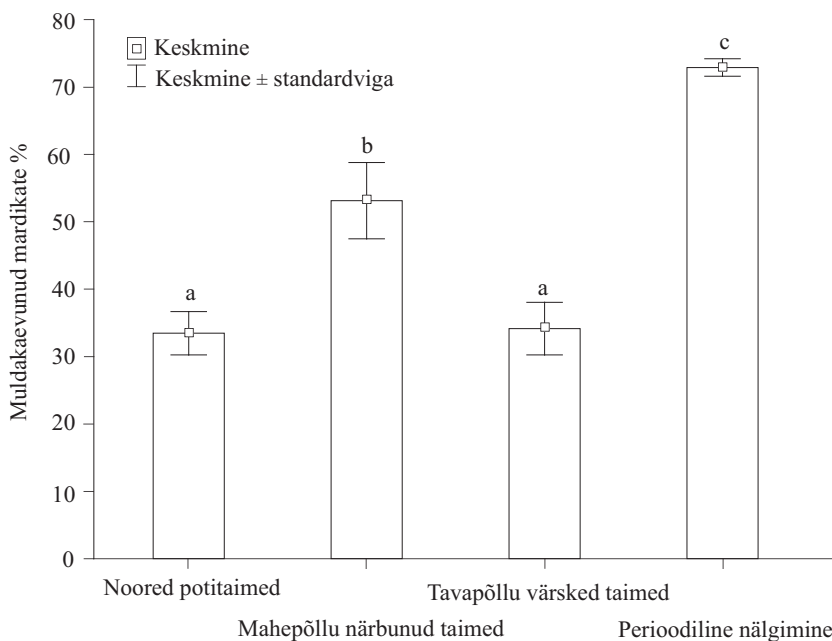
Metoodika

Mardikate käitumist põllu tingimustes on raske jälgida, seetõttu viidi 2013. aastal läbi katse Eesti Maaülikooli Kreutzwaldi 5 õppehoone katseterrassil naturaalses valgus- ja temperatuuritingimustes. Kartulimardikaid koguti mahe- ja tavaviljeluse katselappidelt juulikuu keskel kohe peale nende mullast väljumist, kui valgusperioodi pikkus oli > 16 h. Katsesse valiti ainult suvise põlvkonna noormardikad, keda sai kergesti eristada talvitunud põlvkonna mardikatest õrnade veel täielikult kõvastumata oranžikate kattetiibade järgi. Mardikad paigutati valgust ja õhku läbilaskvate võrkisolaatorite alla ning neid toideti (i) spetsiaalselt ettekasvatatud noortel potitaimedel; (ii) maheviljeluse katselappidelt kogutud lehemädanikust kahjustatud veidi närbunud taimelehtedel; (iii) tavaviljeluse katselappidelt kogutud tervetel taimedel; (iv) erineva kvaliteediga toiduga, kuid mardikatel tuli perioodiliselt 1–2 päeva kaupa nälgida. Toitu vahetati või lisati iga 2 päeva tagant. Katse oli kolmes korduses, igas korduses 16–19 mardikat. Eeldades, et noormardikatel kulub diapausi väljakujunemiseks 19 päeva (Piironen *et al.*, 2011), kestis katse kuu aega – juuli keskpaigast augusti teise pooleni – seejärel loendasime mulda kaevunud mardikad ning aktiivsed mardikad, kes jätkasid toitumist ja munemist.

Tulemused

Katsetulemused on toodud joonisel 1. Kartulimardika käitumist mõjutab toidu kvaliteet (ANOVA: $F_{(3,8)} = 23,52$; $p = 0,0003$).

Vaatamata pikapäeva tingimustele kaevus kõikides variantides osa mardikatest pärast paari nädala pikkust toitumist mulda, mida saab hinnata kui diapausi sündroomi.



Joonis 1. Kartulimardika suvise põlvkonna mardikate mulda kaevumine pikapäeva tingimustes sõltuvalt toitumise tingimustest. Erinevad tähed tulpade kohal näitavad statistiliselt usaldusväärset erinevust variantide vahel ($p = 0,0003$). Vertikaaljooned tulpadel tähistavad standardviga

Kõige vähem mardikaid kaevus mulda variandis, kus toiduks olid noored värsked potis kasvatatud taimed ja tavapõllult toodud terved mahlakad kartulipealsed, nende variantide vahel puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus ($p > 0,005$). Kõige enam, ligi kolm neljandikku mardikaid kaevus mulda variandis, kus mardikad pidid aeg-ajalt nälgima. Mahepõllu taimedega toidetud mardikatest jätkasid aktiivset arengut pooled. Need mardikad, kes ei kaevunud mulda, hakkasid peagi munema, andes veel teisegi põlvkonna. Munemisintensiiivsust sõltuvalt toidutaimede kvaliteedist on kirjeldatud katsetes raske hinnata, kuna vangistuses sõid mardikad oma munakurnad sageli ise ära.

Arutelu

Kartulimardika põhjapiirkonna populatsioonil kujuneb diapaus lühipäeva tingimustes, kui valgusperioodi pikkus on alla 15,8 tunni (Noronha, Cloutier, 2006), meie laiuskraadil langeb see periood augusti viimasesse dekaadi. Kriitilisest pikema valgusperioodi tingimustes üldjuhul puhkeseisundit ei kujune, seega juulikuu jooksul koorunud mardikad oleksid pidanud olema orienteeritud aktiivsele arengule, meie katsetes kaevus aga osa mardikatest juba kesksuvel mulda. Mulda kaevumist peale küpsussööma läbimist on vaadeldud kindla diapausi sündroomina (Hare, 1983).

Päevapikkus on kartulimardika puhkeseisundi kujunemises küll määrav, kuid alahinnata ei saa ka teisi signaale, mis annavad mõõduka kliimaga ökosüsteemis olevatele mardikatele täiendavat informatsiooni muutuvatest keskkonnatingimustest (Izzo *et al.*, 2014). Hare (1983) peab toidu kvaliteeti kõige olulisemaks teguriks diapausi formeerumisel. Meie katsetes noortel värsketel taimedel toitudes jätkas kolmveerand katsetes olnud mardikatest arengut; toitudes kolletunud kuivanud taimedel või perioodiliselt nälgides jäi vaid veerand mardikatest aktiivseks.

Suvised populatsiooni arengu pidurdus ka kõigi soodsate tingimuste olemasolul on mardika ellujäämise strateegia (Yocum *et al.*, 2011). Soome teadlaste äsja ilmunud töös (Lehman *et al.*, 2014) analüüsitakse põhjalikult eri laiuskraadidelt toodud mardikate käitumist ja puhkeseisundi formeerumist eri keskkonnategurite toimel. Autorid leidsid, et lõuna populatsiooni mardikad kaevusid sageli mulda ka ilma diapausi kujunemiseta, millele on omane üldainevahetuse taseme langus, varuainete järsk tõus ning kõrge lipiidide tase, mis annab mardikatele suurema talvekindluse. Mulda kaevumine aitab liigil kiiresti kohaneda uutest asukohtades vaatamata sellele, et esialgu ei toimu neis diapausi seisundile iseloomulikke füsioloogilisi muutusi.

Eestimaal kartulimardika populatsioon on sagedaste sisserännete tõttu heterogeenne, siia kuuluvad nii kohalike oludega juba kohastunud mardikad kui ka äsja lõuna poolt sisserännanud isendid ning seetõttu ei saa kõigi mardikate käitumist üheselt hinnata. Äsja sisserännanud mardikad peavad ellujäämiseks uute keskkonnatingimustega kohastuma või püüdma neid vältida. Mulda kaevumist võibki vaadelda kui käitumist, mis aitab mardikatel vältida ohtusid, mida toovad endaga kaasa meie kliimale iseloomulikud ootamatud ilmastikumutused, mis avaldavad mõju ka toidutaimedele. Sademeterohekkel suvel hävivad kartulipealsed varakult haiguste tõttu, põua puhul näruvad ja koltuvad taimed juba kesksuvel.

Kokkuvõte

Kartulimardikas saab informatsiooni keskkonna muutuvast seisundist toidu kaudu. Toidu halvenenud kvaliteet või ajutine nälgimine on mardikatele arengu peatamise sig-

naal. Varajane soe kevad ei garanteeri veel soodsate tingimuste kestmist kogu vegetatsiooniperioodi vältel. Kesksuvel pikapäeva tingimustes osaline mulda kaevumine on liigi ellujäämisstrateegia, mis võimaldab mis tahes tingimuste juures populatsioonil püsima jääda.

Tänuavaldused

Uurimustööd finantseerisid projekt ERA-Net CORE Organic II TILMAN-ORG ja Haridus- ja Teadusministeerium (SF0170057s09 ja IUT36-2).

Kasutatud kirjandus

- Boman, S. 2008. Ecological and Genetic Factors Contributing to Invasion Success: The Northern Spread of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). Doktoritöö. University of Jyväskylä. – *Jyväskylä studies in biological and environmental science* **194**, 50 lk.
- Hare, J.D. 1983. Seasonal variation in plant-insect associations: utilization of *Solanum dulcamara* by *Leptinotarsa decemlineata* Say. – *Ecology* **64** (2), 345–361.
- Hiisaar, K., Jõgar, K., Williams, I.H., Kruus, E., Metspalu, L., Luik, A., Ploomi, A., Eremeev, V., Karise, R., Mänd, M. 2013. Factors affecting development and overwintering of second generation Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in Estonia in 2010. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil and Plant Science* **6**, 506–515.
- Izzo, V., Armstrong, J., Hawthorne, D., Chen, Y. 2014. Time of the season: the effect of host photoperiodism on diapause induction in an insect herbivore, *Leptinotarsa decemlineata*. – *Ecological Entomology* **39** (1), 75–82.
- Lehman, P., Lyytonen, A., Piironen, S., Lindström, L. 2014. Northward range expansion requires synchronization of both overwintering behaviour and physiology with photoperiod in invasive Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say. – *Physiological Ecology*, DOI: 10.1007/s00442-014-3009-4.
- Noronha, C., Cloutier, C. 2006. Effects of potato foliage age and temperature regime on pre-diapause Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). – *Environmental Entomology* **35** (3), 590–599.
- Piironen, S., Ketola, T., Lyytinen, A., Lindström, L. 2011. Energy use, diapause behaviour and northern range expansion potential in the invasive Colorado potato beetle. – *Functional Ecology* **25** (3), 527–536.
- Tauber, M.J., Tauber, C.A., Obrycki, J.J., Gollands, B., Wright, R.J. 1988. Voltinism and the induction of aestival diapause in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae). – *Annals of Entomological Society of America* **81** (5), 748–754.
- Yocum, G.D., Rinehart, J.P., Larson, M.L. 2011. Monitoring diapause development in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say, under field conditions using molecular biomarkers. – *Journal of Insect Physiology* **75**, 645–652.

NeemAzal T/S-i toimest kapsaöölase (*Mamestra brassicae* L.) arvukusele

Katrin Jõgar, Luule Metspalu, Külli Hiiesaar, Angela Ploomi, Liina Loorits

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Jõgar, K., Metspalu, L., Hiiesaar, K., Ploomi, A., Loorits, L. 2015. Influence of NeemAzal T/S on *Mamestra brassicae* L. – Agronomy 2015.

The aim of this study was to explore the effects of different concentrations and treating methods of the botanical insecticide NeemAzal T/S on *Mamestra brassicae*. During the observation period *M. brassicae* larvae was found in lower numbers from treated plants (0.03% and 0.3% solution spraying and 0.3% solution watering) than from untreated plants. There were no significant differences between the treated variants. NeemAzal T/S acted on cabbage moth females as a weak repellent and oviposition deterrent. According to our results 0.3 and 0.03% concentration of NeemAzal T/S was effective for cabbage moth control.

Keywords: *Mamestra brassicae*, azadirachtin, biopesticide, dosage

Sissejuhatus

Kapsaöölane (*Mamestra brassicae* L.) on laialt levinud mitmetoiduline kahjurputuka liik, kelle röövikuid võib leida toitumas nii ristõielistel kultuuridel kui ka paljudel teistel kultuurtaimedel (Turnock, 1995). Eestis on viimastel aastakümnetel ristõielistele kultuuridele kõige rohkem kahju tekitanud kapsaöölane. Euroopa eri piirkondades võib ta anda mitu põlvkonda aastas, meil on tavaliselt aastas üks põlvkond. Liblikas alustab Eestis munemist tavaliselt juuni lõpus või juuli alguses, munedes mitme nädala jooksul ning seetõttu võib samal ajal leida taimedelt nii mune kui ka eri kasvujärgudes vastseid. Nooremad kasvujärgud toituvad kapsa välimistel vanematel lehtedel, vanemaks saades liiguvad vastsed välimistelt lehtedelt sisemistele ning sealt hiljem kapsapea sisemusse. Tõrjeks kasutatakse valdavalt keemilisi preparaate, mis saastavad toitu ja ohustavad inimese tervist. Seega on selle kahjuri tõrjumiseks oluline kasutada taimseid putukamürke. Botaanilised insektitsiidid on keskkonnasõbralikumad kui sünteetilised putukatõrjevahendid, avaldades kahjur-putukatele erinevat mõju (Schmutterer, 1995; Metspalu *et al.*, 2001; Durmusoglu *et al.*, 2003). Erilist tähelepanu on pälvinud meelialiste (Meliacea) sugukonda kuuluv neemipuu (*Azadirachta indica* A. Juss). Neemil baseeruvad insektitsiidid, mille toimeainete kompleksi põhikomponendiks on toimeaine azadirachtin. Neemipuu algkodumaa on Lõuna-Aasia, kuid teda võib leida paljudes teistes lõunapoolsetes piirkondades (Ascher, 1993; Schmutterer, 1995). Neemi ekstrakte on katsetatud paljudesse eri seltsidesse kuuluvate putukate, lestade ja nematoodide vastu. On leitud, et enamik neemil põhinevaid insektitsiide on kahjutud kasulikele putukatele ja keskkonnale (Schmutterer, 1995; Isman, 2006; Pavela, 2009). Azadirachtini põhjustatud efektid sõltuvad nii doosist kui ka töötlemise ajast, põhjustades putuka surma kasvujärgu lõppfaasis vahetult enne kestumist või kestumisprotsessi käigus. Nõrgema doosi korral võib üheks toime ilminguks olla muutused vastsete toitumises ja arengus (Mordue (Luntz), 2004).

Töö eesmärk oli uurida botaanilise insektitsiidi NeemAzal T/S-i eri kontsentratsioonide ja töötlusviiside toimet kapsaöölasele.

Materjal ja meetodika

Valge peakapsa (*Brassica oleracea* var. *capitata* L. f. *alba*; sort 'Podarok') taimed istutati katsepõllule, igale katselapile (2×2 m) 9 taime, taimede vahekaugus lapil oli 70 cm. Katselapid olid ümbritsetud 1 m laiuste vahe ribadega, katses oli neli varianti kolmes korduses, kokku 12 katselappi. Kapsataimi töödeldi tööstuslikult toodetud botaanilise insektitsiidi NeemAzal T/S-iga (1% azadiraktiini).

Katsevariandid olid järgmised:

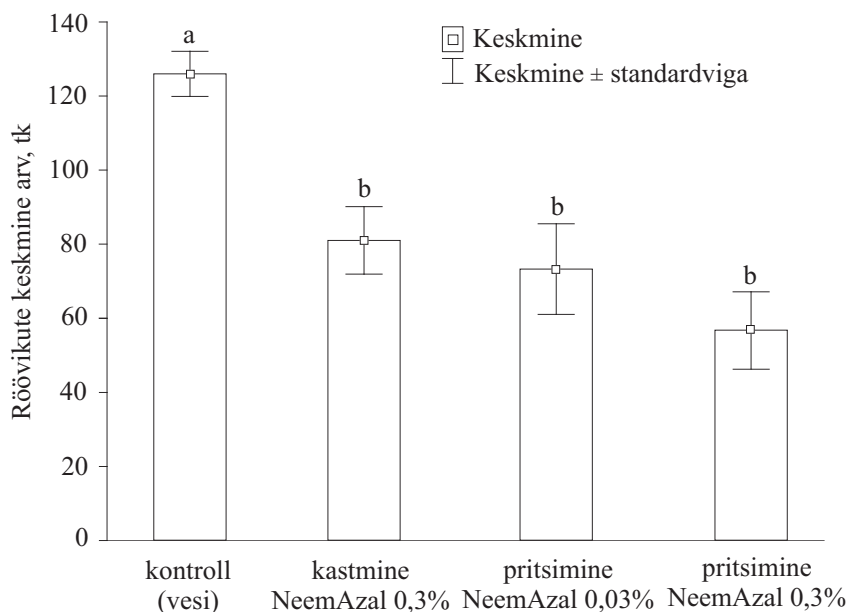
- 1) pritsimine NeemAzal T/S-i 0,03% lahusega;
- 2) pritsimine NeemAzal T/S-i 0,3% lahusega;
- 3) kastmine NeemAzal T/S-i (edaspidi neem) 0,3% lahusega;
- 4) kontroll – pritsimine puhta veega.

Kahjurite arvukuse hindamiseks loendati kapsaöölase röövikud ja munad igal nädalal ühel ja samal päeval alates 4. juulist kuni 12. septembrini. Iga kord vaadati läbi katsetaimedel kõik lehed ja korduvlugemiste vältimiseks eemaldati leitud isendid. Peale kahjurite loendamist pritsiti katsevariandid igal nädalal vastavalt katseskeemile. Katseandmete analüüsil kasutati programmi STATISTICA 10 (*StaSoft Inc. USA*). Andmete analüüsil kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi ja variante võrreldi omavahel LSD (Least Significant Difference) testiga.

Tulemused ja arutelu

Tulemuste statistiline analüüs näitas, et kapsataimede töötlemine neemiga avaldas olulist mõju kapsaöölase arvukusele. Kõikides töödeldud variantides oli kogu katseperioodi jooksul oluliselt vähem kapsaöölase vastseid võrreldes kontrollvariandiga (ANOVA: $F_{(3, 18)} = 12,30$; $df = 3$; $p < 0,05$; joonis 1). Tulemused näitasid, et liblikad eelistasid munemispaijana töötlemata variandi kapsataimi – 37,8% röövikutest koguti sellest katsevariandist. Kõige vähem muneti neemiga töödeldud variantide taimedele. Ilmselt mõjutas taimede neemilahusega töötlemine kapsaöölase valmikuid valikute tegemisel ja liblikad munesid vähem või osa nendest ei munenud üldse töödeldud taimedele. Kapsaöölane valib oma munemispaija peamiselt taime lõhna põhjal, kuid lisainfot valiku tegemiseks annab ka nägemismeel (Rojas *et al.*, 2000). Kirjanduse andmetel on leitud, et neemipreparaadid avaldavad mitmetoidulistele kahjurputukatele munemist pärssivat toimet (Bruce *et al.*, 2004; Mordue (Luntz), 2004). Sarnaseid tulemusi neemipreparaatide peletavast toimest eri liblikkahjurite munemisele on leidnud ka teised autorid. Metspalu *et al.* (2001) leidsid oma uurimuses, et NeemAzal T/S oli peletava ja munemist pärssiva toimega suur-kapsaliblika (*Pieris brassicae* L.) valmikutele. Neemiga töödeldud taimed olid peletava toimega kapsaöölase liblikatele ning liblikad munesid nendele taimedele vähem (Seljasen, Meadow, 2006). Kirjanduse andmetel vähendas taimede töötlemine Agroneemi, Ecozini ja Neemixiga kapsakoi (*Plutella xylostella* L.) vastsete arvukust (Liang *et al.*, 2003) ja pritsimine neemiõli, NeemAzal T/S-i ja NeemPlusiga pärssis puuvillaöölase (*Helicoverpa armigera* L.) liblikate munemist ning mõjutas vastsete arengut (Heravi *et al.*, 2009).

Kui võrrelda töödeldud katsevariante, siis usaldusväärseid erinevusi nende vahel ei leitud (LSD test, $p > 0,05$), kuigi võib täheldada, et mõnevõrra vähem leiti röövikuid 0,3% neemiga pritsitud katsevariandis. Töödeldud katsevariantidest muneti mõnevõrra enam 0,3% neemiga kastetud variandi taimedele. On leitud, et mitmetel neemipreparaatidel on süsteemne toime (Seljasen, Meadow, 2006; Hossain *et al.*, 2008).



Joonis 1. Kapsaöölase (*Mamestra brassicae* L.) röövikute keskmine arvukus katsevariantides. Erinevad tähed tulpade peal tähendavad statistiliselt usaldusväärset erinevust (Fisher LSD test, $p < 0,05$)

Sellist mõju võis täheldada ka meie katses: kastmisvariandi taimede lehti otseselt preparaadiga ei töödeldud, aga liblikad munesid sinna siiski märgatavalt vähem kui kontrollvariandile. Seega taimede kastmine neemilahusega ilmselt pärssis liblikate munemist ning pidurdas samas ka munetud munade ja vastsete arengut.

Kokkuvõte

Katsetulemuste põhjal saab järeldada, et taimede töötlemine neemilahusega aitas efektiivselt tõrjuda kapsaöölase, hoides kahjuri arvukuse kontrolli all. Pritsimine nõrgema doosiga mõjutas kahjuri arvukust mõnevõrra rohkem kui kastmine, kuid kapsaöölase arvukus oli kõikides NeemAzal T/S-i lahusega töödeldud variantides märgatavalt väiksem kui kontrollvariandis.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud ETF-i grantid 9449 ja 9450, sihtfinantseerimisteema SF0170057s09 ning institutsionaalne uurimistoetus IUT36-2.

Kasutatud kirjandus

- Ascher, K.R.S. 1993. Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. – *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* **22**, 433–449.
- Bruce, Y.A., Gounou, S., Chabi-Olaye, A., Smith, H., Schulthess, F. 2004. The effect of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) oil on oviposition, development and reproductive potentials of *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae) and *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). – *Agricultural and Forest Entomology* **6**, 223–232.

- Durmusoglu, E., Karsavuran, Y., Ozgen, I., Guncan, A., 2003. Effects of two different neem products on different stages of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera, Pentatomidae). – *Journal of Pest Science* **76**, 151–154.
- Heravi, P., Talebi-Jahromi, K., Sabahi, GA, Bandani, AR. 2009. Effects of growth repellent, antifeedant, toxic neem seed kernel extract on *Helicoverpa armigera* (Hübner) compared to two azadirachtin formulations, Neem Azal and Neem Plus. – *Journal of Agriculture Science and Technology* **13** (47), 243–253.
- Hossain, M.B., Poehling, H.-M., Thöming, G., Borgemeister, C. 2008. Effects of soil application of neem (NeemAzal®-U) on different life stages of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on tomato in the humid tropics. – *Journal of Plant Diseases and Protection*, **115** (2), 80–87.
- Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. – *Annual Review of Entomology* **51**, 45–66.
- Liang, G.-M., Chen, W., Liu, T.X. 2003. Effects of tree neem-based insecticides on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). – *Crop Protection* **22**, 333–340.
- Metspalu, L., Luik, A., Hiiesaar, K., Kuusik, A., Sibul, I. 2001. On the influence of Neem Preparations on some agricultural and Forest Pests. Practice oriented results of the use of plant extracts and pheromones in pest control. – *Proceedings of the IX Workshop*. Toim. Kleeberg, H., Zebitz, C.P.W, lk 95–103.
- Mordue (Luntz), A.J. 2004. Present Concepts of the Mode of Action of Azadirachtin from Neem. – *Neem: Today and in the New Millennium*. Toim. Koul, O., Wahab, S. Kluwer, Academic Publishers, London, lk 229–243.
- Pavela, R. 2009. Effectiveness of some botanical insecticides against *Spodoptera littoralis* Boisduvala (Lepidoptera: Noctuidae), *Myzns persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). – *Plant Protection Science* **45**, 161–167.
- Rojas, J.C., Wyatt, T.D., Birch, M.C. 2000. Flight and oviposition behaviour toward different host plant species by the cabbage moth, *Mamestra brassicae* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae). – *Journal of Insect Behavior* **13** (2), 247–254.
- Schmutterer, H. 1995. *The neem tree: source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes*. VCH Publications, Weinheim, Saksamaa, 696 lk.
- Seljasen, R., Meadow, R. 2006. Effects of neem on oviposition and egg and larval development of *Mamestra brassicae* L.: Dose response, residual activity, repellent effect and systemic activity in cabbage plants. – *Crop Protection* **25**, 338–345.
- Turnock, W.J., Carl, K.P. 1995. Evaluation of palearctic *Eurithia consobrina* (Diptera: Tachinidae) as a potential biocontrol agent for *Mamestra configurata* (Lepidoptera, Noctuidae) in Canada. – *Biocontrol Science and Technology* **5**, 55–67.

Maastikuelementide mõju naeri-hiilamardika arvukusele ja tema parasiteerituse tasemele talirapsil

Riina Kaasik, Gabriella Kovács, Janne Mölder, Kaia Treier, Liis Vaino, Luule Metspalu, Eve Veromann

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Kaasik, R., Kovacs, G., Mölder, J., Treier, K., Vaino, L., Metspalu, L., Veromann, E. 2015. The effect of field-bordering landscape elements on the abundance and parasitism rate of *Meligethes aeneus* on winter oilseed rape. – Agronomy 2015.

Intensive agriculture has led to simplified landscape which has a serious negative impact on several beneficial insects and, furthermore, can create favourable conditions for specialised pests. *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae) is one of the major insect pests on oilseed rape (*Brassica napus*) across Europe and although the impact of landscape use on *M. aeneus* has been studied the effect of specific elements remains unknown. Some landscape elements, such as field edges and hedges occur commonly in agricultural landscape. The aim of the study was to find out whether landscape element types affect the abundance and parasitism of *M. aeneus* on conventional oilseed rape fields.

The effect of wood- and grassland, herbaceous field edge, hedge and fallow on the abundance of *M. aeneus*, its larvae and larval parasitism rate were studied on 60 fields in 2013. The abundance of adults was determined using the beating method of oilseed rape plants, larval abundance was assessed by dissecting the flowers, and larval parasitism rate was estimated by dissecting the larvae.

The results of the study show that the type of landscape element significantly affected the abundance of both adult *M. aeneus* and its larvae. The abundance was the greatest on fields boarded with fallow and the lowest on fields boarded with the simplest element – herbaceous field edge. The mean parasitism rate was high, exceeding 30%, but no differences among landscape elements were found.

Keywords: *Meligethes aeneus*, parasitism, landscape element, management

Sissejuhatus

Maailma rahvastiku suurenemine seab täiendavad nõudmised toidutootmisele ja soodustab põllumajanduse üha kasvavat intensiivistumist. Põllumajanduse intensiivistumisega kaasneb paraku ka põllumassiivide suurenemine, mistõttu väheneb nii maastiku kui ka bioloogiline mitmekesisus. Homogeenses maastikus on aga paljudele kasulikele lüljalgsetele sobivaid elupaiku oluliselt vähem, samas kui kahjuritele on tingimused soodsamad (Bianchi *et al.*, 2006). Suurtel monokultuursetel põldudel suureneb nii kahjurit kui ka haiguste poolt taimedele tehtav kahju (Tilman *et al.*, 2002).

Naeri-hiilamardikas (*Meligethes aeneus* Fab., Coleoptera: Nitidulidae) on Eestis rapsi kui ühe majanduslikult tasuvaima kultuuri peamine kahjur (Veromann *et al.*, 2006b), kellel on mitmeid looduslikke vaenlasi (Ulber *et al.*, 2006; Veromann *et al.*, 2006b; Kaasik *et al.*, 2014a). Neist üks tähtsam grupp on parasitoidid – putukad, kes munevad oma ohvrisse. Vastne areneb peremeesorganismis, mille tulemusena viimane sureb. Eestis on naeri-hiilamardika parasiteeritus katsepõldudel ületanud 45% (Kaasik *et al.*, 2014b) ja tootmispõldudel olnud 2–16% (Veromann *et al.*, 2006a). Naeri-hiilamardika bioloogiat on üsna põhjalikult uuritud, kusjuures suuremat tähelepanu on pälvinud toitumis- ja munemiskäitumine, talvitumine ja toidu leidmine (Free, Williams, 1978; Giamoustaris, Mithen, 1996; Ferguson *et al.*, 2003; Veromann *et al.*, 2012, 2013; Kaasik *et al.*, 2014a,b). Maastiku mõju naeri-hiilamardika levikule on uuritud rapsi

kasvupiirkonna (Zaller *et al.*, 2008) ja põllumajandusmaa osakaalu (Thies, Tschardtke, 1999) ning ka talvitumise aspektist (Rusch *et al.*, 2012), kuid mitte sõltuvalt põlluga piirnevaist maastikuelementidest.

Käesoleva töö eesmärk oli uurida, kas ja kuidas mõjutavad põlluga piirnevad eri tüüpi maastikuelemendid naeri-hiilamardika arvukust ja parasiteeritust talirapsi tootmispõldudel.

Materjal ja meetodika

Katsed tehti talirapsi tootmispõldudel Tartumaal 2013. aastal. Uurimisalusteks maastikuelementide tüüpideks olid:

- mets – minimaalselt 150 m² suurune looduslik või poollooduslik puudega ala, võrakatvusega vähemalt 30%;
- puiskoridor – minimaalselt 150 m pikkune ja 1,5–12,5 m laiune lineaarne puudega ala, võrakatvusega vähemalt 30%;
- rohtne põlluserv – minimaalselt 150 m pikkune ja 1,5–12,5 m laiune lineaarne rohtse taimestikuga ala, võrakatvusega alla 30%;
- rohumaa – minimaalselt 150 m² suurune rohtse taimestikuga ala, võrakatvusega alla 30%;
- haljaskesa – minimaalselt 150 m² kattekultuuri või vahekultuuriga põld.

Kõik maastikuelemendi tüübid asetsesid vahetult vastava rapsipõllu ühel küljel. Katsesse valiti 61 talirapsi tootmispõldu.

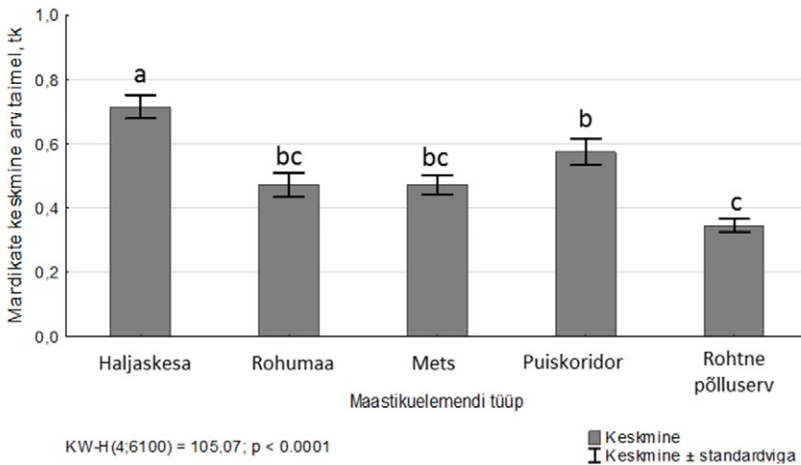
Mardikate arvukust hinnati põlluga piirnevast maastikuelemendist 2 ja 20 meetri kaugusel rapsipõllu sees 5 taimelt, kokku 10 taimelt põllu kohta. Valmikute arvukuse määramiseks kasutati taimede raputusmeetodit (Williams *et al.*, 2003) rapsitaimede roheline punga staadiumis (BBCH 53–55). Vastsete arvukuse hindamiseks korjati samal viisil valitud taimedelt (kokku 10) nende täisõitsengu lõppfaasis (BBCH 65–68) kõik õied, mis laboratooriumis lahati ning õitest leitud vastsed loendati. Vastsete parasiteerituse hindamiseks lahati kõik õitest korjatud vastsed.

Katseandmete analüüsil kasutati programme Microsoft Excel 2013 ja STATISTICA 12 (Statsoft, Inc., USA 2014).

Tulemused ja arutelu

Naeri-hiilamardika valmikute arvukus oli kogu katseperioodi jooksul madal ja püsis alla ühe mardika taime kohta. Naeri-hiilamardika tõrjekriteeriumid on riigiti erinevad ning mõnel juhul võetakse arvesse ka taime kasvustaadiumit (Richardson, 2008). Kõige ohtlikum faas majandusliku kahju tekitamiseks on pungastaadium, siis on mõnes riigis tõrjekriteeriumiks üks mardikas, samas kui Suurbritannias on piiriks 5–15 mardikat taime kohta. Käesolevas uuringus ei ületanud mardikate arv taime peavarrel ka kõige madalamat lävendit. Maastikuelementide tüüpide omavahelisel võrdlusel selgus, et mardikate arvukus olenes neist tüüpidest: enim leiti mardikaid haljaskesaga piirnevate põldudel (0,7 mardikat taime kohta). Põldudel, mis piirnesid kitsa rohtse servaalaga oli valmikute keskmine arvukus kuni poole väiksem (0,35 isendit taime kohta; joonis 1).

Suurem mardikate arvukus haljaskesaga piirnevatel põldudel võib viidata sellele, et mardikad võisid seda ala kasutada talvitumispäigana, sest naeri-hiilamardikas talvitub nii rohumaal kui ka metsaservades (Rusch *et al.*, 2012). Taimtoidualised putukad kasutavad toiduotsingul nii visuaalset kui ka keemilist informatsiooni. Naeri-hiilamar-



Joonis 1. Naeri-hiilamardika valmikute keskmine (\pm SE) arvukus rapsitaime kohta sõltuvalt talirapsi põlluga piirnevast maastikuelemendi tüübist. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Unequal N HSD test, $p < 0,05$)

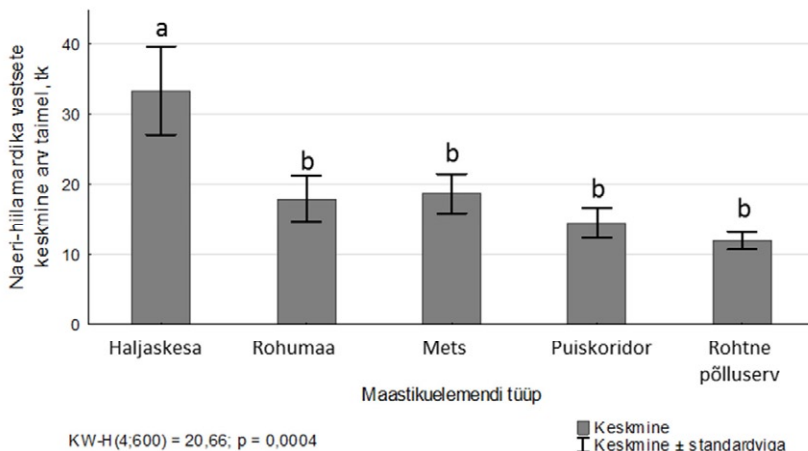
dikas kasutab munemis- ja toitumispaikade otsinguil orienteerumiseks kollast värvi ja ristõielistel taimedelt lenduvate sinepiõlide lõhna (Giamoustaris, Mithen, 1996; Smart, Blight, 2000; Cook *et al.*, 2007; Döring *et al.*, 2012).

Kuivõrd naeri-hiilamardikas orienteerub taimtoidulistele putukatele omaselt lõhnasignaale vastutuult (Jönsson *et al.*, 2007), siis võivad ta käitumist oluliselt mõjutada maastikuelemendid, takistades ühel või teisel määral põllult levivaid lõhnu. Näiteks on Murlis *et al.* (2000) leidnud, et metsas on lõhnapilve levik palju komplitseeritum kui lagedal alal. Sellega on seletatav ka meie katses mardikate madalam arvukus metsa ja puiskoridoriga piirneval põllul.

Naeri-hiilamardika vastsete arvukus talirapsi põllul oli samuti mõjutatud maastikuelemendi tüübist ($H_{(4; 600)} = 20,68$; $p = 0,0004$), vastsete arv taime kohta oli suurim haljaskesaga piirnevatel rapsipõldudel (joonis 2). Valmikute ja vastsete arvukuse vahel leiti keskmise tugevusega seos ($r = 0,61$; $p < 0,0001$). Analüüsides arvukuse sõltuvust eri tüüpi maastikuelementidega piirnevatel põldudel, leiti tugev seos valmikute ja vastsete arvukuse vahel rohumaa ($r = 0,8$; $p = 0,006$), haljaskesa ($r = 0,9$; $p = 0,004$), puiskoridori ($r = 0,8$; $p < 0,001$) ja metsaga ($r = 0,8$; $p = 0,002$) piirnevatel põldudel. Rohtsel põlluserval seevastu olulist seost vastsete ja valmikute arvu vahel ei leitud ($r = 0,3$; $p = 0,38$). Seega saab järeldada, et rohtsed põlluservad ei toeta hiilamardikate valmikute ega ka vastsete arvukust rapsipõllul.

Looduslikud vaenlased võivad soodsate elu- ja keskkonnatingimuste korral märkimisväärselt vähendada kahjurite arvukust. Kiletiivalsed parasitoidid võivad kahjurite arvukust oluliselt vähendada juba 30% parasiteerituse taseme juures (Hokkanen, 2008). Käesolevas katses ületas keskmine parasiteerituse tase 30%, mis on märkimisväärselt kõrgem võrreldes meie varasemate tootispõldudel tehtud uuringute tulemustega, kus parasiteerituse määr püsis vahemikus 0–16% (Veromann *et al.*, 2006b, 2006c).

Eri tüüpi maastikuelementidega piirnevatel põldudel varieerus vastsete parasiteerituse tase 28% (haljaskesa) ja 33% (rohtne põlluserv) vahel, kuid olulist erinevust sõltu-



Joonis 2. Naeri-hiilamardika vastsete keskmine (\pm SE) arvukus rapsitaimel sõltuvalt rapsipõlluga piirnevast maastikuelemendi tüübist. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Unequal N HSD test, $p < 0,05$)

valt maastikuelemendi tüübist ei leitud ($KW-H_{(4; 522)} = 1,59; p = 0,81$). Samuti ei leitud seost vastsete arvukuse ja nende parasiteerituse taseme vahel ($r = 0,2; p < 0,01$).

Parasiteerituse taset mõjutavad nii sobivate toiduallikate olemasolu kui ka parasitoidide võime neid keskkonnast üles leida (Jervis *et al.*, 1993; Wäckers, 2004). Euroopas on sobivate tingimuste korral naeri-hiilamardika parasiteerituse tase ulatunud aga isegi 97%, olles tavaliselt kõrgem just talirapsil (Ulber *et al.*, 2010). Käesoleva katse käigus leitud parasiteerituse määra tuleb pidada enam-vähem piisavaks, et kahjuri arvukust märgatavalt alandada.

Seega, hiilamardikate arvukust põllul mõjutavad mitmesugused tegurid komplekselt. Nii võivad erimaastikuelemendid pakkuda nii talvitumis-, varje- ja elupaiku kui ka toimida looduslike tõkete ja lõhnasignaalide summutajatena. Ka Thies ja Tschartnke (1999) leidsid, et mida heterogeensem on maastik, seda enam vähenes naeri-hiilamardikate tekitatud kahju.

Kokkuvõte

Kirjeldatud katse tulemused näitavad põllumajandusmaastiku struktuuri olulisust naeri-hiilamardika levikule. Haljaskesa võib pakkuda mardikatele talvitumispaiku ja sellest tulenevalt suurendada kahjurite arvukust põllul, seevastu rohtne põlluserv ei toeta mardika valmikute ega ka vastsete arvukust põllul.

Lisaks selgus katse käigus, et naeri-hiilamardika arvukus oli talirapsi põldudel väga madal ega ületanud majanduslikku tõrjekriteeriumit, mis rõhutab kahjurite seire olulisust põldudel enne taimekaitsesse puutuvate otsuste langetamist. Kahjurite parasiteerituse tase oli tavaviljelusega tootmispõldude kohta väga kõrge, mis näitab, et kahjurite looduslikud vaenlased suudavad soodsate tingimuste korral edukalt kontrollida talirapsil naeri-hiilamardika populatsiooni suurust ning hoida seda allpool tõrjekriteeriumit.

Tänuavaldused

Uurimust toetasid FP 7 projekt nr 311879 QUESSA V12156PKPK, ETF-i grant nr 8895 ja Haridus- ja Teadusministeerium (SF0170057s09 ja IUT36-2).

Kasutatud kirjandus

- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tscharnkte, T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. – *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **273** (1595), 1715–1727.
- Cook, S.M., Rasmussen, H.B., Birkett, M.A., Murray, D.A., Pye, B.J., Watts, N.P., Williams, I.H. 2007. Behavioural and chemical ecology underlying the success of turnip rape (*Brassica rapa*) trap crops in protecting oilseed rape (*Brassica napus*) from the pollen beetle (*Meligethes aeneus*). – *Arthropod-Plant Interactions* **1** (1), 57–67.
- Döring, T.F., Skellern, M., Watts, N., Cook, S.M. 2012. Colour choice behaviour in the pollen beetle *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae). – *Physiological Entomology* **37** (4), 360–378.
- Ferguson, A.W., Klukowski, Z., Walczak, B., Clark, S.J., Mugglestone, M.A., Perry, J.N., Williams, I.H. 2003. Spatial distribution of pest insects in oilseed rape: implications for integrated pest management. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **95** (2–3), 509–521.
- Free, J.B., Williams, I.H. 1978. The Responses of the Pollen Beetle, *Meligethes aeneus*, and the Seed Weevil, *Ceuthorrhynchus assimilis*, to Oil-Seed Rape, *Brassica napus*, and Other Plants. – *Journal of Applied Ecology* **15** (3), 761–774.
- Giamoustaris, A., Mithen, R. 1996. The effect of flower colour and glucosinolates on the interaction between oilseed rape and pollen beetles. – *Proceedings of the 9th International Symposium on Insect-Plant Relationships, Series Entomologica*. Toim. Städler, E., Rowell-Rahier, M., Bauer, R., Springer Netherlands, lk 206–208.
- Hokkanen, H.M.T. 2008. Biological control methods of pest insects in oilseed rape. – *Bulletin OEPP/EPPO* **38**, 104–109.
- Jervis, M.A., Kidd, N.A.C., Fitton, M.G., Huddleston, T., Dawah, H.A. 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. – *Journal of Natural History* **27** (1), 67–105.
- Jönsson, M., Rosdahl, K., Anderson, P. 2007. Responses to olfactory and visual cues by overwintered and summer generations of the pollen beetle, *Meligethes aeneus*. – *Physiological Entomology* **32** (2), 188–193.
- Kaasik, R., Kovács, G., Kaart, T., Metspalu, L., Williams, I.H., Veromann, E. 2014a. *Meligethes aeneus* oviposition preferences, larval parasitism rate and species composition of parasitoids on *Brassica nigra*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* compared with on *Brassica napus*. – *Biological Control* **69**, 65–71.
- Kaasik, R., Kovács, G., Toome, M., Metspalu, L., Veromann, E. 2014b. The relative attractiveness of *Brassica napus*, *B. rapa*, *B. juncea* and *Sinapis alba* to pollen beetles. – *BioControl* **59** (1), 19–28.
- Murlis, J., Willis, M.A., Cardé, R.T. 2000. Spatial and temporal structures of pheromone plumes in fields and forests. – *Physiological Entomology* **25** (3), 211–222.
- Richardson, D.M. 2008. Summary of findings from a participant country pollen beetle questionnaire. – *EPPO Bulletin* **38** (1), 68–72.
- Rusch, A., Valantin-Morison, M., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.-P. 2012. Local and landscape determinants of pollen beetle abundance in overwintering habitats. – *Agricultural and Forest Entomology* **14** (1), 37–47.
- Smart, L.E., Blight, M.M. 2000. Response of the Pollen Beetle, *Meligethes aeneus*, to Traps Baited with Volatiles from Oilseed Rape, *Brassica napus*. – *Journal of Chemical Ecology* **26** (4), 1051–1064.

- Thies, C., Tschardtke, T. 1999. Landscape Structure and Biological Control in Agroecosystems. *Science* **285** (5429), 893–895.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. – *Nature* **418**, 671–677.
- Ulber, B., Fischer, K., Klukowski, Z., Luik, A., Veromann, E., Nilsson, C., Ahman, B., Williams, I.H., Ferguson, A.W. 2006. Identity of parasitoids and their potential for biocontrol of oilseed rape pests in Europe. – *Proceedings of Symposium on Integrated Pest Management in Oilseed Rape, 3–5 April 2006*, Göttingen, Germany.
- Ulber, B., Williams, I.H., Klukowski, Z., Luik, A., Nilsson, C. 2010. Parasitoids of Oilseed Rape Pests in Europe: Key Species for Conservation Biocontrol. – *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Toim. Williams, I.H., Springer Netherlands, lk 45–76.
- Veromann, E., Luik, A., Kevvää, R. 2006a. Oilseed rape pests and their parasitoids in Estonia. – *IOBC-WPRS Bulletin 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., Metspalu, L., Williams, I.H., Hiiesaar, K., Mand, M., Kaasik, R., Kovacs, G., Jogar, K., Svilponis, E., Kivimägi, I., Ploomi, A., Luik, A. 2012. Relative attractiveness of *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Eruca sativa* and *Raphanus sativus* for pollen beetle (*Meligethes aeneus*) and their potential for use in trap cropping. – *Arthropod-Plant Interactions* **6** (3), 385–394.
- Veromann, E., Tarang, T., Kevvää, R. 2006c. Insect pests and their natural enemies on spring oilseed rape in Estonia: impact of cropping systems. – *Agricultural and Food Science* **15** (1), 61–72.
- Veromann, E., Toome, M., Kännaste, A., Kaasik, R., Copolovici, L., Flink, J., Kovács, G., Narits, L., Luik, A., Niinemets, Ü. 2013. Effects of nitrogen fertilization on insect pests, their parasitoids, plant diseases and volatile organic compounds in *Brassica napus*. – *Crop Protection* **43**, 79–88.
- Wäckers, F.L. 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. – *Biological Control* **29** (3), 307–314.
- Williams, I.H., Büchi, R., Bernd, U. 2003. Sampling, Trapping and Rearing Oilseed Rape Pests and their Parasitoids. – *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*. Toim. Alford, D.V., lk 145–160.
- Zaller, J.G., Moser, D., Drapela, T., Schmöger, C., Frank, T. 2008. Insect pests in winter oilseed rape affected by field and landscape characteristics. – *Basic and Applied Ecology* **9** (6), 682–690.

Naeri-hiilamardika resistentsusprobleem Eestis näitab süvenemise märke

Gabriella Kovács, Riina Kaasik, Krista Kortspärn, Luule Metspalu, Anne Luik, Eve Veromann

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Kovacs, G., Kaasik, R., Kortspärn, K., Metspalu, L., Luik, A., Veromann, E. 2015. The pyrethroid resistance of the pollen beetle is increasing in Estonia. – Agronomy 2015.

The management of insect pests is one of the most important problems farmers are facing. During the last 20 years the intensive use of pyrethroid insecticides to keep pests below the economic threshold level has led to the development of pyrethroid resistance in many insects. One of them is the pollen beetle, *Meligethes aeneus* (syn. *Brassicogethes aeneus*, Coleoptera: Nitidulidae) which is an important insect pest of the widely cultivated oilseed rape (*Brassica napus*). Our study was conducted to find out whether this problem affects Estonian farmers as well.

The study took place in Tartu County, Estonia, in 2012. The trials were carried out according to the IRAC test No. 11. Results indicated moderate resistance to lambda-cyhalothrin in pollen beetles. Furthermore, the results showed different sensitivity to lambda-cyhalothrin depending on location. The susceptibility varied from highly susceptible to moderately resistant.

These results indicate that there is an increase of pyrethroid resistance in Estonian pollen beetle populations compared to a previous study in 2009. To avoid further increase, more precautions should be taken, such as: 1) avoiding prophylactic treatment and 2) in need of several treatments, insecticides with different mode of action should be used.

Keywords: *Meligethes aeneus*, pyrethroid resistance

Sissejuhatus

Taimtoidulised putukad võivad põhjustada suurt saagikadu ja seetõttu on nende arvukuse kontrolli all hoidmine üks põhiülesanne. Intensiivne põlluharimine suurtel põllumassividel loob paratamatult eeldused põllumajanduskultuuride kahjurite arvukuse tõusuks. Selleks et kahjurite arvukust ohjata ja kontrolli all hoida, kasutatakse mitmesuguseid taimekaitsevõtteid ja putukatõrjevahendeid.

Üks tasuvaim põllukultuur Eestis ja ka mujal Euroopas on raps (*Brassica napus* L.). Rapsisaagile tekitab suurt kahju naeri-hiilamardikas (*Meligethes aeneus* Fab., sün. *Brassicogethes aeneus* Fab. Coleoptera: Nitidulidae), kes on oma tegevuse tõttu probleem kogu Euroopas. Paljudes riikides ületab tema arvukus regulaarselt tõrjekriteeriumit, mistõttu saagikao ennetamiseks on vajalik teha keemilist tõrjet (Richardson, 2008). Esimesena kirjutati naeri-hiilamardika insektitsiidiresistentsusest Poolas juba 1970. aastatel: vähenenud oli naeri-hiilamardika tundlikkus fosfororgaanilistele ja kloororgaanilistele ühenditele, eriti DDT-le (Lakocy, 1977). Seoses püretroidide gruppi kuuluvate insektitsiidide võidukäiguga viimase 20 aasta jooksul on putukatel kogu Euroopas arenenud resistentsus just seda tüüpi taimekaitsevahenditele (Thieme *et al.*, 2010).

Eestis ei olnud määratud hiilamardikate püretroidiresistentsust kuni 2009. aastani. Siis hindasid Veromann ja Toome pilootuuringu käigus naeri-hiilamardika tundlikkuse piiratud alal püretroidide klassi kuuluva lambda-tsühalotriini suhtes veel väga kõrgeks (Veromann, Toome, 2011). Lambda-tsühalotriin on paljude väga laialt kasutatavate putukatõrjevahendite, nagu näiteks 'Danger', 'Demand CS', 'Karate', 'Kung-fu', 'Matador',

‘Warrior’, ‘Real Kill’, ‘Spectracide Bug Off’ jne toimeaineks. Käesoleva töö eesmärk oli hinnata naeri-hiilamardika püretroidiresistentsust Tartumaa eri piirkondades.

Materjal ja meetodika

Katsed tehti 2012. aastal Elva, Tartu, Maramaa, Nõgiaru, Össu ja Ülenurme piirkonnast kogutud naeri-hiilamardikatega. Putukad pandi põllul õhuavadega karpi koos rapsi õitega, et nad saaksid süüa ja varjuda, ning viidi seejärel laborisse, kus neid hoiti üle öö, et nad saaksid rahuneda ja aklimeeruda. Putukate insektitsiiditundlikkuse määramisel tuleb eelistada laborikatseid, sest resistentsuse hindamine põllutingimustes ei pruugi olla objektiivne, kuna pärast taimekaitsevahendite mõju vähenemist taasisustavad putukad põllu kiiresti.

Katsed tehti vastavalt IRAC-i (Insecticide Resistance Action Committee) testis nr 11 välja töötatud protokollile (IRAC, 2009). Toimeaine lambda-tühalotriin lahustati atsetoonis kontsentratsiooniga 100% ja 20% soovituslikust põllunormist, kontrollvariandis kasutati destilleeritud vett ja puhast atsetooni. Igasse katseklaasi pandi 1,5 ml lambda-tühalotriini lahust, destilleeritud vett või atsetooni. Lahuse või lahusti ühtlaseks jaotumuseks rulliti katseklaase rullrestil toatemperatuuril atsetooni täieliku aurustumiseni. Kõigist kuuest piirkonnast kogutud mardikatega tehti katse kõikide variantidega 5 korduses, igas katseklaasis oli 20 mardikat. Töödeldud mardikatega katseklaase hoiti 20 (\pm 2) °C juures otsese päikese kiirguse eest varjatult, insektitsiidi mõju mardikatele hinnati 24 tunni möödudes.

Hindamiseks mardikate insektitsiiditundlikkust, asetati nad 15 cm diameetriga ringi keskele, kuhu suunati ere valgusvihk hiilamardikate aktiivsuse tõstmiseks. Mardikate seisundit hinnati 1 minuti jooksu järgmiselt: 1) elus – ringist väljunud isendid; 2) halvatud – ringi sees liikuvad või jalgu liigutavad isendid; 3) surnud – elutud isendid. Insektitsiiditundlikkuse hindamiseks kasutati IRAC-i välja töötatud tundlikkuse hindamise skeemi (tabel 1).

Katseandmete analüüsimiseks kasutati programme Microsoft Excel 2013 ja STATISTICA 12 (Statsoft, Inc., USA 2014).

Tulemused ja arutelu

Lähtuvalt IRAC-i testi meetodikast olid saadud katsetulemused usaldusväärsed, sest kontrollvariandis (atsetoon) hukkus vähem kui 20% isenditest. Võrreldes teise kontroll-

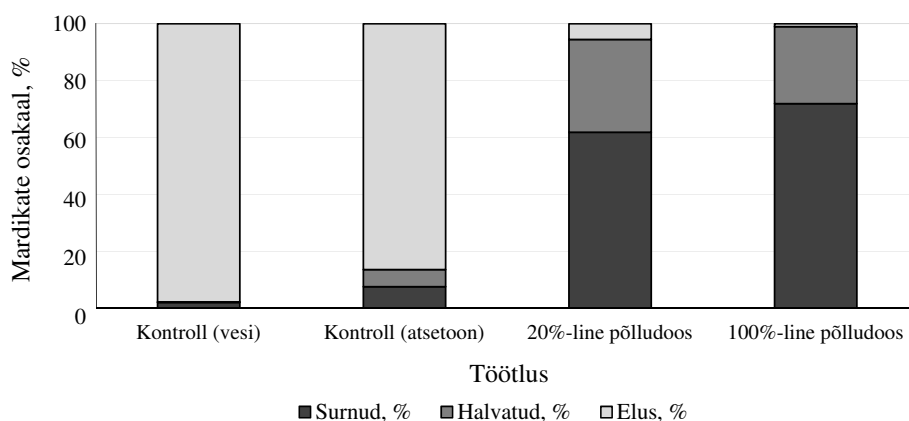
Tabel 1. IRAC-i välja töötatud insektitsiiditundlikkuse hindamise skeem

Kontsentratsioon (% soovituslikust põllukogusest)	Halvatud/surnud mardikate hulk	Klassifikatsioon	Kood
100%	100%	Väga tundlik	1
20%	100%		
100%	100%	Tundlik	2
20%	<100%		
100%	<100% kuni \geq 90%	Mõõdukalt resistentne	3
100%	<90% kuni \geq 50%	Resistentne	4
100%	<50%	Väga resistentne	5

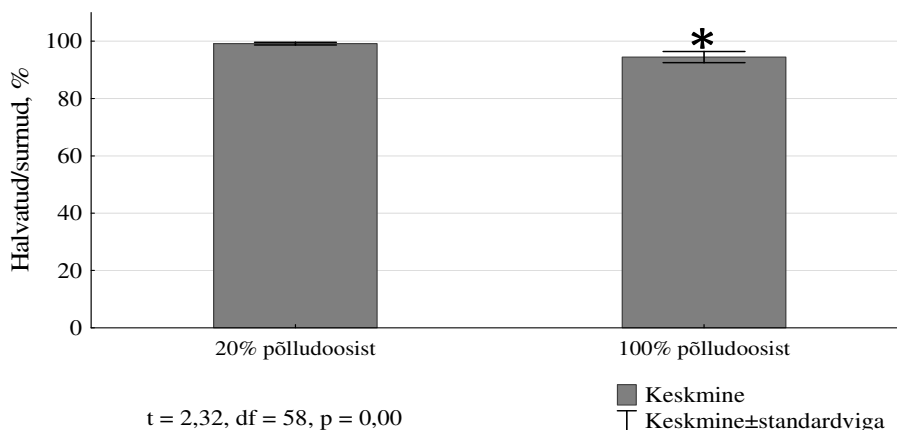
variandiga (vesi) oli mardikate halvatus/suremus küll suurem, kuid kahe kontrolli omavahelisel võrdlusel usaldusväärne erinevus puudus (joonis 1).

Kasutades soovitatud põllunormist viis korda madalama kontsentratsiooniga lambda-tühaloetriini lahust, hukkus või jäi halvatuks keskmiselt 95% mardikatest. Kasutades soovituslikku põllunormi, hukkus või jäi halvatuks aga 99% katses olnud mardikatest, mis oli statistiliselt oluliselt kõrgem võrreldes 20% normiga (joonis 2). Doosi suurenedes vähenes nii elusate kui ka halvatud mardikate osakaal 5% võrra.

Seega võib väita, et üldiselt olid katses olnud mardikad toimeaine suhtes küllaltki tundlikud. Kirjeldatud katse tulemused erinesid veidi Veromanni ja Toome (2011) 2009. aastal korraldatud uuringu tulemustest, kus kõik putukad olid olnud mürgi suhtes väga tundlikud. Sellest järeldub, et Eesti hiilamardikatel on kolme aasta jooksul püretroiditundlikkus mõningal määral vähenenud.



Joonis 1. Surnud, halvatud ja elusate naeri-hiilamardikate (*Meligethes aeneus*) valmikute osakaalud eri lambda-tühaloetriini kontsentratsioonidega ja kontrollvariantidega töötluses



Joonis 2. Surnud ja/või halvatud naeri-hiilamardika valmikute osatähtsus eri lambda-tühaloetriini töötlusega variantides. Tärn tähistab statistiliselt olulist erinevust katsevariantide vahel (T-test, $p < 0,05$)

Tabel 2. Naeri-hiilamardika tundlikkus püretroididele eri katsekohtades Tartumaal 2012. aastal

Koht	IRAC-i kood	Püretroiditundlikkuse aste	Statistiline erinevus *
Õssu	2	Tundlik	a
Ülenurme	2	Tundlik	a
Maramaa	2	Tundlik	a
Nõgiaru	3	Mõõdukalt resistentne	b
Erala	1	Väga tundlik	a
Elva	3	Mõõdukalt resistentne	a

* $p < 0,05$; Duncan test.

Ka piirkonniti erinesid naeri-hiilamardika mürgitundlikkuse tasemed ja isegi Tartu maakonna piires varieerus tundlikkus lambda-tsühalotriini suhtes alates väga tundlikust kuni mõõdukalt resistenteni (tabel 2).

Kokkuvõte

Eestis on juba välja kujunenud mõõdukalt püretroidiresistentsed naeri-hiilamardikate populatsioonid, mis on suur ohumärk rapsikasvatajatele. Selliste putukapopulatsioonide leviku pidurdamiseks tuleks vältida põldude nii profülaktilist insektsiididiga töötlemist kui ka põllu mitmekordset töötlemist sama toimeainega pestitsiidiga.

Tänuavaldused

Uurimust toetasid ETF-i grant nr 8895 ja sihtfinantseering SF0170057s09 ning institutsionaalne uurimistoetus IUT36-2.

Kasutatud kirjandus

- IRAC 2009. Insecticide Resistance Action Committee Susceptibility Test Methods Series Method No. 11.
- Lakocy, A. 1977. The influence of some biological and ecological factors on the development of resistance to insecticides and on the course of chemical control of *Meligethes aeneus* F. in the Voivodships of Poznan and Wroclaw. – *Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roslin* **19** (1), 123–181.
- Richardson, D.M. 2008. Summary of findings from a participant country pollen beetle questionnaire. – *EPPO Bulletin* **38** (1), 68–72.
- Thieme, T., Heimbach, U., Müller, A. 2010. Chemical Control of Insect Pests and Insecticide Resistance in Oilseed Rape. – *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Toim. Williams, I.H., Springer Netherlands, lk 313–335.
- Veromann, E., Toome, M. 2011. Pollen beetle (*Meligethes aeneus* Fab) susceptibility to synthetic pyrethroids – pilot study in Estonia. – *Agronomy Research* **9** (1-2), 365–369.

Maakirbud ristõielistel õlikultuuridel

Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Angela Ploomi, Külli Hiiesaar

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Metspalu, L., Jõgar, K., Ploomi, A., Hiiesaar, K.. 2015. Flea beetles on cruciferous oilseed crops. – Agronomy 2015.

Flea beetles are the most destructive insect pests of cruciferous crops. Small scale field experiment was performed to determine the species complex and abundance of flea beetles on *Brassica napus*, *B. rapa*, *B. juncea*, *B. nigra*, *Raphanus sativus*, *Eruca sativa*, *Sinapis alba* and *Camelina sativa*. Six species of flea beetles were found. The most abundant was *Phyllotreta undulata*, followed by *Ph. nemorum*, *Ph. vittata*, *Ph. nigripes*, *Ph. atra* and *Chaetocnema* spp. We found that the flea beetles discriminated between host plants. Among the tested crops the adult flea beetles preferred *E. sativa*, *B. juncea* and *Raphanus sativus*. The abundance of flea beetles was much lower on *C. sativa* and also the species composition on that plant differed significantly from all other tested plants.

Keywords: flea beetles, cruciferous oilseed plants

Sissejuhatus

Maakirbud on maailmas laialt levinud kahjurid, kellest paljud liigid eelistavad toitumiseks ja munemiseks glükosinolaate sisaldavaid ristõieliste (*Brassicaceae*) sugukonda kuuluvaid taimi (Hopkins *et al.*, 2009). Need kahjurid on peamiselt tõusmete ja noorte taimede ohtlikumaid kahjustajaid: suure arvukuse korral võib taimik täielikult hävida. Kuigi maakirbud võivad tekitada kahjustusi kogu kasvuperioodi vältel, on tõusmefaasi läbinud taimed siiski vähem tundlikumad ning sattudes rünnaku alla kolmandas-neljandas pärislehe faasis, suudavad kahjustuse tavaliselt üle elada, kuigi ka siis pidurdub kasv, väheneb biomass ja saak (Soroka, Grenkow, 2013).

Kevadel, kui temperatuur tõuseb üle 10 °C, tulevad maakirbud talvituspaikadest välja. Kui kultuurtaimi veel põllul ei ole, toituvad nad ristõielistel umbrohtudel. Kultuuride tärkamisel ja/või väljaistutamisel lahkuvad nad umbrohtudelt ning tulevad põldudele. Madalatel temperatuuridel kõnnivad ja hüppavad taimelt taimele. Kui aga päevane temperatuur tõuseb 15 °C-ni, lendavad pikemaid vahemaid ja soojadel päikesepaistelisel päeval levivad põldudel kiiresti (Lamb, 1983). Meie kliimavööndis on maakirpudel suvel jooksul üks põlvkond, kusjuures üks ja sama põlvkond esineb kahel aastal (Haberman, 1962). Maakirpude tõrjeks granuleeritakse seemned pestitsiididega ja/või pritsitakse taimi keemiliste tõrjevahenditega, mis on aga ohtlikud inimesele ja keskkonnale. Probleem on ka kahjuril üha süvenev mürgiresistentsus. Kõik see sunnib otsima teisi, vähem ohtlikke tõrjevõimalusi. Lihtsaim ja odavam tõrjeviis on kahjuri käitumisega manipuleerimine. Selle üks võimalus on putuka taime-eelistuste ärakasutamine ning selle väljundiks on püümis- e lõksutaimede leidmine. Taim ongi peletameelita (*push-pull*) tõrjesüsteemi võtmetegur ning edukuse eelduseks on leida kahjurile põhikultuurist suurema atraktiivsusega toidutaim. Oluline on ka välja selgitada maakirpudele resistentsemad taimeliigid, sest selles tõrjesüsteemis saaks neid peletajatena rakendada. Seega annavad kahjuri ja peremeestaimede vaheliste suhete uuringud väga olulist baasinformatsiooni tõrjestrategieate väljatöötamiseks.

Käesoleva töö eesmärk oli määrata kaheksal eri liiki ristõielisel õlikultuuril esinevate maakirpude liigiline koosseis ja arvukus ning hinnata eri katsekultuuride atraktiivsust.

Materjal ja meetodika

Katse korraldati 2012. aastal Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul. Katses oli kapsas-rohu (*Brassica juncea*) sort 'Jardonaja', suvirapsi (*B. napus*) sort 'Mascot', must sinep (*B. nigra*), suvirüpsi (*B. rapa*) sort 'Largo', õlitudra (*Camelina sativa*) sort 'Ligena', rukola (*Eruca sativa*) sort 'Poker', õlirõika (*Raphanus sativus*) sort 'Bille' ja valge sinepi (*Sinapis alba*) sort 'Branco'. Katselapi suurus oli 1×5 m². Igat lappi ümbristes 1 m² laiune taimikuta kaitseriba ning katse toimus kolmes korduses. Seemned külvati 15. mail, igale lapile neli rida. Taimede kasvufaasid määrati Lancashire' *et al.*, (1991) BBCH skaala alusel. Maakirpude püükidega alustati siis, kui taimed olid jõudnud 10. kasvufaasi (idulehed ilmunud maapinnale), edaspidi tehti püüke kord nädalas, kuni taimed olid jõudnud 31.–39. kasvufaasi (varsumine). Maakirbud püüti aspiraatoriga (ekshaustriga) iga lapi kahelt keskmiselt taimerealt. Tõid tehti hommikutundidel, kui valmikud olid väheaktiivsed. Igalt lapilt kogutud mardikad pandi eraldi topsidesse, markeeriti ning surmati sügavkülmikus, seejärel määrati liigid ja loendati.

Andmetöötluses kasutati programmi STATISTICA 12, andmed analüüsiti dispersioonanalüüsiga (ANOVA) ning variantide võrdluses rakendati Fisher LSD testi ($p < 0,05$). Kui variantide vahel puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus, tähistati variandid ühesuguste tähtedega.

Tulemused ja arutelu

Katsealalt püüti kuut liiki maakirpe: harilik maakirp (*Phyllotreta undulata*), must maakirp (*Ph. atra*), suur maakirp (*Ph. nemorum*), kurmtriibuline maakirp (*Ph. vittata*), sinihelk maakirp (*Ph. nigripes*) ja *Chaetocnema* spp. (liigini ei määratud). Analüüsist selgus, et maakirbuliikide arvukuse võrdluses oli liik statistiliselt oluline tunnus (ANOVA: $F_{(5, 12)} = 162,8$; $p < 0,001$). Mardikaliikide arvukuse omavahelisel võrdlusel (Fisher LSD test) selgus, et kõige arvukam liik kogu katsealal oli harilik maakirp: teda saadi kõikidelt katsekultuuridelt kokku peaaegu viis korda rohkem kui suurt, kurmtriibulist või sinihelk maakirpu (tabel 1). Viimati nimetatud kolmest maakirbu liigist püüti mõnevõrra rohkem sinihelk maakirpu, järgnesid suur maakirp ning veidi väiksema arvuga kurmtriibuline maakirp. Nende kolme liigi arvukus ei erinenud omavahelisel võrdlusel statistiliselt usaldusväärselt (LSD, $p > 0,05$). Nii musta maakirpu kui ka *Chaetocnema* spp. leiti katsealal vähe, nende kahe liigi arvukuse omavahelisel võrdlusel puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus (LSD, $p > 0,05$), kuid kõikide teiste liikidega võrreldes oli nende kahe liigi arvukus usaldusväärselt madalam (LSD, $p < 0,05$).

Katselappidelt püütud maakirpude liigid olid üldjoontes samad, mis olid varem tuvastatud ristõielistel köögiviljakultuuridel ja rapsil (Hiiesaar *et al.*, 2003; 2006). Nähtavasti ongi meie ristõielistel kultuuridel need liigid tavapärased. Enam-vähem sama sugune maakirpude koosseis on ristõielistel leitud ka Rootsis (Ekbom, Müller, 2011), Soomes (Tulisalo, Korpela, 1986) ja Lätis (Bukejs, 2008). Mõningaid varieeruvusi esineb ühel või teisel maal liikide osakaaludes, kuid harilik maakirp on igal juhul ülekaalus. Seega on alust arvata, et nimetatud liik on põhjapoolsete regioonide tingimustega kõige paremini kohastunud. Talvitudes lumekatte all kõdus, on sealsed temperatuurid alati kõrgemad kui tema allajahtumisvõime, mistõttu on tema talvine suremus minimaalne (Hiiesaar *et al.*, 2009). Ilmselt aitavad arvukuse kasvule kaasa nii tali- kui ka suvirapsi ja -rüpsi kasvupindade ulatuslik laienemine viimastel aastakümnetel, kuna sellega on lisandunud piiramatu toidu- ja paljunemisressurss.

Katsetest selgus, et taimeliik oli mardika valikutes oluline faktor (ANOVA: $F_{(7,16)} = 23,2$; $p < 0,001$). Korduste keskmisena püüti maakirpe kõige rohkem rukolalt, vaid mõnevõrra vähem kapsasrohult ja õlirõikalt (tabel 2). Arvukuse vähenemise järjekorras järgnesid must sinep, suvirüps, valge sinep ja suviraps. Tudrale kogunes väga vähe maakirpe. Sellistest tulemustest järeldub, et katsekultuuride hulgas oli maakirpude jaoks nii rohkem kui ka vähem atraktiivseid taimeliike. Analoogseid tulemusi said ka Bohinc ja Trdan (2013), kes uurisid maakirpude liigilist koosseisu ristõielistel köögiviljakultuuridel, eriti valgel peakapsal, Gavloski *et al.* (2000), kes selgitasid kapsa maakirbu *Ph. crucifera* käitumist eri ristõielistel taimedel ning Hiiesaar *et al.* (2006), kes hindasid maakirpude ja mõne õlikultuuri vahelisi suhteid.

Hinnates maakirpude liigilist koosseisu ja arvukust eri taimeliikidel selgus, et enamikul neist olid küll ühed ja samad maakirbuliigid, kuid nende osakaaludes ilmnisid teatud erinevused (joonis 1). Täiesti teistsugune oli aga liikide osakaal ja arvukus tudral. Iga üksiku maakirbuliigi asustustiheduse analüüs eri taimeliikidel näitas, et kõige rohkem harilikku maakirpu (*Ph. undulata*) püüti kapsasrohult ja rukolalt (joonis 1) ning teda oli neil taimeliikidel usaldusväärset rohkem kui teistel katses olnud õlikultuuridel. Nendelt kahelt taimeliigilt püütud hariliku maakirbu arvukuses puudus usaldusväärne erinevus. Mõnevõrra vähem oli seda maakirbuliiki mustal sinepil ja õlirõikal: neilt kum-

Tabel 1. Maakirbuliikide keskmine arvukus katseperioodil ristõielistel õlikultuuridel kokku

Maakirbuliigid	Arvukus (M ± SE)
Harilik maakirp, <i>Phyllotreta undulata</i>	814,3 ± 55,9 ^a
Sinihelk maakirp, <i>Phyllotreta nigripes</i>	182,6 ± 9,0 ^b
Suur maakirp, <i>Phyllotreta nemorum</i>	151,0 ± 6,8 ^b
Kurmtribuline maakirp, <i>Phyllotreta vittata</i>	128,3 ± 2,8 ^b
Must maakirp, <i>Phyllotreta atra</i>	22,6 ± 4,6 ^c
<i>Chaetocnema</i> spp.	17,3 ± 3,1 ^c

Erinevad tähed tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi $p < 0,05$ (ANOVA, Fisher LSD test). M = korduste keskmine, SE = standardviga.

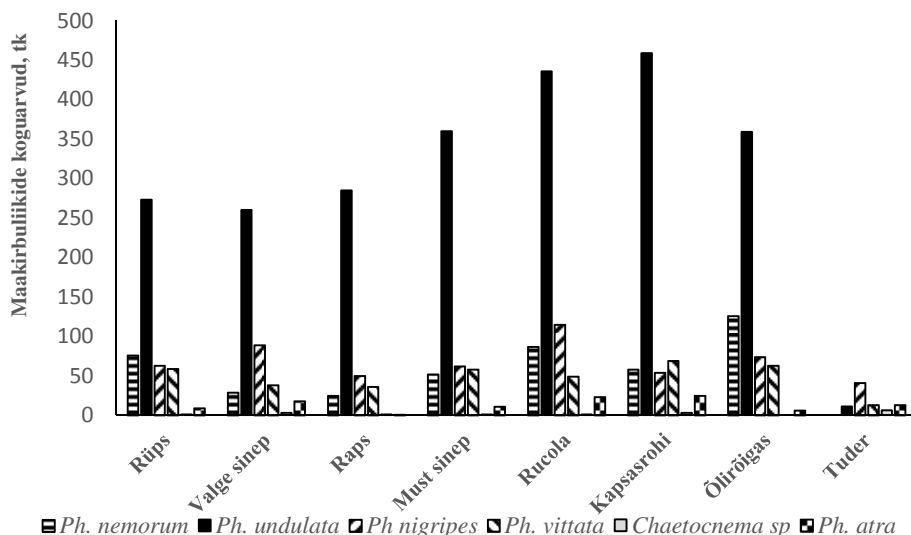
Tabel 2. Maakirpude keskmine arvukus eri õlikultuuridel

Taimeliik	Arvukus (M ± SE)
Rucola, <i>Eruca sativa</i>	237,0 ± 1,70 ^a
Kapsasrohi, <i>Brassica juncea</i>	222,6 ± 20,5 ^{ab}
Õlirõigas, <i>Raphanus sativus</i>	209,3 ± 1,40 ^{ab}
Must sinep, <i>Brassica nigra</i>	181,6 ± 20,3 ^{bc}
Suvirüps, <i>Brassica rapa</i>	161,6 ± 19,7 ^{bc}
Valge sinep, <i>Sinapis alba</i>	146,0 ± 8,3 ^{bc}
Suviraps, <i>Brassica napus</i>	132,6 ± 14,7 ^c
Tuder, <i>Camelina sativa</i>	28,0 ± 2,6 ^d

Erinevad tähed tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi $p < 0,05$ (ANOVA, Fisher LSD test). M = korduste keskmine, SE = standardviga.

maltki koguti enam-vähem ühepalju mardikaid. Nimetatud taimeliikidega võrreldes saadi seda liiki mardikaid vähem rupsilt, rüpsilt ja valgelt sinepilt ning ka nende kolme taimeliigi püükide omavahelistes võrdlustes puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus. Tudrale kogunes väga vähe harilikku maakirpu. Sinihelk maakirpu (*Ph. nigripes*) leiti rohkem rukolalt ja valgelt sinepilt, mõnevõrra vähem teistelt kultuuridelt. Teiste maakirbuliikidega võrreldes oli see liik suhteliselt arvukas tudral. Suure maakirbu (*Ph. nemorum*) arvukus oli kõikjal üsnagi madal. Teda püüti enam õlirõikalt, vähem valgelt sinepilt ja rupsilt ning ta puudus täielikult tudral. Kurmtriibulist maakirpu (*Ph. vittata*) püüti enam-vähem võrdsetes kogustes nii rüpsilt, mustalt sinepilt, rukolalt kui ka õlirõikalt, mõnevõrra vähem aga rupsilt ja valgelt sinepilt. Tudralt püüti vaid üksikud isendid. Musta maakirbu (*Ph. atra*) ja *Chaetocnema* spp. arvukus oli kõikides katsevariantides väga madal ja taimeliikide vahelist erinevust ei ilmnenud. Tulemustest järeldub, et maakirbuliigid valisid peremeestaimi mõnevõrra erinevalt. Selliseid liigile omaseid erinevusi taimede valikus on tuvastanud mitmed kahjuri ja taime vahelisi suhteid uurinud teadlased (Howard, Parker, 2000; Hiiesaar *et al.*, 2003; 2006; Ulmer, Dossdall, 2006; Bohinc, Trdan, 2013). Üks põhjus on kindlasti see, et igal taimeliigil on vaid temale omane keemiline koostis ja struktuur (glükosinolaatide erinev koosseis ja kogus, vaha kiht ja selle koostis, jne), mis annavad talle tüüpilise individuaalsuse. Igale taimeliigile on kohastunud ka kindlad putukaliigid.

Kuigi ühe tõrjekriteeriumina arvestatakse enamasti mardikate arvu taime kohta, tuleb taimede atraktiivsuse hindamisel arvestada veel muidki tegureid. Nii on näiteks leitud, et putukate arvukus taimel ei pruugi alati olla korrelatsioonis nende tekitatava kahjustusega (Hiiesaar *et al.*, 2003). Sellisel juhul meelitavad taimelõhnad kahjuri küll taimele, kuid taim osutub toiduks mittesobivaks. Seega tuleks koos kahjurite arvukusega hinnata ka kahjustust. See on võimalik laboritingimustes, sest põllul on raske kahjurit ja kahjustust kokku viia.



Joonis 1. Maakirpude liigiline koosseis ja nende koguarvud (tk) eri ristõielistel õlikultuuridel

Kokkuvõte

Ristõielistel õlikultuuridel oli valdavaks maakirbuliigiks harilik maakirp. Tunduvalt vähemal määral leiti suurt, kurmtribulist ja sinihelk maakirpu. Marginaalse tähtsusega olid *Chaetocnema* spp. ja must maakirp.

Maakirpudel oli taimeliikide osas eelistusi ning atraktiivsemad olid enamikule maakirbuliikidele kapsasrohi, rukola ja ka õlirõigas. Neid taimeliike tuleks edaspidi uurida kui võimalikke püünistaimi maakirpudele, eriti aga harilikule maakirbule.

Tudra edaspidised uuringud peaks olema suunatud tema võimalikule kasutamisele maakirpude peletajana, kasvatades teda põhikultuuri servaaladel.

Tänuavaldused

Uurimust toetasid ETF-i grantid 8895 ja 9449 ning sihtfinantseering SF0170057S09 ning IUT 36-2.

Kasutatud kirjandus

- Bohinc, T., Trdan, S. 2013. Sowing mixture of *Brassica* trap crops is recommended to reduce *Phyllotreta* beetles injury to cabbage. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Plant Soil Science* **63**, 297–204.
- Bukejs, A. 2008. To the knowledge of flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae) in the fauna Latvia. 2. Genus *Phyllotreta* Chevrolat, 1836. – *Acta Zoologica Lituanica* **18**, 198–206.
- Ekbom, B., Müller, A. 2011. Flea beetle (*Phyllotreta undulata* Kutschera) sensitivity to insecticides used in seed dressings and foliar sprays. – *Crop Protection* **30**, 1376–1379.
- Gavloski, J.E., Ukuere, U., Keddie, A., Dosedall, L., Kott, L., Good, A.G. 2000. Identification and evaluation of flea beetle (*Phyllotreta crucifera*) resistance within Brassicaceae. – *Canadian Journal of Plant Science* **80**, 881–887.
- Habermann, H. 1962. *Eesti hüppikpoilased*, Tartu, 219 lk.
- Hiisaar, K., Metspalu, L., Lääniste, P., Jõgar, K. 2003. Specific composition of flea beetles (*Phyllotreta* spp), the Dynamics of their number on the summer rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* subvar. *annua*) 'Mascot'. – *Agronomy Research* **1**, 123–130.
- Hiisaar, K., Metspalu, L., Jõgar, K., Annuk, K. 2006. Erinevate ristõieliste atraktiivsus maakirpude (*Phyllotreta* spp.) suhtes. *Agronomiam 2006*. AS Atlex, 224–227.
- Hiisaar, K., Williams, I.H., Luik, A., Metspalu, L., Muljar, R., Jõgar, K., Karise, R., Mänd, M., Svilponis, E., Ploomi, A., 2009. Factors affecting cold hardiness in the small striated flea beetles, *Phyllotreta undulata*. – *Entomologia Experimentalis et Applicata* **131**, 278–285.
- Hopkins, R.J., van Dam, N.M., van Loon, J.J.A. 2009. Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. – *Annual Review of Entomology* **54**, 57–83.
- Howard, J.J., Parker, W.E., 2000. Evaluation of trap crops for the management of *Phyllotreta* flea beetles on brassicas. Proceedings of BCPC Conference – *Pest Diseases* **3**, 975–980.
- Lamb, R.J. 1983. Phenology of flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) flight in relation to their invasion of canola fields in Manitoba. – *Canadian Entomologist* **115**, 1493–1502.
- Soroka, J., Grenkow, L. 2013. Susceptibility of brassicaceous plants to feeding by flea beetles, *Phyllotreta* spp (Coleoptera: Chrysomelidae). – *Journal of Economic Entomology* **106**(6), 2557–2567.
- Tulisalo, U., Korpela, S. 1986. Flea beetles (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae) on rapeseed and sugar beet in Finland. – *Journal of Agricultural Science in Finland* **58**, 69–82.
- Ulmer, B.J., Dosedall, L.M., 2006. Emergence of overwintered and new generation adults of the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) (Coleoptera: Chrysomelidae). – *Crop Protection* **25**, 23–30.

Pulbriliste biopreparaatide mõju kimalaste ainevahetusele ja veekaole

Riin Muljar, Reet Karise, Marika Mänd

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Muljar, R., Karise, R., Mänd, M. 2015. The effect of powdery biopreparations on the metabolic rate and water loss of bumble bees. – Agronomy 2015.

Bumble bees can be used as vectors to distribute different powdery biopreparations to control plant pest and diseases. The aim of the study was to test the safety of four powdery substances: wheat flour (used as negative control), bioinsecticide Botanigard 22 WP (based on entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*), biofungicide Prestop Mix (based on soil fungus *Gliocladium catenulatum*) and kaolin, which is an inert clay mineral used as carrier in Prestop Mix. The effect of those substances on the metabolic rate and water loss of bumble bee foragers after topical treatment was measured using flow-through respirometry. There was no significant effect on the mean metabolic rate, although all powders inhibited the normal decrease of metabolism (as found in the untreated control bees), which was probably caused by irritation. Wheat flour and Botanigard 22 WP didn't have a significant effect on water loss rate, whereas Prestop Mix and kaolin significantly increased the mean water loss after treatment in all tested individuals. Since kaolin is known to have abrasive properties, the increased water loss could have resulted from damage to the cuticle. Therefore powdery preparations may pose some risk to bumble bees, especially kaolin and the kaolin-containing Prestop Mix. However, considering that in our experiment the bees were covered with the powders continuously and uniformly throughout the measurements, whereas in real-life field or greenhouse conditions the bee loses a significant amount of the biopreparation powder during the foraging flight, the detrimental effects should not present a problem.

Keywords: bumble bee, biopesticide powder, metabolic rate, water loss

Sissejuhatus

Taimekaitstes on tänapäeval võimalik kasutada kimalasi ja teisi tolmeldajaid mitmete taimehaiguste ja kahjurite tõrjel: kui kinnitada taru lennuava külge pulbrilist biopreparaati sisaldav karbike, viivad töölised nektarit otsides jalgade külge jäänud preparaadi kultuurtaimede õitele (Mommaerts, Smagghe, 2011). Üks selline preparaat on seent *Gliocladium catenulatum* sisaldav biofungitsiid Prestop Mix, mida on edukalt kasutatud hahkhallituse tõrjes aedmaasikal (Mommaerts *et al.*, 2011). Samuti on kimalaste abil levitatud bioinsektitsiidi BotaniGard, mis põhineb entomopatogeensel seenel *Beauveria bassiana* ja aitab tõrjuda eri taimekahjureid (Al-Mazra'awi *et al.*, 2006). Pulbrilistes biopestitsiidides kasutatakse sageli lisaaineid, et preparaat paremini kimalase jalgade küljes püsiks, üks selline aine on insektitsiidse toimega valge savimineraal kaoliin (Ucar *et al.*, 1999), mida leidub ka Prestop Mixi koostises. Tagamaks nimetatud preparaate ja nende koostisosade ohutust kimalastele, on letaalsete mõjude kõrval väga oluline uurida ka nende subletaalset toimet putuka füsioloogiale – toimet, mis ei pruugi avalduda suremuses või käitumises, kuid võib pikema ajaperioodi vältel nõrgestada putuka vastupanuvõimet stressoritele (Bryden *et al.*, 2013). Putuka ainevahetuse taseme ja temast eralduva vee hulga mõõtmine on üldlevinud ja efektiivne meetod pestitsiidide mittesurmavate mõjude hindamisel (Zafeiridou, Theophilidis, 2006). Pulberpreparaate laiali kandvad kimalased saavad tihtipeale pulbriga üleni kokku ning ei ole

teada, kuidas see võib mõjutada putuka füsioloogiat. Seega oli töö eesmärk uurida eri pulbriliste ainete, nagu kaoliini ja kaoliini sisaldava biofungitsiidi Prestop Mix, samuti bioinsektitsiidi BotaniGard mõju kimalase ainevahetusele ja veekaole.

Materjal ja meetoodika

Kimalase *Bombus terrestris* (Koppert Biological Systems B.V., Holland) töölisid püüti taru lennuavalt ja asetati ühekaupa plasttopsidesse, iga tops sisaldas vastavalt katse skeemile 50 mg erinevat pulbrilist ainet. Seejärel raputati topsi õrnalt, et kimalane saaks pulbriga kaetud. Kontrollgrupi topsid pulbrit ei sisaldanud, kuid nendega toimetati samal viisil. Töötlusvariante oli viis, neist neli pulbrilised ained: kaoliin (Bang & Bonsomer Estonia, Tallinn, Eesti), Prestop Mix (Verdera OY, Espoo, Soome), BotaniGard 22 WP (BioWorks, Victor, NY, USA) ja nisujahu (Tartu Mill, Tartu, Eesti), lisaks töötlemata kontrollgrupp. Igas töötlusvariandis oli 5–6 kimalast. Nisujahu kasutati negatiivse kontrollina, kuna Mommaerts *et al.* (2012) andmetel peaks see olema kimalasele ohutu.

Ainevahetuse ja veekao mõõtmiseks asetati kimalane hingamiskambrisse, mis oli ühendatud LI-7000 CO₂/H₂O analüsaatoriga (LiCor, Lincoln, NE) – see võimaldab paralleelselt fikseerida ainevahetuse taset mõõdetuna putukast eraldunud CO₂ hulgana (VCO₂, ml h⁻¹) ja veekadu (VH₂O, µl h⁻¹). Mõõtmised toimusid kuue tunni vältel: kolm tundi enne ja kolm peale töötlust.

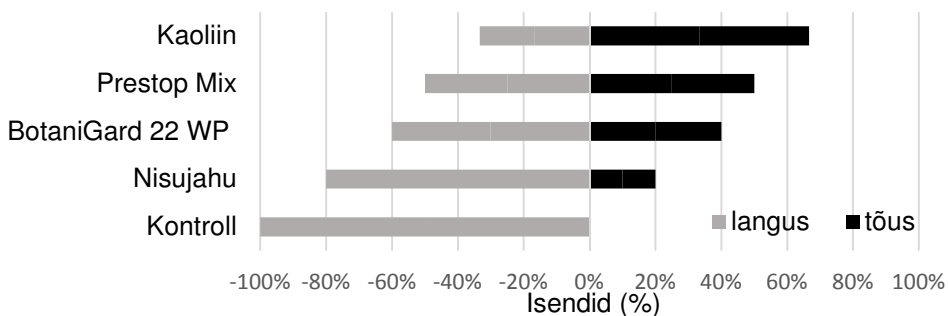
Andmeanalüüsil kasutati statistikaprogrammi SAS 9.1, ainevahetuse ja veekao andmete analüüsimiseks kasutati korduvmõõtmistega GLM mudelit.

Tulemused ja arutelu

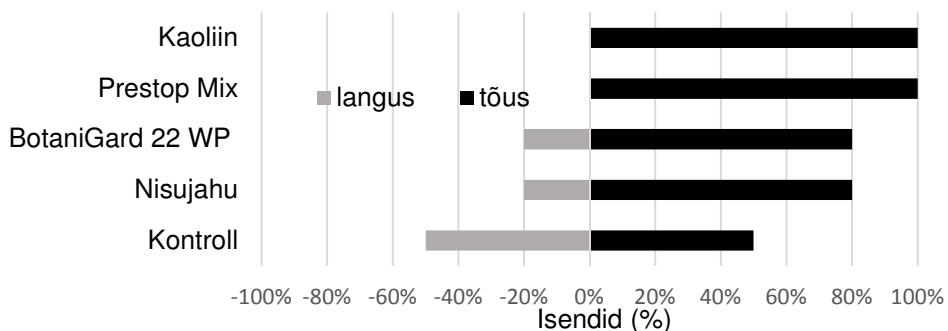
Keskmine ainevahetuse tase langes kõigil kontrollgrupi isenditel (joonis 1), see osutus ka statistiliselt oluliseks ($p = 0,012$). Seevastu kaoliini, Prestop Mixi, BotaniGard 22 WP ja nisujahu puhul kimalaste ainevahetuse tase statistiliselt oluliselt ei muutunud ($p > 0,05$), sõltuvalt töötlustest ja isendist see pärast töötlust kas veidi tõusis või langes (joonis 1).

Ainevahetus on hea indikaator avastamiseks väikesi muudatusi putuka organismis (Kestler, 1985). Tavatingimustes ainevahetuse tase aja möödudes langeb, kuna kimalase liikumisvõime hingamiskambris on piiratud ja putukas rahuneb (Zafeiridou, Theophilidis, 2006), nii see ka pulbriga mitte kokku puutunud isendite puhul oli. Samas mitmete kimalaste ainevahetus peale eri pulbritega töötlust hoopis tõusis, seega pidi olema mingi faktor, mis segas katse jooksul normaalset ainevahetuse taseme langust. Üks põhjus võis olla see, et pulbriosakesed tungisid putuka seedekulglassse või blokeerisid hingatsid (Subramanyam, Roesli, 2000). See võis põhjustada kimalasel mõningast ärritust ja takistas rahunemisprotsessi.

Pärast töötlust keskmine veekadu BotaniGard 22 WP, nisujahu ja kontrollgrupi puhul statistiliselt oluliselt ei muutunud ($p > 0,05$): osadel isenditel veekadu veidi tõusis, samas teistel jälle mõnevõrra langes (joonis 2). Jahuosakesed olid tõenäoliselt sellise suuruse ja kujuga, et nad kutiikulit ei kahjustanud ning seetõttu veekadu ei suurendanud. Preparaadis BotaniGard 22 WP sisalduv seen *B. bassiana* lagundab oma elutegevuse jooksul putuka koed – see lõpeb tavaliselt putuka surmaga (Zimmermann, 2007). Kuna meie katse kestis peale töötlust vaid kolm tundi, siis tõenäoliselt ei jõudnud seeneosad selle aja jooksul veel kutiikulit lagundama hakata ja seetõttu ei olnud ka mõju veekaole märgatav.



Joonis 1. Kimalaseisendite (%) jaotumine vastavalt ainevahetuse taseme (VCO_2 , $ml\ h^{-1}$) langusele või tõusule peale tötlust eri pulbriliste ainetega



Joonis 2. Kimalaseisendite (%) jaotumine vastavalt veekaole taseme (VH_2O , $\mu l\ h^{-1}$) langusele või tõusule peale tötlust eri pulbriliste ainetega

Kaoliin ja Prestop Mix seevastu põhjustasid pärast tötlust kõigil isenditel statistiliselt olulise veekaole tõusu ($p < 0,001$; joonis 2). Kaoliin võis kehakatete veeläbilaskvust suurendada abrasiivsete omaduste tõttu, millele viitasid ka Cook *et al.* (2008). Abrasiivsed pulbrid võivad hõõrduda vastu kutiikulit või tungida kehalülide vahele, samuti võivad nad endasse imada ja seega eemaldada putuka kehal oleva kaitsva vaha- ja lipiidide kihi, mis põhjustab suurenenud veekaole läbi kehakatete (Ebeling, 1971; Cook *et al.*, 2008). Kuna Prestop Mixi kanduraineks on kaoliin, siis ei ole ka üllatav, et mõlemate ainete toime oli sarnane ja veekaole tõusis sellepärast, et eelnimetatud pulbrid kahjustasid kimalase kehakatteid.

Kokkuvõte

Tulemustest selgus, et ka bioloogilised pulberpreparaadid mõjutavad kimalaste füsioloogiat: toimides ärritavalt võivad need mõnevõrra tõsta kimalase ainevahetuse taset või vastu kehakatteid hõõrdudes suurendada veekaole. Nimetatud preparaate puhul tuleks peale toimeainete tähelepanu pöörata ka lisaainetele, mis võivad samuti tolmeldajatele mõju avaldada. Kuivõrd Prestop Mix ja selles sisalduv kaoliin põhjustasid töödeldud kimalastel oluliselt suurema veekaotuse, võib see ostuda probleemiks väga

kuivade ja kuumade ilmastikutingimuste puhul. Seega tuleb tolmeldajatele tagada piisav veega varustatus. Samas tuleb märkida, et meie laborikatses oli kimalane mõõtmise ajal pulbriga ühtlaselt kaetud. Pulberpreparaadi laialikandmisel põllul või kasvuhoones kaotab kimalane lennu kestel enamiku jalgade ning keha küljes olevast pulbrist, seega reaalingimustes ei tohiks veekaotus probleemiks kujuneda.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetas Põllumajandusministeerium, projekt BICOPOLL (ERA–NET Core–organic), Haridus- ja Teadusministeerium (SF0170057s09 ja IUT36-2) ning ETF grant 9450.

Kasutatud kirjandus

- Al-Mazra'awi, M.S., Shipp, J.L., Broadbent, A.B., Kevan, P.G. 2006. Biological control of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) by *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) vectored *Beauveria bassiana* in greenhouse sweet pepper. – *Biological Control* **37**, 89–97.
- Bryden, J., Gill, R.J., Mitton, R.A.A., Raine, N.E., Jansen, V.A.A. 2013. Chronic sublethal stress causes bee colony failure. – *Ecology Letters* **16**, 1463–1469.
- Cook, D.A., Wakefield, M.E., Bryning, G.P. 2008. The physical action of three diatomaceous earths against the cuticle of the flour mite *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae). – *Pest Management Science* **64**, 141–146.
- Kestler, P. 1985. Respiration and respiratory water loss. – *Environmental Physiology and Biochemistry of Insects*. Toim. K.H. Hoffmann, Berlin, lk 137–189.
- Mommaerts, V., Put, K., Smagghe, G. 2011. *Bombus terrestris* as pollinator-and-vector to suppress *Botrytis cinerea* in greenhouse strawberry. – *Pest Manag Science* **67**, 1069–1075.
- Mommaerts, V., Put, K., Vandeven, J., Smagghe, G. 2012. Miniature-dispenser-based bioassay to evaluate the compatibility of powder formulations used in an entomovectoring approach. – *Pest Management Science* **68**, 922–927.
- Mommaerts, V., Smagghe, G. 2011. Entomovectoring in plant protection. – *Arthropod–Plant Interactions* **5**, 81–95.
- Subramanyam, B., Roesli, R. 2000. Inert dusts. – *Alternatives to Pesticides in Stored-product IPM*, Kluwer Academic Publishers. Toim. B. Subramanyam, D.W. Hagstrum, Dordrecht, the Netherlands, lk 321–380.
- Zafeiridou, G., Theophilidis, G. 2006. A simple method for monitoring the respiratory rhythm in intact insects and assessing the neurotoxicity of insecticides. – *Pesticide Biochemistry and Physiology* **86**, 211–217.
- Zimmermann, G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. – *Biocontrol Science and Technology* **17** (5/6), 553–596.
- Ucar, T., Ozkan, H.E., Fox, R.D., Derksen, R.C. 1999. Criteria and procedures for evaluation of solids mixing in agricultural sprayer tanks. – *Transactions of the ASAE* **42**, 1581–1587.

Roheline seep tugevdab taimsete tõmmiste toimet

Angela Ploomi, Luule Metspalu, Anne Luik, Katrin Jõgar, Külli Hiisaar

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Ivar Sibul, Irja Kivimägi

Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut

Abstract. Ploomi, A., Metspalu, L., Luik, A., Jõgar, K., Hiisaar, K., Sibul, I., Kivimägi, I. 2015. Potassium salt of fatty acids enhances the effect of plant extracts. – *Agronomy* 2015.

Laboratory trials were carried out to evaluate the toxicity of a 20% bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) plant extract and potassium salts of fatty acids (PSFA) on the white large cabbage butterfly (*Pieris brassicae* L.). First instar larvae were sprayed once with treatments: plant extract, plant extract + PSFA, PSFA, water (control). The mixture of plant extract + PSFA caused higher mortality, all larvae died during 24 hours. In plant extract and PSFA treatments larvae died in older instars (IV, V) and during the pupal stage. *P. aquilinum* had stronger lethal effect than PSFA.

Keywords: *Pieris brassicae*, plant extract, potassium salt of fatty acids, *Pteridium aquilinum*

Sissejuhatus

Eesti maaelu arengukava (MAK) 2014–2020 üks üldeesmärk on toetada keskkonnasõbralike tegevuste rakendamist aianduskultuuride kasvatamisel. Nimetatud toetuse spetsiifilised eesmärgid on vähendada taimekaitsevahendite kasutamist ja aidata kaasa bioloogilise mitmekesisuse säilimisele põllumajandusmaastikus (MAK 2014–2020). Keskkonnasõbralike meetodite alla kuulub ka kahjurputukate tõrjeks taimsete tõmmiste kasutamine, sest need lagunevad kiiresti ümbritsevale keskkonnale ohututeks algühenditeks ega akumuleeru toiduahelasse (Isman, 1997; Luik, 2012). Taimekaitsepraktikas lisatakse taimelehtede ühtlasemaks katmiseks pritsimislahustele sageli kaaliumseepi ehk rohelist seepi (RS) (Luik, 2012), kuid andmed taimse tõmmise ja rohelse seebi koostoime kohta on puudulikud.

Roheline seep on olemuselt rasvade ehk glütserooli ehk propaantriooli ($\text{HOCH}_2\text{-CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$) ja kõrgemate karboksüülhapete (rasvhapete) estrite leeliselisel hüdrolüüsil tekkinud rasvhapete kaaliumisoolad. Rasvhappe kaaliumisoola valmistamiseks lisatakse taimsetele õlidele või loomsetele rasvadele kaaliumhüdrosiidi (KOH) (Abdel-Moniem *et al.*, 2004). Esimene rasvhappe kaaliumisooli sisaldav toode registreeriti 1947. aastal (Reregistration Eligibility..., 1992; Prats *et al.*, 1999). Rasvhappe kaaliumisooli kasutatakse lisaks pesuainena ka insektitsiididena, herbitsiididena, fungitsiididena ja algatsiididena (Reregistration Eligibility..., 1992). Kaaliumisooli sisaldavaid tooteid võib taimekaitse seisukohalt pidada keskkonnasõbralikeks. Kui roheline seep on imetajatele madala toksilisusega (Prats *et al.*, 1999), siis selle seebiga kokku puutunud putukatel tekivad ilmselged toksikoosinähud. Peamiselt põhjustavad kaaliumisoolad putukate rakumembraanide läbilaskevõime häireid. Kuid sarnaselt sünteetiliste insektitsiididega võib ka rohelse seebi liigne kasutamine viia kahjurite mürgiresistentsuse väljakujunemiseni (Olkowski, 1991).

Uurimistö eesmärk oli selgitada mürgiseid ühendeid sisaldava kilpjala (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) (Eestis väga levinud taim), rohelse seebi ning nende koostoimet suur-kapsaliblika (*Pieris brassicae* L.) röövikute suremusele.

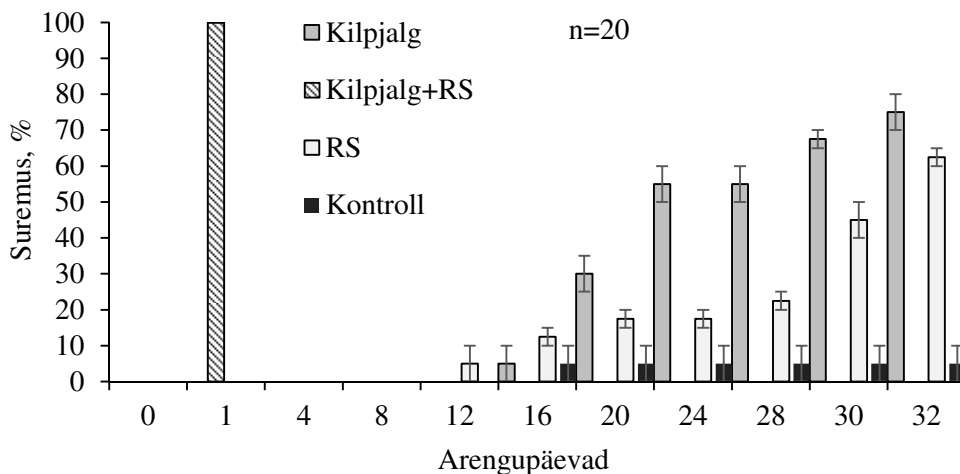
Materjal ja meetoodika

Taimse tõmmise valmistamiseks kasutati täiskasvanud taime lehti, mis eelnevalt pesti ja seejärel hoolikalt peenestati. 20% tõmmise valmistamiseks lisati 200 g taimmaterjalile 1 liiter toasooja vett ning jäeti seejärel kinnikaetud nõus 24 tunniks seisma. Järgmisel päeval segu filtreeriti. Sellist pritsimisvedeliku valmistamise viisi soovitab ka I. Tammaru (1981). Suur-kapsaliblika röövikute kontaktseks töötlemiseks valmistati tõmmis eelmisel päeval. Rohelise seebi (RS) (Orto AS, Eesti) toime selgitamiseks nii eraldi kui ka koostoimes taimetõmmisega lisati 15 ml vedelseepi kas vastavalt 1 liitrile veele või eelnevalt valmistatud ja filtreeritud tõmmisele. Suur-kapsaliblika röövikuid kasvatati kasvatuskambris (MLR-350H, Sanyo, Jaapan) temperatuuril +23 °C ja lühipäevatingimustes (10 tundi valgust, 14 tundi pimedust) kümne isendi kaupa 1-liitrilistes purkides. Röövikuid toideti pestud töötlemata valge peakapsa (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) sordi 'Jõgeva' lehtedega. Toitu vahetati vastavalt vajadusele: nooremate kasvu järkude puhul ülepäeviti, vanematel iga päev. Kontaktse töötlemise mõju selgitamiseks pritsiti esimese kasvujärgu röövikuid pindmiselt rohelise seebi lahuse ning taimse tõmmisega. Pritsimislahusest märjad röövikud tõsteti pärast töötlemist kuivale filterpaberile ja võimaldati neil 15 minutit kuivada, selleks et röövikud ei viiks toidutaimetele pritsimislahuse jääke. Kontrollvariandi röövikuid töödeldi sarnaselt destilleeritud veega. Taimse tõmmise ja RS-i toime väljaselgitamiseks fikseeriti igal järgneval päeval pärast töötlust ehk 24-tunnise intervalliga isendite suremus. Katsed tehti kahes korduses, kummaski korduses oli 20 isendit. Katseperioodi kestus oli 32 päeva. Andmete statistilisel töötlemisel kasutati programmi Microsoft Excel 2013. Statistilise usutavuse leidmiseks võrreldi andmeid χ^2 -testi 2×2 tabeli abil. Statistilise olulisuse nivooks võeti $p < 0,05$. Joonisel 1 on esitatud arengupäevade lõikes eri töölahustega töödeldud katseputukate suremuse aritmeetilised keskmised protsentides koos standardveaga. Andmete paremaks näitlikustamiseks on suremuse näitajad joonisel esitatud neljapäevaste intervallidega.

Tulemused ja arutelu

Kontakttoimelised ehk puutemürgid toimivad putukatele nii kehaavade (hingamisavad, eritus- ja seedeelundite välised avad) kui ka kehakatete kaudu. Sõltuvalt mürgi omadustest võivad organismi vastutoimed olla väga erinevad – reaktsiooni puudumisest kuni toksikoosini (Kuusik *et al.*, 1995).

Tulemustest nähtus, et kui RS-i lahuse mõju avaldus 12. päeval ja taimse vesiekstrakti mõju 16. päeval pärast töötlust, mil ilmnis esimeste katseputukate suremus, siis taimetõmmis, kuhu oli lisatud rohelist seepi, surmas ööpäeva jooksul pärast töötlemist kõik röövikud (vt joonis 1). Kilpjalatõmmis koostoimes rohelise seebiga mõjus katseputukatele oluliselt toksilisemalt kui puhas kilpjalatõmmis ($\chi^2 = 11,43$; $p < 0,05$). Sarnane rohelise seebi ja taimse tõmmise vastastikune koostoime ilmnis ka põldosja + RS-i tõmmisel nii suur-kapsaliblika röövikute toidu kaudsel kui ka kontaktse töötlemisel (Ploomi *et al.*, 2014). Rohelise seebi töötlusvariandis algas suremus varem kui kilpjalatõmmise variandis, mil 5% röövikutest hukkus IV kasvujärgus, edasi suremus järk-järgult suurenes ning 32. päevaks oli hukkunud 62,5% kõigist isenditest. Katsetulemused näitasid ka, et kilpjalatõmmisel oli putukatele alates 20. arengupäevast tugevam toime kui rohelisel seebil. Kilpjalatõmmise toimel oli katseperioodi lõpuks hukkunud 75% isenditest. Kilpjalatõmmisel esines võrreldes kontrolli ($\chi^2 = 40,83$; $p < 0,05$)



Joonis 1. Suur-kapsaliblika esimeses kasvujärgus pritsitud röövikute suremuse dünaamika sõltuvalt töötlemise viisist. Graafikul olevatel tulpadel on näidatud standardviga

ja RS-i lahusega ($Chi^2 = 0,55$; $p < 0,05$) toksilisem toime. Kontrollvariandis suri 16. päevaks 5% röövikutest. Putukad olid selleks ajaks jõudnud V kasvujärku. Järgnevatel päevadel kontrollvariandis suur-kapsaliblika röövikuid ega nukke ei hukkunud.

Kirjanduse andmetel põhjustavad täiskasvanud kilpjala lehtedes ja vartes olevad seskviterpenoidsed glükosiidid imetajatel vähi. Kantserogeeniks on taimes esinevad ptakvilosiidid (Gomes *et al.*, 2012) ja pterosiinid. Lisaks sisaldab kilpjalg tsüanogeenset glükosiid prunasiini (Alonso-Amelot, Oliveros, 2000). Prunasiin pärsib hingamisainevahetuse talitlust (Cooper-Driver *et al.*, 1977; Conn, 1979). Toksikoosi võib põhjustada ka taimes sisalduvate mitmesuguste fenoolsete ühendite kõrval ka B-vitamiini lõhustav ensüüm tiaminaas (Normet, 2004). Kilpjalg võib sarnaselt maarja-sõnajalaga (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) sisaldada fütoekdüsoide, mis avaldavad putukatele analoogset toimet nagu nende kestumishormoon. Sellised ekstraktid võivad putukatel põhjustada väärmoonet (Metspalu *et al.*, 1997). Et kilpjalg võib mõjutada putukate kestumist, ilmnes ka käesolevas katses, sest suremus tõusis, kui röövikud olid jõudnud V kasvujärku ja hakkasid valmistuma nukkumiseks.

Kokkuvõte

Katsete tulemustest selgus, et kilpjalatõmmise ja rohelise seebi koostoimel hukuvad suur-kapsaliblika röövikud väga kiiresti. Suur-kapsaliblika tõrjumisel taimsete tõmmistega tuleks nii kleepuvuse tõstmiseks kui ka tõmmise toime tugevdamiseks lisada töötluslahusele rohelist seepi. Rohelise seebi ja taimse tõmmise kooskasutamine on keskkonnasõbralik meetod kahjurputukate tõrjeks.

Tänuavaldused

Uurimistöö on valminud ETF-i grantide nr 9449 ja 9450 ning projektide nr SF01 70057s09 ja IUT36-2 toetusel.

Kasutatud kirjandus

- Abdel-Moniem, A.S.H., Gomaa, A.A., Dimetry, N.Z., Wetzal, T., Volkmar, C. 2004. Laboratory evaluation of certain natural compounds against the melon ladybird beetle, *Epilachna crysolimelidae* F. attacking cucurbit plants. – *Archives of Phytopathology and Plant Protection* **37**, 71–81.
- Alonso-Amelot, M.E., Oliveros, A. 2000. A method for the practical quantification of cyano-genesis in plant material. – *Phytochemical Analysis* **11**, 309–316.
- Conn, E.E. 1979. Cyanide and cyanogenic glycosides. – *Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites*. Toim. G.A., Rosenthal, D.H., Janzen, Academic Press, New York, 387–412.
- Cooper-Driver, G., Finch, S., Swain, T., Bernays, E. 1977. Seasonal variation in secondary plant compounds in relation to the palatability of *Pteridium aquilinum*. – *Biochemical Systematics and Ecology* **5**, 177–183.
- Gomes, J., Magalhães, A., Michel, V., Amado, I.F., Aranha, P., Ovesen, R.G., Hansen, H.C.B., Gärtner, F., Reis, C.A., Touati, E. 2012. *Pteridium aquilinum* and its ptaquiloside toxin induce DNA damage response in gastric epithelial cells, a link with gastric carcinogenesis. – *Toxicological Sciences* **126** (1), 60–71.
- Isman, M.B. 1997. Neem and other botanical insecticides: barriers to commercialization. – *Phytoparasitica* **25** (4), 339–344.
- Kuusik, A., Metspalu, L., Hiisaar, K. 1995. *Insektitsiidide toimemehhanismide uurimine putukatel*. Tartu, lk 99–104.
- Luik, A. 2012. *Looduslikud vahendid mahepõllumajanduslikus taimekaitses*. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, Tartu, 32 lk.
- Metspalu, L., Hiisaar, K., Kuusik, A. 1997. Taimedega kahjurputukate vastu. – *Mahepõllumajanduse leht* **5**, lk 16–18.
- Normet, T. 2004. *Mürgised taimed meie ümber*. Maalehe Raamat, Tallinn, 208 lk.
- Olkowski, W. 1991. *Common-Sense Pest Control: Least-toxic solutions for your home, garden, pets and community*. Taunton Press, Newtown, CT.
- Ploomi, A., Metspalu, L., Luik, A., Jõgar, K., Kivimägi, I., Sibul, I. 2014. Põldosi tõrjub suukapsalibrika röövikuid. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised, lk 76–79.
- Prats, D., Rodriguez, M., Varo, P., Moreno, A., Ferrer, J., Berna, J.L. 1999. Biodegradation of soap in anaerobic digesters and on sludge amended soils. – *Water Research* **33** (1), 105–108.
- Reregistration Eligibility Decision Document (RED): Soap Salts. 1992. EPA-738-R-92-015; U.S. Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Tammaru, I. 1981. *Taimsed pritsimisvedelikud*. Tallinn, lk 5–7.
- Eesti maaelu arengukava 2014–2020. Kättesaadav https://valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/mak_2014-2020.pdf (viimati vaadatud 27.11.2014)

Tau-fluvalinaadi ja tebukonasooli sünergeetiline mõju kimalastele (*Bombus terrestris* L.)

Risto Raimets, Reet Karise, Marika Mänd

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Raimets, R., Karise, R., Mänd, M. 2015. Synergistic effect of tau-fluvalinate and tebuconazole on bumble bees *Bombus terrestris* L. – Agronomy 2015.

The pesticides used in modern agriculture contaminate the pollen and nectar of bee forage plants. Declining number and species richness of wild bees is affecting crop pollination. Pesticide residues and cocktails of different compounds in bee hives as well as in wild bee nests may affect both the behaviour and survival of bees. We aimed to test the effect and co-effect of tau-fluvalinate and tebuconazole on bumble bee longevity at the doses which are found in honey bee collected pollen. Queenless bumble bee micro-colonies of 10 foragers were supplied with the mixture of honey bee gathered pollen and sugar syrup; the bees had constant access to feed. In treatment variants 0.15 µg tau-fluvalinate or 4.12 µg tebuconazole or both per 10 g of the feed were added. The micro-colonies were kept at temperatures 18 or 28 °C.

Our results showed that tau-fluvalinate at the dose present in honey bee collected pollen decreased bumble bee survival at the temperature 18 °C. Tebuconazole did not affect the survival of bumble bees and no synergism of these two pesticides was observed. At 28 °C neither the tau-fluvalinate nor tebuconazole affected the survival of bumble bees when present as single compound, but the interaction decreased the longevity of bumble bees significantly.

Keywords: tau-fluvalinate, tebuconazole, synergism, bumble bees

Sissejuhatus

Tolmeldajate arvukus ja liigirikkus on viimastel aastakümnetel olnud langemas, seda eriti intensiivse põllumajandusega riikides (Brown, Paxton, 2009; Deguines *et al.*, 2014). Pestitsiidide liigset kasutamist tuuakse üha sagedamini esile kui ühte tolmeldajate arvukust enim mõjutavat faktorit (Mullin *et al.*, 2010). Paljudes uurimistöodes on näidatud, et õietolm ja nektar sisaldavad endas samaaegselt mitmete eri pestitsiidide jääke (Chauzat *et al.*, 2006; 2009; Mullin *et al.*, 2010). Samuti on üha enam tõendeid selle kohta, et pestitsiidide segude põhjustatud muutused putukate käitumisele või suremusele on erinevad üksikute ainete mõjudest (Gill *et al.*, 2012; Johnson *et al.*, 2009; 2013).

Tau-fluvalinaat on tugevatoimeline laia toimespektriga insektitsiid, mida kasutatakse nii põllukultuuride pritsimisel kui ka varroalesta tõrjumisel meemesilaste tarudes (preparaat Apistan). Erinevalt meemesilastest satub looduslike mesilaste pesadesse tau-fluvalinaat eranditult vaid põldude töötlemise tulemusel õietolmu ja/või nektari kaudu (Chauzat, Faucon, 2007; Mullin *et al.*, 2010).

Tebukonasool on põldudel kasutatavatest fungitsiididest üks levinumaid. Aastatel, mil seenhaigusi esineb taimedel palju, on ka tarudesse toodavas õietolmus tebukonasooli jäägid leitavad (R. Karise avaldamata andmed). Tebukonasool, nagu ka teised sama tüüpi fungitsiidid (EBI fungitsiidid), takistab ergosterooli biosünteesi ning pärsib tsütokroom P-450 sõltuvat metabolismi (Vandame, Belzunces, 1998). On tõestatud, et EBI fungitsiidid takistavad püretroidsete pestitsiidide detoksifitseerimisprotsessi meemesilastes (Colin, Belzunces, 1992; Pilling *et al.*, 1995; Vandame, Belzunces, 1998; Thompson, Wilkins, 2003) ning muudavad seetõttu mesilaste püretroidide toksilisuse taset.

Uuringutes, kus käsitletakse pestitsiidide mõju tolmeldajatele, kasutatakse mudel-organismina tavaliselt meemesilasi. Siiski ei tohi ära unustada, et looduslikud tolmeldajad panustavad ka kultuurtaimede tolmeldamisse meemesilastega võrdselt (Klein *et al.*, 2007). Thompson (2001) on näidanud, et kimalaste tundlikkus pestitsiidide suhtes on sageli erinev võrreldes meemesilastega. Kimalastele on õitsvate kultuurtaimede põllud väga oluliseks toiduallikaks (Veromann *et al.*, 2012) ning seetõttu peaks ka nende pesadesse jõudvad pestitsiidikogused olema sarnased meemesilaste poolt tarru toodavatega.

Uurimistööeesmärk oli selgitada, kuidas mõjutavad tau-fluvalinaadi ja tebukonasooli (mõlemat on lubatud pritsida kultuurtaimede õitsemise ajal) tarru jõudvad subletaalsed kogused kimalaste suremust nii üksikute ainetena kui ka mõlema seguna.

Materjal ja meetodika

Töös kasutatud karukimalaste tarud ($N = 2$) NATUPOL, mis sisaldasid kimalasema, hauet, vastseid ja töölisi, osteti Hollandi firmast Koppert Biological Systems (Koppert B.V., Postbus 155, 2650 AD Berkel en Rodenrijs, Netherlands). Katse jaoks püüti tarudest kokku 80 kimalast nii, et kummastki tarust oli võrdne arv kimalasi igas katsevariandis. Kimalased paigutati nende tarust loomuliku väljatuleku järjekorras viie kaupa minitarudesse nii, et igasse minitarusse läks 10 kimalast. Enne minitarudesse paigutamist kimalased kaaluti. Kimalaste kaalu ja elukestvuse vahel statistiliselt olulist seost ei leitud ($r = 0,06$, $N = 80$, $p = 0,34$).

Katse korraldati kahe eri temperatuuri juures: 28 °C ja 18 °C juures. Kimalastele valmistati neli söödasegu: kontrollsööt (10 g) koosnes meemesilaste kogutud jahvatatud õietolmu ja spetsiaalse söödasiirupi (Koppert Biological Systems) segust; töötlusvariantide 10 g söödasegule oli lisatud kas 0,15 µg tau-fluvalinaati, 4,12 µg tebukonasooli või nende kahe segu samades kogustes. Doosid valiti Eesti mesitarudest kogutud suiraproovidest leitud vastavate pestitsiidijääkide hulgale (R. Karise avaldamata andmed). Lisaks paigutati igasse minitaru ka anum destilleeritud veega. Minitarud koos sööda ja kimalastega paigutati kasvatuskambritesse (SANYO Versatile Environmental Test Chamber MLR-351, Japan), kus oli stabiilne temperatuur vastavalt kas 28 °C või 18 °C. Kimalaste suremust jälgiti ja suremus fikseeriti päevade lõikes.

Kirjeldatud töötlusviisi tulemusel omastasid kimalased ainult tau-fluvalinaadiga töödeldud grupis keskmiselt $5,7 \pm 2,9$ mg kg⁻¹; ainult tebukonasooliga töödeldud grupis $2,2 \pm 1,1$ mg kg⁻¹; kahe aine segu korral $5,8 \pm 2,9$ tau-fluvalinaati ja $1,3 \pm 0,6$ mg kg⁻¹ tebukonasooli. Pestitsiidijäägid analüüsiti Põllumajandusuuringute keskuse jääkainete ja saasteainete laboratooriumis (Saku, Teaduse 4/6, Eesti). Analüüsimeetodi aluseks tau-fluvalinaadi ja tebukonasooli koguse määramisel kimalastest oli EVS-EN 15662:2008 SANCO/12571/2013.

Töötluste mõju analüüsimisel kasutati programmi STATISTICA (ühesuunaline ANOVA, *post hoc* Fischeri test). Kõik töös esitatud keskmised väärtused on näidatud koos standardveaga. Statistiliste testide eksimistõenäosus oli 0,05%.

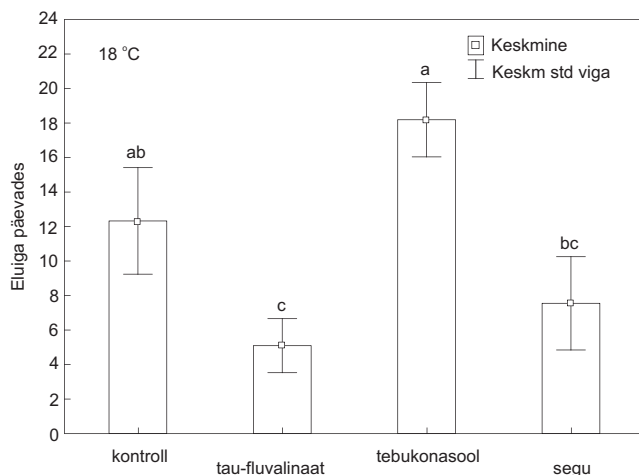
Tulemused ja arutelu

Meie tulemused näitasid, et temperatuur mõjutas oluliselt kimalaste eluiga ($F_{(1, 70)} = 4,9$; $p = 0,03$). 28 °C juures elasid kimalased keskmiselt $15,1 \pm 1,6$ päeva ja 18 °C juures $10,8 \pm 1,4$ päeva. Silva-Matosi ja Garófalo (2000) andmete põhjal ulatub kimalaste tööliste keskmine eluiga normaalses elukeskkonnas 13,2–14,3 päevani. Eluea kestvus võib

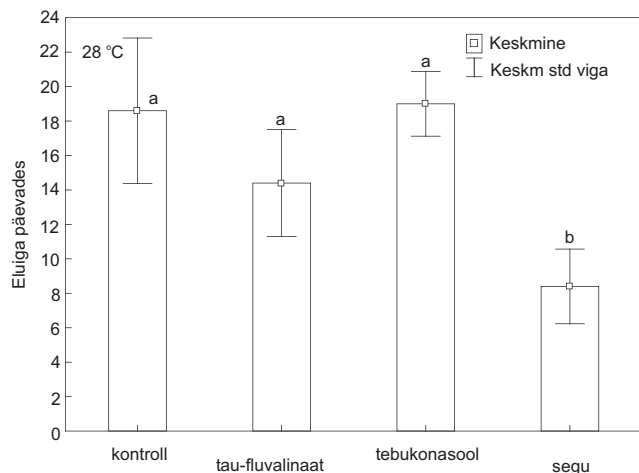
sõltuda liigist ja paljudest muudest faktoritest, eeskätt lennuaktiivsusest, aga ka tarusiste ülesannete tüübist (Silva-Matos, Garófalo, 2000). Meie katses kõrgemal temperatuuril registreeritud keskmisest kõrgem eluiga võis tuleneda sellest, et katse käigus olid kimalased ühtlases pesa sisekliimale sarnases keskkonnas, kuid ei pidanud täitma tavalisi ülesandeid, sest neis pisiperedes puudusid haue ning korjeldamise võimalus. Jahedamas temperatuuris aga olid kimalased arvatavasti sunnitud endale rohkem sooja tegema ja seetõttu kulutasid rohkem energiat.

Kimalaste eluiga sõltus oluliselt töötlustest: 18 °C juures: $F_{(3, 34)} = 6,05$; $p = 0,002$; 28 °C juures $F_{(3, 36)} = 2,7$; $p = 0,05$. Temperatuuri ja töötluste koosmõju puudus: $F_{(3, 70)} = 1,2$; $p = 0,3$. Võrreldes kontrolliga ei mõjutanud fungitsiidid tebukonasool kimalaste eluiga pikkest kummagi temperatuuri juures oluliselt (joonised 1 ja 2). Tebukonasooli peetakse mesilastele praktiliselt mittetoksiliseks, selle aine LD_{50} meemesilastele on suurem kui 97 µg mesilase kohta (Schmuck *et al.*, 2003). Meemesilaste kogutud öietolmudes on leitud sellest sadu kordi väiksemaid koguseid nii Põhja-Ameerikas (Mullin *et al.*, 2010), Prantsusmaal (Chauzat *et al.*, 2006) kui ka Eestis (R. Karise avaldamata andmed). Samas on andmeid, et subletaalsed fungitsiidide doosid, mis täiskasvanud mesilasi ei mõjuta, võivad mõjutada vastsete ellujäämist ja arengut (Mussen *et al.*, 2004).

Joonis 1. Kimalaste eluiga päevades tau-fluvalinaadi, tebukonasooli ja nende kahe seguga suukaudse pikaajalise töötlemise korral temperatuuril 18 °C. Erinevad tähed märgistavad gruppidevahelist statistilist olulist erinevust



Joonis 2. Kimalaste eluiga päevades tau-fluvalinaadi, tebukonasooli ja nende kahe seguga suukaudse pikaajalise töötlemise korral temperatuuril 28 °C. Erinevad tähed märgistavad gruppidevahelist statistilist olulist erinevust



Hoolimata püretroidide kõrgest toksilisusest mesilastele on tau-fluvalinaadi toksilisust hinnatud vahemikku $LD_{50} = 0,56\text{--}6,75 \mu\text{g}$ mesilase kohta. Seetõttu paigutub preparaat toksilisuse alusel hinnangugruppi toksiline kuni mõõdukalt toksiline. Tänu mõõdukale toksilisusele on tau-fluvalinaati võimalik kasutada ka varroalesta tõrjeks mesitarudes. Lestad surevad tau-fluvalinaadi sellise taseme juures, mis mesilaste suremust ei suurenda (Atkins, 1992). Meie katses $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures ei mõjutanud tau-fluvalinaat puhta aina ka kimalaste eluiga (joonis 2), kuid $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ oli kimalaste suremus oluliselt suurenenud (joonis 1). See tulemus näitab selgelt tau-fluvalinaadi mõju sõltuvust temperatuurist ning järelikult tuleb pidada tau-fluvalinaati sisaldavate pestitsiididega õitsvate kultuurtaimede pritsimist mesilaselaadsetele tolmeldajatele potentsiaalselt ohtlikuks. Närvimürgina mõjutab see aine mesilaste lennuvõimet ja võib seega põhjustada korjetööliste kadumist korjelendude käigus.

Tebukonasooli ja tau-fluvalinaadi segul ei olnud kimalaste suremusele $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures kontrolliga võrreldes olulist mõju (joonis 1). Hoolimata sellest, et nende kahe aine seguga töödeldud kimalaste keskmine suremus oli oluliselt madalam ainult tebukonasooliga töödeldud kimalaste suremusest, võib arvata, et see erinevus tulenes tau-fluvalinaadi mõjust, mitte kahe aine koostoisest. $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures aga mõjutas kahe aine segu kimalaste eluiga oluliselt (joonis 2), kusjuures kumbki aine eraldi kimalaste eluiga ei mõjutanud.

Kokkuvõte

Meie tulemused näitasid, et tau-fluvalinaadi mõju kimalastele sõltub temperatuurist. Pesast väljas korjel olles on kimalased sellele vastuvõtlikumad. Kimalaste tundlikkus tebukonasooli suhtes oli mõlema uuritud temperatuuri juures sarnane ega erinenud kontrollist. Kahe aine koosmõju ilmnes temperatuuril, mis on sarnane kimalaste pesa sisetemperatuurile ($28\text{--}32\text{ }^{\circ}\text{C}$). Uurimistöö tulemuste põhjal võib järeldada, et preparaadid, mida on lubatud kultuuritaimedele õitsemise ajal pritsida, võivad nende pikaajalise tarbimise korral mõjutada kimalaste suremust ning see mõju või mõjude koostoime sõltub temperatuurist.

Tänuavaldused

Uurimistöö korraldamist rahastasid Põllumajandusministeerium (leping T13055PKTK), Haridus- ja Teadusministeerium (sihtfinantseerimisteema SF0170057s09 ja institutsionaalne uurimistoetus IUT36-2) ning ETF-i grant 9450.

Kasutatud kirjandus

- Atkins, E. 1992. Injury to honey bees by poison ivy – *The hive and the honey bee*, Toim. J.M. Graham, Dadant & Sons, Inc., Hamilton, IL. lk 1153–1208.
- Brown, M.J.F., Paxton, R.J. 2009. The conservation of bees: a global perspective. – *Apidologie* **40**, 410–416.
- Chauzat, M.P., Carpentier, P., Martel, A.C., Bougeard, S., Cougoule, N., Porta, P., Lachaize, J., Madec, F., Aubert, M., Faucon, J.P. 2009. Influence of pesticide residues on honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony health in France. – *Environmental Entomology*, **38**, 514–523.
- Chauzat, M.P., Faucon, J.P. 2007. Pesticide residues in beeswax samples collected from honey bee colonies (*Apis mellifera* L.) in France. – *Pest Management Science*, **63**, 1100–1106.
- Chauzat, M.P., Faucon, J.P., Martel, A.C., Lachaize, J., Cougoule, N., Aubert, M. 2006. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. – *Journal of Economic Entomology*, **99**, 253–262.

- Colin M.E., Belzunces L.C., 1992. Evidence of synergy between prochloraz and deltamethrin in *Apis mellifera* L: a convenient biological approach. *Pesticide Science*, **36**, 115–119.
- Deguines, N., Jono, C., Baude, M., Henry, M., Julliard, R., Fontaine, C. 2014. Large-scale trade-off between agricultural intensification and crop pollination services. – *Frontiers in Ecology and the Environment* **12** (4), 212–217.
- Gill, R.J., Ramos-Rodriguez, O., Raine, N.E. 2012. Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. – *Nature*, **491**, 105–108.
- Johnson, R.M., Dahlgren, L., Siegfried, B.D., Ellis, M.D. 2013. Acaricide, Fungicide and Drug Interactions in Honey Bees (*Apis mellifera*). *PLoS ONE*, **8** (1), e54092. doi:10.1371/journal.pone.0054092
- Johnson, R.M., Pollock, H.S., Berenbaum, M.R. 2009. Synergistic Interactions Between In-Hive Miticides in *Apis mellifera*. – *Journal of Economic Entomology*, **102** (2), 474–479.
- Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. – *Proceedings of Royal Society, B* **274**, 303–313.
- Mullin, C.A., Frazier, M., Frazier, J.L., Ashcraft, S., Simonds, R., vanEngelsdorp, D., Pettis, J.S. 2010. High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *PLoS ONE* **5** (3), e9754. DOI: 10.1371/journal.pone.0009754.
- Mussen, E.C., Lopez, J.E., Peng, C.Y. 2004. Effects of selected fungicides on growth and development of larval honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). – *Environmental Entomology* **33**, 1151–1154.
- Pilling, E.D., Bromley-Challenor, K.A.C., Walker, C.H., Jepson, P.C. 1995. Mechanism of synergism between the pyrethroid insecticide λ -Cyhalothrin and the imidazole fungicide prochloraz, in the honeybee (*Apis mellifera* L.). – *Pesticide Biochemistry and Physiology* **51**, 1–11.
- Pilling, E.D., Jepson, P.C. 1993. Synergism between EBI fungicides and a pyrethroid insecticide in the honeybee (*Apis mellifera*). – *Pesticide Science* **39**, 293–297.
- Schmuck, R., Stadler, T., Schmidt, H.W., 2003. Field relevance of a synergistic effect observed in the laboratory between an EBI fungicide and a chloronicotinyl insecticide in the honeybee (*Apis mellifera* L, Hymenoptera). – *Pest Management Science* **59** (3), 279–286.
- Silva-Matos, E.V., Garófalo, C.A. 2000. Worker life tables, survivorship, and longevity in colonies of *Bombus (Fervidobombus) atratus* (Hymenoptera: Apidae). – *Revista de Biología Tropical* **48** (2–3), 657–664.
- Thompson, H., Wilkins, S. 2003. Assessment of the synergy and repellency of pyrethroid/fungicide mixtures. – *Bull Insectology* **56**, 131–134.
- Thompson, H.M. 2001. Assessing the exposure and toxicity of pesticides to bumblebees (*Bombus* sp.). – *Apidologie* **32**, 305–321.
- Vandame, R., Belzunces, L. P. 1998. Joint actions of deltamethrin and azole fungicides on honey bee thermo-regulation. – *Neuroscience Letters* **251**, 57–60.
- Veromann, E., Mänd, M., Karise, R. 2012. How to integrate FAB into farming practices. Pollination, – Toim. G. Van Uden, ELN-FAB Functional agrobiodiversity: Nature serving Europe's farmers (16–22). Tilburg, The Netherlands: ECNC- European Centre for Nature Conservation.

Biostimulaatori ja fungitsiidiga puhtimise mõju suvinisu saagile ja kvaliteedile 2013. ja 2014. aastal

Pille Sooväli, Mati Koppel, Kadri Sildoja
Eesti Taimikasvatuse Instituut

Abstract. Sooväli, P., Koppel, M., Sildoja, K. 2015. Effect of biostimulator and fungicidal seed treatment on yield and quality of spring wheat in 2013 and 2014. – Agronomy 2015.

Use of seed treatment can help protect the viability of the seed and its genetic potential particularly where it is vulnerable to infection. Seed treatments with biostimulators magnify the plant's ability to increase and improve the root structure, protect young plants against diseases, increase and accelerate the absorption of nutrients for the plant. The field experiment was carried out in Estonian Crop Research Institute during the 2013-2014. Ten variants of different seed treatments and untreated control were considered for this study. The aim of the study was to determine the influence and effect of biostimulators and chemical seed treatments without any growing time foliar fungicides used to yield and quality of spring wheat. The research years were characterized as 2013 was dry and warm and not most favorable growing season and 2014 was variable of temperature and precipitation conditions. Both years enables to evaluate the reaction of the studied products in different climatic conditions. The evaluation of seedling emergence rate showed that biostimulators variants germinated and grown faster compared with untreated control and chemical pesticides. The biostimulators Raykat Start, Fertigrain Start and Prolis were contributed to higher values of yield in 2013 and 2014. The results showed that biostimulators had positive effect on the productivity of spring wheat varieties 'Specific' and 'Uffo' when used normal doses. During the experimental years in average the thousand kernel weight, volume weight and protein content quality varied very little and statistically not proven. The results of this work suggest that the use of higher rates of biostimulator or mixes with seed treatment fungicides did not promoted positive effect on grain yield and quality.

Keywords: biostimulator, fungicide, seed treatment, wheat, grain yield, quality

Sissejuhatus

Taimahaiguste eest kaitsvate keemiliste fungitsiidsete puhiste kõrval on teraviljadel järjest enam kasutama hakatud tunduvalt odavamaid ja keskkonnasõbralikumaid taimse päritoluga biostimulaatoreid (Craigie, 2011). Biostimulaatorid on vabu aminohappeid, makro- ja mikroelemente, vitamiine, kasulikke mikroorganisme ja orgaanilisi aineid sisaldavad tooted, mis puhisena kasutades peaksid kiirendama seemnete idanemust ja taimede tärkamist ning jõulisemat algarengut ja kasvu (Calvo *et al.*, 2014). Biostimulaatorite kasutamine peaks aitama taimede elujõulisust tugevdada, juurestiku – eriti narmsjuurte – kasvu ergutada, tähtis on ka positiivne mõju klorofüllisisaldusele taime rohelistes osades. Biopreparaadid aitavad taimedel kergemini ebasoodsaid kasvutingimusi taluda ning stressitingimustest väljudes paremini kasvukeskkonnaga kohaneda.

Eesti Taimikasvatuse Instituudis korraldatud põldkatsete eesmärk oli selgitada, kuidas mõjub suvinisu tärkamise kiirusele, saaginäitajatele (1000 tera mass, mahumass) ja kvaliteedile (proteiinisaldus) biostimulaatorite ja fungitsiidide kasutamine puhisena.

Materjal ja meetodika

Puhtimise katsed suvinisudega 'Specific' 2013. aastal ja 'Uffo' 2014. aastal külvati neljas korduses normiga 550 idanevat tera m²-le. 'Specific' on hea küpsetuskvaliteediga

Tabel 1. Suvinisu katsetes kasutatud puhised ja kulunormid

2013	Kulunorm		Kulunorm l t ⁻¹ , g t ⁻¹
	l t ⁻¹	2014	
Raykat Start	0,3	Raykat Start	0,3
Fertigrain Start	1,0	Raykat Start	0,6
Fertigrain Start	1,5	Fertigrain Start	1,0
Maxim Star 025 FS	1,0	Fertigrain Start	2,0
Lamardor 400 FS	0,15	Prolis	5,0
Dividend Star	1,0	Prolis	10,0
Baytan Trio	2,0	Maxim Star 025 FS	1,0
Maxim Star + Fertigrain Start	1,0 + 1,0	Maxim Star + Raykat Start	1,0 + 0,3
Lamardor + Fertigrain Start	0,15 + 1,0	Maxim Star + Fertigrain Start	1,0 + 1,0
Baytan Trio + Fertigrain Start	2,0 + 1,0	Maxim Star + Prolis	1,0 + 5,0

ja suur mahumassiga keskvalmiv sort ja 'Uffo' on hilisem, saagikas ning samuti kõrge mahumassiga sort. 2013. aasta külvi ei rullitud, kuid lumevaesele talvele järgnenud kuival 2014. aasta kevadel aprillis tehtud külv rulliti mulla vähese niiskuse tõttu. Mõlemas katses kasutati 10 puhtimise varianti (tabel 1), lisaks töötlemata kontrollvariant. Seemned puhiti nädal enne külvamist laboratoorse puhtimismasinaga Hege 11. Katsetes kasvuaegset lehestiku haiguste tõrjet fungitsiidiga ei tehtud. Külvieelse põhiväetisena segati kompleksväetis NPK 17-6-18 mulda 2013. aastal 5. mail ja 2014. aastal 24. aprillil külvinormiga 300 kg ha⁻¹. Külvi järel 10. ja 20. päeval hinnati katselappidel visuaalselt taimede tärkamine protsentides. Suvinisu koristati 2013. aastal 21. augustil ja 2014. aastal 18. augustil. Saak ja kvaliteet määrati kuivatatud ja sorteeritud viljast 14% niiskusesisalduse juures. Andmete statistiliseks analüüsiks kasutati tarkvaraprogrammi AgrobasesTM 20.

2013. aasta ilmastikutingimusi Jõgeval iseloomustas keskmisest soojem suvi. Mai-kuus arenesid taimed kiiresti ja jõudsid juunikuuks tavapärasest arengust paar nädalat ette. Kasvamist soodustasid maikuu sademed. Juuni ja juuli jäid paljude aastate keskmise sademete normiga võrreldes vihmavaesemateks. 2014. aasta mai esimene pool oli jahe ja vihmane, teine pool suviselt soe, juuni uuesti jahe ja vihmane ning juuli kuum ja põuane. Kõige rohkem oli mõjutatud taimede algareng, väiksem mõju oli hilisemale kasvamisele ja arengule.

Tulemused ja arutelu

2013. aasta kasvutingimustes tärkasid taimed pärast külvi kõige kiiremini Fertigrain Start 1,5 l t⁻¹ ja puhtimata variantides, 10. päevaks oli tärkamine vastavalt 75% ja 63% (tabel 2). Teiste puhiste kasutamise puhul oli taimede tärkamine kontrollvariandiga võrreldes aeglasem. Kõige rohkem viibis tärkamine Lamardor 400 FS segus Fertigrain Starti või Baytan Trioga puhtimisel, tärkamine oli 10. päeval vastavalt 18% ja 20%, jäädes katsevea piiridesse. Teiseks hindamise ajaks olid kõik variandid 100% tärganud. 2014. aasta ilmastik põhjustas katse aeglasema tärkamise, isegi 20 päeva pärast külvi ei olnud ükski variant veel 100% tärganud. Vähemalt 35% oli tärkamine 10. päevaks

variantides puhtimata seemnetega, Raykat Start 0,6 l t⁻¹ ja Fertigrain Start 1,0 l t⁻¹, kiirem oli tärkamine Fertigrain Start 2,0 l t⁻¹ (38%) ja Prolise 5,0 ja 10,0 g t⁻¹ kasutamisel vastavalt 40% ja 43%. 20. päevaks oli 94% tärganud Prolise 10,0 g t⁻¹ ja Maxim Star 025 FS 1,0 l t⁻¹ segus Raykat Startiga 0,3 l t⁻¹ puhitud variantide taimedest. On teada, et sordile omane elujõulisus ja haiguskindlus on stabiilne tunnus, mis on geenidega kaasa antud. Biostimulaatorid toetavad seda elutähtsate mikro- ja makroainetega taime arengu alguses, tasakaalustades genotüübi ja keskkonna vastastikust mõju. Patogeenide kahjustuskohtade kaudu taimed toitaineid kätte ei saa, sama on ka bakterite ja nematoodide kahjustuste puhul. Seega mõjutavad piiratud juurtekasv ja juurenakkused otseselt toitainete omastamist ja imendumist, muudavad taimed vastuvõtlikumaks ning infektsioon võib veelgi tugevneda, samuti võib lisanduda ka teisi haigustekitajaid. Lisaks keemilistele puhistele toimivad haiguste kaudse tõrje võttena mulla rikastamine orgaanikaga ja mulla pH kohandamine. Biostimulaatori kasutamine varustab taimi otseselt toitainetega või teeb omastamise taimele kergemini kättesaadavaks, mõjudes täiendavalt juurekasvule, elujõulisusele ja algkasvu kiirusele.

Kõikide puhiste kasutamine suurendas 2013. aastal saake (tabel 3). Üle poole tonnine saagitõus toimus Raykat Start 0,3 l t⁻¹, Lamardor 400 FS 0,15 l t⁻¹ ja Baytan Trio 2,0 l t⁻¹ puhtimiseks kasutamisel, vastavalt 563, 549 ja 539 kg ha⁻¹ võrra. Vähem kui 100 kg ha⁻¹ suurenes saak Baytan Trio 2,0 + Fertigrain Start 1,0 l t⁻¹ või Fertigrain Start 1,5 l t⁻¹ kasutamisel, vastavalt 78 ja 45 kg ha⁻¹ võrra.

Kuna 2013. aasta kuiv ja soe suvi suviviljade nakatumist taimehaigustesse ei soodustanud, piisas puhtimisest haiguste tõrjumiseks ja enamsaagi tagamiseks. Nii nagu

Tabel 2. Suviniisu taimede tärkamine (%) 2013. ja 2014. aastal

Puhis	17.5.2013	28.5.2013	9.5.2014	19.5.2014
Kontroll	63	100	35	88
Raykat Start 0,3	56	100	28	75
Raykat Start 0,6	-	-	35	88
Fertigrain Start 1,0	56	100	35	82
Fertigrain Start 1,5	75	100	-	-
Fertigrain Start 2,0	-	-	38	75
Prolis 5,0	-	-	40	88
Prolis 10,0	-	-	43	94
Maxim Star 025 FS 1,0	50	100	5	75
Lamardor 400 FS 0,15	29	100	-	-
Dividend Star 1,0	35	100	-	-
Baytan Trio 2,0	20	100	-	-
Lamardor 0,15 + Fertigrain Start 1,0	18	100	-	-
Baytan Trio 2,0 + Fertigrain Start 1,0	48	100	-	-
Maxim Star 1,0 + Raykat Start 0,3	-	-	8	94
Maxim Star 1,0 + Fertigrain Start 1,0	31	100	13	75
Maxim Star 1,0 + Prolis 5,0	-	-	10	88
PD 0.05	25	0	12	20

Tabel 3. Puhise mõju suvinisu „Spesifik” saagile ja kvaliteedile võrreldes pritsimata kontrollvariandiga 2013. aastal

Puhis	Saak kg ha ⁻¹	1000 tera mass g	Mahumass g l ⁻¹	Proteiin %
Kontroll	3715	35,7	757	12,8
Raykat Start 0,3	563	0,5	5	0,5
Fertigrain Start 1,0	480	0	0	0,5
Fertigrain Start 1,5	45	-0,3	1	0,2
Maxim Star 025 FS 1,0	142	-0,3	4	-0,1
Lamardor 400 FS 0,15	549	0,1	-1	0,6
Dividend Star 1,0	169	-0,1	2	0
Baytan Trio 2,0	539	-0,6	2	0,2
Maxim Star 1,0 + Fertigrain Start 1,0	464	0,9	7	0,2
Lamardor 0,15 + Fertigrain Start 1,0	208	-0,1	6	0,2
Baytan Trio 2,0 + Fertigrain Start 1,0	78	-0,2	5	-0,3
PD 0.05	473	1,2	7	0,8

keemilised puhised, mis tõrjuvad ja kaitsevad külviseemet ja taimi kindlate haigustekitajate eest, on ka biostimulaatorid haigustevaesel aastal efektiivsed haiguse-tõrje täius-tajad taime stressi vähendajatena ja parandavad tootmise efektiivsust enamsaagiga.

1000 tera mass ja mahumass nii keemiliste kui ka bioloogiliste puhiste puhul suu-resti ei erinenud (tabel 3). Puhtimata kontrollvariandiga võrreldes jäid erinevused kõi-kide variantide puhul katsevea piiridesse. Maxim Star 025 FS segus Fertigrain Startiga suurendas tuhande tera massi ja mahumassi kõige rohkem, vastavalt 0,9 ja 7 g. Biosti-mulaatoritest mõjus efektiivsemalt ja positiivsemalt Raykat Start, suurendades 1000 tera massi 0,5 g ja mahumassi 5 g võrra. Raykat Start sisaldab 3% kaaliumit, mis taime algaasis peaaegu moodustamise ajal on väga oluline element ja kuival kasvuaastal on taimel seda mullast väga raske omastada. Proteiinisalduse erinevus puhtimata ja töö-deldud variantide vahel oli väike ja statistiliselt ebaoluline. Proteiinisalduse protsent langes puhtimata variandi tulemusest madalamaks Maxim Star 1,0 l t⁻¹ puhul ja Baytan Trio 2,0 l t⁻¹ segus Fertigrain Start 1,0 l t⁻¹ kasutamisel, vastavalt 0,1 ja 0,3%.

2014. aasta kasvuperioodil olid ilmastikutingimused vaheldumisi niisked ja jahe-dad ning kuivad ja soojad. Sellises olukorras mõned puhitud variandid kontrolliga võr-reldes saagilisa ei andnud (tabel 4). Suurima ja statistiliselt usutava enamsaagi tagas puhiste Prolis 0,5 g t⁻¹ ja Fertigrain Start 1,0 l t⁻¹ kasutamine, saagitõus oli vastavalt 244 ja 240 kg ha⁻¹. Kõige väiksemad olid saagid Maxim Star 025 FS 1,0 l t⁻¹ või Maxim Star 025 FS 1,0 + Prolis 5,0 g t⁻¹ puhtimisel, vähenemine puhtimata kontrolliga võrreldes oli vastavalt 201 ja 115 kg ha⁻¹. Kuigi enamsaak oli peaaegu kõikide puhiste kasutamise korral märgatav, ei suurenenud 1000 tera mass, välja arvatud biostimulaatorite Raykat Start ja Fertigrain Start tootja soovitatud doosi kasutamisel. Ka erinevused mahumassi kaalus olid väikesed ja jäid katsevea piiridesse. Teatavasti mõjutab terade proteiini- e valgusaldust kõige otsesemalt lämmastikväetise kasutamine, mis katsete variantides oli ühesugune. Tulemustest selgub, et eri puhised proteiinisaldust suurel määral ei mõjutanud ja kõikumised variantide vahel jäid alla 1%. Aastal 2014 tehtud katses sisal-

Tabel 4. Puhise mõju suvinisu ‚Uffo‘ saagile ja kvaliteedile võrreldes pritsimata kontrollvariandiga 2014. aastal

Puhis	Saak kg ha ⁻¹	1000 tera mass g	Mahumass g l ⁻¹	Proteiin %
Kontroll	4525	36,9	740	9,9
Raykat Start 0,3	-70	0	3	0,1
Raykat Start 0,6	101	0,2	3	-0,1
Fertigrain Start 1,0	240	0,6	4	0
Fertigrain Start 2,0	31	-0,7	-3	1,0
Prolis 5,0	244	-0,3	5	-0,1
Prolis 10,0	100	-0,3	3	-0,2
Maxim Star 025 FS 1,0	-201	-0,5	-2	-0,2
Maxim Star 1,0 + Raykat Start 0,3	92	-0,7	1	0
Maxim Star 1,0 + Fertigrain Start 1,0	20	-0,5	-3	-0,2
Maxim Star 1,0 + Prolis 5,0	-115	-0,5	-1	-0,2
PD 0.05	183	0,6	4	0,3

dasid kontrollvariandi terad proteiini 9,9%, mis on ligi 3% madalam võrreldes 2013. aasta sama variandi tulemustega. Katsetulemused näitasid, et enamikus variantides taimekaitsetes ainult puhise kasutamine proteiinisaldust terades ei suurendanud. Erinevalt teistest variantidest võrreldes puhtimata variandiga suurenes biostimulaatori Fertigrain Start 2,0 l t⁻¹ kasutamisel proteiinisaldus 1% võrra. 2014. aasta ilm oli taimehaiguste levikule soodsam erinevalt 2013. aasta ilma mõjust ning arvatavasti oleks tera suurust ja kvaliteeti aidanud parandada lisaks ka õigesti ajastatud kasvuaegne lehestikuhaiguste tõrje.

Külvisemne puhtimine aitab taime juurte hulka suurendada ja tervemana hoida, taimel paranevad vee ja toitainete omastamise võimalused, mis on eelduseks suuremale saagile. Puhise abil suurenenud juurte mass ja pikkus võimaldavad noorel taimel kiiremini areneda, tagades võimalikult parema kontrollitud stardikeskkonna. Külvisemne puhtimisega parandatakse ja soodustatakse taime algkasvu, mis on väga oluline saagi suurendamise viis kasvuhooaja lõpuks. Puhtimise kasutamine haigustõrjena võimaldab edasi lükata lehestikuhaiguste lööbimise aega, mis on väga tähtis varajaste külvide puhul, sest eelmisest kasvuhooajast võib nakkusfoon haigustekitajate kõrge taseme korral taimejäänustelt ja ümbruskonna põldudelt ning külvisemnelt edasi kanduda ja survet avaldada käesoleva aasta noorele kasvavale taimikule. Nisu- kasvatases on väga oluline, et puhtimisega oleks potentsiaalne saak peamise ohustava haiguse heledaiksuse tekitajate *S. tritici* ja *S. nodorum*’i eest kaitstud juba enne lehestiku fungitsiidide kasutamist.

Biostimulaatori kasutamine puhisena parandab taime võimet omastada suurema juurestiku abil toitaineid kiiremini juba alates idanemisest ja annab selge eelise ka võrsete moodustamiseks, mis tähendab lopsakama kasvuga elujõulisemat ja tervemat taime. Selline taim on võimeline ka kasvutingimuste pärast umbrohtudega paremini konkureerima, neist kiiremini kasvama. Suurema roheline lehepinnaga taim fotosünteesib rohkem, see omakorda võimaldab saagikust suurendada (Sevov, Delibaltiva, 2013).

Järeldused

Toiteainete omastamine mullast nõuab taimelt energiat, lisaks mõjutavad ka bakterid ja mulla temperatuur ning niiskus, kui kättesaadavad on mullast taimetele makro- ja mikroelemendid. Biostimulaatorid puhistena ei tõrju taimehaigusi, kuid annavad taimedele toitumiseks kuluvat energiat ja vähendavad stressi, soodustades külvisemne kiiremat algarengut, kasvamist ja elujõulisust, seega ka haigustekitajatega toimetulekut. Koostoides mullaga aitavad puhistena kasutatud biostimulaatorid taimedel toitaineid kergemini mulla orgaanikast kättesaadavaks teha ja omastada. Tehtud katsete põhjal võib järeldada, et biostimulaatorite positiivne mõju sõltub aasta ilmastikust ja on suurema mõjuga stressitingimustes kasvavate taimede puhul. Suvinisu puhtimisel biostimulaatorite kulunormi suurendamine või seemne puhtimine biostimulaatori ja keemilise puhise seguga saagi ja kvaliteedi tulemustele positiivsemat mõju ei avaldanud.

Kasutatud kirjandus

- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. – *Plant Soil* **383**, 3–41.
- Craigie, J.S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. – *Journal of Applied Phycology* **23**, 371–393.
- Sevov, A., Delibaltiva, V. 2013. Effect of biostimulant fertigrain on bread wheat (*Triticum aestivum*) productivity elements and grain yield. – *Scientific Papers. Series A. Agronomy* **56**, 353–356.

Kuivlaiksus eri kartulisortidel Einola talus

Liisi Tamela, Eve Runno-Paurson, Merili Hansen

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Ants Einola, Priit Einola

Einola Talu OÜ

Abstract. Tamela, L., Runno-Paurson, E., Hansen, M., Einola, A., Einola, P. 2015. Potato early blight on different potato cultivars in Einola farm. – Agronomy 2015.

Potato early blight, caused by pathogens *Alternaria solani* and *Alternaria alternata*, is one of the most common potato foliar diseases in many potato growing regions. Under favourable conditions the disease can destroy whole potato foliage and cause significant yield losses. Estonian potato growers are interested to grow potato varieties that are imported from Western Europe and their concern is based on quality and crop yield. Yet, there is no information about their early blight susceptibility in our field condition. The purpose of this research was to evaluate the early blight susceptibility within breeding company Agrico varieties in Estonian conditions and to compare them with local varieties. The trial was set up in Einola Farm with 20 different potato varieties and breeding lines. Analysis of AUDPC values showed that most of the varieties turned out to be resistant or medium resistant to early blight. The results showed that there was no significant relation between tuber yield and early blight susceptibility. The early blight observations in this trial were complicated, because most of the varieties were infected later on the season by late blight (*P. infestans*).

Keywords: early blight, potato cultivars, crop yield

Sissejuhatus

Kartuli kuivlaiksuse põhjustajateks on patogeenid *Alternaria solani* ja *Alternaria alternata*. Peamiseks kuivlaiksuse tekitatud kahjuks on lehestiku enneaegne hävimine, millest sõltuvalt väheneb saak (Rotem, 1994).

Eestis pole kuivlaiksust siiani suureks ohuks kartulitootjatele peetud, kuigi sordiga 'Reet' 2010. ja 2011. aastal tehtud katsed tõestasid, et keemilise tõrje puudumisel nakatus see sort rängalt kuivlaiksusesse, mistõttu kartulilehed hävinesid enneaegselt (Runno-Paurson *et al.*, 2012).

Eesti suuremad kartulikasvatajad soovivad kasvatada Lääne-Euroopast imporditud sorte, millel on eeliseid (mugula kvaliteet, välimus, saagikus) kohalike sortide ees, kuid mis on üldjuhul lehemädaniku suhtes õrnad või esinevad neil meie kliimaatilistes tingimustes muud nõrkused. Sortidega kaasa tulevas sordikirjelduses ei ole infot kuivlaiksuse vastuvõtlikkuse kohta. Samas on seoses kliima soojenemisega Eesti tingimustes kuivlaiksuse esinemine muutunud sagedasemaks ja ka kahjustused suuremaks. Neil kasvuaastatel, mil on keskmisest kuumem õhutemperatuur ja on piisavalt niiskust (udu, kaste), suudab kuivlaiksus hävitada keemilise tõrjeta kartulipõldudel vastuvõtlike sortide lehestiku enne lehemädaniku nakatumist ja levikut. Selliste keskmiselt soojemate suvede arv on viimasel kümnendil kasvanud. Seega on resistentsete sortide valik oluline kuivlaiksuse ennetusmeetod, mis võimaldab hoiduda kuivlaiksusest tavatootmises võimalikult keskkonnasõbralikult ilma liigset keemilist tõrjet kasutamata.

Katsesse valiti Hollandi aretusfirma Agrico kartulisordid, kuna Einola talu on alates 2002. aastast korraldanud Agrico sortide demonstratsioonkatseid, tutvustamiseks potent-

siaalseid sorte Eesti turu jaoks. Vaatluskatse eesmärk oli hinnata Hollandi sordiaretusfirma Agrico kartulisortide kuivlaiksusekindlust Eesti kasvutingimustes, võrreldes neid kohalike Eesti Taimikasvatuse Instituudis aretatud sortidega. Lisaks uuriti kuivlaiksuse mõju eri kartulisortide saagikusele.

Materjal ja meetodika

Kartuli kuivlaiksuse vaatluskatse rajati 2013. aastal 20 sorti ja aretisega Einola talus Reolas (58°17'N, 26°43'E). Neist 16 sorti ja aretist on aretatud Hollandi sordiaretus firmas Agrico ja võrdluseks oli valitud neli kohalikku kartulisorti, mis on aretatud Eesti Taimikasvatuse Instituudis (ETKI). Varajastest sortidest olid katses Agrico sordid 'Arielle', 'Erika', 'Esmee' 'Romie' ja aretis 'AR 03-0221' ning kohalik ETKI sort 'Maret'. Keskvarajastest Agrico sortidest olid hindamisel 'Madeleine', 'Mariska', 'Toluca', 'Carolus' ja aretis 'SW 03-0113' ning võrdluseks kohalikud ETKI sordid 'Reet' ja 'Teele'. Hilisemapoolsetest Agrico sortidest olid hindamisel 'Ambition', 'Bellefleur', 'Excellency', 'Fontane', 'Manitou', 'Rosagold' ning ETKI hiline sort 'Anti' Põllu eelviljaks oli 2012. aastal aedhernes. Katse pandi maha 9. mail sügavkobestatud mulda. Katselapi suurus oli kaks vagu (7 × 0,8 m) kolmes korduses. Varajastel sortidel oli tärkamine 28.–29. mail, keskvarajastel ja hilisemapoolsetel sortidel vahemikus 30. mai kuni 3. juuni.

Katseala väetati enne kartuli mahapanekut täisväetisega 1000 kg ha⁻¹ 12:12:17 + 2,0 Mg + mikroelemendid. Pealtväetis Ekolist Potato 4 l ha⁻¹. Mullati kolm korda ja äestati üks kord. Taimekaitsetöödest tehti kartulimardikavastane tõrje 22. juunil ja 2. juulil preparaatidega Proteus 0,5 l ha⁻¹ + Decis Mega 0,2 ha⁻¹. Umbrohu tõrjet tehti mai lõpus enne tärkamist preparaatidega Fenix 2,5 kg ha⁻¹ + Mistral 0,3 kg ha⁻¹. Lehemädanikutõrjet ei tehtud. Kõigi sortide saak koristati 10. septembril.

Kartuli kuivlaiksuse vaatlusi tehti alates 12. juuli katsest, mil haigus lööbimis kuni 26. augustini (14 vaatluskorda), mil kartuli-lehemädanik tugevalt lööbis ja kuivlaiksuse vaatlust polnud võimalik enam edasi teha. Vaatlusi tehti sagedusega kaks korda nädalas (3–4 päevaste vahedega), kasutades 0–100% hindamisskaalat.

Kuna katse asukohas puudus automaatilmaajaam, kasutati andmete saamiseks EMÜ Rõhu Katsejaama automaatilmaajaama andmeid. Üldiselt kujunes 2013. kasvuaasta keskmisest kuumemaks ja kuivemaks, mis oli omakorda soodne kuivlaiksuse arenguks ja levikuks. Mais ja juunis olid keskmised temperatuurid kõrgemad võrreldes paljude aastate keskmisega. Kui maikuu jätkus sademeid piisavalt, siis juunikuus tuli sademeid vaid 29,4 mm (kartulitaimede arenguks on juunis vajalik vähemalt 70 mm). Juulis tuli sademeid kokku 67 mm, ehkki kartulitaimede normaalseks arenguks on juulis vajalik vähemalt 120 mm sademeid (Jõudu, 2002c).

Tulemused ja arutelu

Kuivlaiksus lööbis katses 12. juulil ning esimesena nakatus varajane aretis 'AR 03-0223'. Enamik sortidest oli nakatunud 22. juuliks. Kasvuaja lõpuks olid kõik sordid nakatunud kuivlaiksusesse suuremal või väiksemal määral.

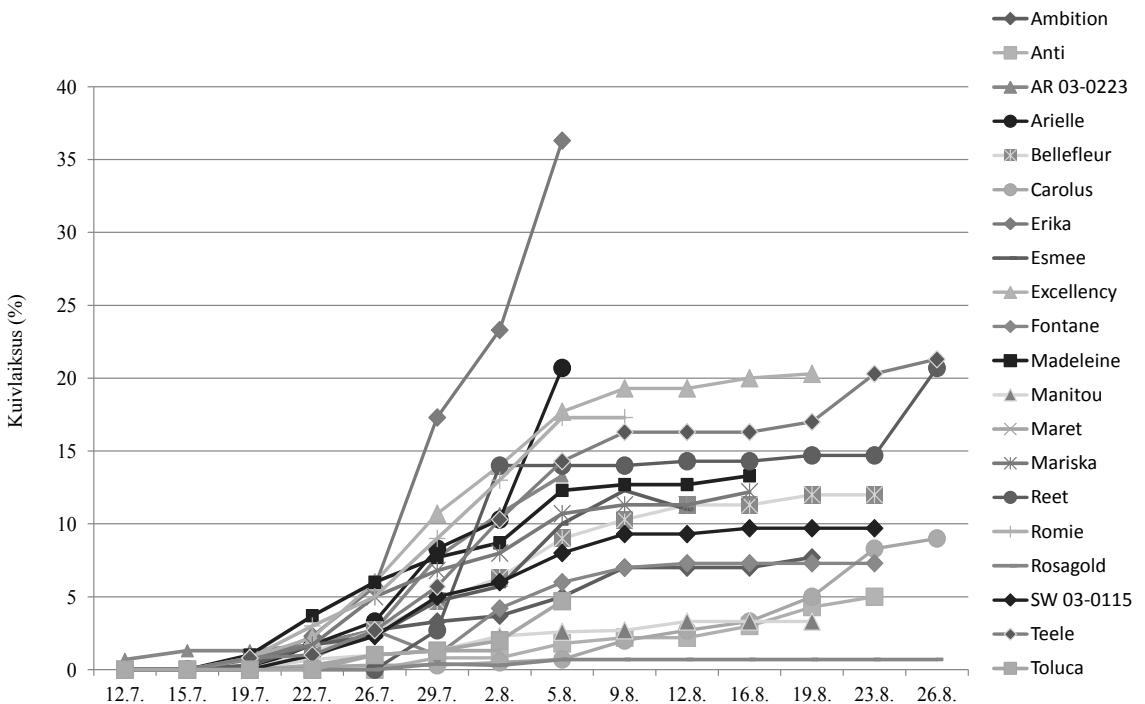
Kõige vastuvõtlikumaks varajaseks sordiks osutus Agrico sort 'Erika', mille lehesitik oli kasvuaja lõpuks kuivlaiksusesse nakatunud 36% ulatuses. Varajastest sortidest osutus kõige kuivlaiksusekindlamaks sordiks 'Maret' (joonis 1).

Keskvalmivatest sortidest nakatusid esimestena kuivlaiksusesse 19. juulil 'Made-

leine', 'Mariska' ja 'Teele', ülejäänud sordid olid nakatunud 29. juuliks (joonis 1). Kartulisort 'Reet' nakatus kuivlaiksusesse hiljem kui enamik teisi sorte, kuid vaatamata sellele arenes haigus kiiresti edasi ning kasvuaja lõpuks osutus see sort kuivlaiksuse suhtes kõige vastuvõtlikumaks keskvalmivaks sordiks (joonis 1). Teisel kohalikul sordil 'Teele' arenes kuivlaiksus mõnevõrra aeglasemalt kui sordil 'Reet', kuid kasvuaja lõpuks olid mõlemad sordid sarnases ulatuses kuivlaiksusest nakatunud. Hollandi sort 'Toluca', mis on aretatud spetsiaalselt mahetingimustes kasvatamiseks, osutus kuivlaiksuse suhtes kõige resistentsemaks. Enamikul sortidel hakkas kuivlaiksus kiiremini arenema pärast tugevaid vihmasadusid 19. ja 22. juulil, mille vahele jäid kuivad ilmad. Vahelduv niiske ja kuiv ilm mõjub soosivalt kuivlaiksuse arengule (Turkensteen, 2005).

Kõige vastuvõtlikumaks hilisemapoolseks sordiks osutus Agrico sort 'Excellency', millel haiguse areng kulges üpriski ühtlases tempos kuni kasvuaja lõpuni (joonis 1). Resistentsemaks sordiks osutus 'Rosagold', millel ilmnemiseid vaid üksikud kuivlaiksuse laigud. Kuivlaiksuse arengu peatajaks võis sellel aastal olla lehemädanik (*P. infestans*), mis kahjustas kõige rängemalt just hilisemapoolseid sorte. Lehemädaniku lööbimisele aitasid kaasa augusti keskpaigas toimunud tugevad vihmajärgsed sadused. Kuivlaiksuse areng jäi lehemädanikule alla, kuna viimane hävitas kiirelt paljude sortide lehestiku.

Saagikus. Suurima saagikusega sortideks osutusid hilisemapoolsed sordid 'Manitou' ja 'Ambition' ning keskvalmiv sort 'Teele' (joonis 2). Madalaima saagi moodustasid keskvalmivad sordid 'Reet' ja 'Toluca' ning varajane sort 'Romie' (joonis 2) Madalaima saagi moodustanud sort 'Romie' oli ka kõige lühema kasvuajaga sort (70 päeva, vajalik 110–140 päeva).



Joonis 1. Kuivlaiksuse arengu intensiivsus 2013. aastal

Varajaste sortide saagid jäid vahemikku 34–42 t ha⁻¹, mis on katseaasta ilmastiku-tingimusi ja lühikeseks jäänud kasvuperioodi (65,2 päeva) silmas pidades küllaltki hea tulemus.

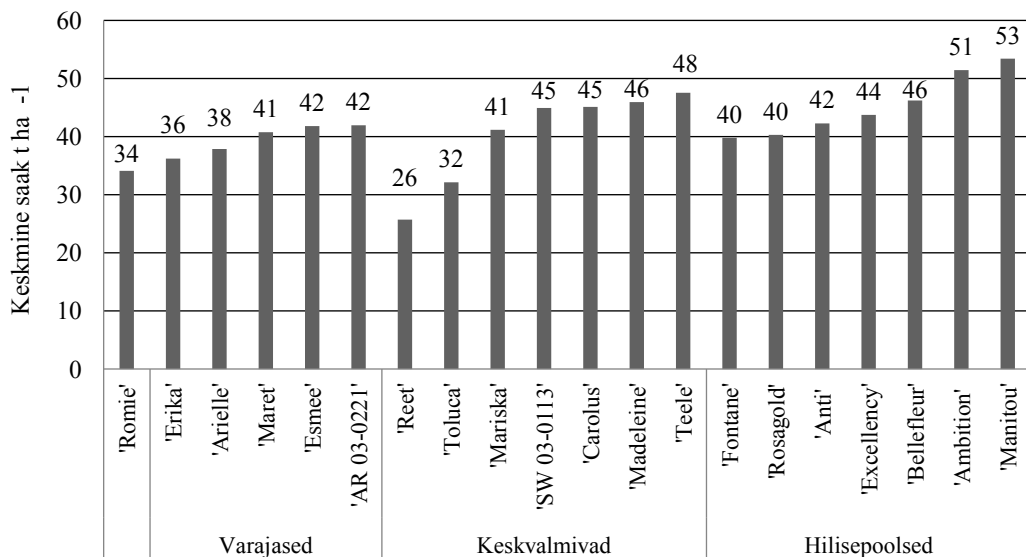
Keskvalmivatest sortidest olid kõige madalama saagikusega 'Reet' ja 'Toluca'. Sordi 'Toluca' väga madal saagikus on ilmselt seostatav väga lühikese kasvuajaga (63 päeva), mida põhjustas liigest kuivusest põhjustatud stress. Kindlasti ei mõjutanud madalat saagikust kuivlaiksuse ega ka lehemädaniku kahjustus. Vaatamata sellele, et sordil 'Reet' oli piisav kasvuage (91 päeva), seostaks katseandmete alusel madala saagikuse põhjust tugeva kuivlaiksuse kahjustusega. Maheviljeluskatse tulemused 2010. ja 2011. aastal näitasid, et keskmiselt kuivemal ja kuumemal aastal nakatus 'Reet' tugevalt kuivlaiksusesse, mis mõjutas otseselt ka sordi saagikust (Runno-Paurson *et al.*, 2012).

Suurima saagikusega hilisemapoolsemaks sordiks osutus Agrico sort 'Manitou' (53 t ha⁻¹) ning madalaima saagikusega sordiks 'Fontane' (40 t ha⁻¹) (joonis 2).

Haiguskindlus. Kartulisortide haiguskindlust arvatati haiguskõvera pindala (AUDPC) järgi. AUDPC on taimahaiguse arengut ja sortide haiguskindlust iseloomustav kompleksnäitaja, mille väiksem väärtus iseloomustab kartulisordi suuremat resistentsust.

Kuivlaiksusele kõige vastuvõtlikumaks sordiks osutus 'Reet'. Kõige resistentsemad sordid olid varajane sort 'Maret' ja hilisemapoolsem sort 'Rosagold' (joonis 3). Enamik katses olnud kartulisorte osutus resistentseteks või keskmiselt resistentseteks (joonis 3).

Valmimisaja järgi osutusid kuivlaiksuse suhtes kõige resistentsemaks varajased sordid. Haiguskindlusel saab määravaks faktoriks eelkõige see, kui aeglaselt osutub haiguse edasine areng juba nakatunud sortidel. Varajased sordid nakatusid küll esimesena, kuid edasi arenes haigus enamikul sortidel aeglasemalt. Katsetulemused kinnitavad asjaolu, et varavalmivad sordid on kuivlaiksuse suhtes resistentsemad kui hilisemapoolsed ja keskvalmivad sordid.



Joonis 2. Kuivlaiksuse vaatluskatse kartulisortide saagikus 2013. aastal

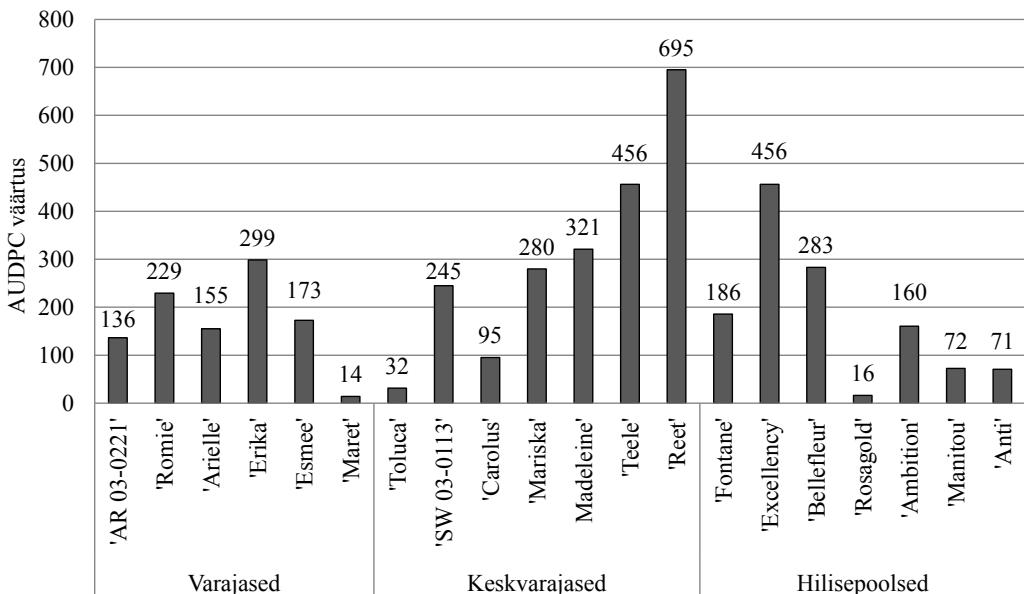
Keskvalmivate sortide seas osutusid kõige vastuvõtlikumateks Eesti sordid 'Reet' ja 'Teele'. Kui võrrelda keskvalmivaid sorte varavalmivate ja hilisemapoolsetega, siis selle katse tulemuste järgi on keskvalmivad sordid kuivlaiksuse suhtes kõige vastuvõtlikumad (joonis 3). Agrico sortidest osutus vastuvõtlikuks vaid 'Excellency' ning keskmiselt vastuvõtlikuks 'Madeleine'. Vaatamata sellele võib kirjeldatud katse tulemuste põhjal pidada enamikku Agrico sorte üsnagi kuivlaiksuse kindlateks, kuigi kuivlaiksuse hindamine oli lehemädaniku lööbimise tõttu raskendatud.

Kokkuvõte

Vaatluskatse andmetest tulenevalt võib Agrico sorte pidada kuivlaiksuse suhtes üsna vastupidavaks. Väga vastuvõtlikuks kuivlaiksuse suhtes osutus vaid Eesti sort 'Reet', Hollandi sortide seas sarnane näide puudus. Vastuvõtlikuks Agrico sordiks osutus katseis vaid 'Excellency' ning keskmiselt vastuvõtlikuks 'Madeleine' (joonis 3). Sortide saagikuse ja haiguskindluse vahel olulised erinevused puudusid.

Kuigi katsetulemuste põhjal ei osutunud enamik sorte kuivlaiksuse suhtes vastuvõtlikuks, nakatusid kõik sordid siiski mingil määral kuivlaiksusesse. Kuna kuivlaiksusesse nakatumine sõltub väga palju ilmastikust, siis ühe aasta andmete põhjal on keeruleine teha lõplikke järeldusi sortide haiguskindluse kohta. Keskmisest kuumemal ja niiskemal kasvuaastal võivad katsetulemused erineda.

Kuna kirjeldatud katses võis kuivlaiksuse arengu pidurdaja olla lehemädanik, siis selle puudumisel võib keskmiselt kõrgema temperatuuriga kasvuaastatel kuivlaiksus osutada peamiseks lehestikku hävitavaks haiguseks. Seda kinnitab asjaolu, et kõiki katseis olnud sortidel tuvastati kuivlaiksuse sümptomeid. Kui varasemalt võimaldas lehemädaniku puudumine fungitsiididega tõrjumise ärajätmist, siis selle katse tulemustele tuginedes ei pruugi see enam võimalik olla. Soodsates ilmastikutingimustes ja vas-



Joonis 3. Kartulisortide haiguskindlus AUDPC väärtuse põhjal

tuvõtlikel sortidel võib kuivlaiksus sarnaselt lehemädanikule põhjustada kartulitaimede enneaegset hävimist ning sellest tulenevalt madalamat saaki. Kuna need järeldused põhinevad enamasti ühe katseaasta tulemustel, siis parema ülevaate saamiseks oleks vaja katset korrata.

Tänuavaldused

Uurimust on toetanud Haridus- ja Teadusministeeriumi sihtfinantseerimise projekt SF170057c09, ETF-i grant 9432 ja projekt RESIST 3.2.0701.11-0003 ning Haridus- ja Teadusministeeriumi institutsionaalne uurimustoetus IUT36-2.

Kasutatud kirjandus

- Jõudu, J. 2002c. Kartuli kasvu mõjutavad tegurid ja mugulate moodustumine. – *Kartulikasvatus*. Toim. J. Jõudu, lk 69–97.
- Rotem, J. 1994. The Genus *Alternaria*: Biology, Epidemiology and Pathogenicity No. 41523.
- Runno-Paurson, E., Tein, B., Luik, A., Mänd, M. 2012. Kasvatustehnoloogia mõjutab kartuli kuivlaiksuse esinemist. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised, lk 79–81.
- Turkensteen, L.J. 2005. Early Blight. *Potato Diseases*. PlantijnCaspaire, lk 19–20.

Tolmeldajate liigiline mitmekesisus ja arvukus põllumajandusmaastiku erinevatel elementidel

Eve Veromann, Gabriella Kovács, Riina Kaasik, Liis Vaino, Reet Karise, Katrin Jõgar, Linda-Liisa Veromann, Marika Mänd

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Reelika Päädam

Põllumajandusministeerium

Martin Jürgenson

Tartu Ülikooli ökoloogia- ja maateaduste instituut

Abstract. Veromann, E., Kovacs, G., Kaasik, R., Vaino, L., Karise, R., Päädam, R., Jõgar, K., Veromann, L-L., Jürgenson, M., Mänd, M. 2015. The abundance and species diversity of pollinators in agricultural landscape elements. – Agronomy 2015.

Insect pollination is an important ecosystem service that benefits many food crops. However, the loss and fragmentation of semi-natural and non-crop habitats have drastically diminished the number and species richness of pollinators i.e. the providers of this ecosystem service. Semi-natural habitats such as field margins, grasslands, hedgerows, and woodlands can offer habitats, food resource, shelter, hibernation places etc. for different pollinators. In our study, the impact of different landscape elements on the abundance and species richness of pollinators was measured. Specifically, we compared the abundance and species diversity of pollinators in five landscape elements – two linear elements: herbaceous and woody, and three areal elements: fallow, herbaceous and woody. Generally, the number of pollinators was low and the most abundant species was honeybee. The number of bumblebees was 1.61 times lower than honeybees. However, the richness of bumblebee species was relatively high – 14 different species out of the 28 occurring in Estonia were found. The type of landscape element had a significant impact on the pollinators' abundance. The greatest number of pollinators was found on fallows, herbaceous and woody linear elements, while the smallest number of pollinators was found in the woody areal elements. There was also a difference between landscape elements on the support of different pollinators. Syrphids were most numerous on herbaceous linear elements whereas honeybees and bumblebees were most abundant on fallows. The attractiveness of fallows to the bees can be explained by the richness of their flowers – mass-flowering leguminous cultures were mostly grown there. However, the most diverse bumblebee community was found on the woody areal elements. In conclusion, our study showed that different landscape elements support different groups of pollinators. Use of leguminous catch crops in crop rotation offers long-lasting stable food resource for bees that guarantees the preservation of their population also in agricultural landscapes. However, since syrphids preferred narrow linear elements, heterogenic landscape that consists of several elements is best to ensure the pollination service and hence, greater and more quality crop yields.

Keywords: bumble bees, honey bees, syrphids, pollination

Sissejuhatus

Tolmeldamisest putukate, lindude, nahkhiirte jt loomade abil sõltub ligikaudu 87% õis-
taimede reproduktiivne edukus (Ollerton *et al.*, 2011). Umbes 85% Euroopas kasvatata-
vatest kultuurtaimedest sõltub putuktolmeldamisest (Williams, 1994) ja kogu maailmas
kasvatatavatest toidutaimedest umbes 70% ehk ligikaudu 1500 kultuuri saak sõltub loom-
tolmeldamisest (Klein *et al.*, 2007). Kuigi tolmeldajaid võib leida nii lindude kui ka
imetajate seast, on kõige tähtsamad tolmeldajad putukad, seda nii liikide arvult kui ka
tolmeldatavate taimede hulga poolest. Mesilaselaadsed (Apoidea), sh meemesilane (*Apis*

mellifera), kimalased (*Bombus* sp) ja erakmesilased (*Apoidea*; *Hymenoptera*) ning kahe-
tiivalistest sirelased (*Syrphidae*; *Diptera*), on putukatest enamlevinud tolmeldajad. Putuk-
tolmeldajate majanduslikku väärtust on ainuüksi Euroopas hinnatud 15 miljardile (Leon-
hardt *et al.*, 2013) ja maailmas 361 miljardile eurole aastas (Lautenbach *et al.*, 2012).

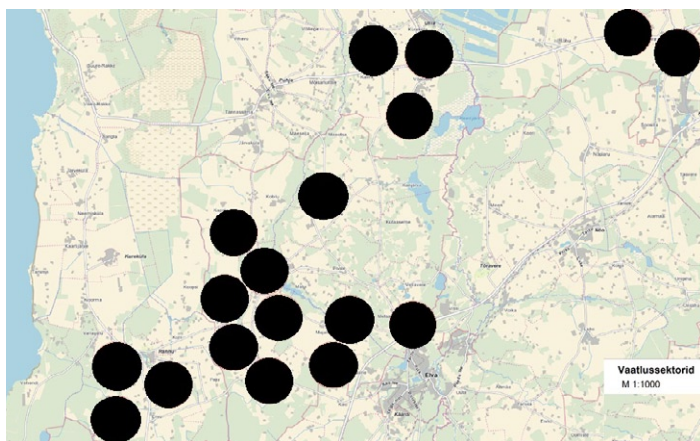
Tolmeldajate ja nende pakutavate ökosüsteemiteenuste järsk vähenemine on olnud
aktuaalne juba eelmise sajandi lõpust, viimastel aastatel on dokumenteeritud nii nende
mitmekesisuse kui ka arvukuse langust kogu Euroopas (Ghazoul, 2005; Steffan-Dewenter
et al., 2005; Biesmeijer *et al.*, 2006; Potts *et al.*, 2010; Breeze *et al.*, 2014). Nii arvukuse
kui ka liigilise mitmekesisuse hääbumisel on palju erinevaid biotilisi ja abiotilisi põh-
juseid ning nende põhjuste koosmõju. Olulisemad mõjutajad on parasiidid ja haigused,
pestitsiidide kasutamine, maastiku muutmine homogeenseks, intensiivne maaharimine,
kliimamuutused, invasiivsete taimede levik (Vanbergen *et al.*, 2012). Järjest laienenud
intensiivne maaharimine toob kaasa nii agrokemikaalide ohtrama kasutamise kui ka
maastiku killustumise. Fragmenteerunud ja homogeensel põllumajandusmaastikul on
tolmeldajatel raske leida sobivaid toitumis-, pesitsus- ja varjupaiku ning suurel määral
on halvenenud ka toiduallikate kättesaadavus, sest vähenenud on looduslike õitsevate
taimede, sh umbrohtude arvukus. Uurimata on, millistel põlluserva biotoopidel on tol-
meldajate arvukus kõrgem, toetades seeläbi tolmeldamise efektiivsust kultuurpõllul.
Seetõttu on tähtis uurida, millised maastikuelemendid toetavad tolmeldajate arvukust ja
nende liigilist mitmekesisust põllumajandusmaastikus.

Töö eesmärk oli välja selgitada kultuurpõlluga piirnevate maastikuelementide mõju
peamiste tolmeldajate arvukusele ja liigilisele mitmekesisusele.

Materjal ja meetodika

Katse tehti Tartu maakonnas 2013. aastal. Tolmeldajate arvukust hinnati seire teel viiel
erineval kultuurpõlluga piirneval maastikuelemendil, mis paiknesid ühe km raadiusega
maastikuringil (pindalaga 3,14 km²). Maastikuringe oli kokku 18 ja nad ei kattunud
üksteisega (joonis 1). Maastikuelementideks valiti põllumajandusmaastikul tavalised
maastikuosad: mets, pool-looduslik niit või heinamaa, liblikõielise katekultuuri või
vahekultuuriga põld (joonisel 'haljaskesa'), puiskoridor ja rohtne põlluserv (joonisel
'põlluserv'). Metsa, heinamaa ja haljaskesa pindala oli vähemalt 150 m² ning puiskoridori

Joonis 1. Vaatlusalade paiknemine Tartumaal, 2013. aastal. Must ring tähistab ühe km raadiusega maastikuringi

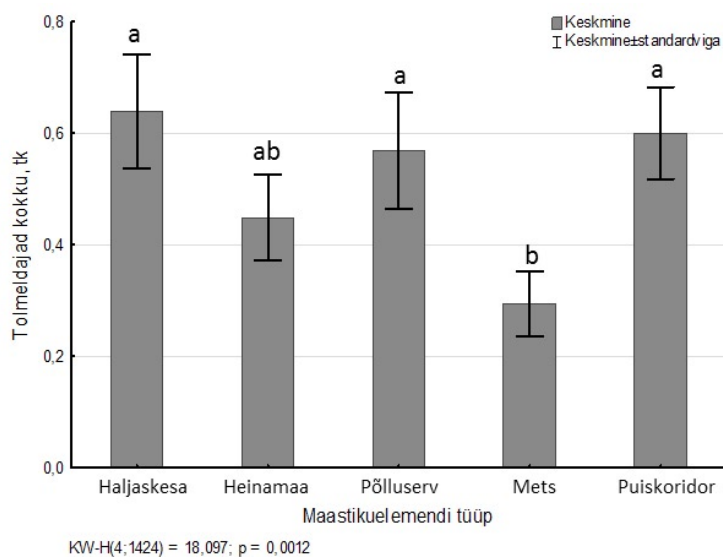


ja põlluserva pikkus oli vähemalt 150 m ja laius 1,5–12,5 m. Seire korraldati igal maastikuelemendil neljal 25 m pikkusel (kokku 100 m) ja 1,5 meetri laiusel transektil, loenduse kiirus oli 0,3 km h⁻¹. Seire käigus loendati kõik taimedel asuvad meemesilased, kimalased, sirelased ja erakmesilased. Meemesilased ja kimalased määrati liigini, erakmesilased alamsugukonna või perekonnani ja sirelased sugukonnani. Seiret korraldati neljal korral: 16.–17. mail, 12.–13. juunil, 8.–9. juulil ja 10.–11. septembril, kõigil seirepäevadel oli ilm tolmeldajate vaatluseks sobiv: kuiv, soe ja tuuletu/vaikse tuulega.

Katseandmed analüüsiti, kasutades programme Microsoft Excel 2013 ja STATISTICA 12 (Statsoft, Inc., USA 2014). Tolmeldajate arvukuse sõltuvust maastikuelementidest analüüsiti, kasutades mitteparameetrilist Kruskal-Wallis ANOVA testi, sest mudelijääkide jaotus ei vastanud normaalkaotusele; variantidevahelisi erinevusi hinnati Duncan'i *post-hoc* testiga. Kimalaste liigilise mitmekesisuse hindamiseks kasutati Shannoni indeksi $H' = -\sum p_i \ln p_i$.

Tulemused ja arutelu

Seirete käigus loendati kokku 728 tolmeldajat, mis on suhteliselt tagasihoidlik tulemus; kõige arvukamalt esines meemesilasi (*Apis mellifera* L.) ja sirelasi (Syrphidae) (vastavalt 256 ja 281 isendit). Kimalaste arvukus oli 1,6 korda väiksem võrreldes meemesilastega, kokku leiti neid 159 isendit. Samas oli kimalaste liigiline mitmekesisus suhteliselt suur, sest Eestis esinevast 28 liigist leiti seire käigus 14 liiki: aed- (*B. hortorum* L.), talu- (*B. hypnorum* L.), kivi- (*B. lapidarius* L.), maa- (*B. lucorum* L.), põld- (*B. pascorum* Scop.), niidu- (*B. pratorum* L.), tume- (*B. ruderarius* Müll.), soro- (*B. soroensis* Fabr.), uru- (*B. subterraneus* L.), metsa- (*B. sylvarum* L.), karu- (*B. terrestris* L.), hall- (*B. veteranus* Fabr.) ja Schrencki kimalane (*B. schrecki* Mor.) ning *B. confusus* Schr. Uru- ja

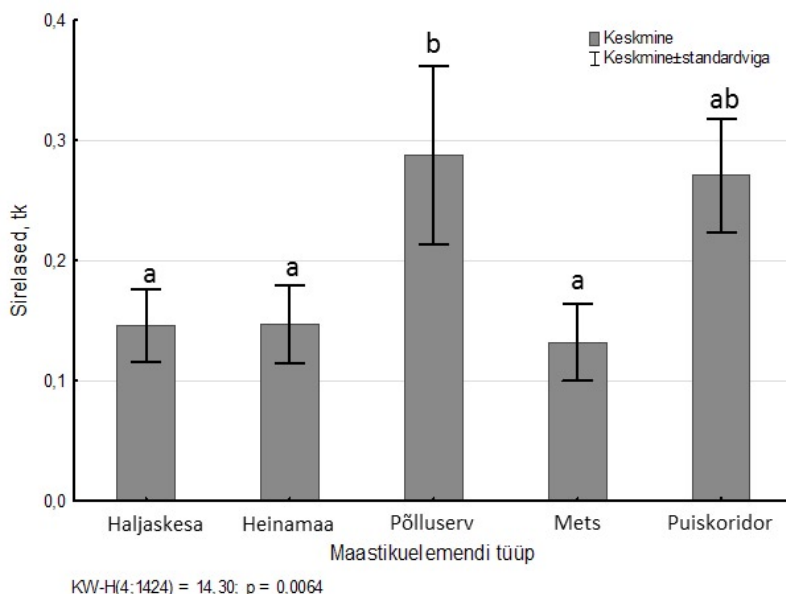


Joonis 2. Tolmeldajate keskmine (\pm SE) arvukus 25 m pikkusel ja 1,5 m laiusel transektil sõltuvalt maastikuelemendi tüübist. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Duncan test, $p < 0,05$)

Schrencki kimalane ning *B. confusus* on haruldased liigid, teised liigid kuuluvad Eestis sageli kohatavate liikide hulka. Arvukamateks liikideks olid aed-, põld- ja hallkimalane, keda kõiki leiti üle 20 isendi. Pikasuiselistest liikidest leiti aed- ja urukimalane, kes on olulised pika õieputkega taimeliikide tolmeldajad. Nad on ka rohkem ohustatud, kuna nende toiduvalik on enamasti kitsam võrreldes lühisuiseliste liikidega (Dupont *et al.*, 2011).

Vaatamata sellele, et üldiselt oli 2013. aastal tolmeldajate arvukus madal (Veromann, suulised andmed) mõjutasid maastikuelemendid oluliselt tolmeldajate arvukust (Kruskal-Wallis: $H_{(4, 1424)} = 18,10$; $p = 0,0012$; joonis 2). Tolmeldajate keskmine arvukus oli kõige madalam metsas paiknenud transektidel, mis erines oluliselt teistest maastikuelementidest (Duncan *post-hoc* test: $p < 0,05$). Kõige rohkem leiti tolmeldajaid küll haljaskesalt, kuid võrreldes heinamaa, põlluserva ja puiskoridoriga statistiliselt olulist erinevust nende vahel ei leitud. Haljaskesadel kasvatati liblikõielisi kultuure, mis juunis-juulis korraldatud seire ajal õitsesid ja seega pakkusid sel ajal ka tolmeldajatele kõige rohkem toitu.

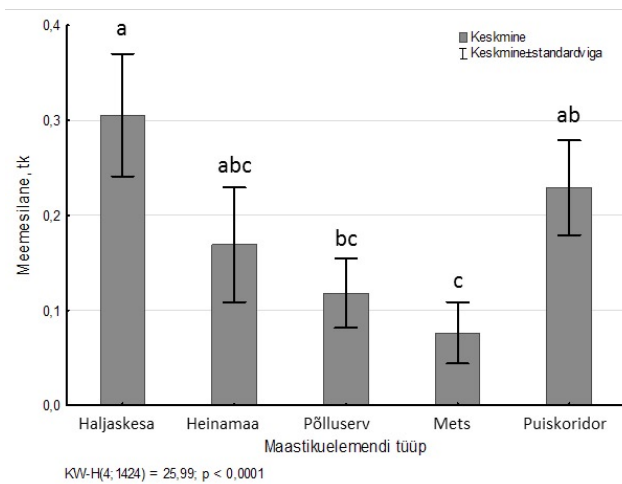
Maastikuelemendi tüüp mõjutas oluliselt nii sirelaste kui ka mesilaselaadsete tolmeldajate arvukust. Näiteks sirelaste arvukus oli kõige suurem lineaarsetel maastikuelementidel – rohtsetel põlluservadel ja puiskoridorides, kust leiti kaks korda rohkem sirelasi kui metsadest, haljaskesadelt ja heinamaadelt (joonis 3). Sirelased on eriti olulised intensiivse kasutusega põllumajandusmaastikul, sest erinevalt mesilaselaadsetest pakuvad nad korraga kahte tähtsat ökosüsteemiteenust: tolmeldamist ja looduslikku kahjuritõrjet. Valmikuna toituvad nad õietolmust ja nektarist, aga nende vastsed on röövtoidulise eluviisiga ning tõhusad lehetäide hävitajad. Seetõttu on sirelastele oluline nii nektarit ja õietolmu pakkuvate õitsevate taimede kui ka vastsetele toitu pakkuvate lehetäide olemasolu. Tõenäoliselt kasvasid meie uurimisaladel võrreldes teiste uurimise all olnud maastikuelementidega rohtsetes põlluservades ja puiskoridorides sirelastele



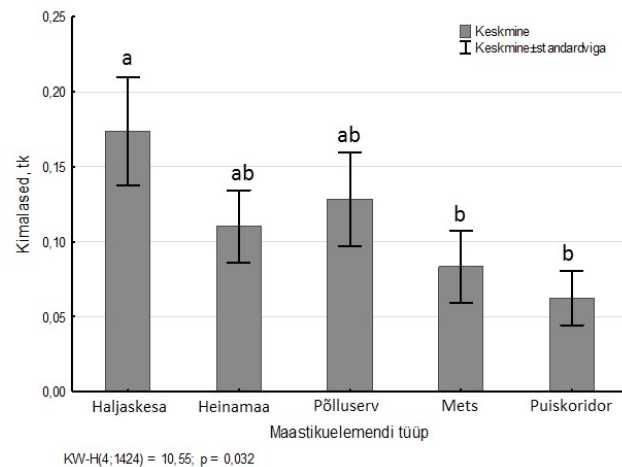
Joonis 3. Sirelaste (*Syrphidae*) keskmine (\pm SE) arvukus 25 m pikkusel ja 1,5 m laiusel transektil sõltuvalt maastikuelemendi tüübist. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Duncan test, $p < 0,05$)

sobivamad (rohkemate lehetäide kolooniatega (Almohamad *et al.*, 2009)) taimekooslused, mis pakkusid toiduresurssi nii valmikutele kui ka vastsetele.

Seevastu meemesilaste arvukus oli suurim liblikõieliste taimedega haljaskesadel, mis oli oluliselt suurem kui rohtsetel põlluservadel ($p = 0,014$) ja metsas ($p = 0,0027$; joonis 4). Kõige vähem leiti meemesilasi metsa servaaladel paiknevatest transektidelt. Sarnaselt meemesilastega oli ka kimalaste arvukus haljaskesal suurim, erinedes oluliselt metsa ($p = 0,032$) ja puiskoridoridega ($p = 0,0088$; joonis 5). Seega oli ootuspärane ka see, et seirete käigus leitud arvukamad liigid kuulusid avamaastikku eelistavate liikide hulka. Eri uurimused on näidanud, et massiliselt õisi pakkuvad kultuurid, nagu raps, ristik, lutsern jt, suurendavad mesilaselaadsete tolmeldajate arvukust põllumajandusmaastikul (Mänd *et al.*, 2002; Westphal *et al.*, 2003; Pywell *et al.*, 2006; Carvell *et al.*, 2007). Seetõttu leiti ka käesolevas uurimuses nii mesilasi kui ka kimalasi kõige rohkem just haljaskesadel, kus kasvatati ristikut ja lutserni. Ka kimalaste liigiline mitmekesisus oli kõrgeim haljaskesal ($H' = 2,23$) ja kõige madalam rohtsetel põlluservadel



Joonis 4. Meemesilaste (*Apis mellifera*) keskmine (\pm SE) arvukus 25 m pikkusel ja 1,5 m laiusel transektil sõltuvalt maastikuelemendi tüübist. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Duncan test, $p < 0,05$)



Joonis 5. Kimalaste (*Bombus* spp.) keskmine (\pm SE) arvukus 25 m pikkusel ja 1,5 m laiusel transektil sõltuvalt maastikuelemendi tüübist. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Duncan test, $p < 0,05$)

($H' = 1,01$). Vaatamata sellele, et kimalaste arvukus metsaservades paiknevatel seirealadel oli oluliselt madalam kui haljaskesal, oli nende liigiline mitmekesisus suhteliselt sarnane ($H' = 2,03$). Metsaservad pakuvad kimalastele lisaks toidule ka pesitsuspaiku ja seal võib kohata nii avamaa kui ka varjulembeseid liike, niisiis leiavad sealt varju-, toitumis- ja pesitsuspaiku erinevate eelistusega liigid. Seega toimivad metsaservad oluliste bioloogilist mitmekesisust suurendavate ja säilitavate refuugiumitena.

Erakmesilaste arvukus oli kogu katseperioodi jooksul erakordselt madal ja eri maastikuelementide vahel erinevusi ei leitud. Kokku leiti vaid 32 isendit viiest sugukonnast, kõige arvukamalt oli esindatud Halictidae sugukond 23 isendiga. Sarnaselt teiste looduslike mesilastega sõltub ka erakmesilaste arvukus nii elupaikade kui ka toidutaimede olemasolust, samas on erakmesilased haavatavamad nii üksikelulisuse kui ka sageli kitsale ringile taimedele spetsialiseerumise (oligolektilised liigid) tõttu. Sageli on killustunud maastikul erakmesilaste elupaigaks jäänud üksikud alad, mis pakuvad üheaegselt nii korje-, pesa- kui ka paaritumispaiku. Kui sellise ala suurus või väärtus elupaigana väheneb, siis on sellel otsene mõju mesilaselaadsete populatsiooni suurusele (Westrich, 1996). Sydenham *et al.* (2014) leidsid, et põldude servaalad on erakmesilastele üliolulised biotoobid ja seetõttu tuleks vältida seal agrotehniliste tööde tegemist ja ka agrokemikaalide triivi nendele aladele.

Kokkuvõte

Esmakordselt Eestis on näidatud, millised meil tavalised põllumajandusmaastiku elemendid toetavad mesilaselaadsete ja millised kahetiivaliste tolmeldajate arvukust. Haljaskesa sisseviimine külvikorda pakub mesilaselaadsetele tolmeldajatele pikaajalise ja püsiva toitumisvõimaluse, tagades nii ka populatsioonide säilimise põllumajandusmaastikus. Sirelased aga eelistavad kitsaid põlluservasid ja puiskoridore. Seega garanteerib heterogeenne maastik, kus esinevad mitmed erinevad biotoobid, suurema hulga eri tolmeldajaid ning seega ka suurema ja kvaliteetsema saagi.

Tänuavaldused

Töö valmis Euroopa 7. raamprojekti nr 311879 „Ökosüsteemi teenuste roll jätkusuutlikus põllumajanduses“ (QuESSA – QUantification of Ecosystem Services for Sustainable Agriculture), Eesti Teadusfondi grandid 8895 ja Haridus- ja Teadusministeeriumi sihtfinantseeringu SF0170057s09 ning IUT36-2 toetustel.

Kasutatud kirjandus

- Almohamad R., Verheggen F.J., Haubruge É. 2009. Searching and oviposition behavior of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae): a review. – *Biotechnologie Agronomie Societe et Environnement*, 2009 **13** (3), 467–481.
- Carvell, C., Meek, W.R., Pywell, R.F., Goulson, D., Nowakowski, M. 2007. Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. – *Journal of Applied Ecology* **44** (1), 29–40.
- Dupont, Y.L., Damgaard, C., Simonsen, V. 2011. Quantitative historical change in bumblebee (*Bombus* spp.) assemblages of red clover fields. – *PLoS ONE*, **6** (9), e14172.
- Klein, A.-M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. – *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **274** (1608), 303–313.

- Lautenbach, S., Seppelt, R., Liebscher, J., Dormann, C.F. 2012. Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. – *PLoS ONE* **7** (4), e35954.
- Leonhardt, S.D., Gallai, N., Garibaldi, L.A., Kuhlmann, M., Klein, A.-M. 2013. Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. – *Basic and Applied Ecology* **14** (6), 461–471.
- Mänd, M., Mänd, R. and Williams, I.H. 2002. Bumblebees in the agricultural landscape of Estonia. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **89**, 69–76.
- Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? – *Oikos* **120** (3), 321–326.
- Pywell, R.F., Warman, E.A., Hulmes, L., Hulmes, S., Nuttall, P., Sparks, T.H., Critchley, C.N.R., Sherwood, A. 2006. Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. – *Biological Conservation* **129** (2), 192–206.
- Sydenham, M.A.K., Eldegard, K., Totland, Ø. 2014. Spatio-temporal variation in species assemblages in field edges: seasonally distinct responses of solitary bees to local habitat characteristics and landscape conditions. – *Biodiversity and Conservation* **23**(10), 2393–2414.
- Vanbergen, A.J., Ambrose, N., Aston, D., Biesmeijer, J.C., Bourke, A., Breeze, T., Brotherton, P., Brown, M., Chandler, D., Clook, M., Connolly, C.N., Costigan, P., Coulson, M., Cresswell, J., Dean, R., Dicks, L., Felicioli, A., Fojt, O., Gallai, N., Genersch, E., Godfray, C., Grieg-Gran, M., Halstead, A., Harding, D., Harris, B., Hartfield, C., Heard, M.S., Herren, B., Howarth, J., Ings, T., Kleijn, D., Klein, A., Kunin, W.E., Lewis, G., MacEwen, A., Maus, C., McIntosh, L., Millar, N.S., Neumann, P., Ollerton, J., Olschewski, R., Osborne, J.L., Paxton, R.J., Pettis, J., Phillipson, B., Potts, S.G., Pywell, R.F., Rasmont, P., Roberts, S., Salles, J.-M., Schweiger, O., Sima, P., Thompson, H., Titera, D., Vaissiere, B., Van der Sluijs, J., Webster, S., Wentworth, J., Wright, G.A. 2012. *Insect pollinators: linking research and policy. Workshop report.* [WWW Document]. URL https://wiki.ceh.ac.uk/display/ukipi/IPI+Publications?atl_token=fd3cb1d8bcd2c3789a4543e6a93f872d147559dd (accessed 12.18.14).
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., Tscharntke, T. 2003. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. – *Ecology Letters* **6** (11), 961–965.
- Westrich, P. 1996. Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. – *The Conservation of bees*. Toim. Matheson, A., Buchmann, S.L., O’Toole, C., Westrich, P., Williams, I.H., *Academic Press, London*, lk 1–16.
- Williams, I.H. 1994. The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. – *Agricultural Zoology Reviews* **6**, 229–257.

Aiandus

Horticulture

Sordi 'Krista' õunte säilivus modifitseeritud atmosfääriga pakendites

Lagle Heinmaa, Ulvi Moor

Eesti Maaülikool

Abstract. Heinmaa, L., Moor, U. 2015. Postharvest life of 'Krista' apples in modified atmosphere packages. – Agronomy 2015.

'Krista' apples are one of the most popular among Estonian newer apple cultivars. Estonians like the apple because of its good appearance and sweet-sour taste. The main problem with this cultivar is short shelf life – in normal atmosphere it can be stored until December. The aim of the current research was to find out the effect of modified atmosphere (MA) storage on postharvest quality of 'Krista' apples. After 4 and 6 months of storage, percentage of decayed apples and several quality parameters were assessed: apple flesh firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), SSC/TA and ascorbic acid content (AAC). Results showed that in MA 'Krista' apples can be successfully stored until January – the storage loss in MA was only 7% compared to 30% in normal atmosphere and the apples stored in MA were also firmer. MA-storage was not effective in extending postharvest life of 'Krista' apples until March.

Keywords: postharvest quality, modified atmosphere, 'Krista' apples

Sissejuhatus

Õunasordi 'Krista' on aretanud Kalju Kask Pollis. Sort pärineb seemiku L25 vabast tollemisest saadud seemne külvist (1978. a). 'Krista' kuulub 2004. aastast Eesti puuvilja- ja marjakultuuride soovitussemententi äri- ja koduaiasordina (Eesti puuvilja- ja marjakultuuride soovitussement, 2013). 'Krista' õunad on eestlaste seas populaarsed, sordi aretaja Kalju Kask on öelnud: „'Krista' on tuntud väga ilusate ühtlase suuruse ja kujuga maitsvate magushapude õunte poolest, mida väga tahetakse.“ (Kask, 2011).

'Krista' tarbimisaeg on septembrist detsembrini, heas külmhoidlas säilib see ka talve keskpaigani (EMÜ Eesti puuviljade ja marjakultuuride sordivaramu). 2007. ja 2012. aastal Eestis tehtud tarbijauuring näitas, et enamik eestlasi eelistab süüa kodumaist õuna (Moor *et al.*, 2014). Uuringust selgus, et eestlased soovivad kohalikke õunu tarbida võimalikult pika perioodi jooksul.

Õunte säilivusaega on võimalik pikendada, hoiustades neid kas kontrollitud atmosfääris (KA) või modifitseeritud atmosfääris (MA). MA-pakendites väheneb õunte hingamise käigus pakendis olev hapnikusisaldus ja suureneb süsihappegaasisaldus, mille tagajärjel õunte ainevahetus aeglustub ja säilivusaeg pikeneb. MA mõjutab viljades aset leidvaid oksüdatiivseid protsesse, ensüümide aktiivsust ja mikroobide kasvu (Brecht, 1995). Väiketootjatele on majanduslikult palju odavam säilitada õunu MA-pakendites, kui rajada kalleid kontrollitud atmosfääriga hoidlad. Kuna õunasordid on kõrge CO₂ sisalduse suhtes erineva taluvusega (Kader, 1989), ei ole olemas soovitusi MA gaasilise koostise kohta, mis sobiks kõikidele õunasortidele. Käesoleva uurimistöö aluseks oli hüpotees, et 'Krista' õunu õnnestub MA-tehnoloogiat kasutades säilitada vähemalt märtsikuuni. Katse eesmärk oli välja selgitada MA mõju 'Krista' õunte säilivusele ja kvaliteedile.

Metoodika

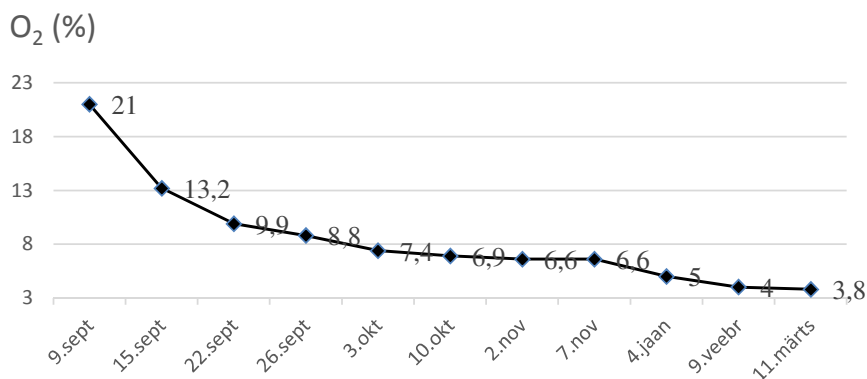
'Krista' õunad korjati 2011. aasta septembri esimese dekaadi lõpul TÜ Vasula õunaaiast. Säilituskatsed korraldati Eesti Maaülikooli PKI tava-atmosfääriga hoidlas (kontroll), kus õhutemperatuur oli 2 ± 2 °C ja suhteline õhuniiskus kõikus vahemikus 90–95% (hoidlas oli õhuniisutaja). MA variandis kasutati varasemalt 'Liivi kuldrenetile' sobinud Estikos toodetud polüetüleenist 60-mikromeetriseid kilekotte. Ühte kilekotti asetati üks plastikkast (nn efekt-kast), milles oli ca 10 kg õunu, ja kotid suleti õhukindlalt. Õunu säilitati kolmes korduses, s.t kokku pakendati mõlemas variandis kuus kasti õunu. Jaanuaris ja märtsis määrati õuntest säilituskadu (massikadu + riknenud õunad), viljaliha tugevus, mahla kuivainesisaldus, orgaaniliste hapete ja askorbiinhappe sisaldus. MA pakenditest määrati säilitusperioodi algul igal nädalal ning hiljem igal teisel nädalal hapniku- ja süsihappegaasisisaldus portatiivse gaasianalüüsi seadmega OXYBABY V (WITT-Gasetechnik GmbH & Co KG, Saksamaa).

Andmetöötles kasutati ühe- ja kahefaktorilist dispersioonanalüüsi. Joonistel ühesuguste tähtedega tähistatud tulbad ei ole statistiliselt oluliselt erinevad.

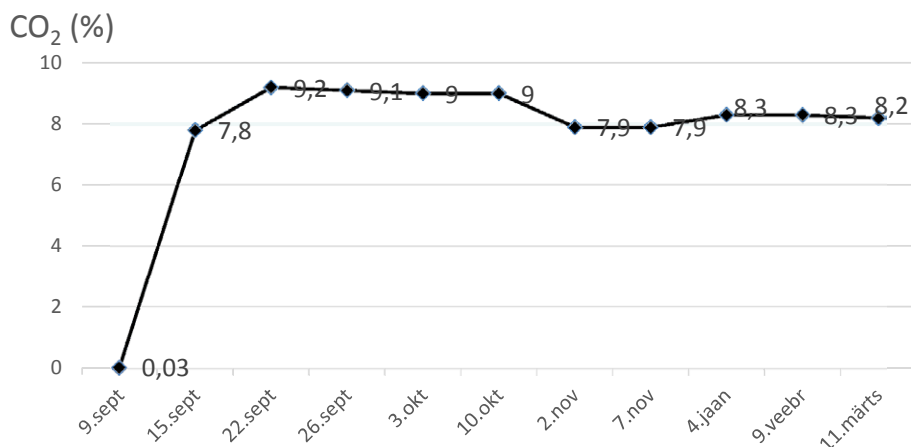
Tulemused ja arutelu

Hapniku ja süsihappegaasi sisalduse muutumine MA-pakendites. Hapnikusisaldus langes pakendites esimese säilitusnädala jooksul 13,2%-ni (joonis 1). Edasi langes hapnikusisaldus tasapisi, püüdes oktoobris-novembris 6–7% piires. Veebruaris-märtsis toimus uus langus arvatavasti mõnede pakendis riknenud õunte tõttu, mis kasutasid intensiivsemalt hapnikku. Pakendite avamise hetkeks oli hapnikusisaldus langenud 3,8%-ni. Õunte puhul loetakse olenevalt sordist optimaalseks hapnikusisalduseks 2–3% (Thompson, 2010).

Süsihappegaasisisaldus tõusis pakendites esimese säilitusnädala jooksul 7,8%-ni (joonis 2). Septembri lõpuks tõusis CO₂ sisaldus 9,2%-ni ning jäi peaaegu stabiilseks kuni säilitusperioodi lõpuni. 11. märtsil mõõdeti pakendite CO₂ sisalduseks keskmiselt 8,2%. Kontrollitud atmosfääris on olenevalt õunasordist peetud optimaalseks CO₂ sisalduseks 1–3%. Üksikud sordid taluvad ka kõrgemat CO₂ sisaldust, näiteks sordi 'Golden Delicious' õunad taluvad CO₂ sisaldust kuni 10% (Thompson, 2010). Liiga kõrge süsi-



Joonis 1. Hapnikusisalduse muutumine 'Krista' õunte säilitamisel 2 ± 2 °C juures modifitseeritud atmosfääriga pakendites (60 µm paksune kilekott)

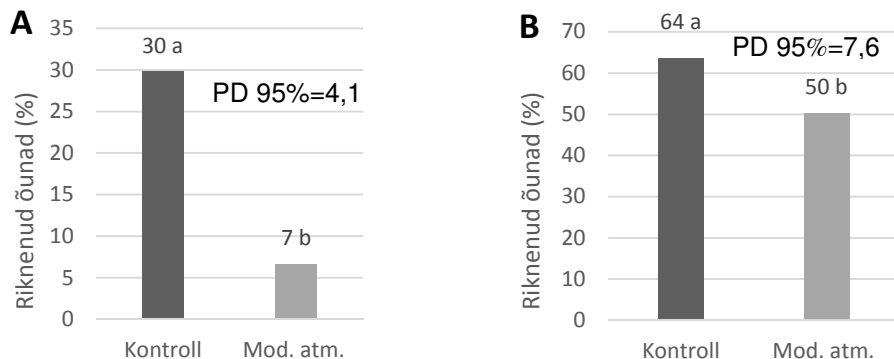


Joonis 2. Süsihappegaasi sisalduse muutumine 'Krista' õunte säilitamisel 2 ± 2 °C juures modifitseeritud atmosfääri pakendites (60 µm paksune kilekott)

happegaasisisaldus võib kahjustada vilju füsioloogiliselt, näiteks võib õuntel CO₂ liia korral tekkida viljaliha ja/või koore pruunistumine (Thompson, 2010).

Säilituskadu. Pärast neljakuist säilitamist jaanuaris 2012. oli MA-s säilitatud 'Krista' õuntest riknenud vaid 7%, samas kui tava-atmosfääris oli riknenud juba 30% õuntest (joonis 3 A). Ulatuslik riknemine oli toimunud eelkõige laomädaniku ja vähemal määral mustmädaniku kahjustuse tõttu. Kuigi teoreetiliselt peaks jaanuariks 7–9%-ni kerkinud süsihappegaasisisaldus olema õunte jaoks liiga kõrge, ei olnud MA-s säilitatud õuntel ei sees ega väljas märgata süsihappegaasikahjustusi ja õunte välimus oli märgatavalt parem kui tava-atmosfääris. Märtsikuuks oli olukord muutunud ja kuigi MA-s oli riknenud statistiliselt usutavalt vähem õunu kui tava-atmosfääris, oli ka MA-s siiski riknenud pool saagist (joonis 3 B).

Õunte mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe ning askorbiinhappe sisaldus. Nii jaanuaris kui ka märtsis oli mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe MA-s säilita-



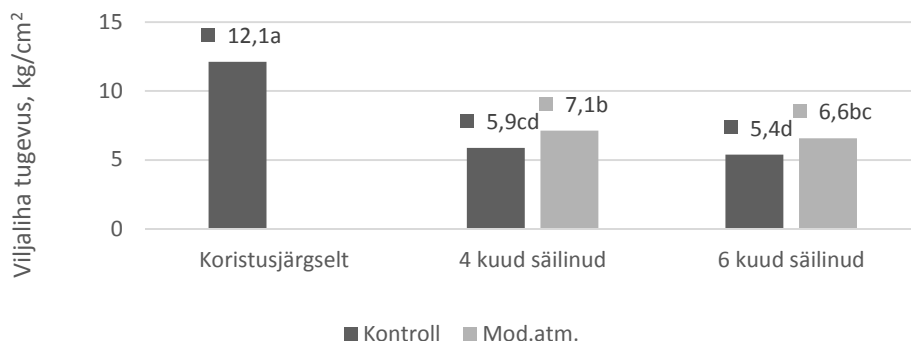
Joonis 3. 'Krista' õunte riknemine pärast neljakuist (A) ja kuuekuist (B) säilitamist tava-atmosfääris (kontroll) ning modifitseeritud atmosfääris (60 µm kilekott)

Tabel 1. ‚Krista’ õunte mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe ning askorbiinhappesisaldus 2011.–2012. aastal tava-atmosfääris (kontroll) ja modifitseeritud atmosfääris (60 µm kilekott) säilitades

	Koristus- järgselt	Kontroll 4 kuud säilinud	MA 4 kuud säilinud	Kontroll 6 kuud säilinud	MA 6 kuud säilinud
Mahla kuivaine ja org. hapete suhe	14,6 e	19,8 c	18,0 d	24,8 a	21,9 b
Askorbiinhape, mg 100 g ⁻¹	11,0 a	10,4 ab	9,1 b	5,8 c	4,6 c

tud õuntes madalam (tabel 1). Eeldades, et Eesti õuntes on soovituslik suhkru- ja hapete vahekord 15-20:1 (Kelt, 1997), olid jaanuaris nii kontrollvariandi kui ka MA variandi õunad maitseomadustelt head, märtsiks oli õunte maitse kõigis variantides halvenenud ja suhkru- ja hapete vahekord ületas soovitusliku kahekümne piiri. MA-s säilitatud õunad olid soovituslikule mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhte väärtusele siiski lähemal. Septembris oli ‚Krista’ õunte askorbiinhappesisaldus 11 mg 100 g⁻¹ (tabel 1). MA ei mõjutanud õunte askorbiinhappesisaldust ei jaanuaris ega märtsis. Märtsiks oli mõlema katsevariandi õunte askorbiinhappesisaldus võrreldes jaanuarikuuga oluliselt vähenenud. Kuna C-vitamiini sisaldus viljades üldiselt väheneb ainevahetusprotsesside käigus, hinnatakse selle abil säilitusperioodi jooksul toimuvaid kvaliteedimuutusi õuntes (Favell, 1998). On leitud, et õunte vitamiinikad on suuremad kõrgematel säilitustemperatuuridel ja pikemaajalisel säilitamisel (Lee *et al.*, 2000).

Viljaliha tugevus. Tarbijate eelistused viljaliha tugevuse suhtes on erinevad: on inimesi, kes eelistavad pehmeid õunu, kuid enamikule meeldivad pigem kõvemad õunad. Vastavalt tarbijate eelistustele on uurimustes välja arvatud osade õunasortide viljaliha tugevuse miinimumnäitajad – näiteks ei tohiks sordi ‚Red Delicious’ õunad olla pehmemad kui 53 N (5,3 kg cm⁻²), sortide ‚Gala’ ja ‚Golden Delicious’ õunad pehmemad kui 44 N (4,4 kg cm⁻²), sordi ‚Braeburn’ õunad pehmemad kui 49 N ehk 4,9 kg cm⁻² (Harker *et al.*, 2008). Jaanuaris olid MA-s säilitatud ‚Krista’ õunad tava-atmosfääri omadest oluliselt tugevama viljalihaga (joonis 4), mis on vastavalt erinevatele tarbijauuringute



Joonis 4. ‚Krista’ õunte viljaliha tugevus 2011.–2012. aastal tava-atmosfääris (kontroll) ja modifitseeritud atmosfääris (60 µm kilekott) säilitades. PD 95% = 0,8

tulemustele esimene lauaõunte söömiskvaliteedi näitaja (Harker *et al.*, 2008). Märtsikuuks olid mõlema säilitusvariandi õunad küll pisut pehmemaks läinud, kuid statistiliselt olulist erinevust võrreldes jaanuariga ei olnud. MA-s säilitatud õunad olid jätkuvalt tugevama viljalihaga. Juba varajased uuringud 20. sajandi esimesest poolest näitasid, et õunte viljaliha püsib MA-s kauem tugevana (Magness *et al.*, 1924; Kidd *et al.*, 1936; Smock *et al.*, 1963; Hertog *et al.*, 2001 kaudu). Uus-Meremaal korraldatud MA katse sordi 'Braeburn' õuntega näitas, et mida madalam oli O₂ tase säilitusperioodil, seda tugevama viljalihaga olid õunad (Hertog *et al.*, 2001).

Kokkuvõte

Korraldatud katse tulemused näitasid, et 'Krista' õunte säilivus on MA-s võrreldes tava-atmosfääriga parem kuni jaanuarini. Selleks ajaks oli MA-s säilitatud õuntest riknenud vaid 7%, samas kui tava-atmosfääris oli riknenud juba peaaegu kolmandik õuntest. MA-s säilitatud õunad olid ka oluliselt tugevama viljalihaga. MA tingimused ei võimaldanud pikendada 'Krista' õunte säilivusaega märtsini. Tulevikus võiks katsetada materjale, mille gaaside läbilaskevõime on suurem, et süsihappegaasisisaldus jääks pakendis madalamaks.

Tänuavaldused

Autorid on tänulikud Põllumajandusministeeriumile uurimistöö finantseerimise eest.

Kasutatud kirjandus

- Brecht, P.E., 1995. Use of controlled atmospheres to retard deterioration of fresh produce. – *Food Technology* **34** (3), 45.
- Eesti puuvilja- ja marjakultuuride soovitusortiment 2013 Kättesaadav: http://aiatark.ee/index.php?option=com_k2&view=item&id=120
- Favell, D.J. 1998. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. – *Food Chemistry* **62**, 59–64.
- Harker, F. R., Kupferman, E.M., Marin, A.B., Gunson, F.A., Triggs, C.M., 2008. Eating quality standards for apples based on consumer preferences. – *Postharvest Biology and Technology* **50**, 70–78.
- Hertog, M.L.A.T.M., Nicholson, S.E., Banks, N. H., 2001. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in 'Braeburn' apples. – *Postharvest Biology and Technology* **23**, 175–184.
- Kader, A. A., 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. – *Critical Review of Food Science and Nutrition* **28** (1).
- Kask, K., 2011. Õunakasvataja soovitab: milline õunasort aeda istutada. Kättesaadav: <http://maakodu.delfi.ee/news/maakodu/aialeht/ounakasvataja-soovitab-milline-ounasort-aeda-istutada.d?id=46594788>
- Kelt, K., Lamp, L., Piir, R., 1997. Puuviljad, marjad, tervis: toiteväärtus, säilitamine ja kodune töötlemine. Valgus, 41 lk.
- Lee, S. K., Kader, A. A., 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. – *Postharvest Biology and Technology* **20**, 207–220.
- Moor, U., Moor, A., Põldma, P., Heinmaa, L. 2014. Consumer preferences of apples in Estonia and changes in attitudes over five years. *Agricultural and Food Science* **23**, 135–145.
- Rocha, A.M.C.N., Barreiro, M.G., Morais, A.M.M.B., 2004. Modified atmosphere package for apple 'Bravo de Esmolfe'. – *Food Control* **15** (1), 61–64.
- Thompson, A.K., 2010. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. 2nd edition. 117 lk.

Viinamarjade kvaliteedi mõjutamise võimalused

Mariana Maante, Ele Vool, Reelika Rätsep, Kadri Karp

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Maante, M., Vool, E., Rätsep, R., Karp, K. 2015. Possibilities to influence the quality of the grapes. – Agronomy 2015.

In order to get quality grapes it is important to choose in addition to suitable variety also habitat and agrotechnical technique. The aim of the current research was to determine the influence of growing techniques on the quality of grapes. The material was collected from the open field experiment at Estonian University of Life Sciences experimental station in Rõhu (58° 21' 27" N, 26° 31' 16" E) and from the protected cultivation area in Lüüste Saare-Tõrvaaugu gardening farm (58° 37' 42" N, 25° 8' 17" E). The investigated cultivar was 'Hasanski Sladki' which is suitable for cultivation of wine grapes. There were four different experiments under observation: fertilization (no fertilizers, glycine betaine), pruning method (cane and spur pruning in spring), habitat (open field and protected cultivation) and removal of leaves (no removal, removing leaves at the beginning of fruit colorization).

The results indicated that grapes quality parameters differed significantly in habitat experiment. The value of soluble solids and anthocyanins were higher in protected cultivation respectively 25.4 °Brix and 160 mg 100g⁻¹, but the content of titratable acids was higher (1.48 g 100g⁻¹) in the open field. In leaves removal experiment, removing leaves from the fruits increased the content of anthocyanins up to 16%. In pruning method experiment the cane pruning increased the accumulation of soluble solids and spur pruning increased the content of titratable acids. Fertilization with glycine betaine had no effect on the biochemical composition of grapes.

Keywords: 'Hasanski Sladki', soluble solids, titratable acids, anthocyanins

Sissejuhatus

Kliima soojenemise ja uute viinamarjasortide aretamise tõttu levib viinamarjakasvatuse aina enam põhja poole (Karvonen, 2014). Näiteks perioodil 1866–1999 tõusis Eesti keskmine õhutemperatuur 0,7 °C võrra. Põhiliselt on soojemaks muutunud talved ja kevaded (Jaagus, Russak, 2002). Eestis kasvatatakse peamiselt viinapuuliikide hübriidsorte (Karp, 2008). Need on saadud hariliku viinapuu (*Vitis vinifera*) ristamisel põhjaviinapuu (*V. labrusca*), kallas-viinapuu (*V. riparia*) ja amuuri viinapuuga (*V. amurensis*) (Kivistik, 2006). Hübriidsordid on talvekindlamad, taludes kuni -30 °C (Gustafsson, Mårtensson, 2005). Täheldatud on ka talvekindlamate sortide head vastupidavust haigustele, sealjuures võib arvata, et jahe kliima ei ole soodne haiguste arenguks. Eesti asub viinamarjakasvatuseks optimaalsetest tingimustest kaugemal, kuid katsed on näidanud, et jahe kliima suurendab sekundaarsete metaboliitide hulka viinamarjades, näiteks antotsüaanide sisaldust (Rätsep *et al.*, 2014). Õige sordi ja kasvatustehnoloogia valikuga on siin võimalik saada viinapuudelt kvaliteetne saak. Eesti kliimatingimustega on hästi kohanenud veinisort 'Hasanski Sladki'. Samuti on nimetatud sordiga korraldatud kõige pikemaajaliselt uurimusi. Veini kvaliteedi hindamiseks määratakse marjades järgmised parameetrid: marjade mahla kuivaine- ja hapete sisaldus ning tumedaviljalistel sortidel lisaks veel antotsüaanide sisaldus ja mahla pH.

Viinapuud ei ole mullaviljakuse suhtes nõudlikud. Neil on suur juurestik, mis hängib vajalikud toitained ja vee sügavamatest mullakihtidest, seega väetamise vajadus sõltub pigem kasvukohast ja sordist. Mineraalsetele väetistele alternatiiviks sobivad

looduslikud biostimulaatorid, mis mõjutavad lisaks taimede kasvule ka viljade biokeemilist koostist. Taimedel paraneb stressitaluvus, haiguskindlus, saagi valmimine ja kvaliteet. Biostimulaatorid mõjutavad ka marjade antioksidantide sisaldust ja võimaldavad saada tervislikuma saagi (Karp, 2009).

Selleks et tagada viinamarjade hea kvaliteet, on oluline võrakujuendus. Viinapuude lõikusega lihtsustatakse taimede hooldust ja parandatakse valgustingimusi võras, mille tulemusel saadakse parema kvaliteediga saak (Falcão *et al.*, 2008). Marjade valmimisel on oluline võte värvuvate vilikondade eest lehtede eemaldamine. Sellega muudetakse valgus- ja niiskustingimusi võras, mõjutades saagi valmistamist ja biokeemilist koostist (Staff *et al.*, 1996).

Viinapuudele sobib külmade tuulte eest varjatud, võimalikult soe ja hommikust õhtuni päiksepaistele avatud kasvukoht, kuid sealjuures on oluline sordivalik. Avamaale sobivad varasema valmimisega sordid (Kivistik, 2012), samas kasvuhooes saab pikendada taimede vegetatsiooniperioodi (Miidla, 1964) ja seega sobivad sinna pika valmimisajaga sordid, mis ei pruugi enne sügiseste öökülmade saabumist avamaal valmida (Rätsep *et al.*, 2014). Senised uuringud on näidanud, et põhjamaades on viinamarjakasvatust tehnoloogilistest võtetest, mis omakorda mõjutavad viljade biokeemilist koostist ja tervislikkust. Käesoleva uurimistö eesmärk oli kindlaks teha kasvukoha ja kasvatustehnoloogiliste võtete mõju viinamarjade kvaliteedile.

Materjal ja meetodika

Katsed tehti avamaa tingimustes Tartumaal Rõhu katsejaamas ja katmikalal Pärnumaal Lüüstes Saare-Tõrvaaugu aiandis. Katseistandik rajati Rõhu katsejaama 2007. aastal skeemiga 2 × 2,5 m ja Saare-Tõrvaaugu aiandisse 2010. aastal skeemiga 1,65 × 3,5 m. Istandike rajamisel kasutati firma OÜ Mikrotaim *in vitro* paljundatud viinapuuistikuid. Mõlema katseala viinapuud kujundati kahe piki rida paikneva ca 30 cm kõrguse lāngus tūvega (90°) – avamaal lühikese ja kasvuhooes pika lõikusega. Mõlemal katsealal olid viinapuuread põhja-lõuna-suunalised. Katsealadel oli tegemist liivsavi mullaga. Avamaal oli mulla pH_{KCl} 5,4 ja huumuse sisaldus 4,4%. Katmikalal oli mulla pH_{KCl} 5,6 ja huumuse sisaldus 4,5%. Mulla P, K, Ca ja Mg sisaldused olid mõlemal katsealal mineraalmuldade väetistarbe piinormide tabeli järgi piisavad. Katses oli vaatluse all sort 'Hasanski Sladki', mis on Venemaal aretatud ja Eestis soovitatud sortide nimekirjas. Tegemist on sordi 'Dalnevostotšnoi Tihhonova' seemikuga. Tuntud ka teiste nimedega, nagu 'Hasaine Sladki', 'Varajane Sinine'. Sordi marjad on väikesed ja sinised ning valmivad augusti lõpus.

Katse korraldati 8 variandiga kolmes korduses ja igas korduses oli 5 taime. Katsevariandid olid järgmised:

Väetuskatse. Katse tehti 2009. aastal. Katsevariandid olid glütsiin-betaiiniga (Greenstim) pritsimata ja pritsitud taimed. Glütsiin-betaiin on suhkrupeedi melassist ekstraheeritud aine. Taimi pritsiti glütsiin-betaiini lahusega kahel korral (1. juunil ja 30. juulil). Esimest korda pritsiti siis, kui võrsetel oli arenenud vähemalt 2 lehte. Teist korda pritsiti marjade värvuse muutumise ajal. Pritsimislahuse valmistamisel kasutati 10 l vee kohta 62,5 g preparaati.

Lõikusviisi katse. Viinapuud lõigati 25.05.2011 kahe lehe faasis ja katsevariandid olid pikk ja lühike võralõikus. Lühikese lõikuse puhul lõigati eelmise aasta viljakandvad oksad tagasi teise pungani. Pika lõikuse korral valiti üks tūvepoolsem võrse ehk

asendusvõrse ja painutati horisontaalselt traadile. Sellest kasvasid viljakandvad võrsed. Asendusvõrse kärbiti seitsmenda pungani. Ülejäänud oksad lõigati ära.

Lehtede eemaldamise katses olid variantideks lehed eemaldamata ja eemaldatud vilikondade piirkonnast. Lehed eemaldati mõlemalt poolt taime vilikondade piirkonnast viljade värvumise alguses 29.07.2013.

Kasvukohtade võrdluskatse tehti 2013. aastal ning variandid olid avamaa ja katmikala.

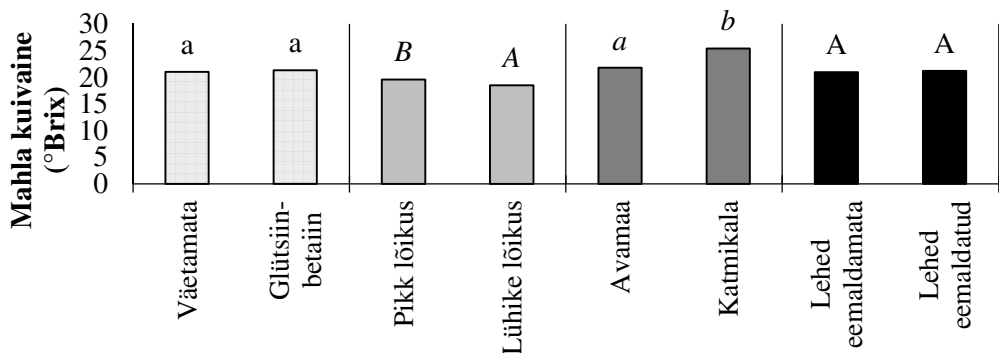
Katses määrati külmutatud viljades järgmised suurused: mahla kuivaine, orgaanilised happed, antotsüaanid. Viljamahla kuivaine ($^{\circ}$ Brix) sisaldus mõõdeti refraktomeetriga. Orgaaniliste hapete sisaldus määrati tiitrimisel 0,1 N NaOH-ga. Üldsisaldus väljendati viinhappena g-des 100 g kohta. Antotsüaanide sisaldus määrati pH-erinevuste meetodil spektrofotomeetriga. Lahuste optilised tihedused määrati lainepikkustel 510 nm ja 700 nm ning puhverlahuste pH 1,0 ja pH 4,5 juures. Antotsüaanide sisaldus väljendati malvidiin-3-O-glükosiidina mg-s 100 g kohta.

Katseandmete töötlemiseks kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi, variantidevahelise erinevuse hindamiseks arvutati piirdiferentsid 95% usutavuse juures.

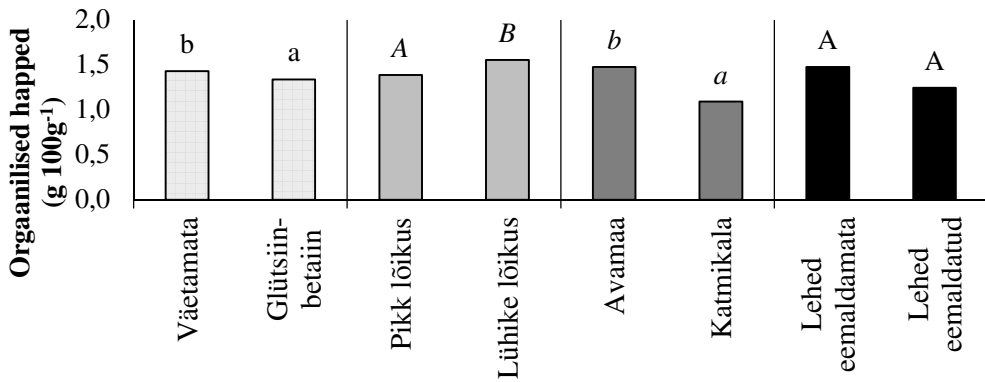
Tulemused ja arutelu

Mahla kuivainesisaldus oli statistiliselt oluliselt erinev lõikusviiside ja kasvukohtade katsetes (joonis 1). Mahla kuivainesisaldus oli oluliselt suurem kevadisel pikal lõikusel võrreldes lühikese lõikusega, vastavalt 19,6 ja 18,5 $^{\circ}$ Brix. Samuti oli katmikalalt korjatud viinamarjade mahla kuivainesisaldus oluliselt suurem kui avamaal, vastavalt 25,4 ja 21,8 $^{\circ}$ Brix. Katsetulemusi ei mõjutanud oluliselt väetamine ja lehtede eemaldamine.

Soovitav kuivainesisaldus punase veini valmistamiseks on 20–23 $^{\circ}$ Brix (Van Schalkwyk, Archer, 2000). Kirjeldatud katsetes jäi viljade mahla kuivainesisaldus kõigis variantides soovitatud vahemikku või ületas seda. Suurim kuivainesisaldus oli katmikalal ja ületas optimaalset taset. Selle põhjuseks võis olla kasvuhoone kõrgem õhutemperatuur. Eelnevat kinnitab ka teadmine, et suhkrute sisaldus on suurem kõrgemate temperatuuride juures (Mira de Orduña, 2010) ja väiksem madalate temperatuuride



Joonis 1. Viinapuu 'Hasanski Sladki' viljade mahla kuivaine ($^{\circ}$ Brix) sisaldus sõltuvalt kasvukohast ja kasvatustehnoloogilistest võtetest. Väetamine PD95% = 1,1, lõikusviisi PD95% = 0,3, kasvukoht PD95% = 0,3 ja lehtede eemaldamine 95% = 2,4



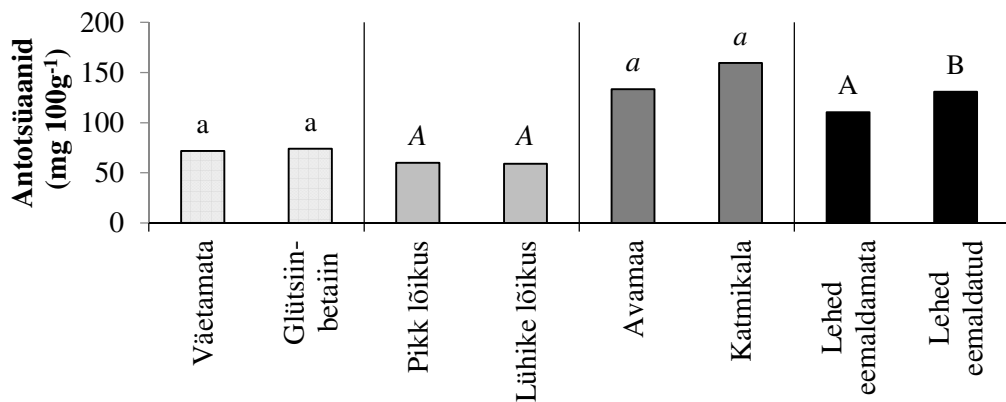
Joonis 2. Viinapuu ‘Hasanski Sladki’ viljade orgaaniliste hapete sisaldus ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$) sõltuvalt kasvukohast ja kasvatustehnoloogilistest võtetest. Väetamine $\text{PD95\%} = 0,06$, lõikusviisi $\text{PD95\%} = 0,14$, kasvukoht $\text{PD95\%} = 0,25$ ja lehtede eemaldamine $\text{PD95\%} = 0,25$

juures, mida Eestis põhjustavad jahedad suved. Lõikusviiside katsest selgus, et viljade mahla kuivainesisaldusele mõjub paremini kevadine pikk lõikus. Selle põhjuseks võis olla pungade asetus oksal ja nende elujõud, mis mõjutab saaki kandvate võrsete kasvu ja saagi küpsemist. Lühikese lõikuse puhul kasvavad võrsed okste alumistest pungades, mis asetsevad okstel tihedalt. Nendest pungadest kasvavad võrsed on ebaühtlase kasvutugevusega. Pika lõikuse puhul kasvavad võrsed oksa keskmistest pungadest, mis on elujõulisemad ja tugevama kasvuga. Lisaks tagatakse kevadise lõikusega pungade hilisem puhkemine ja kasvu algus, mis vähendab öökülmakahjustuste ohtu, kuid liiga hiline lõikuse teostamine võib negatiivselt mõjutada saagi valmimist. Väetuskatses selgus, et biostimulaatoril glütsiin-betaiinil ei olnud olulist mõju sordi ‘Hasanski Sladki’ marjamahla kuivainesisaldusele. Samas väidetakse, et toimeaine glütsiin-betaiini kasutamine suurendab suhkrute ladestumist viljades ning parandab sellega taimede stressitaluvust (külma, kuiva, kuumuse suhtes) ja intensiivistab fotosünteesi (Teszlák *et al.*, 2005).

Viinamarjade orgaaniliste hapete sisaldus erines oluliselt väetus-, lõikusviiside ja kasvukohtade katsetes (joonis 2). Väetamisel glütsiin-betaiiniga oli orgaaniliste hapete sisaldus viljades oluliselt suurem kui väetamata variandis, vastavalt 1,34 ja 1,43 $\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Kevadine lühike lõikus suurendas oluliselt hapete sisaldust viljades võrreldes pika lõikusega, vastavalt 1,55 ja 1,39 $\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Avamaal oli hapete sisaldus oluliselt suurem kui katmikalal, vastavalt 1,48 ja 1,09 $\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Erinevused hapete sisalduses variantide vahel puudusid lehtede eemaldamise katses.

Soovitatud orgaaniliste hapete vahemik veiniviinamarjades on 0,6–0,7 $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ (Van Schalkwyk, Archer, 2000). Kirjeldatud katsetes oli kõikide variantide puhul orgaaniliste hapete sisaldus suurem soovitatud vahemikust. Seda põhjustavad madalad temperatuurid suvel (Gustafsson, Mårtensson, 2005). Katmikalal oli orgaaniliste hapete sisaldus oluliselt madalam kui avamaal, sest seal on õhutemperatuur kõrgem. Seega sõltub orgaaniliste hapete sisaldus oluliselt mikroklimest.

Viinamarjade antotsüaanide sisalduses ei olnud olulisi erinevusi väetus-, lõikusviiside ja kasvukohtade katsetes (joonis 3). Olulised erinevused olid aga variantide vahel



Joonis 3. Viinapuu 'Hasanski Sladki' viljade antotsüaanide sisaldus (mg 100g⁻¹) sõltuvalt kasvukohast ja kasvatustehnoloogilistest võtetest. Väetamine PD95% = 57, lõikusviis PD95% = 55, kasvukoht PD95% = 38 ja lehtede eemaldamine PD95% = 16

lehtede eemaldamise katses: kui lehed eemaldati mõlemalt poolt vilikonna piirkonda, oli antotsüaanide sisaldus oluliselt suurem kui variandil, kus lehed jäeti eemaldamata, vastavalt 131 ja 110 mg 100g⁻¹.

Tumedaviljaliste viinamarjade oluliseks küpsuse parameetriks on antotsüaanide sisaldus, sest see mõjutab vilja ja sellest valmistatava veini värvust. Kui vilikond on hästi valgustatud ja avatud päiksele, siis suureneb antotsüaanide sisaldus viljades valmimise ajal 30–50% (Plocher, Parke, 2008). Eespool kirjeldatud katses suurendas lehtede eemaldamine antotsüaanide sisaldust 16%. Antotsüaanide sisaldus on seotud ka õhutemperatuuriga ja kõrgem sisaldus on leitud 20 °C juures (Yamane *et al.*, 2006). Eelnevat võis täheldada ka katses, kus katmikalal oli temperatuur kõrgem kui avamaal ja sellest tulenevalt oli ka tendents saada kõrgema antotsüaanide sisaldusega vilju.

Kokkuvõte

Uurimistööst selgus, et sordi 'Hasanski Sladki' viljade kvaliteedile avaldasid olulist mõju nii kasvukoht kui ka kasvatustehnoloogiline võte. Avamaal jäi marjamahla kuivainesisaldus veiniviinamarjadele soovitatud vahemikku. Katmikalal põhjustas kõrgem temperatuur aga suuremat mahla kuivaine- ja antotsüaanide sisaldust ning madalamat hapete sisaldust. Lõikusviisidest sobib põhjamaadesse kevadine pikk lõikus, mis suurendas viljades marjamahla kuivaine- ja vähendas orgaaniliste hapete sisaldust. Samuti vähendas orgaaniliste hapete sisaldust viljades glütsiin-betainiga väetamine. Lehtede eemaldamine viljade värvumise alguses suurendas antotsüaanide sisaldust. Seega viinapuudelt kvaliteetse saagi saamiseks on oluline sordile sobiva kasvukoha valik ja kasvatustehnoloogiliste võtete kasutamine. Edasist uurimist vajab lehtede eemaldamine ja selle mõju marjamahla kuivainesisaldusele.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetas Eesti Teadusagentuuri grant 9363 „Mahekasvatustehnoloogiate mõju mustika ja viinamarja viljade bioaktiivsete ühendite sisaldusele“.

Kasutatud kirjandus

- Falcão, L.D., Chaves, E.S., Burin, V.M., Falcão, A.P., Gris, E.F., Bonin, V., Bordignon-Luiz. 2008. Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. – *Ciencia e Investigacion Agraria* **35** (3), 271–282.
- Gustafsson, J.-G., Mårtensson, A., 2005. Review article: Potential for extending Scandinavian wine cultivation. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil and Plant Science*. **55**, 82–97.
- Jaagus, J., Russak, V. 2002. Eesti Entsüklopeedia: Eesti kliima. Kättesaadav: http://entsyklopeedia.ee/artikkel/eesti_kliima (viimati vaadatud 11.01.2015)
- Karp, K. 2008. Viinapuud Eesti viljapuuaedades. – *Aiandusfoorum* 2008, lk 7–8.
- Karp, K. 2009. Preparaadi Greenstim mõju viinamarjade kvaliteedile. 6 lk. Kättesaadav: <http://viinapuu.weebly.com/uploads/5/6/2/4/5624625/aruanne2009.pdf> (viimati vaadatud 20.11.2014)
- Karvonen, J.I. 2014. Northern European viticulture compared to Central European high altitude viticulture: annual growth cycle of grapevines in the years 2012–2013. – *International Journal of Wine Research* **6**, 1–7.
- Kivistik, J. 2006. *Viinamarjad Eestis*. Tallinn, 151 lk.
- Kivistik, J. 2012. *Maalehe viinamarjaraamat*. Maalehe Raamat, 128 lk.
- Miidla, H. 1964. *Viinamarjakasvatus*. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 135 lk.
- Mira de Orduña, R. 2010. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. – *Food Research International* **43**, 1844–1855.
- Plocher, T., Parke, R.J. 2008. *Northern winework: growing grapes and making wine in cold climates*. Second Edition. Northern Winework, 208 lk.
- Rätsep, R., Karp, K., Vool, E., 2014. Kvaliteetne ja maitsev lauaviinamari Eesti tootjalt: Rakendus-uuringud marjakasvatustes. – *Aiandusfoorum* **36**, lk 18–21.
- Staff, S.L., Percival, D.C., Sullivan, J.A., Fisher, K.H. 1996. Fruit zone leaf removal influences vegetative, yield, disease, fruit composition, and wine sensory attributes of *Vitis vinifera* L. 'Optima' and 'Cabernet franc'. – *Canadian Journal of Plant Science* **77** (1), 149–153.
- Tesztlák, P., Gaál, K., Nikfardjam, M.P. 2005. Influence of grapevine flower treatment with gibberellic acid (GA 3) on polyphenol content of *Vitis vinifera* L. wine. – *Analytica Chimica Acta* **543**, 275–281.
- Van Schalkwyk, H., Archer, E. 2000. Determining optimum ripeness in wine grapes. *Wineland* **130**, 90–91.
- Yamane, T., Jeong, T.S., Goto-Yamamoto, N., Koshita, Y., Kobayashi, S. 2006. Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. – *American Journal of Enology and Viticulture* **57** (1), 54–59.

Efektiiivsete mikroorganismide mõju taliküüslaugu saagile ning kuivaine- ja kaltsiumisisaldusele

Margit Olle

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Olle, M. 2015. The effect of effective microorganisms on the yield and the contents of dry matter and calcium of winter garlic. – Agronomy 2015.

Effective microorganisms (EM) comprise a mixture of live cultures of microorganisms isolated from fertile soils in nature that are useful during crop production. The aim of present investigation was to evaluate the effect of EM on the yield and the contents of dry matter and calcium in winter garlic. There were two treatments: 1. with EM; 2. without EM (water; control). The yield of winter garlic increased by EM variant. The contents of dry matter and calcium were not statistically different. Conclusion: Effective microorganisms increased the yield of winter garlic.

Keywords: calcium, dry matter, effective microorganisms, winter garlic, yield

Sissejuhatus

Efektiiivsed mikroorganismid (EM) on elavate mikroorganismide segu, mis on isoleeritud looduses esinevatest viljakatest muldadest ja mis on kasulikud taimekasvatuses (Mohan, 2008; Olle, Williams, 2013). 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.) (Olle, 2013). EM-i printsiip on tõsta mikrofloora bioloogilist mitmekesisust, mis omakorda aitab tõsta saaki. EM-i mõju (Higa, Wididana, 2012; Olle, 2013): taimede patogeenide ja haiguste vähenemine, energiasäästlikkus taimedes, pinnase mineraalide lahustamine, mulla mikroobikoosluse ökoloogiline tasakaal, fotosünteesi efektiivsus, bioloogiline lämmastiku fikseerimine. EM-i kasutatakse mitmetel eri viisidel (Ncube, 2008; Olle, 2013): EM viiakse mulda ja segatakse mullaga, EM-iga pritsitakse lehti, EM-iga töödeldakse seemneid enne külvi (väikeseid seemneid 0,5 tundi ja väga suuri seemneid 4–6 tundi), EM viiakse mulda põldude niisutussüsteemi abil, EM-iga pritsitakse taimi, EM-i spetsiifiline lõhn peletab eemale kahjurputukad.

Töö eesmärk oli arendada keskkonnasäästlikku köögiviljakasvatust ning selle raames selgitada välja, kuidas efektiiivsed mikroorganismid mõjutavad taliküüslaugu saaki ja keemilist koostist.

Materjal ja meetodika

Katse tehti 2013. aasta suvel OÜ Kõlleste Garlic põldudel Põlvamaal. Taimed kasvasid kahel maalapil, mille vahe oli 2 meetrit. Mõlemate variantide maalapil oli 4 kordust. Katsevariandid: 1 – EM-iga, 2 – EM-ita, kontroll. Mõlemaid variante töödeldi järgmiselt: normiga 20 l ha⁻¹ aktiveeritud EM + 1,5 l ha⁻¹ aktiveeritud EM5 + 400 l vett. Sellise seguga pritsiti EM-i variandi taimi. Kontrollvariandi taimed said 421,5 l ha⁻¹ puhast vett. Pritsimise kuupäevad: 17.05, 11.06, 02.07.

Teadusliku katselapi suurus: 10,5 m². Katse tehti neljas korduses. Katsepõllu vaod olid 70 cm laiad. Taimede omavaheline kaugus oli umbes 12 cm. Katsealal oli näiv-

Tabel 1. Taliküüslaugu 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 %
5,72	241	158	832	79	4,02

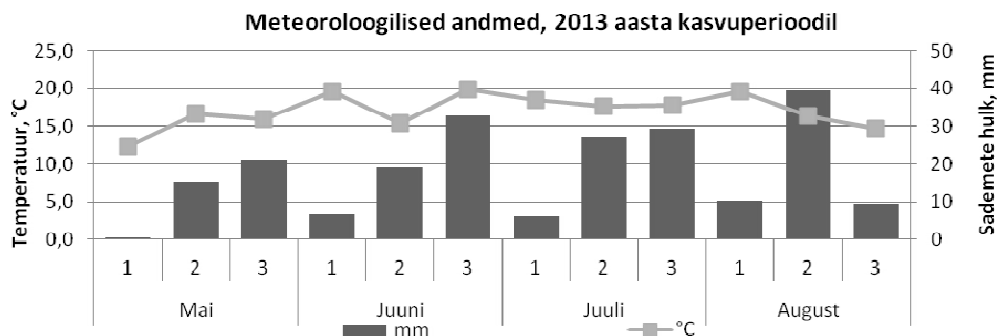
leetunud muld. Mulla keemiline koostis on toodud tabelis nr 1.

Katses kasvatati taliküüslaugusorti 'Ziemiai'. Taliküüslaugu sort 'Ziemiai' on Leedu päritolu sort, mille valged 6–7 küünega liitsibulad võivad kasvada kuni 130 grammi raskusteks.

Katsealune maa künti sügisel 2012. aastal, seejärel maa kultiveeriti kaks korda. Taliküüslauguseeme istutati 1. oktoobril 2012. a, kasutades nn toruga kartulipanemismasinat. 1. novembril oli taliküüslauk korrektselt juurdunud, juurekava korralik, istutussügavus varieerus 8–12 cm vahel. Kevadel 2013 taliküüslaugupõld äestati. Taliküüslaugupõld vahelthariti traktoriga T25 ja vaheltharijaga kaks korda suve jooksul. Umbrotõrjeks pritsiti katsemaad Stomp 300 EC normiga 2 l ha⁻¹. Ühel korral suve jooksul eemaldati põllul umbrohtu ka käsitsi. Saak koristati 16. juulil 2013. aastal. Igalt katselapilt koristatud saak puhastati ja kuivatati.

Joonisel 1 on näha sademete hulk (mm) ja keskmised temperatuurid (°C) taliküüslaugu kasvuperioodil. 2013. aasta taimede kasvuperioodi iseloomustab keskmisest soojem kevad ja suvi. Kõige vähem sademeid oli mai, juuni, juuli ja kõige rohkem juuni III dekaadis taliküüslaugu kasvu ajal. Keskmine õhutemperatuur tõusis juuni I ja juuni III dekaadis ligi 20 °C lähedale, mis soodustas taliküüslaugu kasvu. Tänu piisavale hulga sademetele kasvasid taimed kenasti mai II ja III dekaadis. Üldiselt ei esinenud suvel ühtki sademeteta dekaadi, mis tegi taimede kasvutingimused soodsaks ning liigniiskust ka ei esinenud.

Taliküüslaugust määrati pärast koristust järgmised analüüsid: kaltsiumi- ja kuivainesisaldus. Kuivaine üldsisaldus määrati kaalumeetodi abil massikaoga kuivatamisel. Kuivaine määramiseks kasutati kohandatud meetodit: 5 g materjali kuivatati venti-



Joonis 1. Sademete hulk (mm) taliküüslaugu kasvuperioodil Piigaste Meteoroloogiajaama andmetel ning keskmised temperatuurid (°C) taliküüslaugu kasvuperioodil Kavastu METOS Meteoroloogiajaama andmetel

leeritavas kuivatuskapis 30 min 130 °C juures, seejärel 18 tundi 70 °C juures ja veel 4 tundi 105 °C juures. Kaltsium määrati FiaStar 5000-ga Kjeldahli põletusest.

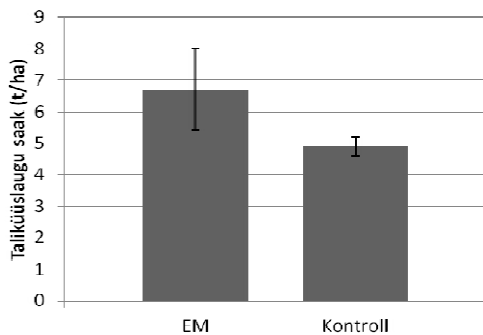
Saadud tulemused töödeldi statistiliselt, kasutades programmi Excel. Arvutati välja keskmised väärtused, p väärtus ja piirdiferentsid.

Tulemused ja arutelu

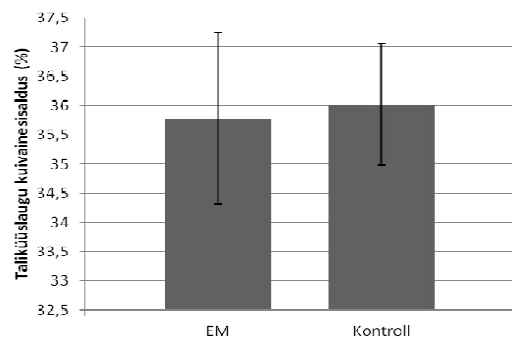
Taliküüslaugu saak (t/ha) oli kõrgem efektiivsete mikroorganismidega pritsitud variandis ($p = 0,019$) (joonis 2). Saak suurenes 27% võrreldes kontrollvariandiga. Taliküüslaugu kuivainesisaldus polnud eri variantide puhul usutavalt erinev (joonis 3). Taliküüslaugu kaltsiumisisaldus polnud usutavalt erinev eri variantide puhul (joonis 4).

Kuna EM mõjub enamikule kõögiviljakultuuridele saaki tõstvalt, oli otstarbekas seda preparaati kasutada ka taliküüslaugul.

Taliküüslaugu saak suurenes EM-iga variandis võrreldes EM-ita variandiga. Samale tulemusele on katsetes küüslauguga jõudnud Wididana ja Higa (1995). Samas on EM tõstnud ka sibulasaaki 29% võrra (Daly, Stewart, 1999). Sarnased tulemused kaalika ja söögipeediga on saanud Olle (2013). Yadav (2012) pritsis redisetaimi EM-iga lahusega

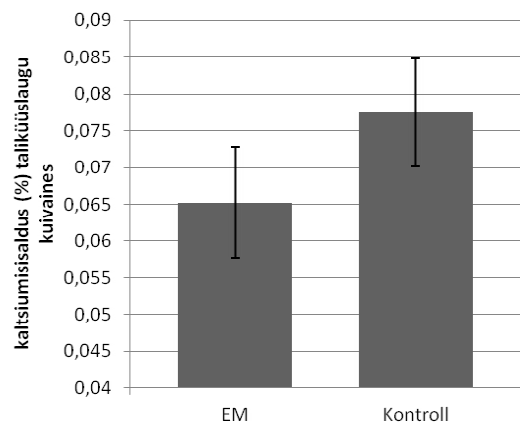


Joonis 2. Taliküüslaugu saak (t/ha) mõjutatuna efektiivsetest mikroorganismidest, $p = 0,019$; EM-iga = efektiivsete mikroorganismidega; kontroll = efektiivsete mikroorganismideta. Joonisel on tulpade peal näidatud standardhälve.



Joonis 3. Kuivaine sisaldus (%) taliküüslaugus mõjutatuna efektiivsetest mikroorganismidest, $p = 0,798$. Joonisel on tulpade peal näidatud standardhälve.

Joonis 4. Kaltsiumi sisaldus (%) taliküüslaugu kuivaines mõjutatuna EM-ist, $p = 0,058$. Joonisel on tulpade peal näidatud standardhälve.



(1:500 lahjendus) ja sai 70,5% rohkem saaki EM-iga töödeldud variandist. Saagi suuremine võib olla põhjustatud asjaolust, et taime mulla ökosüsteemis aitab EM lahustada mulla mineraale ja siduda bioloogilist lämmastikku (Olle, Williams, 2013).

Kirjeldatud katses ei olnud kaltsiumisisaldus EM-iga variandis võrreldes kontrollvariandiga usutavalt suurem. Vastupidiseid tulemusi – EM tõstab taime kaltsiumisisaldust – on Olle (2013) saanud aga hiina kapsaga. Olle ja Williams (2013) kirjeldasid aga, et üldjuhul tõstab EM köögiviljade kaltsiumisisaldust, mis on hea, sest kaltsium mõjutab järgmisi protsesse: kõrgema kaltsiumisisaldusega taimes esineb vähem taimehaigusi, kaltsiumirikkal taimel esineb vähem kahjureid, toodang on transpordikindlam ja säilib paremini, kui ta sisaldab rohkem kaltsiumi.

Kokkuvõte

Talikäüslaugu saak oli suurem efektiivsete mikroorganismidega variandis. Kuivaine- ja kaltsiumisisaldused ei olnud mõjutatud efektiivsetest mikroorganismidest. Katseaasta tulemused näitasid, et sooja suve tõttu suurendas EM talikäüslaugu saaki.

Tänuõnad

Artikli autor tänab OÜ-d Kõllestest Garlic katse tegemise eest ning Eesti Taimekasvatuse Instituuti keemiliste analüüside finantseerimise eest.

Kasutatud kirjandus

- Daly, M. J., Stewart, D. P. C. 1999. Influence of “Effective Microorganisms” (EM) on Vegetable Production and Carbon Mineralization—A Preliminary Investigation. *Journal of Sustainable Agriculture* **14**, 2–3.
- Higa, T., Wididana, G.N. 2012. The Concept and Theories of Effective Microorganisms. Kättesaadav: http://www.infric.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/1st_Conf_S_5_1.html
- 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, 156 lk.
- Olle, M. 2013. Efektiivsete mikroorganismide mõju köögiviljade saagile, kvaliteedile ja säilivusele. – *Aiandusfoorum 2013*, lk 10–13.
- Olle, M., Williams, I. H. 2013. Effective microorganisms and their influence on vegetable production – a review. – *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **88** (4), 380–386.
- Wididana, G.N., Higa, T. 1995. Effect of EM on the Production of Vegetable Crops in Indonesia. Kättesaadav: http://www.infric.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/4th_Conf_S_4_6.html
- Yadav, S.P. 2012. Performance of Effective Microorganisms (EM) on Growth and Yields of Selected Vegetables. Kättesaadav: <http://www.futuretechtoday.com/em/background.htm>

Puitu lagundavad seened renoveeritavas õunapuustanduses

Irma Zettur, Toivo Univer

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Zettur, I., Univer, T. 2015. – Wood decay fungi in an apple orchard under renovation. - Agronomy 2015.

The purpose of the study was to assess the diversity of fungal species on the ground level of a renewed apple tree orchard as well as their abundance and changes during a four-year period (2011–2014). Along with bacteria, fungi are among the most important decomposers of wood. Polli Horticultural Research Centre of the Estonian University of Life Sciences renovated an apple orchard, where white sweet clover (*Melilotus albus* Medik.), large-leaved lupine (*Lupinus polyphyllus* Lind.) and grain were grown as intercrops on the test area; black fallow was used as the control variant.

A total of 17 saprotrophic fungal species were found from the plant remains on the ground level and from the decaying stumps left in the ground. These fungi belong to the phyla Ascomycota and Basidiomycota. Four fungal species: *Tubaria furfuracea*, *Coprinellus micaceus*, *Hypholoma fasciculare*, and *Aleuria aurantia* are most important in decomposing the wood matter left from milling the tree stumps of an old apple orchard. Leguminous cover crops (white sweet clover and large-leaved lupine) do not impede the activity and abundance of wood-decomposing fungi. The biomass and abundance of fungi are particularly affected by soil and air humidity and the chemical composition of the soil. These factors allow microbes and fungi to colonize and decompose the wood matter more quickly.

Keywords: fungi, wood decay, legume, apple tree

Sissejuhatus

Viljapuude kasvatustehnoloogias toimuvad muutused. Reavahede mustkesas harimiselt on üle mindud reavahede kultuurkamardamisele. Varem kasutusel olnud tehnoloogia puhul koguti kevadtalvisel võrade harvenduslõikusel oksad, veeti need istandusest välja ja põletati. Amortiseerunud istanduses juuriti viljapuude kännud välja ja eemaldati aiast. Keskkonnasäästliku tehnoloogia puhul hoitakse reavahed rohukamaras, võralõikusel tekkinud oksamass jääb istandusse ja see purustatakse. Istanduse amortiseerumisel ja selle likvideerimisel on võimalik purustada kännustik freesimise teel, nii säilib puitu talletatud orgaaniline aine tekkekohal ja see viiakse looduslikku aineringsusse. Seened on bakterite kõrval ühed olulisemad ligniini ja tselluloosi lagundajad. Neil on mulla toiduvõrgustikus tähtis osa (Harmon *et al.*, 1986). Seepärast on oluline tagada saprotroofsete organismide, sealhulgas ka seente olemasolu ja mitmekesisus põllumajanduslikus fütotsönoosis.

Töö eesmärk on uurida üle 20 aasta vanuse õunapuustanduse uuendamise käigus kändude freesimisel tekkinud puidumassi utiliseerumist puitu lagundavate seente abil. Teha kindlaks puitu lagundavate seente liigiline kooslus, arvukus ja hinnata seda sõltuvalt vahekultuurist.

Materjal ja meetodika

Seemikalusele vääristatud õunapuude 25 aasta vanuse istanduse uuendamiseks freesiti kännustik 2011. aasta kevadel. Rajati katseala pindalaga 0,7 ha, kus võrreldi kändude freesimisel moodustunud puidupuru ja kõdunevate kändude mõju noortele õunapuudele

ja mulla elustikule. Katseala jaotati kolme ossa: ühele osale (0,23 ha) istutati vegetaatiivalustele B9 ja MM106 vääristatud õunapuud samal kevadel, teisele osale (0,47 ha) külvati 10 meetri laiuste ribadena valge mesikas (*Melilotus albus* Medik.), hulgalehine lupiin (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) ja teravili (nisu, kaer, oder) ning kolmas osa – mustkesa variant – jäi kontrolliks. Eri vahekultuuri variantide pindala oli 840 m². Liblikõielised kultuurid niideti õitsemise algul, teraviljad piimküpsuse faasis, haljasmass jäeti mullapinnale. Mustkesa varianti hariti suve esimesel poolel 4–5 korda kultiveerimise või randaalimise teel.

Katseala mükoloogilist uurimist korraldati sügisel vegetatsiooniperioodi lõpul nelja aasta (2011–2014) jooksul, katse tehti ühes korduses. Katseala reavahedes tehti seenestiku seire: liigiline koosseis, kasvusubstraat (pinnas, puidutükk, känd), liikide arvukus nimetatud kohas, viljakehade arvukuse muutus võrreldes eelmise aastaga. Seeneliigid määrati väliste tunnuste alusel, osaliselt koguti herbaareksemplare. Herbaareksemplare määrati laboris mikroskoobiga 100x objektiiviga suurendusega, kasutades 2% KOH (kaaliumhüdroksiid) lahust. Morfoloogiline määramine tehti erialaste käsiraamatute alusel (Knudsen *et al.*, 2008; Hansen *et al.*, 2000). Kõik katseala seeneliigid fikseeriti ja nende arvukus vaatlusperioodil summeeriti. Dispersioonanalüüsiks teisendati katseandmed ruutjuure abil. Katsetulemuste võrdlemiseks kasutati Tukey testi, mille abil selgitati välja üksteisest märgatavalt erinevad tasemed.

Tulemused ja arutelu

Uurimisperioodil 2011.–2014. a tehti katsealal kindlaks 17 seeneliiki (tabel 1). Polli õunaaia katsealal leitud seened kuuluvad hõimkonda kottseened (Ascomycota) ja kandseened (Basidiomycota), eluviisilt on leitud seeneliigid saprotroofid. Saprotroofsed seened on üldises ainerings väga tähtsad, kuna lagundavad surnud orgaanilise aine lihtsamateks, teistele organismidele kättesaadavateks ühenditeks (Harmon *et al.*, 1986). Kottseente hõimkonnast leiti neli eri seeneliiki. Maapinnal *Peziza granulosa*, *Melastiza chateri*, *Aleuria aurantia* ja kõdunevate kändude lõikepinnal *Ascocoryne sarcoides*. Kandseente hõimkonnast leiti kolmteist eri seeneliiki. Maapinnal kõduneval taimsel materjalil *Coprinellus micaceus*, *Tubaria furfuracea*, *Hypholoma faciculare*, *Pholiota gummosa*, *Lacrymaria lacrymabunda*, *Flammulina velutipes*, *Pluteus cervinus*, *Volvopluteus gloiocephalus*, *Mycena* sp., *Psathyrella* sp., ja kõdunema jäetud kändudelt *Sarcomyca serotina*, *Bjerkandera adusta*, *Trametes hirsuta*.

Boddy *et al.* (2008) hinnangu järgi toimuvad lagunemise käigus mikrokeskkonna muutused, mis nihutavad liikidevahelist tasakaalu, mille tõttu muutub seenekoosluste struktuur. Lagunemist võib aeglustada konkureeriv vastastikune mõju, kuid eri liikide vahel võib esineda koostöö, mille tulemusena lagunemisprotsessid võimenduvad. Paljud saprotroofsed seened (eriti kandseened), on võimelised kasvama oma substraadilt mulda ja kõdusse, et seeneniidistikuga uusi toiduresse otsida. Kui seeneniidistik on leidnud uue ressursi, siis on ta võimeline mineraalseid toitaineid ümber paigutama (Boddy *et al.*, 2008). Selliste omadustega etendab seeneniidistik suurt osa vastupidava mullastruktuuri kujunemisel. Puidu lagundamisel on oluline piisava hulga lämmastikuühendite olemasolu mullas. Mügarbakterite abil õhulämmastikku siduvad liblikõielised on kasutatavad haljasväetistena. Valge mesika kõrval on hulgalehine lupiin uurijate tähelepanu köitnud hea õhulämmastiku sidujana. Soome teadlaste andmeil seob hulgalehine lupiin lämmastikku 250–300 kg/ha (Bender, 2013). K. Jaansoo (1969) katsetes

Tabel 1. Seeneliikide arvukus renoveeritavas õunapuuaias sõltuvalt vahekultuurist uurimisperioodil 2011.–2014. a

Seeneliik	Mustkesa	Hulgilehine lupiin	Valge mesikas	Teravili	Õunapuu
<i>Tubaria furfuracea</i>	580 b	355 b	455 b	142 c	95 d
<i>Coprinellus micaceus</i>	12 f	214 bc	47 e	22 e	835 a
<i>Hypholoma fasciculare</i>	44 e	190 c	27 e	6 f	312 bc
<i>Melastiza chateri</i>	71 d	-	179 c	23 e	31 e
<i>Aleuria aurantia</i>	229 bc	3 f	3 f	25 e	-
<i>Mycena sp.</i>	23 e	52 e	26 e	2 f	6 f
<i>Ascocoryne sarcoides</i>	18 e	21 e	12 f	23 e	12 f
<i>Psathyrella sp.</i>	1 f	36 e	6 f	3 f	4 f
<i>Peziza granulosa</i>	27 e	1 f	4 f	1 f	3 f
<i>Bjerkandera adusta</i>	-	27 e	-	-	9 f
<i>Pholiota gummosa</i>	-	-	-	32 e	-
<i>Sarcomyxa serotina</i>	-	-	14 f	5 f	-
<i>Lacrymaria lacrymabunda</i>	3 f	-	-	14 f	-
<i>Trametes hirsuta</i>	-	3 f	11 f	-	-
<i>Flammulina velutipes</i>	-	-	8 f	-	-
<i>Pluteus cervinus</i>	-	2 f	-	-	-
<i>Volvopluteus gloiocephalus</i>	-	1 f	-	-	-

Tähed indeksites näitavad usaldusväärset erinevust ($p < 0,05$), Tukey test.

soodustasid valge mesikas ja lutsern kattekultuurina mulda küntud peenestatud puidujäänuste lagunemist.

Katsealale külvatud kultuuride kasvamisel tekib taimede erinevast kõrgusest ja taimestiku tihedusest tingituna mõnevõrra erinev niiskusrežiim, mis võib soodustada seente kasvu ja arengut. Viljakehade arvukus hakkab aastate aegreas suurenema, kuna esimesel aastal kasvanud vähesed ja väikesed seenekolooniad laienevad. Leitud viljakehade arv oli suurem 2012. ja 2013. aastal, märksa väiksem aga 2011. aastal. Täheledatai kasvatatava kattekultuuri väikest mõju.

Uuritavates viljelusvariantides oli leitud seeneliikide arv enam-vähem võrdne (9–12 liiki). Üle 100 seene viljakeha loendati hulgalehise lupiini variandis kolmel seeneliigil, valge mesika, mustkesa ning õunapuu variandis kahel seeneliigil ja teravilja variandis ühel seeneliigil. Kõige arvukam seeneliik oli *Coprinellus micaceus* õunapuu variandis, kokku 835 seene viljakeha. *Tubaria furfuracea* oli seeneliikidest kõige sagedamini esinev kõikides katsevariantides. Selle liigi esinemine oli arvukam mustkesal, valge mesika ja hulgalehise lupiini variandis (seene viljakehade arv 355–580). Samal ajal oli õunapuukändudel ja teravilja variandis 95 ja 142 seene viljakeha.

Vastavalt kasutusele võetud agrotehnilistest võtetest näitasid tulemused nelja aasta vältel, et mullas elav ja kasvav seeneniidistik reageeris kergesti mitmesugustele teguritele kas kiiremini või aeglasemalt. Järgmistel uurimisetappidel tuleb välja selgitada uurimistöös leitud eri seeneliikide puidu lagundamise tõhusus ja vahekultuuride järelmõju noorte puude kasvule rajatavas õunapuustanduses.

Kokkuvõte

Puidu lagunemist mõjutavateks faktoriteks on nii temperatuur, niiskus kui ka erinevad organismid. Üks oluline orgaanilist ainet lagundav organismirühm on seened. Mulla orgaanilise aine sisaldus võib looduslike või inimtegevusest tingitud teguritest põhjustatuna muutuda, mis võib soodustada kõdunevate organismide koguse vähenemist või kiiremat kõdunemist. Katsealal reavahedes freesitud õunapuukändudest tekkinud puidupuru oli seeneliikide isendite poolt koloniseeritud. Neli seeneliiki: *Tubaria furfuracea*, *Coprinellus micaceus*, *Hypholoma fasciculare*, *Aleuria aurantia* on olulisemad vana õunapuuislanduse uuendamise käigus kändude freesimisel tekkinud puidumassi utiliseerimisel. Juuremügarate abil õhulämmastikku siduvad haljasväetiskultuurid (valge mesikas ja hulgalehine lupiin) ei takista puitu lagundavate seente elutegevust ega vähenda nende arvukust. Kuna mõnede seeneliikide rohkus on seotud peene lagupuiduga, siis tuleks kändude freesimisel tekkiv puidupuru segada korralikult mullaga.

Tänuavaldused

Autorid on tänulikud Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mükoologia osakonnale heatahtliku ja abivalmi koostöö eest ning Eesti Taimekasvatuse Instituudi teadlasele Ants Benderile katseks vajaliku haljasväetiste seemne annetuse eest.

Kasutatud kirjandus

- Bender, A. 2013. Hulgalehise lupiini 'Lupi', punase ristiku 'Jõgeva 433' ja inkarnaatristiku väetisväärtus haljasväetisena. – *Agronoomia* 2013, 82–89.
- Boddy, L., Frankland, J.C., West, P.V. (Eds). 2008. Ecology of saprotrophic Basidiomycetes. – *British Mycological Society Symposia Series* 28, 3–372.
- Hansen, L., Knudsen, H. 2000. Nordic Macromycetes, Volume 1: Ascomycetes. – *Copenhagen: Nordsvamp*, 309 lk.
- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Anderson, N. H., Cline, S. P., Aumen, N. G., Sedell, J. R., Lienkaemper, G. W., Cromack, K., Jr., Cummins, K. W. 1986. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. – *Advances in Ecological Research* 15, 133–302.
- Jaansoo, K. 1969. Valge mesika ja lutserni tähtsus võsastunud maade ülesharimise agrotehnoloogilise kompleksi kujundamisel. Dissertatsioon põllumajandusteaduse kandidaadi teadusliku kraadi taotlemiseks. Käsikiri, Saku, 177 lk.
- Knudsen, H., Vesterholt, J. 2008. Funga Nordica. Agaricoid, boletoid and cyphelloid genera. – *Copenhagen: Nordsvamp*, 965 lk.

Eesti uued õunapuusordid

Toivo Univer, Neeme Univer

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Univer, T., Univer, N. 2015. The new apple varieties in Estonia. – Agronomy 2015.

This is an overview of the breeding and research on apple cultivars that have been obtained by artificial pollination or selection of seedlings from free pollination in 1967–1986. In 2001–2010, 17 new apple cultivars were registered: ‘Kaari’, ‘Karamba’, ‘Krista’, ‘Katre’, ‘Kaimo’, ‘Kiktriinu’, ‘Liivika’, ‘Kastar’, ‘Els’, ‘Kallika’, ‘Madli’, ‘Kersti’, ‘Alar’ and small-fruited cultivars ‘Kuku’, ‘Ritika’ and ‘Ruti’. The following cultivars have been included in the list of cultivars recommended for propagation in the Estonian nurseries ‘Krista’, (2004), ‘Katre’ (2005), ‘Kuku’ (2005), ‘Liivika’ (2013) and in Latvia ‘Karamba’ (2002). Cultivars ‘Kaimo’, ‘Kersti’, ‘Kaari’, ‘Katre’ and ‘Kastar’ are winterhardy in Estonian climate conditions. Good cropping cultivars are ‘Karamba’, ‘Kaari’ and ‘Liivika’. Biggest fruits are on cultivars ‘Kastar’ and ‘Katre’. Good cultivars for storage are ‘Kersti’ and ‘Katre’. Early yielding cultivar is ‘Krista’.

Keywords: apple, cultivar, Estonia

Sissejuhatus

Uute sortide aretamise sihikindel protsess vältab palju aastaid. See algab aretustöök lähtevanemate kogumise, paljundamise ja puude kasvatamisega kuni viljakandeikka jõudmiseni. Seejärel koostatakse sortidevahelise tolmeldamise plaan ja tolmeldatakse kunstlikult: isasordiks valitud lähtevanema õietolmu kantakse emasordi õite emakale. Emasordi õied kaetakse seejärel marlikotiga, et vältida võõrsordi õietolmu juhuslikku sattumist putukate, näiteks mesilaste vahendusel. Moodustunud viljad/õunad koristatakse sügisel, säilitatakse täisküpsuse saavutamiseni ning neist eraldatakse seemned, mis kannavad endas lähtesortide ja nende eellaste omadusi. Seemnetest kasvatatakse seemikõunapuud. Seemikõunapuud hakkavad õitsema ja viljuvad 8.–12. aastal peale külvi. Viljunud seemikpuude hulgast valitakse vilja välimuse, maitseomaduste ja õunte säilivuse alusel parimad eliiti ning vääristatakse pookealustele edasiseks uurimiseks, mis vältab samapalju aastaid kui seemikpuude viljakandeikka jõudmine. Näiteks õunasordi ‘Kaari’ aretus seemnete külvist kuni sorditunnistuse väljastamiseni kestis 35 aastat.

Käesolev artikkel käsitleb K. Kase selekteeritud õunapuusortide aretuskäiku ja esmase uurimise tulemusi. Artikli arvandmed pärinevad Polli aianduse instituudi teadustöö aastaaruannetest ja teadurite Krista Tiirmaa ja Neeme Univeri kogutud katseandmetest. Rõhu katsejaamas kogutud katseandmed on jäänud käsikirjalisena K. Kase ja M. Jalakase valdusse. Kõiki Kalju Kase aretatud õunasorte paljundatakse Polli aiandusuuringute keskuse puukoolis. Sorte ‘Krista’, ‘Katre’ ja ‘Liivika’ paljundavad suurte partiidena mitmed suuremad Eesti puukoolid, aga sorti ‘Karamba’ ka Läti puukoolid (Kask, 2009; 2010; 2011).

Materjal ja meetodika

Kalju Kase õunapuude aretusbaas koosneb kahest osast. Tolleaegses Teaduste Akadeemia Eksperimentaalbioloogia Instituudis Harkus külvatud ja mutageenidega mõjutatud loodusliku tolmlemise teel saadud ‘Antonovka’ seemikuid oli 4 400 puud. Need seemikud istutati 1971. aastal Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Insti-

tuudi Polli katsebaasi Hiievariku aeda. Hilisema uurimistöö jooksul valiti eliitseemikud ja neist üks – 'Kaari' – esitati sordiks 2003. aastal.

Edasine Pollis tehtud kunstliku risttolmlemise ja vabitolmlemise teel saadud õnapuuseemikute fond, arvuliselt 3000 puud, on andnud võimaluse valida viljaomaduste põhjal 42 eliitseemikuks ning paljundada neid järgnevas uurimiseks aretiste esmasest võrdluses. K. Kase õnapuuaaretiste esmast võrdlust tehti samaaegselt Polli aianduse instituudis, Rõhu katsejaamas ja Lätis Dobeles asuvas Läti Riiklikus Aiandusinstituudis. Uurimist jätkati 2002. aastal Rõhu katsepunktis 35 õnaaretisega ja L. Ikase (2003) andmetel Dobeles üle 33 õnaaretisega. Peale riiklike asutuste jagas K. Kask oma aretisi katsetamiseks asjahuvilistele. Niisugune aretiste kasvatamine erinevas mullastiku ja kasvukoha geograafilises paigus võimaldas vaatluste teel saada andmeid puude vastupidavuse kohta.

Aretiste esmane võrdluskatse rajati Eesti Põllumajandusülikooli Polli aianduse instituudi Metskonna õunaaias. Uute sortide puu saagikuse ja vilja suuruse võrdlemiseks valiti õnapuu soovitusvormimendis olevad sordid 'Suislepp', 'Imrus' ja perspektiivne taliõunasort 'Veteran'. Katseala paiknes savimoreenil lasuval keskmise raskusega nõrgalt leetunud kamar leetmullal. Mulla pH_{KCl} on 6,3, fosfori- ja kaaliumisisaldus kõrge ja orgaanilise aine sisaldus madal. Katsepuud istutati 2003. a ja katset täiendati 2004. ja 2006. a. Aretised vääristati pookealustele B9, M9, MM106, B490 ja B545. Puude istutuskeem oli 2×4 m ja toetuseks kasutati 6 cm läbimõõduga immutatud puidust tugivaiasid. Puude vastupidavust ilmastikutingimustele iseloomustatakse aretaja K. Kase poolt 2004.–2006. a istutatud kahe katseaias vaatluste tulemustel. Katseandmete statistiliseks analüüsiks teisendati vilja massi andmed ruutjuure ($\sqrt{\quad}$) abil. Keskmiste mitmeseks võrdlemiseks kasutati Duncani testi, mille abil selgitati üksteisest märgatavalt erinevad tasemed.

Tulemused ja arutelu

Aretaja kasutas ristlustes paljusid lähtesorte. Aastate pärast selgus, et mitte kõik ristamistel kasutatud lähtevanemad ei olnud samaväärsed (tabel 1). Uute sortide saamisel oli 'Cortland' kõige produktiivsem lähtevanem. 'Cortlandi' õite tolmeldamisel saadud seemnetest kasvanud seemikute hulgast valiti 'Els', 'Kaimo', 'Alar', 'Aule', 'Madli' ning väikeseviljalised sordid 'Kuku', 'Ritika' ja 'Ruti'. Ühe sordi 'Karamba' aretamisel oli kasutatud 'Cortlandi' õietolmu.

Teine väärtuslik ristlusvanem oli aretis L8. Selle aretise valis Kalju Kask heade viljaomaduste (suure vilja, ilusa värvi, hea maitsega) poolest Pollis Longi aia seemikutekvartalist oma eelkäija Aleksander Siimoni õnapuuseemikute hulgast. Aretise L8 õite tolmeldamisel samast istandikust valitud teise aretise L25 õietolmuga saadi sordid 'Kallika', 'Liivika' ja 'Kersti'. Ristlustes, kus kasutati isakomponendina aretist L8, saadi sordid 'Kaimo', 'Katre' ja 'Madli'.

Artiklis käsitletavate sortide aretusel kasutatud seemikperekonnad koosnesid 16–200 taimest. Erakordselt edukad olid 1982., 1983. ja 1986. aasta ristlused. Nii andsid Läti õunasordi 'Stars' loodusliku ehk vabitolmlemise 16 seemiktaime uue sordi 'Kastar'. Aretiste L8 \times L25 ristlusest saadud 35 seemiku hulgast valiti sort 'Kallika' ning 'Cortland' \times L9-2 ristlusperekonna 63 seemikust piisas kahe sordi 'Alar' ja 'Aule' algpuude välja valimiseks. Seemikute juveniilne periood ehk seemikute noorusiga, mil ei moodustu puule õiealgeid, kestis 8–15 aastat. Noorusperiood oli lühem sortidel

Tabel 1. K. Kase selekteeritud õunapuusortide aretuskäik

Sort	Aretus-number	Ristlus-aasta	Lähtevanemad	Seemik-perekonna-suurus	Viljus esmakordselt	Valiti eliiti	Paljun-dati	Regist-reeriti
Kaari	712	1967	Antonovka		1979	1979	1980	2003
Karamba	695	1969	Talvenauding × Cortland	13	1982	1982	1983	2001*
Krista	61	1978	L25 vabatoilmlemine	200	1987	1989	1990	2001*
Kiki-triinu	181-48	1978	Tiina × Talipirnõun	65	1989	1999	2000	2003**
Els	182-36	1980	Cortland × Tellissaare		1994	2002	2003	2007
Kaimo	281-9	1982	Cortland × L8	126	1993	1996	1997	2003*
Katre	251-9	1982	Tiina × L8	146	1993	1993	1994	2001*
Kallika	241-2	1982	L8 × L25	35	1990	1995	1996	2008
Alar	281-14	1982	Cortland × L9-2	63	1993	2000	2001	2009
Aule	281-13	1982	Cortland × L9-2	63	1997	2002	2003	2010
Madli	281-10	1982	Cortland × L8	126	1993	1993	1994	2010
Kastar	2420	1984	Stars vabatoilmlemine	16	1997	1997	2001	2008
Kersti	287	1983	L8 × L25	89	1993	1998	1999	2010
Liivika	2810	1983	L8 × L25	89	1993	1993	1994	2004**
Kuku	60	1986	Cortland × nr.23	167				2004
Ritika	41	1986	Cortland × nr.23	167				2004
Ruti	48	1986	Cortland × nr.23	167				2004

* sordid võeti sordikaitse alla 2007. aastal

** sordid võeti sordikaitse alla 2009. aastal

‘Kallika’, ‘Katre’, ‘Madli’ (8 a) ja ‘Krista’ (9 a). Viiel sordil vältas juveniilne periood 10–11 aastat: ‘Liivika’ ja ‘Kersti’ (10 a) ning ‘Kaimo’, ‘Alar’, ‘Kikitriinu’ (11 a). Pikem oli see sortidel ‘Kaari’ ja ‘Karamba’ (12 a), ‘Kastar’ (13 a), ‘Els’ (14 a) ja sordil ‘Aule’ isegi 15 aastat.

Aretiste esmaseks uurimiseks istutati aastatel 2003–2006 katseaedadesse 163 puud (tabel 2). 2014. aastaks on välja langenud keskmisekasvulistel pookealustel vääristatud puud 53% ja nõrgakasvulistel pookealustel 45% istutatud puudest. Sortide ‘Kaimo’, ‘Kersti’, ‘Kaari’, ‘Katre’ ja ‘Kastar’ puud on vastupidavad, väljalangenuid 0–13%. Väga palju, 55–80%, puud on hävinud sortidel ‘Alar’, ‘Krista’, ‘Karamba’ ja ‘Kikitriinu’. Nende sortide noorte puude tüvesid tuleb talvekahjustuste ennetamiseks kaitsta katte-võrguga või tüved valgendada.

Uusi õunapuusorte võrreldi samas istandikus paiknevate sortidega ‘Suislepp’, ‘Imrus’ ja ‘Veteran’ (tabel 3). Uute sortide viljad on keskmise suurusega, keskmine vilja mass 100–150 g. Vilja mass olenes sordist ja puu saagi suurusest. Noortel ja väikese saagiga puudel olid viljad suuremad. Väiksemad viljad on sordil ‘Karamba’, kuid nad on sordiga ‘Suislepp’ samas suurusjärgus.

Õunte maitse oleneb peamiselt viljalihas sisalduvate orgaaniliste hapete ja suhkrute vahekorra. Maitsekaala ühes otsas on magemagusad ja teises otsas kibehapud õunad. Kõik uued õunasordid on magusapoolsed. Aretaja K. Kask hindas magusamaitselisteks sordid: 'Alar', 'Els', 'Kaimo', 'Kallika', 'Karamba', 'Kastar', 'Kikitriinu' ja 'Madli' ning magushapumaitselisteks 'Aule', 'Kaari', 'Katre', 'Kersti', 'Krista' ja 'Liivika' (Kask, 2010; 2014). Lätis Dobeles hinnati Eesti õunasortide maitseheadust. 5-pallilises skaalas hinnati 'Tiina' õunte maitse hindegaga 4,0 ja sordi 'Auksis' vilju 4,5 palliga. K. Kase uute sortide ja aretiste (10 nimetust) maitsehinne paigutus vahemikku 4,0–4,5 palli.

Enamiku sortide pookealustele väärstatud puud hakkasid kandma kolmandal aastal peale aeda istutamist. Puu saagid suurenesid ja saavutasid kõrgpunkti üheksandal aastal, siis algas saagi kahanemine (tabel 4). Noores istandikus, puude vanus 1–5

Tabel 2. K. Kase aretatud õunasortide puude vastupidavus istandikus

Sort	Pookealused				Kokku puud		
	keskmisekasvulised MM106, B490, B545		nõrgakasvulised M9 ja B9		istutatud, tk	säilinud, tk	säilinud, %
	istutatud	säilinud	istutatud	säilinud			
Alar	15	3	–	–	15	3	20
Kaari	3	2	7	7	10	9	90
Kaimo	11	11	–	–	11	11	100
Kastar	15	13	–	–	15	13	87
Karamba	16	7	–	–	16	7	44
Kersti	4	4	–	–	4	4	100
Kikitriinu	8	5	3	0	11	5	45
Krista	33	4	22*	9	55	13	24
Liivika	3	3	7	3	10	6	60
Katre	1	1	8	7	9	8	89
Kallika	7	1	–	–	7	1	14

* nendest 14 oli pookealusel M9

Tabel 3. K. Kase aretatud õunapuusortide vilja keskmine mass (g) puude erineval vanusperioodil

Sort	keskmine vilja mass sõltuvalt puu vanusest, g			
	1.–5. aastal	6.–8. aastal	9.–11. aastal	12. aastal
Kaari	133 b	120 b	147 c	150 c
Karamba	90 a	103 a	122 b	140 b
Katre	150 c	157 c	108 a	150 c
Kikitriinu	111 a	124 b	152 c	133 b
Krista	136 b	153 c	100 a	160 c
Liivika	145 c	123 b	108 a	100 a
Alar	-	135 b	143 b	-
Kastar	-	150 c	159 c	-
Imrus	156 c	153 c	151 c	121 b
Veteran	104 a	124 b	148 c	119 b
Suislepp	108 a	104 a	98 a	127 b

aastat, olid suurema saagiga 'Krista', 'Kaari' ja 'Karamba'. Nende puude summaarne saak ületas 15 kg puu kohta ja oli samas suurusjärgus võrdlussortide 'Imrus' ja 'Veteran' saagiga. Istandikus vanusega 6–12 aastat oli suurema saagiga 'Karamba'. Sortide keskmist saaki ületasid 'Katre', 'Kaari' ja 'Liivika'. Noores istandikus jäi varaviljaka 'Krista' saak keskmisele tasemele. Seda põhjustas puude talvekahjustus ja nende hilisem arvukas väljalangemine. 12 aasta vanuse istandiku kogusaagi alusel on 'Karamba' silmapaistvalt suuresaagiline. Puu keskmine kogusaak oli ligi 200 kg. Samal ajal jäi see enamikul sortidel 100 kg piiresse. Üle 100 kg puult oli saak sortidel 'Veteran', 'Kaari' ja 'Liivika'.

Õunte tarbimisküpsuse saabumine ja maitseomaduste püsimine heal tasemel sõltub koristusaja valikust ja säilitustingimustest. K. Kase (2010; 2014) andmetel on 'Els' ja 'Alar' varased sügisõunad ja head süüa septembris. Polli aiandusuuringute keskuse tootmiskogemustele tuginedes sobib tarbida sorte 'Karamba', 'Kaimo', 'Kallika', 'Kikitriinu' ja 'Liivika' oktoobris ja novembris. Õunasorte 'Kaari', 'Kastar', 'Krista' ja 'Aule' detsembris ja jaanuaris. Veebruarini säilib sort 'Katre' ja veelgi kauem säilib õunasort 'Kersti'. Õunad säilivad kauem, kui nad säilitada väikeste partiidena. K. Kase (2010) andmetel säilivad 'Krista' ja 'Liivika' viljad märtsikuuni.

Kokkuvõte

Aastatel 2001–2010 registreeriti 17 uue õunasordi omanikuks Eesti Maaulikool. See on Polli aiandusuuringute keskuses töötanud sordiaretaja K. Kase 40 aasta (1970–2009) töö vili. Sordid 'Krista', 'Katre', 'Kuku' ja 'Liivika' on võetud Eestis ja 'Karamba' (alates 2002) Lätis paljundamiseks soovitatud sortide nimekirja. Uute sortide viljad on magusapoolse maitsega. Õunte tarbimisaja poolest kuuluvad nad sügis- ja sügis-talisortide hulka. Õunapuusortidest on ilmastikutingimustele vastupidavad 'Kaimo', 'Kersti', 'Kaari', 'Katre' ja 'Kastar'. Suuremasaagilised on 'Karamba', 'Kaari' ja 'Liivika'. Viljad on suured õunasortidel 'Kastar' ja 'Katre'. Pika säilivusajaga on sordid 'Kersti' ja 'Katre'. Õunasort 'Krista' on varase kandee algusega.

Tabel 4. K. Kase aretatud õunapuusortide keskmine ja kogusaak puu kohta (kg) 2003. a rajatud katses

Sort	Kogusaak 1.–5. a, kg	Keskmine puu saak sõltuvalt puu vanusest, kg								Kogusaak 6.–12. a, kg	Kogusaak, kg
		6. a.	7. a.	8. a.	9. a.	10. a.	11. a.	12. a.			
Kaari	16,2 a	2,0	25,1	28,6	21,2	16,8	8,9	16,1	118,7 b	134,9	
Karamba*	15,1 a	30,0	36,5	14,8	51,7	11,2	38,7	-	182,9 a	198,0	
Katre	8,4 c	2,0	27,0	3,4	24,4	10,5	15,1	4,1	86,5 bc	94,9	
Kikitriinu	4,0 d	0	14,4	1,7	9,7	23,2	0,8	16,6	66,4 c	70,4	
Krista	18,7 a	7,0	15,4	1,7	17,5	8,4	7,5	9,2	66,7 c	85,4	
Liivika	11,8 b	4,0	22,5	1,9	35,5	22,1	16,9	0,2	103,1 b	114,9	
Alar*	10,5 b	27,3	0	16,4	0	18,0	4,0	-	65,7 c	76,2	
Kastar*	8,7 b	38,7	0	16,7	0	15,6	6,5	-	77,5 c	86,2	
Imrus	14,5 a	4,9	17,6	4,6	25,7	11,0	17,5	3,3	84,6 b	99,1	
Veteran	16,8 a	10,7	15,0	18,0	39,8	8,1	20,8	10,2	122,6 b	139,4	
Suislepp	5,0 d	5,0	11,8	13,0	8,3	15,9	-	4,0	58,0 c	63,0	

* puud on istutatud 2004. a.

Kasutatud kirjandus

- Ikase, L. 2003. Eesti õunasordid Lätis hinnas. – 2003, jaanuar, lk 47–49.
- Kask, K. 2001. Kolm sorti ehk juba tuttavad. – *Maakodu* 2001, november, lk 54–55.
- Kask, K. 2004. Kuus uut õunasorti. – *Maakodu* 2004, mai, lk 54–55.
- Kask, K. 2007. Imeilus 'Krista' ja tubli 'Liivika'. – *Targu Talita: Maalehe nõuandelisa*, nr 44, 1. november, lk 700.
- Kask, K. 2007. Väga maitsev 'Kikitiinu'. – *Targu Talita: Maalehe nõuandelisa*, nr 37, 13. september, lk 587.
- Kask, K. 2009. Noortes aedades uued menükid. – *Maakodu* 2009, november, lk 67.
- Kask, K. 2010. *Puuviljandus Eestis. Sordid ja aretajad*. Tartu, lk 211.
- Kask, K. 2011. Eesti õunasordid Lätis. – *Targu Talita: Maalehe nõuandelisa*, nr 45, 10. november, lk 724–725.
- Kask, K. 2011. Polli uusi õunasorte. – *Targu Talita: Maalehe nõuandelisa*, nr 5, 3. veebruar, lk 68–69.
- Kask, K. 2014. Uued õunasordid saavad tutvavaks. – *Targu Talita: Maalehe nõuandelisa*, nr 35, 28. august, lk 558–559.

Mitmesugust

Miscellaneous

Põllumajandusmaa määramine planeeringutes

Siim Maasikamäe, Evelin Jürgenson

Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut

Abstract. Maasikamäe, S., Jürgenson, E. 2015. Determination of agricultural land in spatial plans. – Agronomy 2015.

The area of arable land per capita is decreasing globally. Agriculture-related problems are topical also in Estonia and the increasing need for the agricultural land is on the agenda today. In this paper we point out three problems in the determination of agricultural land in spatial plans. The excessive planning of building land is the first problem. The second problem is that the location and the shape of some new land development projects worsen the land use conditions of the agricultural land remarkably. Both problems demonstrated negative impact of the real estate development on the agricultural land use conditions. The principles for the determination of valuable agricultural land in spatial plans are the third problem addressed. All problems mentioned in the paper are related to the efficient use of land resources and show that it is necessary to pay more attention to the questions of the determination of agricultural land in spatial plans in the future.

Keywords: valuable agricultural land, building land, land use conditions

Sissejuhatus

Toidu tootmiseks sobiv maa on piiratud ressurs ja selle pind ühe elaniku kohta maailmas väheneb pidevalt. Alexandratos ja Bruinsma (2012) on uurinud maailma põllumajanduse arenguid ja toonud välja põllumajandusliku maaga seotud trendid. Kui 1960. aastal oli maailmas ühe elaniku kohta ligikaudu 0,44 hektarit haritavat maad ja 2010. aastal umbes 0,23 hektarit, siis 2050. aastaks prognoositakse selleks näitajaks 0,18 hektarit.

Põllumajandusmaa puudus ei ole Eestis praegusel ajal veel terav probleem. Võib tuua mitmeid näiteid põllumajandusmaa mittekasutamise kohta: põllud on harimata või kasvab sellel võsa. Eelmise sajandi viimase kümnendi ja selle sajandi algusaastate põllumajandustootmise vähenemine Eestis tõi kaasa olukorra, kus osa põllumajandusmaast jäi kasutamata. Selle tulemusel kujunes arvamus, et põllumajandusmaad on rohkem kui meile vaja. See oli soodus ajajärk paljudele kinnisvaraarendajatele. Koostati palju planeeringuid, mille alusel muudeti põllumajandusmaa ehitusmaaks. Seda perioodi (eriti aastad 1998–2007) võib nimetada kinnisvara kontrollimatu arenduse perioodiks.

Viimastel aastatel on tootjate huvi põllumajandusmaa vastu kasvanud ja koos sellega on tõusnud ka põllumajandusmaa hind. Vastavalt Maa-ameti koostatud kinnisvaraturu ülevaadetele oli keskmine haritava maa hektari hind 2007. aastal 832 eurot ja maksimaalne hind 2464 eurot (Maa-amet, 2008). Võrdluseks olid samad näitajad 2013. aastal vastavalt 1934 eurot ja 4776 eurot (Maa-amet, 2014). Eesti Maaülikooli geomaatika osakonna tehtud uuringu raames küsiti ekspertide arvamust põllumajandusmaa perspektiivse pindala kohta ja nende hinnangul võetakse Eestis kogu põllumajanduse jaoks sobiv maa lähema paarikümne aasta jooksul kasutusele (Maatulundusmaa ..., 2013).

Praegusel ajal on Eestis maa kasutamise reguleerimise üheks mehhanismiks planeeringud. Vastavalt planeerimisseaduse paragrahv 1 lg 2 sätetele (Planeerimisseadus, 2002) on planeeringu üheks eesmärgiks „... tagada võimalikult paljude ühiskonnaliikmete vajadusi ja huvisid arvestavad tingimused ... maakasutuseks...“. Sama seaduse paragrahvid 7 ja 8 sätestavad vastavalt maakonna- ja üldplaneeringute koostamise eesmär-

gid ja ülesanded. Vastavalt paragrahvi 7 sätetele tuleb maakonnaplaneeringus muuhulgas kavandada meetmed väärtuslike põllumaade säilimiseks ning määrata maa- ja veealade üldised kasutamistingimused. Sarnaselt on paragrahvis 8 sätestatud, et üldplaneeringus määratakse maa- ja veealade üldised kasutamise- ja ehitustingimused ning määratletakse väärtuslikud põllumaad koos nende kaitse- ja kasutamistingimuste seadmisega.

Praegune planeerimispraktika ei ole olnud põllumajandusmaade säilitamist toetav. Planeerimisseaduse sätted põllumajandusmaaga seotud küsimustes on ebamäärased ja mitmeti tõlgendatavad. Senini puudub Eestis ühtne arusaam väärtusliku põllumajandusmaa määramise kriteeriumitest, mistõttu ei ole planeeringutes pööratud piisavalt tähelepanu põllumajandusmaaga seotud probleemidele.

Käesoleva artikli eesmärk on kirjeldada kolme maakasutuse planeerimise probleemi, mis mõjutavad põllumajandusmaa perspektiivset kasutamist. Tegemist on kvalitatiivse tööga, kus kahe näite abil selgitatakse senise planeerimispraktika mõju põllumajandusmaa kasutamisele. Kolmas probleem on seotud põllumajanduse jaoks vajaliku väärtusliku maa säilitamisega. Probleemide kirjeldustest selgub planeeringute tähtsus põllumajandusmaa säästliku ja jätkusuutliku kasutamise tagamisel.

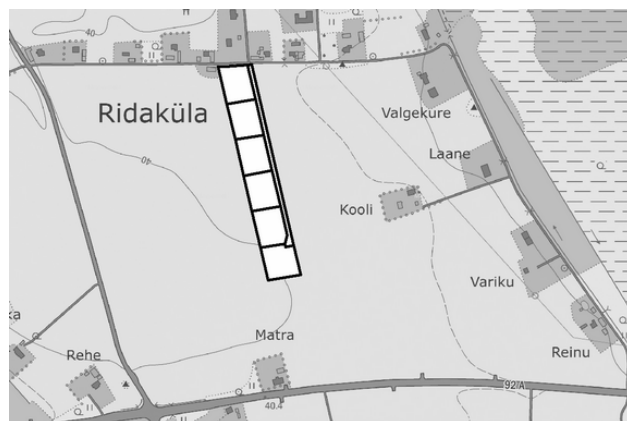
Probleem 1. Ehitusteks vajalike kruntide üleplaneerimine

Üleplaneerimise all on mõeldud olukorda, kus uusehituste jaoks on planeeritud rohkem krunte, kui seda tegelikult vaja on. Kuna reaalne vajadus ehitusmaa järele on väiksem kui nõudlus, siis osadel kruntidel ehitustegevust ei alustata. Sellist olukorda illustreerib joonis 1.

Põllumaale planeeritud 16 krundist on ehitustegevust alustatud ainult seitsmel. Kõik krundid on elumumaana registreeritud katastris 2006. aasta aprillis. Kuna osadele kruntidele on hooned ehitatud, siis on kogu planeeritud ala, ka ehitamiseks kasutamata krundid, põllumajanduslikust kasutusest väljas. Sellised näited võib leida kõikide suuremate linnade lähiümbrusest. Erandid on sellised uusehituseks planeeritud alad, kus kõik krundid on kasutuses.

Joonis 1. Haritavale maale planeeritud elamukrundid. Krundi piirid valge joonega. Allikas: Maa-ameti geoportaal, <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGIS>





Joonis 2. Põllumassiivi kiilduvad elamukrundid (musta joonega piiratud valged alad), mis halvendavad haritava maa massiivi kasutustingimusi. Allikas: Maa-ameti geoportaal, <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGIS>, autorite kohandatud

Probleem 2. Uusehitusteks planeeritud alad halvendavad põllumajandusmaa kasutamise tingimusi

Senine kinnisvaraarendus ja sellega seotud planeerimispraktika on valdavalt maaomanikukeskne. Üldplaneeringute koostamise initsiatiiv tuleb kohalikult omavalitsuselt, sest see on seadusest tulenev nõue. Sama ei saa öelda detailplaneeringute kohta, mis on ehitustegevuse ja maa sihtotstarbe muutmise aluseks. See algatus tuleb sageli maaomanikult ning tulemus on see, et planeeringuala on määratud olemasolevate omandipiiridega. Kui maa sihtotstarbe muutmisest huvitatud isiku maa on suure põllumassiivi keskel, siis võib kaasneda olukord, mida illustreerib joonis 2.

Kirjeldatud juhul on tegemist ligikaudu 35 hektari suuruse põllumassiiviga. Planeeritud elamukrundid vähendavad kogu põllumassiivi kompaktsust ja halvendavad maa harimise tingimusi. Selle näite puhul ei ole probleem mitte niivõrd põllumajandusmaa pindala vähenemine, vaid planeeritud elamukruntide mõju alles jääva maa kasutamise tingimustele.

Probleem 3. Väärtusliku põllumajandusmaa määramine planeeringutes

Planeerimisseaduse paragrahv 8 sätestab, et üldplaneeringus määratakse kindlaks väärtuslikud põllumaad. Samas puuduvad täpsed juhised selliste maade määramiseks. Üldjuhul puudub ka kohaliku omavalitsuse töötajatel arusaam, mida tähendab väärtuslik põllumajandusmaa ja kuidas seda määrata (Nekrassova, 2012). Tehniliselt ei ole keeruline maad eri väärtusega tükideks jagada, neid maatükke kvaliteedi alusel järjestada ja seejärel paremaid maatükke välja valida. Geoinformaatika vahendid pakuvad sellise töö tegemiseks mugavaid töövahendeid. Maaülikooli geomaatika osakonnas on tehtud mitu sellekohast tööd (Metoodiliste ..., 2014; Väärtusliku ..., 2014).

Väärtusliku põllumajandusmaa määramise probleemi puhul saab välja tuua kaks käsitusviisi. Esimese käsitusviisi järgi võib/tuleb väärtuslikuks põllumajandusmaaks lugeda teatud protsent põllumajandustootmiseks parematest maadest. See protsent võib olla näiteks 30, 40, 50 või 60. Teise käsitusviisi järgi määratakse väärtuslikuks põllumajandusmaaks teatud kvaliteedist (lävendist) paremad maatükid. Mõlemad käsitusviisid on võimalikud ja valikute tegemise aluse peab andma rakendatav maapoliitika. Kui maapoliitika puudub või on ebaselge, siis on planeeringu koostajal väga raske, kui mitte võimatu, teha asjakohaseid otsuseid.

Siinkohal tuleb lisada, et põllumajandusmaa säästliku kasutamise tagamiseks ei piisa üksnes väärtuslike põllumajandusmaade määramisest planeeringute koostamisel. Vaja on sätestada ka väärtuslikuks maaks määratud alade kasutamise tingimused, sh maa põllumajanduslikust kasutusest väljaviimise tingimused.

Kokkuvõte ja järeldused

Planeerimise senine praktika on valdavalt olnud selline, et esmajärjekorras määratakse planeeringuga ehitusalad ja need alad, kus kavandatakse mingisuguseid muudatusi, sõltumata sellest, millise maaga tegemist on. Kuna ehitamine lagedale maale on kõige odavam, siis eelistatakse kinnisvara uusarenduste jaoks sageli just põllumajandusmaad. Selliste planeeringute tulemus on see, et põllumajanduse kasutada jääb maa, mida ei ole planeeritud muudeks otstarveteks. Selline praktika ei ole soosinud põllumajandusmaa säästlikku kasutamist. Kahju ei piirne ainult sellega, et põllumajanduslikuks tootmiseks sobivad maa-alad on põllumajanduslikust kasutusest välja läinud. Lisaks halvendab ebasobivalt paiknev kinnisvaraarendus ka naabruses asuva maa kasutamise tingimusi.

Kui planeerimisel arvestada rohkem põllumajanduse vajadusi, siis tuleb planeeringute koostamisel esmalt määrata need maad, mida on vaja kindlasti säilitada põllumajanduse jaoks. Kord juba ehitamiseks kasutatud põllumajandusmaad ei ole võimalik endisel otstarbel kasutusele võtta. Seevastu saab ehitamiseks kasutada põllumajanduse jaoks mittesobivat maad. Põllumajandusmaa muutmine mitte-põllumajandusmaaks peab toimuma ainult erandjuhtudel ja selgelt reguleeritud korras.

Kokkuvõtteks võib väita, et planeeringutel on suur tähtsus põllumajandusmaa säästliku ja jätkusuutliku kasutamise tagamisel. Praegu ei ole Eestis sellele planeeringute koostamisel piisavat tähelepanu pööratud, puuduvad oskused, kuidas väärtuslikku põllumajandusmaad määrata, ning ka teadmised selle kohta, milline on väärtuslik põllumajandusmaa. Ilmselt on see tingitud ka selgete maapoliitiliste suundade puudumisest.

Kasutatud kirjandus

- Alexandratos, N., J. Bruinsma. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. *ESA Working paper No. 12-03*. Rome, FAO.
- Maa-amet, 2008. Eesti kinnisvaraturg 2007. aastal. Tallinn, 63 lk. [http://www.maaamet.ee/data/Eesti_kinnisvaraturg_2007_aastal1.pdf?t=20120509095423] Vaadatud 5.12.2014
- Maa-amet, 2014. Eesti kinnisvaraturg 2013. aastal. Tallinn, 59 lk. [http://www.maaamet.ee/data/files/Eesti_kinnisvaraturg_2013.pdf?t=20140131091428] Vaadatud 5.12.2014
- Maatulundusmaa sihtotstarbega katastriüksuste tegeliku kasutamise ning võimalike meetmete välja selgitamine põllu- ja metsamajanduse taristu arendamiseks kuni aastani 2020: *Töövõtuleping nr 94 lõpparuanne*. 2013. Eesti Maaülikool, geomaatika osakond, 148 lk. [http://www.agri.ee/sites/default/files/public/Leping-94_LOPP_aruanne__2013_.pdf] Vaadatud 5.12.2014
- Metoodiliste soovitude ja ettepanekute koostamine väärtusliku põllumajandusmaa määramiseks maakonnaplaneeringute koostamisel Põlva, Valga ja Võru maakondade tingimustes ning sellega seonduvate näidisülesannete lahendamine: *Töövõtuleping nr 13P05 lõpparuanne*. 2014. 56 lk. Käsikiri Eesti Maaülikooli geomaatika osakonnas.
- Nekrassova, A. 2012. Väärtusliku põllumaa määramine kohalike omavalitsuste tasemel Tartu maakonna näitel. 67 lk. Magistritöö. Käsikiri Eesti Maaülikooli geomaatika osakonnas.
- Väärtusliku põllumajandusmaa hindamine: Jõgeva Maavalitsusega sõlmitud töövõtulepingu lõpparuanne. 2014. 26 lk. Käsikiri Eesti Maaülikooli geomaatika osakonnas.

Kartulisortide pikaajaline säilitamine *in vitro* ja säilikut kasutamise võimalused nišitoodeteks

Viive Rosenberg, Katrin Kotkas

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Rosenberg, V., Kotkas, K. 2015. Long term preservation of potato plants *in vitro* and using of the potato conservation varieties. – Agronomy 2015.

Potato varieties are commonly stored as plants in field collection. There is a risk of germplasm loss via infection from pests and pathogens in these collections. *In vitro* techniques enable to eradicate pathogenes before preservation and there is no risk of loss of germplasm. Our common activities include collecting the cultivars and land-races, to eradicate them from different plant diseases, multiplying and preserving the plants *in vitro*, but also evaluating and distributing the cultivars' most valuable accessions. The most important research areas are the study of different *in vitro* preservation methods and the influence of long-term preservation *in vitro* on the morphological characteristics and agronomical traits of varieties. At the present 490 potato accessions are collected. Today beside the new varieties the old and ancient varieties, preserved in gene banks, are propagated and taken into production as conservation varieties. They have a lot of interesting properties. But often the conservation varieties are susceptible to viruses and after the long-term seed production are widely infected. The usage of cheap propagation methods enables to shorten the seed production cycle, which is of vital importance in the case of disease susceptible varieties and especially in growing the conservation varieties.

Keywords: potato, preservation *in vitro*, conservation variety

Sissejuhatus

Üha enam on hakatud hindama taimi kui bioloogilist rikkust ja mitmekesisust. Tegutsetakse selle nimel, et hävimisohus taimeliigid, vormid ja sordid säiliks ka tulevastele põlvkondadele. Taimi säilitatakse geenipankades mitmel viisil ning teadlased otsivad säilitamiseks sobivamaid võimalusi ja katsetavad mitmesuguseid meetodeid. Eesmärk on pikka aega ja võimalikult väikeste kulutustega säilitada seemneid, taimi või nende osi. Samal ajal peavad need olema elujõulised ja vajadusel kättesaadavad. On hakatud tegelema geenipankade loomise ja geneetiliste ressursside pikaajalise säilitamisega. On jõutud arusaamisele, et lisaks väljasuremisohus olevatele looduslikele liikidele vajavad päästmist ja säilitamist ka kultuurtaimed, nende sordid ja vormid.

Eestis on loodud riiklik programm „Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine aastateks 2014–2020“. Programm toimib juba kolmandat perioodi ja loob eeldused põllumajanduskultuuride kohalikku päritolu geneetiliste ressursside kogumiseks, säilitamiseks ja kasutamiseks nii kaubanduslikel eesmärkidel kui ka uuringuteks. Põllumajanduskultuuride geneetiliste ressursside kogumise ja säilitamise eest vastutavad Eestis Põllumajandusministeerium ja Keskkonna-ministeerium.

Peamine programmi rakendamise eesmärk on tagada Eesti päritolu põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kui sordilise ja liigilise mitmekesisuse fondi kogumine, säilitamine ja uurimine ning luua seeläbi eeldused säästva arengu tagamiseks. Põllumajanduskultuuride geneetiline ressurss hõlmab põllu- ja aiakultuuride sorte, aretusmaterjali, rahvaaretisi, liike ja vorme. Taimesordid, aretusmaterjal ja rahvaaretised on loodud pikaajalise töö tulemusena ning neid tuleb säilitada mitte ainult kui bioloogilist

mitmekesisust, vaid ka kui inimkonna kultuuriväärtust. Mõningaid säilikuid ei säilitata mujal kui arengukavas osalevate asutuste kollektsioonides. Tulevikus on järjest arenevate molekulaarbioloogiliste meetoditega võimalik avastada säilitatava materjali seast seni veel tundmata väärtusi, mida saab kasutada uute, näiteks haiguskindlamate või muid lisaväärtusi omavate sortide loomisel. Samuti saab kasutada säilitatavat materjali toodangu mitmekesistamise eesmärgil, rikastades toidulauda ja suurendades tööhõivet.

Kartulisortide pikaajaline säilitamine *in vitro*

Varasematel aegadel sai kartulisorte säilitada traditsioonilisel viisil põldkollektsioonis. See tähendas, et igal aastal pandi seemnemugulad põllule maha, kasvatati ja koristati uued mugulad. Need säilitati järgmise kevadeni. Selliselt toimiti jätkuvalt aastast aastasse.

In vitro ehk kunstlikus keskkonnas säilitamise põhimõte seisneb selles, et kartulitaimed kasvatatakse katseklaasides või mõnes teises anumatses toitesegul ja neid säilitatakse vastava kliimarežiimiga ruumides. Tavaliselt pidurdatakse taimede arengut toitesegu koostise, temperatuuri ja fotoperioodi pikkusega manipuleerides. Somaklonaalse varieeruvuse vältimiseks ei soovitata toitesegus kasutada palju kasvu pidurdavaid aineid. Taimi uuendatakse mikropistikuid värskete toitesegule üle kandes. Vastavalt tehnoloogiale ja sortide iseärasustest tulenevatele vajadustele uuendatakse säilikuid 2–4 kuu järel. Minimaalse kasvu tingimustes on organite areng pidurdunud ning seetõttu saab pikendada uuele toitesegule ülekandmise intervalli.

In vitro säilitamisel on taimed kaitstud nakkuse ja ilmastikumõjude eest. Kasutatakse ka mikromugulate meetodit. See tähendab, et *in vitro* taimedel stimuleeritakse mikromugulate moodustumine ja katseklaasid koos seal moodustunud mikromugulatega säilitatakse tavalistes külmkappides 1,0–1,5 aastat, seejärel uuendatakse materjal. Probleem on aga selles, et kõik sordid ei moodusta katseklaasis mugulaid ja kui tekib selle materjali vajadus, ei saa mugulatest kiiresti taimi.

Paljulubavaks tulevikumeetodiks on krüosäilitus, mis seisneb taimmaterjali säilitamises väga madalatel temperatuuridel, enamasti vedelas lämmastikus $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures. Krüosäilitusel on mõned eelised võrreldes meristeemtaimede säilitamisega: näiteks saab väikeses ruumis säilitada palju materjali ja sellega ei pea kuigi sageli tegelema. Teisalt aga ei ole veel teada, kas kõik sordid regenereeruvad pärast säilitamist elujõulisteks taimedeks ja taimi ei saa vajadusel kohe paljundada. Seetõttu on vaja veel uurida krüosäilituse mõju taimmaterjali geneetilisele stabiilsusele ja krüosäilituse järgset regeneratsiooni mõjutavaid kasvutingimusi ning nende optimeerimist. (Edesi *et al.*, 2014)

Eesti Taimakasvatuse Instituudi taimebiotehnoloogia osakonnas ja sellele asutusele eelnenud üksustes on kartulisorte kogutud ja säilitatud meristeemtaimedena *in vitro* üle 30 aasta. Praeguses kollektsioonis on kokku 490 kartulisorti, rahvaaretist ja aretusmaterjali. Taimede säilitamine meristeemtaimedena *in vitro* on võrreldes mikromugulate säilitamisega töömahukam, kuid taimi saab igal ajal nii uurimistöö, sordiaretuse kui ka seemnekasvatuse algmaterjali kasutamise eesmärgil paljundada. Seni ei ole ette tulnud, et mõnda sorti või aretist ei ole saanud sellisel viisil säilitada. Enne pikaajalise säilitamise alustamist tervendatakse sort viirushaigustest taimebiotehnoloogia osakonnas loodud süsteemi järgi ja valitakse säilitamiseks haigusvabad elujõulised meristeemklonid. Iga 2,5–3,5 kuu järel uuendatakse kollektsiooni mikropistikutega paljundades. Vanimad meristeemtaimed kollektsioonis on aastast 1977. Praegu ei ole veel teada, kui kaua saab

kartulisorte selliselt säilitada, ilma et tekiks kõrvalekaldeid sordiomadustest või morfoloogilistes tunnustest. Seetõttu jätkub uurimistöõ.

Senise uurimistöõ tulemusena on loodud taimede säilitamise toitesegud ja säilitusrežiim, mille juures on tagatud taimede aeglasem kasv ja pikem uuendamise intervall. Igal aastal istutatakse osa säilikutest, viimastel aastatel 1/3 kollektsoonist, kasvuhoo-nesse ja kasvatatakse minimugulad põldkatseteks. Esimese ja teise mugulpõlvkonna põldkollektsoonides jälgitakse pikaajalise *in vitro* säilitamise mõju sortide morfoloogilistele tunnustele ja majanduslikele omadustele. Hindamisel kasutatatakse rahvusvaheliselt tunnustatud meetodikat ja hindamiskriteeriume. Eesmärk on välja selgitada, kui kaua on võimalik säilitada kartulisorte meristeemtaimedena *in vitro* nii, et ei ilmneks negatiivseid kõrvalekaldeid. Samuti on vajalik välja selgitada tegurid, mis võivad muutusi esile kutsuda ja kuidas neid vältida. Seni ei ole märgatavaid kõrvalekaldeid ilmenud. Põldkatsetes uuritakse ka säilikut majanduslikke omadusi ja nende sobivust nišitoodeteks.

Säilitussordid

Viimastel aastatel on üha olulisemaks muutunud taimede geneetiliste ressursside säilitamise ja säilikut tootmises kasutamise küsimus. Tagamaks taimede geneetiliste ressursside kasutamise, tuleks kasvatada ja turustada rahvaselektsoonisorte ning sorte, mis on kohanenud kohalike ja piirkondlike oludega ning mida ohustab geneetiline erosioon (edaspidi säilitussordid). Säilitussortide registreerimiseks ja riiklikku sordilehte kandmiseks on kehtestatud erandid.

Eestis sertifitseerimiseks, turustamisotstarbel paljundamiseks ja müügiks lubatud põllukultuuride säilitussordid ning eritingimustes kasvamiseks aretatud sordid peavad olema Eesti sordilehes. Sorti loetakse eritingimustes kasvamiseks aretatuks, kui teda on aretatud kasvamiseks teatavates agraartechnilistes, kliima- või mullastiku tingimustes ja tal ei ole olulist väärtust põllukultuuride tööstusliku tootmise puhul. Säilitussortide ja eritingimustes kasvamiseks aretatud sortide sordilehe koostab Põllumajandusamet ning see avalikustatakse Põllumajandusameti veebilehel ja Põllumajandusameti teatajas (Põllumajandusameti koduleht).

Praegu on Eestis säilitussortideks vormistatud kartulisordid 'Jõgeva kollane', 'Väike verev' ja 'Endla'.

'Jõgeva kollane' on hiline toidukartul, aretatud Jõgeval (1942). Mugulad ümarad kuni ümarovaalsed, kollase koore ja sisuga. Väga heade maitse- ja kulinaarsete omadustega. Ei esine toorega keedetud mugulate tumenemist. Kõrge tärklisesisaldusega, sobib ka krõpsu- ja tärklisetööstusele. Seemnekartulit kasvatatakse Eesti Taimikasvatuse Instituudis.

'Väike verev' on teadmata päritolu, Eestis tuntud 19. sajandi lõpust, kasvatati tootmises kuni 1949. aastani. Sort on keskvalmiv, mugulaid pesas väga palju, kujult ümmargused, sügavate silmadega, väikesed kuni väga väikesed. Koor tekstuuri sile, violetjassinise värvusega, sisu värvus helekollane. Saagikus keskmine kuni hea. Väga heade maitseomadustega, sobib keedu- ja ahjukartuliks. Säilivus hea, mugulate puhkeperioodi pikkus keskmine kuni pikk. Vastuvõtlik kartuli-lehemädanikule.

'Endla' on teadmata päritolu keskvalmiv kuni varasepoolne sort. Taimede algareng keskmine, mugulate moodustumine keskmine kuni varasepoolne. Mugulad piklikud kuni pikad, silmad madalad, koor tumeroosa kuni punane, õhuke sile. Mugulate sisu

tumekollane. Mugulate säilivus keskmine, puhkeperiood lühike. Soovitakse kasvatada ja turustada kui eksklusiivset ahjukartulisorti eriti hea maitse, kollase sisu ja õhukese koore tõttu.

Kartuli säilitussordi kasvatamise hea näide Eestis on Võrumaal Jaagumäe talu kogemus. Aastal 2012 alustati 4580 'Väikese vereva' istikuga, nendest kasvatati 1,5 tonni I põlvkonna seemnekartulit. Sellest seemnest kasvatati 2013. aastal 45 tonni II põlvkonna meristeemkartulit, millest jätkus toidukartuliks ja 2014. aasta seemneks. Tavalises seemnekasvatases paljundatakse meristeemselt tervendatud kartulit 8–10 aastat, enne kui sellest tarbekartul saab. Tervendatud taimed nakatuvad põllul uuesti ja seda kiiremini, mida vastuvõtlikum on sort. Viirusnakkus levib kahjurputukatega ja harimisriistadega. Seetõttu peaks vastuvõtlikke sorte kasvatama lühikese tsükliga, kasutades meil loodud meristeemtaimede paljundamise meetode.

Kokkuvõte

In vitro säilitamine võimaldab koguda sorte ja rahvaaretisi, neid pikaajaliselt säilitada väliskeskonna mõjutuste eest kaitstuna ning tagab võimaluse säilikut paljundada ja kasvatada gurmeesortidena turustamiseks. Jaagumäe talu kogemused näitavad, et meil on eeldusi säilitussortide kasvatamiseks. Enamik vanu ja huvitavaid säilitussorte on vastuvõtlikud viirushaigustele, mistõttu peaks vastuvõtlikke sorte kasvatama lühikese seemnekasvatuse tsükliga. Meristeemtaimedest tarbekartuli kasvatamiseni võiks olla vaid 3–4 aastat, mitte praeguse seemnekasvatuse kohaselt 8–9 aastat.

Tänuavaldused

Uurimistöö on tehtud riikliku programmi „Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine aastateks 2007–2013 ja 2014–2020“ raames.

Kasutatud kirjandus

Edesi, J., Kotkas, K., Pirttilä, A.M., Häggman, H. 2014. Does light spectral quality affect survival and regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.) shoot tips after cryopreservation? – *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **119**, 599–607.

Teraviljade saagikused ja tootmiskulud erinevate viljelusmeetodite kompleksuuringus

Kalvi Tamm, Raivo Vettik, Peeter Viil, Elina Akk, Liina Edesi, Jüri Kadaja, Taavi Võsa
Eesti Taimikasvatuse Instituut

Abstract. Tamm, K., Vettik, R., Viil, P., Akk, E., Edesi, L., Kadaja, J., Võsa, T. 2015. Cereal yields and production costs in complex research of different cultivation methods. – Agronomy 2015.

Field pairs in eight Estonian regions in the period 2012–2014 were observed with the aim to compare the influence of no-tillage and ploughing on the cereal yields, production costs and profit. Mostly, the fields were farmers' fields, but two field pairs belonged to the experimental stations. The yield samples were collected from the fields to determine yield and its quality, and the data from field-books of the field managers were collected to analyse costs and calculate the profit.

The results show that no-till had significant positive impact on the yield of winter wheat. The impact of tillage system on the yields of oat, spring barley and spring wheat was not significant whereas the two last crops tended to have higher yields with ploughing.

The average total cost for both tillage systems was almost equal, the absence of costs on ploughing was levelled by some increased specific cost segments in no-till (fertilising, tillage, sowing, plant protection and yield handling). For no-till the biggest surcharge was reasoned by sowing. The wheat had the highest production cost, followed by spring barley and oat with significantly smaller costs. The average cereal production costs tended to have light but non-significant rise within study years.

The average profit was almost equal for both no-tillage and ploughing, 158 and 157 EUR ha⁻¹, accordingly. Winter wheat and oat had higher profit for no-tillage whereas spring wheat and spring barley for ploughing. In average, the highest profit appeared in production of wheat, and negative profit in production of oat.

Keywords: cereal, no-tillage, ploughing, production costs, profit, yield

Sissejuhatus

Otskülvil on viljeletud Eestis 1980. aastatest. Kui paarkümmend aastat oli otskülvil kasutamine üksikute uudishimulike põllumeeste huviks ja enamikul puudusid teadmised selle tehnoloogia kohta, siis viimase 10–15 aasta jooksul on huvi otskülvil vastu suuresti kasvanud. Otskülvile ülemineku põhjus on maaharimiskulude, eeskätt kütusekulude peaaegu 50% kokkuhoid ning mullaharimisoperatsioonide vähenemisest tingitud ajasääst.

Lisaks madalatele tootmiskuludele on kasumliku tootmise eelduseks ka kõrge saagikus. Maailmas tehtud uuringutes on teadlased ning tootjad otskülvil ja künni tehnoloogiate võrdlemisel ühe kriteeriumina hinnanud ka põllukultuuride saagikust. Näiteks Norras aastatel 1993–1996 tehtud suviteraviljapõhise külvikorruga katsetes oli sügis-künnil põldude saagikus 1200 kg ha⁻¹ võrra kõrgem kui otskülvil (Semb Tørresen *et al.*, 1999). 1983.–2012. a Rootsis korraldatud katsete andmete analüüs näitab, et keskmiselt oli otskülvil võrreldes künniga 9,8% madalam saagikus (Arvidsson *et al.*, 2014). Paljude uuringute tulemusel on selgunud, et Põhja-Euroopas ületavad otskülvipõldude saagikused harva künnipõhiste põldude saagikusi (Soane *et al.*, 2012).

2012. aastal alustati Eesti Taimikasvatuse Instituudi, Eesti Maaülikooli ja Põllumajandusuuringute Keskusega ühisprojekti, et selgitada otskülvil ja künnipõhise tehnoloogi-

gia võrdlevas uuringus otsekülvi mõju mulla füüsikalistele, keemilistele ja mikrobioloogilistele omadustele. Samuti võeti uurimise alla taimekaitseküsimused, põllukultuuride saak ja selle kvaliteet (proteiinisaldus, hallitusseente koosus ja mükotoksiinide sisaldus). Käesoleva artikli eesmärk on anda ülevaade otsekülvi ja künnipõhise tehnoloogiaga teraviljapõldude kolme aasta saagikustest ja tootmiskuludest.

Materjal ja meetodika

Kompleksuuringus olid 2012.–2014. aastal vaatluse all tootmispõllud Eesti eri piirkondadest: Harjumaa (ühel aastal), Jõgevamaa, Lõuna-Viljandimaa, Põhja-Viljandimaa, Tartumaa, Põlvamaa ja Valgamaa. Samuti olid tehnoloogilised võrdlusvariandid esindatud külvikorra statsionaarkatses Kuusikul. Igas piirkonnas oli vähemalt üks võrdluspaar, millest ühel kasutati otsekülvi ja teisel kündi (tabel 1).

Bioloogilise saagikuse määramiseks võeti igalt tootmispõllult juhuslikul valikul saagiproovid kolmest kohast. Kuusiku katsevariantidelt võeti saagiproovid neljas korduses. Ruutmeetrisuurustelt lappidelt lõigati vihud maast 5 cm kõrguselt. Vihud kaaluti ja peksti.

Terade mükotoksiinide ja hallitusseentega saastatuse määramiseks võeti samuti saagiproovid, millest ka määrati bioloogiline saak. Need saagiproovid võeti teraviljapõldude katsealalt juhuslikul valikul kaheksast kohast 0,25 m² vihuproovidena.

Saagiproovide võtmise ajaks oli teravili valminud, kasvufaasis BBCH 89. Mõlemal juhul teravili kuivatati, määrati eraldi iga saagiproovi terade kuivainesisaldus ja mass ning arvatati saagikus standardniiskusele – 14%. Kahe meetodika järgi võetud saagiproovi andmete alusel arvatati keskmised saagikused ja piirdiferentsid.

Ilmastikule anti hinnang vaatluse all olevate põldude meteoroloogiajaamadest kogutud kolme katseaasta vegetatsiooniperioodi (maist kuni augustini) keskmiste temperatuuride ja sademete summa alusel.

Tabel 1. Katsepõldudel kasvatatud teraviljakultuurid aastatel 2012–2014

Piirkond	Viljelusviis	2012	2013	2014
Põhja-Viljandimaa	Otsekülv	Suvioder	-	Suvinisu
	Künd	Suvioder	-	Suvinisu
Lõuna-Viljandimaa	Otsekülv	-	Talinisu	Suvioder
	Künd	-	Talinisu	Suvioder
Valgamaa	Otsekülv	Talinisu	Kaer	Talinisu
	Künd	Talinisu	Kaer	-
Harjumaa	Otsekülv	Suvinisu	-	-
	Künd	Suvinisu	-	-
Põlvamaa	Otsekülv	-	Talinisu	Suvioder
	Künd	-	Talinisu	Suvioder
Jõgevamaa	Otsekülv	-	Kaer	Talinisu
	Künd	-	Kaer	Talinisu
Tartumaa	Otsekülv	-	Suvinisu	Suvinisu
	Künd	-	Kaer	-
Raplamaa	Otsekülv	Talinisu	Talinisu	Talinisu
	Künd	Talinisu	Talinisu	Talinisu

Katsepõldude majandusanalüüsil arvatati tootmiskulud, tõenäoline tulu ja kasum. Kulude arvutamisel võeti aluseks katsepõldude põlluraamatute andmed. Sisendite ja saagi hinnad vastasid saagiaastale. Et elimineerida masinate valiku mõju tootmistulemuste erinevusele ja selgemalt esile tuua viljelusviisi mõju, lähtuti masinakulude arvutamisel kõigil põldudel samast masinapargist. Viljelusviisist sõltus ainult külviku valik: otsekülvil 4 m otsekülvik ja mullaharimisega variandis 4 m kombikülvik tavakülviks. 2012. aastal kasutasid vaatluse all olnud ettevõtted VM otsekülvikuid, 2013. aastal lisandusid neile otsekülvikuid Great Plains ja Cross-Slot kasutavad ettevõtted.

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

Tulemused ja arutelu

Aastad 2012 ja 2014 olid keskmiste ilmastikunäitajate poolest perioodil maist augustini suhteliselt sarnased. Keskmiselt üle vaatluskohtade vastas 2012. a temperatuur sel perioodil normile (norm eri piirkondades 14,1–15,1 °C), 2014. a oli 0,7 °C üle normi. Sademeid oli mõlemal aastal üle normi, 2012. a keskmiselt 71 mm ja 2014. a 99 mm (norm 249–296 mm). 2012. a tingimused olid ühtlasemad, 2014. a esines periooditi suuremaid hälbmeid nii alla kui ka üle normi. 2013. a oli teistest kuivem ja soojem. Sademeid oli normist keskmiselt 66 mm vähem (piirkonniti 45 kuni 106 mm) ja temperatuur 2,1 °C kõrgem (1,5–2,4 °C). Normist kõrgema temperatuuri osas andsid peamise panuse mai ja juuni, põuasemad olid juuni ja eriti juuli. Seetõttu oli 2013. aasta ilmastikuline mõju talinisuusaagile ja ka teraviljade keskmisena jäid hektarisaagid 2013.

Tabel 2. Katsepõldudel kasvatatud teraviljade keskmised saagikused aastatel 2012–2014, kg ha⁻¹

Piirkond	Viljelusviis	Suvioder	Suvinisu	Talinisu	Kaer
Põhja-Viljandimaa	Otsekülv	4040 ^a	5421 ^a		
	Künd	3764 ^a	5898 ^a		
Lõuna-Viljandimaa	Otsekülv	4463 ^a		4966 ^a	
	Künd	4698 ^a		4087 ^a	
Valgamaa	Otsekülv			6428 ^a	5135 ^a
	Künd			4202 ^b	3939 ^b
Harjumaa	Otsekülv		5610 ^a		
	Künd		4181 ^b		
Põlvamaa	Otsekülv	5414 ^a		4962 ^a	
	Künd	5884 ^a		3568 ^a	
Jõgevamaa	Otsekülv			6573 ^a	2528 ^a
	Künd			4643 ^b	2482 ^a
Tartumaa	Otsekülv		4190		
	Künd				4954
Raplamaa	Otsekülv			6526 ^a	
	Künd			6009 ^a	
Keskmine	Otsekülv	4639 ^a	5074 ^a	5891 ^a	3832 ^a
	Künd	4782 ^a	5040 ^a	4502 ^b	3792 ^a

Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) viljelusviiside vahel.

aastal 514 kg võrra madalamaks võrreldes kolme aasta keskmisega. Aastate 2012–2014 keskmised saagikused olid vastavalt 4996, 4415 ja 5317 kg ha⁻¹.

Erinevate viljelustehnoloogiate mõju võrdlemisel saagikustele selgus, et otsekülvi-põldude kolme aasta keskmine saagikus kujunes mõnevõrra kõrgemaks võrreldes künnipõhiste põldudega – vastavalt 4860 ja 4530 kg ha⁻¹. Kultuuride kaupa võrreldes osutus suviadra otsekülvipõldudel keskmine saagikus künnipõldudest madalamaks (tabel 2). Suurim erinevuse viljelusviiside vahel oli talinisu saagikuses, olles otsekülvil keskmiselt 1389 kg ha⁻¹ kõrgem kui künnil. Siin võib leida sarnast mustrit Arvidssoni *et al.* (2014) uuringutulemustega, kus leiti, et aastate 1983–2012 keskmisena oli Rootsisis võrreldes künniga otsekülvi taliviljadel väiksem saagilangus kui suviljadel.

Tootmiskulud olid kultuuride ja aastate keskmisena künnil ja otsekülvil peaaegu võrdsed, vastavalt 649 ja 641 EUR ha⁻¹. Detailsem kulude analüüs näitas, et kuigi otsekülvil mullaharimiskulud puudusid, olid enamikus teistes töodes otsekülvil kulud suuremad kui künnil (tabel 3). Kõige enam ületab otsekülv künni külvikulude osas, kuna otsekülvikud on võrreldes tavakülvikutega oluliselt kallimad. Samuti on otsekülvikutel suurem võimsusvajadus, mis tingib ka suuremad traktorikulud võrreldes tavakülviku kasutamisega.

Kuna mullaharimine aitab vähendada taimekahjustajate survet kultuurile, siis on künnil väiksem vajadus kasutada taimekaitset, mis kajastub ka väiksemates taimekaitsekuludes võrreldes otsekülviga. Otsekülvil tehti suuremaid väetamiskulusid, mis võis olla ka toeks mõnevõrra kõrgema keskmise saagikuse saavutamisel võrreldes künniga (tabel 2). Otsekülvil tingis veidi kõrgem saagikus ka mõnevõrra suuremad saagikäitlemise kulud võrreldes künnipõhiste variantide keskmisega.

Kultuuride lõikes olid tootmiskulud variantide ja aastate keskmisena järgmised: talinisu 744, suvinisu 700, suviadral 587 ja kaeral 515 EUR ha⁻¹ ($p < 0,05$). Aastate 2012–2014 võrdluses toimus tootmiskulude kasv, kuid see ei olnud statistiliselt oluline, vastavalt 599, 658 ja 721 EUR ha⁻¹.

Sarnaselt tootmiskuludega olid ka keskmised kasumid otsekülvil ja künnil peaaegu võrdsed, vastavalt 158 ja 157 EUR ha⁻¹. Talinisu ja kaera tootmise kasum oli otsekülvil suurem (kaeral kahjum väiksem) kui künnil (tabel 4), suvinisu ja odral aga vastupidi. Talinisu keskmine saagikus (tabel 2) ja tulu olid otsekülvil oluliselt suuremad kui künnil, samas kui kulud olid peaaegu võrdsed (tabel 4). Kaeral olid kulud otsekülvil väiksemad ning saagikus ja tulu, küll ebaoluliselt, aga siiski suuremad võrreldes künniga. Suvinisu ja -odral andis künni seetõttu suurema kasumi, et künnil oli saagikus ja seega tulu suurem ning tootmiskulud väiksemad kui otsekülvil.

Liigiti võrdluses oli keskmiseks kasumiks talinisu 281, suvinisu 294, suviadral 191 ja kaeral -135 EUR ha⁻¹ ($p < 0,05$). Kuigi nisu tootmine on oluliselt kulukam võrreldes

Tabel 3. Keskmised kulud katsepõldudel tööde kaupa sõltuvalt viljelusviisist EUR ha⁻¹

Töö	Otsekülvi põllud	Künnipõllud	Künni ja otsekülvi vahe
Väetamine	191	183	-8
Taimekaitse	79	70	-9
Mullaharimine	0	62	62
Külvamine	127	102	-25
Hooldustööd	1	2	1
Saagi käitlemine	243	230	-13

Tabel 4. Teraviljade keskmised tootmiskulud ja kasum sõltuvalt viljelusviisist

Kultuur	Viljelusviis	Kulud, EUR ha ⁻¹	Kasum, EUR ha ⁻¹
Suvioder	Otsekülv	602	150
	Künd	571	232
Suvinisu	Otsekülv	685	230
	Künd	715	358
Talinisu	Otsekülv	744	347
	Künd	743	209
Kaer	Otsekülv	479	-96
	Künd	551	-173

kaera või odra tootmisega, on selle saagikus ja müügihind viimaste vastavatest näitajatest nii palju kõrgemad, et nisu kasumlikkus on siiski suurim.

Kokkuvõte

Saagikuste analüüs näitas, et käesolevas uuringus oli otsekülvil talinisu saagikusele oluliselt positiivsem mõju võrreldes künniga. Kaeral, suvinisul ja suviodral ei olnud saagierinevused erinevate viljelusviiside võrdluses olulised.

Künni- ja otsekülvipõhiste põldude kuludes on tööde kaupa erinevused, kuid kulude summas oluline erinevus puudus. Kultuuriti olid suurima tootmiskuluga nisu, neist oluliselt madalamaga aga suvioder ja kaer. Hoolimata tõusutrendist ei olnud tootmiskuludel aastate võrdluses olulist erinevust.

Katsepõldude keskmisena andsid nii otsekülvi kui ka künni kasutamine võrdset kasumit. Talinisu ja kaera kasvatamisel oli otsekülvil suurem kasum (kaeral väiksem kahjum) kui künnil, suvinisul ja suviodral aga vastupidi. Kultuuriti võrdluses oli kõige kasumlikum nisu tootmine, kaera tootmine oli aga kahjumlik.

Märkida tuleb aga, et praeguse andmemahu juures peab olema üldistustega ettevaatlik, kuna andmeid koguti kolme aasta vältel ja esimesel aastal olid andmed ainult osade piirkondade kohta. Kultuurid ei olnud esindatud igal aastal kõigis piirkondades ja kohati olid võrdluspairesiseselt erinevad sordid. Usaldusväärsema üldistuse tegemiseks oleks vaja suuremat andmemahtu.

Tänuavaldused

Uurimistöö on tehtud riikliku programmi „Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2009–2014“ raames rahastatava rakendusuuringuprojekti „Erinevate viljelusmeetodite (sh otsekülv) rakendusteaduslik kompleksuuring“ toel.

Kasutatud kirjandus

- Arvidsson, J., Etana, A., Rydberg T. 2014. Crop yield in Swedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983–2012. – *European Journal of Agronomy* **52**, 307–315.
- Semb Tørresen, K., Skuterud, R., Weiseth, L., Tandsæther, H.J., Haugan Jonsen, S. 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. I. Grain yield and weed development. – *Crop Protection* **18**, 595–603.
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J. 2012. No-Till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. – *Soil and Tillage Research* **118**, 66–87.

Makroelementide sisalduse määramisest mullas Mehlich 3 meetodil

Tõnu Tõnutare, Ako Rodima, Raimo Kõlli, Kadri Krebstein

Eesti Maaülikool

Priit Penu, Jaanus Rebane

Põllumajandusuuringute Keskus

Allan Künnapas

Quantum Eesti AS

Abstract. Tõnutare, T., Rodima, A., Kõlli, R., Krebstein, K., Penu, P., Rebane, J., Künnapas, A. 2015. About determination of macroelements content in soil by Mehlich 3 method. – Agronomy 2015.

The objective of this study was to compare the results of soil analysis by two multielemental analytical methods – ICP-OES and MP-AES. In the experiment the different soil types with various texture, content of organic matter and pH were used. The plant available nutrients Ca, K and P were estimated by Mehlich 3 extraction. The ICP-OES analyses were performed in the Estonian Agricultural Research Centre and MP-AES analyses in the Department of Soil Science and Agrochemistry at Estonian University of Life Sciences. From the results of 100 soil sample analyses the range of nutrient concentrations, average and median values for ICP and MP methods were calculated. Also the correlation coefficients for the Ca, K and P for ICP vs MP were calculated. The content of Ca, K and P determined by ICP-OES are slightly higher compared to the results obtained by MP-AES. The results of soil P content determined by MP-AES are not reliable.

Keywords: Mehlich 3, analysis of soil nutrient content, ICP-OES, MP-AES

Sissejuhatus

Mulla taimetoiteelementidega varustatuse kohane teave on oluline nii kvaliteetse taimekasvatustoodangu kui ka keskkonnatervise seisukohalt (Ige *et al.*, 2005; Matula, 2009). Taimetoiteelementide sisalduse määramiseks mullast on välja töötatud palju eri meetodeid. Üks maailmas laialt kasutatav on Adolf Mehlichi välja töötatud ekstraheerimislahust kasutatav analüütiline protseduur, mida tuntakse Mehlich 3 nime all (Mehlich, 1984). Meetodi laialdane kasutuselevõtt on tingitud tema universaalsest iseloomust. Mehlich 3 sobib kasutamiseks väga erinevate muldade puhul ning ta võimaldab määrata ühest ja samast lahusest nii makroelementide kui ka mikroelementide sisaldused (Mehlich, 1984). Kuna Mehlich 3 meetodi väljatöötamisest möödunud aja jooksul on laboratoorne analüütiline aparatuur suurel määral arenenud, siis on makroelementide puhul kasutusel nii aatomabsorptsioon-spektromeetrilised (AAS), -emissioonspektromeetrilised (ICP-OES) (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy) kui ka massispektromeetrilised (ICP-MS) (ICP Mass Spectrometry) meetodid (Mañásek *et al.*, 2013; Paz-Ferreiro *et al.*, 2014; Pittman *et al.*, 2005). Fosfori puhul kasutatakse lisaks ICP-OES-i meetodile laialdaselt ka spektrofotomeetrilist meetodit (Adesanwo *et al.*, 2013; Iatrou *et al.*, 2014; Pittman *et al.*, 2005). Eri analüütiliste seadmete kasutamine võib aga põhjustada tulemustes erinevusi. Teadusuuringud on selgitanud välja, et eri elementide puhul võivad ainult kasutatavast aparatuurist tingitud erinevused tulemustes ulatuda kuni 30% (Adesanwo *et al.*, 2013; Mallarino, 2003; Pittman *et al.*, 2005). Analüütilise aparatuuri areng on viimase kahe-kolme aasta jooksul lisanud multielementsete analüüsideadmete nimekirja veel ka meetodi MP-AES (Microwave Plasma-Atomic Emission

Spectrometry; Kamala *et al.*, 2014; Lorentz, Holloway, 2013). Kuna tegemist on uue analüütilise meetodiga, siis puuduvad kontrollitud andmed selle kohta, millised aparaatsed seadistused annaksid teiste analüütiliste meetoditega võimalikult hästi korreleeruvaid tulemusi. Meie töö eesmärk oli välja selgitada, kuivõrd kokkulangevad on P-AES-i ja ICP-OES-i meetodite tulemused makroelementide Ca, K ja P määramisel mullast.

Materjal ja meetoodika

Katsete tegemiseks kasutati erineva lõimise, orgaanilise aine sisalduse ja pH väärtusega mullaproove. Kasutatud mullaproovide pH jäi vahemikku 4,7 kuni 8,0 ja orgaanilise süsiniku sisaldus 0,2% kuni 4,0%. Uurimiseks kasutatud 100 mullaproovi pärinesid A, B ja C mulla geneetilistest horisontidest. Mullaproovid jagati kaheks osaks ja ICP-OES-i analüüsid tehti Põllumajandusuuringute Keskuse agrokeemia laboratooriumis Sakus ning MP-AES-i analüüsid EMÜ mullateaduse ja agrokeemia osakonna laboris Tartus. Taimede toiteelementide ekstraheerimiseks mullast kasutati vastavalt Mehlich 3 meetodile valmistatud ekstraheerimislahust, mis koosneb 0,25 M NH_4NO_3 ; 0,2 M CH_3COOH ; 0,015 M NH_4F ; 0,013 M HNO_3 ; 0,001 M EDTA- Na_2 (Mehlich, 1984). Ekstraheerimiseks kaaluti 5 g mullaproovi ja lisati sellele 50 ml ekstraheerimislahust. Peale loksutamist suspensioon filtreeriti ja saadud selget lahust kasutati spektromeetriteks analüüsideks. ICP-OES-i analüüsi teostamiseks kasutati seadet Thermo Scientific iCap 6500 ja MP-AES-i analüüs tehti seadmel Agilent MP 4100 MP-AES. ICP-OES ja MP-AES on multielementsed elementaaranalüüsi spektromeetrid, kus kõrgetemperatuurset plasmast kasutatakse aatomite ergastamiseks ja seejärel plasmast emiteeruvate footonite energiat elementide sisalduse määramiseks. ICP-OES-i puhul tekitatakse plasma argooni voolus, kasutades elektromagnetvälja. Plasma temperatuur on ~7000K. MP-AES-i plasma on madalama temperatuuriga – ~5000K. Mikrolaine plasma genereeritakse mikrolaine energia koondamise teel lämmastiku atmosfääris. Analüüside tegemisel kasutatud MP-AES-i seadistuste valimisel on lähtutud nii A. Guerin *et al.* (2012) esitatud andmetest kui ka seadme tarkvaras parameetrite optimeerimise algoritmiga saadud tulemustest (kasutatud optimaalse signaalitugevuse otsimise funktsiooni) (tabel 1). ICP-OES-i meetodil kasutati kalibratsioonigraafiku koostamiseks kolme kalibratsiooni lahust ja nulllahust, MP-AES-i kalibratsioonigraafik koostati kuue punkti abil (tabel 2). A. Guerin *et al.* (2012) on mulla Ca-sisalduse analüüsidel kasutanud laiemat (0–600 mg L⁻¹) aga K puhul kitsamat (0–30 mg L⁻¹) kontsentratsioonide vahemikku.

Kõigi elementide määramisel oli iga proovi sisestamise aeg 30 sekundit ja plasma stabiliseerumise aeg 15 sekundit. Kahe proovi vahel toimus süsteemi loputamine kestusega 25 sekundit. ICP-OES iCap 6500 Duo töötas analüüside tegemisel võimsusel 1150 W, pihustuskambri gaasivoolu kiiruseks oli 0,7 L min⁻¹. Elementide määramiseks ICP-OES-i abil kasutati järgmisi lainepikkusi: P – 213,618 nm, K – 766,490 nm, ja Ca – 315,887 nm. Kõik elemendid määrati radiaalses režiimis.

Tulemused ja arutelu

Ca-sisalduse määramiseks kasutati kahte erinevat lainepikkust – 393,366 nm ja 430,253 nm. Kalibratsioonigraafik lainepikkusel 430,253 nm andis determinatsioonikordaja (R^2) väärtuseks 0,995. Lainepikkus 393,366 ei sobinud Ca-sisalduse määramiseks mulla ekstraktidest liiga suure intensiivsuse tõttu, sest Ca spektrijoone 393,366 nm intensiiv-

Tabel 1. MP-AES Agilent 4100 MP seadistused mullast makroelementide määramisel Mehlich 3 meetodil

Element	Lainepikkus, nm	Analüütilise signaali mõõtmise aeg, sekund	Plasmapöleti positsioon	Gaasi rõhk pihustuskambris, kPa
P	213,618	5	10	120
Ca	393,366	3	10	120
Ca	430,253	3	10	240
K	766,491	5	20	240
K	769,897	3	20	240

Tabel 2. Mehlich 3 meetodil mulla analüüsil kasutatud P, K ja Ca kalibratsiooni lahuste kontsentratsioonid (mg L⁻¹) ICP-OES-i ja MP-AES-i puhul

KL nr	Ca, mg L ⁻¹		K, mg L ⁻¹		P, mg L ⁻¹	
	ICP	MP	ICP	MP	ICP	MP
Null-lahus	0	0	0	0	0	0
KL-1	50	50	5	5	5	50
KL-2	100	75	10	7,5	10	75
KL-3	500	100	50	10	50	100
KL-4		250		25		250
KL-5		500		50		500
Vahemik	0–500	0–500	0–50	0–50	0–50	0–500

KL – kalibratsioonilahus.

sus on 36,6 korda suurem spektrihoone 430,253 nm intensiivsusest. Liiga kõrge intensiivsuse tõttu tuli 14 proovi puhul kasutada kahekordset lahjendust, kusjuures kõige kõrgema Ca-kontsentratsiooniga mullaekstrakt andis lahjendamata lahuse mõõtmisel 2 korda tugevama signaaliintensiivsuse kui kõige kõrgema kontsentratsiooniga Ca kalibratsiooni lahus (500 mg L⁻¹). Maksimaalne Ca-sisaldus mullaproovides on ICP-ga määrates kõrgem kui MP-ga määramisel. Sarnane on suhe ka madalamate Ca-sisalduste korral, mis on MP puhul *ca* 200 mg kg⁻¹ madalam (tabel 3). Regressioonivõrrandi tõusu järgi hinnates on Ca-sisalduse väärtus MP-AES-i kasutamisel 20% võrra väiksem ICP-OES-i tulemustest. Kui keskmiste tulemuste puhul jääb vahe sarnaseks äärmuslike sisalduste käitumisele, siis mediaanid on mõlema meetodi puhul praktiliselt võrdsed. ICP-OES-i ja MP-AES-i analüüsitulemuste omavahelise võrdluse R² väärtus on 0,88.

K-sisalduse määramiseks valiti spektrihooned lainepikkusega 766,491 nm ja 769,897 nm, kusjuures spektrihoone 766,491 intensiivsus on 1,93 korda kõrgem 769,897 nm spektrihoone intensiivsusest. Mõlema spektrihoone puhul oli kalibratsioonigraafiku determinatsioonikordaja väärtus >0,99. Spektrihoont lainepikkusega 766,491 nm kasutades on mulla K-sisalduste vahemik saadud laiem samadest lahustest lainepikkusel 769,897 saadud tulemustest. K kontsentratsioonide vahemik mullaproovides võimaldas mõlema spektrihoone puhul teha analüüsid ilma lahjendusi tegemata. ICP määramine annab suurema K-sisalduste vahemiku kui MP-AES-i puhul mõlema spektrihoone

Tabel 3. Mehlich 3 väljatõmbelahusest ICP-OES-i ja MP-AES-i meetoditel määratud makroelementide sisaldused mullas

Sisalduse näitaja	Mõõtühik	Ca		K			P		
		ICP ₃₁₅	MP ₄₃₀	ICP ₇₆₆	MP ₇₆₆	MP ₇₆₉	ICP ₂₁₃	MP ₂₁₃	
max	mg kg ⁻¹	12 390	10 088	304	264	227	291	262	
min	mg kg ⁻¹	492	288	12	19	24	6	7	
\bar{x}	mg kg ⁻¹	2940	2678	106	81	79	87	71	
Md	mg kg ⁻¹	1890	1875	91	70	70	76	47	
\bar{x} /Md		1,6	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,5	
Asümmeetrilisus	%	36	30	14	14	11	12	34	
R^2		0,88		0,90 ^a			0,92		0,81

\bar{x} – aritmeetiline keskmine, Md – mediaan, ^a – ICP vs MP₇₆₆, ^b – ICP vs MP₇₆₉.

juures ning MP-AES-i määramine annab mõlema kasutatud spektrijoone puhul praktiliselt samad keskmiste ja mediaanide väärtused. Regressioonivõrrandi tõusu järgi on MP-AES-i tulemus lainepikkusel 766,491 nm 24% ja 769,987 nm 48% võrra erinev ICP-OES-i kasutamisel saadud väärtusest. ICP määramiste keskmine ja mediaani väärtus on tunduvalt kõrgemad MP analüüsil määratud väärtustest. ICP-OES-i võrdlemisel MP-AES-i meetodiga on määratud K-sisalduste vaheline R^2 väärtus 766,491 nm, spektrijoone puhul 0,90 ja spektrijoone 769,897 nm kasutamisel 0,92.

P määramisel kasutati spektrijoont 213,618 nm, kuna see on viiest võimalikust jooonest kõige intensiivsem. Intensiivsusest 27% nõrgem spektrijoon 214,915 nm jäi katsest kõrvale, sest lainepikkusel 215,080 nm asub Ca spektrijoon, mis võib oma läheduse tõttu määramistulemust mõjutama hakata. P kalibratsioonigraafiku R^2 on 0,97. Paljude määratud proovide sisaldused jäid allapoole madalaimat kalibratsiooni lahust. P määramisele avaldab negatiivset mõju nii spektrijoone madal intensiivsus kui ka mitmete sarnase intensiivsusega spektrijoonete asetsemine vahetus läheduses. P määramisel on madalamad kontsentratsioonid mõlema meetodi puhul praktiliselt võrdsed, maksimaalne kontsentratsioon on aga ICP puhul 10% võrra kõrgem. ICP kasutamisel saadud analüüsitulemuste keskmise väärtuse ja mediaani vaheline erinevus on väike. MP kasutamine annab madalamad keskmise ja mediaani väärtused. Tähelepanu äratav 33% erinevus mediaani ja keskmise väärtuse vahel. ICP ja MP meetodil saadud Mehlich 3 fosforisisalduste omavaheline determinatsioonikordaja on kirjeldatud katses uuritud elementidest kõige madalama väärtusega – $R^2 = 0,81$.

Tulemused näitavad positiivset asümmeetriat kõigi elementide määramisel nii ICP-OES-i kui MP-AES-i määramisel. Kõige suurem asümmeetrilisus ilmneb Ca määramisel sõltumata kasutatavast seadmest ning fosfori määramisel MP-AES-i kasutades. Madala asümmeetrilisusega on kõik katses käsitletud K määramise ja P määramise tulemused ICP-OES-i puhul. Lähtudes asümmeetria väärtustest on kõige korrektsemad ja omavahel võrreldavad tulemused K määramisel Mehlich 3 meetodil. Eri instrumentaalsete meetoditega määratud Ca-sisalduse analüüsitulemuste võrdlemisel on vaja silmas pidada suurt positiivset asümmeetriat väärtust nii ICP kui ka MP meetodil, mis on tõenäoliselt ka suhteliselt madala determinatsioonikordaja ($R^2 = 0,88$) üks põhjustaja.

Järeldused

Kõigi kolme mullast määratud makroelemendi maksimaalsed sisaldused olid ICP meetodil kõrgemad kui MP meetodiga määramisel saadud tulemused, mis tõenäoliselt on tingitud madalamast plasma temperatuurist.

Mehlich 3 meetodil määratud mulla Ca-sisaldused on MP-AES-i puhul võrreldavad, kuigi veidi madalamad ICP-OES-i kasutamisel saadud tulemustest, kusjuures mulla kõrgemate Ca-sisalduste puhul tuleb arvestada proovide lahjendamise vajadusega.

K analüüsitulemused MP meetodil on koondunud väiksemasse kontsentratsioonivahemikku võrreldes ICP meetodiga. Kuigi ICP analüüsitulemuste keskmise ja mediaani väärtused on MP omadega võrreldes kõrgemad, omavad nad sama asümmeetria väärtust ja analüüsitulemused on omavahel võrreldavad.

MP-AES-i kasutamisel saadud mulla P sisaldused Mehlich 3 meetodil kirjeldatud katsetingimustel ei olnud usaldusväärsed. See võib olla põhjustatud P spektrijoone 213,618 nm madalast intensiivsusest ja spektri komplitseeritusest selle lähiümbruses.

Tänuavaldused

Autorid tänavad Imbi Albret ja Indrek Suitsot abi eest mullaanalüüside tegemisel. Uurimistöös kasutati seadmeid, mis on soetatud SA Archimedes meede 3.2.3 alameetme „Teadus ja arendusasutuste teadusaparatuuri ja seadmete kaasajastamine“ projekti „Analüsaatorid ja seiresüsteemid“ raames.

Kasutatud kirjandus

- Adesanwo, O.O., Ige, D.V., Thibault, L., Flaten, D., Akinremi, W. 2013. Comparison of Colorimetric and ICP Methods of Phosphorus Determination in Soil Extracts. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **44** (21), 3061–3075.
- Guerin, A., Steeg, U., Abdelnour, Y. 2012. Determination of exchangeable cations in soil extracts using the Agilent 4100 Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer. *Application note*. Agilent Technologies, Inc. Waldbronn, Germany. 1–8.
- Iatrou, M., Papadopoulos, A., Papadopoulos, F., Dichala, O., Psoma, P., Bountla, A. 2014. Determination of Soil Available Phosphorus using the Olsen and Mehlich 3 Methods for Greek Soils Having Variable Amounts of Calcium Carbonate. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **45** (16), 2207–2214.
- Ige, D.V., Akinremi, O.O., Flaten, D.N. 2005. Environmental index for estimating the risk of P loss in calcareous soils of Manitoba. – *Journal of Environmental Quality* **34** (6), 1944–1951.
- Kamala, C.T., Balaram, V., Dharmendra, V., Satyanarayanan, M., Subramanyam, K.S.V., Krishnaih, A. 2014. Application of Microwave Plasma Atomic Emission Spectrometry (MP-AES) for environmental monitoring of industrially contaminated sites in Hyderabad City. – *Environmental Monitoring and Assessment* **186** (11), 7097–7113.
- Lorentz, P., Holloway, J. 2013. Spectroscopy (MP-AES) for routine elemental analysis of soil extract solutions. – *13th International Symposium for Soil and Plant Analysis. Book of abstracts*. Queenstown, New Zealand, 54 lk.
- Mallarino, A.P. 2003. Field Calibration for Corn of the Mehlich-3 Soil Phosphorus Test with Colorimetric and Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy Determination Methods. – *Soil Science Society of America Journal* **67** (6), 1928–1934.
- Maňásek, J., Lošák, T., Prokeš, K., Hlušek, J., Vítězová, M., Škarpa, P., Filipčík, P. 2013. Effect of nitrogen and potassium fertilization on micronutrient content in grain maize (*Zea mays* L.). – *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **61** (1), 123–128.

- Matula, J. 2009. A relationship between multi-nutrient soil tests (Mehlich 3, ammonium acetate, and water extraction) and bioavailability of nutrients from soils for barley. – *Plant, Soil and Environment* **55** (4), 173–180.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **15** (12), 1409–1416.
- Paz-Ferreiro, J., Lado, M., de Abreu, C.A. 2014. Variability in soil micronutrients extracted by DTPA and Mehlich-3 at the plot scale in an acidic environment – *Geophysical Research Abstracts* **16**, 16642.
- Pittman, J.J., Zhang, H., Schroder, J.L., Payton, M.E. 2005. Differences of Phosphorus in Mehlich 3 Extracts Determined by Colorimetric and Spectroscopic Methods. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **36** (11–12), 1641–1659.