A vibrant photograph of a butterfly with black, orange, and white wings perched on a purple flower spike. The background is a lush green field of similar plants.

TEADUSELT

MAHEPÕLLUMAJANDUSELE

Toimetised
2019

Teaduselt

mahepõllumajandusele

Toimetised

Tartu 2019

See on neljas, juba traditsiooniks kujunenud mahetootjatele suunatud eelretsenseeritud artiklite kogumik, tähistamaks 30 aasta möödumist mahetootmise algusest Eestis. Kogumikus tutvustatakse aastatel 2017–2019 läbi viidud mahepõllumajandusealaste uuringute tulemusi.

Toimetajad: *Luule Metspalu, Anne Luik*

Kujundus: *Eesti Loodusfoto*

Kaanefoto: *Peep Vermes*

Väljaandja: *SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, 2019*

ISSN 2585-5662



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse

- 7 Möttemõlgutus sissejuhatuseks**
Some thoughts for introduction
Anne Luik
- 9 Eestis punase ristiku põlde küllastavate kimalaste liigirikkuses 50 aasta jooksul toimunud muutused**
Bumblebee diversity changes on the red clover fields during 50 years in Estonia
Anna Bontšutšnaja, Reet Karise, Marika Mänd
- 15 Talinisu kasvuala mulla orgaanilise süsiniku, mikroobide aktiivsuse ja lämmastiku sisaldus erinevates viljelussüsteemides**
Soil organic carbon, microbial activity and nitrogen content of the winter wheat field depending on the cultivation system
Viacheslav Eremeev, Jaan Kuht, Liina Talgre, Maarika Alaru, Helena Madsen, Evelin Loit, Anne Luik
- 22 Pool-looduslike koosluste produktsioonist**
Production of semi-natural communities
Katrin Heinsoo, Tiiu Kull, Indrek Melts
- 28 Abiks kartulimardikale**
Emergency food aid for Colorado potato beetles
Küllli Hiisaar, Katrin Jõgar
- 34 Külvikorras sõnniku kasutamine parandab mullaviljakust ja suurendab maheviljeluse tulukust**
The impact and profitability of manure application in the organically managed crop rotation
Malle Järvan, Raivo Vettik, Liina Edesi, Miralda Paivel

- 40 Viljelusviisi mõju talirukki terasaagile ja jahu küpsetusomadustele**
The yield and bread-baking properties of winter rye depending on cultivation methods
Malle Järvan, Lea Lukme
- 46 Mulla mikrobioloogine aktiivsus ja suviteraviljade saak biostimulaatorite kasutamisel maheviljeluses**
Soil microbial activity and grain yield of spring cereals by using biostimulants in organic farming system
Tiia Kangor, Liina Edesi, Ilmar Tamm, Merlin Haljak
- 52 Bioloogilise insektitsiidi BotaniGard 22WP potentsiaal hiilamardikate tõrjel?**
Potential of a bio-insecticide BotaniGard 22WP against pollen beetles on oilseed rape?
Reet Karise, Anne Must, Marika Mänd
- 58 Eestis ja Poolas aretatud musta sõstra sortide võrdlev hindamine**
Evaluation of black currant varieties bred in Estonia and Poland
Ave Kikas, Asta-Virve Libek
- 64 Punase ristiku mõju mulla orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisaldusele ning mikroobide aktiivsusele mahe- ja tavaviljeluses**
Effect of red clover on the content of soil organic carbon and total nitrogen and microbial activity in organic and conventional farming
Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Liina Talgre, Maarika Alaru, Evelin Loit, Anne Luik
- 70 Mitmekesise külvikorraga maheviljelus loob eeldusi kestlikuks majandamiseks**
Organic cropping with diverse rotation prepares for sustainable management
Anne Luik, Viacheslav Eremeev, Helena Madsen, Evelin Loit, Liina Talgre
- 76 Valge peakapsa maakirbuvaba kasvatuse võimalikkusest**
Possibilities of flea beetle free growing of white cabbage
Luule Metspalu, Pille-Riin Meltsas, Angeliina Deniz, Angela Ploomi, Katrin Jõgar

- 82 Pisieoselised *Nosema apis* ja *Nosema ceranae* meemesilastes – muutus ajas ning liigiline jaotus**
Microsporidian parasites *Nosema apis* and *Nosema ceranae* in honeybees – changes in time and species distribution
Sigmar Naudi, Bellis Kullman, Juris Šteiselis, Lea Tummeleht, Margret Jürison, Risto Raimets, Reet Karise
- 88 Ränihappe mõju kurgi istiku kasvule ja keemilisele koostisele**
The effect of Silicic acid on the growth and nutrient content of cucumber transplants
Margit Olle
- 93 Hariliku kärna hindamine kartulisordi 'Teele' mugulatel**
Assessment of common scab on cultivar 'Teele' tubers
Eve Runno-Paurson, Teevi Tuul, Viacheslav Eremeev
- 98 Kartuli kuivlaiksuse esinemine sordil 'Teele'**
Early blight development on potato cultivar 'Teele'
Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev
- 103 Lehekaudsete biostimulaatorite kasutamine musta sõstra maheistandikus**
Foliar application of biostimulants in organic black currant plantation
Reelika Rätsep, Kersti Kahu, Liina Arus, Hedi Kaldmäe, Kadi Looga, Pille-Riin Kõks
- 109 Kaaliumi- ja väävlirikaste mahevätiste tõhususest põldheina-teravilja külvikorras**
Efficiency of Kalisop and Patentkali fertilization in leguminous hay-cereal crop rotation
Karli Sepp, Marje Särekanno, Jaan Kanger
- 115 Biostimulaatorite mõju vahekultuuride biomassile ja mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele**
The effect of biostimulants on catch crop biomass and soil microbial activity
Liina Talgre, Helena Madsen, Evelin Loit, Anne Luik
- 120 Põllukultuuride saak ja sööda kvaliteet maheviljeluses**
The yield and quality of forage crops in organic farming
Uno Tamm, Heli Meripõld, Silvi Tamm, Liina Edesi, Valli Loide

- 126 Uue odrasordi 'Tuuli' katsetulemused maheviljeluse tingimustes**
The trial results of the new barley variety 'Tuuli' in organic farming
Ülle Tamm, Ilmar Tamm, Hans Küüts
- 131 Talviste vahekultuuride biomassi moodustamise ja lämmastiku sidumise võime**
The biomass and nitrogen accumulation of winter cover crops
Merili Toom, Liina Talgre, Sirje Tamm, Lea Narits, Enn Lauringson
- 136 Talirukki kahjurid maheviljeluses**
Pests of winter rye in organic (ecological) farming
Ilme Tupits
- 142 Kartulisortide ja -aretiste mugulasaak ja saagistruktuur mahe- ja tavaviljeluse katsetes 2018. aastal Jõgeval**
The tuber yield and yield structure of the potato varieties and breeds in organic and conventional trials at Jõgeva in 2018
Terje Tähtjärv, Aide Tsahkna
- 147 Õunapuu kärntõveresistentsed sordid on maheviljeluses uus võimalus**
Apple scab resistant cultivars are new opportunity in organic growing
Toivo Univer
- 153 Ungari lõhnapüünised hiilamardikate seire vahendina**
Effectiveness of lure traps for pollen beetles as a monitoring tool
Eve Veromann, Triin Lõhmus, Gabriella Kovács

Möttemõlgutus sissejuhatuseks

Some thoughts for introduction

Anne Luik

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► anne.luik@emu.ee

Eesti mahepõllumajandus tähistab tänavu oma kolmekümnendat tegevusaastat. Praeguseks katab mahemaa juba pisut enam kui viiendikku meie põllumajandusmaast. Iga algus on raske, kuid alustajad alati südid. Nii on olnud ka aastal 1989 mahepõllumajandusliikumisele alusepanija Eesti Biodünaamika Ühinguga (EBÜ), milles ühe asutajaliikmena ning ideoloogilise isana on olnud väga suur ja tänuväärne roll Arvo Purgal. Tema kõrval samuti Juhan Särgaval. Nende toel sündis 1997. aastal ka Eesti esimene mahepõllumajanduse seadus. Teadmisi toodi sisse välismaal õppides ja välismaiste konsulentide abiga siin kohapeal koolitusi tehes ning mahetootjate arvukus tõusis. EBÜ lõi vajalikud regulatsioonid ja kontrollsüsteemi. Kohalike tootjate baasil kujunesid paikkondlikud tootjate ühendused.

Uue suure hoo andis arengusse mahetoetuse riikliku süsteemi rakendamine 2000. aastal. Mahetootmise ja -toodete usaldusväärsust tõstis riikliku kontrollsüsteemi paikapanek 2001. aastal. Selle loomises mängis olulist rolli Eve Ader.

Nii tootmise kui maheturu arendamine nõuab kogu aeg uusi teadmisi. Alates 1996. aastast on järjepidevalt tootjateni viinud nii välis- kui kodumaist mahepõllumajanduse alast teavet Ökoloogiliste Tehnoloogiate Keskuse poolt väsimatu püsi-toimetaja Merit Miku toimetatav „Mahepõllumajanduse Leht“. Aastast 2000 on nii kirjasõnas kui erinevate koolituste, õppereiside jms kaudu laiaulatuslikult teadmisi levitanud Airi Vetemaa energilisel eestvedamisel Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus. Teavitustegevused on olnud rahastatud nii põllumajandusministeeriumi (maaeluministeeriumi) kui erinevate projektide toel.

Aastal 2008 loodud Eesti Maaülikooli Mahekeskus püüab nii ülikooli sees kui ka eri teadusasutuste vahel tuua kokku teaduse tegijaid mahepõllumajanduse vallas ning viia nende loodud teadmisi erinevatel viisidel nii mahevaldkondades tegutsejateni kui laiema publikumini, saades samas tagasisidet ka teaduse poolele. Neid tegevusi on enam kui kümme aastat südilt juhtinud Elen Peetsmann, kes on ka teadmussiirde pikaajalise programmi juhiks mahepõllumajanduse valdkonnas.

Käesolev teadusartiklite kogumik on alates 2012 aastast juba neljas, kus tutvustatakse aastatel 2017–2019 läbi viidud mahepõllumajanduse alaste uuringute tulemusi, näidates, et nendega on kaetud üksnes osa valdkondi. Tegijad vajavad aga laiemat pilti. Loodame selleks teadustegevuse edasist, senisest ulatuslikumat rahastamist.

Eestis punase ristiku põlde küllastavate kimalaste liigirikkuses 50 aasta jooksul toimunud muutused

Bumblebee diversity changes on the red clover fields during 50 years in Estonia

Anna Bontšutšnaja, Reet Karise, Marika Mänd

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut ▶ anna.bontsutsnaja@emu.ee

Sissejuhatus

Seoses rahvastiku kasvu ja toidu nõudluse suurenemisega on ka põllumajanduslik koormus keskkonnale oluliselt muutunud. See on kaasa toonud muutusi meie elukeskkonnas: maastiku lihtsustumise, taime- ning loomakoosluste liigirikkuse vähenemise, jne (Goulson jt., 2015; Crenna jt., 2016). Üks olulisematest mitmekesise keskkonna poolt pakutavatest hüvedest on tolmeldamine, mis tagab nii inimeste kui looduskoosluste heaolu ja jätkusuutlikkuse (Potts jt., 2016).

Teadaolevalt moodustavad mesilaselaadsete, *Apoidea* ülemsugukonda kuuluvad putukad tolmeldajatest ühe suurema rühma (Ollerton, 2017). Parasvõetmes on kimalased (*Bombus* sp) nende hulgas olulisemad looduslikud tolmeldajad. Kahjuks on viimaste aastakümnete jooksul mitmetes regioonides täheldatud drastilisi kimalaste liigirikkuse ja arvukuse vähenemisi (Spiesman jt., 2017). Eelkõige just põllumajanduse intensiivistumise tõttu, kuigi peale selle on märgatavat mõju avaldanud arvatavasti ka kliima muutused. Olulisemad muutused on toimunud põhjapoolkera lõunapoolsetes regioonides, kus ilma soojenemine sunnib seal elavaid liike pääsema ebasoodsatest tingimustest, liikudes põhja suunda (Kerr jt., 2015; Oyen jt., 2016; Marshall jt., 2018). Leviala muutus mõjutab negatiivselt nende liikide esinemissagedust, kelle soojataluvus ei luba enam edukalt lõunaregioonides areneda. Põhjamaades on olukord vastupidine, kus tänu elupaikade nihkumisele võib toimuda pigem uute liikide juurde tulek.

Lisaks globaalsetele protsessidele mõjutab tolmeldajate faunat otseselt ka inimtegevus. Urbaniseerumise ja põllumajanduse laienemise käigus vähenevad kimalaste võimalused leida pesitsus- ja toitumispaiku. Ka Eestis on põllumajandusliku maa kasutuses viimasel poolsajandil toimunud suured muutused. Kui 1980. aastate lõpus oli Eesti territooriumist põllumajanduslike maade all üle

30% (Mander ja Palang, 1994), siis 1990. aastatel langes see märgatavalt. Alates 2015. aastast on see näitaja taas tõusuteel, olles jõudnud tänaseks 23,4%-ni (Eesti Statistika, 2019). Vaatamata sellele, et põldude pindala on suurenenud ainult 200 000 ha võrra, on kasutatavate pestitsiidide hulk sama perioodi jooksul kasvanud ligikaudu 4 korda (Eesti Statistika, 2019). Maakasutuse muutustega on kaasa käinud muutused ka meil kasvatatavate kultuuride liigilises koosseisus. Nii näiteks hakati vahepeal vähem esindatud liblikõielisi kultuure võtma sagedamini külvikorda siis, kui Eestis alustati keskkonnasõbraliku põllumajanduse toetuse jagamist (Marja jt., 2018).

Arvestades maakasutuses toimuvaid ja sellega kaasnevaid muutusi ning kliimamuutusest põhjustatud nihkeid, on ülioluline hinnata looduslike tolmeldajate populatsioonide hetkeseisu ja jätkusuutlikkust. Antud uuringu eesmärgiks on analüüsida, kuidas on muutunud Eesti kimalaste liigiline koosseis kahe pika ajaperioodide vältel, aastatel 1955–1967 ja 2007–2016.

Materjal ja meetodika

Kimalaste seires kasutati standardiseeritud protokoll, kus tolmeldajad loeti 100 m pikkuse ja 2 m laiustelt transektidelt. Kimalaste liigid määrati õite külastamise ajal nende välimuse ning värvuste järgi. Kahtluse korral korjati kimalane kaasa ning liigi määramine toimus laboritingimustes mikroskoobi abil morfoloogiliste tunnuste järgi.

Esimesel ajaperioodil, aastatel 1955–1967 oli kimalasi loendatud Jõgeva katsejaama punase ristiku (*Trifolium pratense* L.) põldudel. Teine ajaperiood algas 2007. aastast, kus kimalaste seire viidi kümne aasta jooksul läbi Lõuna- ja Kirde-Eestis punase ristiku põldudel.

Tulemused ja arutelu

Esimese perioodi jooksul (aastatel 1955–1967) loendati kokku 6352 isendit. Nendest 78,2% olid liigid, kes tolmeldasid punase ristiku õisi, kuid 1381 isendil ei märgatud tolmeldamiskäitumist. Sel perioodil määrati kokku 15 kimalaste liiki (tabel 1). Järgmise vaatlusperioodi jooksul loendati kokku 1105 isendit, kes esindasid 18 erinevat kimalase liiki. Tabelis 1. kirjeldatakse 87,5% Eestis elavatest päriskimalaste liikidest.

Kahte vaatlusperioodi tulemusi võrreldes selgus, et Eestisse oli juurde tulnud kolm uut liiki: *B. terrestris*, *B. schrencki* ja *B. semenoviellus*, kelle ilmumist meie aladele põhjendatakse kas kliima muutumisega või leviala loomuliku nihkumisega. Neist uutest liikidest on tänaseks *B. terrestris* levinud üle kogu Eesti, kuid ülejäänud kaks liiki on piiratud levikuga.

Üldiselt on kõik käesolevas andmestikus (tabel 1) esinevad kimalaste liigid oma toiduvalikult generalistid (paljutoidulised), st väga laia toidubaasiga ning nende toiduvalik ei ole sõltuv ühest kindlast taimeliigist. Küll võib aga esineda, eriti pika- ja lühisuiseliste liikide vahel, erinevusi toidutaime valikul ning seda mõjutavad just nende morfoloogilised iseärasused. Hoolimata sellest, et punane

Tabel 1. Kimalaste liikide osakaal 1955.–1967. ja 2007.–2016. aastate vaatlusperioodidel. Helehallina on märgistatud read, kus on ohustatud liikideks tunnistatud kimalased (Nieto jt., 2014). Tärniga on märgistatud liigid, kelle osakaal on statistiliselt oluliselt muutunud kahe vaatlusperioodi vahel

Liik	1955–1967, %	2007–2016, %	Ohustatud	Suiste pikkus
<i>B. lucorum</i>	21,5	25,8	Ei*	Lühikesed- või keskmised
<i>B. lapidarius</i>	8,9	14,2	Ei*	Lühikesed- või keskmised
<i>B. pascuorum</i>	11,9	10,4	Ei	Lühikesed- või keskmised
<i>B. sylvarum</i>	4,1	9,2	Ei*	Lühikesed- või keskmised
<i>B. terrestris</i>	–	6,9	Ei	Lühikesed- või keskmised
<i>B. veteranus</i>	15,2	6,5	Ei*	Lühikesed- või keskmised
<i>B. soroensis</i>	0,15	4,4	Ei*	Lühikesed- või keskmised
<i>B. ruderarius</i>	6,9	2	Jah*	Lühikesed- või keskmised
<i>B. schrencki</i>	–	0,6	Ei	Lühikesed- või keskmised
<i>B. muscorum</i>	3	0,5	Jah*	Lühikesed- või keskmised
<i>B. humilis</i>	0,2	0,5	Ei	Lühikesed- või keskmised
<i>B. pratorum</i>	0	0,5	Ei	Lühikesed- või keskmised
<i>B. hypnorum</i>	0,1	0,3	Jah	Lühikesed- või keskmised
<i>B. semenoviellus</i>	–	0,1	Ei	Lühikesed- või keskmised
<i>B. jonellus</i>	0,5	0,1	Ei	Lühikesed- või keskmised
<i>B. hortorum</i>	17,3	12,4	Ei*	Pikad
<i>B. subterraneus</i>	2,9	3,5	Ei	Pikad
<i>B. distinguendus</i>	6,7	1,5	Ei*	Pikad
<i>Bombus</i> sp.	0,7	0,6		

ristik sobib eelkõige pikasuiselistele liikidele, külastavad muude taimede vähesuse korral seda ka lühemate suistega liigid. Samas on mitmetel lühemate suistega liikidel omapärane käitumine, mis päädib nektari varastamisega. Nektari saamiseks näritakse õie põhi läbi ning sellega õit ei tolmeldata (Bender, 1999a). Teiste samaväärsete toiduallikate olemasolul ei pruugi lühisuiselised liigid punase ristiku õisi üldse külastada (Bender, 1999b).

Mõlematel vaatlusperioodidel moodustas kimalastest suurima osakaalu *B. lucorum*: 21,5% aastatel 1955–1967 ning 25,8% aastatel 2007–2016. Viimastel aastatel on oluliselt suurenenud ka kimalaseliikide *B. lapidarius* ja *B. sylvarum* osakaal. *B. pascorum* on praegu oma esinemissageduselt sarnane varasemale ajale, kus ta moodustas kõikidest liikidest 11,9% ning nüüd 10,4%. Ka *B. soroensis* esineb nüüd sagedamini kui varasemal perioodil (vastavalt 0,15% ja 4,4%).

Oluliselt on langenud *B. veteranuse* osatähtsus, erinevus kahe vaatlusperioodi vahel on umbes 2,5 kordne. Peale selle on märgatavalt vähenenud ka *B. ruderariuse*, ja *B. muscorumi*, arvukus ning neid kaht liiki peetakse koos liigiga *B. hypnorum* ohustatuks (Marja jt., 2018). Liike *B. hypnorum*, *B. humilis*, *B. pratorum* ja *B. jonellus* leiti mõlemal vaatlusperioodil väga harva, selle põhjus peitub arvatavasti siiski nähtavasti tõsiasjas, et punane ristik neile liikidele püsivaks toidutaimeks ei sobi.

Pikasuiselisteks kimalasteks loetakse Eesti kimalastest kolme liiki: *B. hortorum*, *B. distinguendus* ja *B. subterraneus* (Marja jt., 2018). Neist kahe esimese puhul täheldati esinemissageduse olulist vähenemist, kuid kolmas, *B. subterraneus* on säilitanud endise arvukuse taseme. Kui liike *B. distinguendus* ja *B. subterraneus* leitakse just punaselt ristikut (neile sobivaim ja piisavalt arvukalt esinev toidutaim), siis *B. hortorum* on sageli küll punase ristiku põldudel, kuid tema dieet varieerub suuremal määral. Hoolimata mõningatest esinemissageduste muutustest ei ole ühtegi pikasuiselise kimalase liiki meil veel ohustatuks klassifitseeritud (Marja jt., 2018), kuid tuleb arvestada, et neid mõjutavad oluliselt maakasutuse ja viljavahelduse muutused. Viimastel aastatel, kui keskkonnasõbraliku majandamise toetuse eeskirjades on lubatud ristikut asemel kasvatada põlduba ja -herne, võib see kaasa tuua ka punasele ristikule spetsialiseerunud liikide esinemissageduse vähenemise.

Eesti looduslikke alade pindala ning arvukus on võimeline toetama kimalaste jätkusuutlikust. Viimastel aastatel juurutatud toetused keskkonnasõbraliku

taimekasvatuse ja integreeritud põllumajanduse rakendamiseks on looduslike tolmeldajate jaoks soodsad: suurendatud on eelkõige liblikõieliste kultuuride ja ka teiste õitsvate taimede kasvatamist ning looduslike alade säilitamist põllumaastikus. Need on olulisimateks tolmeldajate toidubaasi ja elupaikade säilimist soodustavateks teguriteks (Hass jt., 2018).

Järeldused

Eesti kimalaste seis on üldiselt rahuldav ning võrreldes mõne teise Euroopa, Põhja-Ameerika ja ka Aasia riigiga ei ole pika ajavahemiku jooksul täheldatud drastilisi muutusi nende esinemissagedustes ja liigirikkuses. Varasemaga võrreldes on juurde tulnud kolm uut liiki. Eestis loodus on mitmekülgne ning tänasel päeval suhteliselt kimalasesõbraliku maastikuga. Kimalastele soodsaim on Lõuna-Eesti mosaiikne maastik. Külvikordade rakendamine on toonud kaasa liblikõieliste kultuuride kasvatamise tõusu. Need faktorid soodustavad kimalaste populatsioonide püsimist

Tänuavaldused. Uurimistööd finantseerisid Haridus- ja teadusministeerium IUT 36-2, Eesti Teadusagentuur projekt RITA1/02-10 ja Eesti Põllumajandusuuringute Keskus „Kimalaste mitmekesisuse ja arvukuse uuring“ 2006–2018.

Kirjandus

- Bender, A. 1999a. Polüploidiseerimise mõju punase ristiku õite mõõtmetele, tolmeldava entomofauna liigilisele koosseisule ja arvukusele. *Agraarteadus*, 1, 9–23.
- Bender, A. 1999b. Polüploidiseerimisega kaasnenud punase ristiku õie morfoloogiliste ja füsioloogiliste muutuste mõju tolmeldajate töökiirusele ja väärtusele risttolmlemise tagajana. *Agraarteadus*, 1, 24–37.
- Crenna, E., Sala, S., Polce, C., Collina, E. 2016. Pollinators in life cycle assessment: towards a framework for impact assessment. *Journal of Cleaner Production*, 140, 525–536.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E. L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347 (6229), 1255957.
- Hass, A. L., Kormann, U. G., Tscharrntke, T., Clough, Y., Bøsem Baillod, A., Sirami, C., Batáry, P. 2018. Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285 (1872), 2017, 22–42.
- Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., Pantoja, A. 2015. Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349 (6244), 177–180.

- Mander, U., H. Palang. 1994. Changes of landscape structure in Estonia during the soviet period. *GeoJournal*, 33(1), 45–54.
- Marja, R., Viik, E., Mänd, M., Phillips, J., Klein, A. M., Batáry, P. 2018. Crop rotation and agri-environment schemes determine bumblebee communities via flower resources. *Journal of Applied Ecology*, 55 (4), 1714–1724.
- Marshall, L., Biesmeijer, J. C., Rasmont, P., Vereecken, N. J., Dvorak, L., Fitzpatrick, U., Dendoncker, N. 2018. The interplay of climate and land use change affects the distribution of EU bumblebees. *Global Change Biology*, 24 (1), 101–116.
- Nieto, A., Roberts, S. P. M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., Miches, D. 2014. *European Red List of bees*. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- Ollerton, J. 2017. Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48 (1).
- Oyen, K. J., Giri, S., Dillon, M. E. 2016. Altitudinal variation in bumble bee (*Bombus*) critical thermal limits. *Journal of Thermal Biology*, 59, 52–57.
- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J. 2016 .Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540, 220–229.
- Spiesman, B. J., Bennett, A., Isaacs, R., Gratton, C. 2017. Bumble bee colony growth and reproduction depend on local flower dominance and natural habitat area in the surrounding landscape. *Biological Conservation*, 206, 217–223.
- www.fao.org/faostat (23.03.2019)
- www.andmebaas.stat.ee/ (23.03.2019)

Talinisu kasvuala mulla orgaanilise süsiniku, mikroobide aktiivsuse ja lämmastiku sisaldus erinevates viljelussüsteemides

Soil organic carbon, microbial activity and nitrogen content of the winter wheat field depending on the cultivation system

Viacheslav Eremeev¹, Jaan Kuht¹, Liina Talgre¹, Maarika Alaru¹
Helena Madsen¹, Evelin Loit¹, Anne Luik²

¹ Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut,

Taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

² Taimetervise õppetool

► vyacheslav.eremeev@emu.ee

Sissejuhatus

Maheviljeluses on oluline arendada selliseid viljelussüsteeme, mis talviste vahekultuuride, libliköieliste haljasväetiskultuuride, laudasõnniku ja kompostide mulda lisamisega tagaksid mullaviljakuse paranemise. Selleks on vajalik rakendada libliköielisi kultuure sisaldav ning taime toitainete tasakaalu ja mulla huumust säilitav külvikord. Talinisu on külvikorras oluline toiduteravili, kuid eemaldab saagiga rohkesti toitaineid ja vajab seega viljakat mulda. Seetõttu tuleb tema mahekasvatamisel pöörata erilist tähelepanu eelviljadega mulda viidud orgaanilisele ainele ja mulla mikroorganismide tegevuse intensiivsusele.

Käesoleva uurimuse eesmärk oli selgitada kasvukoha mulla orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisalduse, mikroobide aktiivsuse (FDA) ja üldlämmastiku ($N_{üld}$) sisalduse muutused talinisu kasvatamisel neljas eri viljelussüsteemis, mis erinesid üksteisest taimekaitse ja väetamise poolest.

Materjal ja meetodika

Talinisu kasvuala mullaomadusi uuriti Eesti Maaülikooli pikaajalises erinevate kasvatussüsteemide külvikorra katses, mis on rajatud 2008. aastal Eerika näivleetu- nud mullaga katsepõllule (58°22'N, 26°40'E). Külvikorras järgnevad üksteisele viis põllukultuuri: oder 'Anni' ristik 'Varte' allakülviga, punane ristik, talinisu 'Fredis', põldhernes 'Starter' ja kartul 'Maret'. Nisu kasvatamisega seotud mulda uuriti kahes mahe- ning kahes tavaviljelusega kasvatussüsteemis. Maheviljelussüsteemis oli katses talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0), mis järgib ainult

külvikorda ja talviste vahekultuuridega Mahe II süsteem, kus vahekultuurile lisaks väetatakse kompostitud veisesõnnikuga (kevadest teraviljadele 10 t ha⁻¹, kartulile 20 t ha⁻¹). Mahe II viljelussüsteemi katseväljad on talveks viidud vahe- ehk kattedekultuuride alla. Selleks külvatakse pärast talinisu koristust rukki, talirüpsi ja keerispea segu, pärast hernest talirüpsi ja keerispea segu ning pärast kartulit rukis. Maheviljelus on sünteetiliste agrokemikaalide vaba.

Katses olnud tavaviljelussüsteemides (Tava 0 ja Tava II) kasutatakse sünteetilisi taimekaitsevahendeid ehk pestitsiide. Sõltuvalt kultuurist ja selle olukorrast tehti vegetatsiooniperioodil umbrohu, taimehaiguste ja kahjurite tõrjet 1 kuni 5 korda, sügisel koristusjärgselt töödeldi herne, kartuli ja talinisu katselappe umbrohutõrjeks glüfosaadiga. Tava 0 süsteemis väetisi ei kasutata (kontroll, N₀P₀K₀), see järgib üksnes külvikorda. Tava II süsteemis antakse kõigil kultuuridel mineraalset fosfor ja kaaliumväetist vastavalt P 25 kg ha⁻¹ ja K 95 kg ha⁻¹. Mineraalse lämmastikuga väetamine oleneb kultuurist: hernele N 20, odrale N 120, talinisule ja kartulile N 150 kg ha⁻¹.

Katsed viidi läbi neljas korduses ja iga katselapi suurus oli 60 m². Katseala mullastik oli näivleetunud (Stagnic Luvisol WRB klassifikatsiooni järgi (Deckers jt., 1998), lõimiselt kerge liivsavi huumuskihi tusedusega 20–30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

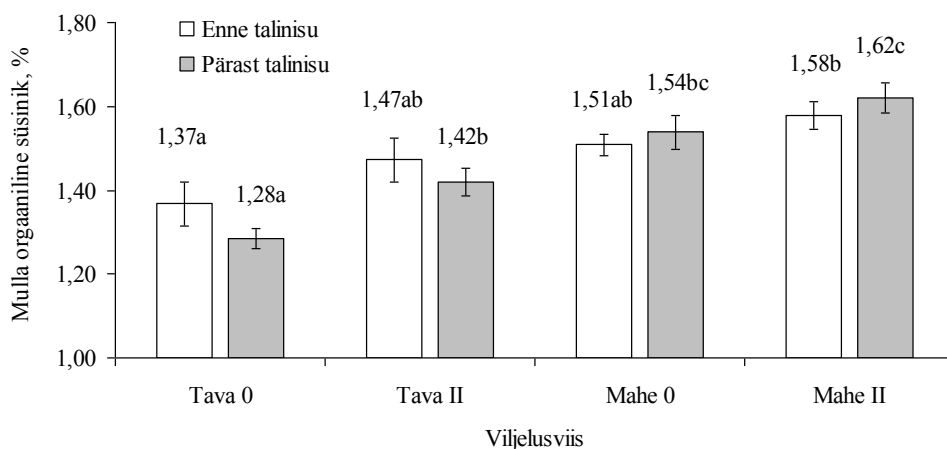
Mullaproovid võeti analüüsideks kevadeti enne mullaharimise algust kõikidelt katselappidelt. Fluorestseini diatsetaadi (FDA) hüdrolüüsi spektrofotomeetiline määramine on lihtne, tundlik ja kiire meetod mikroobide aktiivsuse määramiseks mullas (Schnürer ja Rosswall, 1982). Mikroobse hüdrolüütilise aktiivsuse määramiseks võeti 0–20 cm sügavuselt 500 g proovid vastavalt ISO 10381-6 (1993) meetodikale ja sõeluti läbi 2 mm sõela (Reeuwijk, 2002). Reagentide ettevalmistamine järgneva FDA analüüsi jaoks toimus vastavalt Adam ja Duncan (2001) kirjeldatud meetodil. Mulla orgaaniline süsinik määrati Tjurini meetodil (Soil Survey Laboratory Staff, 1996). Mulla üldlämmastiku sisaldus määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for Soil Analysis, 2005).

Kogutud andmete statistiline analüüs tehti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Katsevariantide mõju usaldusväärsust mulla mikroobide hüdrolüütilisele aktiivsusele ning orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisaldusele mullas analüüsiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide erinevuste võrdluses kasutati Tukey HSD post-hoc testi (p < 0,05) ja tehti ka regressioon- ja korrelatsioonanalüüsid.

Tulemused ja arutelu

Maheviljeluses suurenes katsealade mulla orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisaldus (joonis 1). Talinisu külvielselt võetud mullaproovides oli orgaanilise süsiniku sisaldus maheviljeluses aastate keskmisena 8,1% võrra tavaviljelusest suuremad. Pärast talinisu kasvatamist suurenes see vahe juba 14,6%-ni. Võrreldes talinisu eelsega, C_{org} sisalduses olulisi usaldusväärseid muutusi maheviljeluses ei täheldatud. See tuleneb sellest, et suur osa süsinikust on seotud koristatud eelvilja, punase ristiku mullas veel lõplikult lagunemata taimejäänuste poolt ja ka suur osa mullas asuvast talinisu orgaanilisest materjalist ei ole jõudnud kevadeks veel laguneda. Eesti kliimatingimustes lagunevad liblikõieliste haljasväetiskultuuride, (sh punane ristik) jäänused mullas suhteliselt aeglaselt ja avaldavad külvikorras positiivset mõju alles teisel aastal (Talgre jt., 2017). Võrreldes külvielse mulla orgaanilise süsiniku sisaldusega, ilmnes tavaviljeluse aladel pärast talinisu kasvatamist keskmiselt selle 2,4% vähenemine ja mahealadel 2,3% suurenemine.

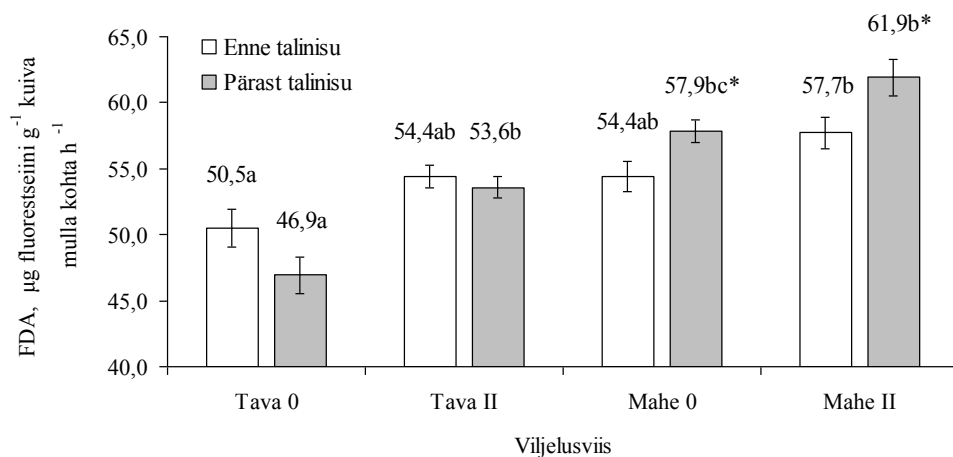
Gregorich ja Janzen (1994) leidsid, et orgaanilise süsiniku sisalduses kajastuvad lõpuks need muutused orgaanilise materjali sisendites, millest oleneb mulla mikroobide aktiivsus ja mineralisatsiooni tase.



Joonis 1. Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus (C_{org} , %) olenevalt viljelusviisist enne ja pärast talinisu kasvatamist 2012.–2016. aastate keskmisena. Erinevad tähed igas tulbas näitavad viljelussüsteemide olulist mõju (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga.

Tulemustest selgus, et talinisu kasvatamine tõstis aastate keskmisena mulla FDA kõikides viljelusviisides. Kõige suurem mulla FDA näitaja katseaastate keskmisena saadi pärast suvinisu kasvatamist maheviljelussüsteemis, kus mulda väetati vahekultuuri ja sõnnikuga (Mahe II, joonis 2). Kõige madalaim FDA oli kõikidel aastatel väetamata tavaviljelusega alal (Tava 0), kus kasutati pestitsiide. Ka Madsen jt. (2016) leidsid, et tavaviljeluses, kus kasutatakse pestitsiide, väheneb ka mullamikroobide aktiivsus. Talinisu kasvatamisest ilmnesid suurimad mulla FDA tõusud mahevariantides, kusjuures võrreldes talinisu eelse seisundiga oli (erinevalt C_{org} sisaldusest) märkimisväärselt suurem, Mahe 0 variandis 6,4 % ja Mahe II 7,3%. Siit järeldub, et kuigi C_{org} sisalduses oli märgata väikest tõusu, mullamikroobide tegevus orgaanilise aine lagundamisel ei raage. Mikroorganismid kasutavad orgaanilist süsinikku jäänuste lagundamise ajal ja kui toitained on mineraliseerunud, alles siis on nad taaskasutatavad taimedele kättesaadavas vormis (Brunetto jt., 2011).

Võrreldes tavaviljelusviisidega, oli mulla üldlämmastiku sisaldus mahevariantides usutavalt kõrgem – enne suvinisu 14,1% ja pärast 20,4% võrra (joonis 3). Küll aga ei andnud statistiliselt usutavaid erinevusi suvinisu kasvatusjärgse ja



Joonis 2. Mulla mikroobide hüdrofüütiline aktiivsus (FDA, μg fluoreststeiini g^{-1} kuiva mulla kohta h^{-1}) enne ja pärast talinisu kasvatamist 2012.–2016. aastate keskmisena. Erinevad tähed igas tulbas näitavad viljelussüsteemide olulist mõju (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). * tähistavad statistilist olulist erinevust väärtuste vahel enne ja pärast talinisu (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviiga.

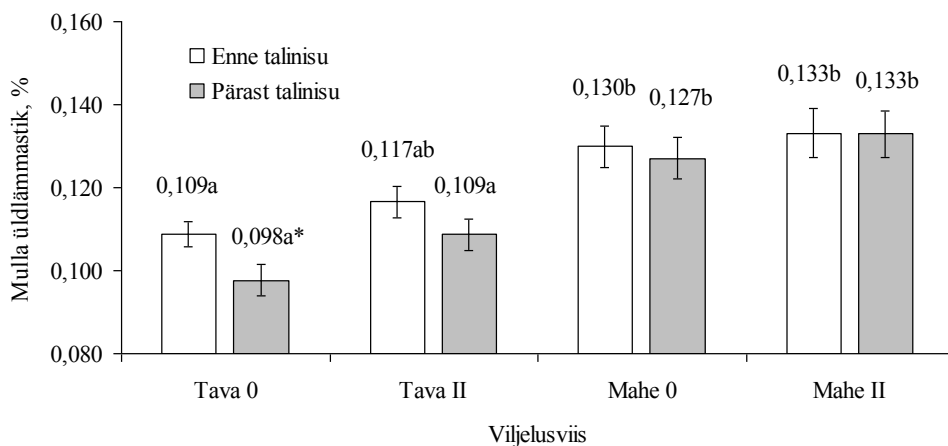
külvieelse mulla $N_{\text{üld}}$ sisalduse võrdlus. Ka siin võib põhjus olla eelviljaks olnud ristiku ja talinisu koristujäänuste meie jahedatest ilmaoludest tingitud aeglane lagunemine mullas. Ka Ha jt. (2008) ja Havstad jt. (2010) leidsid, et süsiniku ja lämmastiku mineraliseerumise määr sõltub kliimast ja pinnasest, nagu näiteks temperatuur, niiskusesisaldus, mulla õhutamise staatus, jm.

Järeldused

Katsetulemustest selgus, et maheviljeluses suvinisu kasvatamisega on võimalik positiivses suunas mõjutada mulla üldlämmastiku ja orgaanilise süsiniku sisaldusi ning mullamikroobide aktiivsust.

Orgaanilise süsiniku sisaldus talinisu külvieelsetes mullaproovides oli maheviljeluses aastate keskmisena 8,1% võrra tavaviljelusest kõrgem. Talinisu järgselt tõusis see vahe juba 14,6%-ni. Mahealade mullas talinisu kasvujärgses ja -eelsega C_{org} sisalduses olulisi usaldusväärseid muutusi ei täheldatud.

Mulla mikroobide aktiivsus (FDA) tõusis talinisu kasvatamisel aastate keskmisena mõlemas maheviljelusvariandis. Kõige suurem mulla FDA näitaja katseaastate



Joonis 3. Mulla üldlämmastiku sisaldus ($N_{\text{üld}}$, %) olenevalt viljelusviisist enne ja pärast talinisu kasvatamist 2012.–2016. aastate keskmisena. Erinevad tähed igas tulbas näitavad viljelussüsteemide olulist mõju (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). * tähistavad statistilist olulist erinevust väärtuste vahel enne ja pärast talinisu (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga.

keskmisena saadi pärast suvinisu kasvatamist Mahe II variandis. Suurimad FDA tõusud mullas ilmnesid talinisu mahealadel kasvatamisest. Võrreldes talinisu eelse mulla seisundiga, oli selle sisaldus talinisu järgselt Mahe 0 alal 6,4% ja Mahe II 7,3% võrra suurem.

Mulla üldlämmastiku ($N_{\text{üld}}$, %) sisaldus oli mahevariantides tavaviljelusega võrreldes usutavalt suurem – enne suvinisu 14,1% ja pärast 20,4%.

Tänuavaldused. Artikkel on valminud ERA-NET Core organic projekti FertilCrop, Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise projektid 8-2/T13001PKTM, P180273PKTT, P170062PKTM ja institutsionaalse uurimistoetuse projekti IUT36-2.

Kirjandus

- Adam, G., Duncan, H. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 33 (7–8), 943–951.
- Brunetto, G., Ventura, M., Scandellari, F., Ceretta, C.A., Kaminski, J., Wellington de Melo, G., Tagliavini, M. 2011. Nutrient release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 90, 299–308.
- Deckers, J.A., Nachtergale, F.O., Spaargarn, O.C. (Eds.). 1998. *World Reference Base for Soil Resources: Introduction*. First edition. ISSS, ISRIC, FAO, Acco Leuven, 165 pp.
- ISO 10381-6, 1993. *Soil quality - Sampling. Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of aerobic microbial processes in laboratory*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Gregorich, E.G., Janzen, H.H. 1996. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. In: Carter, M.R., Steward, B.A. (Eds.), *Structure and Organic Matter Storage in Agriculture Soils*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p. 167–190.
- Ha, K.V., Marschner, P., Bünemann, E.K. 2008. Dynamics of C, N, P and microbial community composition in particulate soil organic matter during residue decomposition. *Plant and Soil*, 303, 253–264.
- Havstad, L.T., Aamlid, T.S., Henriksen, T.M. 2010. Decomposition of straw from herbage seed production: Effects of species, nutrient amendment and straw placement on C and N net mineralization. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 60 (1), 57–68.
- Madsen, H., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2016. Pestitsiidid suruvad alla mulla mikroobide hüdrolüütilist aktiivsust. *Eesti Taimkaitse* 95, 79–82.

- Reeuwijk, L.P. van. (ed.) 2002. *Procedures for Soil Analysis*. (6th edition). Tech. Pap. 9, ISRIC, Wageningen
- Reeuwijk, L.P. van. (ed.) 2005. *Procedures for Soil Analysis*. 5th edn. Wagenengen, 112 pp.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. *Geoderma* ,136, 99–209.
- Soil Survey Laboratory Staff 1996. *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. National Soil Survey Center, Lincoln, NE, USA.
- Schnürer, J., Rosswall, T. 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environmental Microbiology*, 43 (6), 1256–1261.
- Talgre, L., Roostalu, H., Mäeorg, E., Lauringson, E. 2017. Nitrogen and carbon release during decomposition of roots and shoots of leguminous green manure crops. *Agronomy Research*, 15 (2), 594–601.

Pool-looduslike koosluste produktsioonist

Production of semi-natural communities

Katrin Heinsoo, Tiiu Kull, Indrek Melts

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► katrin.heinsoo@emu.ee

Sissejuhatus

Pool-loodulikud niidukooslused (PLNK) on väärtuslikud põllumajandusmaastiku osad, mis on kujunenud pikaajalise ekstsensiooni majandamise tagajärjel ning mis on elupaigaks paljudele lindudele ja kohalikele putuka- ja taimeliikidele. Lisaks on neil ka teisi inimesi toetavaid funktsioone (looduse hüvesid) nt ravivate omadustega taimede kasvukohana, mesilaste korjealana ning kultuurrohumaa-dest suurema süsiniku sidumise võimekusega. Sõltuvalt asukohast mõjuvad PLNK positiivselt ka piirkonna veemajandusele ning vähendavad erosiooniohtu. Seega peaks neil jätkama traditsioonilist karjatamist või niitmist kord suve jooksul ilma täiendavate seemnete külvamise või maaparanduseta. Sageli soovitakse selliseid alasid siiski väetada kartuses, et heinaga viiakse liiga palju toitaineid välja ning ala saagikus langeb. Paljud uurimused on näidanud, et väetamine tõstab küll ala biomassi produktsiooni, kuid vähendab oluliselt PLNK liigirikkust ning teisi nende alade funktsioone (Silvertown jt., 2006). Poollooduslike niidukoosluste hooldamata jätmisel väheneb järsult nende liigirikkus. Seega on oluline leida sobiv järjepidev majandamisviis, mis tagaks nii keskkonnaväärtuste säilimise, kuid annaks PLNK omanikele lisaks viimastel aastakümnetel Euroopas kasutuses olnud rahalisele hooldamistoetusele ka muud tulu.

Looduslik heina produktsioon sõltub kohalikest oludest. Näiteks on Suurbritannias mõõdetud ekstsensioonilise majandatud PLNK heinasaagiks 2,0–8,0 tonni kuivainet hektarilt ($t \text{ KA ha}^{-1}$) (Tallowin ja Jefferson, 1999), Saksamaal 2,6–6,7 $t \text{ KA ha}^{-1}$ (Tonn jt., 2010) ning Eestis 1,9–6,6 $t \text{ KA ha}^{-1}$ (Melts, 2014). Toitainetest pidurdab meie piirkonnas taimede kasvu enamasti lämmastik (N). Tänapäeval võib seda lisanduda ka seoses inimtekkelise N-ühendite lendumisega tööstuspiirkondadest. Suurbritannias oletatakse, et PLNK kaotavad oma liigirikkuse, kui N-ühendeid langeb maapinnale rohkem kui 13 kg aastas (Hall jt., 2016). Samas võib N lisanduda ökosüsteemi ka täiesti looduslikult, näiteks liblikõielistega sümbioosis olevate mügarbakterite abil ja seega peetakse liblikõielisi oluliseks PLNK lämmas-

tikuga varustajateks. Biomassi omadused sõltuvad nii koristusajast kui ka taimeliikidest, mistõttu hinnatakse sageli eraldi kõrreliste, tarnade ja loaliste, liblikõieliste ning ülejäänud kaheiduleheliste rohundite biomassi ja omadusi (Melts, 2014).

Eeltoodut arvesse võttes leidsime, et on vaja läbi viia uuring selgitamiseks välja, kui kaua kestab PLNK kunagise väetamise mõju ja mis saab saagikusest peale väetamise lõpetamist. Analüüsiks kasutati Laelatu puisniidu uuringute andmebaasi (lähemalt vt Kalamees jt., 2013). Võrdlusmaterjalina kasutati maailma vanima põllumajandusliku katse (Park Grass alates 1856 aastast) materjale Suurbritanniast (Silvertown jt., 2006).

Uuringu hüpoteesid olid järgmised: 1) Peale väetamise lõpetamist võrdsustub Laelatu PLNK biomass, funktsionaalsete gruppide osakaal ja liigiarvukus paari aasta jooksul kontrollalaga samale tasemele; 2) Nii Laelatu kui Park Grass PLNK väetamata alade produktsioon väheneb ajas; 3) Muutusi produktsioonis saab siduda kliima soojenemise ja N-ühendite kaugleviga.

Materjal ja meetodika

Laelatu puisniit asub Lääne-Eesti rannikumadalikul ning vähemalt osal sellest on 300 aasta jooksul järjepidevalt heina tehtud. 1962–1981. aastani väetati siin teatud ruute niidust teadusotstarbel (PK – 0N 26P 50K; PKN₁ – 35N 26P 50K; PKN₂ – 100N 26P 50K; Kontroll – 0N 0P 0K (kõik koormused kg ha⁻¹)). Mõningaste vaheaegadega on samu alasid uuritud iga-aastaselt (tabel 1). Peale biomassi lõikamist juuni lõpus viidi proovid laborisse, kus neid sorteeriti liigiti ning kaaluti peale kuivatamist 80–85 °C juures 24 tunni jooksul.

Laelatu ilmastiku mõju (sademed, temperatuur) analüüsil kasutati Virtsu meteoroloogiajaama andmeid. Aastane N-sadestumine arvutati aastate 2001–2016

Tabel 1. Laelatu puisniidu uurimise meetodid

Aasta	Uuritud ruutude arv	Saagikuse mõõtmised			Liigirikkuse mõõtmised	
		Prooviringide pindala (m ²)	Prooviringide arv	Lõikamise meetod	Prooviringide pindala (m ²)	Prooviringide arv
1962–1981	3	25	1	vikat	ca 0,15	ca 20
1985	3	25	1	vikat	ca 0,15	ca 20
1986–1996	0–3	0,3	20	käärid	0,3	20
2001–2016	3	0,3	20	käärid	0,3	20

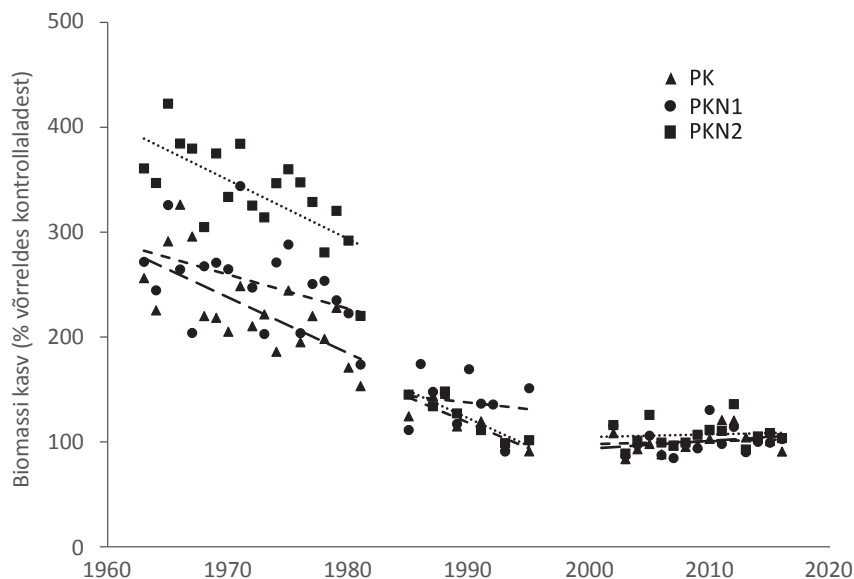
kohta Vilsandil, Lahemaal ja Saarejärvel mõõdetute keskmistena. Andmed Park Grass niidu ning ilmastiku kohta (1962–2016) saadi andmebaasist Electronic Rothamsted Archive (e-RA; www.era.rothamsted.ac.uk). Väetamata aladena vaadeldi ruute Nil – 12abcd, 3abcd ja 2/2abcd, ning parema võrreldavuse huvides kasutati esimese niite saagikuse andmeid.

Statistilist analüüsi tehti tarkvaraga SAS System v 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Analüüsides kasutati Üldiste Lineaarmudelite regressiooni- ning mitmefaktorilist dispersioonanalüüsi. Keskmiste mitmesel võrdlusel kasutati testi REGWQ. Kõikide analüüsides usaldusväärsuseks kehtestati $p < 0,05$.

Tulemused ja arutelu

Väetuskatse alguses oli kõikide Laelatu puisniidu prooviruutude produktsioon $1,36 \text{ t ka ha}^{-1}$. Kõikides väetusvariantides suurenes produktsioon oluliselt, kusjuures PK ja PKN₁ väetuse mõju oli omavahel sarnane (joonis 1). Mõningane väetamise mõju saagikusele jätkus ka niidu taastumisperioodil (1985–1995), kuid hiljem on, sõltumata eelnevast väetamisest, kõikide prooviruutude saagikus sarnane.

Erinevused taimestikust püsisid mõnevõrra kauem. Kontrollalaga võrreldes suurenes väetatud ruutudel eelkõige liblikõieliste osakaal ning PKN₂ ruutudel ei ole see siiani taastunud kontrollalaga võrdsele tasemele. Viimastel aastatel on



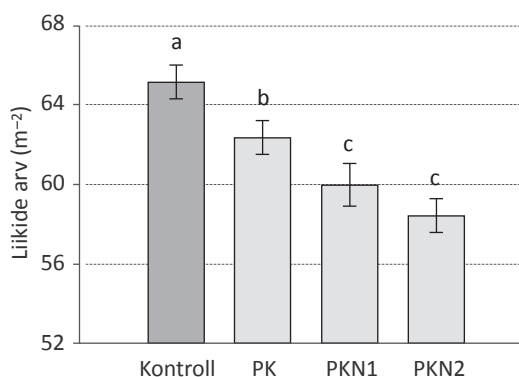
Joonis 1. Laelatu puisiniidu biomassi produktsioon sõltuvalt väetamisest.

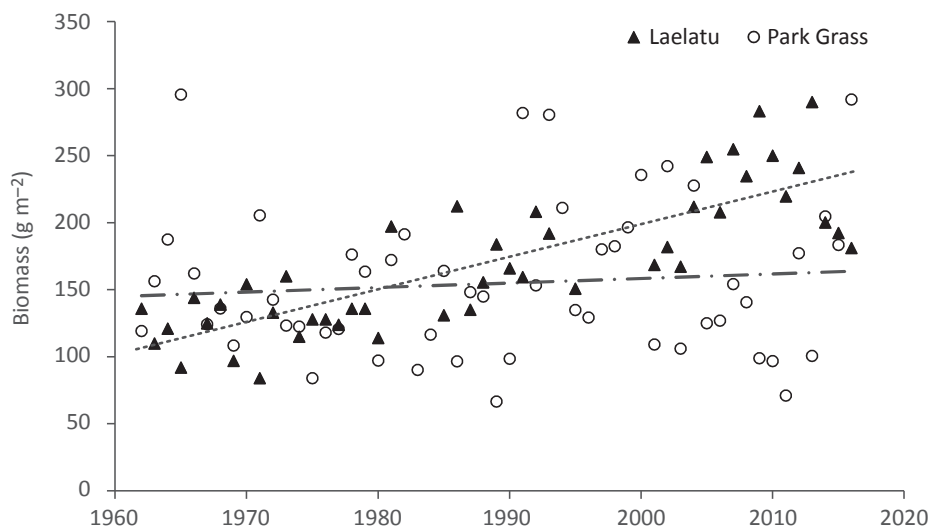
mitmed uurimused näidanud, et fosfori (P) lisamine kasvukeskkonda toetab liblik-õieliste mügarbakterite N sidumisvõimet (Wang jt., 2019) ja viimased varuvad endasse P-ühendeid (Drevon ja Hartwig, 1997). Seetõttu võib oletada, et Laelatu rohkem kui 30 aastat tagasi väetatud aladel on siiani P varud, mis mõjutavad jätkuvalt niidu taimestikku.

Arvamust, et väetuskatse mõju ei ole Laelatult kadunud viimasele väetamisele järgnenud 35-aastase perioodi jooksul, kinnitavad ka iga-aastase niiduinventuuri tulemused. Analüüsidest aastatel 2001 kuni 2016 kogutud andmeid Laelatu puisniidu taimestiku koosseisu kohta leiti, et N väetatud aladel (PKN₁ ja PKN₂) oli sel perioodil keskmine liikide arv 58 kuni 60 liiki m², samal ajal kui kontrollruutudel oli keskmiselt 65 liiki m² (joonis 2). Sellisest tulemusest väidame, et rohkem kui 20 aastat peale väetamise lõppu ei sobi need alad ikka veel rohkem kui 7% kohalike taimeliikide elupaigaks. Seetõttu oleme seisukohal, et igasugune PLNK majandamine väetise abil on väga pika mõjuga protsess ning seda ei tohiks isegi mitte katsetada aladel, mille loodusväärtusi peetakse oluliseks.

Kogu vaatlusperioodi jooksul biomassi produktsioon Laelatu kontrollruutudel suurenes oluliselt (joonis 3). Kuna Park Grassi aruniidu biomassi saagikus jäi stabiilseks, arvame, et Laelatu produktsioonitõus on seotud niidul olevate puude ja põõsastega. Puude mõju agroökosüsteemis võib olla heina produktsiooni vähendav seoses valguskonkurentsiaga, kuid nad võivad kohalikku mikrokliimat ka parandada (nt väiksem veeaurumine alalt). Mõnede uuringute kohaselt jagavad puud rohttaimedega oma suurema juurestiku kaudu omastatud vett ja toitaineid (Dawson, 1993). Sellele lisandub ka puu lehtedega mullapinnale jõudvate toitainete mõju.

Joonis 2. Keskmine taimeliikide arv Laelatu puisniidul aastatel 2001–2016. Erinevate tähtedega tähistatakse statistiliselt olulisi erinevusi SAS GLM REGWQ alusel.





Joonis 3. Väetamata niiduosade produktsioon.

Kokkuvõte

Meie uuringutulemuste alusel ei ole võimalik väita, et 1962.–2016. aastate jooksul oleks sademete hulk või õhutemperatuur Eesti selles piirkonnas oluliselt muutunud ning seega me ei saa seostada produktsiooni kasvu kliima muutustega. Samuti ei leidnud me olulist seost aastase N-ühendite kauglevi suuruse ja biomassi koguse vahel, kuna ilmselt on Eestis seda oluliseks mõjuks liiga vähe (2,7–8,9 kg ha⁻¹). Seega jääme seisukohale, et väetamata püsib loodusliku igaaastaselt niidetud rohumaa produktsioon stabiilsena aastakümneid ning selle saagikust on võimalik keskkonnasõbralikult tõsta, lubades alal mõne puu jätkuvat kasvu. Selline tegevus tõstab ka piirkonna mosaiiksust ning PLNK väärtust elurikkuse hoidjana.

Tänuavaldused. Uuringut rahastasid JSPS 16F16755, Eesti Teadusagentuuri PUT1463, MOBTP122, IUT21-1. Täname kõiki kolleege, kes on Laelatul välitöid teinud ning uuringu andmeid kogunud.

Kirjandus

- Dawson, T. E. 1993. Hydraulic lift and water use by plants: implications for water balance, performance and plant-plant interactions. *Oecologia*, 95(4), 565–574.
- Drevon, J.-J., Hartwig, U. A. 1997. Phosphorus deficiency increases the argon-induced decline of nodule nitrogenase activity in soybean and alfalfa. *Planta*, 201(4), 463–469.
- Hall, J., Dore, T., Smith, R., Evans, C., Rowe, E., Bealey, B., Roberts, E., Curtis, C., Jarvis, S., Henrys, P., Smart, S., Barrett, G., Carter, H., Collier, R., Hughes, P. 2016. *Modelling and mapping of exceedance of critical loads and critical levels for acidification and eutrophication in the UK 2013-2016. Final report.* NERC/Centre for Ecology & Hydrology.
- Kalamees, R., Kukk, T., Sammul, M. (koostajad) 2013. *Laelatu ajalugu ja loodus.* Estonia Maritima, 9, 1–276.
- Silvertown, J., Poulton, P., Johnston, E., Edwards, G., Heard, M., Biss, P.M. 2006. The Park Grass Experiment 1856 – 2006: Its Contribution to Ecology. *Journal of Ecology*,
- Tallowin, J. R. B., Jefferson, R. G. 1999. Hay production from lowland semi-natural grasslands: a review of implications for ruminant livestock systems. *Grass and Forage Science*, 54(2), 99–115.
- Tonn, B., Thumm, U., Claupein, W. 2010. Semi-natural grassland biomass for combustion: influence of botanical composition, harvest date and site conditions on fuel composition. *Grass and Forage Science*, 65(4), 383–397.
- Wang, R., Yao, Z., Lei, Y. 2019. Modeling of soil available phosphorus surplus in an intensive wheat–maize rotation production area of the North China Plain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 269, 22–29.

Abiks kartulimardikale

Emergency food aid for colorado potato beetles

Küllli Hiiesaar, Katrin Jõgar

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► kylli.hiiesaar@emu.ee

Sissejuhatus

Kartulimardikas (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) on meil väga hästi kohastunud kahjur. Liikudes järjest põhjapoole, on mardika arengulävi langenud 12 °C-lt 9–10 °C-ni (Jönsson jt., 2013), st mardikad on hakanud mullast väljuma paar nädalat enne kartuli tärkamist ning sooja suvega jõuavad anda veel teisegi põlvkonna. Seetõttu võib toidupuudus neid tabada nii kevadel kui sügisel. Hätta jäävad ka tuultega meie aladele kandunud mardikaid, kes ei leia kohe toitu. Ainus võimalus ellu jääda on oma toidulauda mitmekesistada. Esimene samm pere-meestaimede ringi laiendamiseks algab siis kui kartulit ei jätku kõigile.

Kartulimardikas toitub ainult maavitsaliste (Solanaceae) sugukonda kuuluvatel taimedel, teisi liike võidakse küll juhuslikult küllastada, kuid toiduna neid ei aktsepteerita (Hsiao, 1978). Ameerikas ja Euroopa lõunapoolsetes regioonides on mardikas kartuli puuduse tõttu juba üle läinud teistele maavitsalistele (Brown, jt., 1980) ning seniste uurimuste põhjal suudavad nad oma arengutsükli lõpetada 15 erineval taimeliigil (Hiao ja Fraenkel, 1968; Capinera, 2001). Uute taimede omaksvõtt on toimunud pikkamööda, aga see on aidanud mardikatel ellu jääda ja oma areaali laiendada. Mitte kõik maavitsalised ei sobi mardikale toiduks, esmaseks tingimuseks, et taime aktsepteeritaks on deterrentide (toitumist pärssivate ainete) puudumine ja atraktantide (toitumist soodustavate ainete) olemasolu ja õige vahekord (Harrison, 1987). Seni polnud meie mardikatel vajadust uusi toidutaimi otsida, sest kartulit jätkus ja seetõttu alternatiivsete taimedega neil kogemused puudusid. Suuremad raskused tekkisid 2010. aastal, kui sooja suve tõttu arenes mardikal väga arvukas teine põlvkond, kellest suur osa ei jõudnud õigeaegselt oma arengut lõpetada ja hukkus seetõttu talvitumise jooksul (Hiiesaar jt., 2013). Mida sagedamini puutuvad mardikad kokku teiste maavitsalistega, seda kiiremini võtavad nad uue toidu omaks. Kirjanduses leidub küll andmeid kartulimardika alternatiivsete taimedega kohastumiste kohta, kuid need ei ole meie oludes alati rakendatavad, sest geograafiliste populatsioonide vahel on suured erinevused

(Brown jt., 1980). Näiteks Kanadas on tomat mardikale sama sobiv peremeestaim kui kartul (Harding jt., 2002), meil süüakse seda vaid nälja korral, harilik maavits on sobiv toit ühes Ameerikas osariigis, teises mardikad väldivad seda täielikult (Hare ja Andreadis, 1983). Meie asume mardikate rännuteel, mistõttu sinne populatsioon täieneb pidevalt uute sisserändajatega, kelle toitumisharjumusi me ei tea. See raskendab nende käitumise uurimist. Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada, kas ja kui, siis missugused meil kasvavad maavitsalised võiksid sobida kartulimardikale alternatiivseteks toidutaimedeks.

Materjal ja metoodika

Katsed viidi läbi 2017/2018 a. Eesti Maaülikooli taimekasvatuse laboris pika-päeva (16:8) tingimustes, temperatuuril 25 ± 2 °C. Taimed kasvatati plastikpottides, kartulimardikad koguti 2017. aasta sügisel Eerika katsepõllult ning kuni katsesse võtmiseni säilitati külmikus 5 ± 1 °C temperatuuril niiskes mullas.

Katses olid järgmised maavitsalised: harilik maavits (*Solanum dulcamara*), must maavits (*S. nigrum*), kollane maavits (*S. luteum* = *S. villosum*), inglitrompet (*Datura innoxia*), kuradi ogaõun (*D. metel*), pepino (*S. muricatum*), füüsal (*Physalis* spp), tomat (*S. lycopersicum*), paprika (*Capsicum annuum*), melon-maavits (*S. muricatum*), väärüstubakas (*Nicotiana tabacum*), lilltubakas (*N. alata*), baklažaan (*S. melongena*), petuunia (*Petunia* spp), taralõng (*Lucium barbarum*) ja kontrollina kartul (*S. tuberosum*).

Toidutaimede omaksvõtt mardikate poolt. Selleks viidi igale taimeliigile 10 mardikat ning jälgiti nende käitumist: liikumist, söömist ja munemist.

Vastsete areng. Kartulil kasvatatud esimese ja neljanda kasvujärgu tõugud viidi erinevatele maavitsalistele ning määrati nende arengu kestvus, suremus ja formeerunud noormardikate kaal.

Andmetöötluses kasutati programmi Statistica 13, andmed analüüsiti dispersioonanalüüsiga (ANOVA) ning variantide võrdluses rakendati Tukey testi ($p < 0,001$). Kui variantide vahel puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus, tähistati variandid ühesuguste tähtedega.

Tulemused ja arutelu

Uute toidutaimede omaksvõtt mardikate poolt. Kartulimardika potentsiaalsete toidutaimede nimekiri on pikk (Hare ja Andreadis, 1983; Hare, 1990),

kuid vähesed neist on seni mardikale sobivaks osutunud. Mardikat meelitab taimedest lenduv spetsiifiline lõhn, kuid taimede lõplik omaksvõtt sõltub sellest, kas neis sisalduvad toitumist stimuleerivad ained on õiges vahekorras ning kaua ollakse nendega eelnevalt kokku puutunud (Brown jt., 1980).

Meie katses kõige sobivamaks alternatiivseks toidutaimeks osutus baklažaan, mardikad võtsid selle kohe omaks ning hakkasid toituma. Soojalembese taimena kasvatatakse baklažaani meil peamiselt kasvuhoonetes ja seetõttu on mardikatel seda õnneks raskem üles leida.

Tomatit, harilikku maavitsa ja lilltubakat mardikad küll esialgu vältisid, kuid mõne päeva pärast hakkasid siiski sööma. Kirjanduses on nende taimede kohta erinevaid andmeid. Näiteks Bungrese (1970) järgi ründasid mardikad põllul tomatit, kuid mitte kõik sordid ei sobinud neile toiduks. Ungari teadlaste Szentesi ja Jermy (1993) andmeil on mardikas tomati seal juba täielikult omaks võetud. Lilltubakas oli üks esimesi maavitsalisi, millega mardikas kohastus (Duchesne ja Parent, 1991). Meie katsed näitasid, et kõik need kolm taime võivad aidata mardikal edaspidi kartuli puudumisel ellu jääda. Kõige perspektiivikam neist on harilik maavits, mis on meil levinud ning kuni hilissügiseni värske ja haljas ning sobib nii tuultega siia kandunud kui sügisel küpsussöömal olevatele kohalikele mardikatele.

Eisialgu vältisid mardikad musta ja kollast maavitsa, kuid pikema nälgimise korral hakkasid siiski sööma. Mürgised need taimed mardikale ei ole, kuigi mõned neist kaevusid mulda, mis on tavapärane käitumine ebasobiva toidu korral. Kirjanduses on nende taimede kohta vastakad andmed, kohati kasutavad mardikad neid küpsussöömaks, teisel aga väldivad täielikult (Hare, 1990). Must maavits on meie põldudel levinud umbrohi ja võimalik, et pikaajalise kokkupuute korral võtavad mardikad selle ka omaks. Inglitrompeti lehti mardikad ei söönud, küll aga taime koort, katse lõpuks oli taime varred puhtaks laasitud.

Meie katsetaimedest osutusid mardikale sobimatuiks paprika, taralõng, melon-maavits, väärstubakas, petuunia, ogaõun ja füüsal. Mardikad vältisid neid ka pikema nälgimise korral. Katse lõpuks oli osa mardikatest kaevunud mulda, suur osa hukkunud. Siiski, ennatlik oleks väita, et need taimed on mardikale täiesti vastuvõetamatud. Sügisel oleme paprikal kohanud talvituma minevaid mardikaid. Kirjanduses on samuti andmeid, et füüsal ja petuunia on mardikale viletsad toidutaimed (Brown jt., 1980).

Munemine. Kartulimardikas kuulub selliste putukate hulka, kes sageli ei vali munemispaiaks neid taimi, millel toitub ja mitte kõik taimed, kuhu mardikas muneb, ei kõlba vastsetele toiduks. Mittesobival taimel võivad mardikad püsida pikemat aega, kuid nad kas ei hakka üldse munema või kulub selleks palju rohkem aega kui omaks võetud taimeliigil. Meie katses saime mune mardikatelt, kes olid toitunud kartulil, tomatil, harilikul maavitsal, baklažaanil ja kollasel maavitsal. Kaks nädalat pärast mullast väljumist ilmusid kartulil toitunud mardikatel esimesed munakurnad, harilikul maavitsal toitunud aga alles 34 päeva pärast, tomatil ja harilikul maavitsal saime 40. päeval vaid paar väikest munakurna. Ülejäänud taimeliikidel mardikad munema ei hakanud. Sarnaselt meie tulemustele nendib Hsiao (1978), et sobiva toidutaimede vahetamine vähemsobivama vastu toob kaasa reproduktsioonivõime languse või sootuks lakkamise.

Vastsete areng alternatiivsetel toidutaimedel. Uute toidutaimede omaksvõtt valmikute poolt on vaid esimene etapp üleminekul uuele toidule, mis ei garanteeri veel populatsiooni ellujäämist, sama oluline on vastsete käitumine. Looduses valib valmik taime, kuhu munedu. Noorte vastsete liikumine on piiratud, mistõttu peavad nad sellel taimel ka toituma ja arenema, kuid igakord seda ei juhtu. Meie katses kartuli ja kollase maavitsa kõrvuti kasvamisel valisid mardikad munemiskohaks alati kollase maavitsa, kuigi vastsed seda sööma ei hakanud ja hukkusid. Sellist käitumist on varemgi täheldatud ning põhjuseks loetakse seda, et kartulimardika valmikud ei suuda vahet teha, millised taimed sobivad järglaskonna arenguks (Hsiao ja Fraenkel, 1968).

Senised uuringud on näidanud, et võõral toidul pikeneb vastsete areng ja suureneb suremus (Bungres, 1970; Brown jt., 1980). Meie katsete tulemused vastsete arengu kohta on esitatud tabelis 1 ja 2. Mõlema katsevariandi vastsed suutsid oma arengutsükli lõpetada harilikul maavitsal, baklažaanil, lilltubakal ja tomatil toitudes. Vastsetele kõige sobivam alternatiivne toidutaim oli baklažaan, vastseperioodi pikkus ja suremus ei erinenud kartuli omast ($p < 0,001$), kuigi noormardikate kaal oli mõnevõrra madalam. Harilikul maavitsal suutsid tõugud arengutsükli lõpetada, kusjuures noormardikate kaal ei erinenud kontrolli omast, kuid madala toitumisintensiivsuse, aga nähtavasti ka toidukvaliteedi tõttu kulus neil selleks tunduvalt rohkem aega. Lilltubakal ja tomatil kasvanud tõukude suremus oli väga kõrge ning arengutsükkel pikenes oluliselt. Tundlikumad olid just I kasvujärgu tõugud, neist arenesid väga väikesed, siiski elujõulised mardikad.

Tabel 1. Kartulimardikate vastsete areng munast valmikuni alternatiivsetel toidutaimedel

Toidutaim	Harilik maavits (n = 91)	Baklažaan (n = 51)	Lilltubakas (n = 79)	Tomat (n = 57)	Kartul (n = 72)
Areng (päevades)	33–38	25–28	38–42	35–39	27–28
Suremus (%)	65 ^b	40 ^a	80 ^b	80 ^b	28 ^a
Mass (mg)	165 ± 25,9 ^a	140 ± 19,9 ^b	73 ± 20,6 ^b	66 ± 9,6 ^b	168 ± 8,9 ^a

Erinevad tähed tähistavad statistiliselt usaldusväärseid erinevusi variantide vahel $p < 0,001$ (ANOVA, Tukey; suremus $F_{4,14} = 89,51$; $p < 0,001$; mass $F_{4,14} = 78,83$; $p < 0,001$). n – vastsete arv

Tabel 2. Kartulimardikate vastsete areng IV kasvujärgust valmikuni alternatiivsetel toidutaimedel (n = 20 iga taime kohta)

Toidutaim	Harilik maavits	Baklažaan	Lilltubakas	Tomat	Kartul
Areng	11–15	11–14	22–24	21–24	11–13
Suremus (%)	30 ^a	15 ^a	75 ^b	65 ^b	10 ^a
Mass mg)	139,5 ± 11,4 ^{bd}	154,1 ± 22,1 ^b	80,6 ± 15,4 ^b	156,5 ± 16,1 ^{bc}	168,8 ± 13,4 ^a

Erinevad tähed tähistavad statistiliselt usaldusväärseid erinevusi variantide vahel $p < 0,001$ (ANOVA, Tukey test; suremus $F_{4,14} = 190,68$; $p < 0,001$; mass $F_{4,156} = 73,94$; $p < 0,001$)

Seevastu neljanda kasvujärgu tõukudest arenesid tomatil normaalkaaluga mardikad. Ogaõun, melon-maavits, peppino, taralõng, paprika, väärüstubakas, petuunia ja kollane maavits osutusid mõlema kasvujärgu tõukudele surmavaks.

Järeldused

Kartulimardikas võib meie tingimustes peagi sattuda toidupuudusesse, kui hakkavad korduma arenguks soodsad aastad, kus saadakse lisapõlvkond. Toitumise seisukohalt on ohtlik nii varajane mullast väljumine (kartul pole veel tärganud) kui hilisem arengu lõpetamine, kui kartul on juba koristatud. Omaette probleemiks on ka meie kartulipõldudel üha varasem kartuli lehemädaniku lööbimine. Nälgasurmast päästab uute toidutaimede omaksvõtt. Meie uuringud hõlmasid väheseid maavitsalisi, kuid ka nende seas leidsime neli taimeliiki, mis aitaksid kartulit asendada. Esialgu sobib meie piirkonna mardikatele alternatiivseks toidutaimeks baklažaan, harilik maavits, lilltubakas ja tomat. See ring võib aja jooksul veelgi laieneda.

Tänuavaldused. Käesolev töö on valminud projektide P170264 PKTE ja IUT36-2 toel

Kirjandus

- Bongres, W. 1970. *Aspects of host plant relationship of the Colorado potato beetle*. Dissertation, Wageningen University, 70 (10), 1–77.
- Brown, J.J., Jermy, T., Butt, B.A. 1980. The influence of an alternative host plant on the fecundity of the Colorado potato beetle, (*Leptinotarsa decemlineata* Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annual Entomological Society of America*, 73, 97–99.
- Capinera, J.L. 2001. *Handbook of Vegetable Pests*. Academic Press, San Diego, USA. 729 pp.
- Duchesne, R.-M., Parent, J.-G. 1991. The flowering tobacco as a new alternative host for the Colorado potato beetle. *American Potato Journal*, 68, 743–750.
- Harding, H.C.L., Fleischer, S., Blom, P. E. 2002. Population dynamics of the Colorado potato beetle in an agroecosystem with tomatoes and potatoes with management implications to processing tomatoes. *Environmental Entomology*, 31(6), 1110–1118.
- Hare, J., Daniel, Andreadis, Th.G. 1983. Variation in the susceptibility of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) when reared on different host plants to the fungal pathogen, *Beauveria bassiana* in the field and laboratory. *Environmental Entomology*, 12, (6), 1892–1897.
- Hare, J.D. 1990. Ecology and management of Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology*, 35, 81–100.
- Harrison, G.D. 1987. Host plant discrimination and evolution of feeding preference in Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* Say. *Physiological Entomology*, 12, 407–415.
- Hiiesaar, K., Jõgar, K., Williams, I.H., Kruus, E., Metspalu, L., Luik, A., Ploomi, A., Ere-meev, 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*, 63(6), 506–515.
- Hsiao, T.H., Fraenkel, G. 1968. Selection and specificity of the Colorado potato beetle for solanaceous and nonsolanaceous plants. *Annual Entomological Society of America*, 61, 493–503.
- Hsiao, T.H. 1978. Host plant adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle. *Entomologica Experimentalis et Applicata*. 24, 237–247.
- Jönsson, A.M., Pulatov, B., Linderson M.L., Hall, K. 2013. Modelling as a tool for analysing the temperature-dependent future of the Colorado potato beetle in Europe. *Global Change Biology*, 19(4), 1043–1055.
- Szentesi, A., Jermy, T. 1993. A comparison of food-related behaviour between geographic populations of the Colorado potato beetle (Coleoptera, Chrysomelidae), on six solanaceous plant species. *Entomologica Experimentalis et Applicata*, 66, 283–293.

Külvikorras sõnniku kasutamine parandab mullaviljakust ja suurendab maheviljeluse tulukust

The impact and profitability of manure application in the organically managed crop rotation

Malle Järvan¹, Raivo Vettik¹, Liina Edesi¹, Miralda Paivel²

¹Eesti Taimakasvatuse Instituut, ²Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool

Sissejuhatus

Maheviljelussüsteemide edukaks toimimiseks on vaja, et säiliks ja paraneks mulla viljakus ning ei toimuks mulla toitainearvude väljakurnamist (Bakšiene jt., 2013). Seejuures on mullaviljakuse säilimine tihedalt seotud mulla orgaanilise aine bilansiga ning mullamikroobide mitmekesisuse ja aktiivsusega (Scherer jt., 2011; Fageria, 2012). Jätkusuutlikuks majandamiseks vajab mulla orgaanilise aine varu pidevat täiendamist. Parim vahend selleks on komposteeritud laudasõnnik (Watts jt., 2010; Scherer jt., 2011). Mulla toitainebilanssi suudavad tasakaalus hoida vaid need majandid, kus toodetakse ise piisavas koguses sõnnikut või ostatekse see sisse (Foissy jt., 2013).

Käesoleva töö eesmärk oli uurida sõnniku kasutamise mõjusid maheviljeluslikus külvikorras, selgitades selle toimet mulla agrokeemilistele omadustele, taimetoitainete bilansile, mulla mikroobigruppide arvukusele, kultuuride saagikusele ja majandamise tulukusele.

Materjal ja meetodika

Aastail 2008–2014 viidi uuringud läbi tootmistingimustes Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskooli õppetalu põllul. Katsealal oli kerge liivsavi lõimiseiga näivleetunud muld, *Albic Stagnic Luvisol* WRB 2014 klassifikatsiooni järgi. Mulla pH oli 6,0, huumuse- ja kaaliumisisaldus keskmine ning fosforisisaldus kõrge. Põllul oli viieväljaline külvikord: rukis, kartul, kaer, oder ristiku allakülviga ja ristik, mis künti haljasväetisena mulda. Katse rajamise ja läbiviimise, proovide võtmise ning analüüside üksikasjalik meetodika on kirjeldatud varasemates artiklites, samas on ka ülevaade katseperioodi ilmastikust (Järvan jt., 2017; Järvan, 2018).

Käesolevas töös ei võrrelda tava- ja maheviljelust, vaid keskendutakse kahe maheviljeluse variandi võrdlusele. Mahe I (MI) puhul ei saanud külvikord mingeid väetusaineid. Mahe II (MII) puhul anti kartuli jaoks sügiskünni alla tahetat veisesõnnikut normiga 60 t ha⁻¹. Katseaastate jooksul analüüsitud sõnnikuproovide keskmisena anti sõnnikuga mulda toitaineid järgmises koguses: lämmastikku (N) 286, fosforit (P) 61, kaaliumit (K) 164, kaltsiumit (Ca) 130 ja magneesiumit (Mg) 56 kg ha⁻¹ ning mikroelementidest vaske (Cu) 286, mangaani (Mn) 1224 ja boori (B) 201 g ha⁻¹.

Teraviljade saagi arvestused (14% niiskusele) tehti 0,5×0,5 m pinnalt neljas korduses võetud viljavihkude baasil. Kartuli kaubanduslike mugulate (>35 mm) saagi arvutamisel võeti aluseks kümnest järjestikusest pesast (kolmes korduses) koristatud mugulate mass. Mullaproovid agrookeemilisteks analüüsideks võeti septembris ja analüüsiti Põllumajandusuuringute Keskuses (PMK) Mehlich 3 meetodil. Aprillis ja septembris võeti veel eraldi (kolmes korduses) mullaproove mikrobioloogilisteks analüüsideks. PMK mikrobioloog Helgi Laitamm määras vastavatel söötmetel olulisemad mikroobigrupid. Teraviljade ja kartuli saakidest võetud keskmised proovid analüüsiti EMÜ Taimebiokeemia laboratooriumis. Analüüsitulemuste ja saagiandmete alusel arvutati põllult äraviidud elementide (P, K, Ca, Mg) kogused ning võrreldi toiteelementide bilanssi MI ja MII külvikordades. Sõnniku kasutamise majandusliku tulukuse arvutamise meetodikat on põhjalikult kirjeldatud Järvan jt. 2017. aastal avaldatud artiklis.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Statistica 12 (Anova, Fisher LSD test, Statsoft, 2005).

Tulemused ja arutelu

Katseala mulla agrookeemilised näitajad on esitatud tabelis 1 viie külvikorral ja aritmeetilise keskmisena koos standardhälbega. Eesti kliimatilistele tingimustele iseloomulik muldade hapestumise tendents avaldus ka antud töös mõlema variandi puhul. Orgaanilise süsiniku osas – kuigi täheldati selle sisalduse vähenemise tendentsi MI variandi puhul ja suurenemise tendentsi MII variandi puhul – ei näidanud seitsme aasta jooksul statistiliselt usaldusväärset muutust. Samas on teada, et mulla orgaanilise süsiniku sisaldus muutubki väga aeglaselt (Körschens jt., 1998; Tammik jt., 2018). MI variandis toimus mulla kaaliumivarude

väljakurnamine, samuti vähenes vase- ja boorisaldus. Sõnniku andmine suutis MII variandis mulla kaaliumitaseme hoida suhteliselt stabiilsena ja suurendas katseperioodi lõpuks nii fosfori- kui ka magneesiumisisaldust.

MI variandis jäi viieaastase perioodi jooksul külvikorra taimetoitainete bilanss tugevalt negatiivseks eelkõige kaaliumi ja fosfori osas – vastavalt 105 ja 35 kg ha⁻¹. MII puhul oli taimetoitainete bilanss, tänu sõnniku kasutamisele, positiivne kõikide elementide osas: fosforit 18, kaaliumit 17, kaltsiumit 123 ja magneesiumi 40 kg ha⁻¹ (Järvan jt., 2017).

Taimede toitumise seisukohalt on väga olulised risosfääris tegutsevad mikroorganismid, kes lagundavad mullas orgaanilist ainet ja parandavad taimetoitainete kättesaadavust raskesti lahustuvatest ühenditest. Olustvere katses avaldus sõnniku positiivne mõju mulla mikroobikooslusele mitmel aastal pärast sõnniku andmist (tabel 2). Sõnniku otsemõjuna kartulipõllul oli katseperioodi keskmisena

Tabel 1. Mulla agrokeemilised omadused katse algul (2008) ja lõpul (2014)

Omadus	Variant	2008	2014	Muutus
pH _{KCL}	Mahe I	5,92 ± 0,15	5,74 ± 0,23	-0,18
	Mahe II	6,12 ± 0,15	5,98 ± 0,12	-0,14
Orgaamiline süsinik (C _{org}), %	Mahe I	1,56 ± 0,12	1,48 ± 0,17	-0,08
	Mahe II	1,56 ± 0,14	1,66 ± 0,17	+0,10
Fosfor (P), mg kg ⁻¹	Mahe I	209 ± 9	211 ± 12	+2
	Mahe II	195 ± 11	210 ± 14	+15*
Kaalium (K), mg kg ⁻¹	Mahe I	133 ± 23	103 ± 15	-30*
	Mahe II	140 ± 24	152 ± 33	+12
Magneesium (Mg), mg kg ⁻¹	Mahe I	64 ± 14	75 ± 20	+11
	Mahe II	64 ± 7	99 ± 21	+35*
Kaltsium (Ca), mg kg ⁻¹	Mahe I	1148 ± 157	1168 ± 205	+20
	Mahe II	1224 ± 120	1222 ± 131	-2
Vask (Cu), mg kg ⁻¹	Mahe I	1,98 ± 0,17	1,78 ± 0,19	-0,20*
	Mahe II	1,70 ± 0,10	1,52 ± 0,12	-0,18*
Mangaan (Mn), mg kg ⁻¹	Mahe I	118 ± 6	120 ± 8	+2
	Mahe II	117 ± 10	116 ± 7	-1
Boor (B), mg kg ⁻¹	Mahe I	0,44 ± 0,07	0,33 ± 0,05	-0,11*
	Mahe II	0,45 ± 0,06	0,38 ± 0,07	-0,07

Mahe I – sõnnikuta külvikord (MI); Mahe II – sõnnikuga külvikord (MII)

* Statistiliselt usaldusväärne (p < 0,05) erinevus

suurenenud 158% nitrifitseerijate bakterite ja 49% tselluloosilagundajate arvukus. Sõnniku positiivne toime bakterirühmade arvukusele avaldus kaera ja odra väljaldel veel järelmõju aastatelgi. Paralleelselt bakterite arvukusega suurendas sõnnik ka mulla dehüdrogenaasi aktiivsust (Järvan jt., 2014).

Tabel 2. Sõnniku kasutamise mõju mulla mikroobigruppide arvukusele Olustvere mahekülvikordades

Bakterite rühmad	Külvikord	Bakterite arvukus kolooniaid moodustavate ühikutena 1 g kuiva mulla kohta		
		Sõnniku otsemõjul kartuli väljal 2007–2013 (n = 8)	Sõnniku 1. aasta järelmõjul kaera väljal 2008–2013 (n = 7)	Sõnniku 2. aasta järelmõjul odra väljal 2009–2011 (n = 5)
Bakterite üldarv $\times 10^6$	Mahe I	5,87	7,25	6,02
	Mahe II	7,37	9,69	7,26
	Erinevus	1,50	2,44	1,24
Denitrifitseerijad $\times 10^5$	Mahe I	2,74	3,38	4,08
	Mahe II	3,67	4,92	3,20
	Erinevus	0,93	1,64	-0,88
Nitrifitseerijad $\times 10^4$	Mahe I	1,81	1,92	2,05
	Mahe II	4,67	3,34	3,22
	Erinevus	2,86*	1,42*	1,17*
Tselluloosilagundajad $\times 10^3$	Mahe I	2,18	2,30	2,50
	Mahe II	3,24	2,93	3,11
	Erinevus	1,06*	0,63	0,61

n – mikrobioloogiliseks analüüsiks mullaproovide (kolmes korduses) võtmise kordade arv katseperioodi jooksul. * erinevus on statistiliselt usaldusväärne ($p < 0,05$)

Tabel 3. Kultuuride saagikus ($t\ ha^{-1}$) ja metaboliseeruv energia (ME, $GJ\ ha^{-1}$) 2008–2014 keskmisena

Külvikord	Kartul		Kaer		Oder		Rukis	
	$t\ ha^{-1}$	$GJ\ ha^{-1}$	$t\ ha^{-1}$	$GJ\ ha^{-1}$	$t\ ha^{-1}$	$GJ\ ha^{-1}$	$t\ ha^{-1}$	$GJ\ ha^{-1}$
MI	17,1	47,8	2,59	26,5	1,43	16,0	2,82	33,0
MII	26,0	69,9	3,19	32,6	1,58	17,7	2,90	33,9
Erinevus	8,9*	–	0,60*	–	0,15	–	0,08	–

* erinevus on statistiliselt usaldusväärne ($p < 0,05$)

Maheviljeluslikult kasvatatud kultuuride saagikus varieerus aastati üsna suures ulatuses, olenedes ilmastikust, rukki puhul ka talvitumistingimustest, kartuli puhul eelkõige lehemädaniku kahjustusest ja viimasel katseaastal (2014) ka väga tugevast umbrohtumisest. Saagid olid järgmistes piirides: kartul 2,9–7,7 t ha⁻¹, kaer 1,87–4,39 t ha⁻¹, oder 0,93–2,37 t ha⁻¹ ja rukis 1,66–4,03 t ha⁻¹. Kultuuride keskmine saagikus on toodud tabelis 3. Sõnniku kasutamine külvikorras suurendas kartuli kaubanduslike mugulate saaki 52% ja kaera saaki 23% võrra ning mõjutas veidi ka odra saagikust. Kogu külvikorra jooksul kogutud toodang, ühtlustatuna metaboliseeruva energia (ME) ühikuteks, oli MII variandi puhul 30 GJ ha⁻¹ ehk 24,4% võrra suurem kui MI variandis (Järvan, 2018).

Majanduslikest arvestustest selgus, et maheviljeluses on sõnniku kasutamine efektiivne ka rahalise väljundina: olenevalt toodangu müügihindadest, kas tava- või mahetoodanguna, oli talus omatoodetud sõnniku kasutamisel võimalik saada lisatulu 150–870 € ha⁻¹ (Järvan jt., 2017). Kui sõnniku mõjul saadav lisatoodang realiseeriti kõrgemate, mahetoodangu hindadega, oli ka sisse ostetud sõnniku kasutamine majanduslikult tulus siis, kui seda veeti maksimaalselt kuni 15 kilomeetri kauguselt (Järvan jt., 2017).

Järeldused

Maheviljelus ilma taimetoitaineid juurde andmata põhjustas mulla kaaliumivarude väljakurnamise, samuti vähenes mullas vase ja boori sisaldus. Taheda veisesõnniku kasutamine maheviljeluslikult majandatavas külvikorras oli kasulik nii ökoloogilisest kui ka majanduslikust vaatepunktist lähtudes: oli tagatud mulla-viljakuse püsimine ja teatud näitajate osas ka paranemine, aktiveerus mullamikroobide tegevus, saakide suurenemine tagas maheviljeluse tulukuse suurenemise.

Tänuavaldused. Uurimistöö valmis Eesti Põllumajandusministeeriumi rahastatud rakendusuringuprojekti „Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning kultuuride saagikusele ja kvaliteedile” (2008–2014) toel.

Kirjandus

Bakšienė, E., Ražukas, A., Repečkienė, J., Titova, J. 2014. Influence of different farming systems on the stability of low productivity soil in Southeast Lithuania. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101, 115–124.

- Fageria, N.K. 2012. Role of soil organic matter in maintaining sustainability of cropping systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43, 2063–2113.
- Foissy, D., Vian, J.F., David, C. 2013. Managing nutrient in organic farming system: reliance of livestock production for nutrient management of arable land. *Organic Agriculture*, 3, 183–199.
- Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Vösa, T. 2014. Soil microbial communities and dehydrogenase activity depending on farming systems. *Plant, Soil and Environment*, 60, 459–463.
- Järvan, M., Vettik, R., Tamm, K. 2017. The importance and profitability of farmyard manure application to an organically managed crop rotation. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104, 321–328.
- Järvan, M. 2018. Sõnniku mõjust maheviljeluslikult majandatavas külvikorras. *Agraarteadus*, XXIX, 1–12.
- Körschens, M., Weigel, A., Schulz, E. 1998. Turnover of soil organic matter (SOM) and long-term balances. Tools for evaluating sustainable productivity of soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 161, 409–424.
- Scherer, H.W., Metker, D.J., Welp, G. 2011. Effect of long-term organic amendments on chemical and microbial properties of a luvisol. *Plant, Soil and Environment*, 57, 513–518.
- Tammik, K., Kauer, K., Astover, A., Penu, P. 2018. Eesti põllumuldade süsinikuvaru dünaamika aastatel 1983–2016. *Agronomia 2018*. Toim. M. Alaru, Tartu, 30–35.
- Watts, D.B., Torbert, H., Feng, Y., Prior, S.A. 2010. Soil microbial community dynamics as influenced by composted dairy manure, soil properties, and landscape position. *Soil Science*, 175, 474–486.

Viljelusviisi mõju talirukki terasaagile ja jahu küpsetusomadustele

The yield and bread-baking properties of winter rye depending on cultivation methods

Malle Järvan¹, Lea Lukme²

¹ Eesti Taimakasvatuse Instituut, ² Põllumajandusuuringute Keskus

Sissejuhatus

Talirukis on, tänu teistest teraviljadest suuremale leplikkusele mullaviljakuse suhtes, igati sobiv kultuur mahetootjate jaoks. Kuna rukist kasutatakse põhiliselt täisteratoodetena, on tal tarbijate tervise seisukohalt eriline väärtus. Sisaldades rohkesti toidukiudu ja paljusid bioaktiivseid aineid, vähendab rukkitoodete tarbimine südame-veresoonkonna haiguste ja kasvajate riski (Poutanen jt., 2009; Fardet, 2010). Rukki täisterajahust leiva tootmine toimub juuretise kaasabil, läbi käärimisprotsessi (Hoog, 1969; Viiard jt., 2016). Taigna kääritamine, paralleelselt lõpptoodangu kvaliteedi paranemisega, parandab ka kiudainete, mineraalide ja vitamiinide omastatavust ning suurendab leivatoodete antioksüdatiivseid omadusi (Michalska jt., 2007; Poutanen jt., 2009; Mihhalevski jt., 2013).

Rukkijahu ja -leiva kvaliteet oleneb paljudest teguritest: sort, ilmastikutingimused, fermentide aktiivsus, tehnoloogilised protseduurid jm. Paraku teave viljelusviisi mõjust rukki küpsetusomadustele praktiliselt puudub. Siiski, tuvastatud on teatud erinevusi viljelusviiside mõjus fermentide aktiivsusele (Basinskiene jt., 2011) ja leiva sensoorsetele omadustele (Annett jt., 2007).

Käesoleva töö eesmärk oli võrrelda maheviljeluse ja tavaviljeluse mõõduka agrofooni tingimustes kasvatatud talirukki saagikust, kvaliteeti ja küpsetusomadusi.

Materjal ja meetodika

Talirukist kasvatati aastail 2008–2014 ühe kultuurina Olustveres tootmis-tingimustes läbiviidud viljelusviiside võrdlemise katse viieväljalises külvikorras (ristik → rukis → kartul → kaer → oder ristiku allakülviga). Katseala iseloomustust, katse rajamise ja tööde meetodikat ning ilmastikutingimusi on põhjalikult kirjeldatud varem ilmunud artiklites (Järvan jt., 2013; 2018).

Käesolevas töös võrreldakse kaht viljelusviisi: maheviljeluse 1. varianti (MI), kus külvikorras ei kasutatud mingeid väetusaineid ega pestitsiide ja tavaviljelust (T variant), kus külvikorras anti kartuli alla laudasõnnikut, kasutati mõõdukas koguses mineraalväetisi ja tehti keemilist taimekaitset. Mõlema katsevariandi puhul künti ristik haljasväetisena mulda. Talirukis 'Elvi' külvati normiga 450 idanevat seemet m² kohta. T variandis anti rukkile külvi ajal kompleksväetisega N₁₅P₃₀K₇₅ kg ha⁻¹ ja teisel kasvuaastal kahel korral ammooniumnitraadina kokku N 68 kg ha⁻¹ ning tehti keemiline umbrohutõrje.

Saagiarestused ja esmased kvaliteedianalüüsid tehti neljas korduses võetud viljavihkude baasil. Saak katsevariandi kogu pinnalt (400 m²) koristati kombainiga ja kuivatati ning sorteeriti õppetalu kuivatis. Mõlemalt katsevariandilt võeti keskmised rukkiproovid (~5 kg) küpsetuskatseteks, mis viidi läbi PMK Taimse Materjali Laboratooriumis. Rukki täisterajahu kvaliteedinäitajate määramise, taigna valmistamise ja kvaliteedinäitajate määramise, küpsetusprotsessi ning leiva kvaliteedi hindamise meetoodika on põhjalikult avaldatud Järvan jt. (2018). Leivad valmistati naturaalse rukkijahujuuretise baasil, taigna retsept sisaldas ka vähesel määral nisujahu, et parandada valmistoote mahtu ja struktuuri. Jahu ja taigna kvaliteedinäitajad (tabel 2) määrati keskmise proovi baasil ühes korduses, leiva ruumala arvutati kolme pätsi keskmisena.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Statistica 12 (Anova, Fisher LSD test, Statsoft, 2005).

Tulemused ja arutelu

Maheviljeluse meetodil kasvatatud rukki saagikus, tänu looduslikult viljakale katsemullale ja eelkultuuriks olnud ristiku kogu massi muldaküündmisele, oli üldiselt hea ning küündis soodsatel aastatel kuni 3–4 t ha⁻¹ (tabel 1).

Maherukki saagikus katseperioodi keskmisena moodustas 68% tavarukki saagikusest. Suurimad erinevused saagitasemetes ilmnid 2011. ja 2013. aastal, mis on seletatav maheala taimiku olulise hõrenemisega talvekahjustuse (lumiseen) tõttu. De Ponti jt. (2012), uurides kultuuride saagikust erinevate viljelusviiside tingimustes, leidsid, et mahedalt kasvatatud rukki saagikus oli vahemikus 63–104% (keskmiselt 76%) tavaviisil kasvatatud rukki saagikusest.

Tabel 1. Talirukki saak ja selle kvaliteet viljelusviiside katses Olustveres 2008–2014 aastail

	Viljelus- viis	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2008– 2014
Saak, t ha ⁻¹	Mahe	3,01	3,20	3,10	1,66	2,76	2,06	3,94	2,82
	Tava	4,52	5,14	3,98	3,56	2,96	4,67	4,09	4,13
	Erinevus	1,51*	1,94*	0,88	1,90*	0,20	2,61*	0,15	1,31*
Proteiin, %	Mahe	9,13	10,05	9,48	8,47	7,63	9,60	10,36	9,25
	Tava	11,90	11,70	10,56	10,39	8,43	11,43	11,31	10,82
	Erinevus	2,77	1,65	1,08	1,92	0,80	1,83	0,95	1,57*
1000 tera mass, g	Mahe	29,3	32,3	30,7	30,4	31,8	38,9	34,7	32,6
	Tava	34,3	35,1	29,8	34,4	31,9	36,0	34,4	33,7
	Erinevus	5,0*	2,8*	0,9	4,0*	0,1	2,9	0,3	1,1

* Statistiliselt usutav ($p < 0,05$) erinevus

Rukkiterade proteiinisisaldus varieerus M variandis vahemikus 7,6–10,4% ja T variandis 8,4–11,9%. Erakordselt madalaks jäi proteiinisisaldus 2012. aastal, selle peamine põhjus oli ebasoodne ilmastik terade moodustumise ja valmimise ajal. Viljelusviiside toimes terasaagi teistele kvaliteedinäitajatele (langemisarv, 1000 tera mass) ei saadud usutavaid erinevusi. Samuti ei mõjutanud viljelusviis terade mineraalset koostist, s.o. P, K, Ca ja Mg sisaldust (Järvan jt., 2018).

Rukkijahu kõige olulisemad koostisosised, mis mõjutavad taigna moodustumise protsessi, taigna tehnoloogilisi omadusi ning lõpptoodangu (leiva) kvaliteeti, on tärkliis ja kiudaine – nende sisaldus, lahustuvus, veesidumisvõime, kliisterdumisomadused jm. Proteiin küpsetusomaduste seisukohalt on rukki puhul väiksema tähtsusega kui nisu puhul (Banu jt., 2011). Küll aga sõltub küpsetamise lõpptulemus olulisel määral fermentide, eelkõige α -amülaasi aktiivsusest rukkijahus, mille üle saab kaudselt otsustada rukki langemisarvu kaudu (Hoog, 1969; Basinskiene jt., 2011; Dvořáková, 2012). Kasvamaläinud rukkist jahvatatud jahu langemisarv on madal ning α -amülaasi aktiivsus liiga kõrge, sellisest jahust ei saa hea kvaliteediga leiba (Dojczew jt., 2004). Taigna käärütamine suurendab happesust, aidates sellega vähendada amülaaside aktiivsust ja parandada taigna tehnoloogilisi omadusi ning leiva kvaliteeti (Hoog, 1969; Poutanen jt., 2009; Viiard jt., 2016).

Meie katses sisaldas maherukki jahu rohkem tärklist ja vähem proteiini kui tavaviisil kasvatatud rukki jahu (tabel 2). Viljelusviiside võrdlemisel aastate kaupa selgus pöördvõrdeline korrelatsioon ($r = 0,596$) jahu proteiini ja tärkliise sisal-

Tabel 2. Viljelusviiside mõju rukkijahu ja leiva kvaliteedi-näitajatele 2008.–2014. aasta katsetes

Näitaja	Viljelusviis	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2008–2014
<i>Rukki täisterajahu</i>									
Proteiin, %	Mahe	8,26	10,71	8,20	8,12	8,81	7,87	10,80	8,97
	Tava	10,94	10,76	10,21	10,48	9,31	11,44	11,20	10,62
	Erinevus								1,65*
Toortuhk, % k.a.	Mahe	1,84	1,94	1,66	1,68	1,70	1,80	2,01	1,80
	Tava	1,57	2,08	1,73	1,60	1,94	1,62	2,09	1,80
Langemisarv, sek.	Mahe	110	175	267	234	78	124	303	184
	Tava	120	175	268	172	62	72	289	165
	Erinevus								19
Tärklis, % k.a.	Mahe	62,9	62,5	66,8	66,5	63,2	64,1	65,2	64,5
	Tava	61,4	61,1	64,0	62,9	62,1	61,9	64,5	62,6
	Erinevus								1,9*
<i>Leib</i>									
Ruumala, cm ³	Mahe	1464	1582	1459	1356	1393	1226	1345	1404
	Tava	1499	1552	1470	1410	1356	1099	1489	1411
Eiriruumala, cm ³ g ⁻¹	Mahe	2,10	2,25	2,14	2,06	2,00	1,80	1,96	2,04
	Tava	2,10	2,16	2,16	2,10	1,99	1,59	2,11	2,03
Eiriruumala : proteiin	Mahe	0,24	0,21	0,26	0,25	0,22	0,23	0,18	0,23
	Tava	0,24	0,20	0,21	0,20	0,21	0,14	0,19	0,20
Niiskus, %	Mahe	47,8	49,8	48,1	47,9	47,5	50,0	49,0	48,6
	Tava	48,6	48,6	47,6	48,3	48,0	47,8	49,0	48,3
Happesus, °	Mahe	6,0	6,1	6,5	6,6	6,5	6,0	6,5	6,3
	Tava	6,0	6,6	6,4	6,3	6,5	6,5	6,2	6,4
Poorsus, %	Mahe	55	57	60	53	45	59	49	54
	Tava	58	57	53	54	50	50	52	53

* Statistiliselt usutav ($p < 0,05$) erinevus

duste vahel. Näiteks, kui M variandis (võrreldes T variandiga) proteiinisaldus langes, siis tärklisesaldus suurenes.

Toortuha sisaldust – mis rukkijahu puhul ei oma küll tehnoloogilist tähtsust, aga mineraalid on vajalikud tervislikkuse seisukohalt – viljelusviis ei mõjutanud. Aastate ja viljelusviiside lõikes oli üsna stabiilne ka rukki täisterajahu veesidumisvõime, olles vahemikus 147–152 ml 100 g jahu kohta. Viljelusviis ei mõjutanud usutavalt jahu langemisarvu, küll aga varieerus see suuresti aastate lõikes.

Katseperioodi viimase kolme aasta saagi täisterajahudega tehtud viskograafiline analüüs, mis iseloomustab rukkijahu tähtsusega toimuvaid protsesse taigna kuumutamise käigus ja potentsiaalselt võimaldab saada eelteavet lõpptoodangu kvaliteedi kohta, näitas, et viskogrammide erinevus oli põhjustatud langemisarvu erinevustest, aga mitte viljelusviisist (Järvan jt., 2018).

Seitsme aasta jooksul läbiviidud küpsetuskatsete tulemusena selgus, et maheviljeluse tingimustes ja tavaviljeluse mõõduka agrofooni tingimustes kasvatatud talirukki täisterajahust on võimalik saada praktiliselt ühesuguste omadustega leiba.

Järeldused

Talirukis on sobiv kultuur kasvatamiseks maheviljeluse külvikorras. Mahe- rukkii saak moodustas keskmiselt 68% tavaviljeluse rukki saagist. Mahe- rukkii täis- terajahu proteiinisaldus oli madalam ja tähtsusesaldus kõrgem kui tavarukkil. Proteiini ja tähtsuse sisalduse vahel oli pöördvõrdeline seos. Rukkijahujuuretise baasil kääritatud taigast küpsetatud leiva kvaliteet ei olenenud viljelusviisist.

Tänuavaldused. Uurimistöö valmis Eesti Põllumajandusministeeriumi rahastatud ra- kendusuuringuprojekti „Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning kultuuride saagikusele ja kvaliteedile” (2008–2014) toel.

Kirjandus

- Annett, L. E., Spaner, D., Wismer, W. V. 2007. Sensory profiles of bread made from paired samples of organically and conventionally grown wheat grain. *Journal of Food Science*, 72, 254–260.
- Banu, I., Vasilean, I., Constantin, O. E., Aprodu, I. 2011. Prediction of rye dough behav- iour and bread quality. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 50, 239–247.
- Basinskiene, L., Juodeikiene, G., Kalvaityte, V., Ceseviciene, J., Leistrumaite, A. 2011. Enzyme activity of different cereals grown using organic and conventional agricul- tural practices. *Proceedings of 6th Baltic conference on food science and technology FOODBALT 2011*. Jelgava, Latvia, 27–33.
- De Ponti, T., Rijk, B., Van Ittersum, M.K. 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108, 1–9.
- Dojczew, D., Sobczyk, M., Grodzicki, K., Haber, T. 2004. The influence of pre-harvest sprouting grains on the bread-making wheat, rye and triticale flour. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 3, 127–136.
- Dvořáková, P., Burešová, I., Kráčmar, S., Havliková, R. 2012. Effect of Hagberg fall- ing number on rye bread quality. *Advances in environment, biotechnology and*

- biomedicine. *Proceedings of the 1st WSEAS international conference*. Tomas Bata University in Zlin, Czech Republic, 257–260.
- Fardet, A. 2010. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutritional Research Reviews*, 23, 65–134.
- Hoog, J. 1969. *Leivaküpsetus*. I osa. Valgus, Tallinn. 137 lk.
- Järvan, M., Edesi, L., Lukme, L., Akk, A., Paivel, M. 2013. Mahe- ja tavarukki küpsetuskatsete tulemustest. *Agronomia* 2013, 68–73.
- Järvan, M., Lukme, L., Tupits, I., Akk, A. 2018. The productivity, quality and bread-making properties of organically and conventionally grown winter rye. *Zemdirbyste-Agriculture*, 105, 323–330.
- Michalska, A., Ceglinska, A., Amarowicz, R., Piskula, M.-K., Szawara-Nowak, D., Zielinski, H. 2007. Antioxidant contents and antioxidative properties of traditional rye breads. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 734–740.
- Mihhalevski, A., Nisamedtinov, I., Hälvin, K., Ošeka, A., Paalme, T. 2013. Stability of B-complex vitamins and dietary fiber during rye sourdoughbread production. *Journal of Cereal Science*, 57, 30–38
- Poutanen, K., Flander, R., Katina, K. 2009. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiology*, 26, 693–699.
- Viiard, E., Bessmeltseva, M., Simm, J., Talve, T., Aaspõllu, A., Paalme, T., Sarand, I. 2016. Diversity and stability of lactic acid bacteria in rye sourdoughs of four bakeries with different propagation parameters. *PLoS ONE*, 11 (2), e0148325. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148325>

Mulla mikrobioloogine aktiivsus ja suviteraviljade saak biostimulaatorite kasutamisel maheviljeluses

Soil microbial activity and grain yield of spring cereals by using biostimulants in organic farming system

Tiia Kangor, Liina Edesi, Ilmar Tamm, Merlin Haljak

Eesti Taimekasvatuse Instituut

► tia.kangor@etki.ee

Sissejuhatus

Meie kliimatingimustes on suviviljade kasvuaegne stress sageli seotud põuaga, kuna sademete puudus ja kõrge õhutemperatuur mõjutavad taimede normaalset kasvu ja arengut. Biostimulaatorid on preparaadid, mis leevendavad taimede stressi ja aitavad neil sellest kiiresti välja tulla. Samas ei asenda nad väetisi, vaid sisaldavad elusorganisme või ühendeid, mis mõjutavad taimede füsioloogilisi ja biokeemilisi protsesse, soodustavad toiteelementide paremat kättesaadavust ja omastamist jms (Calvo jt., 2014).

Mullas elavad mikroorganismid on üheks mullaviljakuse oluliseks osaks, kuna neil on tähtis roll orgaanilise aine lagundamisel ja huumuse tekkel. Osa neist on olulised taimede kasvuks, kuna aitavad omastada toitaineid ning pärsivad juurpatogeenide arengut (Degens jt., 2000). Mõned biostimulaatorid, mis sisaldavad mitmeid mikroorganisme, toimivadki eespool tooduna: muudavad toiteelementideid taimedele kätte saadavaks, parandavad nende omastamist, aitavad suurendada juure massi, ulatust jms (Calvo jt., 2014; Zimmer ja Zimmer-Durand, 2017).

Töö eesmärgiks oli, kasutades maheviljelusse sobivaid biostimulaatoreid, välja selgitada nende mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele ning suviteraviljade (nisu, kaer) saagikusele.

Materjal ja meetodika

Põldkatse rajati aastatel 2016–2018 Eesti Taimekasvatuse Instituudi Jõgeva katsepõllule. Kahel katsele eelneval aastal oli katsealal kasvanud punane ristik. Kultuuride järjestus: suvinisu 'Manu' (2016), kaer 'Kalle' talirüpsi 'Largo' allakülviga (2017), kaer 'Kalle' (2018). Kuna 2018. aasta kevadeks oli talirüpsi taimik

hiirte poolt tugevalt kahjustatud, siis külvati taas kaer. Külvisenormiks kasutati suvinisul 600, kaeral koos talirüpsi allakülviga vastavalt 450 ja 150 ning kaeral puhaskülvis 500 idanevat tera m² kohta. Katsealal oli raske liivsavi lõimise (I_{s3}) leostunud muld (Ko).

Katse rajati kolme variandiga neljas korduses 9 m² katselappidele. Variantideks olid: M1 – mulla töötlemine biostimulaatorite seguga nr 1; M2 – mulla töötlemine biostimulaatorite seguga nr 2; M3 – töötlemata e. kontroll. Mõlemas mullatöötlusvariandis viidi biostimulaatorid mulda kevadel enne põhikultuuri külvi (2016, 2017, 2018) pritsides ja äestades mulda ning sügisel enne kündmist (2016) töödeldes põhku. Biostimulaatorite segu nr 1 koosnes 2016. ja 2017. aasta kevadel Bactomix 5st (0,5 l ha⁻¹), Hefe HumiEkstraktist (3 l ha⁻¹) ning 2018. aasta kevadel Bioorg VHst (8 l ha⁻¹), EMO-Nst (0,1 l ha⁻¹), EMO-Pst (0,1 l ha⁻¹). 2016. aasta sügisel koosnes segu nr 1 Bactomix 5st (0,5 l ha⁻¹). Biostimulaatorite segu nr 2 koosnes 2016. ja 2017. aasta kevadel efektiivsetest mikroorganismidest e EMst (20 l ha⁻¹), merevetika ekstraktist (4 l ha⁻¹), Raskilast (4 l ha⁻¹), eraldi töödeldi SEA 90ga (6 kg ha⁻¹) ning 2018. aasta kevadel Baikal EM1st (0,3 l ha⁻¹), merevetika ekstraktist (3 l ha⁻¹), melassist (3 kg ha⁻¹). 2016. aasta sügisel koosnes segu nr 2 EMst (20 l ha⁻¹) ja merevetika ekstraktist (4 l ha⁻¹).

Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse iseloomustamiseks kasutati ensümaatilise aktiivsuse määramise meetodit. Selleks võeti mullaproovid 0–20 cm sügavuselt kolmes korduses kevadel enne mullaharimist ja sügisel pärast saagi koristamist. Ensüümi dehüdrogenaasi aktiivsuse (DHA) määramiseks sõeluti mullaproovid läbi 2 mm sõela ja hoiti kuni analüüsimiseni 4 °C temperatuuri juures. Teraviljade saagid arvestati ümber 14% niiskusele.

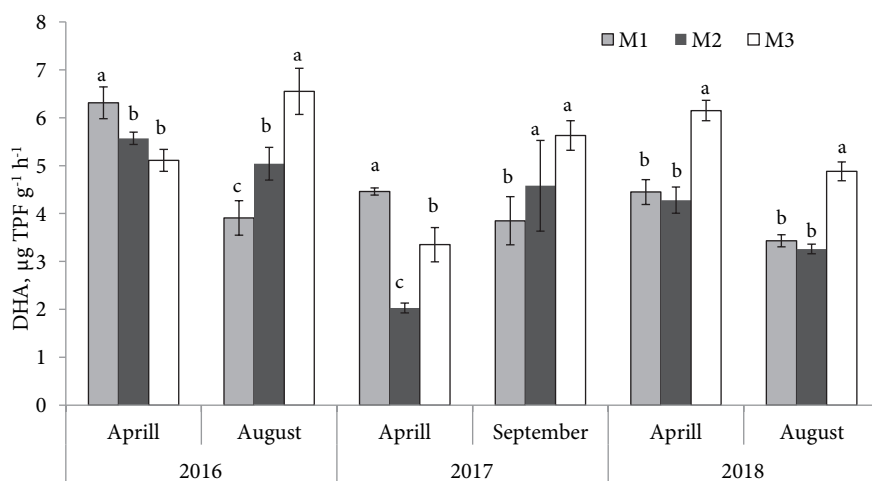
Katseaastate ilmastik oli erinev, 2016. ja 2018. aastal olid ilmad kuumemad ja kuivemad, 2017. aastal jahedamad ja niiskemad. 2016. aastal esines pikem kuiva-periood taimiku kasvuperioodi alguses (kuni juuni II dekaadini), 2018. aastal aga peaaegu kogu vegetatsiooni vältel.

Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse andmed töödeldi programmiga JMP 5.0.1 (Turkey-Kramer test). Saagiandmed töödeldi statistikaprogrammiga Agrobase™, et leida statistilised erinevused terasaagis 95% usalduspiiri juures erinevate mullatöötluste korral ($p < 0,05$).

Tulemused ja arutelu

Mulla mikrobioloogiline aktiivsus. Kolme katseaasta tulemusi võrreldes leiti biostimulaatorite kasutamise positiivset mõju mulla üldisele mikrobioloogilisele aktiivsusele vaid 2017. aasta kevadel, kus mulla DHA oli kontrollvariandiga (M3) võrreldes kõrgem sügisel Bactomix 5-ga (5 l ha^{-1}) töödeldud mullas (M1) (joonis 1).

2017. aasta kevadel jäi mulla DHA usutavalt madalamaks M2 variandis, mida oli 2016. aasta sügisel töödeldud EM (20 l ha^{-1}) ja merevetika ekstraktiga (4 l ha^{-1}). Usutav erinevus ilmnes ka 2016. aasta aprillis, kuid siis ei olnud biostimulaatoreid veel kasutatud. Erinevus oli tõenäoliselt tingitud katseala mulla kirjususest. Kõikidel katseaastatel oli aga sügisel mulla DHA võrreldes biostimulaatoritega töödeldud variantidega (M1 ja M2) kõrgem biostimulaatoritega töötlemata kontrollvariandis (M3).



Joonis 1. Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus (DHA) ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$) erinevates mullatöötlusvariantides 2016.– 2018. aastail.

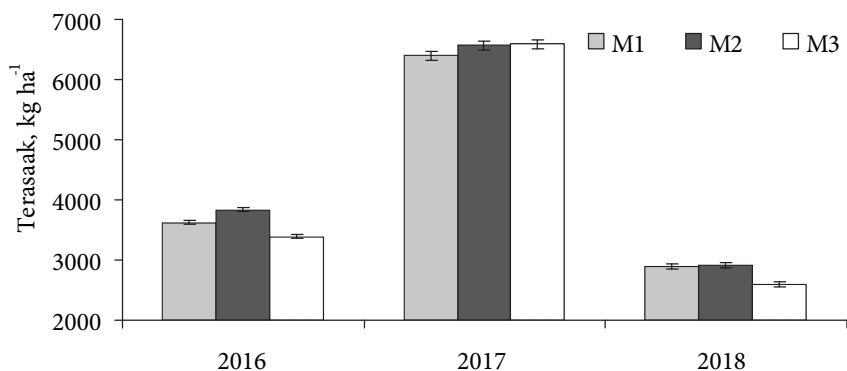
M1 – biostimulaatorite segu 2016. a ja 2017. a kevadel Bactomix 5 ($0,5 \text{ l ha}^{-1}$), Hefe HumiExtrakt (3 l ha^{-1}) ning 2018. a kevadel Bioorg VH (8 l ha^{-1}), EMO-N ($0,1 \text{ l ha}^{-1}$), EMO-P ($0,1 \text{ l ha}^{-1}$), 2016. a sügisel Bactomix 5 ($0,5 \text{ l ha}^{-1}$);

M2 – biostimulaatorite segu. 2016. a ja 2017. a kevadel EM (20 l ha^{-1}), merevetika ekstrakt (4 l ha^{-1}), Raskila (4 l ha^{-1}), eraldi SEA 90 (6 kg ha^{-1}) ning 2018. a kevadel Baikal EM 1 ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$), merevetika ekstrakt (3 l ha^{-1}), melass (3 kg ha^{-1}), 2016. a sügisel EM (20 l ha^{-1}) ja merevetika ekstrakt (4 l ha^{-1});

M3 – kontroll. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) variantide vahel

Biopreparaatidega viiakse üldjuhul mulda mikroorganismide kompleks, mis soodustab taimejäänuste lagunemist, pidurdab patogeensete mikroorganismide arengut või vabastab taimedele vajalikke toiteaineid. Mikroorganismide kompleksi lisamisega ei pruugi kaasneda üldist mikrobioloogilise aktiivsuse tõusu või langust, vaid tõenäoliselt toimuvad hoopis mõningad muutused mulla mikroobide liigilises koosseisus. Samas Mayer jt. (2010) leidsid oma nelja-aastase põldkatse tulemuste põhjal, milles hinnati EM mõju erinevatele mulla mikrobioloogilistele parameetritele ja kultuuri saagile, et EM kasutamine ei mõjutanud mulla bakterite ja seente kooslust ega saaki ning mulla dehüdrogenaasi aktiivsust. Oma ülevaateartiklis on Trabelsi ja Mhamdi (2013) välja toonud, et mulla töötlemine mikroobsete preparaatidega võib põhjustada suuri muutusi erinevates taksonoomiliste gruppides. Nende muutuste välja selgitamiseks tuleks edaspidi kasutada teisi määramismeetodeid.

Terasaak. Kolme aasta tulemustest selgus, et saagitasemed olid suviteraviljadel erinevad. Suviniisu terasaak oli erinevate mullatöötlustega variantides 3391 (M3) kuni 3836 kg ha⁻¹ (M2) (joonis 2). Samas olid 2017. aasta tingimused kaerale



Joonis 2. Suviniisu (2016. a) ja kaera (2017. a ning 2018. a) terasaagid (kg ha⁻¹) erinevates mullatöötlusvariantides.

M1 – biostimulaatorite segu 2016. a ja 2017. a kevadel Bactomix 5 (0,5 l ha⁻¹), Hefe HumiExtrakt (3 l ha⁻¹) ning 2018. a kevadel Bioorg VH (8 l ha⁻¹), EMO-N (0,1 l ha⁻¹), EMO-P (0,1 l ha⁻¹), 2016. a sügisel Bactomix 5 (0,5 l ha⁻¹);

M2 – biostimulaatorite segu 2016. a ja 2017. a kevadel EM (20 l ha⁻¹), merevetika ekstrakt (4 l ha⁻¹), Raskila (4 l ha⁻¹), eraldi SEA 90 (6 kg ha⁻¹) ning 2018. a kevadel Baikali EM 1 (0,3 l ha⁻¹), merevetika ekstrakt (3 l ha⁻¹), melass (3 kg ha⁻¹), 2016. a sügisel EM (20 l ha⁻¹) ja merevetika ekstrakt (4 l ha⁻¹);

M3 – kontroll; T – katseviga PD

väga soodsad ning terasaagid varieerusid erinevates variantides 6398 (M1) kuni 6590 kg ha⁻¹ (M3). 2018. aasta kaera saagitaset mõjutasid nii põuane ilm kui ka iseenele järgnevus ja viljavahelduse puudus. Terasaagid jäid erinevates variantides vahemikku 2598 (M3) kuni 2911 kg ha⁻¹ (M2). Nii suvinisu kui ka kaera terasaake mõjutasid biostimulaatorid enam põuasematel 2016. ja 2018. aastatel. Mulla töötlemine biostimulaatoritega suurendas terasaaki antud aastatel usutavalt. Kaera saak jäi kontrollvariandile sarnaseks või isegi väiksemaks kaerale soodsal 2017. aastal. Antud aastal oleks võinud kaera külvisenorm olla veelgi väiksem, sest teravilja tihe ja võimas taimik tükis varjutama talirüpsi taimi. Sellele vaatamata jäi rüpsitaimik talvituma normaalses olekus.

2018. aasta kevadel selgus, et mahedalt kasvanud rüps meeldis ka närilistele, kes said lumekatte all vabalt tegutseda ja rüpsijuurikatega maiustada. Kahjustus oli nii suur, et katseala tuli üles künda ja kaer uuesti külvata.

Järeldused

Kolme katseaasta tulemuste põhjal ei selgunud biostimulaatorite kasutamise selge positiivne mõju mulla üldisele mikrobioloogilisele aktiivsusele. Pigem oli see mõju kontrollvariandiga võrreldes isegi negatiivne. Võime oletada, et mikroorganismide kompleksi lisamisega kaasneb oluline muutus mulla mikroorganismide liigilises koosseisus. Selle väljaselgitamine on edaspidise uurimistöö ülesanne.

Biostimulaatorite mõju suvinisu ja kaera terasaagile ilmnis selgemalt põuasematel aastatel, mil taimed kannatasid rohkem ebasoodsatest kasvutingimustest tuleneva stressi tõttu ja mulda viidud biostimulaatorid nähtavasti seda mõnevõrra leevendasid. Soodsates tingimustes ning stressi puudumisel sellist efekti saagile ei olnud.

Tänuavaldused. Uurimus viidi läbi Maaeluministeeriumi poolt rahastatud rakendus-uuringute projekti „Mahepõllumajanduses Eestis kasutamiseks sobivad sordid. Mahetootmise agrotehnika täiustamine” raames.

Kirjandus

Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3–41.

- Degens, B.P., Schipper, L.A., Sparling, G.P., Vojvodic-Vukovic, M. 2000. Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 189–196.
- Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fliessbach, A., Oberholzer, H.R. 2010. How effective are 'effective microorganisms® (EM)'? Results from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology*, 46 (2), 230–239.
- Zimmer, G.F., Zimmer-Durand, L. 2017. *The Biological Farmer. A Complete Guide to the Sustainable & Profitable Biological System of Farming*. 2nd edition, Austin, Texas, 518 pp.
- Trabelsi, D., Mhamdi, R. 2013. Microbial Inoculants and Their Impact on Soil Microbial Communities: A Review. *BioMed Research International*, V. 2013, 1–13.

Biooloogilise insektitsiidi BotaniGard 22WP potentsiaal hiilamardikate tõrjel?

Potential of a bio-insecticide BotaniGard 22WP against pollen beetles on oilseed rape?

Reet Karise, Anne Must, Marika Mänd

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► reet.karise@emu.ee

Sissejuhatus

Põllumajanduse intensiivsuse tõus on kaasa toonud agroökosüsteemide liigirikkuse vähenemise, sellega kaasneva looduslike hüvede piiratuma olemasolu, pestitsiidijääkide esinemise toodetes ning pestitsiidiresistentsete kahjustajate populatsioonide tekke. Intensiivtootmise süsteemist välja murdmiseks otsitakse kahjurputukate tõrjeks keskkonnasõbralikumaid meetodeid (Barzman jt., 2015; Biddinger ja Rajotte, 2015). Ühe võimalusena nähakse sünteetiliste putukamürkide asemel mikrobioloogiliste preparaate kasutamist (Robin ja Marchand, 2019).

Euroopa Liidu reeglistik käsitleb kõiki pestitsiidide võrdsetena (Neale, 2000) ning ka madalama riskitasemega preparaadid peavad läbima täiemahulise registreerimise protsessi, mis on kulukas ja aeganõudev. Seetõttu on väiksema turuosaga riikides bioloogiliste preparaate kättesaadavus halvem (Robin ja Marchand, 2019). Registreerimisprotsessi algatamist ei soosi bioloogiliste preparaate toime võimalik sõltuvus varieeruvast ilmastikust ega ka toodete kõrgem hind. Katmik-alade taimekaitseks on siiski olemas mitmesuguseid biopreparaate, mida tootjad saavad kasutada (Solomon jt., 2001). Seevastu põllukultuuridele on vähemalt Euroopas märgatavalt vähem tooteid ning selle peamiseks põhjuseks peetakse mitte biopreparaate keerulisi registreerimistingimusi ja varieeruvat efektiivsust, vaid tõsiasi, et avamaal kasutamiseks on piisavalt palju ja suhteliselt madala hinnaga kättesaadavaid sünteetilisi tõrjevahendeid (Robin ja Marchand, 2019).

Teraviljade kõrval on üheks olulisemaks põllukultuuriks muutumas raps, seda kasvatatakse nii toiduks kui ka bioloogilise kütuse tarbeks (Breeze jt., 2014), kuid mis on ka üks enim kahjuritõrjet vajavaid kultuure (Robin ja Marchand, 2019). Integreeritud taimekasvatuse korral püütakse leida rapsikahjurite kontrolli alla saamiseks mitmesuguseid kombineeritud võtteid, milles pööratakse suurt

tähelepanu ka näiteks põlluservade majandamisele (Skellern ja Cook, 2018), kuid kahjurite massilise rünnaku puhuks on siiski tarvis ka otsese tõrje vahendeid. Põhja-Ameerikas on rapsi kahjustavate putukate vastu kasutusel mitu mikrobioloogilist preparaati (Antwi ja Reddy, 2016). Levinuimad entomopatoogeensed preparaadid sisaldavad erinevaid seeneperekondade *Beauveria* või *Metarhizium* liike või tüvesid ning enamik neist nakatavad ka hiilamardikaid (Hokkanen, 1993; Inyang jt., 2000; Carreck jt., 2007; Kuske jt., 2011), põhjustades neil vastavalt kas valge või rohelise muskardiini nimelist haigust. Lähim Euroopa Liidu maa, kus *Beauveria bassiana* sisaldusega preparaat on registreeritud, on Taani (EU Pesticide Database, 2019). Siiski pole seal preparaat mõeldud rapsikahjurite kontrolliks.

Karise jt. (2017) korraldatud katsetes saavutati rapsi õitele pritsitud preparaadiga BotaniGard 22 WP hiilamardikate valmikutel kontrolliga võrreldes oluliselt kõrgem suremus 4–6 päeva peale töötlust. Kasutamaks sellist vahendit hiilamardikate kahjustuse ärahoidmiseks rapsi rohelise punga faasis, tuleks saavutada valmikute kiirem hukkumine, et vähendada nii pungi kahjustavate vastsete ja valmikute hulka. Seepärast ongi käesoleva töö eesmärgiks uurida, kas preparaadi kontsentratsiooni tõstmisega saavutatakse hiilamardika valmikute kiirem hukkumine ning seeläbi rapsi väiksema kahjustusega kaasnev kõrgem saagikus.

Materjal ja meetodika

Põldkatse rajati EMÜ Rõhu katsejaama suvirapsi põllule, kus põllu sisse mõõdeti 20 katselappi $á 2 \times 10$ m. Iga katselapi vahele jäi igas suunas vähemalt 20 m töötlemata põldu. Erineva töötlusega katselappide järjestus põllul oli juhuslikult valitud, kuid nii, et kõikide variantide lappe asus põllu erinevates osades.

Preparaat BotaniGard 22 WP (Myco-tech Corporation, USA) põhineb entomopatoogeensel seenel *B. bassiana* ning ühes grammis preparaadis on $4,4 \times 10^{10}$ idanemisvõimelist eost. Preparaadist valmistati soovitatud kontsentratsiooniga (5 g 10 l^{-1} vee kohta) ja sellest 2,5 ja 10 korda kangemaid lahuseid. Saadud segudega pritsiti erinevaid katselappe arvestusega 200 l ha^{-1} , pritsimised toimusid iga nelja päeva tagant, taimede rohelise punga staadiumist (50, BBCH) kuni esimeste õite avanemiseni (60, BBCH). Kontrollvariandi katselappe pritsiti puhta veega. Igalt katselapilt loendati viielt juhuslikult valitud taimelt hiilamardikate arvukus, kasutades raputusmeetodit. Esimene loendus toimus 2 päeva enne esimest pritsimist ning edasi päeval, mis järgnes igale pritsimiskorrale.

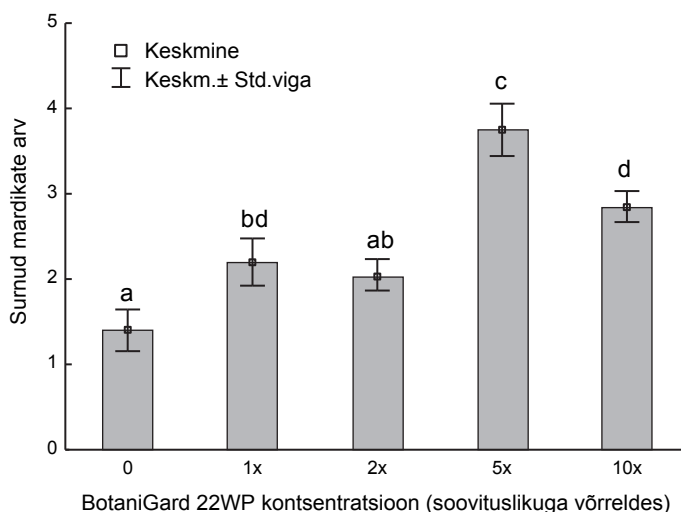
Laborikatseks koguti hiilamardikad töötlemata rapsipõllult. Mardikad paigutati BotaniGard 22WP vesilahustega (kontsentratsioonid vastavalt põldkatses kasutatule) pritsitud filterpaberile Petri tassidesse (igas töötluses 25 tassi, igal tassil 5 mardikat). Mardikatele pakuti toiduks ristõieliste taimede värsked õisi ning nende suremust jälgiti 10 päeva jooksul. Petri tasse hoiti 22 °C ning RH = 60% juures kasvatuskambris.

Andmete analüüsil kasutati andmetöötlustarkvara Statistica 13. Töötluse mõju hiilamardikate suremusele, mardikate arvukusele ja rapsi saagikusele analüüsiti testiga ANOVA, mida täiendati tulemusi paarikaupa võrreldes *post hoc* Tukey testiga. Joonistel on esitatud keskmised koos standardveaga. Testid loeti statistiliselt oluliselt erinevaks tasemel $p < 0,05$.

Tulemused ja arutelu

Leidsime, et BotaniGard 22WP põhjustas hiilamardikatel kontrolliga võrreldes oluliselt suuremat suremust ($F_{4,95} = 13,3$; $p < 0,001$). Soovitusliku kontsentratsiooni viie- või kümnekordseks tõstmine tõstis katsemardikate suremust üle 50% (joonis 1), kuid sõltumata kontsentratsioonist täheldasime esimeste mardikate suremist siiski alles 5.–6. päeval pärast töötlust. See on kooskõlas ka varasemates katsetes saadud tulemustega, kus pritsitud õitelt korjatud hiilamardikate ja kimalaste suremus algas samas ajavahemikus (Karise jt., 2017). Ka kontrollgrupis tuvastasime surnud hiilamardikate hulgas valgesse muskardiini nakatunud

Joonis 1. BotaniGard 22WP erinevate kontsentratsioonide mõju hiilamardikate suremusele. Joonisel on esitatud keskmine koos standardveaga ning erinevad tähed tulpade kohal tähistavad vastavate töötluste vahelist statistiliselt olulist erinevust.

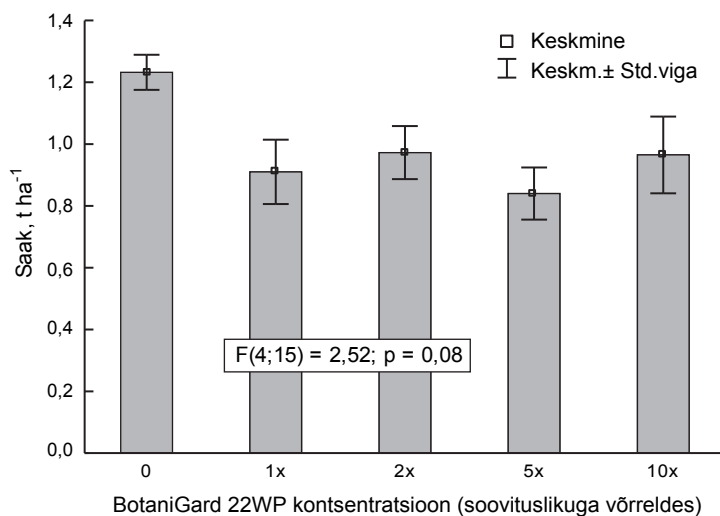


isendeid, mis näitab, et see kosmopoliitne insektitsiidne seen (Hokkanen, 1993; Filippou jt., 2018) on Eestis olemas ka looduslikult ning preparaadi kasutamine tõstaks loodusliku fooniga võrreldes vaid *B. bassiana* kontsentratsiooni põllul. Arvatavasti aitab *B. bassiana* looduslik olemasolu meie agroökosüsteemis siiski hoida kahjurputukate arvukust mõnevõrra kontrolli all.

Ajateljel oli hiilamardikate arvukus oluliselt kõrgem vaatlusperioodi keskel ($F_{4,75} = 2,95$; $p = 0,03$), kuid pritsitud tõrjevahendi kontsentratsioon ei mõjutanud õitelt loendatud hiilamardikate arvukust katselappidel ($F_{4,75} = 2,05$; $p = 0,09$). Kuna valmikud on hea liikumisvõimega ning rapsitaimed kasvatavad mitmeid kõrval harusid, siis võivad meelitada neil olevad värsked pungad ümbritsevatelt aladelt uusi mardikaid. Seetõttu tuleb tunnistada, et sellisteks katseteks ei tasu rajada väikesi katselappe ja usaldusväärse erinevuse leidmiseks tuleks katset korrata suurtel põllupindadel.

Katselappide pritsimine erineva kontsentratsiooniga BotaniGard 22WP vesilahustega põhjustas küll hiilamardikate valmikute looduslikust foonist kõrgemat nakatumist valgesse muskardiini, kuid ei aidanud ära hoida hiilamardikate tekitatud kahjustusi (joonis 2). Katselappidelt kogutud rapsi saagikus ei erinenud oluliselt BotaniGard 22WP ja kontrolli puhul ($F_{5,18} = 2,56$; $p = 0,06$). Sarnasele tulemusele jõudsid ka Kuske jt. (2011) – neil oli hiilamardikate nakatumine efektiivne, kuid saagikusele see mõju ei avaldanud. Erinevalt käesolevas uurimustöös kasutatud katselapi-katses, töötlesid Kuske jt. oma katses suurt põlluala.

Joonis 2.
BotaniGard 22WP erinevate kontsentratsioonide mõju rapsi saagikusele. Joonisel on esitatud keskmine koos standardveaga.



Järeldused

Käesoleva uurimistöö tulemuste põhjal võib väita, et preparaat BotaniGard 22WP ei sobi hiilamardikate poolt rapsi roheliste pungade faasis tekitatava kahjustuse ära hoidmiseks eelkõige oma pika mõjuaja tõttu. Siiski aitab see preparaat tõsta hiilamardikate suremust põllul ning seetõttu võiks preparaadiga töödelda vastseid rapsi õitsemise faasis, eesmärgiga vähendada talvituma suunduvate hiilamardikate arvukust. Positiivsete tulemuste puhul võiks selle preparaadi lülitada integreeritud kahjuritõrje programmi kui toetava meetme.

Tänuavaldused. Käesolevat uurimistööd on rahastatud Haridus- ja Teadusministeeriumi projektist IUT36-2 ning Innovatsiooniklastri toetusmeetmest, mis on Eesti maaelu arengukava (MAK) 2014–2020 meetme 16 „Koostöö” alaliik.

Kirjandus

- Antwi, F.B., Reddy, G.V.P. 2016. Efficacy of entomopathogenic nematodes and sprayable polymer gel against crucifer flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on canola. *Journal of Economic Entomology*, 109, 1706–1712.
- Barzman, M., Bàrberi, P., Birch, A.N.E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J.E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J.R., Messean, A., Moonen, A.-C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.-L., Sattin, M. 2015. Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 1199–1215.
- Biddinger, D.J., Rajotte, E.G. 2015. Integrated pest and pollinator management – adding a new dimension to an accepted paradigm. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 204–209.
- Breeze, T.D., Vaissière, B.E., Bommarco, R., Petanidou, T., Seraphides, N., Kozák, L., Scheper, J., Biesmeijer, J.C., Kleijn, D., Gyldenkerne, S., Moretti, M., Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Stout, J.C., Pärtel, M., Zobel, M., Potts, S.G. 2014. Agricultural Policies Exacerbate Honeybee Pollination Service Supply-Demand Mismatches Across Europe. *PLOS ONE*, 9, e82996.
- Carreck, N.L., Butt, T.M., Clark, S.J., Ibrahim, L., Isgar, E.A., Pell, J.K., Williams, I.H. 2007. Honey bees can disseminate a microbial control agent to more than one inflorescence pest of oilseed rape. *Biocontrol Science and Technology*, 17, 179–191.
- EU Pesticide Database, 2019. <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance.selection&language=EN> (25.03.2019).
- Filippou, C., Garrido-Jurado, I., Meyling, N.V., Quesada-Moraga, E., Coutts, R.H.A., Kotta-Loizou, I. 2018. Mycoviral population dynamics in Spanish isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Viruses*, 10, 665.

- Hokkanen, H.M.T. 1993. Overwintering survival and spring emergence in *Meligethes aeneus*: effects of body weight, crowding, and soil treatment with *Beauveria bassiana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 67, 241–246.
- Inyang, E.N., McCartney, H.A., Oyejola, B., Ibrahim, L., Pye, B.J., Archer, S.A., Butt, T.M. 2000. Effect of formulation, application and rain on the persistence of the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* on oilseed rape. *Mycological Research*, 104, 653–661.
- Karise, R., Raimets, R., Bontšutšnaja, A., Mänd, M. 2017. Mikroobne biopreparaat rap-sikahjurite tõrjeks: potentsiaal ja võimalikud ohud, lk. 64–69. *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi “Mahepõllumajandus ja keskkond” toimetised (Metspalu, L., Luik, A. toim.). SA EMÜ Mahekeskus, Tartu.
- Kuske, S., Schweizer, C., Koelliker, U. 2011. Microbial pollen beetle control: initial experience gained in Switzerland. *Agrarforschung Schweiz*, 2, 454–461.
- Neale, M. 2000. The regulation of natural products as crop-protection agents. *Pest Management Science*, 56, 677–680.
- Robin, D.C., Marchand, P.A. 2019. Evolution of the biocontrol active substances in the framework of the European Pesticide Regulation (EC) No. 1107/2009. *Pest Management Science*, 75, 950–958.
- Skellern, M.P., Cook, S.M. 2018. Prospects for improved off-crop habitat management for pollen beetle control in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interaction*, 12, 849–866.
- Solomon, M.G., Jay, C.N., Innocenzi, P.J., Fitzgerald, J.D., Crook, D., Crook, A.M., Easterbrook, M.A., Cross, J.V. 2001. Review: Natural enemies and biocontrol of pests of strawberry in Northern and Central Europe. *Biocontrol Science and Technology*, 11, 165–216.

Eestis ja Poolas aretatud musta sõstra sortide võrdlev hindamine

Evaluation of black currant varieties bred in Estonia and Poland

Ave Kikas, Asta-Virve Libek

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut,
Polli aiandusuuringute keskus

► ave.kikas@emu.ee

Sissejuhatus

Must sõstar sobib hästi maheviljeluses kasvatamiseks, kuna tal on suhteliselt vähe ohukaid kahjustajaid. Meil on olemas ka positiivseid näiteid juba rajatud ja hästi toimivate musta sõstra maheistandike näol. Et istandikud pikka aega korralikku saaki annaksid, on oluline õigete sortide valik, seda eriti haigustele ja kahjuritele vastupidavuse osas. Musta sõstra ohtlikumad, oluliselt saagikust mõjutavad kahjustajad on sõstra-pahklest, *Cecidophyopsis ribis* Westw. ja karusmarja jahukaste, *Sphaerotheca mors-uvae* (Schw.) Berk. Sõstra-pahklest on eriti ohtlik, kuna ta on ohtliku viirushaiguse reversiooni e. täidisõielisuse edasikandja (Mazeikiene jt., 2012). Sõstra-pahklest põhjustab musta sõstra istandikes suurt saagikadu (Šutic jt. 1999). Kahjuri levik sõltub abiootilistest ja geneetilistest (peamiselt sordi resistentsus) faktoritest (Brennan jt., 2009), mistõttu tuleks vältida sõstra-pahklestale vastuvõtlike sortide kasvatamist. Peale nimetatute kahjustavad musta sõstart rida teisigi kahjustajaid: antraknoos (lehevarisemistõbi) *Drepanopeziza ribis* Kleb., helelaiksus, sõstra-nõvakoi, sõstra-klaastiib jt., kuid need kahjustajad on kergemini tõrjutavad ja nende oht saagile on võrreldes eelnimetatutega väiksem. Mõned aastat tagasi avastati mahe musta sõstra istandikes viirushaigusega sarnane kahjustus, musta sõstra lehed olid tihedasti kollaseid täppe täis. Selgus, et kahjustaja oli lestaline *Anthracoptes ribis* Masee. Soomes avastati see kahjur juba 1940. aastal ning ta on seal põhiliselt sõstarde kahjustaja ja levib enamasti istutusmaterjaliga (Tuovinen jt., 2002). Kui varasemalt kasutati musta sõstart põhiliselt töötlemismarjana, siis praeguseks on suurenenud selle tervisele väga kasuliku marja kasvatamine dessertmarjana. Seepärast on oluline valida sordid vastavalt saagi kasutamiseviisile. Kui töötlemismarja puhul pole marja suurus oluline, siis dessertmarja korral on see sordi oluline omadus.

Käesolevas töös võrdleme Eestis ja Poolas aretatud uuemate sortide kahjustuskindlust, saagikust ja marja suurust. Valisime uurimisobjektiks Poola sordid seetõttu, et mahetootjad on neid juba oma istandike rajamiseks kasutanud. Sagedased on küsimused nende sortide omaduste kohta. Meil on olnud võimalik neid jälgida ühe istandiku eluea jooksul.

Materjal ja meetodika

Uurimisobjektiks oli viis Eestis ('Asker', 'Elmar', 'Elo', 'Karri', 'Mairi') ja kuus Poolas aretatud ('Gofert', 'Bona', 'Ruben', 'Tihope', 'Tines', 'Ores') musta sõstra sorti, võrdlussordina kasutati Eestis pikka aega kasvatatud Valgevene sorti 'Pamjati Vavilova'. Uurimistöö viidi läbi EMÜ Polli aiandusuuringute keskuse 2008. aasta sügisel rajatud kollektsioonistandikus, kus oli 123 erinevat musta sõstra sorti, nende hulgas ka sõstra-pahklestale väga vastuvõtlikke sorte. Põõsad olid istutatud vahekaugustega 1 × 3 m, igat sorti oli kolm põõsast. Istandiku hooldamisel jälgiti keskkonnasõbralikku kasvatustava, pestitsiide ei kasutatud. Niisutussüsteem puudub, kuid istandik asub keskmise raskusega liivsavimullal, mis on üsna hea niiskuse säilitamise võimega.

Vaatluse all olevatel sortidel jälgiti fenoloogiat, hinnati talvekindlust, saagikust, marja massi, karusmarja-jahukaste, antraknoosi ja sõstra-pahklesta kahjustusi. Katsesortidel ei esinenud talve- ega sõstra-jahukaste kahjustust. Saagikust hinnati kg põõsa kohta, keskmine marja mass saadi 100 marja kaalu jagamisel 100-ga, antraknoosi kahjustust hinnati pallides 1–9 (1 – kahjustus puudub, 9 – 75% lehtedest on kahjustatud), sõstra-pahklesta kahjustust hinnati pallides 1–9 (1 – kahjustus puudub, 9 – 75% pungadest on kahjustatud).

Tulemused ja arutelu

Noores istandikus katsesortidel sõstra-pahklesta ei esinenud, seetõttu pole tabelis 1. kahe esimese katseaasta andmeid. 2013. aastal registreerisime kahjustuse sortidel 'Bona', 'Ruben' ja 'Tihope', kahjustus ei olnud väga suur. Sõstra-pahklesta oleme püüdnud kontrolli all hoida, korjates varakevadel ära kahjustusega pungad, lõigates välja tugevama kahjustusega oksaosad või eemaldades väga tugeva kahjustuse korral kogu põõsa oksad. Kindlasti tuleb kahjuri leviku ärahoidmiseks kogu eemaldatud materjal põletada. Hoolimata kahjustaja leviku piiramisest, suurenes kahjustus iga aastaga. Eriti tugev oli kahjustus 2016. aastal, kus sordil 'Bona' oli

see isegi 9 palli. Mõnevõrra väiksem oli kahjustus 2017. aastal. Teistel katsesortidel (peale sortide 'Bona', 'Ruben' ja 'Tihope') katseaastatel sõstra-pahklesta kahjustust ei esinenud. Leedus läbiviidud katsetes kahjustus 'Bona' tugevasti ja 'Ruben' mõõdukalt (Sasnauskas jt., 2012).

Antraknoosi esines suuremal või vähemal määral kõikidel katsesortidel (tabel 1). Üldiselt olid nooremad põõsad vähem vastuvõtlikud kui vanemad. Sortide vastuvõtlikkus oli erinev, katseaastate keskmisena olid kõige vastuvõtlikumad 'Tihope' ja 'Bona', aastate keskmine kahjustus vastavalt 5,6 ja 5,4 palli. Üsna vastuvõtlikud olid veel 'Ruben' ja 'Karri', aastate keskmine kahjustus vastavalt 4,6 ja 4,4 palli. Teistel sortidel oli antraknoosi kahjustus väiksem jäädes aastate keskmisena 3–4 palli piiridesse.

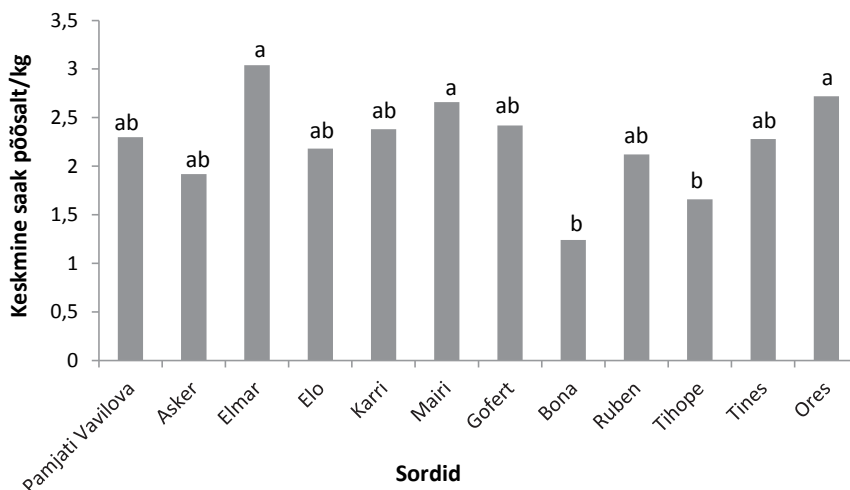
Katsesortide keskmine saagikus on toodud joonisel 1. Sortide keskmisena saadi kõige suurem saak 2012. aastal, 3,2 kg ja kõige väiksem 2011. ja 2014. aastal, vastavalt 1,4 ja 1,5 kg põõsalt. 2011. aastal olid põõsad veel noored, kuid hea saagi andis 'Ruben', 2,5 kg põõsalt, teiste sortide saak oli väiksem. 2014. aasta väikese saagi tingisid õitsemiseelsed ja -aegsed ebasoodsad ilmad, mistõttu oli sellel aastal suur õite ja marjahakatiste varisemine. Suurim saak saadi 2012. aastal,

Tabel 1. Musta sõstra sortide sõstra pahklesta ja antraknoosi kahjustus

Sort	Sõstra pahklesta kahjustus pallides					Antraknoosi kahjustus pallides					
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	Keskm.
'Pamjati Vavilova'	1	1	1	1	1	2	2	5	4	3	3,2b*
'Asker'	1	1	1	1	1	3	4	3	4	4	3,6b
'Elmar'	1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	3,2b
'Elo'	1	1	1	1	1	2	3	6	4	3	3,6b
'Karri'	1	1	1	1	1	2	4	7	4	5	4,4ab
'Mairi'	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3b
'Gofert'	1	1	1	1	1	3	4	3	5	5	4b
'Bona'	3	3	5	9	7	5	7	5	5	5	5,4a
'Ruben'	3	5	7	8	5	5	4	5	3	6	4,6ab
'Tihope'	3	5	7	8	5	5	5	5	7	6	5,6a
'Tines'	1	1	1	1	1	3	3	4	2	3	3b
'Ores'	1	1	1	1	1	2	5	3	3	4	3,4b

* Erinevad tähed näitavad sortide keskmise antraknoosi kahjustuse statistiliselt usutavaid erinevusi 95% usaldusnivool

sortide 'Elmar' ja 'Ores' saak oli 5,1 kg põõsalt. Sordi 'Gofert' saak oli 4,1 ja 'Ruben' 3,6 kg põõsalt. Sellel aastal ei esinenud sortidel veel sõstra-pahklesta kahjustust. Ka järgmisel aastal andis 'Ruben' veel 2,3 kg ja 'Tihope' isegi 2,9 kg põõsalt. Siit järeldub, et neil sortidel on küll hea saagivõime, kuid hilisematel aastatel kärbib sõstra-pahklest nende saagikust märkimisväärselt. Aastate keskmisena andsid parima saagi 'Elmar', 'Ores' ja 'Mairi', vastavalt 3, 2,7 ja 2,7 kg põõsalt ja väikseima



Joonis 1. Musta sõstra sortide keskmine saak (2011.–2015. a). Erinevad tähed näitavad erinevate sortide saagi statistiliselt usutavaid erinevusi 95% usaldusnivool.



Joonis 2. Musta sõstra sortide keskmised marja massid (2011.–2015. a). Erinevad tähed näitavad erinevate sortide marja massi statistiliselt usutavaid erinevusi 95% usaldusnivool.

'Bona' ja 'Tihope', vastavalt 1,2 ja 1,7 kg põõsalt, teiste sortide saagid jäid vahemikku 1,9–2,4 kg põõsalt, mida võib lugeda päris heaks saagiks. Poolas läbiviidud katsetes oli samuti väikseima saagikusega 'Bona', kuid seal oli sordi 'Tihope' saak üks parimaid, 1,9 kg põõsalt (Pluta jt., 2012). Siinjuures peab märkima, et meie katses oli suhteliselt vähe põõsaid ja saak koristati käsitsi. Suures istandikus, kus põõsad on istutatud tihedamini ja korjamine toimub kombainiga, ei pruugi põõsa saagikus nii suur olla.

Katseaastate keskmised marja massid on toodud joonisel 2. Suurim marja mass oli sortidel 'Karri' ja 'Elmar' (1,6 g) ning 'Bona' ja 'Mairi' (1,5 g). Poolas on sordi 'Bona' viljad olnud veidi suuremad, 1,6 g (Pluta jt., 2012). Sortide 'Ruben' ja 'Gofert' marja massid on ka Poolas läbiviidud uurimistes sarnased meie tulemustega (Pluta ja Zurawicz, 2014). Head dessertsordid olid 'Elmar', 'Elo', 'Mairi' ja 'Karri'.

Kokkuvõte

Uurimistulemustest selgus, et enamus katses olnud sorte ületasid või jäid saagikuselt kontrollsordiga 'Pamjati Vavilova' samale tasemele, ületasid seda aga marja suuruselt. Kasvatamist väärivad kõik katses olnud Eestis aretatud sordid. Poola sortidest osutusid parimaiks 'Gofert', 'Ores' ja 'Tines'. Riski vältimiseks ei soovita kasvatada sõstra-pahklestale vastuvõtlikke sorte 'Bona', 'Ruben' ja 'Tihope'. Head dessertsordid on 'Elmar', 'Elo', 'Mairi' ja 'Karri'.

Tänuavaldused. Uurimistööd on rahastanud Maaeluministerium Sordiaretusprogrammi ja "Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine" programmi raames.

Kirjandus

- Brennan, R. M., Jorgensen, L., Gordon, S., Loades, K, Hakett, C., Russell, J. 2009. The development of a PCR-based marker linked to resistance to blackcurrant gall mite (*Cecidophyopsis ribis* Acari: *Eriophyidae*). *Theoretical and Applied Genetics*, 118, 205–211.
- Mazeikiene, I., Bendokas, V., Stanys, V., Siksnianas, T. 2012. Molecular markers linked to resistance to the gall mite in blackcurrant. *Plant Breeding*, 131, 762–766.
- Pluta, S., Žurawicz, E. and Pruski, K. 2012. *Journal of Berry Research*, 2, 23–31.
- Pluta, S. and Žurawicz, E. 2014. 'Gofert' blackcurrant. *Hort Science* 49(4), 513–515.
- Sasnauskas, A., Šikšnianas, T., Stanys, V., Bobinas, Č. 2012. Evaluation of agronomical characters of blackcurrant cultivars and selections in Lithuania. *Acta Horticulturae*, 946, 189–194.

- Šutic, D. D., Ford, R. E., Tošic M. T. 1999. Virus diseases of *Ribes* spp., pp. 457–475. In: *Handbook of Plant Virus Diseases*. (Šutic, D. D., Ford, R. E. and Tošic M. T. eds), CRC Press, Boca Raton, FL.
- Tuovinen, T., Linqvist, I., Hard, E., Simppa, S. 2002. Survey of *Eriophyid Anthocoptes ribis* in Finland. *Acta Horticulturae*, 5, 85, 369–373.

Punase ristiku mõju mulla orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisaldusele ning mikroobide aktiivsusele mahe- ja tavaviljeluses

Effect of red clover on the content of soil organic carbon and total nitrogen and microbial activity in organic and conventional farming

Jaan Kuht¹, Viacheslav Eremeev¹, Liina Talgre¹, Maarika Alaru, Evelin Loit¹, Anne Luik²

¹ Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut,

Taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

² Taimetervise õppetool

► jaan.kuht@emu.ee

Sissejuhatus

Taimekasvatuse edukus maheviljeluses sõltub suuresti mullaviljakuse seisukorrast. Maheviljeluses on oluline arendada viljelussüsteeme, mis tagaksid mullaviljakuse paranemise haljaskultuuride, sealhulgas talviste vahekultuuride ja liblikõieliste taimede ning laudasõnniku või kompostide mulda lisamise teel. Nõutav on liblikõielisi kultuure sisaldav, taimetoitainete tasakaalu ja mulla huumust säilitav külvikord. Paljudest avaldatud uuringutest ilmneb, et liblikõieliste kasvatamine on kõige olulisem lämmastikuallikas (Fuchs jt., 2008) ja neil on positiivne mõju külvikorras järgnevate põllukultuuride saagile (Böhm, 2007; Loes jt., 2006). Tähtis on selle juures ka taimejäänuseid lagundavate mullamikroobide aktiivsus, sest mikroorganismid lagundavad taimejäänused ja lõpuks muunduvad toitained taimedele kättesaadavasse vormi (Brunetto jt., 2011). Meie katsetes on varasemalt uuritud ristiku allakülvi (Kuht jt., 2018; 2019) ja kartuli kasvatamise mõju (Eremeev jt., 2019) mulla C_{org} , FDA ning $N_{üld}$ muutustele.

Käesoleva uurimuse eesmärk oli selgitada, kuidas muutub mulla orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisaldus, mikroobide aktiivsus (FDA) ja üldlämmastiku ($N_{üld}$) sisaldus punase ristiku kasvatamisel tava- ja maheviljeluse süsteemides.

Materjal ja meetodika

Pikaajalises katses, mis rajati 2008. aastal Eesti Maaülikooli katsealale, järgnevad külvikorras üksteisele viis põllukultuuri: oder (ristiku allakülviga), punane ristik, talinisu, põldhernes ja kartul. Tava 0 süsteemi ei väetatud. Tava II süsteemis väetati kõiki kultuure (va punane ristik) mineraalsete lämmastik-, fosfor- ja

kaaliumväetistega. Mineraalse lämmastikuga väetamine olenes kultuurist. Nii Tava 0 kui ka Tava II süsteemis kasutati umbrohtude, taimehaiguste ja kahjurite tõrjeks keemilisi taimekaitsevahendeid (sh glüfosaati). Mahe 0 süsteem järgis ainult külvikorda. Mahe II süsteemi katselappidele külvati talveks vahe- ehk katte- kultuurid. Lisaks väetati Mahe II süsteemi ka kompostitud veisesõnnikuga (kevaldel teraviljadele 10 t ha⁻¹, kartulile 20 t ha⁻¹). Mahesüsteemides ei kasutatud taimekaitsevahendeid. Katse viidi läbi neljas korduses, iga katselapi suurus oli 60 m². Mullaproovid võeti kevadeti enne mullaharimise algust kõikidelt katselappidelt. Mikroobse hüdrofüütilise aktiivsuse määramiseks võeti 0–20 cm sügavuselt 500 grammised proovid ja FDA analüüs toimus vastavalt Adam ja Duncan (2001) kirjeldatud meetodile. Mulla orgaaniline süsinik määrati Tjurini ja mulla üldlämmastiku sisaldus Kjeldahli meetoditel.

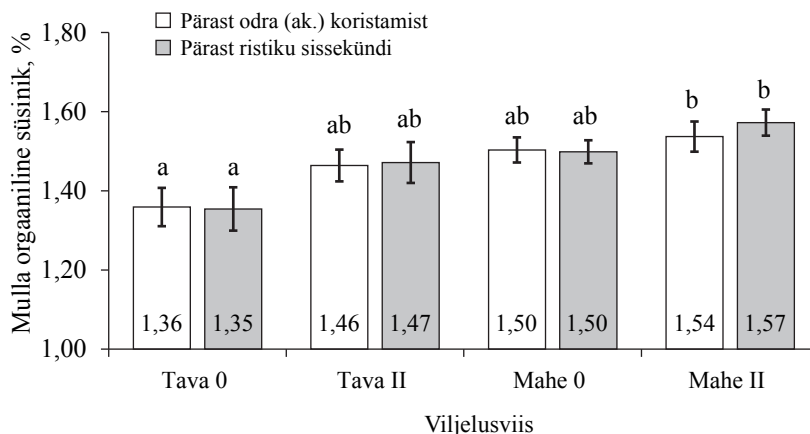
Kogutud andmed analüüsiti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Katsevariantide mõju usaldusväärsust mulla mikroobide hüdrofüütilisele aktiivsusele ning orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisaldusele mullas analüüsiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide erinevuste võrdluses kasutati Tukey HSD post-hoc testi ($p = 0,05$) ja tehti ka regressioon- ja korrelatsioonanalüüsid.

Tulemused ja arutelu

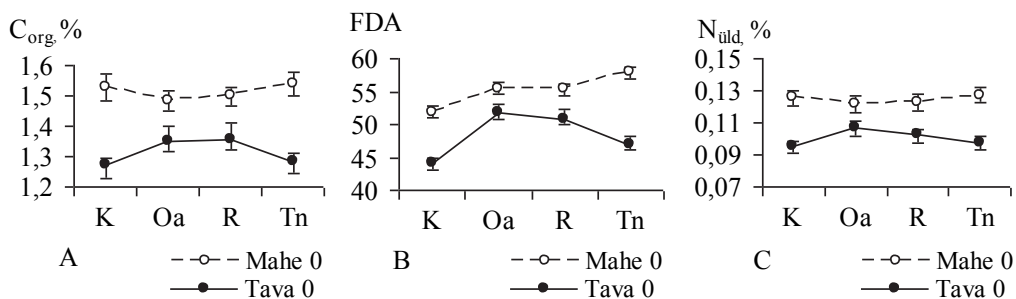
Kui võrreldi mulla C_{org} sisaldust ristiku eelses mullas ja ristiku kasvatamise järgses mullas, siis üheski viljelusviisis olulisi usaldusväärseid muutusi ei täheldatud (joonis 1).

Orgaanilise süsiniku sisaldus Tava 0 ja Mahe 0 võrdluses, mis eristusid teineteisest ainult pestitsiidide kasutamise poolest, muutus enne ja pärast ristiku taimikut erinevalt (joonis 2 A). Pärast kartuli kasvatamist oli Tava 0 lappide mulla C_{org} sisaldus 6,1% võrra madalam kui odra all kasvanud ristikutaimkatte mullas. Ristiku taimiku mulda künni järgselt jäi mulla süsiniku sisaldus muutumatuks. Uuesti langes C_{org} sisaldus mullas 5,1% võrra talinisu järgselt. Mahe 0 aladel andsid kartuli ja talinisu järgsed C_{org} mõõtmised võrreldes Tava 0 süsteemiga vastupidiseid tulemusi: C_{org} sisaldus mullas oli suurem kartuli ja talinisu kasvatamise järgselt. Kuid ka siin jäid ristikujärgsed C_{org} sisaldused võrdseks, kuid teistest kultuuridest madalamaks. Eesti kliima tingimustes lagunevad liblikõieliste haljasväetiskultuuride (sh punane ristik) jäänused mullas suhteliselt aeglaselt ja avaldavad külvikoras positiivset mõju veel teisel ja kolmandal aastal (Talgre jt., 2017).

Orgaanilise süsiniku sisalduses kajastuvad muutused orgaanilise materjali sisendites, millest oleneb mulla mikroobide aktiivsus ja mullaorgaanika mineraliseerumise tase (Gregorich ja Janzen, 1996). Seega oleneb ristiku aluse mulla mikroobide aktiivsus (FDA) elutegevuse lõpetanud ristiku jäänuste hulgast ja osaliselt odra alla viidud sõnnikust.



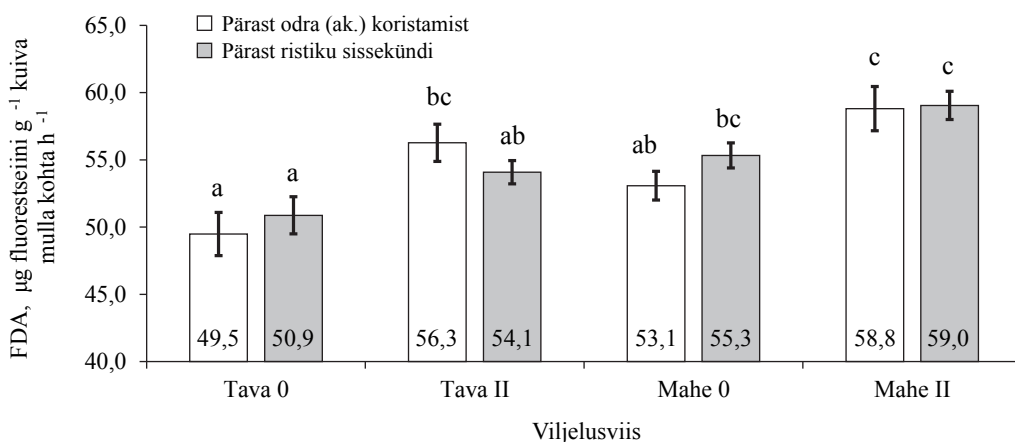
Joonis 1. Aastate keskmine mulla orgaanilise süsiniku (C_{org} , %) sisaldus odra koristuse järgselt (2012–2016) ja pärast ristiku sissekündi (2013–2017). Erinevad tähed numbrite järel näitavad viljelussüsteemide mõju ($p < 0,05$). Vertikaaljooned näitavad standarddviiga.



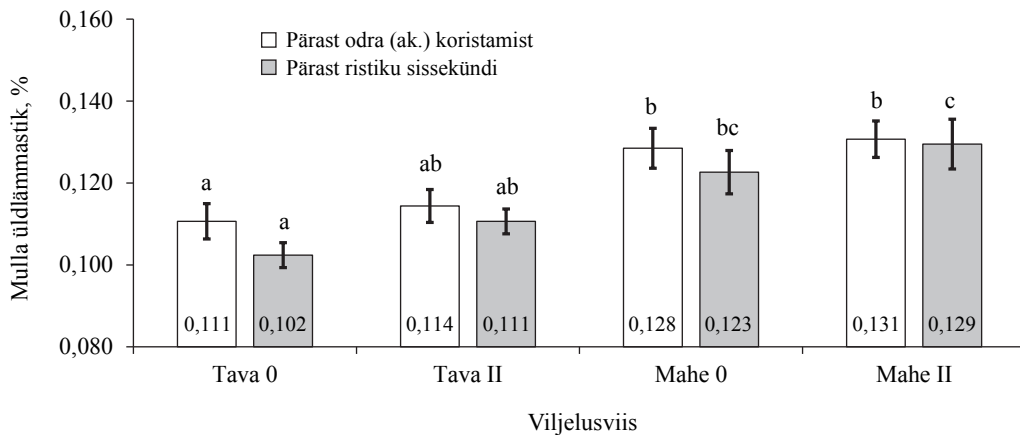
Joonis 2. Muutused muldade C_{org} (A), sisalduses, mikroobide aktiivsusel FDA (B) ja N_{ild} (C) sisalduses väetamata Tava 0 ja Mahe 0 viljelusviiside võrdluses kartuli (K), ristiku allakülviga odra (Oa), ristiku (R) ja talinisu (Tn) kasvatamise järgselt aastate (2013–2017) keskmisena. Vertikaaljooned näitavad standarddviiga.

Võrreldes teiste süsteemidega, ilmnes suurim mulla mikroobide aktiivsus (FDA) Mahe II süsteemis nii enne kui ka pärast ristiku kasvatamist (joonis 3). Punase ristiku kasvatamise järgselt, võrreldes ristiku eelsete näitajatega, ilmnes tendents, et mulla FDA väärtus paranes väetamata Tava 0 ja Mahe 0 aladel, kus see tõus oli vastavalt 2,8% ja 4,0%. Mineraalväetist saanud Tava II see langes (4,1% võrra) ja Mahe II foonil jäi muutumatuks. 2013.–2017. aastate keskmiste võrdluses ristikutele eelnenud ja neile järgnenud põllukultuuride mullas (joonis 2 A) muutusid FDA väärtused analoogiliselt C_{org} väärtustega. Madsen jt. (2016) täheldasid, et tavaviljeluses, kus kasutatakse pestitsiide, mullamikroobide aktiivsus väheneb.

Mulla üldlämmastiku ($N_{\text{üld}}$) keskmine sisaldus oli mahevariantides mõnevõrra suurem kui tavaviljelusviisides – 2,3 % ristiku allakülvi järgselt ja 1,7% ristiku järgselt (joonis 4). Küll aga ei andnud statistiliselt usutavaid erinevusi Mahe II ala küntud ristiku aluse mulla $N_{\text{üld}}$ sisalduse võrdlus odra aluse ristikutaimiku mulla üldlämmastiku sisaldusega. Siin võib põhjus olla selles, et ristiku külviaastal odra allakülvina ja sellele järgneva ristiku kui põhikultuuri koristusjäänused lagunevad mullas meie jahedates ilmaoludes aeglaselt. 2013.–2017. aastate keskmiste võrdluses muutusid $N_{\text{üld}}$ sisaldused sarnaselt C_{org} muutustele (joonis 2 C).



Joonis 3. Mulla mikroobide hüdrofüütiline aktiivsus (FDA, μg fluoreststeini g^{-1} kuiva mulla kohta h^{-1}) odra koristuse järgselt (2012–2016) ja pärast ristiku sisseküündi aastate (2013–2017) keskmisena. Erinevad tähed numbrite järel näitavad viljelsüsteemide mõju ($p < 0,05$). Vertikaaljooned näitavad standarddviaga.



Joonis 4. Mulla üldlammastiku ($N_{\text{üld}}$, %) sisaldus ristiku kattevilja koristuse järgselt (2012–2016) ja pärast ristiku sissekündi (2013–2017) aastate keskmisena. Erinevad tähed numbrite järel näitavad viljelussüsteemide mõju ($p < 0,05$). Vertikaaljooned näitavad standarddviiga.

Järeldused

Katsetulemustest järeldub, et punase ristiku kasvatamine nii tava- kui maheviljeluses mõjutab mulla üldlammastiku ja orgaanilise süsiniku sisaldust ning mullamikroobide aktiivsust positiivses suunas. Punase ristiku kasvatamine tõstis, võrreldes ristiku eelsete näitajatega, aastate keskmisena mulla FDA väärtust Tava 0 ja Mahe 0 süsteemide mullas, samas kui mineraalväetisi saanud Tava II süsteemis see langes ja Mahe II foonil jäi muutumatuks. Tava 0 mullas ilmnes keemilise taimekaitse negatiivne mõju mulla C_{org} , FDA ja $N_{\text{üld}}$ sisaldusele. Kuid ristiku allakülv ja kasvav ristik aitasid vähendada pestitsiidide kahjulikku mõju. Mahesüsteemides soodustas mulda küntud ristiku biomass mikroobide aktiivsust. See väljendus mulla C_{org} ja $N_{\text{üld}}$ sisalduste olulises suurenemises talinisujärgses mullas.

Tänuavaldused. Artikkel on valminud ERA-NET Core organic projekti FertilCrop, Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise projektid 8-2/T13001PKTM, P180273PKTT, P170062-PKTM ja institutsionaalse uurimistoetuse projekti IUT36-2.

Kirjandus

Adam, G., Duncan, H. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 33 (7–8), 943–951.

- Böhm, H. 2007. Effect of a white clover underseed in oil seed rape on yield of the following crop wheat, pp. 153–156. In: *Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Band 1*, (Zikeli S, Claupein W, Dabbert S, Kaufmann B, Müller T & Valle Zarate A., eds.)
- Brunetto, G., Ventura, M., Scandellari, F., Ceretta, C.A., Kaminski, J., Wellington de Melo, G., Tagliavini, M. 2011. Nutrient release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 90, 299–308.
- Eremeev, V., Kuht, J., Tein, B., Talgre, L., Alaru, M., Runno-Paurson, E., Mäeorg, E., Loit, E., Luik, A. 2019. Kartuli kasvatamise mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele ja orgaanilise süsiniku ning üldlämmastiku sisaldusele erinevates viljelusviisides. *Agronoomia* 2019, 29–36.
- Fuchs, R., Rehm, A., Salzeder, G., Wiesinger, K. 2008. Effect of undersowing winter wheat with legumes on the yield and quality of subsequent winter triticale crops. *16th IFOAM Organic World Congress*. Modena, Italy, 384–387.
- Gregorich, E.G., Janzen, H.H. 1996. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter, pp. 167–190. In: *Structure and Organic Matter Storage in Agriculture Soils*. (Carter, M.R., Steward, B.A., eds.), Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Kuht, J., Alaru, M., Eremeev, V., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2018. Muutused mulla mikroobide hüdrofüütilises aktiivsuses ja orgaanilise süsiniku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. *Agronoomia* 2018, 8–14.
- Kuht, J., Eremeev, V., Alaru, M., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2019. Muutused mulla mikroobide hüdrofüütilises aktiivsuses ja lämmastiku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. *Agronoomia* 2019, 22–28.
- Loes, A.K., Henriksen, T.M., Eltun, R. 2006. Repeated undersowing of clover in stockless organic grain production. http://orgprints.org/8222/01/gronngjabstract_odense_190406.doc
- Madsen, H., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2016. Pestitsiidid suruvad alla mulla mikroobide hüdrofüütilist aktiivsust. *Eesti Taimkaitse*, 95, 79–82.
- Talgre, L., Roostalu, H., Mäeorg, E., Lauringson, E. 2017. Nitrogen and carbon release during decomposition of roots and shoots of leguminous green manure crops. *Agronomy Research*, 15 (2), 594–601.

Mitmekesise külvikorra maheviljelus loob eeldusi kestlikuks majandamiseks

Organic cropping with diverse rotation prepares for sustainable management

Anne Luik, Viacheslav Eremeev, Helena Madsen, Evelin Loit, Liina Talgre

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► anne.luik@emu.ee

Sissejuhatus

Kestlik ja edukas maheviljelus eeldab tootjalt võimalikult ulatuslikku majandamist oma tootmisüksuse sisemiste taastuvate ressurssidega. Selles mängivad haljasväetised kaalukat rolli nii mulla viljakuse kui tervise tagamiseks. Haljasväetistega saab mulda viia hulgaliselt orgaanilist ainet, mis on elurikkuse kandjaks. Mida rohkem on mullas orgaanilist ainet, seda aktiivsem ja rikkalikum on mulla elustik, mis parandab nii mulla toitainete sisaldust, struktuuri kui mulla tervist. Mulla orgaaniline aine lagundatakse kõigepealt suuremate organismide, hooghännalised, vihmaussid, ümarussid, leсталised jt. poolt. Seejärel lagundavad seda edasi mulla mikroorganismid taimedele kättesaadavaiks toiteelementideks (Talgre ja Luik, 2018). Seega, mida aktiivsem on mulla elustik, seda efektiivsemalt toimivad mullaprotsessid, mis on ka kestliku tootmise aluseks. Uurimused on näidanud, et nii mullaelustiku mitmekesisus kui ka aktiivsus (sh mulla mikroobide aktiivsus) sõltuvad mulda viidava orgaanilise aine mitmekesisusest, kogusest ja kvaliteedist. Sõnniku, erinevate multside ja haljasväetiste kasutamisega on koos orgaanilise aine koguse tõusuga kasvanud mulla mikroobide aktiivsus (Chirinda jt., 2008; Larkin jt., 2010; Bonilla jt., 2011; Mandic jt., 2011; Edesi jt., 2012). Umbrohu-, haiguste- ning putukatõrjevahendite toime tagajärjel on alla surutud mulla mikroobide aktiivsus ja toimuvad muutused liigilises mitmekesisuses (Niemi jt., 2009; Järvan jt., 2014). Taimekaitsevahendid ja nende jäägid võivad olla mullamikroobidele otseselt toksilised, muuta liikidevahelist tasakaalu ning suhteid, mis omakorda võivad viia taimede kasvu pärssimisele (Thornton jt., 2010; Vukicevich jt., 2016).

Jätkusuutlik taimekasvatuse eeldab selliste viljelussüsteemide arendamist, mis tagavad mulla rikkaliku ja aktiivse elustiku ning koos sellega mullaomaduste para-

nemise, pannes nii aluse kestvale ning kvaliteetsele saagile. Käesolevas ülevaates antakse hinnang erinevatele taimekasvatussüsteemidele Eesti Maaülikoolis 2008. aastal alustatud pikaajalises katses, lähtudes mulla makroorganismide – hooghännaliste arvukusest ja mulla mikroobide hüdrofüütilise aktiivsuse näitajatest.

Materjal ja meetodika

Eesti Maaülikooli pikaajaline erinevates kasvatussüsteemides külvikorra katse on rajatud 2008 aastal Eerika näivleeturund mullaga katsepõllule (58°22'N, 26°40'E). Külvikorras järgnevad üksteisele viis põllukultuuri: oder 'Anni' ristik 'Varte' allakülviga, punane ristik, talinisu 'Fredis', põldhernes 'Starter' ja kartul 'Maret'. Maheviljeluses katses on kolm kasvatussüsteemi – talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0) järgib ainult külvikorda; talviste vahekultuuridega viljelussüsteemid (Mahe I ja Mahe II). Mahe II süsteemis kasutatakse vahekultuurile lisaks väetamist kompostitud veisesõnnikuga (kevadepõllukultuuridele 10 t ha⁻¹, kartulile 20 t ha⁻¹). Mahe I ja II viljelussüsteemide katseväljad viiakse talveks vahe-ehk kattekultuuride alla, külvates pärast talinisu koristust rukki, talirüpsi ja keerispea segu, pärast hernerest talirüpsi ja keerispea segu ning pärast kartulit rukki. Maheviljelus (Mahe 0, Mahe I, Mahe II) on sünteetiliste agrokemikaalide vaba. Tavaviljelussüsteemides (Tava 0, Tava I, Tava II) kasutatakse sünteetilisi taimekaitsevahendeid (pestitsiide). Sõltuvalt kultuurist ja selle olukorrast tehti seal vegetatsiooniperioodil 1 kuni 5 korda umbrohu, taimehaiguste ja kahjurite tõrjet, sügisel koristusjärgselt töödeldi herne, kartul ja talinisu katselappe umbrohutõrjeks lisaks glüfosaadiga. Tava 0 süsteemis väetisi ei kasutata (kontroll, N₀P₀K₀), see järgib üksnes külvikorda. Tava II süsteemis kasutatakse kõigil kultuuridel mineraalset fosfor- ja kaaliumväetist vastavalt P 25 kg ha⁻¹ ja K 95 kg ha⁻¹. Mineraalse lämmastikuga väetamine oleneb kultuurist: hernele N 20, odrale N 120, talinisu ja kartulile N 150 kg ha⁻¹. Kõik külvikorrakultuurid on kõikides süsteemides 60 m² suurustel katselappidel neljas korduses. Mullaproovid analüüsiks võeti kevadeti kõikidelt katselappidelt enne mullaharimise algust.

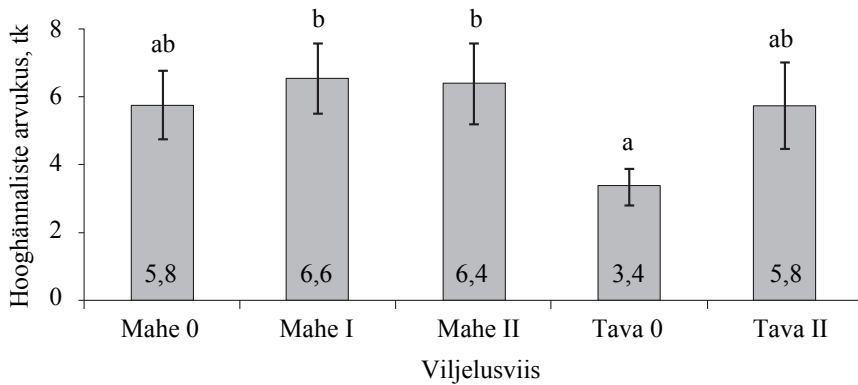
Kuivõrd muutused mullas ilmnevad erinevate tehnoloogiate toimel alles teatava perioodi jooksul, siis määrati hooghännaliste esinemine ja mullamikroobide aktiivsus 2017 aastal – see on külvikorrakatse teise rotatsiooni viimasel aastal, hindamaks üheksa katseaasta järgseid võimalikke muutusi. Hooghännalised määrati mullaproovides firma Evian poolt. Mullamikroobide aktiivsuse määramiseks

kasutati fluorestseini diatsetaadi (FDA) hüdrolüüsi spektrofotomeetrilist meetodit, mis on lihtne, tundlik ja kiire mikroobide aktiivsuse määramiseks mullas (Schnürer ja Rosswall, 1982). Uuritavate näitajate osas leiti erinevate kasvatus-süsteemide keskmised väärtused. Andmed analüüsiti statistiliselt programliga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühefaktorilist dispersioonanalüüsi. Taimekasvatuse süsteemide vaheliste erinevuste usaldusväärsuse võrdluseks kasutati Fisher LSD testi, $p < 0,05$.

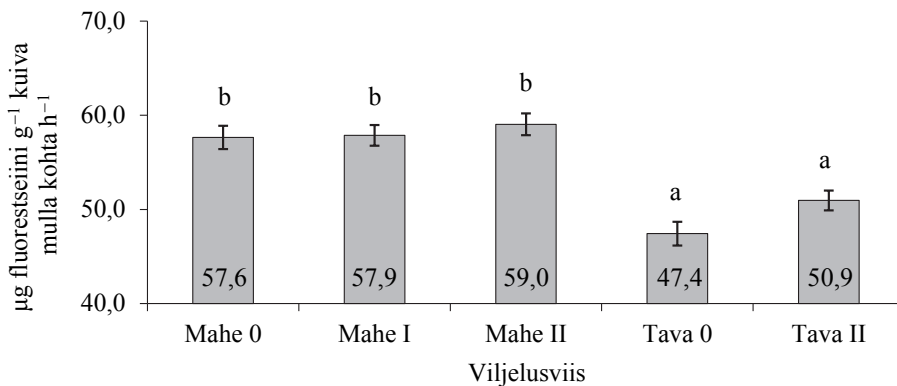
Tulemused ja arutelu

Hooghännalised ja vihmaussid on väga olulised orgaaniliste jäänuste esmasel lagundajad. Tulemustest selgus, et võrreldes Tava 0 süsteemiga esines üle kahe korra rohkem ($p < 0,05$) hooghännalisi talviste vahekultuuridega Mahe I ja II süsteemide mullas (joonis 1). Selle põhjuseks on eelkõige vahekultuuridega mulda viidavad suurema orgaanilise aine kogused, võrreldes lihtsalt külvikorda järgiva Tava 0 süsteemiga, kus vahekultuurid puuduvad. Orgaanilise süsiniku suuremat kogust mahesüsteemides on näidanud varasemad uuringud (Luik jt., 2017). Kuigi Tava 0 süsteemiga peaks olema võrreldav Mahe 0 süsteem, mis erineb vaid taimekaitsevahendite mittekasutamise poolest, siis ometi ilmneb mahedas tugev tendents hooghännaliste arvukuse tõusu suunas. Sellest järeldub, et taimekaitsevahendite kasutamine Tava 0 süsteemis võib pärssida hooghännalisi. Keskkonnanuuringute Keskuse labori analüüsi tulemused näitasid mullas taimekaitsevahendite jääke: Tava 0 süsteemis oli glüfosaadi ja tema laguprodukt AMPA jääke vastavalt $< 2 \mu\text{g}/\text{kg}$ ja $43 \mu\text{g}/\text{kg}$ ja Tava II süsteemides vastavalt $< 2 \mu\text{g}/\text{kg}$ ja $18 \mu\text{g}/\text{kg}$. Samas oli Mahe 0 süsteemi mullas olevate hooghännaliste arvukuse tase võrdne Tava II süsteemiga, kus kasutatakse maksimaalseid mineraalväetise koguseid. Ilmselt on põhjuseks see, et seal saadakse Tava 0 süsteemiga võrreldes suurem saak ning suurem on ka maha jäävate taimejäänuste hulk. Nagu on selgunud uuringutest, leevendab orgaanilise aine rikkam keskkond tänu suuremale mikroobide aktiivsusele taimekaitsevahendite kahjulikku mõju (Angelini jt., 2013).

Mahe II süsteemis kasutatud kompost hooghännalisi ei mõjutanud, ilmselt oli selle valmimisel neile sobiv toit käärimisel kadunud või sobimatuks muutunud. Varasemalt kindlaks tehtud jooksiklaste – taimekahjurite looduslike vaenlaste – kõrgem arvukus Mahe I ja II süsteemides (Kruus jt., 2012) seostub ka hooghännaliste kõrgema arvukusega neis süsteemides, sest nad moodustavad kahjurite kõrval



Joonis 1. Hooghännaliste arvukus (tk) 2017. aasta kevadel erinevate taimekasvatussüsteemide mullas. Vearibad joonisel tähistavad standardvigu. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt olulist erinevust (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Viljelusviisid: *Mahe 0* – külvikord (KK), *Mahe I* – KK + talvised vahekultuurid, *Mahe II* – KK + talvised vahekultuurid + kompostitud sõnnik, *Tava 0* – KK + pestitsiidid, *Tava II* – KK + mineraalne väetamine + pestitsiidid).



Joonis 2. Mulla mikroobide hüdrolyütiline aktiivsus (μg fluoresceini g^{-1} kuiva mulla kohta h^{-1}) 2017. aasta kevadel erinevates taimekasvatussüsteemides. Vearibad joonisel tähistavad standardvigu. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt olulist erinevust (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Viljelusviisid: *Mahe 0* – külvikord (KK), *Mahe I* – KK + talvised vahekultuurid, *Mahe II* – KK + talvised vahekultuurid + kompostitud sõnnik, *Tava 0* – KK + pestitsiidid, *Tava II* – KK + mineraalne väetamine + pestitsiidid).

jooksiklaste dieedi kindla osa. Tänu vahekultuuridele on ka vihmausside arvukus olnud Mahe I ja II süsteemides kõrgem kui teistes katsesüsteemides (Luik jt., 2017).

Antud katses oli mullamikroobide aktiivsus kõigis mahe-süsteemides tava-süsteemidega võrreldes usaldusväärselt kõrgem ($p < 0,05$, joonis 2). Sealjuures polnud olulist vahet erinevate mahe-süsteemide vahel ning see ei sõltunud oluliselt vahekultuuride kasutusest. Komposti mõjul ilmnes üksnes väike aktiivsuse tõusu tendents. Tõenäoliselt on selle põhjuseks see, et lisaks orgaanilisele ainele viiakse kompostiga mulda täiendavalt aktiivseid mikroobe. Meie uuringud kinnitavad Niemi jt., (2009) uurimistöö tulemusi: tava-süsteemides on mikroobide aktiivsuse pärssimise põhjuseks taimekaitsevahendite mõju. Meie uuringus oli mõju tugevam Tava 0 süsteemi mullas, sest seal olid ka glüfosaadi ja tema laguprodukt AMPA jäägid suuremad. Kui mullas on pärsitud bioloogilised protsessid, siis on alla surutud ka taimede toitumine ja toiteelementide vabanemine (Thornton jt., 2010). Maheviljelussüsteemides oli tava-süsteemidega võrreldes muld bioloogiliselt aktiivsem, paranenud oli ka mulla struktuur. See loobki eeldused heaks ja kestlikuks tootmiseks. Mullaomaduste paranemisega kaasneb ka põllukultuuride saagikuse tõus (Talgre jt., 2015).

Järeldused

Üheksa aastat pärast katse algust (teise rotatsiooni lõpus) toovad erinevates taimekasvatussüsteemides tehtud mullaelustiku uuringud selgelt esile, et maheviljelus koos liblikõielisi sisaldava külvikorra haljasväetistest vahekultuuridega mitmekesistamine soosib oluliselt mulla elustikku ja aktiivsust. See omakorda toob kaasa mullaomaduste paranemise, mis on tagatiseks kestlikule tootmisele. See on eelduseks heale saagikusele.

Tänuavaldused. Uurimistööd on toetanud institutsionaalne projekt IUT36–2, ERA-NET Core organic projekt FertilCrop ja Eesti Maaülikooli projekt P180273PKTT.

Kirjandus

- Angelini, J., Silvina, G., Taurian, T., Ibanez, F., Tonelli, M.L., Valetti, L., Anzuay, M.S. Leiminger, J., Luduena, L., Munoz, V., Fabra, A. 2013. The effect of pesticides on bacterial nitrogen fixers in peanut growing area. *Archives of Microbiology*, 195(10–11), 683–692.
- Bonilla, N., Cazorla, F.M., Martínez-Alonso, M., Hermoso, J.M., González-Fernández, J., Gaju, N., Landa, B.B., de Vicente, A. 2012. Organic amendments and land manage-

- ment affect bacterial community composition, diversity, and biomass in avocado crop soils. *Plant and Soil*, 357, 215–226.
- Chirinda, N., Olesen, J.E., Porter, J.R. 2008. Effects of organic matter input on soil microbial properties and crop yields in conventional and organic cropping systems. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16–20, 2008. http://orgprints.org/14656/1/Paper_ISOFAAR.pdf (11.11.2018).
- Edesi, L., Järvan, M., Noormets, M., Lauringson, E., Adamson, A., Akk, E. 2012. The importance of solid cattle manure application on soil microorganisms in organic and conventional cultivation. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 62, 1–12.
- Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Vösa, T. 2014. Soil microbial communities and dehydrogenase activity depending on farming systems. *Plant, Soil and Environment*, 60(10), 459–463.
- Kruus, M., Kruus, E., Luik, A. 2012. Viljelusviisi mõju jooksiklaste liigirikkusele. *Teaduselt mahepõllumajandusele*, 53–55.
- Larkin, R.P., Griffin, T.S., Honeycutt, C.W. 2010. Rotation and cover crop effects on soil-borne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. *Plant Disease* 94, 1491–1502.
- Luik, A., Talgre, L., Madsen, H., Eremeev, V., Reintam, E., Loit, E. 2017. Maheviljelus koos talviste vahekultuuridega parandab ökosüsteemide teenuseid. *Teaduselt mahepõllumajandusele*, 89–95.
- Mandic, L., Djukić, D., Beatovic, I., Jovovic, Z., Pesakovic, M., Stevovic, V. 2011. Effect of different fertilizers on the microbial activity and productivity of soil under potato cultivation. *African Journal of Biotechnology*, 10(36), 6954–6960.
- Niemi, R.M., Heiskanen, I., Ahtiainen, J.H., Rahkonen, A., Mäntykoski, K., Welling, L., Laitinen, P. Ruuttunen, P. 2009. Microbial toxicity and impacts on soil enzyme activities of pesticides used in potato cultivation. *Applied Soil Ecology*, 41, 293–304.
- Schnürer, J., Rosswall, T. 1982. Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a Measure of Total Microbial Activity in Soil and Litter. *Applied and Environmental Microbiology*, 43, 1256–1261.
- Talgre, L., Eremeev, V., Reintam, E., Tein, B., Sanches de Cima, D., Madsen, H., Alaru, M., Luik, A. 2015. Talvised vahekultuurid parandavad mulda ja kultuuride saagikust. *Agronomia* 2015, 40–44.
- Talgre, L., Luik, A. 2018. *Haljasväetis – mullaviljakuse parandaja*. Ecoprint AS, 28 lk.
- Thornton, M., Miller, J., Hutchinson, P., Alvarez, J. 2010. Response of Potatoes to Soil-Applied Insecticides, Fungicides, and Herbicides. *Potato Research*, 53, 351–358
- Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P., Úrbez-Torres, J.R., Hart, M. 2016. Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 48–53.

Valge peakapsa maakirbuvaba kasvatuse võimalikusest

Possibilities of flea beetle free growing of white cabbage

Luule Metspalu, Pille-Riin Meltsas, Angeliina Deniz, Angela Ploomi, Katrin Jõgar

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► luule.metspalu@emu.ee

Sissejuhatus

Maakirbud on tõusmete ja noorte lehtede ohtlikud kahjustajad, kellest paljude peamiseks toiduks on ristõieliste sugukonda kuuluvad taimeliigid. Nende hulgas on raps, rüps, kapsad, kaalikas, naeris, aga ka põlluumbrohtudest tuttavad harilik hiirekõrv, harilik tõlkjas, kaarkollakas, põldsinep jne. Valmikud närvivad idu- ja pärislehtedesse auke ja lohke, mille tagajärjel taime kasv ja areng aeglustub, suure kahjustuse korral võib taimik täielikult hävida (Knodel ja Olson 2002). Meie koduaedades on valge peakapsa noored istikud maakirpudele väga atraktiivsed ja pole harvad need korrad, kui taimed süüakse paari päevaga lihtsalt ära või tekitatakse arengule korvamatut kahju. Neljanda-viienda pärislehe faasi jõudnud taim on juba piisavalt tugev, peab kahjurile vastu ja taastub kahjustustest, kuid arengule ja saagile jäävad jäljed (Gavloski ja Lamb, 2000). Senini kasutatakse maakirpude tõrjeks peamiselt keemiliste preparaatidega puhitud seemet või siis pritsitakse nendega noori tõusmeid. Töödeldud seemned kahjustavad mullas ka sellist elustikku, kelle vastu keemilised tõrjevahendid ei ole mõeldud, taimede pritsimisel satuvad jäägid keskkonda, kust nad jõuavad inimese toidulauale (Bensen ja Tempel, 2008). Üha laialdasem pestitsiidide kasutamine on muutnud maakirbud mürkide vastu tundetuks. See sunnib võtma kasutusele üha uusi preparaate, suurendama pritsimiskordade arvu ning doose (Metspalu jt., 2014). Insektitsiidide kasutamine ei ole aga mahekasvatuses üldse lubatud. Nendest probleemidest lähtudes püütakse leida maakirpude tõrjeks keskkonnasäästlikke alternatiive. Üheks selliseks tõrjemeetodiks on maakirpudele põhikultuurist atraktiivsemate püünis- taimede rakendamine. Sellega hoitakse kahjur kaitstavalt kultuurilt eemal (Hokkanen, 1991; Metspalu, 2017; Meltsas, 2018). Antud töö eesmärgiks oligi leida selliseid taimeliike, mis hoiaksid kapsaistikutel ära maakirpude kahjustuse.

Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi 2017. ja 2018. aasta kevadel EMÜ Eerika katsepõllul. Katsed korraldati kolmes korduses, iga katselapi suurus oli 2×2 m ning lappe ümbritses 1 m laiune taimikuvaba kaitseriba. Põhikultuurid: keskvalmiv kapsas 'Krautman', hiline kapsas 'Lennox'. Püünistaimed: suvirüps 'Boel', suviraps 'Mascot', õlirõigas 'Pille' ning paksoi e. hiina lehtnaeris 'Cash', 2018. aastal lisandus kesaredis.

Kapsaste ning paksoi seemned külvati aprilli lõpus laboris $5 \times 5 \times 5$ cm plastikust külvitopsidesse. Istikud kasvatati pikapäeva tingimustes (16:8 tundi), 20–22 °C juures. Nädal enne põllule istutamist viidi taimed karastumiseks õue. Istikute ettekasvatus ajastati nii, et väljaistutamisel olid nad 2 pärislehe faasis. Püünistaimedena katsetatavad raps, rüps ja õlirõigas ning 2018. aastal ka kesaredis külvati katselappidele 15. mail. Igal lapil oli 25 sm reavahedega 6 külvirida. Keskvalmiva ja hilise peakapsa ning paksoi istikud istutati põllule 2017. aasta 1. juunil ning 2018. aasta 28 mail. Igal lapil oli 9 istikut. Kapsaste ja paksoi väljaistutamise ajal olid püüniskultuurid idulehtede ja/või 1–2 pärislehe faasis.

Maakirpe püüti aspiraatoriga iga katselapi kahelt äärmiselt realt kaks korda nädalas hommikupoolikul, kokku iga lapi nelja rea kõikidelt taimedelt. Kapsastel ja paksoil vaadati iga kord üle kõik taimed. Iga lapi maakirbud koguti eraldi topsidesse ja märgistati. Kogutud materjal surmati sügavkülmikus. Proovides olevate maakirpude liigid määrati, kasutades mikroskoopi Olympus SZ-CTV (Olympus Optical Co. Ltd, Japan) ning võrreldi referentskogu liikidega, arvukus loendati.

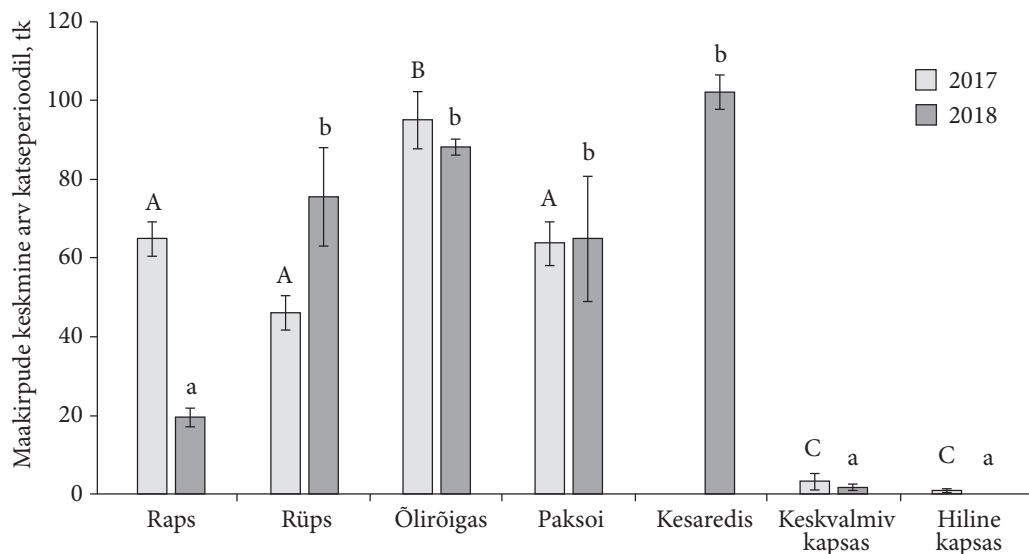
Statistilised analüüsid koostati programmiga Statistica 13. Erinevused kahjuritite arvukuses katsekultuuridel leiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide omavahelisel võrdlusel kasutati Tukey HSD testi ($p < 0,05$).

Tulemused ja arutelu

Maakirpude arvukuse analüüsid näitas, et mõlemal katseaastal olid katsekultuurid arvukuse olulised mõjutajad (ANOVA: 2017. aastal – $F_{5,12} = 62,93$; $p = 0,00$; 2018. aastal – $F_{6,14} = 29,18$; $p = 0,00$). Kõikide katses olnud kultuuride omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) selgus, et 2017. aastal püüti kõigi teiste taimeliikidega võrreldes statistiliselt usaldusväärset rohkem maakirpe õlirõikalt ($p < 0,05$). Ka järgmisel katseaastal oli õlirõikal mõnevõrra rohkem maakirpe, kui teistel kultuuridel, kuigi võrdluses usaldusväärne erinevus oli maakirpude arvus vaid kapsakultuuridega ($p < 0,05$). Kesaredisele, mis oli katses esimest aastat, koguti

kõige enam maakirpe, kuigi püüniskultuuride omavahelises võrdluses statistilises võrdluses usaldusväärne erinevus puudus. Katsetulemused näitasid, et keskvalmival peakapsal oli maakirpude arvukus mõlemal katseaastal väga madal, hiliselt peakapsalt ei leitud kummalgi katseaastal ühtegi maakirpu.

Tulemustest järeldub, et katses olnud püünistaimed olid maakirpudele seda võrd atraktiivsed, et kapsad toidutaimena välistati täielikult. Püünistaimede omavaheline võrdlus näitas, et maakirpudel oli nende taimeliikide eelistustes märgatavaid erinevusi. Selgus, et raps (2018, $p < 0,05$) ja rüps (2017) olid maakirpudele vähem atraktiivsed kui näiteks õlirõigas paksoi või kesaredis. Rapsi ja rüpsi atraktiivsuse erinevused aastate võrdluses olid nähtavasti tingitud katseaastate väga erinevatest ilmastikutingimustest. Rüps on kiirema kasvuga kui raps ning soojal 2018. aastal oli ta areng ning maakirpude fenoloogia nähtavasti paremini sünkroonis kui rapsi puhul. Katseaastail õlirõika ning teisel katseaastal ka kesaredisse valdava eelistuste üheks põhjuseks võis olla asjaolu, et need taimeliigid arenesid mõnevõrra aeglase- malt kui näiteks rüps ning seetõttu olid maakirpudele sobivamates arengufaasides taimed neile pikema aja jooksul saadaval. Valikutes on arvatavasti siiski kõige olulisem taimede keemiline koostis ning selle sobivus kahjurile.



Joonis 1. Katseperioodidel kogutud korduste keskmine maakirpude arvukus katsekultuuridel. Erinevad tähed tulpadel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$). Suured tähed on 2017. aasta, väikesed tähed 2018. aasta võrdluste tulemid. Vearibad tähistavad standarddviiga.

Teatavasti leiavad taimtoidulised putukad sobilikud taimed üles peamiselt lõhnade abil. Taimedele spetsialiseerunud maakirpe meelitab kõigepealt taime roheline lõhn, millele lisanduvad igale taimeliigile ainuomased spetsiifilised lõhnad. Need lisanduvad lõhnad saavadki taime valikul määravaks (Luik, 1997; Heath, 2017). Ristõielistel taimedel on maakirpudele atraktiivsete lõhnade hulgas määrava tähtsusega glükosinolaatide ja nende laguproduktide lõhnad. Taimede leidmisel on nägemismeeltel samuti oma funktsioon. Maakirpude puhul teatakse, et kõige kergemini leitakse taimed üles siis, kui need on hõredalt tumeda mullapinna foonil, niisiis idulehtede faasis noored taimed (Heath, 2017). Ristõielistele spetsialiseerunud maakirpudel teatakse olevat taimeliikide valikul suuri erinevusi. Nende hulgas on taimeliike, keda ei valita üldse, valitakse vaid parema puudumisel või valitakse alati (Bohinc ja Trdan 2012; Metspalu jt., 2014;). Bohinc ja Trdan (2016), kes uurisid erinevate ristõieliste taimeliikide ja maakirpude vahelisi suhteid, leidsid et selline käitumuslik varieeruvus oli eelkõige tingitud taimes sisalduvate glükosinolaatide liigilisest koosseisust ning hulgast.

Kuna maakirbud on nii aias kui põllul ohtlikud kevadkahjurid, siis sobilike püünistaimede otsingul on maailmas katsetatud mitmesuguseid taimeliike. Nii näiteks on leitud, et paksoi oli maakirpudele atraktiivsem kui näiteks valge peakapsas (Grubinger, 2005). Meie tulemused kinnitavad neid andmeid. Parker (2012) hoidis oma katsetes kähara lehtsinepi ja hiina lillnaerise seguga ära maakirpude kahjustuse brokkolil. Kiis (2016) leidis, et nii kaalika kui naeri kasvatamine kapsalappide kõrval vähendas maakirpude kahjustusi valgel peakapsal. Praktikas on siiski suhteliselt vähe näiteid püünistaimede edukast rakendumisest, kuna vähe teatakse kahjuri ja taime omavahelistest suhetest ning arvatakse, et teadlikkuse kasv aitaks minimeerida variatsioone ja viia kokkuvõttes usaldusväärsete tulemusteni (Khan jt., 2008). Loodame, et sellesse probleemistikku andis positiivse panuse ka antud töö.

Järeldused

Katses olnud püünistaimede kooslus hoidis täielikult ära kapsataimede kahjustused ning näitas meile, et valge peakapsa istikuid on võimalik kasvatada maakirbuvabalt. Selle meetodi rakendamisel on äärmiselt oluline, et püünistaimed oleksid kapsaistikute väljaistutamise ajal maakirpudele kõige atraktiivsemas, idulehtede ja 1–2 pärislehe faasis. Selleks tuleb kapsapõllule külvata püünistaimede ribad nädal kuni kümme päeva enne kapsataimede väljaistutamist.

Meie katsetulemuste põhjal võib püünistaimedena soovitada esmajoones õli-
rõigast või ka kesaredist. Katses olnud paksoi oli samuti maakirpudele atraktiivne,
kuid siin seab piirid seemnete kõrge hind. Samuti näitasid hilisemad vaatlused, et
see taimeliik on atraktiivne meil viimasel ajal üha laiemalt levima hakanud kõdra-
sääsele, kes on oluline rapsikahjur. Seda püüniskultuuride kooslust tuleb edaspidi
uurida ka rapsi, kui olulise kultuuri maakirbukahjustuste vähendamise aspektist.

Tänuavaldused. Töö viidi läbi Eesti Haridus- ja Teadusministeeriumi uurimistoetuse
IUT36-2 toel.

Kirjandus

- Bensen, T. A., Temple, S. R. 2008. Trap cropping, planting date, and cowpea variety as
potential elements of an integrated pest management strategy for *Lygus hesperus* in
black-eyed cowpea. *Crop Protection*, 27 (10), 1343–1353.
- Bohinc, T., Trdan, S. 2012. Trap crops for reducing damage caused by cabbage stink bugs
(*Eurydema* spp.) and flea beetles (*Phyllotreta* spp.) on white cabbage: Fact or fan-
tasy? *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 1365–1370.
- Bohinc, T., Trdan, S. 2016. About previous investigations regarding the role of glucosi-
nolates in controlling Brassica insect pests in Slovenia. *Intech Open*, 20, 421–437.
- Gavloski, J. E., Lamb, R. J. 2000. Compensation by cruciferous plants is specific to the
type of simulated herbivory. *Environmental Entomology*, 29 (6), 1273–1282.
- Grubinger, V. 2005. Flea beetles management. University of Vermont Extension. [http://
www.uvm.edu/vtvegandberry/factsheets/fleabeetle.html](http://www.uvm.edu/vtvegandberry/factsheets/fleabeetle.html) (4.03.2019).
- Heath, J. R. 2017. *Evaluation of flea beetle (Phyllotreta spp.) resistance in spring and winter
type canola (Brassica napus)*. Thesis of Doctor of Philosophy in Plant Agriculture.
University of Guelph, Canada, Ontario, 199 p.
- Hokkanen, H.M.T. 1991. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*,
36, 119–138.
- Khan, Z. R., James, D.G., Midega, C. A. O., Pickett, J. A. 2008. Chemical ecology and con-
servation biological control Nairobi Kenya. *Biological Control*, 45, 210–224.
- Kiis, K. 2016. *Maakirbud ristõielistel köögiviljakultuuridel*. EMÜ, Magistritöö, 50 lk.
- Knodel, J., Olson, D. L. 2002. Crucifer flea beetle: biology and integrated pest manage-
ment in canola. *North Dakota State Univ. Coop. Ext. Serv Publ.* E123.
- Luik, A. 1997. *Taimed putukate mõjutajaina*. Tartu: AS Tartumaa, 86 lk.
- Meltsas P.-R. 2018. *Püünistaimed maakirpude tõrjes*. EMÜ, Magistritöö, 66 lk.
- Metspalu, L., Kruus, E., Ploomi, A., Williams, I.H., Hiiesaar, K., Jõgar, K., Veromann,
E., Mänd, M. (2014). Flea beetle (Chrysomelidae: Alticinae) species composition
and abundance in different cruciferous oilseed crops and the potential for a trap

cropsystem. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B.—Soil & Plant Science*, 64, 7, 572–582.

Metspalu, L. 2017. *Taimedega kahjurite vastu*. Tallinn: Hea lugu, 192 lk.

Parker, J. E. 2012. *Diversity by design: exploring trap crops and companion plants to control *Phyllotreta cruciferae*, the crucifer flea beetle, in broccoli*. Dissertation. Washington State University, Pullman, WA.

Pisieoselised *Nosema apis* ja *Nosema ceranae* meemesilastes – muutus ajas ning liigiline jaotus

Microsporidian parasites *Nosema apis* and *Nosema ceranae* in honeybees – changes in time and species distribution

Sigmar Naudi¹, Bellis Kullman¹, Juris Šteiselis³, Lea Tummeleht², Margret Jürison¹, Risto Raimets¹, Reet Karise¹

¹ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► sigmar.naudi@emu.ee

² Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, ³ Läti Mesinike Liit

Sissejuhatus

Putuktolmlemine on maapealsete ökosüsteemide ja põllukultuuride kasvata-mise seisukohalt eluliselt tähtis. Sageli tsiteeritud statistika on, et ligikaudu 35% inimtoiduks kasvatatavate taimede paljunemiseks on vaja mesilaslaadsete putu-kate tolmeldamist (Gallai jt., 2009; Klein jt., 2007). Võimalus, et maailmas võib tekkida olukord, kus taimedel puudub piisav arv tolmeldajaid, on tekitanud arut-elu ning avaldatud palju teadustöid – leidmaks erinevaid põhjuseid, miks tolmelda-jate iga-aastane suuremus viimastel aastakümnetel on suurem kui 50% USA-s ning kuni kolmandik Euroopas (Ellis jt., 2010).

Tänapäeval peetakse tolmeldajate hukkumise üheks põhjuseks tugevatoi-meliste taimekaitsevahendite kasutamist nii põllumajanduses kui ka koduaiandu-ses (Haarmann jt., 2002; Pettis jt., 2004). Lisanduvaid probleeme tekitavad ka mesi-nike poolt varroalesta (*Varroa destructor*) tõrjeks tarudesse viidavad kemikaalid, mis sisaldavad suuremal või vähemal määral sünteetilisi aineid ning millest mit-med on identsed põllul kasutatavate vahenditega (tau-fluvalinaat ning kumafoss) (Johnson jt., 2010). On teada, et pestitsiididega kokkupuutel võib töölistemesilaste töövõime väheneda rohkem kui 20% (sealsamas).

Lisaks eelpool toodud põhjustele on meemesilastel ka palju teisi probleeme mitmesuguste parasiitide ja patogeenide näol. Käesolevas artiklis käsitletlen ühtesid kõrgelt spetsialiseerunud haigustekitajaid – mikrosporiide (pisieoselisi) *Nosema apis* Zander ja *N. ceranae* Fries jt. Need kaks rakusisese eluviisiga patogeeni põhjus-tavad mesilasel haigust, mida nimetatakse nosematoosiks. Mõlemad liigid tungi-avad mesilase kesksuole epiteelrakkudesse. *N. apis* teati kuni 1994. aastani olevat meemesilasele ainus ohtlik soolepatogeen. 1994. aastal leidis aga Rootsi teadlane

Ingemar Fries Pekingis aasia mesilaselt (*Apis cerana* Fab.) veel teisegi liigi, mis sai nime *N. ceranae*. Alates 2006. aastast on seda liiki leitud üle kogu maailma (Chen ja Huang, 2010). Mõlemad liigid saavad ka koos eksisteerida, kuigi mitmed uuringud (Klee jt., 2007; Chen jt., 2009; Williams jt., 2008) näitavad, et *N. ceranae* on palju agressiivsem ning tõrjub varem dominantseks arvatud liigi *N. apis* välja. Antud patogeenidest põhjustatud haiguse sümptomid on väga erinevad, samuti tagajärjed. Mõlemale liigile on ühine see, et ägeda nakkuse korral väheneb mesilase eluiga ning suureneb talvine suremus (vanEngelsdorp ja Meixner, 2010), kuid haiguse kulg on liikidel erinev.

Viis aastat tagasi uuriti projekti EPILOBEE (2012–2014) raames noseматоosi levikut. Uuringu eesmärk oli kaardistada Euroopa Liidu liikmesriikides meemesilaste parasiitide leviku olukorda. Selle projekti raames uuriti Eestis 200 taru leidmaks haigustekitajaid ning neist kolmekümnes leiti nosematoos, kuid selle tekitaja liiki ei määratud – määrati ainult eoste olemasolu valgusmikroskoobi abil. Sellest tulenevalt on käesoleva töö eesmärgiks selgitada, missugused on meie mesilates nosematoositekitajate liigid ja kuidas on varem nakatunud mesilatarudes olukord viis aastat hiljem. Kuna Lätis on aastatel 2012–2014 määratud ka nosematoositekitaja liigid, siis andis see võimaluse uurida, kas viie aasta jooksul on muutunud lisaks haigestumise tasemele siinsetes tarudes ka haigustekitajate liigiline jaotumus.

Materjal ja meetodika

Maaülikooli taimetervise õppetooli eestvedamisel tehti 2017. aasta maikuus uus koondproovide (üks proov mesila kohta) kogumine ($n = 30$) vaid neist mesilates, mis olid olnud viis aastat tagasi nakatunud. Sarnase meetodikaga uuring tehti ka 2018. aasta maikuus Lätis ($n = 60$). Iga proovi tarbeks koguti taru lennulaualt 60 töölistemesilast, mis asetati plastiktopsi. Proovid külmutati koheselt ning hoiti kuni laboratoorsete analüüsideni $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures.

Laboratoorsed analüüsid. Igast proovist valiti juhuslikult välja 20 mesilast ning eemaldati steriilse (ühikordse) skalpelli abil töölistemesilaste tagakehad. Need asetati Bioreba universaalsesse eralduskotti ($15 \times 28,5\text{ cm}$). Eralduskotis olvad tagakehad purustati käsi-homogenisaatori abil ning saadud segu lahjendati ($3\text{ ml ddH}_2\text{O}$). Saadud lahjendus ($800\text{ }\mu\text{l}$) asetati $1,5\text{ ml}$ Eppendorfi ning eraldati DNA. Selleks kasutati DNeasy Blood & Tissue, Qiagen Kit'i, mida on kasutanud

ka Papini jt. (2017). DNA eraldati vastavalt protokollile, mis on tootega kaasas. Selleks, et saada teada noseματοositekitaja liigiline kuuluvus, teostati Multiplex-PCR analüüs. Katse käigus kasutati Fries jt. (2013) tööle sarnaseid primereid.

Tsütomeeter. Läbivoolu tsütomeetri (BD Accuri C6) abil määrati eoste hulk proovides. DNA-eralduse käigus saadud 50 µl algsuspensiooni lahjendati 1 ml ddH₂O ning sellest võeti analüüsimiseks omakorda 50 µl. Kuna teada sooviti saada eoste hulka ühe töölistmesilase kohta, siis koostati valem:

$$x = \frac{3000 \times 1050}{20 \times 50 \times 50} \times M$$

Proov loeti nakkunuks, kui eoste arv ühe töölistmesilase kohta ületas ühe miljoni piiri.

Tulemused ja arutelu

Eestist kogutud proovide tulemustest järeldub, et haigusest vabaks oli saanud 30% mesilastest, Läti proovide põhjal 23%. Antud tulemus näitab, et noseματοos populatsioonis on üsnagi püsiv haigus. Sellest vabanemiseks peab mesinik hoolega järgima kõikide töövõtete juures hügieeninõudeid, tegelema nakatunud materjali väljavahetamise ning vajadusel ka perede asendamisega.

Meie kahel järjestikusel kevadel tehtud uuring näitab, et nii Eestis kui ka Lätis on esindatud mõlemad noseματοosi tekitavad pisieoselise liigid (Tabel 1). Kõige arvukam liik Eestis on *N. apis*, mis teadusartiklitele tuginedes tundub ka igati loogiline, sest see liik sai alguse just Euroopast (Fries jt., 2013). Samuti on antud liik kuni tänase päevani kõige rohkem esinev kas üksi või koos liigiga *N. ceranae* just külmema kliimaga aladel (Martín-Hernández jt., 2012). Meie naaberriigis Lätis on aga enamesinevaks liigiks *N. ceranae*, mille esinemissagedus on viie aasta

Tabel 1. Eesti ja Läti *Nosema* sp liigiline jaotus protsentides ja eoste hulk (miljonit eost) ühe töölistmesilase kohta keskmiselt

	Eesti		Läti	
	Tarude %	Eoste hulk	Tarude %	Eoste hulk
Puhas	30		23	
<i>N. ceranae</i>	17	4	47	2,3
<i>N. apis</i>	47	5	12	2,2
Mõlemad liigid	6	12	14	7,7

jooksul kasvanud. Tänapäevaks on *N. ceranae* levinud juba pea kõikjal maailmas ning eriti domineerib just soojema kliimaga aladel nagu näiteks Hispaania, Horvaatia, Poola jne (Klee jt., 2007; Gajger jt., 2010; Michalczyk jt., 2011).

Nosematoosi tekitajate hulk mesilases määrab ära ka haiguse ohtlikkuse perele. Nii Eestis kui ka Lätis oli koosnakkuse korral eoste hulk suurem. Kui vaadata liigispetsiifiliselt, siis Eestis oli ühe töölistmesilase kohta keskmiselt kõige rohkem eoseid selles grupis, kust leiti *N. apis*, samas Lätis jällegi oli keskmiselt kõige suurema eoste hulga proov, milles oli hoopis *N. ceranae*.

Üheks *N. ceranae* suure leviku põhjuseks võib olla ka asjaolu, et antud liigil puudub konkreetne (mesinikule) silmaga nähtav ja sesoonselt väljenduv nakkuspilt (Martín-Hernández jt., 2012). Mesilaspere võib olla mesinikule pealtnäha normaalne ning hästitoimiv, aga ajapikku võib hakata täheldama mesilaspere rahutust, samuti drastilist hääbumist ning ühel hetkel pere lihtsalt hukkub. Selleks, et saada teada, mis konkreetsetl pere huku põhjustas, tuleb teha laboratoorsed DNA-uuringud, et selgitada millise patogeeni liigiga on tegu.

N. apis on mesilastel pigem kergema stressi tekitaja ning eoste hulk on suurim kevadel, misjärel nende arv märgatavalt langeb (Martín-Hernández jt., 2012). Suve tulekul ning kestel on võimalik, et mesilaspere toimib normaalselt ning kliiniline pilt puudub ning kui on piisavalt tugev pere, võib see haigusest ka ise lahti saada. Kliiniliselt väljendub haigus pahatihti roojamises nii raamidele kui ka taru sisse. Mesilaspere talvitumine on rahutu, stressirohkes olukorras tarbivad mesilased rohkem sööta ja võivad just seetõttu talvel nälga surra. Samas ei pruugi tarusisene roojamine olla alati tingitud nosematoosist, vaid seda võivad põhjustada ka paljud muud faktorid – kõrge lestasus, kristalliseerunud sööt jne.

Järeldused

Antud tulemustest järeldub, et nosematoosi vastu võitlemine ei ole lihtne ning mesilasperede nakkusvabaks saamine nõuab mesinikult palju tähelepanu. Kahtlaste perede testimine haigustekitaja osas võiks olla oluline osa mesilate majandamisel ning nakkuse olemasolul rangete hügieeninõuete järgmine võiks aidata haigusest vabaneda. Arvestades *N. ceranae* laialdast levikut Lätis, tuleb sarnaseks muutuseks valmis olla ka Eestis ning võtta tarvitusele sobivad mesila majandamise võtted ja reeglipärane kontroll, kui ilmneb tavapärasest kõrgem perede suremus.

Tänuavaldused. Uurimistööd rahastasid Haridus- ja Teadusministeerium IUT 36-2, EMÜ baasfinantseerimise projekt P170058PKTK ja Eesti Teadusagentuur projekt RITA1/02-10. Täname kolleege, kes aitasid kaasa antud uurimistöö koostamisele.

Kirjandus

- Breeze, T.D., Vaissière, B.E., Bommarco, R., Petanidou, T., Seraphides, N., Kozák, L., Schepers, J., et al. 2014. Agricultural policies exacerbate honeybee pollination service supply-demand mismatches across Europe. *PLOS ONE*, 9 (1).
- Chen, Y.P., Huang, Z.Y. 2010. *Nosema ceranae*, a newly identified pathogen of *Apis mellifera* in the USA and Asia. *Apidologie*, 41 (3), 364–374.
- Chen, Y.P., Evans, J.D., Murphy, C., Gutell, R., Zuker, M., Gundensen-Rindal, D., Pettis, J. S. 2009. Morphological, molecular, and phylogenetic characterization of *Nosema ceranae*, a microsporidian parasite isolated from the European honey bee, *Apis mellifera*. *The Journal of Eukaryotic Microbiology*, 56 (2), 142–147.
- Ellis, J.D., Evans, J.D., Pettis, J. 2010. Colony losses, managed colony population decline, and colony collapse disorder in the United States. *Journal of Apicultural Research*, 49, 134–136.
- Fries, I., Chauzat, M. P., Chen, Y., Doublet, V., Genersch, E., Gisder, S., Higes, M., McMahon, D.P., Martín-Hernández, R., Natsopoulou, M., Paxton, R.J., Tanner, G., Webster, T., Williams, G. R. 2013. Standard methods for *Nosema* research. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1–28.
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., Vaissière, B.E.. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68 (3), 810–821.
- Haarmann, T., Spivak, M., Weaver, D., Weaver, B., Glenn, T. 2002. Effects of fluvalinate and coumaphos on queen honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) in two commercial queen rearing operations. *Journal of Economic Entomology*, 95 (1), 28–35.
- Johnson, R.M., Ellis, M.D., Mullin, C.A., Frazier, M. 2010. Pesticides and honey bee toxicity – USA. *Apidologie*, 41 (3), 312–331.
- Klee, J., Besana, A.M., Genersch, E., Gisder, S., Nanetti, A., Tam, T.Q., Chinh, T.X. 2007. Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 96 (1), 1–10.
- 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.
- Martín-Hernández, R., Botías, C., Bailón, E.G., Martínez-Salvador, A., Prieto, L., Meana, A., Higes, M. 2012. Microsporidia infecting *Apis mellifera*: coexistence or competition.

- Is *Nosema ceranae* replacing *Nosema apis*? *Environmental Microbiology*, 14 (8), 2127–2138.
- Michalczyk, M., R. Sokół, A. Szczerba-Turek, ja A. Banczerz-Kisiel. 2011. A comparison of the effectiveness of the microscopic method and the multiplex PCR method in identifying and discriminating the species of *Nosema spp.* spores in worker bees (*Apis Mellifera*) from winter hive debris. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 14 (3), 385–391.
- Papini, R., F. Mancianti, R. Canovai, F. Cosci, G. Rocchigiani, G. Benelli, ja A. Canale. 2017. Prevalence of the microsporidian *Nosema ceranae* in honeybee (*Apis mellifera*) apiaries in central Italy. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24 (5), 979–982.
- Pettis, J.S., Collins, A.M., Wilbanks, R., Feldlaufer, M.F. 2004. Effects of coumaphos on queen rearing in the honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie*, 35 (6), 605–610.
- Tlak Gajger, I., Vugrek, O., Grilec, D., Petrinec, Z. 2010. Prevalence and distribution of *Nosema ceranae* in Croatian honeybee colonies. *Veterinarni Medicina*, 55(9), 457–462.
- vanEngelsdorp, D., Meixner, M.D. 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of invertebrate pathology*, 103, 80–95.
- Williams, G.R.1., Shafer, A.B., Rogers. R.E., Shutler, D., Stewart, D.T. 2008. First detection of *Nosema ceranae*, a microsporidian parasite of European honey bees (*Apis mellifera*), in Canada and central USA. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97 (2), 189–192.

Ränihappe mõju kurgiiistiku kasvule ja keemilisele koostisele

The effect of Silicic acid on the growth and nutrient content of cucumber transplants

Margit Olle

Eesti Taimakasvatuse Instituut

► margit.olle@etki.ee

Sissejuhatus

Räni (Si) on hapniku järel teine kõige rikkalikumalt mullas esinev element. Ränidioksiid moodustab 50–70% mulla massist. Räni roll taimede kasvus ja arengus oli tähelepanuta jäänud kuni 20. sajandi alguseni (Shakoor ja Bhat, 2014). Hilisemad uuringuid on näidanud, et põllukultuuride väetamine taime poolt omastatava räniga võib pärssida taimehaigusi, vähendada putukate rünnakuid, parandada keskkonnakoormuse tolerantsust ja suurendada põllukultuuride saagikust (Heckman, 2013). Räni mängib olulist rolli ka biotiliste (putukad, kahjurid, patogeenid) ja abiotiliste (metall, soolsus, põud) mõjude leevendamisel (Guntzer jt., 2012; Thilagam, 2014) ning võib seega parandada taimede tootlikkust äärmuslikes kliimatingimustes (Shakoor, 2014). Mitmetes teadustöodes on hinnatud räniga väetamise mõju küll põllukultuuride kasvule, kuid tema toime mehhanisme süstemaatiliselt uuritud ei ole (Zhu, Gong, 2014). Nii näiteks on teada, et räniga toitumine suurendab põllukultuuride kasvu (Vasanthi jt., 2014) ning stabiliseeritud ränihappe kasutamist nimetatakse seetõttu „ränihappe agrotehnoloogiaks“ (SAAT). See tehnoloogia on osutunud väga tõhusaks peaaegu iga põllukultuuri puhul: paranes juurestiku kasv, pikenesid varred/harjad, suurenesid lehed jne. Lõpptulemuseks oli suurem saak ja selle kõrgem kvaliteet (Bent, 2014). Toode on osutunud ohutuks nii taimele, pinnasele, põllumajandustootjale kui ka tarbijale, olles seega ökoloogiliselt sõbralik.

Antud töö eesmärgiks oli keskkonناسäästliku köögiviljakasvatuse arendamise raames selgitada, kuidas ränihape mõjutab kurgiiistikute kasvu ja keemilist koostist. Teiseks uurida, kas räni mõjutab nii varases arengustaadiumis taimi.

Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi 2014. aasta kevadel kurgiga (sort 'Landora F1') Eesti Taimekasvatuse Instituudi kasvuhoones. Seemned külvati 21. märtsil Novarbo B2 mahesubstraati. Katses oli kaks varianti: 1. ränihape, 2. kontroll. Ränihappe variandi taimi pritsiti ränihappe lahusega kokku kolmel korral: 7. aprillist alates kahe nädalaste vahedega kuni 5. maini. Esimene pritsimine: 1 ml ränihapet 0,5 l demineraliseeritud vee kohta; teine pritsimine: 2 ml ränihapet 1 l demineraliseeritud vee kohta; kolmas pritsimine: 2 ml ränihapet 1 l demineraliseeritud vee kohta. Pritsmisvedeliku pH oli 5,5. Kontrollvariandi taimi ei pritsitud. Katse oli neljas korduses. Ränihappega pritsitud taimi oli 16 ja kontrollvariandi taimi oli 16, st. mõlema variandi puhul 4 taime ühel lapil neljas korduses. Kasvuaegne valgustugevus oli 12 000 lux elavhõbeda lampidelt. Valgusperiood oli 17 tundi (4.00–23.00) ning öine ja päevane temperatuur oli vastavalt 18 ja 20 °C. Tulemusi (istiku kõrgus ja varre läbimõõt) hinnati 12. mail. Laboris määrati istikutest järgmiste keemiliste elementide sisaldused: nitraatid, lämmastik, fosfor, kaalium, kaltsium ja magneesium. Nitraadid määrati ekstraktides FiaStar 5000-ga. Nitraatioonid redutseeriti nitrititeks kaadmiumkolonnis. Happelise sulfanüülamiidi ja N-(1-Naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride (NED) lahusega reageerides tekib purpurne asovärv, mida mõõdeti 540 nm juures spektrofotomeetriga FiaStar 5000. Lämmastiku määramisel kasutati proovi põletamist Kjeldahli meetodil kontsentreeritud väävelhappes, kus katalüsaatoritena kasutati Cu ja K₂SO₄ sisaldavaid tablette. Fosfor määrati ortofosfaadina tinakloriidmeetodil. Ammoonium molübdaat reageerib ortofosfaadiga hetero-polümolübdofosforhappeks, mis redutseeriti edasi fosfomolübdeensiniseks väävelhappelise tinakloriidi lahusega. Heteropolü-ühendi intensiivne sinine värvus mõõdeti 720 nm juures. Kaalium määrati leekfotomeetriselt. Kaltsiumi määramisel kasutati põletuslahust o-Cresolphthalein Complexone, kus iga pH 10–11 juures moodustuv värviline kompleksühend määrati spektrofotomeetriselt 570 nm juures. Mg maskeerimiseks kasutati 8-hydroxyquinolini ja 2-Amino-2-methyl-propanol-1 puhvrina. Magneesiumi määramisel Kjeldahli põletuslahusest kasutati indikaatorina titaankollast ja määramine toimus 540 nm juures. Saadud tulemused töödeldi statistiliselt kasutades programmi Excel. Arvutati välja keskmised, p väärtus ja piirdiferentsid.

Kasutatud märgid: Si – ränihape; K – kontroll; *** $p < 0,001$; ** $p = 0,001-0,01$; * $p = 0,01-0,05$; NS mitte usutav, $p > 0,05$.

Tulemused ja arutelu

Tulemustest selgus, et ränivariandis olid taimed 36% suuremad kui kontrollvariandis (tabel 1). Samuti oli räniga väetades taimede varre läbimõõt 27% suurem (tabel 1). Taimede nitraatide sisaldus oli ränivariandis 54% kõrgem kontrollist (tabel 2). Räniga väetamise variandis oli lämmastiku sisaldus kontrollist 26% kõrgem, fosfori sisaldus 15% kõrgem, magneesiumi sisaldus 12% kõrgem. Kaaliumi ja kaltsiumi sisalduses variantide vahel erinevus puudus (tabel 3).

Tabel 1. Kurgiistikute pikkus (cm) ja varre läbimõõt (cm) erinevates katsevariantides (Si, kontroll)

		Si	Kontroll	p
Taime pikkus (cm)	Keskmine	26,75	17,25	
	Standardhälve	1,24	1,81	***
Varre läbimõõt (cm)	Keskmine	0,78	0,57	
	Standardhälve	0,04	0,05	***

Tabel 2. Nitraatide sisaldus (mg kg^{-1}) erinevate katsevariantide (Si, kontroll) kurgiistikuis

Toore taime nitraatide sisaldus (mg/kg)		Si	Kontroll	p
Keskmine		1,80	0,83	
Standardhälve		0,50	0,07	**

Tabel 3. Lämmastiku, fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi sisaldus (%) erinevate katsevariantide (Si, kontroll) kurgiistikute kuivaines

		Si	Kontroll	p
Lämmastiku sisaldus (%)	Keskmine	1,80	1,33	*
	Standardhälve	0,25	0,15	
Fosfori sisaldus (%)	Keskmine	0,77	0,65	**
	Standardhälve	0,01	0,06	
Kaaliumi sisaldus (%)	Keskmine	4,63	4,15	NS
	Standardhälve	0,23	0,99	
Kaltsiumi sisaldus (%)	Keskmine	1,40	1,44	NS
	Standardhälve	0,10	0,10	
Magneesiumi sisaldus (%)	Keskmine	0,49	0,43	*
	Standardhälve	0,02	0,03	

Kirjanduse analüüsil on leitud väga vähe artikleid, milles on uuritud räni mõju taimede üldisele kasvule. Senini puudusid aga üldse uurimistööd selle kohta, kas räni võib mõjutada juba ka noorte taimede, antud juhul kurgiistikute kasvu. Antud katse tulemustest selgus, et kurgiistikute kasvule mõjus räni positiivselt ning katse lõpus olid töötlusvariandis istikud kontrollvariandi omadest oluliselt suuremad. Nagu märgitud, selline teave varem puudus, küll oli aga teada, et räniga töötlemine mõjutab saaki. Nii näiteks leidsid Miyake ja Takahashi (1983), kes samuti korraldasid katse kurgitaimedega, et räniga kasvuaes väetatud taimed andsid suurema saagi.

Meie töös suurendas ränihape kurgiistikute varre läbimõõtu ning see oli oluliselt suurem kui kontrollvariandi taimedel. See on oluline tulemus, sest mida suurem on varre läbimõõt, seda paremini saab taim pinnasest kätte toitaineid. Seda kinnitasid käesoleva uurimise tulemused, sest räniga väetamine suurendas kurgiistikute kuivaines lämmastiku, fosfori ja magneesiumi sisaldust. Sellest võib järeldada, et räni annab kurgiistikutele juba kasvu alguses hea hoo, mis soodustab nende kasvu, suurendab varre läbimõõtu, mis kokkuvõttes võimaldab substraadist saada rohkem toitaineid ja parandab sellega toitainete omastamist taimede poolt.

Kokkuvõte

Ränil oli kurgitõusmetele ja noortele taimedele positiivne mõju, need olid kontrolliga võrreldes pikemad ja lopsakamad. Ka kurgiistikute varre läbimõõdud olid ränivariandi istikutel suuremad kui kontrollvariandis. Kurgiistikute nitraatide, lämmastiku, fosfori ja magneesiumi sisaldused olid ränivariandis usutavalt kõrgemad kui kontrollvariandis. Kaaliumi ja kaltsiumi sisaldustes usutavaid erinevusi ei tuvastatud. Katses kasutatud ränipreparaat sobib kurgi istikute töötlemiseks nende ettekasvatamisel, sest istikute kasv ja kvaliteet paranevad.

Tänuõnad. Uurimistööd on toetanud projekti: “Keskkonnasäästliku köögiviljakasvatuse arendamine” raames PRIA MAK meede 1.7.1, Jaagumäe Agro OÜ ja Eesti Taimekasvatuse Instituut.

Kirjandus

Guntzer, F., Keller, C., Meunier, J.-D. 2012. Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 201–213.

- Bent E. 2014. Silicons Solutions. Helping plants to help themselves. *Sestante Edizioni*, Bergamo, 183 p.
- Heckman, J. 2013. Silicon: A Beneficial Substance. *Better Crops*, 97(4), 14–16.
- Miyake, Y., Takahashi, E. 1983. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Science and Plant Nutrition*, 29(1), 71–83.
- Shakoor, S. A. 2014. Review article; Silicon Biomineralisation in Plants: A Tool to Adapt Global Climate Change. *Journal of Research in Biological Sciences*, 1, 1–3.
- Shakoor, S. A., Bhat, M. A. 2014. Bio mineralisation of silicon and calcium in plants and its control: an overview. *Plant*, 2(1), 6–13.
- Thilagam, V. K., Mohanty, S., Shahid, M., Tripathi, R., Nayak, A. K., Kumar, A. 2014. Role of Silicon as Beneficial Nutrient for Rice Crop. *Popular Kheti*, 2(1), 105–107.
- Vasanthi, N., Saleena Lilly, M., Raj, S. A. 2014. Silicon in crop production and crop protection: a review. *Agricultural Reviews*, 35(1), 14–23.
- Zhu, Y., Gong, H. 2014. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 455–472.

Hariliku kärna hindamine kartulisordi 'Teele' mugulatel

Assessment of common scab on cultivar 'Teele' tubers

Eve Runno-Paurson, Teevi Tuul, Viacheslav Eremeev

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut ▶ eve.runno-paurson@emu.ee

Sissejuhatus

Kartulil esineb hulgaliselt kahjustajaid, kes rikuvad oluliselt kartulimugula välimuse ja kvaliteedi, mistõttu on koorimiskaod suured ning halveneb mugulate säilivus. Üheks selliseks oluliseks kartuli mugulahaiguseks on harilik kärn (*Streptomyces* spp.). Tegemist on niidikujulise mullabakteriga, kes nakatab soodsates oludes just vastuvõtlike sortide mugulaid ja seda väga varajases mugulate moodustumise faasis. Kas noored mugulad nakatuvad või mitte sõltub suuresti mulla niiskustasemest õhulõhede moodustumise alguses (Mulder ja Turkensteen, 2005). Kuivades tingimustes on kärna kahjustusmäär kõrge. Haiguse tunnusteks on kuivad kestendavad korrapäratu kujuga kärnad, mis võivad esineda kas lame, sööbe või kumera vormina. Haigus rikub mugulate kaubanduslikku välimust ja halvendab säilivust. Kärna kohtadest on mugula koor vigastatud, kust sisenevad erinevad säilituskadusid põhjustavad haigustekitajad nagu märgmädanik, pruunmädanik, fusarioos, jne (Mulder ja Turkensteen, 2005). Seega on oluline, et mugulad oleksid kärnavabad.

Säästlikuks tõrjeks on oluline välja selekteerida kärnakindlad kartulisordid. Välismaiste kartulisortide võrdluskatses hariliku kärna hindamisel selgus, et haigusele ebasoodsates oludes oli üldine kärnakahjustus väike, kuid 1 %-list ja 10 %-list kahjustust esines ikkagi 12 sordil 13-st (Runno-Paurson jt., 2018). Seega võib arvata, et harilikule kärnale soodsal kasvuaastal on enamusel katses testitud sortidel Eesti tingimustes tugev kahjustus (Runno-Paurson jt., 2018).

Uurimustöö eesmärgiks on välja selgitada, kas ja kuidas erinevad maheviljeluse kasvatussüsteemid mõjutavad kartulimugulate harilikku kärna nakatumist haigustekitajale soodsal kasvuaastal hea kärnakindlusega sordil 'Teele'.

Materjal ja meetoodika

Hariliku kärna kahjustust hinnati Eesti aretatud kartulisordi 'Teele' mugulatel 2018. aastal Eerikal, Eesti Maaülikooli Taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli pikaajalises külvikorra katses. Külvikorras järgnevad üksteisele viis põllukultuuri: oder ristiku allakülviga, punane ristik, talinisu, põldherne ja kartul. Maheviljeluses katsetatakse kolme kasvatussüsteemi – talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0; M0), mis järgib ainult külvikorda; talviste vahekultuuridega viljelussüsteem (Mahe I; MI) ning talviste vahekultuuride ja komposteeritud veisesõnnikuga (kevadell teraviljadele 10 t ha⁻¹, kartulile 20 t ha⁻¹) viljelussüsteem (Mahe II; MII). MI ja MII viljelussüsteemides külvati 2017. aastal vahekultuuridena pärast talinisu koristust rukki, talirüpsi ja keerispea segu, pärast hernest talirüpsi ja keerispea segu ning pärast kartulit rukki ja keerispea segu. Maheviljeluse katse-lappidel mineraalväetisi ja pestitsiide ei kasutata. Kartulivagusid äestati üks kord ning mullati kolm korda. Maheviljeluse süsteeme võrreldi tavaviljeluse väetamata kontrollvariandiga (Tava 0, N₀P₀K₀). Selles variandis kasutati taimekaitsevahenditest umbrohtude tõrjeks herbitsiidi Titus (50 g ha⁻¹), lehemädaniku vastast tõrjet tehti kahel korral: fungitsiidiga Orvego (toimeained ametoktradiin ja dimetomorf) (0,8 l ha⁻¹) 11. juulil ja fungitsiidiga Ridomil Gold MZ 68 WG (toimeained metalaksüül-M ja mankotseeb) (2,5 kg ha⁻¹) 31. juulil. Katsed viidi läbi neljas korduses, iga katselapi suurus oli 60 m². Saak koristati maheviljelussüsteemi katselappidelt 11. septembril ja tavaviljeluse katselappidelt 4. oktoobril.

Hariliku kärna kahjustuse visuaalne hindamine tehti mugulatel poolteist kuud peale koristust. Igast variandist hinnati 400 mugulat (üks kordus 100 mugulat). Hariliku kärna hindamiseks kasutati järgmist skaalat: < 1% mugula pinnast on kaetud kärna laikudega, < 10% mugula pinnast on kaetud kärna laikudega, < 25% mugula pinnast on kaetud kärna laikudega, < 50% mugula pinnast on kaetud kärna laikudega ja > 50% mulla pealispinnast on kärna laikudega kaetud (James, 1971).

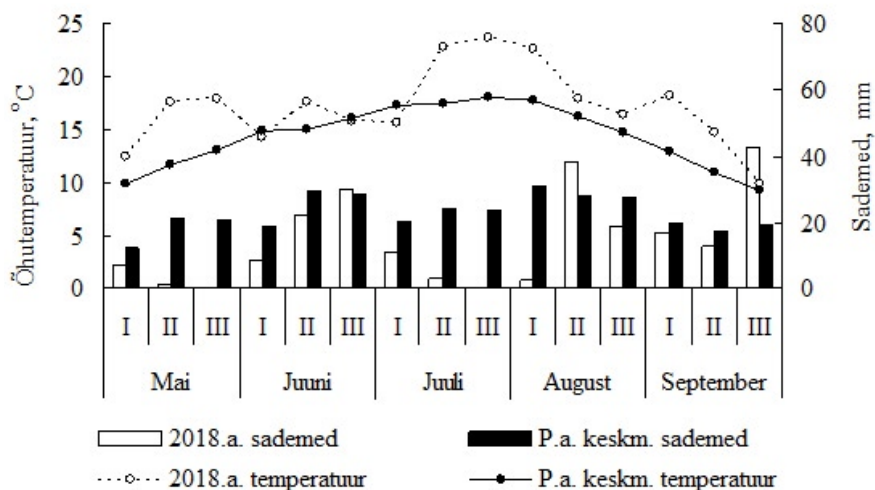
Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Variantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi (p < 0,05).

Tulemused ja arutelu

Kartuli hariliku kärnakindluse hindamiseks oli 2018. aasta küllaltki soodne (joonis 1). Võrreldes paljude aastate keskmisega (joonis 1) oli õhutemperatuur

juulis ja augustis oluliselt soojem ning ka sademeid oli vähem juuli algusest kuni augusti alguseni, mistõttu kujunesid potentsiaalselt sobilikud tingimused hariliku kärna lööbimiseks ja arenguks. Vaatamata soodsatele oludele jäi meie pikaajalises külvikorra katses hariliku kärna kahjustus siiski madalaks. Noored mugulad on haigustekitajale eriti vastuvõtlikud 5–6 nädala jooksul alates mugula moodustumisest (Mulder ja Turkensteen, 2005). Kui sellel ajal tuleb vähe sademeid või on täiesti kuiv, siis on ka mugulatel tugev hariliku kärna kahjustus. Üheks põhjuseks, mis kahjustus jäi madalaks, võis olla see, et mugulate moodustumise alguses oli mullas alles piisavalt kevadist niiskust ja just seetõttu jäi nakatumine kesiseks. Lisaks on sorti 'Teele' kirjeldatud kui suhteliselt hea vastupidavusega harilikule kärnale (Tähtjärv, 2016).

Katse tulemustest selgus, et kärnast kahjustatud mugulaid esines kõigis uuritud mahe- ja tavaviljeluse variantides. Siiski ei olnud hariliku kärna nakatumine sordil 'Teele' kõrge ja enim esines 1% kahjustusega mugulaid (tabel 1). Vähesel määral (1%) kärnast kahjustunud mugulaid oli mõnevõrra rohkem M0 ja MII variantides, kui vahe ei osutunud statistiliselt oluliseks ($F_{3,12} = 1,043$; $p = 0,409$).



Joonis 1. Keskmise õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide löikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate (1969–2018) keskmisega.

Tabel 1. Mugulate pinnast kaetud hariliku kärnaga, osakaal kaubanduslikust saagist (%)

Viljelusviis	1%	10%	25%	50%	Kokku
Tava 0	64,4 ^a ± 6,8*	6,3 ^a ± 3,1	1,5 ^a ± 1,0	0,0 ^a ± 0,0	72,1 ^a ± 9,3
Mahe 0	73,1 ^a ± 0,5	2,3 ^a ± 1,1	0,8 ^a ± 0,5	0,3 ^a ± 0,3	76,4 ^a ± 2,0
Mahe I	69,3 ^a ± 3,6	3,8 ^a ± 1,5	0,0 ^a ± 0,0	0,0 ^a ± 0,0	73,1 ^a ± 3,8
Mahe II	74,8 ^a ± 4,6	4,1 ^a ± 1,3	0,5 ^a ± 0,3	0,0 ^a ± 0,0	79,4 ^a ± 5,3

Sarnased tähed samas veerus tähistavad statistiliselt olulise erinevuse puudumist (Tukey HSD post-hoc test, $p > 0,05$), * ± standardviga

Samas, kõikides mahevariantides olid mugulad tugevama kärnakahjustusega (tabel 1) (10% ja 25% mugula pinnast) mugulate hulgas vähem nakatunud võrreldes tavakatse kontrollvariandi T0 mugulatega, kuid erinevus ei osutunud statistiliselt oluliseks (10% puhul $F_{3,12} = 0,725$; $p = 0,557$ ja 25% puhul $F_{3,12} = 1,267$; $p = 0,330$).

Hariliku kärna levikule on soodne mulla aluseline reaktsioon, seega on Eesti oludes hariliku kärnaga rohkem probleeme Eesti põhjapoolsemates piirkondades. Eerika katsepõllu mulla pH varieerus mahesüsteemides 5,7–6,0, olles kõrgeim just talviste vahekultuuride ja sõnniku variandis (MII). Tavakatse kontrollvariandis T0 oli pH 5,7. Soomes läbiviidud katsete põhjal võib öelda, et meie katses oli pH foon haiguse arenguks ja levikuks igati soodne (Hiltunen jt., 2009). Kuid siiski, hariliku kärna liigid ja tüved taluvad mullahappesust erinevalt. On isendeid, kes suudavad elada ja paljuneda üsna laiades mulla pH intervallis, alates happelistest (pH 5,5) kuni tugevalt aluselitest muldades (pH 8,0) (Hiltunen jt., 2009). Seega ei lahenda kärna haigestumise probleemi vaid mullahappesuse reguleerimisega, oluline tõrje osa on ka haiguskindlate kartulisortide kasvatamisel.

Järeldused

Katsetulemustest selgus, et vaatamata katseaasta põuastele tingimusteele oli hariliku kärna kahjustus kartulisordil 'Teel' madalpoolne. Seega on sort 'Teel' hariliku kärnale hea vastupidavusega ka väga kuival kasvuaastal, mida kinnitavad aretajapoolsed kirjeldused. Vaatamata madalale kahjustusfoonile, esinesid mõõnduslikud erinevused kasvatussüsteemide vahel: tavakatse kontrollvariandi mugulad olid mõnevõrra tugevama kärnakahjustusega kui maheviljeluse variantide mugulad. Kuna hariliku kärna tekitaja suudab nakatada väga laia peremees-

taimede ringi, siis on selle haigustekitaja foon nagoonii mullas kõrge. Lisaks võivad erinevad liigid ja tüved taluda üsna laia mulla happesuse vahemikku, mistõttu on väga oluline valida kasvatuseks kärnale vastupidavad kartulisordid. Antud katse tulemustest lähtudes saab soovitada mahetingimustes kasvatamiseks harilikule kärnale vastupidavat kartulisorti 'Teele'.

Tänuavaldused. Uurimistööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange „Gloabalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes“), IUT36–2, ERA-NET Core organic projekti FertilCrop ja Eesti Maaülikooli projektid P180273PKTT ja P170062PKTM.

Kirjandus

- Hiltunen, L.H, Ojanpera, T., Kortemaa, H., Richter, E., Lehtonen, M.J., Valkonen, J.P.T. 2009. Interactions and biocontrol of pathogenic *Streptomyces* strains co-occurring in potato scab lesions. *Journal of Applied Microbiology*, 106, 199–212.
- James, C. 1971. A manual of assessment keys for plant diseases. Canada Department of Agriculture Publication No. 1458. St. Paul: American Phytopathological Society.
- Mulder, A., Turkensteen, L.J. 2005. Common scab, lk 81–82 In: *Potato Diseases*, Holland: Aardappelwereld & NIVAP.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Tamela, L., Kaurilind, E., Einola, A., Einola, P. 2018. Välismaiste kartulisortide mugulahaiguste hindamine Einola talu katses. *Agronoomia* 2018, lk 106–113.
- Tähtjärv, T., 2016. *Cultivar resistance and population studies of late blight pathogen in potato breeding in Estonia*. Doktoritöö, Eesti Maaülikool, 156 lk.

Kartuli kuivlaiksuse esinemine sordil 'Teele'

Early blight development on potato cultivar 'Teele'

Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut ▶ eve.runno-paurson@emu.ee

Sissejuhatus

Kartuli kuivlaiksus (*Alternaria* spp.) on soojema kliimaga regioonides väga tõsine kartulipõldude kahjustaja (Leiminger jt., 2015). Lähiaastatel on täheldatud, et kartuli kuivlaiksus on keskmisest kuumematel kasvuaastatel osutunud ka Eesti kartulipõldudel oluliseks lehestikku hävitavaks kartulihauguseks (Runno-Paurson jt., 2015). Enne kõike on see just vastuvõtlike kartulisortide probleem. Samas on Eestis läbi viidud uuringud näidanud, et enamus uuematest sisse toodud sortidest nakatusid kuivlaiksusesse vähemal või rohkemal määral kõik katses olnud 20 sorti, ja seda kuivlaiksuse arengule mittesoodsal kasvuaastal (Tamela jt., 2015). Üldiselt peetakse Eesti Taimekasvatuse Instituudis aretatud kartulisorte üsna lehemädanikukindlateks, kuid see ei kehti kuivlaiksuse kohta. Viimastel aastatel on selgunud, et näiteks maheviljeluseks aretatud sort 'Reet' on üsna kuivlaiksuse õrn ja seda ka haigusele mitte nii soodsates oludes (Tamela jt., 2015). Kuivlaiksusele suunatud aretustöö on võetud sordiaretus programmidesse.

Kuumadel, keskmise niiskusega kasvuaastatel on tavaviljeluses kuivlaiksusele vastuvõtlikel sortidel vaja teostada keemilist tõrjet, kuna haigus hävitab kartuli lehestiku enne veel kui lehemädanik lööbida jõuab. Kuna maheviljelus välis- tab keemilise tõrje ning ka vasepreparaadid on keelatud, siis tuleb leida haiguste tõrjeks kasvatustehnoloogilisi võtteid ning kasutada võimalikult haiguskindlaid kartulisorte.

Seega oli uurimustöö eesmärgiks välja selgitada, kuidas erinevad maheviljeluse süsteemid mõjutavad kartuli kuivlaiksuse arengut haigusele soodsal kasvuaastal suhteliselt lehemädanikukindlal kohalikul sordil 'Teele'.

Materjal ja meetodika

Kartuli kuivlaiksuse kahjustust hinnati üsna lehemädanikukindlal Eesti sordil 'Teele' 2018. aastal Eerikal, Eesti Maaülikooli Taimekasvatuse ja taimebio- loogia õppetooli pikaajalises külvikorra katses. Külvikorras järgnesid üksteisele

viis järgnevat põllukultuuri: oder ristiku allakülviga, punane ristik, talinisu, põldherne ja kartul. Maheviljeluses katsetatakse kolmes kasvatusüsteemis – talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0; M0), mis järgib ainult külvikorda; talviste vahekultuuridega viljelussüsteem (Mahe I; MI) ning talviste vahekultuuride ja komposteeritud veisesõnnikuga (kevadel teraviljadele 10 t ha⁻¹, kartulile 20 t ha⁻¹) viljelussüsteem (Mahe II; MII). MI ja MII viljelussüsteemides külvati 2017. aastal vahekultuuridena pärast talinisu koristust rukki, talirüpsi ja keerispea segu, pärast hernest talirüpsi ja keerispea segu ning pärast kartulit rukki ja keerispea segu. Maheviljeluse katselappidel mineraalväetisi ja pestitsiide ei kasutatud. Katselappide vagusid äestati üks kord ning mullati kolm korda. Maheviljeluse süsteeme võrreldi tavaviljeluse väetamata kontrollvariandiga Tava 0 (kontroll, N₀P₀K₀). Tava 0 variandis kasutati taimekaitsevahenditest herbitsiidi Titus (50 g ha⁻¹) umbrohtude tõrjeks ja lehemädaniku vastast tõrjet tehti kahel korral, fungitsiidiga Orvego (toimeained ametoktradiin ja dimetomorf) (0,8 l ha⁻¹) 11. juulil ja fungitsiidiga Ridomil Gold MZ 68 WG (toimeained metalaksüül-M ja mankozeb) (2,5 kg ha⁻¹) 31. juulil. Katsed viidi läbi neljas korduses ja iga katse-lapi suurus oli 60 m². Kartuli kuivlaiksuse kahjustust hinnati loodusliku nakkuse tingimustes alates nakatumisest kuni saagi koristamiseni, sagedusega üks kord nädalas. Kuivlaiksuse hindamisel kasutati 0–100% hindamisskaalat.

Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Variantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi (p = 0,05).

Tulemused ja arutelu

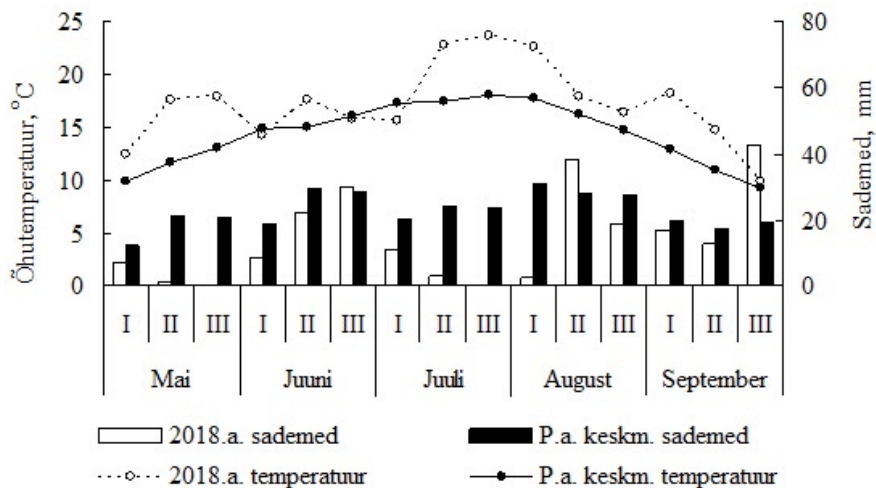
Kartuli kuivlaiksuse hindamiseks oli 2018. aasta väga soodne (joonis 1). Juulis ja augustis oli õhutemperatuur oluliselt soojem ning samas sademeid oli vähem võrreldes paljude aastate keskmisega, mistõttu kujunesid väga sobilikud tingimused kuivlaiksuse lööbimiseks ja arenguks. Esimene kuivlaiksuse lööbimine leiti 23. juulil tavakatse kontrollvariandis T0 (tabelis ei kajastu). Talviste vahekultuurideta viljelussüsteemis M0 registreeriti esimesed haigussümptomid 7 päeva hiljem – 30. juulil (tabel 1). Talviste vahekultuuride (MI) ja talviste vahekultuuri ja sõnniku (MII) süsteemi katselappidelt avaldusid kuivlaiksuse haigustunnused 14 päeva hiljem 6. augustil (tabel 1). Haiguse kiirem areng algas 6. augustist (tabel 1). Vaatlusperioodi alguses arenes kuivlaiksus märkimisväärselt kiiremini

tavaviljeluse kontrollvariandi katselappide taimedel (30. juuli – $F_{3,12} = 17,05$; $p < 0,001$; 6. august – $F_{3,12} = 25,80$; $p < 0,001$) (tabel 1). Edaspidi arenes kuivlaiksus oluliselt aeglasemalt talviste vahekultuuride ja sõnniku süsteemi katselappidel (13. august – $F_{3,12} = 8,72$; $p = 0,002$; 21. august – $F_{3,12} = 4,939$; $p = 0,018$) (tabel 1). Katseperioodi lõpul oli kuivlaiksuse areng märkimisväärselt aeglasem mõlemal talviste vahekultuuridega süsteemil MI ja MII (27. august – $F_{3,12} = 14,37$; $p < 0,001$; 3. september – $F_{3,12} = 5,48$; $p = 0,013$) (tabel 1). Kasvuperioodil lõpuks oli tavasüsteemi kontrolli variandil hävinud ligi 50% lehestikust, samas kui talviste vahekul-

Tabel 1. Kartuli kuivlaiksuse arengu intensiivsus (%) maheviljeluskatses 2018. aastal

Viljelusviis	30.07	06.08	13.08	21.08	27.08	03.09
Tava 0	1,9 ^b ± 0,4*	4,1 ^b ± 0,7	17,5 ^b ± 2,5	28,5 ^b ± 4,6	40,8 ^b ± 2,3	48,8 ^b ± 2,9
Mahe 0	0,1 ^a ± 0,1	0,3 ^a ± 0,2	10,3 ^b ± 2,0	20,8 ^{ab} ± 1,5	30,5 ^a ± 2,6	43,0 ^{ab} ± 1,3
Mahe I	0,0 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,1	8,3 ^{ab} ± 1,7	17,8 ^{ab} ± 1,0	24,3 ^a ± 1,3	39,3 ^a ± 2,2
Mahe II	0,0 ^a ± 0,0	0,2 ^a ± 0,1	4,8 ^a ± 0,5	15,3 ^a ± 1,4	24,5 ^a ± 1,7	37,8 ^a ± 1,5

Erinevad tähed samas veerus tähistavad statistiliselt olulist erinevust (Tukey HSD test, $p < 0,05$), * ± standardviga



Joonis 1. Keskmise õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate (1969–2018) keskmisega.

tuuride (MI) ja talviste vahekultuuri ja sõnniku (MII) variantidel jäi kuivlaiksuse kahjustus alla 40% kartulitaimede lehestikust (tabel 1).

Väetamata tavaviljelussüsteemi katselappidel nakatusid kartulitaimed kuivlaiksusest kaks nädalat varem võrreldes talviste vahekultuuride viljelussüsteemidega (MI ja MII) ning haigus arenes intensiivsemalt. Ka varasemates uuringutes on leitud, et kasvatustehnoloogia valikuga on võimalik mõjutada kuivlaiksuse levikut, kuna kuivlaiksuse kahjustus lehestikus oli oluliselt väiksem maheviljeluse talvise vahekultuuriga (taliraps) süsteemil kui sõnnikuga väetatud variandil (Runno-Paurson jt., 2014). Samas tavaviljeluse süsteemis fungitsiididega tõrje ei andnud eelist tõrjeta maheviljelus süsteemide ees. Miks see nii on? Kuna tegemist ei olnud kuivlaiksuse ohjeldamiseks mõeldud spetsiifilise tõrjega, vaid lehemädaniku tõrjeks mõeldud preparaatidega, siis tõrje ei mõjunud. Seega ei piisa enam kuivlaiksusele vastuvõtliku kartulisordi kasvatamisel mõnest juhuslikust ja ajastamata tõrjekorrast, vaid on vaja rakendada senisest efektiivsemat ja spetsiifilisemat kuivlaiksuse tõrjeplaani (Runno-Paurson jt., 2015).

Tegemist oli väga ekstreemse ilmastikuga kasvuaastaga, mistõttu kartulitaimed olid väga tugevas stressiseisundis ja seega ka vastuvõtlikumad kuivlaiksuse tekitajatele. Selle katse ja eriliselt kuuma kasvuaasta põhjal võib väita, et kartulisort 'Teele' oli vastuvõtlik kuivlaiksuse tekitajale. Varasemas uuringus mitte nii soodsal kasvuaastal oli sordi 'Teele' kuivlaiksuse kahjustus keskmiselt 20% (Tamela jt., 2015). Visuaalsel hindamisel leiti, et esines vähe klassikalisi kuivlaiksuse sümptome (*Alternaria solani*), vaid esinesid teised *Alternaria* spp. liigid, mis eelistavad oma arenguks 25 °C kõrgemat temperatuuri ja nõrgestatud taime, ning tekitavad lehtedele nekrootilisi alasid.

Järeldused

Katsetulemused näitasid, et kasvatustehnoloogia valikuga on võimalik mõjutada kuivlaiksuse levikut. Kahjustuse hindamine näitas, et talvise kattedekultuuriga ning talvise kattedekultuuriga ja sõnnikuga variantidel oli märkimisväärselt vähem kahjustatud lehestikku kui talvise kattedekultuurideta ja tavaviljeluse kontrollvariantidel. Mahekartuli kasvatuses osutub äärmiselt oluliseks haiguskindla sordi valik, mistõttu pööratakse üha enam selles osas tähelepanu ka resistentsusaretuses. Kartulisort 'Teele' on väga väärtuslik eestimaine sort, mida tasub oma kõrge saagipotentsiaali ja kvaliteedi tõttu kasvatada ka maheviljeluses. Kuivlaiksuse mitte nii

soodsates tingimustes jääb lehestiku kahjutus ka oluliselt madalamaks, ega mõjuta saagikust. Kuna ennustatakse keskmisest kuumema temperatuuriga suvede arvu kasvu, siis peame kindlasti arvestama kuivlaiksuse suurenenud mõjuga Eesti kartulipõldudel.

Tänuavaldused. Uurimistööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange „Gloabalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes“), IUT36–2, ERA-NET Core organic projekti FertilCrop ja Eesti Maaülikooli projektid P180273PKTT ja P170062PKTM.

Kirjandus

- Leiminger, J., Bassler, E., Knappe, C., Bahnweg, G., Hausladen, H. 2015. Quantification of disease progression of *Alternaria* spp. on potato using real-time PCR. *European Journal of Plant Pathology*, 141, 295–309.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Tein, B., Loit, K., Luik, A., Metspalu, L., Ereemeev, V., Williams, I.H., Mänd, M. 2014. Cultivation technology influences the occurrence of potato early blight in an organic farming system. *Žemdirbyste-Agriculture*, 101 (2), 199–204.
- Runno-Paurson, E., Loit, K., Hansen, M., Tein, B., Williams, I.H., Mänd, M. 2015. Early blight destroys potato foliage in the northern Baltic region. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 65 (5), 422–432.
- Tamela, L., Runno-Paurson, E., Hansen, M., Einola, A., Einola, P. 2015. Kuivlaiksus eri kartulisortidel Einola talus. *Agronomia* 2015, 166–171.

Lehekaudsete biostimulaatorite kasutamine musta sõstra maheistandikus

Foliar application of biostimulants in organic black currant plantation

Reelika Rätsep, Kersti Kahu, Liina Arus, Hedi Kaldmäe, Kadi Looga, Pille-Riin Kõks

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut,
Polli Aiandusuuringute keskus

► reelika.ratsep@emu.ee

Sissejuhatus

Biopreparaatide valik maheviljeluses laieneb iga aastaga, mistõttu on tootjatel aina raskem teha valikuid sobiva preparaadi leidmiseks. Lehtede kaudu antavad biopreparaadid ei asenda täielikult juurekaudset väetamist, kuid nende eesmärk on kiirendada taimede ainevahetusprotsesse ja suurendada stressitaluvust (Kocira jt., 2018; Maria jt., 2017; Tejada ja Gonzalez, 2006; Ziosi jt., 2013). Sageli ei ole biopreparaatide kohta rohkem eestikeelset informatsiooni kui vaid edasimüüjate kodulehtedelt kättesaadav tootekirjeldus. Samuti ei ole teada nende kasutamise mõju erinevatele puuvilja- ja marjakultuuridele Eesti kliimaatilistes tingimustes. Must sõstar on maheviljelusse sobiv kultuur, mille kasvatamisel ei ole biopreparaate kuigi palju katsetatud. Eestis on musta sõstra sort 'Pamjati Vavilova' saagikuse poolest tõestanud oma sobivust maheistandikku (Kahu jt., 2009). Musta sõstra viljad on meeldivalt hapuka maitsega, sisaldades märkimisväärses koguses ka antioksidante, neist tuntuim on C-vitamiin, mille sisaldus ületab üldjuhul teisi Eestis enim kasvatatavaid marjakultuure. Katse eesmärgiks oli välja selgitada erinevate lehekaudsete biostimulaatorite mõju musta sõstra sordi 'Pamjati Vavilova' vilja massile ja biokeemilisele koostisele.

Materjal ja meetodika

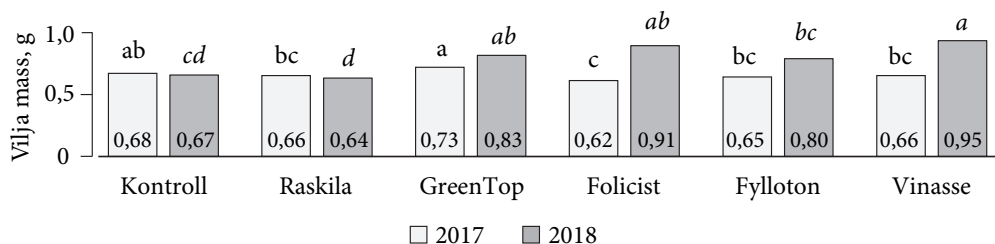
Katse tehti 2017. ja 2018. aastal sordiga 'Pamjati Vavilova' Eesti Maaülikooli Polli Aiandusuuringute Keskuse maheistandikus. Taimede istutustihedus: 4 × 0,65 m ehk 3800 põõsast hektaril. Kasutatud biopreparaadid ja töölahuse kontsentratsioon veega segatuna: Raskila vermikompost (0,8% vesilahus), GreenTop Taimeramm Tuhala Bio (1%), Folicist (0,3%), Fylloton (0,5%) ja Vinasse (1%). Musta sõstra põõsaid pritsiti iga preparaadiga suve jooksul 3 korda, vastavalt tootjapoolsele soovitusel, kasutades ventilaatorpritsi. Kontrollvarianti pritsiti puhta

veega: 2017. a pritsiti 1. ja 19. juunil ning 6. juulil ning 2018. a pritsiti 8. ja 23. mail ning 15. juunil. Riigi Ilmateenistuse andmetel oli keskmine temperatuur 2017. a mais, juunis ja juulis kuni 1,7 °C madalam, sademeid aga mais 28 mm ja juulis 24 mm enam võrreldes pikaajaliste keskmistega. Keskmised temperatuurid olid 2018. a mais, juunis ja juulis vastavalt 4 °C; 0,6 °C ja 2,5 °C kõrgemad, sademeid oli aga mais ja juunis 25 mm vähem kui paljude aastate keskmised. Juuli 2018 oli erakordselt soe ja kuiv. Katseala mullatüübiks on kahkjäs leetunud muld: löimis ls3 (kiirmeetodil), $pH_{KCl} = 4,9$ (ISO 10390 meetodil), $C_{org} = 1,9$ (sulfokroomi meetodil), P sisaldus oli väga kõrge, K, Cu ja Mn sisaldus aga keskmine, Mg sisaldus (Mehlich III meetodil) madal ja B sisaldus (Bergeri ja Truogi meetodil) väga madal. Mullaanalüüsid tehti Põllumajandusuuringute Keskuse laboris.

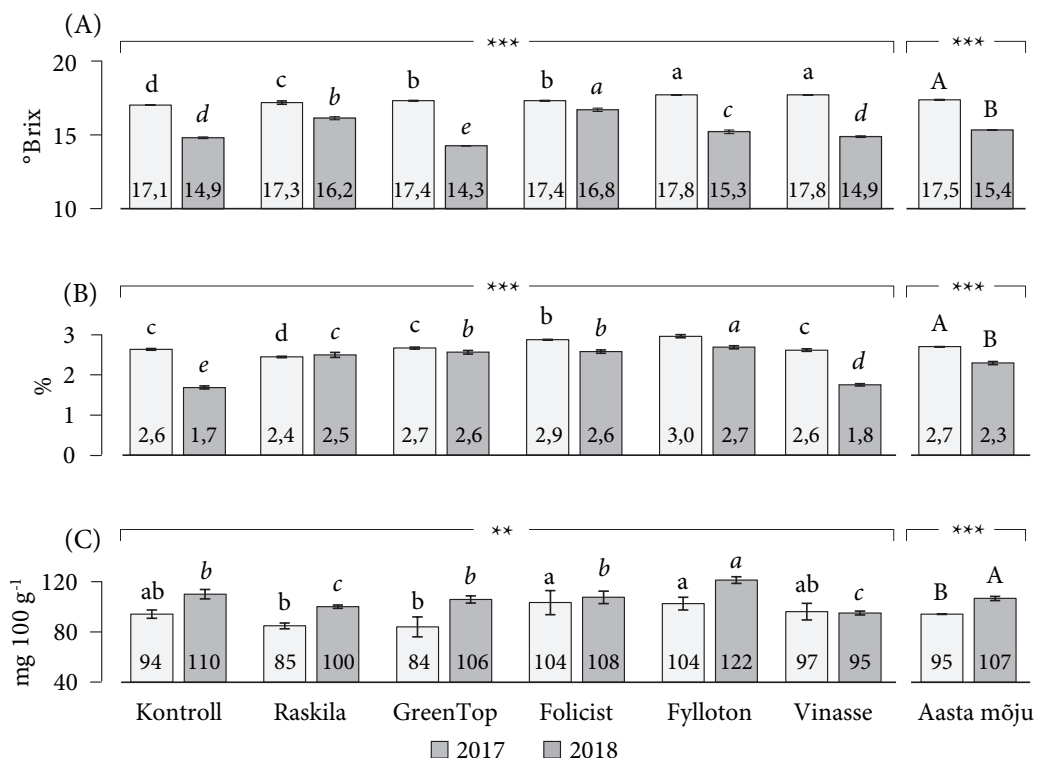
Teisel katseaastal loeti ka õied viljakobaras, hinnati varisemise osakaal (%) ja määrati igas variandis 25 vilja keskmine mass (g). Saak koristati masinaga. Proovid koguti 2. augustil 2017. aastal ja 18. juulil 2018. aastal. Biokeemilised analüüsid tehti 3 korduses. Viljade rakumahla kuivaine sisaldus (°Brix) määrati ABBE digitaalse refraktomeeteriga (Comecta, S.A, Hispaania). Tiitritavate hapete sisaldus määrati 0.1N NaOH-ga tiitrimisel arvutatuna sidrunhappele (%) ja askorbiinhappe ehk vitamiin C sisaldus Tilmans'i meetodil automaat-titraatoriga Titrand 905 (Metrohm, Šveits). Statistiline andmetöötlus: ühe- ja kahefaktoriline ANOVA programmis MS Excel 2013 lisafunktsiooniga XL Toolbox NG (Daniel Kraus, Würzburg, Saksamaa).

Tulemused ja arutelu

Saagiparameetrid. Musta sõstra õite arvu lugemise ning viljade varisemise osakaalu hindamise (andmeid ei esitata) 2018. aasta tulemustest selgus, et vaid ühe katseaasta lõikes biopreparaadiga pritsimisel mõju praktiliselt puudus. Mõlemal katseaastal kaaluti igas variandis 25 musta sõstra vilja ja arvutati keskmine vilja mass (g). See varieerus 2017. aastal 0,62–0,73 g ja 2018. aastal 0,64–0,95 g (joonis 1). Võrreldes kontrolliga, biostimulantide kasutamise mõju vilja massile 2017. aastal sisuliselt puudus, kuid 2018. aastal oli preparaatidega GreenTop, Folicist ja Vinasse pritsitud põõsastelt korjatud viljade keskmine mass kuni 0,28 g võrra kontrollist suurem. Varasemalt on selle sordi vilja mass olnud 0,8–1,4 g (Kahu jt., 2009; Kikas jt., 2017), mis kinnitab, et käesolevas katses oli, võrreldes kontrollvariandis saadud 0,67 g vilja massiga, eelpool nimetatud biostimulantide mõju oluline.



Joonis 1. Biopreparaatide lehekaudse pritsimise mõju musta sõstra sordi 'Pamjati Vavilova' keskmisele vilja massile katseaastatel 2017–2018. Erinevad tähed tulpadel väljendavad variantide vahelist usutavat erinevust ($p < 0,05$; kirjastiil eristab aastaid).



Joonis 2. Biopreparaatide lehekaudse pritsimise ja kasvuaasta (2017–2018) mõju musta sõstra sordi 'Pamjati Vavilova' viljade (A) rakumahla kuivaine (°Brix), (B) orgaaniliste hapete (%) ja (C) askorbiinhappe sisaldusele (mg 100 g⁻¹ värskel materjalil kohta). Erinevad tähed tulpadel väljendavad variantide vahelist statistiliselt usaldusväärset erinevust ($p < 0,05$); kirjastiil eristab aastaid; vurrud tulpadel näitavad varieeruvust; tärnid tulbarühmade kohal tähistavad vastavalt biopreparaadi ja kasvuaasta üldmõju (** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).

Viljade biokeemiline koostis. Katseaastatel varieerus musta sõstra viljade rakumahla kuivaine sisaldus vahemikus 14,3–17,8 °Brix, orgaanilised happed 1,7–3,0% ja askorbiinhape vahemikus 84–122 mg 100 g⁻¹ värske materjali kohta (joonis 2, A, B, C). Mõlemal katseaastal ilmses biopreparaatide oluline mõju musta sõstra viljade biokeemilisele koostisele. Pollis tehtud varasemas mahekatsetes oli sordi 'Pamjati Vavilova' rakumahla kuivaine sisaldus 15,6–16,1% (Kikas jt., 2017), mille varieeruvus oli väiksem, kuid mis on kooskõlas käesolevas katses saadud tulemustega.

Folicist on preparaat, mis sisaldab õitsemist ja viljade moodustumist soodustavaid looduslikke toimeaineid nagu foolhape ja glütsiin-betaiin (Ziosi jt., 2013). Antud biostimulant mõjutas positiivselt nii musta sõstra rakumahla kuivaine kui ka orgaaniliste hapete ja askorbiinhappe sisaldust (joonis 2, A, B, C). Aastal 2017 oli selle preparaadiga töödeldud põõsastelt korjatud viljades kuni 11% rohkem orgaanilisi happeid ja ka askorbiinhapet. 2018. a. oli kuni 12,8% kõrgem rakumahla kuivaine (16,8 °Brix) ja oluliselt kõrgem hapete sisaldus (0,3 ühikut) kui kontrollvariandis (vastavalt 14,9 °Brix ja 2,6%). Orgaanilise leheväetisena kasutatav Folicist on avaldanud positiivset mõju ka tomati viljade kvaliteedile, suurendades rakumahas lahustunud kuivaine sisaldust ja saagikust (Maria jt., 2017).

Biostimulaator Fylloton sisaldab taimset päritolu aminohappeid kombinatsioonis vetikaekstraktiga (Kocira jt., 2018). Antud mahekatsetes soodustas Fylloton mõlemal katseaastal orgaaniliste hapete ja askorbiinhappe kogunemist viljadesse (joonis 2, B, C). Mõju oli märkimisväärsem 2018. aastal, mil hapete sisalduse tõus võrreldes kontrollvariandiga oli 1,7-lt kuni 2,7%-ni ja askorbiinhappe sisalduse tõus 110 mg-lt kuni 122 mg-ni 100 g⁻¹ toormaterjalis. Pollis varem tehtud mahekatsetes oli antud sordi viljade askorbiinhappe sisaldus vahemikus 104–171 mg 100 g⁻¹ toormaterjalis (Kahu jt., 2009; Kikas jt., 2017). Aasta 2018 oli ilmastikutingimuste poolest erandlikult soe ja kuiv, mis võis, võrreldes varasemate aastatega, olla mõnevõrra madalama askorbiinhappe sisalduse põhjuseks. Teadaolevalt sõltub askorbiinhappe sisaldus nii kasvatustehnoloogiast kui ka kasvuaasta ilmastikutingimustest (Kikas jt., 2017; Zheng jt., 2009), seega käesolevas katses pritsimata variandiga võrreldes saadud kõrgem C-vitamiini sisaldus võis olla tingitud biopreparaadi positiivsest mõjust saaki moodustava taima ainevahetusele sellel perioodil, mil olid kõrgemad temperatuurid ja vähem sademeid. Biostimulant Fylloton on mõjunud positiivselt ka näiteks sojaoa kasvule, saagikusele ja selle kvaliteedile (Kocira jt., 2018).

Vinasse on aminohapete rikas pärmi- või alkoholitööstuse jääkprodukt, mis pärineb kas suhkrupreedist või suhkruroost (Christofoletti jt., 2013; Tejada ja Gonzalez, 2006). Katses kasutatud Vinasse (pärimistööstuses suhkrupreedist saadud preparaat) mõjutas musta sõstra viljade biokeemiliste ühendite sisaldust olenevalt katseaastast ja konkreetsest ühendist (joonis 2, A, B, C). 2017. aastal suurenes rakumahla kuivaine sisaldus 0,7 ühikut (17,8 °Brix) võrreldes kontrolliga (17,1 °Brix), kuid vitamiin C sisaldus vähenes 2018. aastal 13,6% võrra. Kõrged temperatuurid viljade valmimise ajal soodustasid tõenäoliselt eelkõige rakumahla kuivaine ja pärssisid askorbiinhappe kogunemist viljades. Kirjanduse andmetel soodustab Vinasse mikro- ja makroelementide omastamist, see omakorda klorofüllis sisaldust lehtedes, parandades taime ainevahetust (Tejada ja Gonzalez, 2006).

Teised biopreparaadid mõjutasid musta sõstra viljade biokeemilist koostis lähtuvalt kahe katseaasta tulemustest mõnevõrra vähem.

Järeldused

Katses ilmnis biopreparaatide oluline positiivne mõju musta sõstra viljade biokeemilisele koostisele, kuid enim kerkisid esile preparaadid Fylloton, Folicist ja Vinasse. Kuna aga katseaastad (2017–2018) olid ilmastikutingimuste poolest vastandlikud, siis ei saa nende tulemuste põhjal teha veel lõplikke järeldusi katses kasutatud biostimulantide mõjude kohta. Nende uuringutega jätkatakse ka edaspidi.

Tänuavaldused. Tänuavaldused. Uurimistööd toetasid Eesti maaelu arengukava 2014–2020 ja Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond (EAFRD). Suur tänu OÜ'le Tuhala Bio katses kasutatud vermikompostiga GreenTop Taimeramm varustamise eest.

Kirjandus

- Christofoletti, C.A., Escher, J.P., Correia, J.E., Marinho, J.F.U., Fontanetti, C.S. 2013. Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. *Waste Management*, 33, 2752–2761. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.005>
- Kahu, K., Jänes, H., Luik, A., Klaas, L. 2009. Yield and fruit quality of organically cultivated blackcurrant cultivars. 59, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 63–69. <https://doi.org/10.1080/09064710701865139>
- Kikas, A., Kahu, K., Arus, L., Kaldmäe, H., Rätsep, R., Libek, A.-V. 2017. Qualitative Properties of the Fruits of Blackcurrant *Ribes Nigrum* L. Genotypes in Conventional and Organic Cultivation. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B, Natural, Exact, and Applied Sciences*, 71. <https://doi.org/10.1515/prolas-2017-0032>

- Kocira, S., Szparaga, A., Kocira, A., Czerwińska, E., Wójtowicz, A., Bronowicka-Mielniczuk, U., Koszel, M., Findura, P. 2018. Modeling Biometric Traits, Yield and Nutritional and Antioxidant Properties of Seeds of Three Soybean Cultivars Through the Application of Biostimulant Containing Seaweed and Amino Acids. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00388>
- Maria, D., Rodica, S., Gabriela, D.M. 2017. The Effect of Organic Fertilization on Fruit Production and Quality of Tomatoes Grown in the Solar. *Annals of the University of Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series XLVII*, 112–118.
- Tejada, M., Gonzalez, J.L. 2006. Effect of Foliar Application of Beet Vinasse on Maize Yield. *Biol. Biological Agriculture & Horticulture*, 4, 197–214. <https://doi.org/10.1080/01448765.2006.9755019>
- Zheng, J., Kallio, H., Yang, B. 2009. Effects of latitude and weather conditions on sugars, fruit acids and ascorbic acid in currant (*Ribes* sp.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 2011–2023. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3682>
- Ziosi, V., Zandoli, R., Vitali, F., Di Nardo, A. 2013. Folicist®, A Biostimulant Based on Acetyl-thioprolin, Folic acid and Plant Extracts, Improves Seed Germination and Radicle Extension. *Acta Horticulturae*, 79–82. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1009.8>

Kaaliumi- ja vävlirikaste mahevätiste tõhususest põldheina-teravilja külvikorras

Efficiency of Kalisop and Patentkali fertilization in leguminous hay-cereal crop rotation

Karli Sepp, Marje Särekanno, Jaan Kanger

Põllumajandusuuringute Keskus

► karli.sepp@pmk.agri.ee

Sissejuhatus

Kaaliumi ja vävli puudujäägiga tootmine on Eesti mahepõldudel suhteliselt sage, kuna piisavalt ei jagu sõnnikut ega komposti. Kultuuridest kasutavad kaaliumi rohkem ja tõhusamalt heintaimed, kartul, mitmed köögiviljad, raps ja rüps (Kärblane jt, 1996). Suure vävlivajadusega on raps, rüps ning liblikõielised heintaimed (Kanger jt., 2014). Kuna ka vävlipuudus Eesti mineraalmuldades on üldlevinud, pakub huvi, kui tõhusad on külvikorra kultuuride väetamisel kaaliumit ja vävli sisaldavad mineraalsed mahevätised.

Materjal ja meetodika

Antud töös uuritakse erinevat väetamist 2003. a rajatud 5-väljalises söödatüübilises põldheina-teravilja külvikorras mahe- ja tavaviljeluses Kuusiku katsekeskuses, kuhu 2016. a alates viidi sisse ka väetamise variandid mineraalsete mahevätistega. Külvikorra viljavaheldus on järgmine: punase ristiku rohke põldhein 1. a; punase ristiku rohke põldhein 2. a; suvinisu – segavili (põldhernes + kaer) – suviuder allakülviga. Katseala paikneb keskmise liivsaviõimisega rähk- ja leostunud mullal. Künnikihi omastatava PK sisaldus (Melich-3 järgi) on suuremal osal katsealast „Väetamise ABC“ järgi keskmisel väetustarbe tasemel (Kanger jt., 2014). Künnikihi pH_{KCl} on neutraalne ja huumusesisaldus keskmine (Tjurini järgi). Väetamata variandis on omastatava PK sisaldus viimastel aastatel langenud suure väetustarbe tasemeni. Kasutati künnipõhist harimisviisi.

Katsevariandid olid neljas korduses. Maheviljeluse ühte katsevarianti ei väetatud. Teises mahevariandis anti suvinisule allapanuga tahesõnnikut kevadise künni alla ja suviudrale eelneva aasta sügisel normiga 30 t ha^{-1} . Kolmandas mahevariandis väetati põldheina ja terakultuure kevadel maheviljeluses kasutada lubatud kaaliumi-vävlirikka mineraalse väetise Kalisopi (K_2O 50%, SO_3 45%) või

Patentkaliga (K_2O 30%, SO_3 42%, MgO 10%). „Väetamise ABC“ alusel planeeriti K normiks põldheinale 60 kg ha^{-1} (Kanger jt., 2014). Terakultuuridel lähtuti K normi arvestamisel $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ terasaakide ligikaudsest tasemest keskmise väetustarbega mullal ($K 30 \text{ kg ha}^{-1}$). Põldheinale anti 2016. ja 2018. aastal Kalisopi 145 kg ha^{-1} ($K 60$, $S 26 \text{ kg ha}^{-1}$) ning 2017. aastal Patentkalit 240 kg ha^{-1} ($K 60$, $S 41$, $Mg 14 \text{ kg ha}^{-1}$). Terakultuurid said 2016. ja 2018. aastal Kalisopi 72 kg ha^{-1} ($K 30$, $S 13 \text{ kg ha}^{-1}$) ning 2018. aastal Patentkalit 123 kg ha^{-1} ($K 31$, $S 17$, $Mg 7 \text{ kg ha}^{-1}$). Neljandas mahevariandis väetati põldheina ja terakultuure nii maheväetise (sarnaselt kolmandale variandile) kui allapanuga tahesõnnikuga (nisule ja odrale).

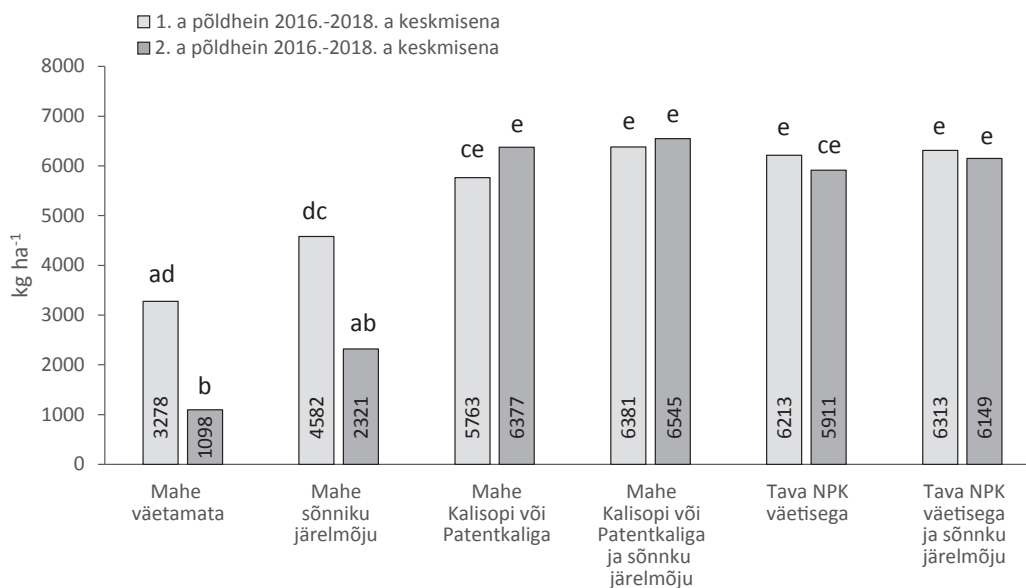
Tavaviljeluses väetati põldheina NPK mineraalväetisega (arvestusega $K 60 \text{ kg ha}^{-1}$). N ja P norm sõltuvalt kasutatud väetisest aastate lõikes mõnevõrra muutus (keskmiselt $N 22$ ja $P 14 \text{ kg ha}^{-1}$). Terakultuure väetati mõõdukate NPK mineraalväetiste normidega, väetise N kontsentratsioonist lähtuvalt. Olenevalt kasutatud väetisest, PK norm aastate lõikes muutus. Suvinisule anti ühes variandis $N 90$, P keskmiselt 11 ja K keskmiselt 38 kg ha^{-1} . Segaviljale ja suviodrle allakülviga anti N keskmiselt 56 , P 7 ja K 24 kg ha^{-1} . Tavaviljeluse teises variandis väetati nisu ja otra allakülviga NPK väetise (sarnaselt eelmise variandiga) ning allapanuga tahesõnnikuga. Põldheinale anti väetis mõlemal aastal külvikuga pealtväetisena kasvuperioodi alguses (aprill) ja terakultuuridele külvikuga otse mulda.

Suvinisule anti sõnnikuga (30 t ha^{-1}) keskmiselt $N 170$, $P 22$ ja $K 153$ ning suviodrle $N 169$, $P 36$ ja $K 171 \text{ kg ha}^{-1}$. Põldheinale ja segaviljale sõnnikut mahe- ja tavaviljeluses otse ei antud. Nende puhul tuuakse välja sõnniku järelmõju saagikusele.

Tavaviljeluses pritsiti suvinisu, segavilja ja suviotra umbrohutõrjeks üks kord terakultuuride võrsumisfaasis. Haiguste ja kahjurite tõrjet ning seemnevilja puhumist ei tehtud. Põldheinast koristati käesolevas külvikorratatsioonis katsekombainiga kaks niidet. Kolmas niide jäeti haljasväetiseks NPK bilansi paremaks tasakaalustamiseks põllule kasvama. Arvestuslapi suurus kujunes katsekombaini heedri laiuse järgi ja oli põldheinal $12\text{--}13 \text{ m}^2$ ning terakultuuridel $17\text{--}18 \text{ m}^2$. Koristatud terakultuurid kuivatati ja sorteeriti. Terasaak arvestati 13% niiskusesisaldusega. Katseproovid analüüsiti PMK laborites.

Tulemused ja arutelu

Kõige tõhusamalt reageeris Kalisopi või Patentkaliga väetamisele mahepõldhein. Keskmiselt oli 1. a põldheina kahe niite kuivmassisaak väetamisel 1,8 ja 2. a põldheina kuivmassisaak koguni 5,8 korda suurem kui väetamata mahevariandis (joonis 1). Tahesõnniku järelmõjul suurenes põldheina kuivmassisaak oluliselt vähem – 1. a põldheinal 1,4 ja 2. a põldheinal 2,1 korda. Kalisopi ja Patentkali väetamisel oli saak sisuliselt võrdne tavaviljeluse põldheina saagiga, mis sai NPK mineraalväetist. Maheväetistega väetades oli ka punase ristiku osakaal põldheinas märgatavalt suurem kui tavaviljeluses, kus oli segus suur osakaal ka segus oleva kõrrelisel. Varasematest uuringutest on teada, et kaaliumväetise mõjul suureneb heintaimede saagikus. Väävlit sisaldavad väetised soodustavad liblikõieliste mügarbakterite arengut mullas ja eriti hästi reageerib väävelväetistest vabanevale väävlile saagi suurenemisega ristikurohke põldhein (Kuldkepp, P., 1996) ja (Kärblane jt, 1996). Maheväetise + sõnniku ja tava NPK väetise + sõnniku järelmõju variantides põldheina saagikus ei erinenud oluliselt ainult mineraalväetisega väetatud mahe- või tavaviljeluse variantide saagikusest.



Joonis 1. Punase ristiku rohke põldheina kahe niite kuivmassisaak erineval väetamisel mahe- ja tavaviljeluses. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi variantide vahel Ficheri-LSD testi alusel 95% usaldusnivoo juures.

Kalisopi või Patentkaliga väetamisel suurenes ka põldheina kuivaine toorproteiinisaldus arvatavasti tänu ristiku jõudsamale kasvule. Nii oli väetamata variandis 1. a põldheina toorproteiinisaldus kuivaines perioodi 2016.–2018. aastate keskmisena 13,2 ja 2. a põldheinal 11,8%, maheviljeluse sõnniku järelmõju variandis vastavalt 13,3 ja 12,3%. Maheväetistega väetamisel oli toorproteiinisaldus esimese aasta põldheinal aga keskmiselt 17,7 ja teise aasta põldheinal 16,7%, mis oli isegi natuke kõrgem kui tavaviljeluses.

Terakultuuride väetamisel osutusid Kalisop ja Patentkali üllatavalt tõhusaks põldheinale järgneva suvinisu väetamisel. Kui 2016. a esimest korda Kalisopiga väetades oli suvinisu saagitõus 1,5 kordne võrreldes mitteväetamisega, siis 2017. a Patentkaliga väetades suurenes terasaak 2,4 korda ja 2018. a taas Kalisopiga väetades 2,6 korda. Üllatuslikult olid mõlemal aastal maheväetisega ja NPK väetisega väetatud tavaviljeluse terasaagid sisuliselt võrdsed.

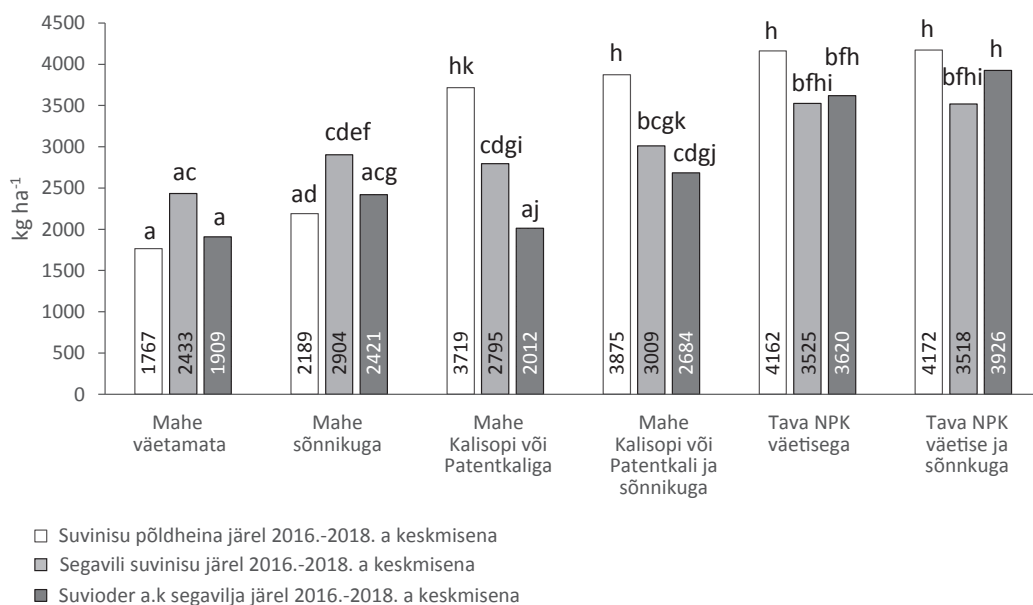
Kirjanduse andmetel suurendab väävelväetise kasutamine teraviljasaaki (Kärblane jt., 1996). Kuid teada on, et nisu reageerib soodsalt ka mineraalse N ja S koosmõjule (Järvan jt., 2009). Katses kasutatud maheväetised N ei sisaldanud, kuid S kontsentratsioon oli suhteliselt kõrge. Võimalik, et suvinisu külvieelselt mulda küntud ristikurohke põldheina lagunemisel vabanes mulda piisavas koguses N (samuti teisi elemente). Kuna enne 2016. aastat põldheina veel maheväetisega ei väetatud ja selle tõttu haljasväetiseks jääva biomassi osa ei suurenenud, jäi ka 2016. a põldheina järgse suvinisu terasaagitõus väiksemaks kui 2017. ja 2018. a, mil maheväetist oli eelnevatel aastatel juba kasutatud. Ka 2011.–2016. a Kuusikul tehtud uuring näitas, et punase ristiku haljasväetise väetamisel Kalisopiga suurenes selle biomass ja järgneva teravilja terasaak oluliselt (Sepp jt., 2017).

Kalisopi või Patentkaliga väetamine suurendas 2016.–2018. a keskmisena suvinisu terasaaki üle kahe korra (joonis 2). Suvinisule järgneva segavilja ja suvi-odra saagitõus jäi maheväetiste mõjul oluliselt tagasihoidlikumaks kõigil kolmel aastal. Võimalik, et siin ei piisanud enam haljasväetise lagunemisel vabaneva lämmastiku (jm elementide) järelmõjust ja selle tõttu vähenes ka väetistes sisalduva kaaliumi ning väävlü mõju.

Katses kasvatatud suvinisu ('Mooni') kvaliteedinäitajaid analüüsiti ka 2016. ja 2018. aastal. Suhteliselt sademeterohkel 2016. a kasvuperioodil oli nisu terade kuivaine toorproteiini ja kleepvalgusisaldus oluliselt madalam kui 2018. aasta põuasel kasvuperioodil. Ilmnes statistiliselt usutav tendents (Ficheri

test, $p < 0,05$), et ainult Kalisopi ja Patentkaliga väetamisel jäid terade kuivaine toorproteiinisaldus ja kleepvalk mõnevõrra madalamaks kui mitteväetamisel, sõnnikuga väetamisel ja tavaviljeluses, kuid gluteenindeks oli mõnevõrra kõrgem. Sarnane tendents avaldus ka Eesti Maaviljeluse Instituudi poolt varasemalt teostatud uuringus. Talinisu väetati tavaviljeluses väävlit sisaldava lämmastikväetisega ja selle mõjul paranes tera valkude bioloogiline väärtus, mille üheks näitajaks oli gluteenindeksi suurenemine, kuid proteiini ja kleepvalgusisaldus terades vähenes (Järvan jt., 2009). 2016. a jäi Kalisopiga väetatud mahevariandi terade toorproteiinisaldus (11,8%) isegi natuke madalamaks toidunisu nõudest (12,0%). Ka langemisarv oli maheväetisega väetades mõnevõrra kõrgem.

Kalisopi ja Patentkaliga suvinisu väetamine osutus võrreldes mitteväetamise, sõnniku andmise ja tavaviljelusega toetuste juurde arvestamisel kattetulu arvestuse põhjal tasuvaks juba nisu madalate müügihindade (140–150 € t⁻¹) juures. Segavilja ja suviotra väetamisel maheväetistega ja sõnnikuga jäi terasaagi tõus väikseks ning väetiste kasutamine polnud tasuv.



Joonis 2. Terakultuuride terasaak (13% niiskus) erineval väetamisel mahe- ja tavaviljeluses. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi variantide vahel Ficheri (LSD) testi alusel 95% usaldusnivoo juures.

Järeldused

Kaaliumi ja väävlirikkad mineraalsed mahevätised Kalisop ja Patentkali suurendasid külvikorras oluliselt punase ristiku rohke põldheina kuivmassisaaki ja sellele järgneva suvinisu terasaaki. Suvinisule järgnevate segavilja ja suviadra terasaagitõus jäi tagasihoidlikuks. Suvinisu suur terasaagitõus võis tuleneda Kalisopist ja Patentkalist omastatud kaaliumi, väävli ning eelnevalt mahevätisega väetatud ristikurohkest põldheinast sissekünni järgselt vabanevate toiteelementide (NPK jm elementide) soodsast koostoimest.

Mahevätistega väetamisel suurenes põldheina kuivaine toorproteiinisaldus. Suvinisu terade proteiini ja kleepvalgusisaldus jäi mõnevõrra madalamaks kui väetamata, sõnnikuga väetatud ja tavaviljeluse NPK variantides, terade gluteenindeks ja langemisarv aga suurenes.

Tänuavaldused. Uurimust finantseeriti MAK põllumajanduse keskkonnatoetuste hindamise vahenditest.

Kirjandus

- Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A. 2009. Väävliga väetamise mõju talinisu saagikusele, proteiini kvaliteedile ja küpsetusomadustele. *Agraarteadus XX*, 2, 8–15.
- Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H., Astover, A., Ilumäe, E., Lauringson, E., Loide, V., Penu, P., Rooma, L., Sepp, K., Talgre, L., Tamm, U. 2014. *Väetamise ABC*. AS Ecoprint, Saku. 50 lk.
- Kuldkepp, P. 1996. Väävli tähtsus ja omandamine, lk. 27–28. *Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat*. Tallinna Raamatutrükikoda, Tallinn.
- Kärblane, H., Kevvai, L., Kalmet, R. 1996. Kaaliumväetiste mõju põllumajanduskultuuride saakidele, lk. 178–179. Väävelväetised, lk. 187–188. *Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat*. Tallinna Raamatutrükikoda, Tallinn.
- Sepp, K., Kanger, J., Särekanno, M. 2017. Haljasväetiseks kasvatatava punase ristiku väetamine mahevätisega Kalisop ja selle mõju teravilja terasaagile ning kvaliteedile, lk. 135–138. *Teaduselt mahepõllumajandusele 2017*. SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, Tartu.

Biostimulaatorite mõju vahekultuuride biomassile ja mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele

The effect of biostimulants on catch crop biomass and soil microbial activity

Liina Talgre, Helena Madsen, Evelin Loit, Anne Luik

Eesti Maaülikool, Põllumajanduse ja keskkonna instituut

► liina.talgre@emu.ee

Sissejuhatus

Säästva põllumajanduse tingimustes on kasvanud põllumeeste huvi erinevate looduslike taime turgutajate ehk biostimulaatorite vastu. Nendeks võivad olla näiteks taimse päritoluga toitained, orgaanilised ained, fulvohapped, aminohapped või mikroorganismid (seened, bakterid). Biostimulaatoreid kasutatakse kultuuride seemnete puhtimiseks, lehestiku kaudu väetamiseks, põhu ja taimejäänuste lagundamise kiirendamiseks ning enne kõrrekoorimist pritsituna mulla struktuuri ja kvaliteedi parandamiseks.

Biostimulaatorid aktiveerivad taimes mitmeid füsioloogilisi protsesse, mis parandavad toitainete omastamist ja kiirendavad taime arengut (Kunicki jt., 2010). Paljude biostimulaatoritega on võimalik neutraliseerida või vähendada biootilise ja abiootilise stressi mõju taimedele, suurendada saagikust ja parandada saagi kvaliteeti (Ziosi jt., 2013). Biostimulaatorid võivad mõjutada taime biokeemilist koostist ja füsioloogiat või siis parandada mullaviljakust (Bulgari jt., 2015). Mullas parandavad biostimulaatorid selle mikrofloorat ja võivad sellega avaldada positiivset mõju taime kasvule, kindlustades eelkõige taimedel tugeva juurestiku arengu ja taime algkasvu (Petrozza jt., 2013). Kirjanduses on viiteid selle kohta, et biostimulaatorite toime taimedele võib olla liigiti ja isegi sorditi erinev. See sõltub keskkonnateguritest, kasutatud preparaadi normist ja kasutamise ajast (Kunicki jt., 2010). Euroopas ja mujal maailmas läbiviidud uuringud on keskendunud peamiselt köögiviljadele ja dekoratiivtaimedele. Puuduvad andmed selle kohta, kuidas mulda viidud võõra päritoluga seemned või bakterid mõjutavad kohalikku mulla mikrofloorat. Seetõttu ei saa biostimulaatorite tootja poolt antud lubadusi üldistada vaid vajalikud on nende mõju uuringud konkreetsetes tingimustes.

Selles töös selgitatakse kuidas erinevate biostimulaatoritega seemnetöötlus mõjutab vahekultuuride biomassi suurust ja mulla mikroobide aktiivsust.

Materjal ja meetodika

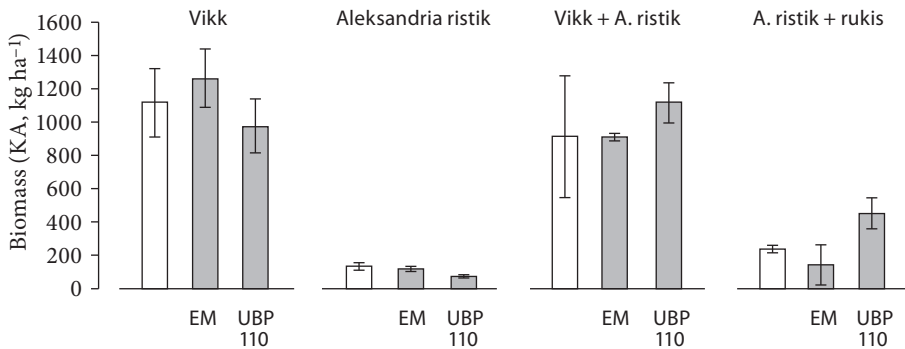
EMÜ katsepõllule rajati 2017. aastal vahekultuuride katse, mille eesmärgiks oli biostimulaatorite mõju uurimine vahekultuuride biomassi suurusele. Katses kasutati preparaati EM (Efektiivsed Mikroorganismid) 1 l /100 kg seemne kohta ja UBP 110 (Vees lahustuv orgaaniline ja mineraalne väetis) 2% lahust, millega töödeldi vahekultuuride seeme vahetult enne külvi. Katse külv toimus 11. augustil. Katse kultuurideks olid talivikk ja Aleksandria ristik ning nende segu talirukkiga. Kontrollvariandiks külvati töötlemata seeme. Katsetaimede biomass koguti enne vegetatsiooniperioodi lõppu oktoobri lõpus $0,25 \text{ m}^{-2}$ suuruselt alalt vahetult enne vahekultuuride sisseküündi.

Laborikatsed korraldati 2018. aastal, kus selgitati biostimulaatorite mõju vahekultuuride biomassile ja mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele (FDA). Katses kasutati bakteripreparaati (Bioorg EMO) ja vees lahustuvat mükoriisat tootja poolt soovitatud koguses, millega töödeldi vahekultuuride seeme vahetult enne külvi. Kontrollvariandiks külvati töötlemata seeme. Selles katse olid kultuurideks talivikk ja kaer. Ühe variandina külvati seeme tavalisse põllumulda, mille pH oli 5,8; C_{org} sisaldus 2,17% ja $N_{\text{üld}}$ sisaldus 0,17%. Teises variandis kasutati sama mulda, kuid seda kuumutati 150 kraadi juures 48 tundi. Mikroobide aktiivsuse määramiseks mullas kasutati fluorestseini diatsetaadi (FDA) hüdrolüüsi spektrofotomeetrilist määramise meetodit.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Statistica 12 (Tukey HSD test).

Tulemused ja arutelu

Põldkatse. Mõlema põldkatses kasutatud preparaadi kohta oli teada, et nad peaksid lisaks taimede toitainetega varustamisele suurendama ka taimede stressitaluvust ja ainevahetusaktiivsust, suurendades seeläbi saaki ja parandades selle kvaliteeti. Sooväli (2019) on leidnud, et talinisu seemnete töötlemine biostimulaatoritega võib talinisu esimestes kasvufaasides soodustada juurte arengut ja parandada sellega vee omastamist. Meie katsetulemused näitasid, et nii EM kui ka UBP 110 kasutamine seemnete töötlemisel ei suurendanud usutavalt biomassi saaki, kuid võis täheldada tendentsi, et UBP-l oli mõningane positiivne mõju neis variantides, kus liblikõieline kasvas koos rukkiga. Liblikõieliste puhaskülvide seemnete töötlemisel UBP 110-ga võis täheldada mõningast biomassi vähenemist.

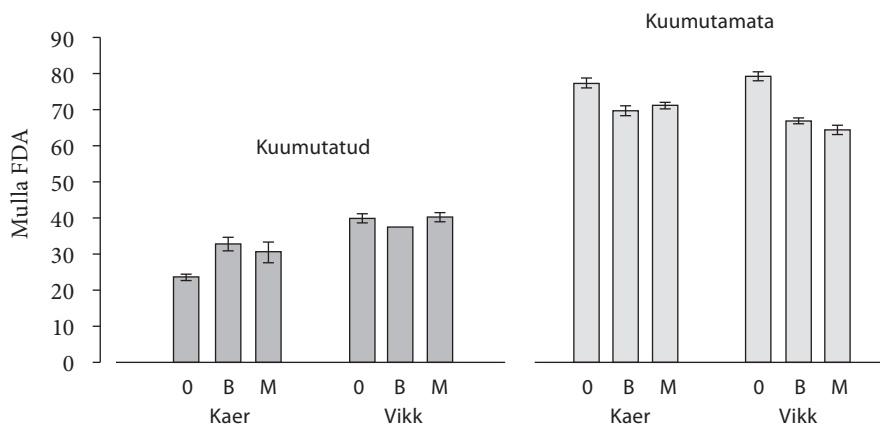


Joonis 1. Preparaatide EM ja UBP 110 mõju vahekultuuride biomassile (kuivainet (KA) kg ha⁻¹). Vearivad joonisel näitavad standardviga.

Suurim biomass moodustus siis kui viki seemnet töödeldi EM-iga, kuid statistiliselt usaldusväärseid erinevusi variantide vahel ei olnud (joonis 1). Kuivõrd vahekultuuride külv toimus 2018. a sügisel väga märga mulda, siis võis see mõjutada nende toime avaldumist.

Laborikatse. Laboris töödeldi seemet vees lahustuva mükoriisaga, mis tootja soovitusel sobib 95%-le taimeliikidest. Üldiselt on teada, et mükoriisa-seened ja taimejuured loovad mõlemale osapoolale kasuliku kooselu suhte, mille mõjul paraneb taimedel toiteelementide omastamine, kiireneb taimede kasv ja suureneb elujõulisus. Laborikatses kasutati ka bakteripreparaati (Bioorg EMO-N), mis sisaldab kasulikke mullabakterid. Katse tulemustest selgus, et viki seemnete töötlemine mõlemas mulla variandis (kuumutatud ja kuumutamata) mükoriisa ega ka bakteripreparaadiga ei avaldanud usaldusväärset mõju viki biomassi suurusele. Kuumutamata mullas puudus mõju ka kaerale. Kui looduslik mulla elustik oli mulla kuumutamise hävitatud, avaldus mõlema preparaadi negatiivne mõju kaerale: biomass oli usutavalt madalam võrreldes töötlemata variandiga. Võrreldes töötlemata variandiga võis mõlema preparaadi kasutamisel täheldada taimede ühtlasemat tärkamist. Selliseid tulemusi saadi ka Leedus läbiviidud katsetes (Sliesaravičius jt., 2006), kus leiti, et biostimulaatoriga seemnete töötlemine kiirendab seemnete idanemist ja tagab ühtlasema tärkamise.

Katsest selgus, et kõige suurem mulla mikrobioloogiline aktiivsus (FDA) ilmnis töötleteta variantides. Töödeldes aga kuumutamata põllumulda külvatavaid



Joonis 2. Mulla mikroobne hüdrolyütiline aktiivsus (FDA) (μg fluoreststeini g kuiva mulla kohta h^{-1}) sõltuvalt kultuurist, mullast ja kasutatud preparaadist (0 – töötlemata kontroll, B – Bioorg EMO-N, M – veeslahustuv mükoriisa). Vearibad joonisel näitavad standardviga.

seemneid kas bakteripreparaadi või mükoriisaga, vähenes mullas mikrobioloogiline aktiivsus (joonis 2). Kuna kuumutamata mulla süsinikusisaldus oli suhteliselt kõrge, mis viitab ka heale mikroobide aktiivsusele mullas, võis aktiivsuse vähenemine olla tingitud sellest, et lisatud mikroorganismid hakkasid konkureerima juba mullas olevate mikroobidega. Variantides, kus looduslik mulla elustik oli kuumutamise hävitatud, suurenes FDA mõlema preparaadi kasutamisel. Ilmselt on mõttekas kasutada biostimulaatoreid sellistel muldadel, mille mikrobioloogiline aktiivsus on madal.

Järeldused

Täiendavate biostimulaatorite kasutamine seemnete töötlemiseks võib anda positiivseid tulemusi neis muldades, kus huumusesisaldus ja looduslik mikroobide aktiivsus on madal. Eriti tuleks sellega arvestada nende preparaatide kasutamisel, mis sisaldavad mikroorganisme. Kui mullas on piisavalt orgaanilist ainet, võivad lisatud mikroorganismid hakata konkureerima juba mullas olevate mikroobidega ja saadakse hoopis negatiivne tulemus. Samuti tuleb arvestada ilmastikuga: põldkatsest selgus, et mulla liigniiskuse ja madala temperatuuri korral katsetatud bakteripreparaat ilmselt ei toimi.

Tänuavaldused. Artikkel on valminud ERA-NET Core organic projekti FertilCrop ja Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise projekti P170062PKTM toel.

Kirjandus

- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A. 2015. Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31 (1), 1–17.
- Kunicki E., Grabowska A., Sekara A., Wojciechowska R. 2010. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Horticulturae*, 22 (2), 9–13.
- Petrozza, A., Summerer, S., Di Tommaso, G., Di Tommaso, D., Piaggese A. 2013a. Evaluation of the effect of Radifarm treatment on the morpho-physiological characteristics of root systems via image analysis. *Acta Horticulturae*, 1009, 149–153.
- Sliesaravičius, J. Pekarskas, V. Rutkoviėnė and K. Baranauskis. 2006. Grain yield and disease resistance of winter cereal varieties and application of biological agent in organic agriculture. *Agronomy Research*, 4 (Special Issue), 371-378.
- Sooväli, P. 2019. Biostimulaatoriga puhtimise mõju talinisu juurestikule. *Agronomia* 2019. 143–148.
- Ziosi, V., Zandoli, R., Di Nardo, A. 2013. Biological activity of different botanical extracts as evaluated by means of an array of in vitro and in vivo bioassays. *Acta Horticulturae*, 1009, 61–66.

Põllukultuuride saak ja sööda kvaliteet maheviljeluses

The yield and quality of forage crops in organic farming

Uno Tamm, Heli Meripõld, Silvi Tamm, Liina Edesi, Valli Loide

Eesti Taimekasvatuse Instituut

► uno.tamm@etki.ee

Sissejuhatus

Mahepõllumajanduses toodetud söötade toiteväärtus on tavatootmisega võrreldes erinev. Parema saagi saamiseks peab taimedel olema mahukam juurekava ja suurem umbrohtude allasurumisvõime. Söödatootmise külvikorda valitakse teraviljad, kaunviljad, õlikultuurid ja liblikõielised heintaimed. Sortidest tuleks kasvatada neid, mis säilitavad head kvaliteediomadused ka maheviljeluses. Söötade kvaliteeti mõjutab kõige enam mullalämmastiku vähesus, mida saab maheviljeluses parandada liblikõieliste eelviljade kasvatamisega (Tamm jt., 2011) ja orgaaniliste väetistega (Sepp, 2011; Järvan jt., 2014).

Käesolevas uurimistöös eesmärgiks oli hinnata odra, herne ja suvirüpsi saaki ning selle toiteväärtust püsirohuma ülesharimise järgses maheviljeluses ning katses olnud kultuuride mõju eelviljana järgmisel aastal.

Materjal ja meetodika

Sakus rajati 2016. aastal maheviljeluse tehnoloogiat järgides põldkatse erinevate põllukultuuride (oder, söödahernes, suvirüps) kasvatamiseks ja nende sortide hindamiseks eelviljana. Katseala mullaks oli keskmise raskusega leostunud muld, mille pH oli 7,0, liikuvat fosforit (P) 75 mg kg⁻¹, liikuvat kaaliumit (K) 96 mg kg⁻¹ ja orgaanilist ainet 3,4%. Pikeaaline püsirohuma künti üles 2015. aasta sügisel. Järgmisel kevadel kultiveeriti kaks korda ning külv tehti 9. mail 2016. aastal, kohe kui mulla küpsus seda võimaldas. Katsevariandid: oder sort 'Anni' ja odra mahesort 'Evergreen' (500 idanevat tera m²), söödahernes 'Clarissa' (100 idanevat seemet m²) ning suvirüps 'Hohto' (120 idanevat seemet m²). Umbrohtude tõrjeks äestati kolmandal päeval pärast külvi.

Aktiivne taimekasvuperiood algas 2016. aastal Sakus 3. mail ja kestis püsivalt 18. septembrini. Taimekasvuaeg oli vaatlusaastal paljude aastate keskmisest: mai-kuu 2,7; juuni 0,6; juuli 0,8; august 0,5 ja september 1,5 kraadi võrra soojem. Kuu sademete hulk moodustas vastava kuu aastate keskmisest normist maikuu 22%,

juunis 139,2%, juulis 38,2%, augustis 154,8% ja septembris 31,9%. Saak koristati 2. septembril kombainiga Sampo.

Koristusjärgselt tehti põllul kahel korral kõrrekoorimine ja siis sügiskünd. 2017. aastal tehti esimesel võimalusel mullaharimistööd ning 9. mail külvati oder 'Anni' ja maheoder 'Evergreen', söödahernes 'Clarissa' ning suvirüps 'Hohto' risti eelmise aasta katselappidele, et hinnata nende mõju eelviljana.

Kevad oli 2017. aastal jahe ja öökülmadega. Aktiivne taimekasvuperiood saabus alles 18. maist ja kestis 27. septembrini. Keskmised õhutemperatuurid olid kolmel esimesel kasvukuul – mais 0,6 °C, juunis 1,6 °C ja juulis 1,3 °C võrra madalamad paljude aastate vastava kuu keskmisest. Selle aasta ilmastik oli eriti ebasoodne herne kasvatamiseks. Augustikuu I dekaadi tugevad sajud löid hernepõllu kohati laudsiledaks, põhjustades sellega herneseeme idanemise kaunas enne koristamist. Saak koristati kombainiga 9. septembril.

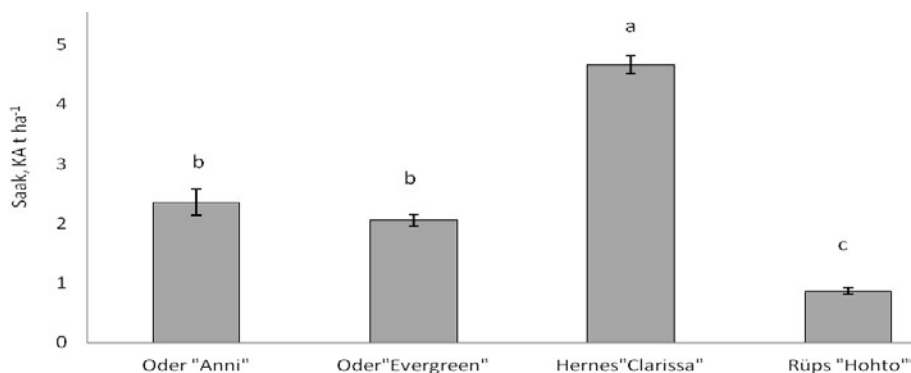
Katseproovidest tehti saagi struktuuranalüüs ja teraproovidest määrati PMK laboris saagi keemiline koostis. Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse iseloomustamiseks kasutati ensümaatilise aktiivsuse määramise meetodit. Määratud ensüümiks oli dehüdrogenaas. Selleks võeti mullaproovid 0–20 cm sügavuselt ning need analüüsiti ETKI Saku laboris. Saagiandmed töödeldi dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures statistikaprogrammide Agrobase™ ja JMP 5.0.1 (Tukey-Krameri test).

Tulemused ja arutelu

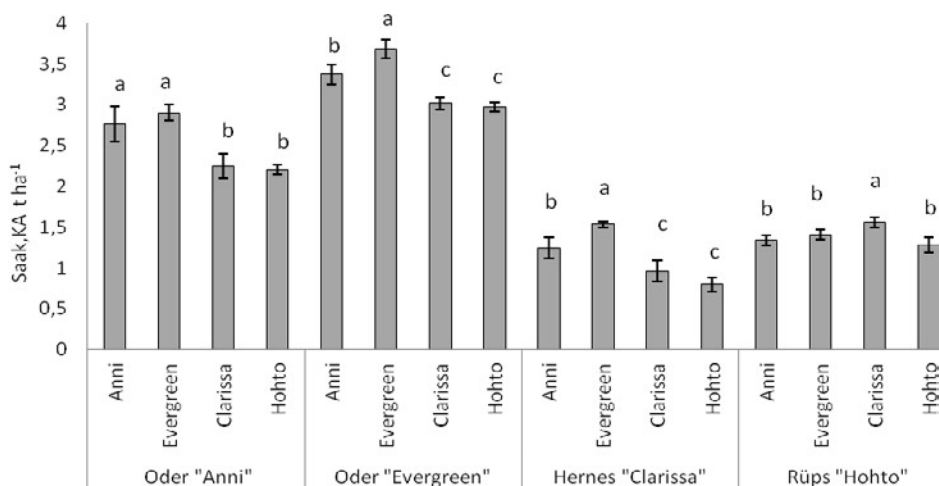
Põllukultuuride kasvuks ei olnud 2016. aasta soodne. Mai ja juuni alguse põud pärssis taimede kasvu ning arengut, juuni II dekaadi vihm soodustas järelvõrsumist, muutes vilja valmimise ebaühtlaseks. Oder 'Anni' keskmine kõrrepikkus oli 57 cm ja sordil 'Evergreen' 44 cm, produktiivvõrseid vastavalt 3,3 ja 2,8 tk taime kohta, keskmine terade arv peas oli 'Annil' 19 ja 'Evergreenil' 15 tera. Hernetera kvaliteet oli hea, ainult 10% koristatud saagist oli hernemähkuri kahjustatud või kaunas idanema läinud. Aasta 2016 oli hernel väga hea saagiaasta (katses saadi 4,65 t ha⁻¹). Herne keskmine kasvukõrgus oli 83 cm, kaunu moodustus varre kohta 4–5. Rüpsi tärkamine oli 2016. aastal ebaühtlane, sooja kevadega kaasas käiv maakirpude rüüste jättis põllule tühikuid. Rüpsitaimede keskmine pikkus oli 93 cm, kevadine võrsumine oli väike. Üksikvõrsetel moodustus keskmiselt 38, võrsunud taimedel kokku 55 kõtra.

Odra keskmine saak oli sordil 'Anni' 2,35 ja mahesordil 'Evergreen' 2,05 t ha⁻¹, hernel 4,65 t ha⁻¹ ja suvirüpsil 0,86 t ha⁻¹ (joonis 1). 2017. aasta jahedam kevad ja juunikuu sademed olid teraviljadele sobivamad kui oli olnud 2016. aastal. Odra saak oli mahesordil 'Evergreen' eelviljade keskmisena 3,26 ja sordil 'Anni' 2,53 t ha⁻¹ (joonis 2).

Odra 1000 tera mass oli vastavalt 51,4 ja 42,5 g. Suvirüpsi 'Hohto' saak eelviljade keskmisena oli 1,40 t ha⁻¹ (1000 tera mass 1,80 g) ja hernel 1,13 t ha⁻¹ (1000 tera 261 g).



Joonis 1. Põllukultuuride saagid (KA t ha⁻¹) püsirohumaal järgselt 2016. aastal.



Joonis 2. Erinevate eelviljade mõju kultuuride saagile (KA t ha⁻¹) 2017. aasta mahekatsetes. Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust eelviljade ja kultuuri saagikuse vahel (Tukey-Krameri test, p < 0,05).

Tulemustest selgus, et otradele oli kõige paremaks eelviljaks oder ise ja kõige halvemaks rüps. Hernes eelviljana suurendas küll mulla mikrobioloogilist aktiivsust, kuid jättis mulda ka palju suviumbrohtude seemneid ja taliumbrohtusid (valge hanemalts, põldkannike, orashein, kõrvenõges). Herne järgi kasvasid odrad, võrreldes teiste eelviljadega, kõige pikemaks (taime kõrgus 76 cm ja 71 cm, vastavalt 'Anni' ja 'Evergreen'), kuid neil oli rohkem mitteproduktiivseid võrseid (0,9 tk taime kohta, teiste eelviljade järgi 0,2–0,6 tk taime kohta), mis ei andnud saagilisa. Odrad ei lamandunud.

Rüpsi parim eelvili oli hernes, mis andis usutavalt suurema saagi. Sobivaks eelviljaks oli ka oder seetõttu, et jättis umbrohupuhtama põllu. Rüpsi ja herne vahele oleks soovitatav jätta 1–2 aastat, sest mõlemad võivad kanda ühist haigust – valgemädanikku. Valgemädanikku (*Sclerotinia sclerotiorum*) nakatumist esineb sellistel aastatel, kui rüpsi öitsemiseelne ja öitsemisaeg langeb vihmaperioodile – seeme jääb peeneks ja variseb (Kaarli, 2004). Rüpsi kõrgus eelviljade 'Anni', 'Evergreen' ja 'Clarissa' järgi oli vastavalt 100 cm, 92 cm ja 98 cm, rüps rüpsi järgi 87 cm, rüpsi seisukindlus oli hea – kõigi eelviljade puhul 8 palli (skaala 1–9, 1 = halb). Kõige väiksem oli rüpsi umbrohtumus odra järgi, vastavalt 1–2, rüpsi järgi 2, herne järgi 2–3 palli (5 – kõige suurem umbrohtumus). Rüpsi peavarrel moodustus maheodrale järgnedes 3,5, hernele ja tavaodrale järgnedes 3,4 ja rüpsile järgnedes 2,4 külgharu. Rüpsi haiguste ja kahjurite leviku vähendamiseks ei tohiks rüps rüpsile järgneda ning see vahe peaks olema 5 aastat. Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse dehüdrogenaasi meetodiga määramisel selgus, et suurim aktiivsus oli siis kui eelviljaks oli hernes (11,1 µg/g/h) ja väiksem kui eelviljaks oli maheoder (8,2 µg/g/h).

Teraviljade proteiinisaldus sõltus olulisel määral ilmastikust, kuid väiksem või suurem proteiinisaldus võib olla ka otrade sordiomane tunnus (tabel 1). 'Anni' on aretatud kõrgema proteiinisaldusega sordina. Jahedama kevade ja piisava soojuste ning niiskusega 2017. aasta kasvuperioodil omastasid taimed mullast toitaineid paremini kui 2016. aastal. Odrasortide toorproteiinisaldus ja terade mahumass olid 2017. aastal suuremad 2016. aasta samadest näitajatest. Ainevahetusenergia sisalduses odrasortide vahel usutavat erinevust ei täheldatud.

Proteiinirikkad kultuurid olid hernes ja suvirüps (tabel 2). Suure ainevahetusenergia sisalduse poolest (üle 20%) kerkis esile rüpsiseeme.

Tabel 1. Teraviljade saagi keemiline koostis 2016. ja 2017. aastal

Parameetrid	2016		2017	
	'Anni'	'Evergreen'	'Anni'	'Evergreen'
Kuivaine, %	86,5	86,5	88,1	85,8
Toorproteiin, %	12,2	9,2	12,5	11,5
Toorkiud, %	5,0	3,7	5,1	5,1
Toorrasv, %	1,7	1,7	2,5	3,1
Toortuhk, %	1,8	1,2	2,2	2,0
N-ta e. ained %	79,3	70,7	77,7	78,3
ME MJ/kg	13,0	13,0	13,1	13,2
Mahumass kg/hl	62,3	60,7	71,6	70,9

Tabel 2. Herne ja rüpsi saagi keemiline koostis 2016. ja 2017. aastal

Parameetrid	2016		2017	
	Hernes	Rüps	Hernes	Rüps
Kuivaine, %	88,6	92,0	88,4	92,3
Toorproteiin,%	25,9	19,2	24,9	19,2
Toorkiud, %	2,2	14,2	3,2	14,5
Toorrasv, %	1,4	41,1	1,6	38,9
Toortuhk, %	3,2	4,0	3,6	4,2
N-ta e. ained, %	67,3	21,5	66,7	23,2
ME MJ/kg	14,2	21,0	14,1	20,2
Mahumass kg/hl	62,3	60,7	71,6	70,9

Järeldused

Maheviljeluse tingimustes sõltusid söödakultuuride saagi suurus ja kvaliteet olulisel määral ilmastikust, eriti ilmes see herne kasvatamisel. Korraliku 2016. aasta saagi kõrval ikaldus 2017. aastal herne saak. Eelviljadel on mahekasvatuses tootmistulemustele märkimisväärne mõju. Püsirohumaade järgselt saame väikese umbrohuvaruga ja puhanud mulla, kus põhiliste agrotehnika elementide täitmisel saame häid tulemusi. Katses olnud põllukultuuridest oli paremaks eelviljaks oder.

Suvirüps ei sobi mahetootmisel. Vaatamata suurele proteiinisaldusele ja kõrgele energiaväärtusele jääb saak väikeseks. Suvirüpsile tuleks eelistada talirüpsi.

Tänuavaldus. Uurimus viidi läbi Maaeluministeeriumi poolt rahastatud projekti „Mahepõllumajanduses soovitatavad proteiini- ja energiarikkad kultuurid ja karjamaasegud“ raames.

Kirjandus

- Kaarli, K. 2004. *Õlikultuuride kasvataja käsiraamat*. Põllumajandusministeerium, Eesti Maaviljeluse Instituut, 132 lk.
- Sepp, K. 2011. Söödakultuuride kasvatus maheviljeluses. *Kohalikud söödad*, 204–222.
- Järvan, M., Paivel, M., Edesi, L. 2014. Kokkuvõtlikke tulemusi viljelusviiside võrdlemise katsest Olustveres. *Teaduselt mahepõllumajandusele 2014*, 34–38.
- Tamm, I., Koppel, R., Ingver, A., Tamm, Ü., Tupits, I., Bender, A., Tamm, S., Narits, L. 2014. Liblikõieliste eelviljade mõju teraviljade saagikusele maheviljeluse tingimustes. *Teaduselt mahepõllumajandusele 2014*, 98–101.

Uue odrasordi 'Tuuli' katsetulemused maheviljeluse tingimustes

The trial results of the new barley variety 'Tuuli' in organic farming

Ülle Tamm, Ilmar Tamm, Hans Küüts

Eesti Taimekasvatuse Instituut

► ylle.tamm@etki.ee

Sissejuhatus

Mahepõllumajandusliku maa, sh teraviljade kasvupind suureneb Eestis aasta-aastalt, moodustades juba viiendiku kogu meie põllumajanduslikust maast (Eesti põllumajandusmaast..., 2018). Koos maheviljeluse laienemisega kasvab ka vajadus sobivate teraviljasortide järele. Maheviljeluses, kus ei kasutata mineraalväetisi ja keemilisi umbrohutõrje- ning taimekaitsepreparaate, kasvavad taimed tavaviljelusega võrreldes erinevates tingimustes. Seetõttu on ka mahetootmises kasvatavatele teraviljade sortidele esitatavad nõuded, võrreldes tavatootmise nõuetega, osaliselt erinevad. Eelistatud on sordid, mis suudavad anda paremat saaki väiksema ja ebaühtlase mullaviljakuse korral, suruvad paremini alla umbrohtusid ja on hea haiguskindlusega. Pikema kõrrega sordid suudavad enamasti paremini konkureerida umbrohtudega. Neil on enamasti ka pikem juurestik, mis annab võimaluse saada toitaineid ja niiskust kätte sügavamatest mullakihtidest, luues eeldused suurema ja stabiilsema saagi saamiseks mõõduka ja ebaühtlase mullaviljakuse korral (Vogt-Kaute, 2001).

Eesti Taimekasvatuse Instituudis pööratakse tähelepanu sortidele, mis oleksid hästi kohastunud mitte ainult tavatingimustes kasvatamiseks, vaid annaksid kvaliteetsed ja head saaki ka mahetingimustes. Uus odrasort 'Tuuli' läbis aastatel 2017–2018 majandus- ja registreerimiskatsed, CPVO/UPOVi eristatavuse, ühtlikkuse ja püsivuse testid ning võeti Eesti sordilehte.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli võrrelda Eesti Taimekasvatuse Instituudi mahekatses uue odrasordi 'Tuuli' omadusi teiste Eestis enam viljeldavate odrasortidega.

Materjal ja meetodika

Eesti Taimekasvatuse Instituudis viidi aastatel 2016–2018 läbi odrasortide mahekatsed. Katses võrreldi uut sorti 'Tuuli' üheksa sordiga. Need olid Saksamaa

sordid 'Hobbs', 'Irina', 'Soldo', Taani sordid 'Evergreen', 'Iron', Rootsi sort 'Selene' ja Eesti sordid 'Anni', 'Leeni' ning 'Maali'. Kõigil katseaastatel oli odra eelviljaks punane ristik. Katse külvati randomiseeritult kolmes korduses 5 m² katselappidele, külvise-normiga 500 idanevat tera m² kohta. Umbrohutõrjeks äestati mahekatse põldu kaks korda – enne tärkamist ja orase 3–4 lehe faasis. Katsetatud sortidel määrati loomine, küpsus ja seisukindlus ning mõõdeti taimede pikkus. Taimehaigustest hinnati ääris-, võrk- ja pruunlaiksust. Laboris määrati terasaak, 1000 tera mass, mahu-mass, niiskuse- ja proteiinisisaldus. Katseandmed analüüsiti statistikaprogrammi Agrobase SQL abil, kasutades NNA (Nearest Neighbors Analysis) meetodit.

Ilmastikutingimused olid katseaastatel erinevad. Maikuu 2016. aastal oli väga kuiv ja soe, sademeid tuli ainult 3,6 mm, odrataimede kasv ja areng oli pidurdatud. Juunikuu vihmade tõttu tekkis aga järelvõrsumine, mistõttu kujunes viljal kaks rinnet, mille küpsemise erinevus oli ligi nädal. Koristusaeg oli erakordselt sajune (augustis 204% normist) ja see mõjutas saagi kvaliteeti. 2017. a jahedal ja vihmade-rohkel kevadel võrsus oder hästi, mis lõi eelduse suure terasaagi moodustumiseks. Soojust ja päikesepaistet jäi aga taimede kasvuperioodil väheseks, mistõttu vili valmis 2–3 nädalat keskmisest hiljem. 2018. a oli erakordselt kuum ja põuane. Kasvu ajal sadas ainult 55 mm, s.o 28% normist. Moodustunud kõrvalvõrsetest kuivas suur osa ära, taimed jäid lühikesteks ja vili hõredaks ning küpsemine oli keskmisest 2–3 nädalat varajasem (Keppart, 2016; 2017; 2018).

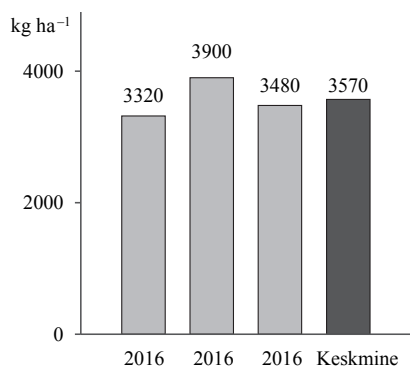
Tulemused ja arutelu

Odrasortide terasaak oli mahekatstes kolme kasteaasta keskmisena heal tasemel (3570 kg ha⁻¹), jäädes vahemikku 3320–3900 kg ha⁻¹ (joonis 1). 2016. ja 2018. a terasaagid (vastavalt 3320 ja 3480 kg ha⁻¹) jäid madalamaks kasvuaegse põua tõttu, mis pärssis odra võrsumist ja lühendas tera täitumise aega. Vaadeldud aastatest kõige suurem keskmine terasaak (3900 kg ha⁻¹) moodustus 2017. a, mil jahe ja niiske ilmastik soodustas odra kasvu ja arengut. Kolme aasta keskmisena andsid suurema terasaagi sordid 'Tuuli' (4290 kg ha⁻¹), 'Maali' (4060 kg ha⁻¹), 'Selene' (3870 kg ha⁻¹) ja 'Leeni' (3800 kg ha⁻¹) (joonis 2). Kõige rohkem kannatas põua käes sort 'Irina', mille kolme aasta keskmine terasaak oli vaid (2920 kg ha⁻¹).

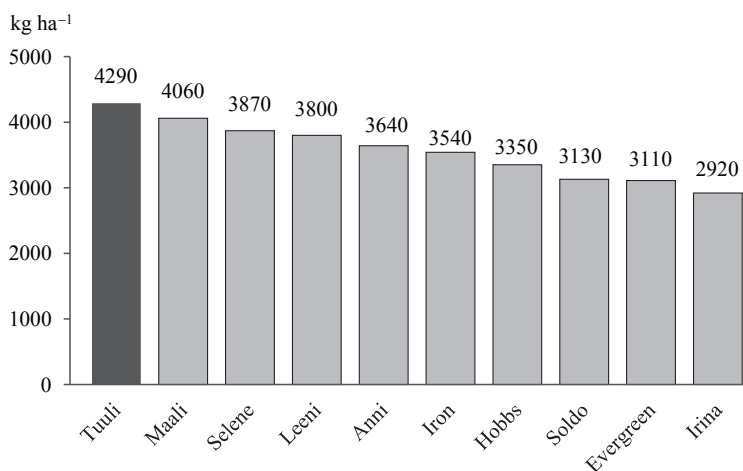
Odrasortidel peaks 1000 tera mass olema vähemalt 41 g. Suureteraliseks loetakse sorte, millel see näitaja on vähemalt 44 g. Mahekatstes oli sortide kolme aasta keskmine 1000 tera keskmine mass suur (45 g), varieerudes vahemikus

42–47 g (tabel 1). Kui 2017. ja 2018. a olid 1000 tera massid kõrged, siis 2016. a moodustusid järelvõrsed, mille terad olid väiksemad ja ei jõudnud piisavalt täituda. Sel aastal jäi mitmete sortide, nagu 'Irina' ja 'Soldo' (36 g) ning 'Evergreen' (38 g) 1000 tera mass väga väikeseks. Kolme aasta keskmisena paistsid suurema tera poolest silma sordid 'Maali' (47 g), 'Selene' (46 g) ja 'Tuuli' (46 g), teistest väiksema teraga oli sort 'Irina' (42 g).

Odra mahumass peaks olema vähemalt 640 g l⁻¹. Katseaastate keskmine mahumass ületas selle ning oli 671 g l⁻¹. Kõige madalam oli mahumass 2016. a, mil arenesid järelvõrsed. Sellel aastal ei vastanud nõuetele sortide 'Soldo' (582 g l⁻¹), 'Irina' (581 g l⁻¹), 'Hobbs' (623 g l⁻¹) ja 'Evergreen' (627 g l⁻¹) mahumassid. 2017. ja 2018. a oli kõigi katsetatud sortide mahumass heal tasemel. Uus sort 'Tuuli' kuulus kõrgema mahumassiga sortide hulka.



Joonis 1. Katseaastate keskmine terasaak odra mahekatses 2016.–2018. a.



Joonis 2. Odrasortide keskmine terasaak mahekatses Jõgeval 2016.–2018. a.

Proteiinisisaldus sõltub olulisel määral mullaviljakusest, ilmastikust ja sordist. Odrasortide proteiinisisaldused olid kolme aasta keskmisena 11,8% varieerudes vahemikus 10,9–12,4%. Kõige kõrgem oli see sortidel 'Maali' (12,4%) ja 'Irina' (12,2%). 'Tuuli' vastav näitaja jäi olenevalt katseaastast keskmisele tasemele või veidi madalamaks. Teistest väiksema proteiinisisaldusega oli sort 'Selene' (10,9%).

Mahekatses jäid odrataimed põuaste tingimuste (2016. ja 2018. a) ja toitainete nappuse tõttu (2017. a) lühikesteks. Taime pikkus sortidel oli katseaastate keskmisena 56 cm, olles vahemikus 49–62 cm. Kõige pikema kõrrega oli 'Tuuli' (62 cm) ületades katsetatud sortide keskmist taime pikkust 6 cm võrra. Lühemakõrreliste sortide hulka kuulusid 'Hobbs' (49 cm), 'Irina' (51 cm) ja 'Soldo' (53 cm). Uuemad sordid olid enamasti väga hea seisukindlusega. Katseaastatel ei esinenud ühelgi sordil lamandumist, kuigi sel perioodil oli ka tugevaid äikesetorme.

Taimehaigusi esines odrasortidel katseaastatel suhteliselt vähe. Kolme aasta keskmisena nakatusid sordid võrklaiksusesse 3,3 ja pruunlaiksusesse 3,6 palli ulatuses. Teistest veidi enam nakatus pruunlaiksusesse sort 'Soldo' (4,3 palli). Äärislaiksust ei esinenud katseperioodil ühelgi sordil.

Tabel 1. Odrasortide omadused mahekatses Jõgeval 2016.–2018. a

Sort	Päritolu	1000 tera mass, g	Mahu- mass, g l ⁻¹	Proteiin, %	Taime pikkus, cm	Võrk- laiksus, *1–9	Pruun- laiksus, *1–9
Tuuli	Eesti	47	690	11,3	62	3,2	3,5
Anni	Eesti	45	694	11,9	54	3,5	3,7
Evergreen	Taani	43	664	12,0	55	3,5	3,8
Hobbs	Saksamaa	44	656	11,6	49	3,5	3,2
Irina	Saksamaa	42	628	12,2	51	3,5	3,8
Iron	Taani	44	671	12,0	58	3,2	3,8
Leeni	Eesti	43	693	11,9	60	2,7	3,7
Maali	Eesti	47	686	12,4	61	3,3	3,2
Selene	Rootsi	46	685	10,9	54	3,4	3,1
Soldo	Saksamaa	45	647	11,4	53	3,2	4,3
Keskmine		45	671	11,8	56	3,3	3,6
PD 95%		2	2	0,4	2		

* 1–9 palli, kus 1 tähistab nakkuse puudumist, 9 väga tugevat nakatumist

Järeldused

Uus odrasort 'Tuuli' on mahetingimustes kasvatatuna hea saagipotentsiaaliga. Ta kuulub suure tera ja kõrge mahumassiga sortide hulka, terade proteiini-sisaldus on keskmisel tasemel. Sort on keskmisest veidi pikema kõrrega ja pika peaga ning hea seisukindlusega.

Kirjandus

Eesti põllumajandusmaast on juba viiendik mahe. 2018. *Mahepõllumajanduse leht* nr 80, lk. 2–3.

Keppart, L., 2016. 2016. a vegetatsiooniperioodi lühike iseloomustus Jõgeval <https://www.etki.ee/images/pdf/Ilm2016/2016Vegetatsiooniperiood.pdf> (11.01.2019)

Keppart, L., 2017. 2017. a vegetatsiooniperioodi lühike iseloomustus Jõgeval. <https://www.etki.ee/images/pdf/Ilm2017/2017vegetatsiooniperiood.pdf> (11.01.2019)

Keppart, L., 2018. 2018. a vegetatsiooniperioodi lühike iseloomustus Jõgeval. <https://www.etki.ee/images/pdf/Ilm2017/2018Vegetatsiooniperiood.pdf> (11.01.2019)

Vogt-Kaute W. 2001. *Crop breeding for organic agriculture*. <https://www.scribd.com/document/52882781/Crop-breeding-for-organic-agriculture> (12.03.2019)

Talviste vahekultuuride biomassi moodustamise ja lämmastiku sidumise võime

The biomass and nitrogen accumulation of winter cover crops

Merili Toom¹, Liina Talgre², Sirje Tamm¹, Lea Narits¹, Enn Lauringson²

¹Eesti Taimekasvatuse Instituut, ²Eesti Maaülikool

Sissejuhatus

Talviseid vahekultuure kasvatatakse põhikultuuride vahelisel perioodil eelkõige toitainete kao vältimiseks ja mullaviljakuse parandamiseks. Mulla rikastamisel lämmastikuga on vahekultuuridel eriti tähtis roll just maheviljeluses, kus sünteetiliste väetiste kasutamine ei ole lubatud. Libliköielised vahekultuurid koostöös mügarbakteritega seovad õhulämmastikku (Büchi jt., 2015), ristöielised ja kõrrelised on aga efektiivsed põhikultuurist üle jäänud mullalämmastiku sidujad (Kramberger jt., 2010). Pärast vahekultuuride mulda kündmist, saavad seotud lämmastikku kasutada järgnevad põhikultuurid (Thorup-Kristensen jt., 2003). Efektiivseks lämmastiku sidumiseks on tähtis valida liigid, mis moodustavad põhikultuuride vahelisel lühikesel perioodil suure biomassi. Maailmas on talviste vahekultuuridena laialdaselt kasutatavad liigid talirukis (*Secale cereale* L.), talirüps (*Brassica rapa* spp. *oleifera* L.), kesaredis (*Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus*) ja talivikk (*Vicia villosa* Roth). Meie ilmastikutingimustes sobivad kasvatamiseks teatavasti talirüps ja talirukis. Rukki peamised eelised on tema kiire kasv sügisel ja tugev narmasjuurestik, mis tagavad pinnakaetuse ja kaitse erosiooni eest (Sarrantonio ja Gallandt, 2003). Võrreldes talirapsiga, peetakse talirüpsi ilmastikutingimuste ja kahjurite suhtes vähem tundlikuks (Mäkelä jt., 2011). Kesaredis on suure juurekavaga talve jooksul lagunev liik, mis on hea toitainete siduja, umbrohtude allasuruja (Lawley jt., 2012) ja mulla kobestaja (Chen ja Weil, 2010). Talivikk on üks vähestest üheaastastest libliköielistest, mis seob suures koguses lämmastikku ja on võimeline talvituma ka põhjamaistes kliimatingimustes (Wilke ja Snapp, 2008).

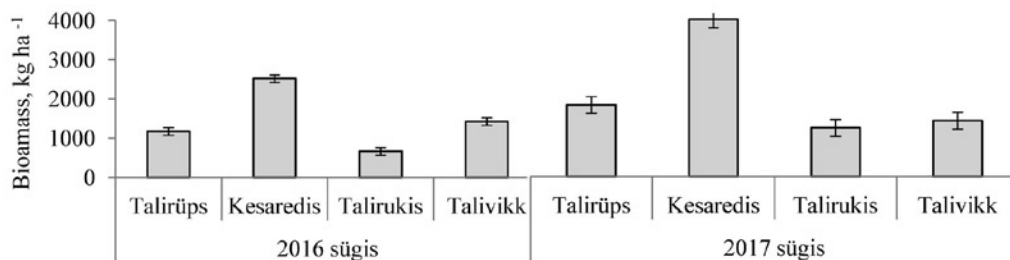
Uurimistöö eesmärk oli hinnata erinevate talviste vahekultuuride biomassi moodustamise ja toitainete sidumise võimet.

Materjal ja meetodika

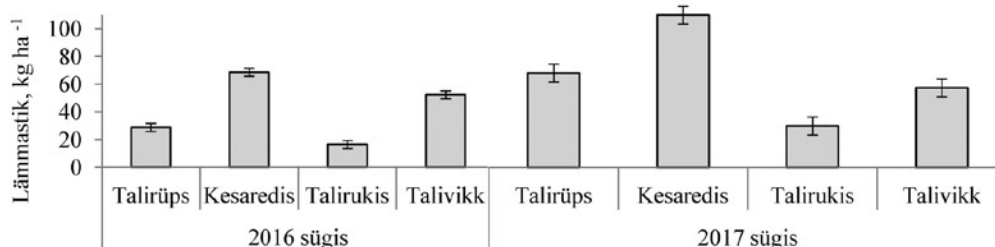
Põldkatsed viidi läbi katseaastatel 2016/2017 ja 2017/2018 Jõgeval, Eesti Taimekasvatuse Instituudis. Katse rajati 24 m² suuruste katselappidena randomiseeritult neljas korduses. Vahekultuurid külvati mõlema aasta 3. augustil pärast talinisu koristust. Vahekultuuride maapealne ja -alune biomass määrati oktoobri lõpus ning talvituvatel liikidel ka kevadel, vahetult enne vahekultuuride sisseküündi ja suviadra külvi (4. ja 7. mail) ning väljendati kuivaines (kg ha⁻¹). Lämmastiku (N) sisaldus määrati Eesti Maaülikooli mullateaduse ja agrokeemia laboris. Uuritud näitajate vahelist erinevust ($p < 0,05$) analüüsiti dispersioonanalüüsi meetodil statistikatarkvaraga AgrobasesTM 20.

Tulemused ja arutelu

Vahekultuuride biomass ja N sidumine sügisel. 2016. ja 2017. aasta sügisel, vegetatsiooniperioodi lõpus, moodustas suurima biomassi kesaredis – vastavalt 2515 ja 3841 kg ha⁻¹ (juurte osakaal vastavalt 56 ja 48%) (joonis 1). Talirüpsi biomass oli vastavalt 1169 ja 1752 kg ha⁻¹ (35 ja 25% juuri). Väikseima biomassi



Joonis 1. Vahekultuuride biomass (kuivainet kg ha⁻¹) 2016. ja 2017. aasta sügisel. I – PD_{95%}.

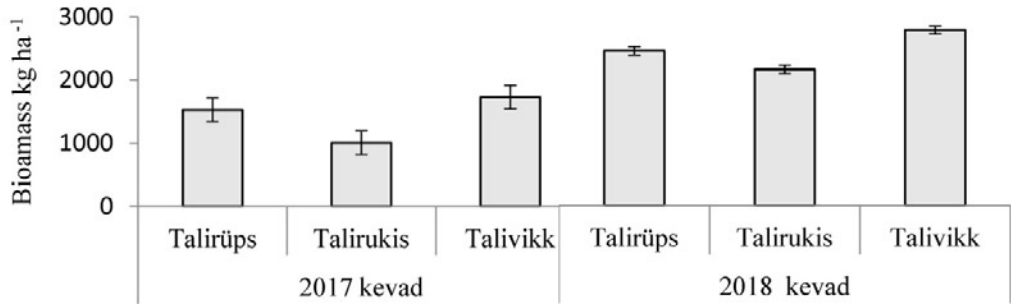


Joonis 2. Vahekultuuride poolt seotud lämmastiku kogus (kuivainet kg ha⁻¹) 2016. ja 2017. aasta sügisel. I – PD_{95%}.

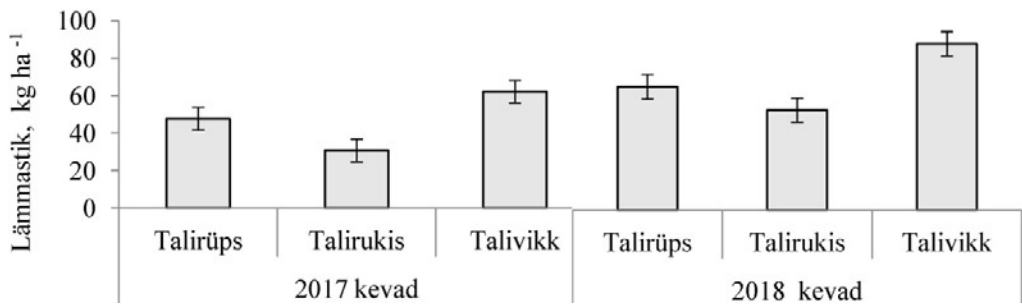
moodustas talirukis, vastavalt 667 ja 1188 kg ha⁻¹ (27 ja 37% juuri). Suuremad biomassi saagid 2017. aastal võisid olla tingitud pärast vahekultuuride tärkamist 2 nädala vältel püsinud kõrgematest temperatuuridest ja erinevast kasvuperioodi pikkusest. 2016. aastal lõppes vegetatsiooniperiood juba 5. oktoobril, kuid 2017. aastal kestis see kuni 20. oktoobrini. Taliviki biomass oli mõlemal aastal sarnane, vastavalt 1422 ja 1362 kg ha⁻¹. Vahekultuuride lämmastiku sidumise võime sõltub eelkõige biomassi suurusest aga ka toitainete kontsentratsioonist, mis oli liigiti erinev (joonis 2). Mõlemal katseaastal oli kesaredis parim N siduja (70 ja 103 kg ha⁻¹). Talivikk sidus 52 ja 53 kg ha⁻¹.

Biomass ja N sidumine järgneval kevadel. Talvekuude (november – märts) keskmine öhtutemperatuur oli 2016/2017 aastal -1,5 °C ja 2017/2018 aastal -2,6 °C, mis on kõrgem kui pikaajaline keskmine (-3,9 °C). Kõige madalamad temperatuurid katseaastatel olid vastavalt -21,8 ja -24,3 °C, kuid sel ajal oli maapind kaetud lumikattega. Talirukis, talirüps ja talivikk talvitusid mõlemal aastal hästi. Kesaredis hukkus jaanuaris-veebruari suuremate miinuskraadide mõjul. Mulla sulamisel hakkas kesaredis lagunema ja aprilli lõpuks oli ka enamuse juuri lagunenu, jättes maapinnale nähtavad augukesed. Need on taimede tekitatud juurekanalid, mis parandavad veeläbilaskvust ja soodustavad mulla soojenemist (Chen ja Weil, 2010). Lagunemisega võib osa kesaredise seotud lämmastikust lenduda või leostuda ja seetõttu soovitatakse seda kevadel varakult külvatavate kultuuride eelseks vahekultuuriks. Tänu suurele sügisesele biomassile surub kesaredis alla umbrohud ja kobestab mulda ning seda saab edukalt vahekultuurina kasutada ka minimeeritult haritavatel põldudel (Lawley jt., 2012).

Vahekultuuride biomassi moodustamise ja lämmastiku sidumise võime olid katseaastatel erinevad, sõltudes efektiivsete temperatuuride summast. Kui üldine taimikasvuperiood (ööpäeva keskmine õhutemperatuur püsivalt üle 5 °C) algas 2017. aasta kevadel alles 1. mail (9 päeva pikaajalisest keskmisest hiljem), siis 2018. aastal algas see juba 8. aprillil (14 päeva pikaajalisest keskmisest varem). Efektiivsete temperatuuride summa oli kevadel vastavalt 39 °C ja 112 °C. Võrreldes sügisega, olid talirukki, talirüpsi ja taliviki biomassid 2017. aasta kevadel enne mulda kündmist suurenenud ligikaudu 300 kg ha⁻¹. 2018 kevade soodsate ilmastikutingimustega lisandus aga biomassi talivikile 1327 kg ha⁻¹, talirüpsile 620 kg ha⁻¹ ja talirukkile 898 kg ha⁻¹. Mõlema aasta kevadel moodustas suurima biomassi talivikk, mis sidus ka kõige rohkem lämmastikku, vastavalt 62 ja 84 kg ha⁻¹ (joonis 2).



Joonis 3. Vahekultuuride biomass (kuivainet kg ha⁻¹) 2017. ja 2018. aasta kevadel. I – PD_{95%}.



Joonis 4. Vahekultuuride poolt seotud lämmastiku kogus (kuivainet kg ha⁻¹) 2017. ja 2018. aasta kevadel. I – PD_{95%}.

Ka talirüps sidus arvestatava hulga N – 48 ja 62 kg ha⁻¹. Soomes läbiviidud uurin-gud on samuti näidanud, et talirüps on põhjamaistesse tingimustesse sobiv vahe-kultuur, sidudes suurel hulgal lämmastikku (Tuulos jt., 2015). Meie katsest selgus, et väikseima N sidumise võimega oli mõlemal aastal rukis (vastavalt 31 ja 50 kg ha⁻¹). Suurema biomassi ja parema N sidumise tagamiseks, külvatakse rukist sageli segus talivikiga (Sainju jt., 2005). Talvituvatele vahekultuuridele tagab keva-del pikema kasvuaja ja N kogumise hiljem külvatav põhikultuur nagu näiteks köögivilid (Robačar jt., 2016).

Järeldused

Kesaredis moodustas sügisel suurima biomassi ja sidus kõige rohkem läm-mastikku, mis talve jooksul lagunes. Lisaks talirukkile ja talirüpsile, talvitus mõle-mal aastal ka talivikk, mis oli suurima biomassi ja N sidumise võimega. Talvituvate

vahekultuuride biomass ja seotud N kogus kevadel enne mulda kündmist sõltus kasvuperioodi pikkusest ja efektiivsete temperatuuride summast. Talirukist, talirüpsi ja talivikki saab edukalt kasutada kevadel hilisemalt külvatavate kultuuride eel. Kesaredise järel on aga kasulik külvata põhikultuur võimalikult vara, et vältida N kadu.

Tänuavaldused. Uurimistöö on valminud projektide PA1-RUP-026 “Mahepõllumajanduses Eestis kasutamiseks sobivad sordid” (1.03.2016–30.11.2020) ja T170143PKTM “Põhikultuuride järel vahekultuurina kasvatamiseks sobivate liikide ja segude ning nende viljelemiseks sobiva agrotehnika väljatöötamine” toel.

Kirjandus

- Büchi, L., Gebhard, C.A., Liebisch, F., Sinaj, S., Ramseier, H., Charles, R. 2015. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. *Plant and Soil*, 393 (1), 163–175.
- Chen, G., Weil, R.R. 2010. Penetration of cover crop roots through compacted soils. *Plant and Soil*, 331 (1), 31–43.
- Kramberger, B., Gselman, A., Janzekovic, M., Kaligarić, M., Bracko, B., 2010. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. *European Journal of Agronomy*, 31 (2), 103–109.
- Lawley, Y.E., Teasdale, J.R., Weil, R.R., 2012. The Mechanism for weed suppression by a forage radish cover crop. *Agronomy Journal*, 104 (2), 205–214.
- Mäkelä, P.S.A., Tuulos, A., Turakainen, M., Stoddard, F.L. 2011. Revitalizing the winter turnip rape crop in the northern latitudes. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B*, 61 (3), 195–201.
- Robačar, M., Canali, S., Kristensen, H.L., Bavec, F., Mlakar, S.G., Jakop, M., Bavec, M. 2016. Cover crops in organic field vegetable production. *Scientia Horticulturae*, 208, 104–110.
- Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P. 2005. Biculture legume–cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen. *Agronomy Journal*, 97, 1403–1412.
- Sarrantonio, M., Gallandt, E. 2003. The Role of Cover Crops in North American Cropping Systems. *Journal of Crop Production*, 8 (1), 53–74.
- Thorup-Kristensen, K., Magid, J., Jensen, L.S. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy*, 51, 227–302.
- Tuulos, A., Yli-Halla, M., Stoddard, F., Mäkelä, P. 2015. Winter turnip rape as a soil N scavenging catch crop in a cool humid climate. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (1), 359–366.
- Wilke, B.J., Snapp, S.S. 2008. Winter cover crops for local ecosystems: Linking plant traits and ecosystem function. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (4), 551–557.

Talirukki kahjurid maheviljeluses

Pests of winter rye in organic (ecological) farming

Ilme Tupits

Eesti Taimakasvatuse Instituut

► ilme.tupits@etki.ee

Sissejuhatus

Kliima soojenemine soodustab taimehaiguste ja -kahjurite migratsiooni. Mitmed taimehaigused ja -kahjurid olid veel mõni aastakümme tagasi Eestis tundmatud või esines nii vähe, et suuremat kahju ei sündinud, kuid nüüd on olukord muutumas. Talirukis on suhteliselt haiguskindel ja kahjurputukatele väheatraktiivne kultuur, kuid üha rohkem esineb kahjureid, kes võivad ohustada kasvavat rukist kõigis kasvufaasides. Tavaviljeluses on võimalik kahjurite rünnet keemiliselt tõrjuda, kuid maheviljeluses on külvid ohustatud, kui õigeaegselt abinõusid tarvitusele ei võeta.

Kahjurite rünnet on mingil määral võimalik ennetada agrotehniliste võtetega. Kahjurputukad talvituvad mullas, umbrohtunud põlluservadel, kultuurtaimede ja umbrohtude jäänustel. Külvikord, kõrre koorimine ja künd, paikonna mullastikule ja mikrokliimasse sobivate sortide kasvatamine, kvaliteetne külviseme, õigeaegne külv, normaalne külvitihedus ja talirukkile sobiv külvisügavus, ühtlane tärkamine ja taimede optimaalne areng sügisel, loovad eelduse vähemkahjustatud saagi saamiseks (Tupits, 2007).

Pikema aja jooksul kasutatud kaasaegsed ja ökonoomsed maaharimise võtted, miniharimine ja otsekülv, aga ka kliimamuutused on suurendanud kahjurite arvukust ja levikut (Buczacki ja Harris, 2010). Maheviljeluses on kahjurputukate arvukuse piiramiseks kasutada peamiselt agrotehnilised võtted. Kahjurputukate arvukust aitavad piirata ka putuktoidulised pisiloomad (Müür, 1999), kuid mitmete aastakümnete jooksul tavaviljeluses rakendatud keemilised tõrjevõtted on piiranud kahjurite looduslike vaenlaste – röövtoiduliste putukate, parasitoidide, ämblike ja pisiloomade arvukust.

Artiklis käsitletakse Eesti Taimakasvatuse Instituudi (ETKI) talirukki katsetel ja seemnekasvatuse põldudel kümnekonna aasta vältel kahjurite esinemisest ja kahjustuste ulatusest tehtud tähelepanekuid.

Talirukki kahjurid

Lehetäid (*Aphididae*) imevad taimemahla ja arvukad lehetäide liigid võivad põhjustada olulist kahju. Lisaks mahla imemisele levitavad lehetäid taimehaigusi, eriti aga viiruseid, mis põhjustavad kahjustusi ka teistele kultuuridele (Wiese, 1987).

Talirukkil esinevad lehetäid on, sõltuvalt liigist, peaaegu läbipaistva kehaga rohelist või kollakasrohelist värvi, kes kahjustavad peamiselt kevadel arenevaid võrseid. Sügisel hästi võrsunud rukkitaimed kasvavad kevadel kiiresti ja lehetäidel on rukkitaimest raskem mahla kätte saada (Starzycki, 1976; Lõiveke ja Tammaru, 1995; Müür, 1999). Tugevasti kahjustatud taimel pead lehetupest ei välju, lehed kuivavad ja loodetav saak väheneb (Lõiveke ja Tammaru, 1995).

Talirukki produktiivvõrsetel esineb kahjustust vähem, kevadel kasvavatel kõrvalvõrsetel rohkem. Lehetäide kahjustust on kerge märgata, sest kahjustada saanud, enamasti tipmised pähikud, on valged ja kuivanud. Lehetäide arvukust aitavad piirata lepatriinud ja nende vastsed (Buczacki ja Harris, 2010).

Ripslased (*Thripidae*), kes kahjustavad teravilja, on väga väikesed putukad. Nad imevad taimede mahla ja põhjustavad arenevate pähikute kuivamist. Pärast talirukki loomist võib suurema kahjustuse korral näha poolikuid viljapäid, kahjustatud osal on näha peatelg ja valged, kuivanud libled. Ripslased kahjustavad rohkem hõredaid või talvekahjustustega talirukki külve (Starzycki, 1976; Lõiveke ja Tammaru, 1995; Müür, 1999).

Ripslaste valmikud ja vastsed talvituvad mullas ja taimejäänuste all. Keskmisest kõrgem temperatuur ärgitab varakevadel ripslasi tegutsema kui kasvu alustanud talirukis on toitumiseks olemas. Ripslased kannavad edasi ka taimeviirusi (Buczacki ja Harris, 2010).

Hariliku viljakuke (*Oulema melanopus* L.) ja **sinise viljakuke** (*Oulema gal-laeciana* (Heyden)), mardikad ja tõugud närivad lehtede pealispinda kandilisi, pikliku kujuga auke. Viljakuked on metalse sinaka läikega umbes 5 mm pikkused mardikad. Tõugud on tumeda peaga kollakashallid, keskelt paksenenud kehaga, aplad vastsed. Ulatusliku kahjustusega lehed ei fotosünteesi ja kuivavad. Kahjustuse tulemusena väheneb terasaak ja halveneb terade kvaliteet (Starzycki, 1976; Lõiveke ja Tammaru, 1995; Müür, 1999).

Viljakukk kahjustab rohkem varaseid külve (Starzycki, 1976; Piho, 1981; Lõiveke ja Tammaru, 1995; Müür, 1999), optimaalsel ajal külvatud, tiheda seisuga ja

toitainetega hästi varustatud, kiiresti kasvavatel rukkitaimedel ulatuslikke kahjustusi ei esine.

Harilik viljalutikas (*Eurygaster maura* L.). Talirukist kahjustavad nii valmikud kui ka vastsed. Viljalutikas on väga produktiivne ja suuteline andma kuni 200 järglast (Lõiveke ja Tammaru, 1995). Täiskasvanud viljalutikad talvituvad taimejäänuste või mullatükikeste all. Talirukki loomisfaasis võib näha spiraali keerdunud lehti, mis mõne aja pärast kuivavad ja hävivad. Tugeva kahjustusega taimede terad on kõlujad ja saak väike. Kahjustust on rohkem talve jooksul hõrenenud taimikuga sortidel.

Kõrrevaablase (*Cephus pygmaeus* L.) ebaröovik närib kõrt seestpoolt. Musta ülakeha ja kollasetriibulise tagakehaga valmik muneb kevadel talirukki ülemise kõrresõlme lähedale pehmesse kõrde ühe muna (Buczacki ja Harris, 2010). Munast koorunud ebaröovik närib ülevalt allapoole liikudes kõrre seest tühjaks ja jääb seejärel alumise kõrresõlme lähedale nukkuma ja talvituma (Lõiveke ja Tammaru, 1995; Müür, 1999).

Vilja küpsemise ajal võib ulatusliku kahjustusega põld reaalajas ja kuuldava prõksumisega ühes suunas lamanduda. Sügisel kündmata jäänud kõrretüüdest väljuvad järgmisel kevadel uued vaablased ning elutsükkel kordub.

Rukki-pahksääske (*Sitodiplosis mosellana* Gehin) on teraviljapõldudel raske märgata, sest oranži kehaga väikeste sääskede lendlus toimub hilisõhtul. Lendlust soodustab niiske, soe ja vaikne ilm. Viljastatud sääsk muneb enne rukki õitsemist viljapea pähikute vahele. Oranž vagel toitub arenevast seemnealgest ning täiskasvanuna kukutab end mulla pinnale. Nukkumisfaas ja talvitumine toimub mullas (Oakley, 2008).

Eestis on rukki-pahksääsk tuntud ja levinud kahjur (Jaama jt, 1973). Keskmise õhutemperatuuri tõusuga kevadsuvel suureneb talirukki ja tali- ning suvinisu külvidel pahksääse kahjustuse risk.

ETKI katsepõldudel on pahksääse lendlust uuritud liimpüüniste abil. Toitumise lõpetanud vaklu loendati taimede vahele mulla pinnale asetatud plastkausikes-test (Ingver jt., 2009). Vaklade elutegevus mõjutab terade kvaliteediomadusi. Kahjustatud terad on kõlujad, sirbikujulised ning krobelse kestaga (Ingver jt., 2009). Läbinäritud terakesta kaudu tungivad terasse seenhaigused ja vihmavesi, suureneb peas kasvamamineku oht. Tugevalt kahjustatud terad ei idane (Tupits, 2013).

Rootsi kärbes (*Oscinella frit* L.). Kärbsed vaglad kahjustavad sügisel optimaalsest ajast varem külvatud rukist. Kärbes muneb kas lehekaenlasse või taime lähedale mullapinnale (Lõiveke ja Tammaru, 1995). Vaglad närivad pärast koorumist end võrse sisemusse, toituvad ja erinevate arengujärgude läbimise järel nukkuvad ning talvituvad taimes (Buczacki ja Harris, 2010).

Kevadel lendavad kuni 2 mm pikkused pronksja tagaosa ja kollase kõhualusega kärbsed suvivilju kahjustama. Rootsi kärbsed levikule soodsatel aastatel võivad sügisel taliviljade ja kevadel suviviljade põldudel olla ulatuslikud kahjustused.

Teraöölase (*Amapea sordens* Hfn) röövik kahjustab pähikutes moodustunud rukkiteri piim- ja vahaküpsuse faasis. Liblikas muneb munad taimetele enne loomist ja täissöönud vastne talvitub kas taimejäänustel või satub koos koristatud viljaga hoidlasse (Lõiveke ja Tammaru, 1995). Ladustatud vilja hulgast võib leida suurema või väiksema auguga teri. Sellised terad võivad küll idaneda, kuid tärkav idu on heledillat värvi, nõrk ja hukkub.

Kõrsvilja maakirp (*Phyllotreta vittula* Redt.). Talirukki sügisesi külve maakirp ei kahjusta, kuid kevadel vahekultuurina külvatud rukki tõusmed on mahlased, magusad ja maakirpudele ahvatlevad. Mardikad on võimelised lühikese ajaga noored taimed tipust maapinnani triipudena katki närima. Sellised taimed hukkuvad. Kahjustamata taimed kasvavad kiiresti ja maakirbud otsivad uut söödamaad suviviljade külvidelt. Maakirpe on hulgaliselt keskmisest kõrgema õhutemperatuuriga põuasel kevadel.

Traatuss on naksurlase (*Elateridae*) vastne (tõuk). Traatussid kahjustavad idanevat tera või närivad allpool mullapinda käigu läbi noore taime varre, mille tagajärjel taim närtsib ja enamasti hukkub. Noored taimed kukuvad külili ja näevad välja nagu oleks nad kuuma veega üle valatud. Tõugud kahjustavad taimi külviarealidest, korraga umbes 1–1,5 m ulatuses.

Happelistel muldadel võib kahjustus olla suur. Traatussid kahjustavad enam pikemat aega kasutamata söödile, orasheinaga risustatud põllule või optimaalsest sügavamale külvatud rukist (Starzycki, 1976; Lõiveke ja Tammaru, 1995; Müür, 1999). Vastsete areng mullas kestab kuni viis aastat (Buczacki ja Harris, 2010). Naksurlaste vastsete arvukuse kontrollimiseks peab mulda sügavalt harima ja umbrohtu, eriti orasheina, mehhaaniliselt tõrjuma.

Nälkjad (*Agriolimax spp*) ja **teod** (*Gastropoda*) kahjustavad tärkavaid rukkitaimeid ja on võimelised lühikese ajaga hävitama suure osa külvist. Nii teod kui

ka nälkjad tegutsevad hämaras. Päeval saab näha pahategija limast, läikivat jälge (Lõiveke ja Tammaru, 1995). Suurem oht ähvardab niiskemate põlluosade külve külmade tulekuni. Limustele on hea toiduallikas hilja külvatud talirukis, sest jahe-neva ilma tõttu kasvavad ja arenevad taimed aeglaselt. Nälkjate ja tigude mune ja vastseid saab hävitada ja valmikute arvukust piirata korrapärane maaharimine.

Kokkuvõte

Talirukis on üldiselt kiire algarenguga ja maheviljelusse sobiv kultuur. Rukki kasvatamisel peab tundma erinevate sortide bioloogilisi ja agronoomilisi omadusi. Rukist saab kasvatada nii viljakatel kui ka vähem viljakatel muldadel, ainult turvasmullad taliviljadele ei sobi.

Korrapärane ja õigeaegne mullaharimine ning vajadusel muldade lupjamine, künniga taimejäänuste sügavamale mulda viimine, umbrohtude ja potentsiaalsete peremeestaimede leviku piiramine, külvikorrast kinnipidamine ja sordile sobiv optimaalne külviaeg, aitavad talirukki külvide kahjustusi vähendada. Viljelusviisist sõltumata ei peaks eesmärk olema kahjurputukate täielik hävitamine – nad täidavad oma rolli toitumisahelas, vaid nende arvukuse piiramine, hoides neid allpool majanduslikku läviväärtust.

Kirjandus

- Buczacki, S., Harris, K. 2010. *Taimkahjurite ja -haiguste käsiraamat*. Varrak, Tallinn, 528 lk.
- Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I. 2009. Rukki-pahksäask. lk. 68–71. *Põllukultuuride sordid, omadused ja soovitusi kasvatamiseks*. Aastaseminar 2009. Jõgeva Sordiaretuse Instituut. OÜ Vali Press, Põltsamaa.
- Jaama, A., Kikas, L., Kuusksalu, R., Tava, V., Villemsoo, A. 1973. *Taimekaitse käsiraamat*. lk. 124–126. Valgus, Tallinn.
- Lõiveke, H., Tammaru, I. 1995. Põllumajanduskultuuride haigused ja kahjurid ning nende tõrje. lk. 82–107. *Taimekaitse käsiraamat*. (Lõiveke, H. koost.), Tallinn.
- Müür, J. 1999. Teraviljakahjurid ja nende tõrje. lk. 155–163. *Teraviljakasvatuse käsiraamat*. (Older, H. koost.), Saku.
- Oakley, J.N. 2008. Control needs for changing pest distribution. pp. 87–92. In: Proceedings of the HGCA Conference, *Arable cropping in a changing climate*. UK.
- Piho, A. 1981. Taliteraviljade kasvatamine. lk. 128–170. *Teraviljakasvatuse Eestis*. (Annus, H. koost.), Tallinn.
- Starzycki, S. 1976. Diseases, pests, and physiology of rye. pp. 27–61. In: *Rye: Production, Chemistry and Technology*. (Bushuk, W. ed.). St. Paul, Minnesota.

- Tupits, I. 2007. Talirukki viljeluse iseärasused. lk. 56–66. *Millest sõltub teravilja saagikus?* Jõgeva Sordiaretuse Instituut. OÜ Vali Press, Põltsamaa.
- Tupits, I. 2013. Talirukki tolmlimine. *Agronomia* 2013, lk. 64–67.
- Wiese, M.V. 1987. Diseases caused by viruses and virus like agents. pp. 66–73. In: *Compendium of wheat diseases*, 2nd ed. APS Press, St Paul, MN, USA.

Kartulisortide ja -aretiste mugulasaak ja saagistruktuur mahe- ja tavaviljeluse katsetes 2018. aastal Jõgeval

The tuber yield and yield structure of the potato varieties and breeds in organic and conventional trials at Jõgeva in 2018

Terje Tähtjärv, Aide Tсахkna

Eesti Taimekasvatuse Instituut

► terje.tahtjarv@etki.ee

Sissejuhatus

Suure ja kvaliteetse kartulisaagi eelduseks on kliima-, mullastiku- ja tootmis-tingimustesse sobivate ning enamlevinud haigustekitajate suhtes resistentsemate sortide kasvatamine. Kartulisordi valik sõltub kindlasti nõudlusest ja kasvataja enda soovidest. Kuigi mahekartuli kasvatamise pind on viimastel aastatel vähenenud 216,46 hektarilt 2015. aastal 141,82 hektarini 2018. aastal (Põllumajandusamet, 2018), on nõudlus kvaliteetse mahekartuli osas suurenenud. Teadlik tarbija soovib osta toitu, mis ei sisalda taimekaitsevahendite jääke, sest viimaseid seostatakse mitmete haiguste tekitajana (Põllumajandusamet, 2018). Viimastel aastatel on suurenenud maheviljeluseks sobivate väetiste nimistu (Agri Partner, Scandagra, 2018). Nende oskuslikul kasutamisel paranevad taimede toitumistingimused, suurenevad saagid ja paraneb saagi kvaliteet. Uurimistöo eesmärgiks oli uurida erinevate kartulisortide sobivust maheviljelussüsteemi võrrelduna tavaviljelussüsteemiga.

Materjal ja meetodika

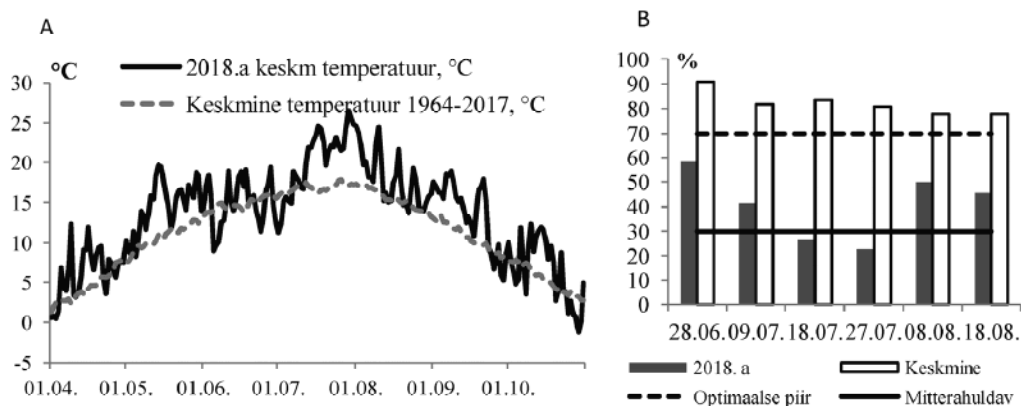
Mõlemad katsed rajati 2018. aastal Jõgeval Eesti Taimekasvatuse Instituudi (ETKI) katsepõldudel. Katsed asusid keskmise liivsavi löimisega leostunud muljal. Uurimistöös oli vaatluse all 10 kartulisorti ja 4 -aretist. Eelviljadeks oli tavakatsel talinisu ja mahekatsel ristik. Katsed rajati kolmes korduses NNA (Nearest Neighbours Analyses) meetodi järgi. Tavakatsel sai 500 kg ha⁻¹ kloorivaba kompleksväetist (Cropcare 12:11:18) enne kultiveerimist ja vagude ajamisel 420 kg ha⁻¹ (Cropcare 8:11:23). Mahekatses anti vakku mahevätist Must Pärl 300 kg ha⁻¹. Kartuli kasvuaegse hooldamisena mullati mõlemat katset 2 korda ja äestati 1 kord. Mahekatsel köblati 2 korda, aga tavakatsel tehti umbrohutõrjet 14.06.18 Titus TF 25

50 g ha⁻¹. Koristati septembri II dekaadil. Katseandmed analüüsiti ühefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil (ANOVA, Fisher'i LSD test) statistikaprogrammi Agrobase (Agrobase™ 20 1999) abil usalduspiiride 95% (PD_{0,05}) tõenäosusega.

Tulemused ja arutelu

Taimikasvuperioodil domineeris keskmisest kõrgem õhutemperatuur (joonis 1, A). Aktiivseid õhutemperatuure kogunes vegetatsiooniperioodi jooksul 2491 °C, mis on keskmisest 550 kraadi võrra rohkem. Kartuli nõuded soojusele on mõõdukad. Varajased sordid vajavad oma arengutsükli läbimiseks 1000–1200 °C, keskvalmivad 1200–1500 °C ja hilised 1500–1900 °C aktiivset soojust (Jõudu, 2002). Kõik katses olnud sordid ja aretised valmisid väga kiiresti.

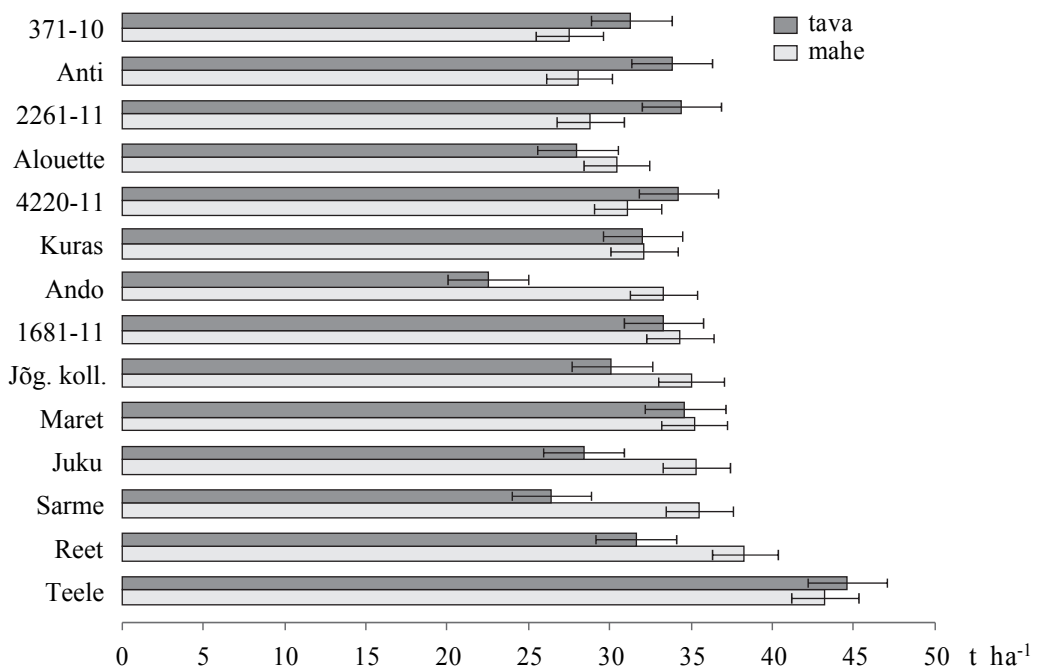
Mugulate moodustumise ajaks oli mulla produktiivne veevaru langenud optimaalsest allapoole ja juuli esimesel dekaadil oli see juba mitterahuldava piiri lähedal (joonis 1, B). Sellest tulenevalt moodustus sel aastal kõikidel sortidel ja aretistel vähem mugulaid ja mugulasaak jäi väiksemaks kui eelmistel aastatel läbiviidud katsetes (Tshakna ja Tähtjärvi, 2009; 2019). Sortidel 'Ando', 'Jõgeva kollane', 'Maret', 'Juku', 'Sarme' ja 'Reef' ületas mahekatse mugulasaak tavakatse mugulasaaki. Seda võis mõjutada mahekatse põllu asukoht, mis oli reljeefelt madalas kohas ja seega võis mullas rohkem niiskust olla. Saagi eelviljaks olnud punane ristik tõenäoliselt suurendas lämmastiku fooni mullas, nagu on kirjeldanud Lauringson jt. (2013) vahekultuuride katsete tulemustes. Mahevätis Must



Joonis 1. Keskmised õhutemperatuurid (A) ja mulla produktiivne veevaru (B) vegetatsiooniperioodil 2018. a.

Pärl on aidanud taimedel toitaineid omastada ka kuivades tingimustes (Agri Partner 2018). Teiste sortidega võrreldes andis usutavalt suurema saagi nii mahe- kui tavakatses sort 'Teele'. Sordid 'Kuras', 'Maret' ja aretis 1681-11 andsid enam-vähem ühesuguse saagi mõlemas viljelussüsteemis. Sortidel 'Ando', 'Reet', 'Juku', 'Sarme' ja 'Jõgeva kollane' olid mahekatses mugulasaagid suuremad kui tavakatses, jäädes 33,3–38,3 t ha⁻¹ piiridesse (joonis 2). Varasemates uuringutes on jõudnud mahekatsetes 'Juku' saak eelidandamisega variandis samuti 30 t ha⁻¹ (Tsahkna ja Tähtjärvi, 2013). Sort 'Maret' on andnud mahevilljelussüsteemi katsetes üle 30 t ha⁻¹ saake 2012. aastal (Eremeev jt., 2014).

Kartulikasvatajate poolt on hinnatud need sordid, millel on kaubanduslike mugulate (35–60 mm) osakaal saagis suurem. 2018. aastal oli mahekatses kõige suurem kaubanduslike mugulate osakaal sordil 'Juku' (76,9 %) ja vastupidi kõige väiksem tavakatses (45,5%). Mõlemas variandis oli aretisel 371-10 küllaltki kõrge kaubanduslike mugulate osakaal, vastavalt mahekatses 75,2 % ja tavakatses 77,6 %

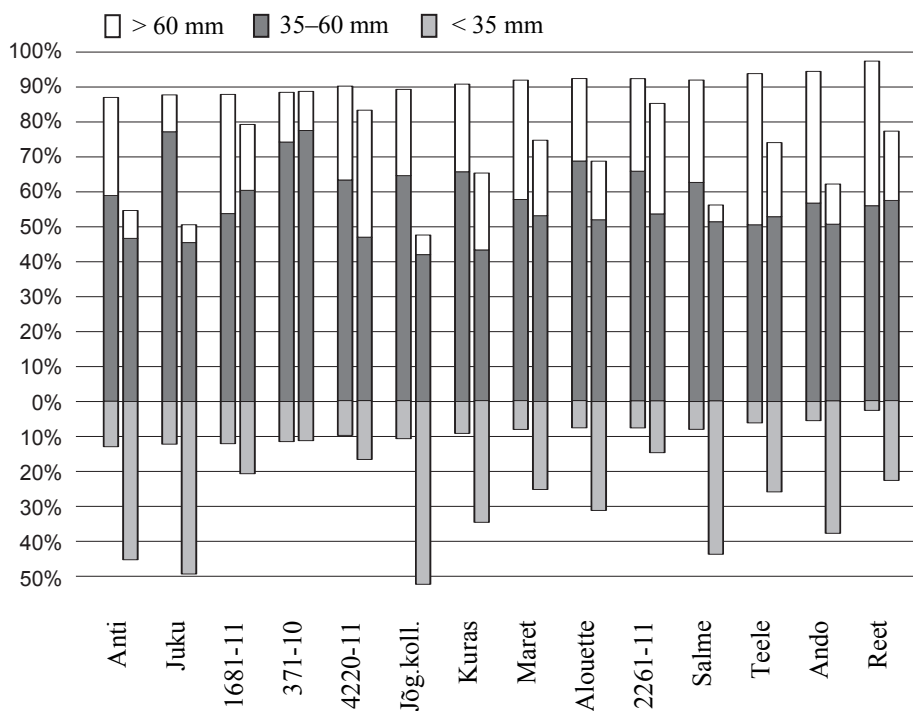


Joonis 2. Kartulisortide ja -aretiste mugulasaagid mahe- ja tavakatses 2018. aastal (I - PD_{0,05} = 4,08; I - PD_{0,05} = 4,92).

(joonis 3). Mahekatses andsid suuremat kaubanduslikku mugulasaaki veel sordid 'Alouette' (67,7%) ja 'Kuras' (64,2%). Kindlasti ei saa ühe katseaasta põhjal järeldada, milline sort annab ühes või teises viljelussüsteemis suuremat kaubanduslikku mugulasaaki, aga kindlasti on teada, et mugulasaak ja selle struktuur on mõjutatud vegetatsiooniperioodi ilmastikutingimustest, viljelussüsteemist ja sordist (Zarzyńska ja Pietraszko, 2015).

Järeldused

Katsetulemustest selgus, et tingimustes, kus kartuli eelviljaks on liblikõieline kultuur ja kasutatakse mahepõllumajanduses lubatud väetist ning vaatamata väga kuivale vegetatsiooni-perioodile, on võimalik kasvatada suhteliselt kõrge kartulisaak. Ühe ekstreemse ilmastikuga aastal toimunud katse põhjal ei saa aga anda soovitusi kartulisortide valikuks maheviljelussüsteemis kasvatamiseks. Katse jätkub 2019. aastal.



Joonis 3. Kartulisortide ja -aretiste saagistruktuur mahe- ja tavakatses 2018. aastal (1. tulp mahe-, 2. tulp tavakatse saagistruktuur).

Tänuavaldused. Uuringud on läbiviidud Riikliku uurimisprojekti: „Mahepõllumajanduses Eestis kasutamiseks sobivad sordid (2016–2020)“ raames.

Kirjandus

- Põllumajandusamet 2018 <https://www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=128&sub2=296&sub3=297> (4.03.2019)
- Põllumajandusamet 2018 https://www.agri.ee/sites/default/files/public/juurkataloog/TRUKISED/2012/trykis_mahetoithea_2012_EST.pdf (4.03.2019)
- Agri Partner 218 <https://agripartner.ee/tootekategooria/vaetised/> (4.03.2019)
- Scandagra 2018 <https://scandagra.ee/toote-kategooria/mahetooted/> (4.03.2019)
- Eremeev, V., Kuht, J., Tein, B., Talgre, L., Alaru, M., Põldma, A., Luik, A. 2014. Kartul maheviljelussüsteemide võrdluskatses aastatel 2012-2013. *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi toimetised 2014, 25–29.
- Jõudu, J. 2002. Kartuli kasvu mõjutavad tegurid ja mugulate moodustumine, lk. 69–102. *Kartulikasvatus*, (Koostanud: Jõudu, J.) Tartu.
- Lauringson, E., Talgre, L., Makke, A. 2013. Varase punase ristiku ja hulgalehise lupiini kasutamise võimalusi haljasväetisena. *Agronoomia* 2013, 74–81.
- Zarzyńska, K., Pietraszko, M. 2015. Influence of climatic condition on development and yield of potato plants growing under organic and conventional system in Poland. *American Journal of Potato Research*, 92, 511–517.
- Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2009. Kartuli mahekatse tulemustest 2009. *Agronoomia* 2009, 126–131.
- Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2013. Mahetärkliseks sobivate kartulisortide katsetulemused. *Agronoomia* 2013, 98–101.
- Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2019. Ilmastiku mõjust Eestis enamkasvatatavatele kartulisortidele. *Agronoomia* 2019, 104–107.

Õunapuu kärntõveresistentset sordid on maheviljeluses uus võimalus

Apple scab resistant cultivars are new opportunity in organic growing

Toivo Univer

Eesti Maaülikool, PKI Polli Aiandusuuringute Keskus

▶ toivo.univer@emu.ee

Sissejuhatus

Õunapuu kärntõbi (*Venturia inaequalis*, Cooke (Wint)) on enimlevinud õunapuu seenhaigus, mis tekitab õunakasvatajatele tõsist majanduslikku kahju. Õunapuu kärntõve nakkusrisk sõltub õunasordi vastuvõtlikkusest haigusele, varisenud lehtedel talvituvate kotteoste hulgast istandikus, kotteoste vabanemisest kevadel ja kasvuaegsetest ilmastiku tingimustest (Univer jt., 2017). Mahetootja ei tohi oodata kahjurite ja haiguste ilmumiseni, vaid peab ennetavalt kasutusele võtma abinõud. Õunapuu seenhaiguste tõrjeks sobib maheaia neljakordne pritisimise skeem (Kahu, 2012), kus sobib kasutada nii vasepreparaati kui ka taimeleotisi ja tömmiseid (Luik, 2012). Valdav osa Eestis kasvatatavatest õunasortidest nakatub kärntõppe, kuid nende hulgas on ka haigusele suhteliselt vastupidavaid sorte (Pärtel, 1998). Kahu ja Luik (2016) soovivad maheaeda suvisorte 'Valge klaarõun', 'Kasper' ja 'Martsipan', sügissorte 'Krista', 'Auksis', 'Liivika' ja 'Tiina' ning talisorte 'Katre', 'Talvenauding' ja 'Alesja'. Üheks võimaluseks on kasvatada maheõunaaias kärntõveresistentseid õunasorte, sest neid ei ole vaja pritsida õunapuu kärntõve nakkuse vastu. EMÜ Polli Aiandusuuringute Keskuses algas kärntõvekindlate õunasortide aretamine 1986. aastal, kui Kalju Kask tolmeldas sortide 'Cortland' ja 'Tiina' õisi väikeseviljalise kärntõvekindla aretise nr. 23 õietolmuga, mille seemikute hulgast valis ta sordid 'Kuku', 'Ritika' ja 'Ruti'. Nende sortide viljad on väikesed (20–30 g), mistõttu nad sobivad salatiõunteks või õunasiidri valmistamiseks (Kask ja Jänes, 2005; Kask jt., 2010). Koostöös Läti aretaja Laila Ikasega alustati 1997. a. suureviljaliste kärntõveresistentsete õunasortide aretustööga. Käesolev artikkel käsitleb sordiaretaja K. Kase töö jätkuetaapi – suureviljaliste kärntõvekindlate õunasortide aretust ja uurimistulemusi aiakatses.

Materjal ja meetodika

Laila Ikase tegi 1997. a Läti Riiklikus Puuviljanduse Instituudis õunapuu sortide vahelisi ristlusi kolmes erinevas kombinatsioonis: 'Bogatõr' × 'Fantasia', 'Freedom' × 'Auksis', 'Merrigold' × 'Stars' ja 'Lobo' × 'Remo'. Koguti ka kärntõveresistentsete sortide 'Florina', 'Freedom', 'Imrus', 'Liberty', 'Siostra Liberty', 'Reletta', 'Remo' ja aretise BM41497 looduslikult tolmelnud viljade seemneid. Aretustöö jätkus Pollis. 1998. a kevadel külvati peenrale 1372 seemet ja saadi 875 seemikut (63,8%). Kümne aasta jooksul eemaldati kärntõppe nakatunud lehtedega isendid. Kärntõppe ei haigestunud 269 seemikut (30,7%). 2007. a viljus 93 seemikut. Viljaomaduste järgi valiti 20 perspektiivset aretist edasiseks uurimiseks. 2010. a silmastati puukoolis pookealusele B9 (tabel 1) kümme esimest perspektiivset aretist.

Võrdluskatse rajati 2013. a kevadel istutuskeemiga 4 × 2 m, võrdlussordiks valiti 'Tiina'. Puudel kujundati vabakujuline koonalvõra. Puudel mõõdeti noores eas tüve läbimõõd (mm) 30 cm kõrguselt, hiljem tüve ümbermõõd (cm), puu kõrgus (cm), kaaluti õunte saak (kg) ja leiti keskmine vilja mass (g).

Tabel 1. Perspektiivsete õunapuuaretiste lähtevanemad, seemikute viljumine, eliiti valiku ja paljundamise aasta (Kask, 2007; Kask, 2009)

Aretise number	Lähtevanemad	Aretise nimi	Seemik-puu viljus	Valitud eliiti	Paljundamise algus*
KK 4-6	'Lobo' × 'Remo'	'Meeli'	2006	2007	2013
KK 4-7	'Lobo' × 'Remo'	'Virve'	2007	2009	2010
KK 5-1	'Florina' vabatoimlemine		2007	2009	2013
KK 5-2	'Florina' vabatoimlemine		2006	2007	2013
KK 5-10	'Florina' vabatoimlemine		2007	2009	2013
KK 6-26	'Remo' vabatoimlemine	'Karitas'	2006	2009	2012
KK 7-25	'Siostra Liberty' vabatoimlemine			2007	2013
KK 7-27	'Siostra Liberty' vabatoimlemine		2006	2007	2013
KK 7-29	'Siostra Liberty' vabatoimlemine	'Ketter'	2007	2009	2010
KK 8-6	'Imrus' vabatoimlemine		2009	2009	2013

* Paljundamise alguseks on loetud pookealusel vääristatud ja istutamiseks sobiva istiku olemasolu

Katse paikneb Lõuna-Eestis Pollis, keskmiselt leetunud kamar-leetmullal, lõimiseks keskmine liivsavi, huumushorisoni tüsedus 22–27 cm, huumuse sisaldus 1,8%, pH 5,8. Mulla K ja P sisaldus oli keskmine kuni kõrge (K 136 mg kg⁻¹ ja P 102 mg kg⁻¹). Põhjavesi asub 1,5–2 m sügavusel. Võraalune riba hoiti mustkesas. Öunapuid väetati igal kevadel ammooniumsalpeetriga kulunormiga 60 kg N tegevaines võraaluse pinna hektari kohta.

Katsetulemuste esitamisel kasutati mõõdetud karakteristikute aritmeetilist keskmist ja selle hälvet, saagiandmete puhul kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi. Keskmiste mitmeseks võrdlemiseks kasutati *Duncani* testi, mille abil selgitati üksteisest oluliselt erinevad tasemed ($p < 0,05$).

Tulemused ja arutelu

Katse rajamisel oli keskmine puu kõrgus 132 cm ja tüve läbimõõt 16,3 mm (tabel 2). Samade näitajate poolest aretised omavahel ja ka kontrollsort oluliselt ei erinenud. Puude hilisemal mõõtmisel olid aretised erineva kasvutugevusega.

Tabel 2. Perspektiivsete öunapuu aretiste puu kõrgus (cm), tüve ümbermõõt (cm), tüve läbimõõt (mm) ja ladvavõrse pikkus (cm)

Aretise number	Puude arv, tk		Puu kõrgus, cm		Tüve läbimõõt, mm		Tüve ümbermõõt, cm		Ladvavõrse pikkus, cm	
	2013	2018	2013	2018	2013	2018	2013	2018	2013	2018
KK 4-6 ('Meeli')	9	6	125	218	16	9,3	43	57		
KK 4-7 ('Virve')	7	5	137	288	16	15,1	47	65		
KK 5-1	5	5	120	250	15	13,0	42	54		
KK 5-2	3	3	147	263	17	11,6	62	67		
KK 5-10	8	7	147	251	18	10,4	53	62		
KK 6-26 ('Karitas')	8	7	132	214	15	8,2	36	48		
KK 7-25	4	4	125	266	16	14,1	27	66		
KK 7-27	1	1	130	280	16	15,0	29	75		
KK 7-29 ('Ketter')	6	5	133	240	15	10,7	38	60		
KK 8-6	8	8	145	251	19	10,6	42	68		
'Tiina'(kontroll)	7	7	117	201	16	8,4	28	47		
Keskmine	X	X	132	247	16,3	11,5	40,6	60,8		
Keskmine hälve			3,3	9,5	0,4	0,7	3,8	2,6		

Sort 'Tiina' oli oluliselt madalama võraga (201 cm) ja peenema tüvega (8,4 cm) võrreldes mitme aretisega. Üle 2,5 m kõrgused puud olid aretistel KK 4-7 (288 cm), KK 7-27 (280 cm), KK 7-25 (266 cm) ja KK 5-2 (263 cm). Kõrgema kasvuga aretiste puude tüved olid kontrollsordist jämedamad.

Puude ladvavõrse pikkus iseloomustab soodsaid või vähesoodsaid kasvutingimusi istanduses ja puu vegetatiivset kasvu. Istutusjärgsel, 2013. a sügisel oli aretiste keskmine ladvavõrse pikkus 40,6 cm, mis näitab, et kevadel istutatud puud juurdusid hästi, suvel kujunes piisav lehestik ja õiealgete moodustumiseks olid soodsad tingimused. Ainult üksikute puude üle 50 cm latvu oli vajalik kärpida järgmisel kevadel. 2018. a oli ladvavõrsete pikkus suurem (60,8 cm). Ladvaokste kärpimine osutub vajalikuks enamike katsepuude juures.

Õunapuude viljakande algus ja saagi suurus sõltuvad kasvukoha mullastikust ja pookealusest. Katsepuud õitsetid ja viljusid juba teisel aastal peale aeda istutamist (tabel 3). Pookealus B9 soodustas puudel varajast viljakande algust. Sarnaseid tulemusi on saadud ka meie naaberriikides (Lepsis, 1999; Kviklys, 2002). Puu võra istanduses suureneb koos istanduse vanusega. Samasugune tendents oli ka puu saaginäitajate osas. Istanduse teisel kasvuaastal koguti õunu puu kohta keskmiselt 1,8 kg, kolmandal aastal 2,1 kg, neljandal ja viiendal aastal üle 4 kg ja kuuendal

Tabel 3. Perspektiivsete õunapuu aretiste saak (kg puu⁻¹) aastatel 2014–2018

Aretise number	Saak (kg puu ⁻¹)					Summaarne saak
	2014	2015	2016	2017	2018	
KK 4-6 ('Meeli')	3,2	1,0	5,0	8,3	3,9	21,4 cd
KK 4-7 ('Virve')	3,3	5,4	7,1	7,1	9,3	32,2 e
KK 5-1	0,6	0,7	2,0	4,5	12,0	19,8 c
KK 5-2	1,4	0	7,3	1,2	12,2	21,9 d
KK 5-10	1,1	4,0	2,4	4,5	5,6	17,6 b
KK 6-26 ('Karitas')	2,1	2,6	4,8	2,2	10,5	22,2 d
KK 7-25	2,5	0,5	4,4	4,8	3,8	16,0 b
KK 7-27	1,2	2,5	3,7	4,2	7,0	18,6 bc
KK 7-29 ('Ketter')	0,9	1,3	2,7	2,1	4,7	11,7 a
KK 8-6	2,7	1,3	4,7	0,6	7,5	16,8 b
'Tiina' (kontroll)	0,8	4,5	2,9	7,3	2,4	17,9 b
Keskmine	1,8	2,1	4,2	4,3	7,2	19,6

aastal 7,2 kg. Aretiste KK 4-6 ja KK 4-7 puudelt koristati oluliselt enam õunu võrreldes kontrollvariandiga. Püsivat saagitõusu täheldati aretise KK 4-7 puhul. Kontrollsordi 'Tiina' puu kogusaak (17,9 kg) jäi uuritavate variantide pingereas keskmisele tasemele. Olulisel määral enam õunu koristati kolmes katsevariandis, neist suurim saak (32,2 kg) oli aretise 'Virve' (KK 4-7) puudel.

Viljade suurus on oluline näitaja õunte turustamisel. Ostja eelistab keskmise suurusega vilju. Aretiste keskmine vilja mass oli vahemikus 130–154 g (tabel 4). Kuus aastat kestnud katseperioodi keskmisena oli vilja mass suurem kontrollsordil 'Tiina' (169 g) ning see erines usaldusväärselt kõikidest teistest sortidest, järgnesid aretised 'Virve' (160 g) ja 'Meeli' 159 g.

Poolas, Leedus ja Lätis aretatud uute õunasortide viljad on olnud samuti samas suurusjärgus (Ikase, 2005; Przbyla ja Kantorowicz-Bak, 2005).

Järeldused

Uute õunasortide aretustöö kestab palju aastaid – seemnete külvist esimeste viljade moodustamiseni vältas antud katses 9–10 aastat ja viljaomaduste järgi valitud eliitseemikute paljundamine puukoolis ning nende võrdlemine lisas veel kaheksa aastat uurimistööd.

Tabel 4. Perspektiivsete õunapuu aretiste vilja mass (g) aastatel 2014–2018

Aretise number	Vilja mass, g					
	2014	2015	2016	2017	2018	Keskmine
KK 4-6 ('Meeli')	154	200	163	172	147	159 c
KK 4-7 ('Virve')	144	165	180	180	130	160 c
KK 5-1	140	150	140	157	128	143 bc
KK 5-2	140	0	128	130	104	125 a
KK 5-10	104	105	115	140	121	117 a
KK 6-26 ('Karitas')	120	173	105	166	115	136 ab
KK 7-25	131	136	134	135	138	135 ab
KK 7-27	130	131	127	131	97	124 a
KK 7-29 ('Ketter')	147	147	117	120	124	131 ab
KK 8-6	122	121	97	153	144	129 ab
'Tiina' (kontroll)	151	178	157	178	183	169 d
Keskmine	135	151	133	154	130	139

Aretis 'Virve' (KK 47) oli uuritud kärntõveresistentsetest eliitsemikutest suurimate viljadega. Keskmise saagi poolest ületas ta kontrollsorti 'Tiina'.

Kärntõvekindlate õunasortide kasvatamisel maheviljeluses tekib võimalus vähendada taimekaitse pritsimisi.

Tänuavaldus Töö on valminud Eesti Maaeluministeeriumi rahalisel toel „Sordiaretusprogramm aastatel 2009–2019“. Täna kolleegi – sordiaretajat Kalju Kaske Pollis 47 aasta jooksul tehtud viljapuude aretustöö eest. Antud töö on tema tööde jätk.

Kirjandus

- Ikase, L. 2005. Disease resistant apple breeding in Latvia. *Proceedings of the international scientific conference. Environmentally friendly fruit growing*, 222, 10–14.
- Kahu K. 2012. *Mahepõllumajanduslik marja- ja puuviljakasvatus*. Eesti Põllumajandusministeerium, 26 lk.
- Kahu K., Luik A. 2016. *Mahepõllumajanduslik puuviljakasvatus*. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, Tartu, 26 lk.
- Kask, K. 2007. Õuna- ja pirnipuude sordiaretus. *Käsikiri*, EMÜ Polli Aiandusuuringute keskus.
- Kask, K. 2009. Õuna- ja pirnipuude sordiaretus. *Käsikiri*, EMÜ Polli Aiandusuuringute keskus.
- Kask, K., Jänes, H. 2005. Tree fruit breeding at the Polli Horticultural Research Centre. *Environmentally friendly fruit growing. Proceedings of the international scientific conference, Estonian Agricultural University*, 222, 5–9.
- Kask, K., Jänes, H., Libek, A., Arus, L., Kikas, A., Kaldmäe, H., Univer, N., Univer, T. 2010. New cultivars and future perspectives in professional fruit breeding in Estonia. *Agronomy Research*, 8, 603–614.
- Kviklys, D. 2002. Apple rootstock research in Lithuania with aspect to fruit quality and tree productivity. *Horticulture and vegetable growing*, 21 (3), 3–13.
- Lepsis, J. 1999. Evaluation of apple rootstocks B9 and Pure 1 in a modern orchard in Latvia. *Apple rootstocks for intensive orchards, Proceedings of the international seminar, Warszawa*, 69–70.
- Luik A. 2012. *Looduslikud vahendid mahepõllumajanduslikus taimekaitses*. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, Tartu, 33 lk.
- Przybyła, A., Kantorowicz-Bak, M. 2005. New Polish cultivars of apples. *Proceedings of the international scientific conference. Environmentally friendly fruit growing*, 222, 15–19.

Ungari lõhnapüünised hiilamardikate seire vahendina

Effectiveness of lure traps for pollen beetles as a monitoring tool

Eve Veromann, Triin Lõhmus, Gabriella Kovács

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

► eve.veromann@emu.ee

Sissejuhatus

Keskkonnasäästliku taimekaitse üks tugisambaid on kahjurite seire, mis võimaldab kindlaks teha, kas kahjurite arvukus on ületanud majandusliku tõrjekriteeriumi või mitte. Peamine meetod, mida kahjurite arvukuse seireks soovitakse, on põllul Z- või N-kujulisel transektil paiknevate taimede hoolikas vaatlemine. Lisaks soovitakse kasutada kollaseid vesipüüniseid, liimipüüniseid jne. Rapsipõllul soovitakse hiilamardikate seirel pigem kasutada taimede raputusmeetodit, mis annab objektiivsemad tulemusi (Metspalu jt., 2015), kuid selle meetodi miinuseks on aja- ja töömahukus. Tavaliselt ei ole hiilamardikad talirapsil olulised kahjurid, sest massiliselt jõuavad nad rapsipõllule alles siis, kui raps juba õitseb ja on hiilamardikate poolt kõige haavatavama, roheliste pungade kasvustaadiumi juba läbinud (Veromann jt., 2006). Viimastel aastatel on seoses erakordselt varajaste ja soojade kevadetega ka talirapsil nende arvukus mõnikord tõusnud siiski tõrjekriteeriumi piirini. Seega on väga oluline leida rapsikasvatajatele hiilamardikate arvukuse seireks lihtsaid ja kiireid lahendusi.

Ungari Teaduste Akadeemia Taimekaitse Instituudi teadurid on väljatöötanud püünise (CSALOMON® VARb3z+), mille tööprintsip põhineb hiilamardikate peremeestaimede otsingu lõhna- ja värvieelistustel (www.csalomontraps.com). See püünis on erkkollase värvusega ja sisaldab sünteetilist rapsiõie lõhnapeibutist ning peaks olema suhteliselt spetsiifiline, kuid on leitud, et võib meelitada ka looduslikke mesilaselaadseid. Viimaste püüdmise vältimiseks on püünisele lisatud sõel, millest mesilaselaadsed ei tohiks läbi mahtuda.

Antud pilootprojekti eesmärk oligi välja selgitada, kas see lõhnapüünis sobib hiilamardikate seiramiseks ja tõrjekriteeriumi määramiseks ka Eesti tingimustes ning kas ta on selektiivne. Selleks viidi mardikate arvukuse hindamiseks läbi kaheosaline katse, mis sisaldas üheaegselt proovide kogumist püünistest ja samal ajal ka võrdlevalt taimede raputamist (raputuskatse) põldudel.

Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi viiel talirapsi (sort 'Mercedes') tootmispõllul 2017. aastal Elva vallas Tartumaal taimede punga (BBCH 50–51) staadiumist kuni täisõitsenguni (BBCH 64–65). Iga rapsipõllu serva paigaldati viis lõhnepüünist (kokku 25 püünist), mis asusid üksteisest 25 m kaugusel. Püünised paigaldati 17. mail kui rapsitaimed olid roheline punga faasis (BBCH 50–51). Just sel ajal on raps hiilamardikate poolt kõige haavatavam. Püünised paigaldati rapsitaimede latvade kõrgusele ja tõsteti edaspidi vastavalt taimede kasvule. Püüniseid tühjendati kaks korda nädalas kuni rapsitaimede täisõitsenguni (BBCH 64–65), siis eemaldati püünised põldudelt. Kokku tühjendati püüniseid neljal korral: 22., 24., 26. ja 30. mail. Püüniste paigaldamise ja tühjendamise ajal hinnati ka hiilamardikate arvukust taime kohta 2, 10, 25, 50 ja 75 m kaugusel põlluservast. Selleks valiti igal nimetatud kaugusel juhuslikult 10 taime, mille peavart koputati kolm korda vastu valge plastknõu põhja ja nõusse kukkunud hiilamardikad pandi kogumistopsidesse. Laboris proovid sorteeriti, loendati ja määrati.

Katseandmete analüüsimiseks kasutati Statistica 64 versiooni 13.2 (Statsoft, Inc., USA 2016). Hiilamardikate arvukuse erinevusi lõhnepüünistes ja raputuskatses analüüsiti üldistatud lineaarse mudeliga (GLZ), milles kasutati Poissoni jaotust ja *log*-link funktsiooni, sest andmete jaotus ei vastanud normaaljaotusele. Variantide vaheliste erinevuste leidmiseks kasutati *post-hoc* analüüsi (Tukey HSD test, LSD test). Andmed loeti statistiliselt erinevaks, kui $p < 0,05$. Seos lõhnepüüniste ja taimede raputuskatses kogutud putukate vahel leiti regressioonanalüüsi abil.

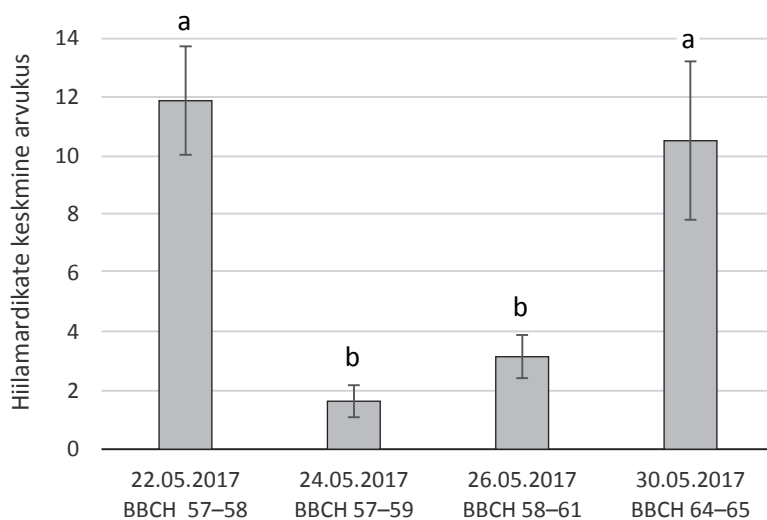
Tulemused ja arutelu

Katseperioodil koguti lõhnepüünistest kokku 2053 putukat, kellest 680 olid hiilamardikad. Neile järgnesid muud mardikalised (401), sääselised (356), kärbselised (279), peitkärsakad (122), ripstiivalised (103), kiletiivalised (84), nokalised (20), ämblikulaadsed (5) ja liblikalised (3). Sellest järeldub, et lõhnepüünised olid atraktiivsed ja neid on võimalik kasutada hiilamardikate seireks. Samas ei olnud püünised siiski selektiivsed, sest meelitasid/püüdsid ka teisi lüljalgseid.

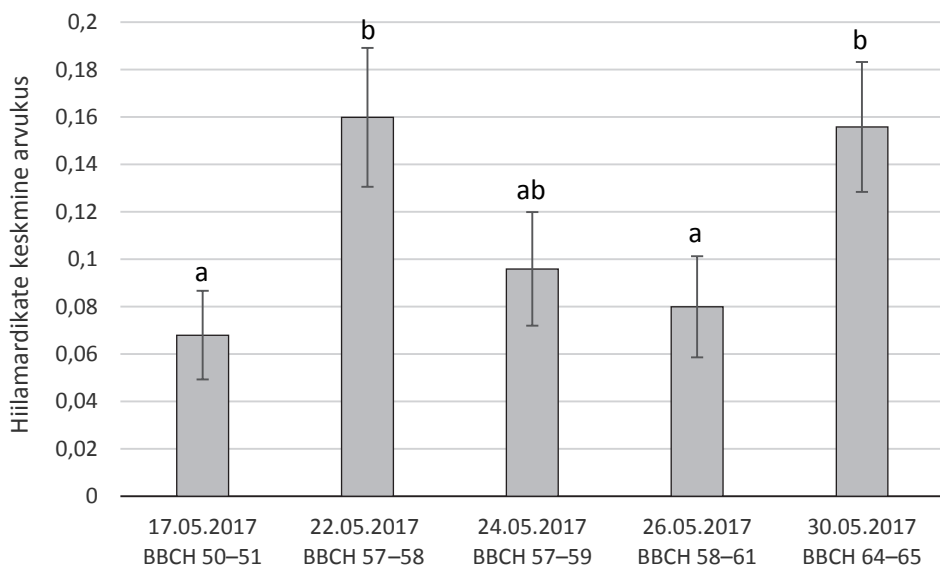
Hiilamardikate keskmine arvukus lõhnepüünise kohta erines oluliselt erinevatel püügipäevadel (GLZ-test: $\chi^2(3) = 233,45$; $p < 0,0001$; joonis 1). Kõige rohkem saadi hiilamardikaid 22. mail ja 30. mail, mis erinesid oluliselt 24. ja 26. mai arvukustest (Tukey HSD test, $p < 0,05$).

Nagu märgitud, lõhnapiüniste tühjendamisega samaaegselt viidi läbi ka seire rapsipõllul, et teha kindlaks, kas hiilamardikate arvukus on taimedel tõrjekriteeriumi ületanud või mitte. Taimede raputuskatsel selgus, et hiilamardikate arvukus taime kohta oli väga madal ja ei ületanud kogu vaatlusperioodi jooksul tõrjekriteeriumit, mis on 1–2 valmikut taime kohta (www.etki.ee). Keskmine arvukus taime kohta oli maksimaalselt 0,16 putukat. Sarnaselt lõhnapiünistega, erines ka raputuskatses putukate arvukus erinevatel seirekordadel oluliselt (GLZ-test: $\chi^2(4) = 15,95$; $p = 0,003$). Hiilamardikate keskmised arvukused raputuskatses olid taime kohta kõrgeimad 22. mail ($0,16 \pm 0,03$) ja 30. mail ($0,16 \pm 0,03$) võrreldes teiste kuupäevadega ning erinesid oluliselt 17. ja 26. mai tulemustest (LSD test, $p < 0,05$). Samas 17. mail hiilamardikate arvukus ei erinenud oluliselt 24. ja 26. mai arvukustest ($p > 0,05$) (joonis 2).

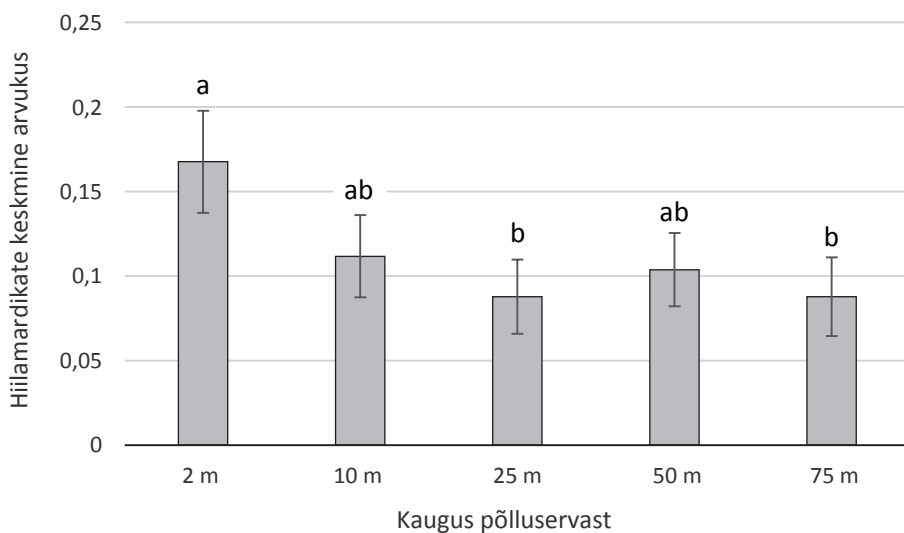
Lisaks uuriti, kas hiilamardikate arvukus on põllul erinevatel kaugustel erinev ja kas on erinevusi vaatluskordade vahel. Tulemustest selgus, et kaugus mõjutas statistiliselt oluliselt hiilamardikate arvukust taime kohta (GLZ-test; $\chi^2(4) = 9,46$; $p = 0,05$) (joonis 3). Kõige kõrgem oli hiilamardikate arvukus taime kohta 2 m kaugusel põlluservast, mis erines oluliselt 25 m ja 75 m kaugusest (LSD test,



Joonis 1. Hiilamardikate keskmine (\pm SE) arvukus lõhnapiünise kohta ($N = 25$) erinevatel katsepäevadel ja rapsitaimede kasvustaadiumites (BBCH) Tartumaal 2017. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust kuupäevade vahel (Tukey HSD test, $p < 0,05$).



Joonis 2. Hiilamardikate keskmine (\pm SE) arvukus rapsitaimede peavarre ($N=250$) kohta erinevatel katsepäevadel rapsitaimede erinevatel kasvustaadiumitel (BBCH) Tartumaal 2017. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust kuupäevade vahel (LSD test, $p < 0,05$).



Joonis 3. Hiilamardikate keskmine (\pm SE) arvukustaimekohta ($N=50$) erinevatel kaugustel põlluservast rapsitaimede rohelse punga faasis (BBCH 50–51) Tartumaal 2017. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust kauguste vahel (LSD test, $p < 0,05$).

Tabel 1. Hiilamardikate keskmine arvukus lõhnepüünistes ja raputuskatses talirapsipõllul ning spekulatsioon tõrjekriteeriumiks putukate arvukuse kohta lõhnepüünises

Välitöö kuupäev	Rapsi kasvustaadiumid kogumise ajal (BBCH)	Hiilamardikate keskmine arvukus lõhnepüünises	Hiilamardikate keskmine arvukus talirapsipõllul taime kohta	Spekulatsioon tõrjekriteeriumiks lõhnepüünises
22.05.2017	50–58	11,88	0,16	120
24.05.2017	58–59	1,64	0,10	
26.05.2017	58–61	3,16	0,08	
30.05.2017	58–65	10,52	0,16	

vastavalt $p < 0,05$), seega on hiilamardikate levik põllule seotud ääre-efektiga, mida on ka teised teadlased leidnud (Williams jt., 2007; Kaasik jt., 2013). Kuna hiilamardikate arvukus oli kogu katseperioodi vältel väga madal, siis tõrjekriteeriumit rapsitaimede kõige haavatavamas kasvustaadiumis ei ületatud. Samas saab antud tulemuste põhjal spekuloida, et kui rapsitaimede pungastaadiumis (BBCH 50–58) oleks lõhnepüünises olnud 10 korda rohkem hiilamardikaid ehk keskmiselt 120 hiilamardikat püünise kohta, siis oleks talirapsipõllul samal ajal taime kohta olnud keskmiselt 1,6 mardikat (Tabel 1). Spekulatsiooniks annab aluse regressioonanalüüs, kus leiti statistiliselt oluline keskmise tugevusega seos lõhnepüüniste ja raputuskatses kogutud putukate arvukuste vahel ($R = 0,43$; $t = 3,16$; $p = 0,0029$). Kuid kuna mardikate arvukus oli põllul väga madal, siis tuleks katseid kindlasti korrata, et hiilamardikate kõrge arvukuse korral saaks teha kindlmaid järeldusi.

Järeldused

Kuigi hiilamardikate arvukus oli katseaastal väga madal, tõestati, et Ungari lõhnepüünis oli meie tingimustes hiilamardikatele atraktiivne ja seda on võimalik kasutada seires, samas selgus ka, et püünis ei ole selektiivne.

Kuna talirapsile jõuavad hiilamardikad tavaliselt siis, kui taimed juba õitsevad ja saagile olulist kahju teha ei saa, siis soovitame mahetootjatel eelistada talirapsi ja -rüpsi kasvatamist nende suvivormidele.

Tänuavaldused. Uurimus valmis EL C-IPM projekti nr 33 „IPM4Meligethes“ ja Teadusagentuuri IUT36-2 toetusel.

Kirjandus

- Kaasik, R., Watts, N.P., Murray, D.A., Veromann, E., Cook, S.M. 2013. Effects of monitoring position and time of day on pollen beetle numbers in crops of oilseed rape. *IOBC-WPRS Bulletin*, 96, 123–131.
- Metspalu, L., Veromann, E., Kaasik, R., Kovacs, G., Williams, I.H., Mänd, M. 2015. Comparison of sampling methods for estimating the abundance of *Meligethes aeneus* on oilseed crops. *International Journal of Pest Management*, 61, 312–319.
- Veromann, E., Luik, A., Metspalu, L., Williams, I.H. 2006. Key pests and their parasitoids on spring and winter oilseed rape in Estonia. *Entomologia Fennica*, 17, 400–404.
- Williams, I.H., Frearson, D., Barari, H., McCartney, A. 2007. Migration to and dispersal from oilseed rape by the pollen beetle, *Meligethes aeneus*, in relation to wind direction. *Agricultural and Forest Entomology*, 9, 279–286.
- Interneti lk. www.csalomontraps.com/4listbylatinname/pdf/fajonkentik/meligethesae-neus.pdf (23.03.2019)
- Interneti lk. www.etki.ee/index.php/uldinfo/uudised/348-taimekahjustajate-monitooring-2015 (23.03.2019)

**Käesolev kogumik on suunatud mahetootjatele
ja huvilistele. Siin tutvustatakse aastatel
2017–2019 läbi viidud uuringute tulemusi.**



ISSN 2585–5662