

Eesti Maaülikool
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
Eesti Taimekasvatuse Instituut

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

AGRONOOMIA 2022

Agronomy 2022



Tartu 2022



Toimetaja / Editor Maarika Alaru

Kogumik ilmub teaduskonverentsiks Agronoomia 2022

The present book is published for the conference Agronomy 2022

Toimetaja tänab artiklite retsensente nende suurepärase töö eest

Editors would like to thank all reviewers for their perfect work

Kogumik on välja antud MAK 2014-2020 meetme „Teadmussiirde pikaajaline programm põllumajanduse, toidu ja maamajanduse tegevusvaldkonnas“ raames, rahastab Euroopa Maaelu Põllumajandusfond.

© 2022 Eesti Maaülikool / Estonian University of Life Sciences
Eesti Taimekasvatuse Instituut / Estonian Crop Research Institute

Trükitud Vali Press / Printed by Vali Press

ISSN 1736-6275

Sisukord

MULLATEADUS JA MAAVILJELUS

- 10–17 **Mullaharimisviiside mõju vihmaussikoosluse arvukusele ja mitmekesisusele**
Annely Kuu, Mari Ivask, Merit Sutri, Kaire Loit, Marian Põldmets, Merrit Shanskiy
- 18–28 **Süsinikuringe erinevustest agro- ja metsaökosüsteemides**
Raimo Kõlli
- 29–38 **Põlevkivi- ja puutuhaväetiste mõju taimede toitumisele, mullale ja kõrreliste – punase ristiku taimiku saagile**
Henn Raave, Elena Ivandi, Sandra Pärnpuu, Tõnu Tõnutare, Alar Astover
- 39–46 **Ratassõidukite efektiivne veojõud haritavatel maadel**
Kersti Vennik, Tõnu Tõnutare

PÕLLUKULTUURID

- 48–51 **Lutsernisort 'Heiti'**
Ants Bender
- 52–59 **Kõdraliimi Laminex kasutamisest päideroo (*Phalaris arundinacea* L.) seemnete varisemise vähendamiseks**
Ants Bender
- 60–67 **Põua-aastate mõju suvi- ja talinisu terasaagile ja kvaliteedile**
Elena Ivandi, Anne Ingver, Reine Koppel
- 68–75 **Geneetilise profiili loomine kartulisortidele SSR markeritega**
Anna Ivanova-Pozdejeva, Agnes Kivistik, Terje Tähtjärv, Kristiina Laanemets
- 76–83 **Talinisu väetamise mõju saagile, tera- ja küpsetuskvaliteedi omadustele mahetootmises**
Tiia Kangor, Reine Koppel
- 84–89 **Kuidas mõjutab mulla P ja K talinisu taigna omadusi?**
Indrek Keres, Maarika Alaru, Evelin Loit
- 90–96 **Mõned aspektid teraviljade koristusjärgsel töötlemisel ja säilitamisel**
Reine Koppel, Elina Karron
- 97–103 **Mulla mikroobide aktiivsus olenevalt ilmastikutingimustest ja eelviljast tava- ja maheviljelussüsteemides**
Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Liina Talgre, Eve Runno-Paurson, Maarika Alaru, Anne Luik
- 104–111 **Talirukki ja suviadra saagikusest pikaajalises väetuskatses Kuusikul**
Valli Loide

- 112–117 **Lutsernikarjamaa saak ja saagi kvaliteet maheviljeluses**
Heli Meripõld, Uno Tamm, Silvi Tamm, Sirje Tamm, Valli Loide, Priit Pechter
- 118–122 **Perspektiivsete kartuliaretiste saagikus sõltuvalt aastast**
Terje Tähtjärvi, Sirje Tamm

TAIMEKAITSE

- 124–130 **Pestitsiidide sulfoksafloori ja asoksüstrobiini mõjud karukimalase (*Bombus terrestris* L.) ainevahetusele**
Margret Jürison, Kaarel Pent, Reet Karise, Marika Mänd
- 131–135 **Erakmesilase *Osmia bicornis* õietolmukorje talirapsi põldude lähistel ja õunaaias**
Reet Karise, Risto Raimets, Anna Bontšutšnaja, Marika Mänd
- 136–141 **Taimehaiguste dünaamika talinisu sortidel 2021. aastal**
Mati Koppel, Reine Koppel
- 142–147 **Bioloogiliste ja keemiliste vahendite kasutamine naksurlaste vastsete tõrjel**
Mati Koppel, Anne Must, Enno Merivee
- 148–155 **Ristõielised kõrvalkultuurid mõjutavad nuutrit kaalikal**
Eha Kruus, Marju Varblane, Angela Ploomi
- 156–161 **Kapsakahjurite arvukus keskvalmival ja hilisel peakapsal**
Luule Metspalu, Birgit Pai, Katrin Jõgar, Angela Ploomi
- 162–168 **Õietolmu botaaniline päritolu ühe taimekasvatuseperioodi jooksul Eesti mesilates ja põllukultuuride osakaal nendes**
Kaarel Pent, Risto Raimets, Sigmar Naudi, Margret Jürison, Reet Karise
- 169–178 **Uus umbrohi Eestis – kahar luste (*Bromus sterilis*) – ja selle herbitsiiditolerantsus**
Silvia Pihu
- 179–184 **Oa-teramardikad ja rohulutikad rikuvad põldoa saagi**
Angela Ploomi, Eha Kruus, Rein Peedel
- 185–192 **Ristõieliste kuivlaiksus kahjustab enim musta sinepit ja suvirapsi**
Eve Runno-Paurson, Peeter Lääniste, Helina Nassar, Merili Hansen, Viacheslav Ere-meev, Liina Edesi, Astrid Kännaste, Ülo Niinemets, Luule Metspalu
- 193–198 **Liblikõieliste jahukaste esinemine punase ristiku sordil 'Varte'**
Eve Runno-Paurson, Hans-Patrick Müür, Helina Nassar, Viacheslav Ere-meev, Liina Talgre
- 199–204 ***Ceutorhynchus sulcicollis* arvukus talirapsi põldudel**
Silva Sulg, Riina Kaasik, Jonathan Willow, Eve Veromann

AIANDUS

- 206–213 **Sordi mõju aroonia (*Aronia sp.*) viljade kvaliteedile**
Liina Arus, Reelika Rätsep
- 214–221 **Eestis kasvatatavatele maguskirsisortidele ja -aretistele sobivate
tolmuandjate geneetiline määramine**
Liina Jakobson, Agnes Kivistik, Kersti Kahu, Kristiina Laanemets

MITMESUGUST

- 224–230 **Beetagliükaani sisaldus odra ja nisu terades sõltuvalt lämmastikväetise
normist ja viljelusviisist**
Mailiis Korge, Banafsheh Khaleghdoust, Maarika Alaru, Indrek Keres, Max Kurg, Evelin
Loit
- 231–239 **Ühe kateedri lugu. 1. Loomine**
Rein Lillak

Contents

SOIL SCIENCE AND SOIL MANAGEMENT

- 10–17 **Impact of soil management practices on the abundance and diversity of the earthworm community**
Annely Kuu, Mari Ivask, Merit Sutri, Kaire Loit, Marian Põldmets, Merrit Shanskiy
- 18–28 **About carbon cycling differences in agro- and forest ecosystems**
Raimo Kölli
- 29–38 **Oil shale and wood ash fertilizers impact on nutrient uptake, soil and grasses-red clover mixture yield**
Henn Raave, Elena Ivandi, Sandra Pärnpuu, Tõnu Tõnutare, Alar Astover
- 39–46 **Net traction of wheeled vehicles on agricultural land**
Kersti Vennik, Tõnu Tõnutare

FIELD CROPS

- 48–51 **Lucerne variety ‘Heiti’**
Ants Bender
- 52–59 **The use of pod-sealant Laminex to reduce seed shattering of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.).**
Ants Bender
- 60–67 **Impact of drought on spring and winter wheat yield and quality**
Elena Ivandi, Anne Ingver, Reine Koppel
- 68–75 **Creating genetic profiles for potato cultivars using SSR-markers**
Anna Ivanova-Pozdejeva, Agnes Kivistik, Terje Tähtjärv, Kristiina Laanemets
- 76–83 **The effect of fertilization on winter wheat yield, properties of grain and baking quality in organic production**
Tiia Kangor, Reine Koppel
- 84–89 **How the soil phosphorus and potassium influence the wheat dough properties?**
Indrek Keres, Maarika Alaru, Evelin Loit
- 90–96 **Some aspects of post-harvest handling and storage of cereals**
Reine Koppel, Elina Karron
- 97–103 **Soil microbial activity depending on weather conditions and pre-crops in conventional and organic farming systems**
Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Liina Talgre, Eve Runno-Paurson, Maarika Alaru, Anne Luik

- 104–111 **Winter rye and summer barley yield in a long-term fertilisation test in Kuusiku**
Valli Loide
- 112–117 **Pasture of lucerne-grass yield and nutritive value in organic farming**
Heli Meripõld, Uno Tamm, Silvi Tamm, Sirje Tamm, Valli Loide, Priit Pechter
- 118–122 **Yield of perspective potato genotypes depending on year**
Terje Tähtjärv, Sirje Tamm

PLANT PROTECTION

- 124–130 **Effects of the pesticides sulfoxaflor and azoxystrobin on the metabolism of the bumble bee (*Bombus terrestris* L.)**
Margret Jürison, Kaarel Pent, Reet Karise, Marika Mänd
- 131–135 **Pollen forage of *Osmia bicornis* on winter oilseed rape and apple orchard**
Reet Karise, Risto Raimets, Anna Bontšutšnaja, Marika Mänd
- 136–141 **Seasonal dynamics of leaf disease infection of winter wheat varieteis in 2021**
Mati Koppel, Reine Koppel
- 142–147 **Use of biological and chemical products in wireworm control**
Mati Koppel, Anne Must, Enno Merivee
- 148–155 **Cruciferous companion crops decrease the clubroot severity in swede crop (*Brassica napus* ssp. *napobrassica*)**
Eha Kruus, Marju Varblane, Angela Ploomi
- 156–161 **The abundance of pests on mid-grown and late white cabbage**
Luule Metspalu, Birgit Pai, Katrin Jõgar, Angela Ploomi
- 162–168 **Botanical origin and share of agricultural crops in honey during one growing season in Estonian beehives**
Kaarel Pent, Risto Raimets, Sigmar Naudi, Margret Jürison, Reet Karise
- 169–178 **A new weed at the Estonian fields – *Bromus sterilis* – and its tolerance to herbicides**
Silvia Pihu
- 179–184 **Broad bean weevils and lygus bugs spoil the yield of faba bean**
Angela Ploomi, Eha Kruus, Rein Peedel
- 185–192 **Black mustard and spring oilseed rape are the most damaged by the *Alternaria* black spot**
Eve Runno-Paurson, Peeter Lääniste, Helina Nassar, Merili Hansen, Viacheslav Eremeev, Liina Edesi, Astrid Kännaste, Ülo Niinemets, Luule Metspalu
- 193–198 **Occurrence of powdery mildew (*Erysiphe trifolii*) on red clover cultivar 'Varte'**
Eve Runno-Paurson, Hans-Patrick Müür, Helina Nassar, Viacheslav Eremeev, Liina Talgre
- 199–204 ***Ceutorhynchus sulcicollis* abundace in winter oilseed rape fields**
Silva Sulg, Riina Kaasik, Jonathan Willow, Eve Veromann

HORTICULTURE

- 206–213 **The effect of cultivar on chokeberry (*Aronia sp.*) fruit quality**

Liina Arus, Reelika Rätsep

- 214–221 **Genetic incompatibility analysis of sweet cherries grown in Estonia**

Liina Jakobson, Agnes Kivistik, Kersti Kahu, Kristiina Laanemets

MISCELLANEOUS

- 224–230 **Content of beta-glutans in barley and wheat grains depending on N fertilization and cropping system**

Mailiis Korge, Banafsheh Khaleghdoust, Maarika Alaru, Indrek Keres, Max Kurg, Evelin Loit

- 231–239 **The story of one department. 1. Establishment**

Rein Lillak

Mullateadus ja maaviljelus

Soil science and soil management

Mullaharimisviiside mõju vihmaussikoosluse arvukusele ja mitmekesisusele

Annely Kuu¹, Mari Ivask^{1,2}, Merit Sutri¹, Kaire Loit³, Marian Põldmets¹, Merrit Shanskiy¹

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mullateaduse ja õppetool

² Tallinna Tehnikaülikool, Tartu kolledž

³ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Kuu, A., Ivask, M., Sutri, M., Loit, K., Põldmets, M., Shanskiy, M. 2022. Impact of soil management practices on the abundance and diversity of the earthworm community– Agronomy 2022.

Soil and soil biota are interrelated. Hidden from the human eye, the wellbeing of soil biota depends largely on the agricultural practices used. Ploughing and common agriculture featuring short rotation and monoculture cultivation may reduce the diversity, abundance, and activity of useful soil fauna. This study analyses the impact of three different types of soil management practices (ploughing, minimised tillage, no-tillage) on the abundance and diversity of earthworms, and key soil factors that affect them. For study purposes, a number of production fields subject to different soil management practices were analysed in 2019 (20 fields) and 2020 (10 fields). The impact of the tillage method was assessed by marking a 1 ha sampling area in the field and collecting soil samples from three sampling points to determine the earthworm community and physical parameters. Earthworms were collected by sorting manually and using vermifuge method. The analysis of the results indicated that average abundance and number of species of earthworms was the largest in no-tillage fields and the smallest in ploughed fields. No-tillage fields had both the greatest soil bulk density and soil moisture content. Thus, soil moisture had a positive effect on the abundance and number of species of earthworms, but greater soil bulk density in no-tillage fields most likely caused reduction in respiratory activity of microbial community, which was the highest in ploughed fields, and the lowest in minimised tillage fields. Soil management practices have significant impact on the functioning of agroecosystem and any agricultural activity affects soil biota, incl. earthworms, to a greater or lesser extent. Soil conditions determine the type and duration of crops that can be grown in that soil. This present study indicates that no-tillage facilitates soil moisture, which is beneficial for the abundance and number of species of earthworms. At the same time, lack of ploughing in no-tillage fields increases soil bulk density, which reduces the availability of oxygen for microbial communities. The literature shows that the use of no-tillage improves soil characteristics, primarily by increasing the carbon content of the top layer of soil and thus, soil productivity. Meanwhile, utilization of no-tillage may cause problems in top layers of soil due to repeated contact with agricultural machinery and absence of ploughing, which compacts the soil over the years. That results in reduced soil porosity and poor air and water regimen of the soil, which – in the long run – may cause decrease in the abundance and diversity of soil biota.

Keywords: earthworm, ploughing, minimised tillage, no-tillage

Sissejuhatus

Nii nagu õhk ja vesi, moodustab ka muld tervikliku süsteemi ning koos veega on muld kõige olulisem loodusressurss, millel on täita mitmeid ülesandeid (Arshad, Martin, 2002). Põllumajanduslikust vaatenurgast on mullal produktsooni funktsioon - muld on taimekasvatuse tootmisvahend ja mulla seisund määrab kasvatatavate kultuuride saagikuse ja kvaliteedi (Arshad, Martin, 2002; Astover *et al.*, 2012). Lisaks produktsooni funktsioonile on mullal täita ka organismide elukeskkonna funktsioon (Arshad, Martin, 2002). Erinevad mullaharimisvõtted võivad mõjutada mulla elustikku otseselt (mehaanilise mõjutamise kaudu), kaudselt (vähendades toitainete kättesaadavust, lõhkudes elupaiku (Curry *et al.*, 2002)) ning mõjutades niiskuse ja temperatuuri dünaamikat (Crittenden *et al.*, 2014). Mullaharimine ja laiatoimelised pestitsiidid mõjutavad oluliselt agroökosüsteemi toimimist ning iga sugune põllumajanduslik tegevus mõjutab rohkem või vähem mulla elustikku, sh vihmausse (Cassani *et al.*, 2021). Elupaiga ja -viisi põhjal jagatakse vihmaussid kolme ökoloogilisse gruppi - aneetsilised, kes teevad sügavaid urge ja käivad mullapinnal toitumas; endogeilised, kes elavad suurema orgaanilise aine sisaldusega mullakihi ja epigeilised, kes asustavad mulle kõige ülemist kihti (Ivask *et al.*, 2006; Crittenden *et al.*, 2014). Kirjandusest on teada, et kündmine kui ka kõrre sissekündmine võib positiivselt mõjutada endogeiliseid liike, suurendades neile orgaanilise aine kättesaadavust, samal ajal võib kündmisel olla vastupidine mõju aneetsilistele liikidele (Crittenden *et al.*, 2014). Kuigi on tehtud mitmeid uuringuid, on siiski vastuolulist informatsiooni, kuidas erinevad mullaharimisvõtted võivad mõjutada vihmausse. Käesolevas ruurimistöös analüüsitakse, kuidas mõjutavad kolm erinevat mullaharimisviisi (kündmine, minimeeritud harimine, otsekülv) vihmaussikoosluse arvukust ja mitmekesisust erinevates mullastikulistes tingimustes (lasuvustihedus, mullaniiskus, toitained, pH).

Materjal ja meetodika

Käesoleva uurimuse jaoks analüüsiti erineva maaharimissüsteemiga tootmis põlde (aastatel 2019 (20 põldu) ja 2020 (10 põldu). Harimisviiside hulka kuulusid kündmine (mulla pööramine 20–23 cm sügavuselt), minimeeritud mullaharimine (kultiveerimine/randaalimine kuni 12 cm sügavuseni) ja otsekülv. Põllud paiknesid Tartu-, Viljandi-, Pärnu-, Valga-, Põlva-, Lääne-Virumaal ja Saaremaal (Tabel 1). Valitud põllud olid peamiselt teravilja külvikorras. 2019. aasta põldudel kasvas suvinisu (va. üks põld, millel oli ristik) ning 2020. aasta põldudel talinisu.

Mullaproovide kogumine viidi läbi pärast saagikoristust ning enne edasisi mullaharimistöid. Harimisviisi mõju hindamiseks tähistati põllul 1 ha suurune proovivõtu ala, mille kolmest kohast koguti mullaproovid vihmaussikoosluse ja füüsikaliste parameetrite määramiseks (SoildiverAgro). Vihmaussid koguti käsitsisorteerimise (Meyer, 1996) ja vermifuugi meetodil (Gunn, 1992). Selleks kaevati välja mulla ülemine 20 cm kiht 50 x 50 cm suuruselt alalt ning asetati kilele, kust sorteeriti välja kõik vihmaussid. Seejärel töödeldi kaeve põhi 15% sinepipulbri lahusega ning koguti selle toimele mullast välja tulnud vihmaussid. Kogutud vihmaussid pesti,

fikseeriti alkoholis, kaaluti ning määrati liigini (Timm, 1999; Sims, Gerard, 1999; Krück, 2018).

Mulla lasuvustiheduse ja mahulise veesisalduse määramiseks koguti proovid 5–10 ja 20–30 cm sügavuselt 100 cm³ silindritega. Seejärel silinderproovid kaaluti ning kuivatati 105°C juures 24 h ja kaaluti uuesti. Mulla mikroobikoosluse hingamisaktiivsus, mikroobide biomass, üldlämmastik, põhitoitained, orgaaniline süsinik, pH ning lõimis määrati 0–25 cm sügavuselt kogutud koondproovist. Hingamisaktiivsuse määramiseks kasutati WTW OxiTop® manomeetrilist mõõtmisüsteemi ning mikroobide biomass määrati substraadi poolt indutseeritud hingamise alusel (Platen, Wirtz, 1999; Reuschenbach *et al.*, 2003). Üldlämmastik määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for soil analysis 2002) ning liikuvad fosfor, kaalium, kaltsium ja magneesium Mehlich-3 meetodil (Mehlich-3 extraction protocol 2016). Orgaaniline süsinik määrati kuivpõletusmeetodil elementanalüsaatoril varioMAX CNS (Dumas meetod) ning lõimis pipettmeetodil (ISO 11277 1998). Mulla pH määrati 1M KCl lahusest (1:2,5) pH-meetriga.

Tabel 1. Proovialade paiknemine

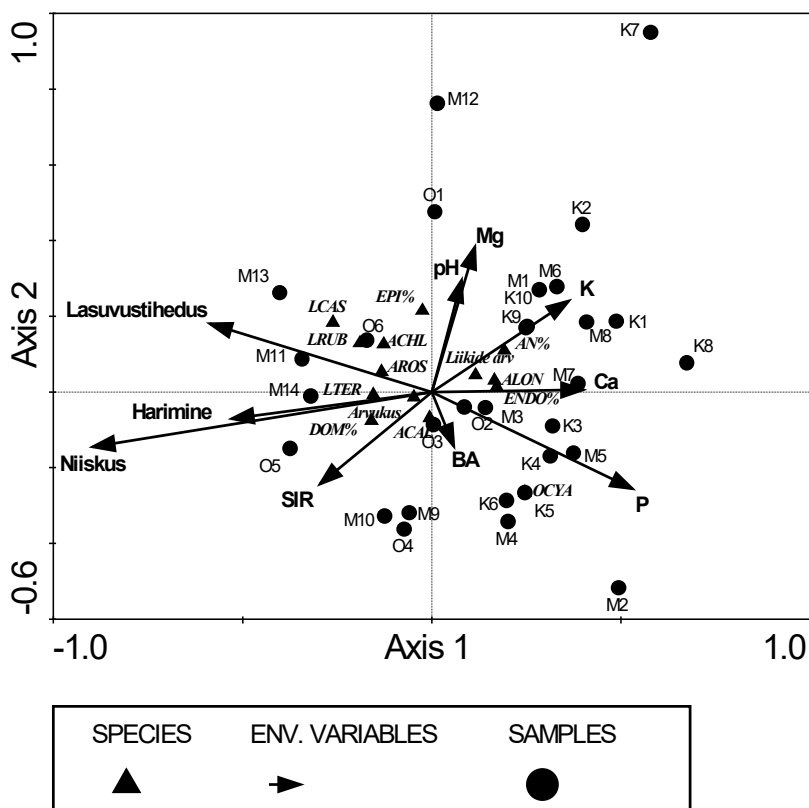
Asukoht	2019			2020		
	A	B	C	A	B	C
Tartumaa	6	-	-	-	-	-
Viljandimaa	2	2	-	-	2	-
Pärnumaa	4	2	-	-	2	-
Valgamaa		2	-	-	-	-
Põlvamaa	-	-	-	-	-	2
Lääne-Virumaa	-	2	-	-	-	2
Saaremaa	-	-	-	-	2	-

A-küldmine; B-minimeeritud harimine; C-otsekülv

Arvutati vihmausside keskmine arvukus ja liikide arv koos standardveaga ($\pm$ SE). Andmeid töödeldi programmide Microsoft Office Excel 2010 ja STATISTICA 12.0 abil, kasutati mittepameetrilist (Spearmani) korrelatsioonanalüüsi meetodit. Shannon-Wieneri mitmekesisuse indeksi („H“) (Spellerberg, 1991; Krebs, 1999) arvutamiseks kasutati PC-ORD programmi. Kanoonilise vastavusanalüüsi (CCA) arvutamiseks kasutati CANOCO 4.52 programmi, mille abil analüüsiti vihmaussikoosluse ja keskkonna parameetreid (Monte Carlo test, 999 permutatsioon) (ter Braak, 1994).

Tulemused

Joonisel 1 on esitatud vihmaussiliikide ja koosluse parameetrite kanoonilise vastavusanalüüsi ordinatsioon (Canonical Correspondence Analysis (CCA)) keskkon-nateguritega. Vihmausside arvukus ja liikide arv oli positiivses seoses ($p<0,05$) mullaharimise intensiivsuse vähenemisega reas künd>minimeeritud harimine>otse-külv (vastavalt $R=0,5374$ ja $R=0,5202$). Känniga põldudel oli vihmausside keskmine arvukus $67,9\pm18,7$ isendit m^{-2} , minimeeritud harimisega põldudel $134,6\pm30,7$ ja otsekülviga põldudel oli vihmausside keskmine arvukus $197,3\pm16,6$ isendit m^{-2} . Vihmausside keskmine liikide arv oli känniga põldudel $4,3\pm0,4$; minimeeritud harimisega põldudel $4,6\pm0,4$ ja otsekülviga põldudel oli vihmausside keskmine liikide arv $6,0\pm0,3$. Shannon-Wieneri bioloogiline mitmekesisuse keskmine indeks oli seevastu kõrgeim otsekülviga põldudel ($1,141\pm0,109$), madalaim minimeeritud harimisega põldudel ($0,819\pm0,112$); känniga põldudel oli Shannon-Wieneri bioloogiline mitmekesisuse indeks $0,965\pm0,085$. Mulla mikroobikoosluse üldine hingamisaktiivsus (BA) korreleerus negatiivselt ($p<0,05$) mullaharimisega ($R=-0,4448$). Mikroobikoosluse keskmine üldine hingamisaktiivsus oli suurim känniga põldudel ($2,379\pm0,159$ mg O_2 kg^{-1} kuiva mulla kohta tunnis), madalaim minimeeritud harimisega põldudel ($1,431\pm0,082$ mg O_2 kg^{-1} kuiva mulla kohta tunnis); otsekülviga haritud põldudel oli keskmine mikroobikoosluse hingamise aktiivsus $1,805\pm0,159$ (mg O_2 kg^{-1} kuiva mulla kohta tunnis). Mullaharimine korreleerus positiivselt lasuvustihedusega ($R=0,6759$) ja mulla mahulise veesisaldusega (niiskus %) ($R=0,5218$). Väikseim keskmine lasuvustihedus oli känniga põldudel ($1,17\pm0,03$ g cm^{-3}); minimeeritud harimisega põldudel oli lasuvustihedus $1,31\pm0,03$ g cm^{-3} ja kõrgeim keskmine lasuvustihedus oli otsekülviga põldudel ($1,42\pm0,04$ g cm^{-3}). Vihmausside eluvormidest oli mulla harimisel (intensiivsuse vähenemine reas künd>minimeeritud harimine>otsekülv) positiivne mõju epigeilistele (EPI%) liikidele ($R=0,3850$) ja dominantliigi (DOM%) osatähtsusele ($R=0,5286$), kuid samuti liikidele harilikule mullaussile (ACAL) ($R=0,5014$), harilikule vihmaussile (LTER) ($R=0,6986$); punasele vihmaussile (LRUB) ($R=0,5888$) ja tumedale vihmaussile (LCAS) ($R=0,5092$). Vihmausside ja liikide arvukus ei näidanud selgeid seoseid mulla toitainete sisalduse ja mulla happelisusega (Joonis 1).



Joonis 1. Vihmaussikoosluste näitajate kanooniline vastavusanalüüs (CCA).

Kolmnurkadena on joonisel tähistatud liigid, joontena keskkonnatingimused ja ringidena on tähistatud proovialad- K-künd; M-minimeeritud harimine, O-otsekülv. I ja II telg kaetud vastavalt 52,4% ja 48,7%, varieeruvusest, kanooniline koguväärtus 0,300. Tähisted joonisel: ACAL – harilik mullauss, AROS – roosa mullauss, ACHL – roheline vihmauss, ALON – suur mullauss, LRUB – punane vihmauss, LTER – harilik vihmauss, LCAS – tume vihmauss, DOCT – kaheksakant-kõduuss, EPI% – epigeilise eluvormi osa koosluse arvukuses, ENDO% – endogeilise eluvormi osa koosluse arvukuses, AN% – aneetsilise eluvormi osa koosluse arvukuses, DOM% – dominantliigi harilik mullauss osa koosluse arvukuses, pH-mullahappesus (pH_{KCl}), P- mulla fosforisisaldus (mg kg^{-1}), K- mulla kaaliumisisaldus (mg kg^{-1}); Ca- mulla kaltsiumisisaldus (mg kg^{-1}), Mg- mulla magneesiumisisaldus (mg kg^{-1}), SIR- mikroobne biomass ($\text{mg biomass C g} \times \text{KA}^{-1}$), BA- mulla mikroobikoosluse hingamisaktiivsus ($\text{mg O}_2 \text{ kg}^{-1}$ kuiva mulla kohta tunnis)

Arutelu

Mullaharimise põhieesmärk on luua soodsad tingimused saagi heaks kasvuks, seemnete idanemiseks, noorte taimede tärkamiseks, juurekasvuks, taimede arenguks, tera moodustamiseks ja saagikoristuseks (FAO, 2022). Samas on muld ja mullaelustik omavahel seotud- see tähendab, kaitstes üht, kaitseme ka teist. Silma eest varjule jääva mullaelustiku käekäik sõltub suuresti põllumajandustavade ja harimisest, sealjuures erinevatele harimisviisidele esitatavad nõuded ja mõju mullaelustikule on

erinevad. Kündmist kui mullaharimise tehnoloogiat kasutatakse Eestis üsna sageli (Nugis, 2020), mis on künnikihi kobestamisel ja mulla õhustamisel (Arvidsson, 2010) ja umbrohutõrjel efektiivseim tehnoloogia (Saldukaite *et al.*, 2022). Minimeeritud mullaharimisel ei kasutata atra ning mullaharimise sügavus on 10–18 cm (Viil, 2017). Orgaaniline aine jääb minimeeritud harimise korral pindmisesse mullakihti, mis omakorda võimaldab mulla vee ja õhurežiimi parandamist (Arvidsson, 2010). Otsekülviks nimetatakse põllukultuuride külvamisviisi, mille puhul külvatakse seeme eelneva kultuuri kõrde, mida enne külvi ei ole haritud (Viil, 2017). Otsekülvil jäetakse koristusjäägid mullapinnale, mis takistavad aurumist ja niimoodi säilib idanemiseks vajalik niiskus (Sepp, 2014).

Analüüsides käesoleva töö tulemusi, on näha teatud seosed erinevate harimisviisidel (kündmine, minimeeritud mullaharimine, otsekülv) ja vihmaussikoosluse arvukuse ja liikide arvu vahel. Suurim vihmausside arvukus ja liikide arv oli otsekülvipõllul, väiksem arvukus ja liikide arv oli künniga põldudel. Kuigi kirjanduses on näiteid, et kündmine suurendab endogeiliste vihmausside arvukust, mis on tingitud tõenäoliselt orgaanilise aine viimisest sügavamatesse kihtidesse (Ernst, Emmerling, 2009), siis käesoleva töö andmed seda ei kinnitanud. Käsitlevas töös oli otsekülvil positiivne mõju endogeilisele harilikule mullaussile (ACAL), aneetsilisele harilikule vihmaussile (LTER) ja epigeilistele punasele vihmaussile (LRUB) ja tumedale vihmaussile (LCAS). Tõenäoliselt otsekülvi korral puudus künni kui mehaanilise ja sügavaid urge lõhkva tehnoloogia negatiivne mõju aneetsilisele liigile (Ernst, Emmerling, 2009). Epigeilsed liigid, kes asustavad mulla kõige ülemist kihti (Ivask *et al.*, 2006; Crittenden *et al.*, 2014), on samuti arvukamad otsekülviga põldudel, sest ei toimu ülemise mullakihi harimist, samas tänu koristusjääkidele püsib ka ülemises mullakihis vihmaussidele vajalik niiskus.

Mulla lasuvustihedus on üks olulisemaid mulla viljakust iseloomustavaid näitajaid, sest selle muutumine mõjutab peaaegu kõiki mulla omadusi ja taimede kasvutingimusi nii huumushorisondis kui ka sellest sügavamal (Viil, 2017). Kündmisel on harimissügavus 22–27 cm (Viil, 2017) ja toimub ülemise mullakihi kobestamine ning õhustamine. Sellest tulenevalt on mulla lasuvustihedus väikseim künnipõldudel ($1,17 \pm 0,03 \text{ g cm}^{-3}$), suurem otsekülviga põldudel ($1,42 \pm 0,04 \text{ g cm}^{-3}$). Tihedamas mullas on suurem mulla niiskusesisaldus, mis oli suurem samuti otsekülviga põldudel. Vihmaussid on organismid, kes elavad vahetus kontaktis mullaga ja mullas toimuvad muutused mõjutavad otseselt nende arvukust ja mitmekesisust. Üks oluline faktor, mis mõjutab vihmausse, on mulla niiskuse sisaldus (Edwards, Bohlen, 1996). Samas otsekülv võib tekitada probleeme mulla ülemistes kihtides – põllumajandustehnikaga ülesõitmise ja mitte kündmisega tiheneb muld aastate jooksul ning põhjustab mulla tihenemist ka alumistes kihtides, mis halvendab õhu- ja veerežiimi mullas ning väheneb mulla viljakus. Mulla õhustatus on oluline mulla elustikule ja käesolevas töös ilmnes, et mikroobikoosluse hingamisaktiivsus oli mõjutatud kündmisest. Mikroobikoosluse üldine hingamisaktiivsus oli suurim tavaharimisega põldudel ($2,379 \pm 0,159 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1}$ kuiva mulla kohta tunnis) ja madalaim minimeeritud harimisega põldudel ($1,431 \pm 0,082 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1}$ kuiva mulla kohta tunnis).

Kokkuvõte

Käsitlevas töös uuriti 2019.a ja 2020.a erinevate mullaharimisviiside (kündmine, minimeeritud harimine, otsekülv) mõju vihmaussikoosluse arvukusele ja mitmekesisusele. Andmete analüüsil ilmnas, et otsekülvi põldudel oli suurem mulla lasuvustihedus kui ka mulla niiskussisaldus, suurem mullaniiskuse omakorda mõjutas positiivselt vihmausside arvukust ja liikide arvu. Mikroobikoosluse üldine hingamisaktiivsus oli seevastu kõrgeim künniga põldudel, olles tõenäoliselt mõjutatud muldade madalamast lasuvustihedusest.

Tänuavaldused

Uurimistöö on läbi viidud RP Horizon 2020 projekti 817819 „Soil biodiversity enhancement in European agroecosystems to promote their stability and resilience by external inputs reduction and crop performance increase (SoildiverAgro)“ raames. Autorid tänavad Jane Raametsa ja Laura Lokko't TalTech Tartu kolledžist mulla mikroobikoosluste näitajate analüüside tegemise eest.

Kasutatud kirjandus

- Arshad M.A., Martin S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88. Elsevier Science Publishers B.V. p.153–160.
- Arvidsson, J. 2010. Energy use efficiency in different tillage systems for winter wheat on a clay and silt loam in Sweden. *European Journal of Agronomy*, **33**(3): 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.06.003>
- Astover, A., Kölli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. 2012. *Mullateadus*. Õpik kõrgkoolidele. Eesti Maaülikool. Tartu.
- Cassani, M., Sabatté, M., Riveira Rubín, M., Sfeir, A., Massobrio, M. 2021. Litter decomposition by soil fauna: effect of land use in agroecosystems. *Heliyon*, **7**(10), e08127. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08127>
- Crittenden, S., Eswaramurthy, T., de Goede, R., Brussaard, L., Pulleman, M. 2014. Effect of tillage on earthworms over short- and medium-term in conventional and organic farming. *Applied Soil Ecology*, **83**, 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.03.001>
- Curry J.P., Byrne D., Schmidt O. 2002. Intensive cultivation can drastically reduce earthworm populations in arable land. *European Journal of Soil Biology*, **38**: 127–130.
- Edwards C.A., Bohlen P.J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd edition. London. Chapman & Hall. 426 pp.
- Ernst, G., & Emmerling, C. 2009. Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *European Journal of Soil Biology*, **45**(3): 247–251. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.02.002>
- FAO, 2022. Sustainable Agricultural Mechanization. <https://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelines-operations/crop-production/en/>
- Gunn, A. 1992. The use of mustard to estimate earthworm population. *Pedobiologia*, **36**: 65–67
- ISO 11277. 1998. Soil quality – determination of particle size distribution in mineral soil material – method by sieving and sedimentation.

- Ivask, M., Kuu, A., Truu, M., Truu, J. 2006. Mullatüübi ja niiskusingimuste mõju põllumuldade vhmaussikooslustele. The effect of soil type and soil moisture on earthworm communities. *Agraarteadus*, **17** (1): 3–11.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd Edition, Addison-Welsey Educational Publisher, Inc.: 410–495.
- Krück S. 2018. *Bildatlas zur Regenwurmbestimmung, mit einem Kompendium der Regenwurmfauna des Norddeutschen Tieflands*. Natur+Text, Rangsdorf, 196 S.
- Mehlich 3 extraction protocol. 2016. University of Maryland: Agroecology Lab. <http://www.agroecologylab.com/uploads/2/7/2/8/27281831/mehlich3extraction.pdf>.
- Meyer E., 1996. *Methods in soil zoology. - Methods in soil Biology*. Schinner F., Öhlinger R., Kandeler E. & Margesin R. (Eds.), Springer LAB Manual. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 313–382
- Nugis, R. 2020. *Minimeeritud harimise ja otsekülvi rakendamise ettevõttes Avispeamees OÜ*. Bakalaureusetöö. EMÜ. https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/5786/Reivo_Nugis_BA2020_PS_t%C3%A4istekst.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Platen, H., Wirtz, A. 1999. *Application of analysis no 1: Measurement of the respiration activity of soils using the OxiTop® Control measuring system*. Basic principles and process characteristic quantities. Wissenschaftlich- Technische Werkstätten GmbH & Co. Germany.
- Procedures for soil analysis. 2002. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre. http://www.isric.org/sites/default/files/ISRIC_TechPap09.pdf.
- Reuschenbach, P., Pagga, U, Strotmann, U. 2003. A critical comparison of respirometric biodegradation tests based on OECD 301 and related test methods. - *Water Research*, **37**: 1571–1582
- Saldukaitė, L., Šarauskis, E., Zabrodskyi, A., Adamavičienė, A., Buragienė, S., Kriauciūnienė, Z., & Savickas, D. 2022. Assessment of energy saving and GHG reduction of winter oilseed rape production using sustainable strip tillage and direct sowing in three tillage technologies. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, **51**, 101911. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101911>
- Sepp, S. 2014. *400 hektarilise maafondiga teraviljakäitluskompleksi rekonstrueerimine* Rrakenduskõrghariduse lõputöö. https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/1595/Sixten_Sepp_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Sims R.W., Gerard B.M. 1999. *Earthworms. Synopses of the British Fauna (New Series)*. Ed. By R.S.K.Barnes, J.H.Crothers, No 31, 170 pp.
- SoildiverAgro. *D3.-I- Handbook of the protocols employed in WP3 for sampling, general soil characterization and soil biodiversity analysis*. <http://soildiveragro.eu/data/D3.1.pdf>
- Spellerberg, I.F. 1991. *Monitoring ecological change*. Cambridge University Press, Great Britain, 334 pp.
- ter Braak, C.J.F. 1994. *Canonical community ordination. Part 1: Basic theory and linear methods*, *Ecoscience*, **1**: 127–140.
- Timm, T., 1999. *Eesti rõngusside (Annelida) määraja. A Guide to the Estonian Annelida*. Looduseuurija käsiraamatud 1. - Eesti Loodusuurijate Seltsi väljaanne. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tartu-Tallinn, 208 lk.
- Viil, P. 2017. *Minimeeritud harimine ja otsekülv*. Eesti Taimekasvatuse Instituut. Toimetajad. A. Toe, S. Tamm. Pria tellimusel. Lk 1-102.

Süsinikuringe erinevustest agro- ja metsaökosüsteemides

Raimo Kõlli

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mullateaduse õppetool

Abstract. Kõlli, R. 2022. About carbon cycling differences in agro- and forest ecosystems. – Agronomy 2022.

The biological cycling of chemical elements between plant cover and soil cover in which ever terrestrial ecosystem is the most important feature of their mutual relationship. As most of cycling links are take place in composition of organic matter for the base of calculating these links are the data about volume and annual increment of plant biomass or phytomass from one side, and soil organic matter from the other. For comparing cycling rates of agro- and forest ecosystems the data on organic matter quantities (volume) in plant and soil cover are given as superficial densities (t ha^{-1}) of organic carbon (OSpt) by different compartments of plant cover and by different layers of soil cover (humus cover, subsoil, soil cover). The annual increment of different plant cover's parts is presented as organic carbon (OS) mass in tonnes per one hectare during one year ($\text{OSjk} - \text{t OS ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). The concentrations of OS are given in grams per kilogram of dry organic matter (g OS kg^{-1}), quantities of rest chemical elements in kilograms per hectare (kg ha^{-1}). In this work also the dynamics of focal points in studying biological productivity and elements' cycling between plant and soil covers in pedo-ecological conditions of Estonia is treated. As quantitative data on agro- and forest ecosystems' functioning the OSpt of plant and soil covers and annual increments (OSjk) of plant cover by prevailing in Estonia soil types are used. At the end of work the table-model about changes happened in ecosystems functioning in course of land use change from arable land to forest land.

Keywords: agro-and forest ecosystem, annual increment, phytomass, organic carbon, superficial density, soil cover

Sissejuhatus

Taim- ja muldkatete vastastikuste mõjude üheks olulisemaks väljundiks on bioloogiline aineringe, mille käivitavaks jõuks on päikese energia ja materiaalseks aluseks atmosfääri süsinikdioksiid ning taimedele omastatavate toiteelementide ja vee varud mullas. Aineringete toimimiseks on vajalik ringet toetavate ökoloogiliste tingimuste ja ainevoogude kulgemisega seotud organismikoosluste olemasolu. Aineringe on ökosüsteemi kestva talitlemise garant.

Vaatamata ülesehituse ja talitlemise erinevustele saab nii metsi ja rohumaid kui ka põllukultuure käsitleda kui maismaa ökosüsteeme, kuna kõigi nende talitlemistes on olemas sarnased ökosüsteemimäärangu põhitunnused. Agro- ja metsaökosüsteemide talitlemise võimekuse ja kestlikkuse tagamisel on võrreldavalt ühesugune roll muldkattel. Muldkatte osalus diaspoori säilimisel ja kestliku talitlemise tagamisel toimib tänu taimkatte ja mullaelustiku kooslustele, mis on oma koosseisu ja talitlemise poolest mullatüübispetsiifilised ehk sobivad teatud kindlate omadustega mullale. Üldiste sarnasuste kõrval on kahe ökosüsteemitüübi (agro- ja metsa-) talitlemistes, looduslikkuses, tsüklilisuses jms terve rida (sh süsinikuringe) erinevusi.

Olulisemate kvantitatiivse külje erinevuste illustreerimiseks kasutatakse meie poolt varemalt kogutud andmestikku ökosüsteemide orgaanilise aine ja produktiivsuse kohta (Kõlli, 1987).

Töö peamiseks eesmärgiks on analüüsida agro- ja metsaökosüsteemide fütomassi pindtihedust ja produktiivsust orgaanilise süsiniku (OS) sisalduse alusel. Taolised andmed on vajalikud OS taimkattes ja mulda sidumise määra ja ühelt maakasutuse viisilt teisele üleminekuga kaasnevate muutuste kvantitatiivsel hindamisel. Kaasnevaks töö teemaks on agro- ja metsaökosüsteemide lämmastiku, kaaliumi, fosfori ja magneesiumi bioloogilise ringe sarnasuste-erinevuste analüüs. Töös on antud ka lühike ülevaade bioloogilise aineriingi uurimise fookuspunktide dünaamikast viimase kolmveerandsajandi kestel Eestis.

Bioloogilise aineriingi uurimise metodoloogilised aspektid

Orgaanilise aine ja sellesse seotud energia ja keemiliste elementide voog läbi ökosüsteemi saab oma alguse fütomassi (taimne biomass) produktsioonist, millest teatud osa (saak põllul, tüvepuut metsades) eemaldatakse üldreeglina kasvukohalt. Mõlemas ökosüsteemitüübis satub teatud kindel osa fütomassist mullapinnale või mulda varise (taimse päritoluga mortmassi vormis), andes alguse muldkatet läbivale orgaanilise aine voole. Mulla orgaanilise aine (MOA) lagunemine-muundumine toimub mitmel erineval moel. Tema mineraliseerumisel vabanevad keemilised elemendid lihtühenditena ja võivad saada aluseks uutele ringetele. Kaasned võivad nii muundumine varises sisalduvate fermentide abil kui ka emissioon säilitushingamise kaudu. Tooniandvaks protsessiks MOA voos on aga sekundaarne produktsioon, mille tagajärjel vabaneb teatud osa keemilistest elementidest, kuid valdavas osas moodustub mikroorganismide biomass. Suur hulk suurema dimensiooniga mullaelustikust, olles spetsialiseerunud erinevatele toitumise allikatele (fütomass, mikro biomass, mortmass), moodustavad kokku elusorganismide massi ehk mulla biomassi. Kõigi eelpoolnimetatud lülide poolt läbitöötatud ainemassi (ekskrementid), surnud kehade ja varise lagunemisele vastupidavate nii taimse kui loomse päritoluga peenendatud osiste arvel ehk kogu mortmassi arvel moodustub kondenseerumise ja polümeriseerumise käigus lagunemisele vastupidav ehk stabiilne (inertne) huumus.

Bioloogilist aineriingi käibes hoidvate talitlemistega jada mullas on üldistatult järgmine: autotroofse produtseerimise kaudu lisandub ökosüsteemi uut fütomassi -> vanema ja uuesti moodustunud fütomassi teatud osa arvel tekib varis ja selle voog mulda -> mullas varis muundub ja/või laguneb. Muundumise algfaasi sekundaarsel produktsioonil (koos heterotroofse hingamisega) moodustub mullaelustiku biomass ja kujunevad välja mullaliigile omased toitumisahelad. Mulda läbiva orgaanilise aine voo lõppfaasiks on mullaliikide kaupa suuresti erinev humifikatsiooniprotsess.

Teatavasti saab bioloogilist aineriingi kvantifitseerida mitmel erineval viisil vastavalt üleskerkinud vajadusele. Varemalt on enam kasutatud leidnud kvantifitseerimine fütomassi või orgaanilise ainesse seotud energia alusel. Käesoleva töö võrdlusandmestik on saadud metsa- ja agro-ökosüsteemide orgaanilise aine sisalduse (kontsentratsioon ja varud) ümberarvutamisel OS sisaldusele. Ka teised olu-

lise tähtsusega keemilised elemendid: lämmastik (N) ning kaalium (K), fosfor (P) ja magneesium (Mg), millised on töös antud nende summamana (KPMg), ringlevad ökosüsteemi erinevate koostisosade orgaanilise aine koosseisus. Seega on ka nende varud arvatud orgaanilise aine koguste ja nendes sisalduvate elementide kontsentratsiooni alusel. Aineringe mulda läbiva orgaanilise aine voo kulgemise radu ja intensiivsust näitab järjestikuste protsesside toimumine ja bilansid erinevate etappide ja ajaühikute lõikes, alates varise mulda sattumisest kuni täieliku mineraliseerumise või akumulatsioonini stabiilse huumuse kujul.

Meie andmete valideerimisel on kasutatud „Rahvusvahelisele Bioloogiaprogrammi“ (IBP) ja sellele järgnenud programmi „Inimene ja biosfäär“ (MAB) raames kogutud tähelepanuväärivalt suurt hulka Eestiga pedo-ökoloogiliselt ekvivalentsete piirkondade vastavasisulist andmestikku (Bazilevitš, Titljanova, 2008). Varematal aegadel (aastatel 1970–1980) ökosüsteemide fütomassi ja selle juurdekasvu ning MOA kohta kogutud andmed sobivad suurepäraselt ka (alles viimasel aastakümnel üleskerkinud huviga) süsinikuringe kohta. Kahjuks on tegemist aga nn digiajastu eelse perioodiga ning suhteliselt keerukas on kätte saada eelnevaid sellealaseid uurimusi.

Võrdleva analüüsi näitlikustamisel kasutatud andmestik

Taimkattesse puutuva võrdleva analüüsi alusandmeteks on meie poolt määratud taimkatte absoluutkuiva fütomassi hulgad ja aasta juurdekasvud agro- ja metsa ökosüsteemi erinevate koostiskomponentide kaupa (Kõlli, 1987). Taimse päritoluga orgaanilise aine (fütomass, varis) andmete ümberarvutamisel OS sisaldusele kasutati koefitsienti 0,50. Siinjuures ei ole arvesse võetud taimede tuhasisaldust, mis on madalaim puidus ja õlgedes, kuid suurim lehtpuude lehtedes ja põllu umbrohtudes. Käesolevas töös on seega taimkatte OS varu pindtihedused ($t\ ha^{-1}$), kontsentratsioonid ($g\ kg^{-1}$) ja aasta juurdekasvud ($t\ ha^{-1}\ a^{-1}$) arvatud kogu orgaanilise aine, mitte aga selle tuhavaba osa kohta.

Muldkattes kulgeva bioloogilise aineringe kvantifitseeriti mullaliikide kaupa kogutud ja üldistatud mulla OS sisalduse (kontsentratsioon, varu) andmestiku alusel. Mulla OS varu pindtihedused ($t\ OS\ ha^{-1}$) ja kontsentratsioonid ($g\ OS\ kg^{-1}$) on kaluleeritud erinevate mullakihtide (kõdu kiht, huumuskate, alusmuld) lõikes. Kuna MOA OS sisaldus varieerub oluliselt suuremal määral võrreldes selle sisaldusega fütomassis, on OS sisalduse andmed korrigeeritud humifitseerumise astme alusel. Kui värske taimse varise OS sisaldus on ca 45%, siis hästihumifitseerunud stabiilses huumuses võib see ulatuda kuni 70%-ni. Üleminekul MOA-lt mulla OS-le kasutati üldreeglina koefitsienti 0,58 ning vastupidi – mulla OS-lt MOA-le 1,72.

Metsaökosüsteemide taimkatte OS pindtiheduse (OS_p) ja aastase juurdekasvu (OS_j) andmed on omavahelise võrreldavuse huvides määratud eelvalminud kuni raieküpsete (kiire kasvufaasi läbinud) puurindega metsade kohta. OS aastane juurdekasv (OS_j) hõlmab puhta primaarse produktsooni, millest on maha arvatud aasta jooksul irdunud varis ja kulud sekundaarse (loomse) biomassi moodustumisele.

Agro-ökosüsteemide OSpt ja OSjk andmed on mullastikuliste tingimuste võrreldavuse huvides hinnatud ühe ja sama kultuuri (meie odra) järgi. Odra OSjk on kalkuleeritud tema erinevate osade (lehed, kõrred, pähikud, terad, juured) fütomassi dünaamika alusel. Teatavasti saabub erinevate osade fütomassi maksimum erinevatel aegadel, samas toimub kasvuperioodi jooksul varise irdumine ja kaasneb umbrohtude fütomassi moodustumine. Seega on odrapõllu OSjk reeglina suurem maksimaalse arenguperioodi tipul mõõdetud fütomassist (OSpt). Kogu Eestimaa muldkatte süsinikuringele hinnangu andmiseks oleks vaja tunda nii kõigi domineerivate põllukultuuride ja põllumuldade kui ka domineerivate metsamuldade ja nendel kasvavate puistute süsinikuringe iseärasusi.

Ökosüsteemide aineringe uurimise fookuspunktide muutuste dünaamika Eestis

Maaviljelemise algaastatest alates on põhiorhk olnud inimese tarbeks kasvatataval taimesaagil, alates toidust ja söödast kuni muude eluks vajalike materjalideni. Ajapikku on fookusse lisandunud ökosüsteemide talitlemise kestlikkus ja ümbritseva keskkonna hea seisundi tagamine. Ürgsed maismaa looduslikud ökosüsteemid arenesid iseregulatsiooni teel piirkondlike kliimaatiliste ja mullastikuliste tingimustega tasakaalustumise suunas. Eesti oludes kujunesid selle tulemusel muldadele kohandunud metsad ja/või rohumaad. Inimkonna vajaduste kasvuga suurenes inimese poolne regulatsioon, eesmärgiga tõsta saagikust ja tagada parim keskkonnaseisund. Kui ürgsete ökosüsteemide arenguveduriks on olnud loodus, siis nende majandamisse rakendamisel on suurenenud järjest enam inimesepoolne regulatsioon.

Ka teaduslikes uurimustes on ajapikku muutunud bioloogilise aineringe uurimise fookuspunktid. Nii uuriti IBP raames ökosüsteemide põhitoodangu (terad, mugulad, puit) kõrval ka kaasnevate ehk põhitoodangu saamiseks eluliselt vajalike osiste fütomassi koguseid ja dünaamikat. Ei saa ju metsaökosüsteemid toota tüvede likviidset puitu kui põhitoodangut ilma seda katva kooreta ja rohelise fotosünteesiva komponendita (lehed, okkad). Fotosünteesiva osa, mille universaalseks näitajaks on teatavasti lehepinna indeks ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$, ha ha^{-1}), kandjaks on puude võrastiku erineva vanusega oksad, alates põhiokstest kuni viimase aasta kasvudeni. Kui metsas puutüved, kas langevad välja või säilivad oma eluea lõpuni, siis puude võrastik uueneb nii üksiku puu kui kogu puistu piires mitmeid kordi. Teisiti öeldes „ronib“ võrastik koos puu kasvuga ülespoole, kuid jääb oma massilt suhteliselt stabiilseks, sest kasvades ülevalt, surevad alumised oksad. Teisest küljest ei ole metsapuu alumise võrastiku osa edaspidine kasv otstarbekas peale seda kui on saavutatud optimaalse suurusega lehepind ladvaosas.

Loomulikult on ökosüsteemile vajalik juurestik oma mitmekesiste rollidega. Tänu metsaökosüsteemides tekkinud vabadele ökoloogilistele nišsidele, kaasneb puurindega suuremal või vähemal määral arenenud järeلكasv, alusmets, puhma- või rohurinne koos oma juurestikega, aga ka vahetult metsakõdul kasvav sambla- või samblikurinne. Metsades reguleeritakse fotosünteesiva pinna jaotust ja optimaalset suurst hoidusräie (valgustus ja harvendusraided) abil.

Agro-ökosüsteemides on inimene võtnud fotosünteesiva (lehe)pinna optimaalse ruumilise jaotuse regulatsiooni enda kontrolli alla külvi või istutustiheduse kaudu. Kõrgema tasemega agrotehnoloogia korral ei jäeta kuigi palju ruumi (vabu nišše) umbrohtude kasvuks, samas oleks liialt kuluks ka umbrohtumise viimine absoluut-sesse nulli. Võrdlusest teraviljapõllu üksikindiviidi arengut puistust pärineva puuga, selgub nende arengu põhimõtteline sarnasus. Ka teravilja põllul „ronib“ fütosünteesiv pind ülespoole seoses uute lehtede ilmumisega ning samal ajal surevad ja irduvad alumised lehed kuna nende produktiivsus langeb, jäädes väiksemaks võrreldes autotroofseks hingamiseks kulutatava fütomassi hulgaga. Kaasaegne maaviljelus kasutab ära kogu vegetatsiooniperioodi päikeseenergia (fotosünteesiliselt aktiivse radiatsiooni – FAR-i) võimalikult maksimaalse fütomassi produtseerimiseks vahe- ja järelkultuuride abil. Arengusarnasus ilmneb ka fotosünteesiva pinna arengutes puistust või külvist eraldiseisvate indiviidide puhul. Tänu headele valgustustingimustele talitleb mõlema ökosüsteemitüübi puhul taime alumine osa kauem ja efektiivsemalt. Päikese FAR energia vormis sidumise võime ja kulud regulatsioonile on olnud Eestis esiplaanil ehk fookuses aastatel 1965–1975 (LUS, 1967).

Seoses teaduspõhise taimekasvatuse juurutamisega kerkis fookusse aineringetega seotud taimetoiteelementide kasutamine, erinevate väetamisvõtete efektiivsus, toiteelementide vahekorrad, erinevused kultuuride kaupa jms kuni käesoleva aja täppismaaviljeluseni välja. Kahjuks (või siiski õnneks?) ei ole meie riigis metsade väetamine lubatud, kuigi metsarikastes riikides on ka see meede kasutuses. Ei ole ehk meilgi mõistlik lüüa kõike nn ühe vitsaga, sest leidub alasid ja situatsioone, kus saab kõik positiivse (produktiooni suurenemise) suunata puistule, samas vältides kahjulikku mõju ümbritsevale keskkonnale.

Seoses MOA majanduse ehk huumusseisundi hindamise vajadusega mullaliikide lõikes kerkis alates eelmise sajandi teisest poolest fookusse vajadus uurida kasvukohale ja otse mulda jäävat taimse produktiooni osa: hulk ja osatähtsus kogu-produktsioonist, muundumise dünaamika, roll huumuse tekkes jms. Taoline teave on jätkuvalt aktuaalne ka tänapäeval, seoses fookusse tõusnud vajadusega - uurida süsiniku mulda talletamise seaduspärasusi ja selle suuremal hulgal sinna akumulereerimise võimalikkust.

Ökosüsteemide talitlusele mullaliiki arvesse võtvat hinnangu andmist pärsib mullaelustiku ökoloogia vähene tundmine. Nii ongi äärmiselt oluline võtta fookusse mullaelustiku uurimine saamaks tuge süvendatud teaduspõhisele muldade rakendamisele ja ökosüsteemide talitlemise kestlikkuse tagamisele. Mullaliigi-spetsiifilisest elustikust sõltub MOA lagunemise intensiivsus, muundunud ainete koostis ja mulda deponeerimise iseloom, sest mistahes mulla elustiku kooslus on arenenud vastavuses selle mulla hüdro-füüsikalistele ja keemilistele omadustele. Mullaelustiku talitlemist saab üldistatult kajastada huumuskattetüüpide abil.

Kuigi mullaelustiku kooslused on erinevad mitte ainult agro- ja metsaökosüsteemide vahel, vaid ka mullaliikide lõikes, toimivad kõigis nendes üksteisega sarnased üksteisele järgnevad talitlused. Esimeses faasis toimub lagunemine mullale sobivate mikroorganismide ja varises sisalduvate ensüümide abil. Igas mullas eksisteerivad osaliselt muundunud varist tarbivad saprofaagid, elusatel juurtel toituvad fütofaa-

gid ja lagundajate kooslusi kontrollivad kiskjad. Orgaanilise aine ja selles sisalduva süsiniku voog läbi muldkatte sõltub nii materjali keemilisest koostisest kui ka mullas olevatest pedo-ökoloogilistest tingimustest. Unustada ei tohiks ka säilitushingamist orgaanilise aine sisemiste *intrinsic* omaduste tõttu ning valitsevaid pedo-ökoloogilisi ja meteoroloogilisi tingimusi.

Kuna süsinikul on oluline roll kasvuhoonegaaside emissioonis ja oletatavasti sellega seotud kliimamuutuste toimumises on käesoleval ajal teravalt üleskerkinud vajadus selgitada komplekselt ka meie muldkattel asuvate agro- ja metsaökosüsteemide OS ringete seaduspärasusi: ringete mahtu, intensiivsust, arengu suundi ja reguleerimise-optimeerimise võimalusi ning tasakaalustunud seisundi parameetreid.

Produktiivsuse tasemed põllul ja metsas

Metsaökosüsteemide maapealses fütomassis sisalduva OS pindtihedused (t ha^{-1}) ja aasta juurdekasvud ($\text{t ha}^{-1} \text{a}^{-1}$), antuna teatud kindlate omadustega puistute ja muldade kohta, on esitatud võrdleva analüüsi näitlikustamiseks tabelis 1.

Tabel 1. Metsade maapealse OS pindtihedused (OSpt) ja aasta juurdekasvud (OSjk)

Ökosüsteemi lühiiseloostus	n	Muld	Osa	OSpt, t ha^{-1}	OSjk, $\text{t ha}^{-1} \text{a}^{-1}$
Okaspuu segametsad; keskmine vanus 78 a., täius 0,86	20	LP	kokku tüved	98,6±6,3 77,3±4,5	4,30±0,21 1,45±0,06
Kuusikud; keskmine vanus 83 a., täius 0,79	10	Ko Kog	kokku tüved	83,3±2,0 61,4±1,9	4,23±0,28 1,23±0,07
Männikud; keskmine vanus 86 a., täius 0,74	10	L	kokku tüved	63,1±6,4 52,8±5,0	2,39±0,24 0,96±0,07

Meie uurimustes on kõrgeimad metsaökosüsteemide maapealse ja maa-aluse fütomassi produktiivsused kokku saadud kahkjatel, leetjatel ja leostunud muldadel ($6,5\text{--}7,3 \text{ t OS ha}^{-1} \text{a}^{-1}$) ja tunduvalt madalamad kuivadel koreserikastel rähk ja paepealsetel muldadel kui ka erineva niiskuserežiimiga leedemuldadel ($3,5\text{--}4,0 \text{ t OS ha}^{-1} \text{a}^{-1}$). Võrreldamatult madalaima produktiivsusega on metsad raba ja siirdesoo muldadel ($1,0\text{--}2,0 \text{ t OS ha}^{-1} \text{a}^{-1}$).

Kõrgema viljakusega karbonaatsete ning ka kahkjate ja leetunud muldade alusmetsa ja rohuringe fütomassid (vastavalt $0,9\text{--}3,0$ ja $0,2\text{--}0,4 \text{ t OS ha}^{-1}$) ja nende aasta juurdekasvud (vastavalt $0,2\text{--}0,4$ ja $0,25\text{--}0,45$) on tunduvalt suuremad võrreldes erineva niiskuserežiimiga leedemuldadega. Viimastele on aga iseloomulik tunduvalt suuremad samblaringe fütomassi pindtihedused ($1,7\text{--}2,4 \text{ t OS ha}^{-1}$) ja aasta juurdekasvud ($0,20\text{--}0,50 \text{ t OS ha}^{-1} \text{a}^{-1}$).

Enamjaolt metsamuldadega sarnastel viljakatel muldadel kujunenud agro-ökosüsteemide OS koguste pindtihedused ja aasta produktiivsuse näitajad on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Põllukultuuride fütomassi OS pindtihedused (OSpt) ja juurdekasvud aastas (OSjk)

Ökosüsteem ja selle osa	n	Muld	Osa	OSpt, t ha ⁻¹	OSjk, t ha ⁻¹ a ⁻¹
Odrapõllu kogu fütomass ¹⁾	5	LP	kõik kokku	4,54±0,39	5,45±0,47
			sellest terad	1,30±0,07	1,30±0,07
Rukkipõllu kogu fütomass	5	LP	kõik kokku	5,66±0,25	7,36±0,32
			sellest terad	1,06±0,12	1,06±0,12
Odrapõldude maapealne fütomass	27	Ko	maa-	3,18±0,18	3,82±0,22
	17	Lk	pealne	3,58±0,25	4,30±0,30

1) Kogu fütomass on maapealse ja maa-aluse fütomassi summa

Kuna otra kultiveeritakse ikkagi selleks sobivatel põllumuldadel ja ka subsidieritakse, ei ole odra maapealse fütomassi produktiivsused nii drastiliselt erinevad muldade lõikes võrreldes metsamaaga. Meie uurimuste järgi on kõrgema muldade viljakusega tavaviljeluse tingimustes odrapõllu maapealse osa OS aasta juurdekasvud ulatunud 4,0–4,6 t ha⁻¹ a⁻¹, madalama viljakuse puhul aga valdavalt 3,2–3,9 t ha⁻¹ a⁻¹. Odra fütomassiga kaasnevate umbrohtude maa pealne fütomass ei ole olnud üldiselt sõltuvuses odra omast, kuid on olnud valdavalt piiridesse 0,15–0,22 t OS ha⁻¹ a⁻¹.

Tabel 3. Põhitoodangu (terade saak, tüve puit) ühe juurdekasvu ühiku (t OS ha⁻¹ a⁻¹) kaasnevate fütomasside osatähtsused

Ökosüsteem	Põhitoodang	Kõrvaltoodang ¹⁾	Lehed, okkad	Maa-alune osa	Jäi kohale ²⁾	Viidi ära
Oder (n = 5)	1,0	0,6–0,8	0,1–0,2	1,0–1,5	1,2–1,8	1,6–1,9
Rukis (n = 5)	1,0	1,4–2,4	0,2–0,3	1,3–2,5	2,0–3,1	2,4–3,4
Kuusik(n=3)	1,0	0,7–1,4	0,7–1,0	0,8–1,6	2,2–3,4	1,0 ³⁾

1) Teraviljapõldudel õled, metsades oksad, 2) Teraviljapõldudel lisaks maa-alusele osale tüü ja umbrohud, 3) Puit säilitatakse metsas raieringi lõpuni.

Kuusikute aastane põhitoodang (tüvede puit) on piirides 1,3–2,5 t OS ha⁻¹ a⁻¹, mis on enam-vähem võrdne teraviljade terasaagiga (tabel 4). Kuusikute keskmisest aastatoodangust moodustavad tüved 22–31%, lehed ja okkad 22–23%, oksad 19–32%, maa-alune osa 23–35%. Kogu fütomass on loomulikult kõige suurem kuusikutes olles piirides 53–93 t OS ha⁻¹, millest moodustavad tüved 53–62%, rohelistes osad 5,4–6,1%, oksad 12–15%, ja maa-alune osa 21–28%.

Tabel 4. Aasta jooksul fütomassi juurdekasvuks tarbitud ja saagiga eemaldatud lämmastiku (N) ning kaaliumi, fosfori ja magneesiumi (K+P+Mg) summa ($\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$)

Aineringe osa	Ökosüsteem	N	KPMg
Tarbimine	Agro-ökosüsteem ¹⁾	113–219	154–261
	Metsa ökosüsteem ²⁾	49–139	38–144
Eemaldamine	Agro-ökosüsteem	48–112	72–33
	Metsa ökosüsteem	5–13	3–12

1) Külvikorra keskmine, 2) Eelvalmiv või raiektüps kuusik täiusega üle 0,7

Nagu näha tabelist 4, tarbivad agro-ökosüsteemid aasta juurdekasvu moodustamiseks 1,5–2,5 korda rohkem toiteelemente, samas eemaldatakse siin aastas ka kordades rohkem toiteelemente võrreldes metsadega. Öeldu tähendab seda, et metsas toimub suletum (ainete korduvkasutusega) aineringe võrreldes põldudega. Agro-ökosüsteemide aineringe avatus tingib inimesepoolse kontrolli ja subsideerimise vajaduse.

Muldade OS varud sõltuvalt maakasutusest ja kontsentratsioonid sõltuvalt huumuskatte tüübist

Näiteid erinevate mullaliikide OS varude kohta erinevates mullakihtides sõltuvalt maakasutusest on esitatud tabelis 5. Toodud andmetest nähtub, et drastilisi erinevusi seoses maakasutusega muldkatetes tervikuna (huumuskate + alusmuld) ei ole. Küll on aga selgesti väljenduvaks muldkatete erinevuse põhjuseks olnud kuivendamine ja mulla karbenaatsus. Üldreeglina on automorfseid karbenaatsed mineraalmullad õhema muldkattega, kuid samas suurema OSpt-ga. Seega on karbenaatide sisaldus veeolude ja lõimise kõrval üks olulisi mulla OS mahutusvõime määraja. Suurima OS varuga, sealjuures hea huumuse kvaliteediga on parasniisked liivsavi- ja saviliiv lõimisega mullad, millised moodustavad valdava osa meie põllumuldadest.

Tabel 5. Mõningate muldade OS varud erinevate mullakihtides

Muld	Kõlvik	n	Muldkatte OS varu t ha^{-1}		
			huumuskate	muldkate	alusmuld
Ko – leostunud muld	põld	20	63±5	94±8	31
LP – kahkjask muld	põld	13	49±4	69±4	20
Go – leostunud gleimuld ¹⁾	põld	6	74±17	83±18	9
Ko – leostunud muld	mets	13	49±6	76±6	27
LP – kahkjask muld	mets	9	42±4	64±4	22
Go – leostunud gleimuld	mets	15	113±15	20±16	7
Automorfseid mineraalmullad ²⁾	põllud		58,0	80,9	22,9
Automorfseid mineraalmullad ²⁾	metsad		47,6	72,5	24,9
M ^{'''} - madalloomullad ³⁾	metsad	18	173±28	333±58	160

1) kuivendatud; 2) kaalutud keskmised; 3) huumuskatte tuseduseks on võetud 30 cm ja muldkattel 50 cm.

Teatavasti koosneb metsamuldade huumuskate metsakõdust ja huumushorison-dist, mille tõttu erinevad drastiliselt nende huumuskatete ülesehitused. Huumuskatete võrdlemiseks ei kõlba seega OS kontsentratsioonid. Küll aga on igati sobivaks võrdlusnäitajaks selle kihi OSpt. Seega on tähtis süsiniku ja taimedele oluliste keemiliste elementide ringete analüüsil teada OS oleku ja akumulatsiooni mooduseid erinevates mullatüüpides. Parasniisketes muldades on OS täiuslikumalt humifitseerunud (0,6–3,6 g OS kg⁻¹), märgades mineraalmuldades esineb ta toorhumuslikuna (4–17 g OS kg⁻¹) ning turbamuldades lagunemata kuni hästilagunenud olekus (40–45 g OS kg⁻¹).

Kokkuvõtvalt agro- ja metsaökosüsteemide sarnasustest ja erinevustest

Ökosüsteemi talitlemistes toimuvad olulised muutused minnes ühelt maakasutuse vormilt teisele (mets => põld ja vastupidi). Tõeste andmete saamiseks muutuste kohta tuleks võrrelda vaid ühesuguseid mullaliike ja/või erimeid. Tavaliselt on mistahes Eesti piirkonnas juba kunagi varemalt tehtud õiged valikud maakasutuses, valides põllumaaks ala viljakamad mullad, eelistades sealjuures parasniiske veerežiimiga muldi. Vajaduse korral on siia lisandunud hästikuivendatud niisked ja veelgi harvemini märjad ehk gleimullad. Metsamaadeks on jäänud tavaliselt vaid väike osa parasniisketest ja isegi niisketest muldadest. Valdavateks muldadeks metsamaadel on kas tüüpilised metsamullad (leedeliivmullad alates põuakartlikest kuni turvastunud erimiteni) või mineraalmaade märjad ja turvastunud erimid ning suhteliselt suure osatähtsusega turvasmullad (peamiselt madal- ja siirdesoomullad). Erinevalt põllukultuuridest leidub metsamaa igale märkele mullaliigile sobiv puuliik. Kuivendamist vajavad metsamaadel vaid turvastunud ja turvasmulla erimid.

Üleminekul ühelt maakasutusviisilt teisele kulub tasakaalustunud talitlemise saavutamiseks (eriti mullaelustiku osas) mõned aastad. Metsade põllustamine võtab vähem aega tänu subsideerimisele. Maade metsastamine vajab rajamisejärgselt pikeemat kohandumisaega, sest puudub subsideerimine. Külla aga aidatakse siin kaasa ökoloogiliselt sobivate puistute formeerumisele. Tabelis 6 analüüsitud muutuste aluseks on võetud teraviljapõllud ja eelküpseks või raieküpseks saanud männi, kuuse või kasepuistud.

Tabel 6. Agro-ökosüsteemidelt metsaökosüsteemidele üleminekuga kaasnevad muutused

Muutuse määr, suund ja iseloom
1. Drastilised ehk suured muutused (>10 kordsed)
1.1. Suurenevad fütomassi pindtihedus, N ja PKMg ringete maht ja hulk aastavarises; suurenevad ka ökosüsteemi liigirikkus, bioloogiline kontroll ja diaspoor
1.2. Väheneb subsideerimise vajadus väljast poolt seoses aineringe suletumaks muutmisega, väheneb iga-aastane N ja PKMg tarbimine ja eemaldamine saagiga
2. Mõõdukad muutused (2–10 kordsed)
2.1. Suureneb rohelise fütomassi hulk ja fotosünteesiv lehepind, aastavarise hulk ja energia voog mulda, kasvab maapealse ja maa-aluse fütomassi suhe, labiilse huumuse osatähtsus, muldkatte happesus ja taimetoiteelementide kasutuse efektiivsus nende korduvkasutuse tõttu
2.2. Aeglustub mullafaasi bioloogilise aineringe kiirus, väheneb stabiilse huumuse osakaal ning N ja PKMg kontsentratsioon fütomassis
3. Väikesed muutused (1–2 kordsed)
3.1. Suureneb taimkatte roll muldade arengus, kasvuperioodi pikkus ja täielikum mullapinna kaetus taimkattega ning viljakamate (Ko, KI, LP) muldade produktiivsus
3.2. Väheneb endiste põllustatud väheviljakate (Kr, K, Lk) muldade produktiivsus
4. Kvalitatiivsed muutused
4.1. Teisenevad laguahelad (valdavalt bakterite abil toimunud lagunemine asendub lagunemisega mikrooseente abil); muutuvad huumuskatte tüübid; tekib kõdukiht ja huumuskate diferentseerub; toodangut (puitu) saadakse periooditi või raieringi lõpul; muutub majandamiseks vajalik oskusteave, tehnoloogia ja masinapark

Kokkuvõte

Hea tava järgi majandatud põllumaa taimkatete aastaproductiivsus ehk atmosfääri süsiniku sidumise määr on suurusjärgult võrdne metsadega, sõltudes samal ajal suurel määral muldade viljakusest. Kui metsaökosüsteemide produktiivsust aitab suurendada kasvukohale (muldkattele) sobivate liikide valik, raietega optimaalse fotosünteesiva pinna kujundamine ning turvastunud ja turbamuldade kuivendamine, siis põldude puhul on olulisemateks asjadeks muldade viljakust säilitava maaviljeluse tehnoloogia kasutamine ja taimede parem toitmine väetiste abil.

Tänuavaldused

Autor avaldab tänu headele kolleegidele mullateaduse õppetoolist ning meenutab tänutundega töös viidatud monograafia autoreid, kellest Natalja Bazilevitš oli autori kandidaaditöö ja Argenta Titljanova doktoritöö oponent.

Kasutatud kirjandus

- Bazilevitš, N.I., Titljanova, A.A. 2008. *Biotitšeskij krugovorot na pjati kontinentah: azot i zolnõe elementõ v pripodnõh nazemnõh ekosistemah*. Izdatelstvo SO RAN, Novosibirsk, 380 s.
- Kõlli, R. 1987. Pedoekologitšeskij analiz fitoproduktivnosti, biogeohimitšeskikh potokov vestšestv i gumusnovo sostojanija v jestestvennõh i kulturnõh ekosistemah. Dr. Sci (biol.) disseratsioon. Tartu, 553 lk.
- Eesti Loodusuurijate Selts [LUS] 1967. *Päike, Maa ja atmosfäär*. LUS, Tartu, 144 lk.

Põlevkivi- ja puutuhaväetiste mõju taimede toitumisele, mullale ja kõrreliste – punase ristiku taimiku saagile

Henn Raave, Elena Ivandi, Sandra Pärnpuu, Tõnu Tõnutare, Alar Astover

Eesti Maaülikooli põllumajanduse ja keskkonnainstituut, mullateaduse õppetool

Abstract. Raave, H., Ivandi, E., Pärnpuu, S., Tõnutare, T., Astover, A. 2022, Oil shale and wood ash fertilizers impact on nutrient uptake, soil and grasses-red clover mixture yield – Agronomy 2022.

One of the most important prerequisites for promoting a circular bio-economy is the sustainable use of resources. The wastes, which contains plant nutrients, could be used as a fertilizer but often this is ineffective because ratio of nutrients in them does not meet the needs of crops. The solution to this problem may be to mix residues with different nutrient contents. The aim of this research was to evaluate the effect of oil shale and wood ash and their mixtures with biochar, chicken manure, bone meal and lake sediment on plant nutrition, soil reaction and nutrient content and on grass- red clover biomass yield. For this purpose a pot experiment was conducted under controlled growing conditions with 4 months duration. There were 10 different waste mixtures (fertilizers) compared in the experiment. Five of them based on oil shale and the other five on wood ash to which was added biochar, or biochar together chicken manure, bone meal or lake sediment. Mixture of grass and red clover biomass yield was determined four times. All waste mixtures neutralized well soil acidity and increased K uptake but had no effect on P, Mg and Ca uptake. Two of ten compared fertilizers increased grass – red clover mixture yield.

Keywords: fertilizer, wood ash, oil shale ash, biochar, bone meal, lake sediment

Sissejuhatus

Tootmise kõrvalsaadusi ehk kõrvalprodukte, mis sisaldavad taimedele olulisi toiteelemente, on võimalik kasutada väetisena, kuid sageli on probleemiks, et toiteelementide vahetamine ei vasta neis põllukultuuride vajadusele. Enamasti sisaldavad need suurel määral ainult 1–2 taimede olulist toiteelementi. Puidust energia tootmisel tekib suur kogus tuhka, mis täna ladustatakse valdavalt prügilates. Puutuhk on rikas kaaliumi (K) poolest, kuid selle kõrval sisaldab ka mitmeid teisi taimede olulisi toiteelemente, s.h. mikroelemente. Uuringud Eestis ja mujal on näidanud, et puutuhk neutraliseerib mulla happesust ja on hea väetis põllukultuuridele (Füzesi *et al.*, 2015; Raave *et al.*, 2015; Pitk *et al.*, 2016).

Elektrijaamades põlevkivi põletamisel tekkivat tuhka on alates 1960- ndate teisest poolest kasutatud laialdaselt põllumuldade happesuse vähendamiseks. Taimedele olulistest toiteelementidest sisaldab see suurel määral ainult kaltsiumi (Ca), mistõttu on selle väetisväärtus ühekülgne.

Seni on vähe uuritud võimalust, tootmistes tekkivaid kõrvalprodukte omavahel segada. Sellistes segudes oleks toiteelementide koosseis mitmekesisem ja need võiksid rahuldada taimede vajadusi paremini kui iga segukomponent eraldi. Tuhkade puhul on probleemiks väike fosforisisaldus (P) ja selle vähenemine omastatavus taimede. Põlevkivituhas on P-d väga vähesel määral. Puutuhas on seda arvestatavas koguses, kuid vaid väike osa sellest on mullas lahustuv (Ohno, Erich, 1990). P-sisaldus on

suur kanasõnnikus (Williams, 2013), kondijahus (Kumar, Panda, 2019) ja järvesettes (Kiani *et al.*, 2021), mistõttu võiks nende lisamine tuhale olla üks võimalus, kuidas seal P sisaldust tõsta. Seoses kliima soojenemisega räägitakse üha rohkem vajadusest siduda mulda rohkem orgaanilist süsinikku (Ontil *et al.*, 2012). Tuhkades on süsiniku (C) sisaldus väike, kuid seda saab suurendada, kui segada sinna juurde biosütt. Lisaks C-le, sisaldab biosüsi taimele olulisi toiteelemente ja mitmed uurimistööd on näidanud, et see parandab ka mulla füüsikalisi omadusi (Sohi *et al.*, 2009; Verheijen *et al.*, 2010).

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli hinnata granuleeritud põlevkivi- ja puutuha ja nende põhiste segude mõju taimede toitumisele, põldheina biomassi saagile ja mullale. Uurimistöö hüpoteesiks oli, et biosöe, kanasõnniku, kondijahu ja järvesette lisamine põlevkivi- ja puutuhale rikastab neid toiteelementidega, eelkõige P-ga, ja suurendab mõju väetisena.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö viidi läbi Eesti Maaülikoolis asuvas kontrollitud tingimustega taimede kasvuruumis, ajavahemikus 11. oktoober 2019 kuni 20. märts 2020.a. Katses kasutati taimede kasvunõudena PVC-st kanalisatsioonitorusid, mille diameeter oli 110 mm (otsapindala 0,0095 m²) ja pikkus 1 m. Nõude ülemine osa (0–30 cm) täideti kahkja mulla (*Dystic Endostagnic Glossic Retisol* (Colluvic) (WRB, 2014) ja alumine (30–100 cm) kuiva liivaga (tera läbimõõt 0–0,8 mm). Igasse nõusse pandi 3700 g kuiva liiva ja 3300 g kuiva sõelutud mulda. Mulla algsed agrookeemilised näitajad olid järgmised: pH_{KCl} 5,21, laktaatlahustuva P, K, Ca ja Mg sisaldus vastavalt 2,4, 11,2, 29,3 ja 6,2 mg 100g, ning N_{üld} ja C_{üld} sisaldus 0,02 ja 1,03%. Pärast nõude täitmist kasteti mulda kuni see saavutas väliveemahutavuse (nõust välja nõrgunud veekogus oli võrdne sinna lisatud veekogusega). Selleks valati igale nõule viiel järjestikusel päeval vett normiga 200 ml päev⁻¹ (kokku 1000 ml).

Katses oli 11 varianti neljas korduses. Neist 10 said väetist ja üks oli kontrollvariant. Kõik väetised segati kokku ja granuleeriti Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi laboris, Tallinnas. Granuleerimisel kasutati segukomponentide sideainena vinassi, mis on pärimistööstuse kõrvalsaadus. Katses kasutatud väetiste koostised ja nendega mulda viidud toiteelementide kogused on esitatud tabelis 1.

Väetised viidi mulda 14.10.2019. Selleks tehti 0–10 cm mullakihti tikuga augud, kuhu pandi graanul ja seejärel aeti auk kinni. Kõigi väetiste puhul kasutati normi 9,5 g nõu⁻¹. Katsekultuuriks oli punase ristiku (20%), hariliku aruheina (35%), karjamaa raiheina (20%) ja põldtimuti (25%) segu, mis külvati kasvunõudele 21.10.2019. Seemnesegusse kuulunud kõrreliste seemned kaaluti ja punase ristiku omad loeti iga kasvunõu jaoks eraldi. Pärast külvi kaeti mullapind liivaga (50 g nõu⁻¹) ja kasteti 125 ml kraaniveega. Edaspidi toimus kastmine kolm korda nädalas, normiga 125 ml nõu⁻¹. Kõik kastmised tehti katses kraaniveega.

Katse toimumise ajal oli kasvuruumis õhutemperatuur 18°C ja õhuniiskus 80%. Valgusrežiimiks oli 13h valget ja 11h pimedat aega.

Tabel 1. Væetisega mulda viidud laktaatlahustuva P, K, Ca ja Mg kogused

Væetis	Elemendi kogus, g m ⁻²			
	P	K	Ca	Mg
PÕT100	0,32	8,6	66,1	6,9
PUT100	1,24	33,0	47,0	5,4
PÕT50+BS50	1,03	33,8	98,3	15,5
PUT50+BS 50	2,39	56,7	77,2	13,0
PÕT50+ BS25+KS25	1,46	26,1	62,3	9,8
PUT50+BS25+KS25	2,32	34,2	37,7	6,8
PÕT50+BS25+KJ25	0,88	21,7	41,3	7,3
PUT50+BS25+KJ25	2,22	34,6	46,9	7,6
PÕT50+BS25+JS25	0,76	19,3	43,2	7,2
PUT50+BS25+JS25	1,5	30,2	34,7	6,2

PÕT- põlevkivituhk; PUT- puutuhk; BS-biosüsi; KS-kanasõnnik; KJ- kondijahu; JS – järvesete. Lühendi järel olev arv näitab komponendi osakaalu (%) væetises.

Esimesel ja teisel kasvuperioodil hinnati visuaalselt taimedel N, P, K ja Mg puudusele viitavaid sümptomeid. Selleks vaadeldi igat taimikut eraldi ja anti hinnang 3 palli süsteemis (1 – puudusele viitavaid sümptomeid ei ole; 2 – sümptomid esinevad ainult üksikutel taimedel; 3 – sümptomid on valdaval osal taimedest).

Biomassi saaki määrati katse kestel 4 korda, 30 päevaste kasvuperioodide järel. Taimed lõigati nõudelt kääridega 2 cm kõrguselt mullapinnast. Biomass kaaluti, kuivatati õhukuivaks ja kaaluti uuesti. Kaalutiste vahe põhjal arvutati biomassi kuivainesisaldus. Seejärel proovid jahvatati veskiga Retch GM 200 peeneks ja neis määrati N, P, K, Ca ja Mg sisaldus. Selleks proov esmalt tuhastati väävelhappega (OAC, 1990) ja seejärel määrati P, K, Ca ja Mg sisaldus aatomemissioon spektromeetriga (MP-AES 4100, Agilent, Santa Clara, CA, USA) ja N_{uld} sisaldus CNS elementanalüsaatoriga (Elementar, Germany).

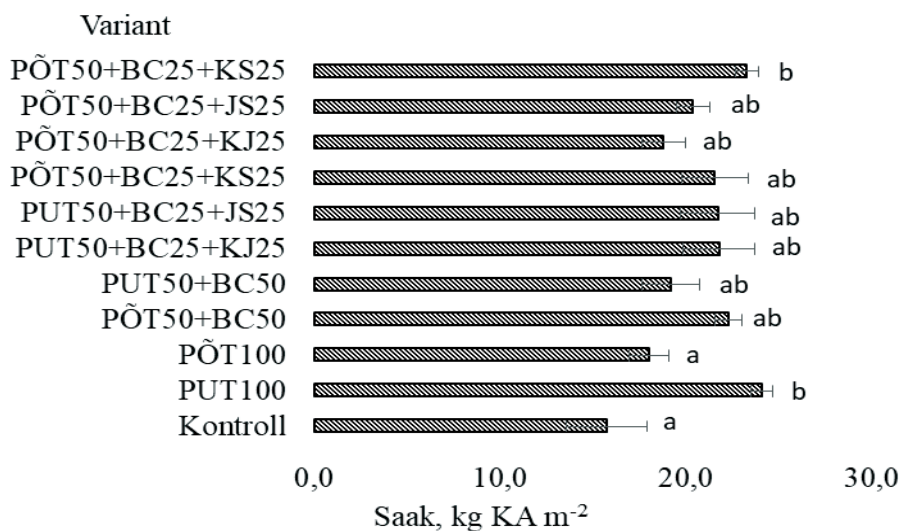
Mulla keemilist koostist määrati katse alguses ja lõpus. Katse alguses võeti proov mullast enne selle lüsimetritesse panemist. Katse lõpus võeti mullpuuriga proovid igast lüsimetrist 0–10 cm ja 10–30 cm sügavuselt. Proovid kuivatati, sõeluti läbi 2 mm avaga sõela ja neis määrati mulla pH_{KCL} ja taimedele omastatava P, K, Ca ja Mg sisaldus. Mulla pH_{KCL} määrati pH-meetriga KCl lahusest (SevenCompact, Mettler Toledo, Mississauga, Canada) (mulla ja 1M KCl vahekord 1:2.5) ja P, K, Ca ja Mg sisaldus ammooniumlaktaatmeetodil (Egner et al., 1960). Elementide sisaldused määrati mikroplasma aatomemissioon spektromeetriga (MP-AES 4100, Agilent, Santa Clara, CA, USA). N_{uld} ja C_{uld} sisaldus määrati Dumas meetodil CNS elementanalüsaatoriga (Elementar, Germany). Væetiste toitainete sisalduse määramine toimus analoogselt mullaga. Katses võrreldud væetiste mõju usutavust hinnati 95%-lisel olulisusnivool ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga (ANOVA, post hoc Tukey test). Væetisega mulda viidud ja taimede poolt omastatud elemendi koguse vahelise seose uurimiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonikordajat. Katseandmete statistiliseks analüüsiks kasutati programmi STATISTICA ver. 13 (Dell Inc. 2015).

Tulemused

Maapealse biomassi saak

Taimses biomassis seotud N, P, K, Ca ja Mg kogus

Põlevkivi- ja puutuhaväetised mõjutasid ainult kõrreliste – punase ristiku taimiku I niite saaki, mis oli kontrollvariandiga võrreldes usutavalt suurem kõigis väetist saanud variantides, välja arvatud PÕT100. Nelja niite summaarne saak oli kontrollvariandiga võrreldes usutavalt suurem PUT100 ja PUT50+BS25+KS25 variandis (joonis 1). Põlevkivi- ja puutuhaväetiste mõju saagile tervikuna ei erinenud, $p > 0,05$.



Joonis 1. Põldheina nelja niite summaarne saak, kg KA m⁻² ± standardviga. Erinevate tähtedega tähistatud variantides on saak statistiliselt olulisel määral erinev ($p < 0,05$). PUT- puutuhk; PÕT- põlevkivituhk, BS- biosüsi, KS- kanasõnnik, KJ- kondijahu, JS- järvesete. Number lühendi järel näitab komponendi osakaalu (%) väetises.

Põlevkivituhaväetised suurendasid taimedel K ja puutuhaväetised N ja K omastamist ($p < 0,05$) (tabel 2). Taimed omastasid K-d puutuhaväetise variantides põlevkivituhale omadega võrreldes rohkem ($p < 0,01$). Kõige suurem oli see kogus PUT100 variandis. Teiste komponentide lisamine tuhale veidi vähendas väetise mõju taimede K toitumisele, kuid see muutus ei olnud statistiliselt oluline. Põlevkivituhk + lisandväetise variantides omastasid taimed K-d rohkem ($p < 0,01$) kui PÕT100 variandis. Lisanditest olid suurima mõjuga kanasõnnik ja biosüsi ($p < 0,05$).

Mulla pH ja liikuvate toiteelementide sisaldus katse lõpus

Põlevkivi- ja puutuhaväetiste mõju mulla pH-le oli tervikuna sarnane. Tuhale biosöe, kanasõnniku, kondijahu või järvesette lisamine ei vähendanud väetise võimet neutraliseerida mulla happesust (tabel 3).

Tabel 2. Taimede maapealses biomassis ja juurtes nelja kasvuperioodi vältel seotud P, K, Ca ja Mg kogus (nelja korduse keskmine)

Variant	Elemendi kogus, mg ± standardviga				
	N	P	K	Ca	Mg
Kontroll	426,4 ±3,51 ^a	37,8 ±5,07 ^a	303,9 ±20,98 ^a	229,1 ±54,82 ^a	161,5 ±32,87 ^a
PÕT100	457,6 ±0,59 ^a	3,95 ±3,62 ^a	400,0 ±11,84 ^b	223,6 ±18,54 ^a	167,1 ±14,67 ^a
PUT100	695,5 ±1,70 ^b	48,4 ±2,4 ^a	607,1 ±7,78 ^c	291,1 ±17,20 ^a	189,3 ±10,70 ^a
PÕT50+BS50	562,0 ±1,74 ^{ab}	41,1 ±2,20 ^a	486,5 ±17,29 ^{bcd}	286,6 ±17,15 ^a	199,9 ±3,63 ^a
PUT50+BS50	497,0 ±2,23 ^{ab}	42,9 ±2,86 ^a	551,9 ±23,61 ^{cde}	212,1 ±20,06 ^a	131,5 ±12,42 ^a
PÕT50+BS25+KS25	538,9 ±1,15 ^{ab}	44,6 ±3,41 ^a	471,7 ±17,59 ^{bc}	272,0 ±32,90 ^a	211,1 ±37,31 ^a
PUT50+BS25+KS25	615,6 ±2,51 ^{ab}	50,9 ±1,69 ^a	575,6 ±14,58 ^{de}	298,8 ±15,05 ^a	189,1 ±6,55 ^a
PÕT50+BS25+KJ25	482,2 ±6,25 ^a	39,8 ±3,08 ^a	427,9 ±11,26 ^b	228,6 ±29,94 ^a	159,7 ±13,24 ^a
PUT50+BS25+KJ25	558,8 ±6,87 ^{ab}	51,9 ±3,40 ^a	574,6 ±32,92 ^{de}	235,3 ±35,62 ^a	176,8 ±10,86 ^a
PÕT50+BS25+JS25	548,9 ±6,56 ^{ab}	39,7 ±0,86 ^a	442,1 ±15,80 ^b	274,6 ±25,92 ^a	180,9 ±7,01 ^a
PUT50+BS25+JS25	603,6 ±7,81 ^{ab}	49,9 ±3,44 ^a	562,8 ±14,71 ^{de}	264,7 ±40,33 ^a	216,3 ±15,08 ^a

Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust $p < 0,05$ variantide vahel. PÕT- põlevkivituhk; PUT – puutuhk; BS- biosüsi; KS- kanasõnnik; KJ-kondijahu; JS-järvesete. Number lühendi järel, näitab komponendi osakaalu (%) väetises.

Liikuvatest toiteelementidest erines katse lõpus mullas ainult P-sisaldus, mis oli suurem puutuhaväetise variantides ($p < 0,05$). Nii põlevkivi- kui ka puutuhale biosöe, kanasõnniku, kondijahu või järvesette lisamine ei suurendanud ega ka vähendanud väetise mõju mulla P, K, Ca ja Mg sisaldusele. $N_{\text{üld}}$ sisaldus mullas ei erine, kuid $C_{\text{üld}}$ sisaldus oli kontrollvariandiga (0,92%) võrreldes suurem ($p < 0,05$) PÕT50+BC50 (1,1%), PÕT50+BC25+KJ25 (1,08%) ja PÕT50+BC25+JS25 (1,1%) variandis. Väetised mõjutasid mulla pH-d, liikuvate toiteelementide ja C-sisaldust ainult ülemises 0–10 cm kihis ($p < 0,05$).

Tabel 3. Mulla pH ja laktaatlahustuva P, K, Mg ning Ca sisaldus 0–10 cm mullakihi katse lõpus

Variant	pH	Elemendisaldus, mg 100g ⁻¹ ± standardviga			
		P	K	Ca	Mg
Kontroll	6,4 ± 0,08 ^a	1,1 ± 0,34 ^a	3,7 ± 0,41 ^a	78,4 ± 3,14 ^a	15,6 ± 0,64 ^a
PÕT100	7,0 ± 0,27 ^{ab}	0,8 ± 0,20 ^a	4,0 ± 0,19 ^a	111,7 ± 12,95 ^a	18,3 ± 1,16 ^a
PUT100	7,3 ± 0,29 ^b	9,9 ± 5,27 ^b	17,2 ± 9,09 ^a	247,4 ± 102,6 ^a	33,4 ± 11,16 ^a
PÕT50+BS50	7,3 ± 0,07 ^b	1,3 ± 0,25 ^a	4,4 ± 0,62 ^a	133,3 ± 12,41 ^a	22,4 ± 1,18 ^a
PUT50+BS50	7,4 ± 0,09 ^b	4,0 ± 0,41 ^{ab}	9,0 ± 1,05 ^a	150,0 ± 14,7 ^a	23,6 ± 1,41 ^a
PÕT50+BS25+KS25	7,4 ± 0,14 ^b	1,9 ± 0,14 ^a	5,5 ± 0,56 ^a	145,4 ± 22,62 ^a	22,7 ± 1,61 ^a
PUT50+BS25+KS25	7,1 ± 0,15 ^{ab}	2,8 ± 0,48 ^{ab}	5,8 ± 0,18 ^a	122,8 ± 9,39 ^a	20,6 ± 0,57 ^a
PÕT50+BS25+KJ25	7,2 ± 0,2 ^{ab}	4,1 ± 0,60 ^{ab}	6,7 ± 0,36 ^a	172,5 ± 23,20 ^a	25,6 ± 1,55 ^a
PUT50+BS25+KJ25	7,5 ± 0,12 ^b	4,2 ± 0,58 ^{ab}	7,1 ± 0,78 ^a	148,4 ± 18,3 ^a	22,6 ± 2,0 ^a
PÕT50+BS25+JS25	7,1 ± 0,13 ^{ab}	2,1 ± 0,18 ^{ab}	7,4 ± 0,18 ^a	184,8 ± 31,25 ^a	27,6 ± 3,77 ^a
PUT50+BS25+JS25	7,1 ± 0,14 ^{ab}	2,2 ± 0,24 ^{ab}	6,3 ± 0,45 ^a	126,0 ± 6,53 ^a	20,5 ± 0,77 ^a

Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel. PÕT- põlevkivituhk; PUT –puutuhk; BS- biosüsi; KS- kanasõnnik; KJ-kondijahu; JS-järvesete. Number lühendi järel, näitab komponendi osakaalu (%) väetises.

Arutelu

Põlevkivi- ja puutuhk on oma taimetoiteainete (kvalitatiivse) sisalduse poolest erinevad materjalid. Põlevkivituhk on rikas Ca poolest, mille kõrval on vähesel määral veel K-d, Mg-d ja S-i (Järvan, Järvan, 2010). P ja mikroelementide (Cu, Br, Mn) sisaldus on põlevkivituhas väike (Ots *et al.*, 2019). Puutuhk on toiteelementide koostiselt mitmekesisem ja nende sisaldus on seal suurem (Järvan, Järvan *et al.*, 2010). Selles katses kasutatud puutuhas oli põlevkivituhaga võrreldes märgatavalt enam liikuvat K-d ja P-d ning vähemal määral ka Mg-d. Ainult Ca-d oli rohkem põlevkivituhas. Väetistes tuha lisandina kasutatud biosüsi erines tuhkadest suurema liikuva P, K ja Mg sisalduse poolest. Kanasõnnik, kondijahu ja järvesete valiti väetise komponendiks, sest varasemates katsetes on need olnud taimedele head P allikad (Williams, 2013; Kiani *et al.*, 2021; Kumar, Panda, 2019). Väetiste keemiline analüüs näitas, et nimetatud lisanditest oli väetise toiteelementide sisaldusele oluline mõju

ainult biosöel. Põlevkivituhaväetistest oli suurima P, K ja Mg sisaldusega väetis, kus põlevkivituhk oli pooleks biosöega (tabel 1). Kui biosöe osakaalu vähendati 25% võrra ja asemele võeti kondijahu või järvesete, siis toielementide sisaldus väetises vähenes. Kanasõnniku lisamine suurendas P-sisaldust, kuid vähendas K, Ca ja Mg oma. Sarnane mõju oli biosöel, kanasõnnikul, kondijahul ja järvesetel ka siis kui neid lisati puutuhale. Erinevus oli vaid Ca-s, mida biosöe lisamine suurendas ja P-s, mille sisaldust kanasõnnik vähendas. Biosöe nii suur mõju väetise liikuvate toiteelementide sisaldusele on tähelepanuväärne, sest tuhk moodustas biosöe massis ainult ca 50%. Biosöe ja puutuha keemiline analüüs näitas, et kui puutuhas oli toiteelementide üldsisaldus (tulemusi ei ole esitatud) enamasti suurem, siis biosöes oli rohkem toiteelemente liikuvast vormis. Erandiks oli Ca, mille nii üld- kui ka taimele omastatav sisaldus oli suurem puutuhas ja K, mida oli rohkem biosöes. Katses kasutatud biosüsi saadi hakkepuidu gaasistamisel Green Fuel Energy (GFE) koostootmiseseadmes ca 1000° C juures. Biosüte tuhasus ja liikuvate toiteelementide sisaldus tuhas varieerub sõltuvalt tootmistemperatuurist ja toorainest suurtes piirides (Sohi *et al.*, 2009; Verheijen *et al.*, 2010), mistõttu ei ole see tulemus otse teistele sütele üle kantav, kuid näitab, et suure tuhasisaldusega biosüsi sobib hästi tuha kõrval väetises kasutamiseks, sest lisaks C-le rikastab see väetist ka toiteelementidega.

Väetised suurendasid taimedel kõige rohkem K omastamist, mida ka viidi nendega mulda kõige rohkem. Suurim mulda viidud ja taimede poolt omastatud K kogus oli puutuhaväetiste kasutamisel, mis sarnaselt mitme varasema uuringuga (Ohno, Erich, 1990; Demeyer *et al.*, 2001; Raave *et al.*, 2015) näitab, et puutuhas on palju K-d, see vabaneb sealt kergesti ja on taimedele hästi omastatav. Kõik katses olnud puutuhaväetised suurendasid taimedel K omastamist, kuid usutavat seost nendega mulda viidud ja sealt taimede poolt omastatud K koguse vahel ei olnud. See osutab võimalusele, et puutuhaväetisega viidi mulda K-d isegi rohkem kui taimed seda omastada suutsid.

Põlevkivituhaväetistega mulda antud K kogus oli väiksem ja erinevused väetiste vahel suuremad. K kogus sõltus peamiselt tuha lisandist, sest tuha enda K-sisaldus oli väike. Põlevkivituhaväetise variantides esines positiivne seos ($r = 0,64$, $p < 0,05$) mulda viidud ($86\text{--}338 \text{ kg K ha}^{-1}$) ja taimede poolt omastatud K koguse vahel, mis näitab, et kõigis variantides väetisega mulda viidud K kogus taimede K-tarvet täielikult ei rahuldanud.

P omastamist põlevkivi- ja puutuhaväetised taimedel ei suurendanud. Väetistega viidi mulda $0,32\text{--}2,39 \text{ g P m}^{-2}$, kuid seos mulda viidud ja omastatud P koguse vahel oli nõrk ($r = 0,48$, $p < 0,05$). Esimesel kahel kasvuperioodil, esines kõigis variantides taimede lehtedel punakaid laike, mis osutasid P puudusele. Järgmisel kahel kasvuperioodil oli neid vähem, kuid päris ära ei kadunud need kuni katse lõpuni. Varasematest uuringutest on teada, et vaid väike osa puutuhas sisalduvast P-st on taimele omastatav (Demeyer *et al.*, 2001; Augusto *et al.*, 2008). Käesolev uuring näitas, et P omastamist ei suurenda ka tuhale P-rikka kanasõnniku, kondijahu või järvesette lisamine. Siiani tehtud uuringute põhjal vabaneb P kanasõnnikust kergesti (Sarvi *et al.*, 2021), järvesettes sõltub see Fe/P suhtest, mis P vabanemiseks peab olema 15st väiksem (Jensen *et al.*, 1992; Kiani *et al.*, 2021) ja ainult kondijahu puhul

märgitakse, et P vabanemine on aeglane ja seda mõjutab mulla pH (Chen *et al.*, 2011). Täpne põhjus, miks selles katses oli nende kolme mõju taimede P toitumisele ja samuti mulla liikuva P sisaldusele tagasihoidlik, ei ole selge. Võimalik, et osa väetises sisaldunud P-st liikus mullas raskesti lahustuvate ühendite koosseisu. Sellele võimalusele osutab tulemus, mis näitas, et katse lõpus liikuva P sisaldus katsevariantide mullas ei erinenud, kuigi väetisega viidi neis mulda väga erinev kogus liikutavat P-d. Varasematest uuringutest on teada, et kui mulla pH tõuseb üle 7, siis võib P moodustada Ca-ga raskesti lahustuvaid ühendeid (Penn, Camberato, 2019). Katses olid tingimused selliste ühendite tekkeks olemas, sest pärast graanuli lagunemist jäi väetis mulda väikeste kolletena, mille sees võis pH olla oluliselt kõrgem kui see oli mullal ja kõik väetised sisaldasid ka liikutavat Ca-d. Väetise kollete kõrge pH võis olla ka ise põhjuseks, miks taimed sealt P-d ei omastanud. Varasem katse biosöe pelletitega näitas, et need pelletid, mille pH oli $10,1 \pm 1,8$ olid juurtega koloniseeritud märgatavalt vähem kui need, mille pH oli 6,1 (Raave *et al.*, 2018). Selle katse likvideerimisel võis samuti näha, et väetisekollete sees oli taimede juuri vähem kui neid ümbritsenud mullas. Selle probleemi lahenduseks võib olla mulla segamine pärast graanulite lagunemist ja samuti graanuli suuruse vähendamine. Mõlemad võtted tagaksid väetise suurema hajutatuse mullas. Selle hüpoteesi paikapidavust on vaja edaspidi uurimistöös kontrollida.

Katses kasutatud väetistel puudus usutav mõju ka taimede Ca ja Mg toitumisele, mille põhjuseks võib olla väetiste suur K-sisaldus. Ca, Mg ja K on antagonistid, kus ühe toiteelemendi liiga suure osakaalu korral kahe teise omastamine väheneb (Loide, 1999). Katse jooksul muutus nii põlevkivi- kui puutuha väetise variantide mullas liikuva Ca/K suhe oluliselt laiemaks ja K/Mg oma kitsamaks, mis näitab, et taimed omastasid K- d võrreldes Mg ja Ca-ga rohkem, kuid usutavat seost mulda viidud K ja taimede poolt omastatud Ca ja Mg koguse vahel ei olnud. Tulemuste statistiline analüüs näitas, et Ca omastamine oli nõrgas positiivses korrelatsioonis P omastamisega ($r=0,34$ $p < 0,005$), mis osutab juba eespool märgitud võimalusele, et P ja Ca võisid omavahel moodustada raskesti lahustuvaid ühendeid, mille tõttu nende mõlema omastatavus taimedele vähenes.

Väetiste mõju kõrreliste – punase ristiku taimiku saagile oli väike. Kümnest võrreldud väetisest suurendasid usutavalt saaki ainult kaks (PUT100 ja PUT50+BS25+KS25). Ilmselt oli selle põhjuseks mulla happesus, mis kraanivees sisaldunud Ca tõttu vähenes märgatavalt ka kontrollvariandis ja seetõttu muutusid mullas sisaldunud toiteelemendid ka seal taimedele paremini omastatavaks. Kontrollvariandis võrdsustus saak teiste variantide omaga alates teisest niitest, mistõttu võib arvata, et mulla pH tõus toimus seal väetist saanud variantidega võrreldes aeglasemalt. Vaatamata teistest väiksemale I niite saagile oli nelja niite kokkuvõttes biomassi saak ka kontrollvariandis kõrge, mis näitab suurt toiteelementide varu mullas, mis seletab väetiste tagasihoidlikku mõju saagile.

Kokkuvõte ja järeldused

Biosõe, kanasõnniku, kondijahu ja järvesette lisamine andis suurema efekti põlevkivituha puhul, kus selle tulemusena toiteelementide sisaldus oluliselt suurenes. Puutuhas oli toiteelementide kontsentratsioon juba algselt kõrge, mistõttu oli seal nende mõju väiksem. Võrreldud neljast lisandist suurendasid väetise toiteelementide sisaldust kõige rohkem biosüsi ja kanasõnnik.

Põlevkivi- ja puutuhaväetised vähendasid mulla happesust ja suurendasid taimedel K ja puutuhaväetised ka N omastamist. Väetistes sisaldunud P oli taimedele halvasti omastatav, mis võis olla tingitud sellest, et pärast graanulite lagunemist jäi väetis mulda kolletena. Edaspidistes uuringutes tuleks selgitada, kas P omastamine suureneb kui pärast graanulite lagunemist väetis ühtlasemalt mulda segada.

Kolmest komponendist koosnenud väetiste toiteelementide sisaldus ja mõju taimede toitumisele ning saagile ei olnud enamasti suurem kui väetisel, mis koosnes ainult tuhas ja biosöest. Selle põhjuseks oli katses kasutatud biosõe teistest väetise komponentidest suurem liikuvate toiteelementide sisaldus. Sellest järelduvalt tuleks edaspidi tootmise kõrvalproduktide põhiste väetiste retseptide koostamisel lähtuda komponentide liikuvast toiteelementide sisaldusest ja võtta segusse ainult need, mis väetise toiteelementide sisaldust suurendavad.

Tänuavaldused

Uuring on teostatud Eesti Maaülikooli arengufondi projekti “Biojäätmest kõrge lisandväärtusega toodeteni” – ning Põllumajandusfondist (EAFRD) ja Eesti maaelu arengukava (MAK) 2014–2020 Innovatsiooniklastri meetme tegevuskava nr 616118790017 (MTÜ Põllukultuuride klaster) toetusel.

Kasutatud kirjandus

- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the AOAC **15th** ed.
- Augusto, L., Bakker, M.R., Meredieu, C. 2008. Wood ash applications to temperate forest ecosystems – potential benefits and drawbacks. – *Plant Soil*, **306** (1–2): 81–198.
- Chen, L., Kivela, J., Helenius, J., Kangas, A. 2011. Meat bone meal as fertilizer for barley and oat. – *Agric. Food Sci*, **20**: 235–244.
- Dell Inc. 2015. Dell Statistica (data analysis software system), version 13. software.dell.com.
- Demeyer, A., Nkana, J. C. V., Verloo, M., G. 2001. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. – *Bioresource Technology*, **77**: 287–295
- Füzesi, I., Heil, B., Kovacs, G. 2015. Effects of Wood Ash on the Chemical Properties of Soil and Crop Vitality in Small Plot Experiments. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, **11**: 55–64
- Jensen, H.S., Kristensen, P., Jeppesen, E., Skytthe, A. 1992. Iron: phosphorus ratio in surface sediment as an indicator of phosphate release from aerobic sediments in shallow lakes. – *Hydrobiologia*, **235** (1): 731–743
- Järvan, M., Järvan, U. 2010. Muldade lupjamine. Eesti Maaviljeluse Instituut. Saku. 116 lk.
- Egner, H., Riehm, H., Domingo, W. R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden, II. Chemis-

- che Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. – *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*, **26**: 199–215.
- Kiani, M., Raave, H., Simojoki, A., Tammeorg, O., Tammeorg, P. 2021. Recycling lake sediment to agriculture: Effects on plant growth, nutrient availability, and leaching. – *Science of Total Environment*, **753**, article number 1419847.
- Kumar, A., Panda, A. 2019. Bone meal: An Organic Soil Amendment. – *Biomolecule Reports*, **8**: 38 p.
- Loide V. 1999. Liikuv kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi sisaldusest ning nende omavahelistest suhetest mullas. – *APS Toimetised*, **9**: 67–70
- Ohno, T., Erich, M.S. 1990. Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **32**: 223–239.
- Ontl, T. A., Schulte, L. A. 2012. Soil Carbon Storage. – *Nature Education Knowledge* **3** (10):35
- Ots, K. 2019. Põlevkivi- ja puutuha kasutamine parandab jääksoos puude kasvu. – *Põlevkivi Uudiskiri*, **22**.
- Penn, C.J., Camberato, J.J. 2019. A Critical Review on Soil Chemical Processes that Control How Soil pH Affects Phosphorus Availability to Plants. – *Agriculture*, **9** (6): 120.
- Pitk, P., Raave, H., Ots, K. 2016. Puidutuha väärindamise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksväetisena põllumajanduses ja metsanduses aruanne. – KIK-i projekt nr 10053 aruanne. Eesti Maaülikool, Tartu.
- Raave, H., Kauer, K., Keres, I., Selge, A., Tampere, M., Viiralt, R. 2015. Biomassituhk sobib põllule väetiseks. – *Agronoomia* **2015**, lk 28–33.
- Raave, H., Escure, J., Shanskiy, M. 2018 Luhaheinast toodetud biosöe omadused, mõju mulale ja karjamaa raiheina biomassi saagile. – *Agronoomia* **2018**, lk 171–185
- Sarvi, M., Hagner, M., Velmala, S., Soinne, H., Uusitalo, R., Keskinen, R., Ylivainio, K., Kaseva, J., Rasa, K., 2021. Bioavailability of phosphorus in granulated and pyrolyzed broiler manure. – *Environ. Technol. Innov*, **23**, article no 101584
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., Bol, R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. – *CSIRO Land and Water Science Report* 05/09.
- Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., Velde, M., Diafas, I. 2010. Biochar Application to Soils Effects on Soil Properties, Processes and Functions. – *JRC Scientific and Technical Reports*.
- Williams, C., M. 2013. Poultry waste management in developing countries. Poultry development review, FAO, 50–51
- WRB, 2014. World reference base for soil resources. – *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, 187–189.

Ratassõidukite efektiivne veojõud haritavatel maadel

Kersti Vennik¹, Tõnu Tõnutare²

¹Kaitseväge Akadeemia strateegia- ja innovatsiooni õppetool

²Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mullateaduse õppetool

Abstract. Vennik, K., Tõnutare, T. 2022. Net traction of wheeled vehicles on agricultural land. – Agronomy 2022.

Off-road vehicles like agricultural, forestry or military vehicles, have to travel over unprepared soil surface and thus, the movement capability depends on soil shear strength conditions. For successful travel or working conditions the highest traction possible is needed. Part of the gross traction developed due to running wheel and soil interaction is wasted for overcoming the motion resistance. Remaining force is called net traction. The subject of this study was the net traction of agriculturally used land of Estonia developed under wheeled vehicle. In addition, the capability of basic gross traction calculation model which obeys Mohr-Coulomb soil failure criterion was evaluated. All together, 14 experiments were carried out on different soil types in year 2013–2015, during wet (November) and dry (July, August) periods. The test vehicle had total weight of 226,6 kN and inflation pressure of the tires were 600 kPa. Experimental sites covered variable soil conditions: from peat to loam soil. Net traction for dry period at sites with low grass cover (height up to 0,2 m) yielded values in range of 110,6–160,7 kN. For wet period the net traction values were lower: in range of 30,3–81 kN. The model predicted net traction adequately for dry period and for sites with low grass cover. For wet period and sites with high grass cover the values were overestimated. In the future, the model prediction capability for lighter vehicles with lower contact pressure should be investigated.

Keywords: gross traction, net traction, soil shear strength, vegetation.

Sissejuhatus

Maastikul liikuvate sõidukite - põllumajandustraktorite ja -veokite, metsatöömasinate, kaitseväge soomukite, päästemasinate jne, jaoks on kriitilise tähtsusega liikumist toetava mullapinna seisund. Erinevalt ettevalmistatud teedest on põldudel, rohumaadel, metsades pinnaseolud ebaühtlasemad ja pigem nõrgemad. Masinate liikumisvõimalusi maastikul kirjeldatakse mulla kandevõime ning veojõu genereerimise võimekuse kaudu. Mulla kandevõime seostub mulda vajumisega ning selle tulemusena kujunevate roobastega (Bekker, 1960). Mida sügavamad on roopad, seda suurem on masina liikumist takistav jõud (Kurjenluoma *et al.*, 2009). Veojõud, mida genereerib liikuv ratas vastasmõjus mullapinnaga, on otseselt vajalik sõiduki edasi liikumiseks (Wong, Huang, 2006). Täpsemalt tuleb siin eristada mulla nihketugevusest sõltuvat veojõudu ja masina efektiivset veojõudu, mida nimetatakse sõiduki tõmbevõimeks. Efektiivne veojõud leitakse veojõu ja masina liikumise takistusjõu vahena (Bekker, 1960). See tähendab, et kui masina liikumisel tekkiv takistusjõud on väike, siis veojõud ning efektiivne veojõud on võrdsed. Üldiselt: mida suurem on mullaga koosmõjul kujunev sõiduki efektiivne veojõud, seda paremad on selle liikumise võimalused, aga ka näiteks võimekus vedada enda järel erinevaid seadeldisi, n atrasid, niidukeid, kultivaatoreid jne.

Ratassõiduki efektiivne veojõud sõltub sõiduki massist, ratta parameetritest, aga ka mulla tihedusest, lõimisest, niiskusesisaldusest, orgaanilise aine sisaldusest, taimkattest (Kumar, Tewari, 2021; Taheri *et al.*, 2015; Shoop *et al.*, 2015). Reeglina on veojõud väiksem madalama lasuvustihedusega, märgades ja suure orgaanilise aine sisaldusega muldades. Haritavate maade puhul võib pigem eeldada põlluharimise tulemusena kujunenud ühtlustatud mullatingimusi, kus lasuvustihedus on kõrge ja orgaanilise aine sisaldus madal. Maastikul mõõdetakse efektiivset veojõudu sõidukite vedamise katsega, kus testitav sõiduk veab massilt raskemat masinat ning vedamiseks kuluvat jõudu mõõdetakse dünamomeetriga (Parker *et al.*, 2021). Veojõu puhul sõltub selle suurus libisemises astmest. Sõiduki või ratta libisemist defineeritakse kui sõiduki tegeliku liikumise kiiruse ja rattale antud kiiruse erinevust (Wong, 2008) ja täiemahuliste läbitavuse katsetuste puhul fikseeritakse eraldi libisemise-veojõu suurused (Parker *et al.*, 2021). Esmase hinnangu andmiseks mulla mehaanilistele omadustele võib piirduda ka kindla libisemise astme juures, n 100% libisemise juures mõõtmiste tegemisega, mille puhul mulla efektiivne veojõud on suurim.

Arvutuslikult on maksimaalne efektiivne veojõud 100% libisemise juures leitav valemiga, mis baseerub Mohr-Coulomb teooriale (Wong, 2008):

$$F_{max} = Ac + W \tan \varphi, \quad (1)$$

kus A on maapinnaga kontaktis oleva rehvi pindala (m^2), W on sõiduki normaalkoormus (N), c ja φ on vastavalt mulla mehaanilised parameetrid: sidusus (kPa) ja sisehõõrdenurk ($^\circ$). Sidusus on saviosakestele omane jõud, mis seob osakesi. Hõõrduvate mullaosakeste, liiva- ja tolmuterade, hõõrdumise suurust kirjeldatakse sisehõõrdenurgaga. C ja φ mõõtmiseks laboratoorselt kasutatakse nihkepinge masinat (Hillel, 1998). Selleks survestatakse mullaproovi erinevate normaalkoormustega ning nihutatakse seadmesse fikseeritud mullaproov pooleks, lõpptulemusena fikseeritakse maksimaalne nihketugevus, mida muld nihutamisel avaldab. Normaalkoormuse ja nihkepinge graafikutelt määratakse sidususe ja sisehõõrdenurga väärtused.

Kuna efektiivse veojõu suurus määratleb maastikumasinate liikumisvõimalused üldiselt, aga ka kütusesäästlikuks majandamiseks vajalikud töövõtted, optimaalse liikumise kiiruse valiku ning traktorite jt masinate poolt veetavate töövahendite kasutamise võimalused (Kumar, Tewari, 2021), on nimetatud suurus käesoleva uurimuse fookuses. Teadaolevalt senini veojõu väärtusi Eesti muldadel detailsemalt uuritud ei ole. Käesoleva uurimuse eesmärgiks on mõõta haritavatel maadel ratassõiduki all kujunevat efektiivset veojõudu erinevatel mullaliikidel ning võrrelda saadud väärtusi nihkepinge seadmega mõõdetud parameetrite alusel arvutatud tulemustega.

Materjal ja metoodika

Mõõtmised viidi läbi aastatel 2013–2015 nii sügis- kui suveperioodil, kokku 14 haritaval maal: põllumaal ja niidetavalt rohumaal. Katsemasinaks oli 3-teljeline ratassõiduk kogumassiga 226,6 kN (23 t). Katsete ajal oli rehvirõhk 600 kPa. Sõiduki kõikide rehvide kontaktala mõõdeti kõval aluspinnal. Veojõu fikseerimiseks vedas katsemasin teist sõidukit kogumassiga 274,7 kN ning maksimaalne tõmbejõud fikseeriti dünamomeetriga Dillon Communicator Dynamometer. Katsetused viidi läbi tasasel alal ning ühes katsekohas minimaalselt viies korduses. Katsekohas fikseeriti taimkatte kõrgus ja masinkatsetuse järel mõõdeti roopa sügavus ratta 100% libisemise asukohas.

Mullaproovid koguti otse maapinnalt silindritega (kõrgus 3 cm, diameeter 10 cm) 12 korduses igas mõõdukohas. Veesisalduse säilitamiseks hoiustati mullaproove külmruumis, temperatuuril +4°C. Lisaks koguti eksperimentide käigus mulda lõimise ning orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisalduse määramiseks kuni 7 cm kihist. C_{org} sisaldus määrati laboris Tjurini järgi. Mullaproove ei olnud võimalik koguda 2013 a. novembris Dg sl mullalt, kuna muld oli kaetud mõne sendimeetri paksuse veekihiga. Nihkepinge seadmes koormati kogutud mullaproove normaalsurvetega 53, 100, 300 ja 500 kPa ning nihutamise kiiruseks oli 2 mm/min. Normaalsurvetega-maksimaalse nihkepinge graafikult määrati sidususe ja sisehõrdenurga väärtused ning nende põhjal arvutati kasutades valemit 1 efektiivsed veojõu väärtused.

Tulemused ja arutelu

Eksperimendialade muldade parameetrid on toodud tabelis 1. Muldade savisisaldus jäi vahemikku 4–41%, C_{org} sisaldus oli 0,3% ja 20,5% vahel. Katsemuldade lasuvustihedused niidetavatel rohumaadel olid pigem madalad: 0,19–1,19 g cm⁻³, seejuures eriti madala turvasmuldadel: 0,19–0,61 g cm⁻³, põllumaal aga kõrgem: 1,22 g cm⁻³. Seega valimis on esindatud nii tihedad, orgaanikavaesed põllud kui ilmselt mõnda aega söödis seisnud „kohevamad“ rohumaad nii hõrduval kui sidusamal mullamaterjalil.

Tabel 1. Eksperimendiala muldade (mullakihis 0–7 cm) füüsikalised ja mehaanilised parameetrid

Mullaliik, lõimis*	C _{org} , %	Liiv, %	Tolm, %	Savi, %	BD, g/cm ³	Kaaluline niiskus, %	c, kPa	φ, °
Nov. 2013 Kagu-Eesti põllumaad								
Dg, sl/l	1,2	62,1	31,1	6,8	1,22	23,6	7,7	33,5
Dg, sl	0,3	73,9	18,0	8,1	-	-	-	-
Juul. 2014 Kesk-Eesti niidetavad rohumaad								
Kg, r ₁ ls ₂ 30/r ₄ ls ₁	3,9	36,7	53,2	10,1	0,62	60,3	8,3	34,3
Nov. 2014, Kirde-Eesti niidetavad rohumaad								
M', t ₃ 30-50/liiv	18,8	-	-	-	0,38	129,9	11,5	30,0
M', t ₃ 30-40/pl	5,1	-	-	-	0,61	70,2	14,5	28,4
Go, v ₁ ls ₁ 50-80/r ₁ ls ₂	4,4	67,1	23,1	9,8	0,76	57,2	32,7	28,6
Ko, k ₁ ls ₁ 50/r ₁ ls ₁	1,2	58,2	31,5	10,3	1,19	37,0	38,0	30,7
Kog, k ₁ ls ₁ 50/r ₁ ls ₁	2,4	49,4	37,4	13,2	1,08	47,3	38,1	30,8
Aug. 2015, Kirde-Eesti niidetavad rohumaad								
Kg, r ₁ ls ₂ 20-35/r ₃ ls ₂ 10-20/p	7,3	13,4	45,7	40,9	0,54	42,9	63,1	24,2
Go1, t ₃ 20, r ₁ ls ₂ 35-50/p	12,6	14,0	47,7	38,3	0,39	100,8	27,6	25,6
GI, pl	4,6	68,1	23,9	8,0	0,58	65,8	12,2	26,0
LkIIg pl	3,8	81,4	14,6	4,0	0,54	6,6	20,2	26,1
LPg, tsl	1,0	44,5	47,1	8,4	0,55	23,8	21,4	30,0
M ^{'''} , t ₃ 100	20,5	-	-	-	0,19	100,6	24,5	21,8

* määratud 1:10 000 Eesti mullakaardilt

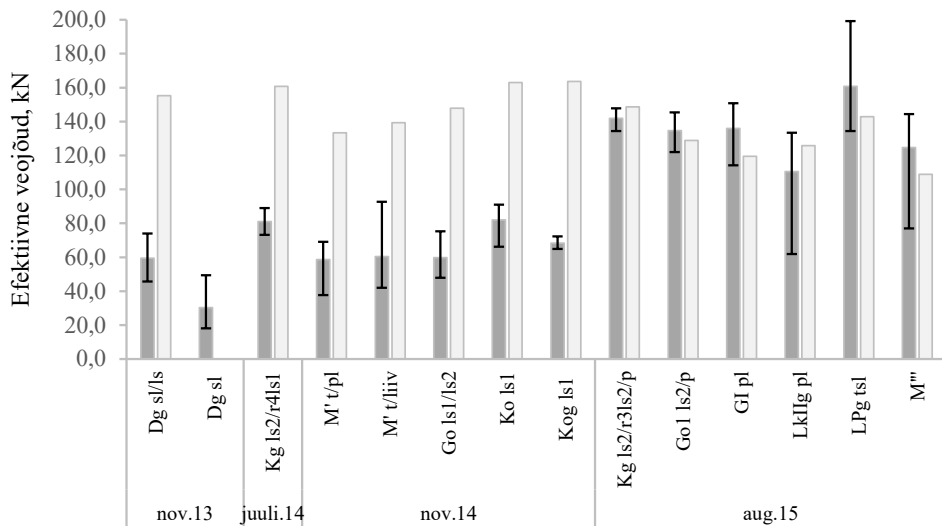
Liiv (2–0,063 mm), tolmu (0,063–0,002 mm), savi (<0,002 mm)

Katsemasina rehvide kontaktalade suurused jäid vahemikku 0,120 kuni 0,127 m², kokku oli kuue rehvi kontaktala kogupindala 0,744 m². Arvutuslikult on seega katsesõiduki keskmiseks kontaktsurveks 304,6 kPa. Eksperimentide käigus fikseeritud roopasügavused ja taimkatte kõrgused on toodud tabelis 2 ning mõõdetud nagu ka arvutatud efektiivsed veojõu väärtused on näha joonisel 1.

100%-lise libisemise puhul kujunesid sügavamad roopad turba- ja gleimuldadel, aga ka vee alla oleva mulla puhul (tabel 2). Toetudes Saarilahti (2002) tulemustele saab väita, et sõidukite liikumise takistust suurendavad oluliselt roopad, mille sügavus on suurem kui 0,1 m.

Tabel 2. Eksperimendimuldadel mõõdetud roopasügavused 100% libisemise jäljes ning katsekohtade taimkatte maksimaalse kõrguse hinnang

Mullaliik, lõimis	Roopa sügavused, m	Taimkatte kõrgus
Nov. 2013 Kagu-Eesti põllumaad		
Dg sl/ls	0,04 – 0,06	Paljas mullapind
Dg sl	0,09 - 0,21	Paljas mullapind
Juul. 2014 Kesk-Eesti niidetavad rohumaad		
Kg, r ₁ ls ₂ 30/r ₄ ls ₁	0,06-0,10	Taimede kõrgus üle 1,5 m
Nov. 2014, Kirde-Eesti niidetavad rohumaad		
M', t ₃ 30-50/liiv	0,20 - 0,23	Taimede kõrgus üle 1,5 m
M', t ₃ 30-40/pl	0,12-0,16	Taimede kõrgus üle 1,5 m
Go, v ₁ ls ₁ 50-80/r ₁ ls ₂	0,10-0,14	Taimede kõrgus üle 1 m
Ko, k ₁ ls ₁ 50/r ₁ ls ₁	0,08-0,10	Taimede kõrgus üle 1,5 m
Kog, k ₁ ls ₁ 50/r ₁ ls ₁	0,08-0,14	Taimede kõrgus üle 1,5 m
Aug. 2015, Kirde-Eesti niidetavad rohumaad		
Kg, r ₁ ls ₂ 20-35/r ₃ ls ₂ 10-20/p	0,06-0,07	Taimede kõrgus 0,1 m
Go1, t ₃ 20, r ₁ ls ₂ 35-50/p	0,07-0,16	Taimede kõrgus 0,1 m
GI, pl	0,11-0,28	Taimede kõrgus 0,1 m
LkIIg pl	0,10-0,22	Taimede kõrgus 0,1 m
LPg, tsl	0,09-0,11	Taimede kõrgus 0,1 m
M''', t ₃ 100	0,15-0,23	Taimede kõrgus 0,2 m

**Joonis 1.** Mõõdetud ja arvutatud veojõu väärtused kogumassiga 226,6 kN 3-teljelise ratassõiduki all 100%-lise libisemise puhul. Vertikaaljoontega on esitatud mõõdetud veojõu maksimaalne ja miinimum väärtus

Kasutatud eksperimentidemasina all mõõdeti suurimad efektiivse veojõu väärtused, vahemikus 110,6–160,7 kN, augustis 2015 Kirde-Eesti rohumaaadel. Maksimaalseks veojõu teguriks ehk haardeteguriks (veojõud jagatud sõiduki massiga) maastikul loetakse 0,8 (Wong, 2008). Antud testaladel küündisid need 0,7. Seega suvistes tingimustes on väärtused siinsetel rohumaaadel maksimumilähedased. Seejuures kujunesid M^{III}, GI, LkIIg muldadel arvestatava sügavusega roopad (tabel 2) ning liikumistakistuse ületamise arvelt on mulla enda veojõud veelgi kõrgem kui efektiivne veojõud. Kõige madalam veojõud: keskmiselt 30,3 kN, mõõdeti savi-liivase lõimisega Dg mullal novembris 2013 veelombis. Veega küllastunud mullapinnal oli seega haardeteguri suuruseks vaid 0,13. Samal ajahetkel, küll kuivemal mullapinnal (Dg muld sl/lis lõimisega), oli veojõu väärtus samuti madal – 59,4 kN, haardeteguriks 0,26. Ka 2014 a. juulis, novembris mõõdetud tulemused oli madalamad, jäädes vahemikku 58,6–81 kN. Kuna 2015 a. ja varasemate mõõtmiskohtade muldade füüsikalistest parameetrid (vee sisaldus, lasuvustihedus) polnud oluliselt erinevad (tabel 1), siis üheks madalamate efektiivsete veojõudude esinemise põhjuseks võib pidada kõrgema taimkatte esinemisest 2014 a. katsekohtades (tabel 2). Wieder, Shoop (2018) tõid välja taimkatte mõju olulisuse sõidukite läbitavusele. Joonisel 2 on näha, kuidas arvestatav mass rohttaimi, mille maksimaalne kõrgus küündis 1,5 m (tabel 2), on pressitud roopa põhja ja põhjustab seal ilmselt madalama veojõu kujunemist.



Joonis 2. Roopad pärast efektiivse veojõu mõõtmist nov. 2014 niidetaval rohumaal Kirde-Eestis Kog, k₁ls₁50/r₁ls₁ mullal

Tabelis 1 esitatud c ja ϕ väärtuste puhul on näha, et c variatsioon on suurem, jäädes vahemikku 7,7–63 kPa. Üldiselt savi suurem osakaal mullas suurendab sidusust, kuigi veojõu genereerimisel moodustab c tulenev komponent keskmisena vaid 12,9%

kogu veojõust. Φ väärtused jäid vahemikku 21,8–34,3°. Kui jätta kõrvale c tuleneva veojõu osa, tõuseb 1° sisehõõrdenurga suurenemisega veojõu väärtus 5,2 kN võrra.

Arvutuslikud efektiivsed veojõu väärtused (joonis 1) vastasid ligikaudu 2015 a. augustikuus mõõdetud väärtustele, teistel juhtudel ületasid aga oluliselt mõõdetud väärtusi. Ühe võimaliku põhjusena võib välja tuua veesisalduse mõju. Esiteks nihutatakse nihepinge masina all 3 cm paksust mullakihti keskelt pooleks ning seega otse mullapinnal esineva veekihi mõju ei kajastu laboris nihkepinge määramisel. Teiseks avaldub vee mõju nihutamise kiiruse kaudu, st et nihepinge aparaadis valitav suurim kiirus: 2 mm/min, on kordades aeglasem kui ratta mõju avaldumine ülesõidul. Kui ratta all ei jõua mullas esineva vesi survetsoonist selle aja jooksul eemale liikuda, siis laboritingimustes kujunevad dreenitud olud. Shoop (1993) tõi mulla maksimaalset nihepinget määravate erinevate aparaatide võrdluse tulemusena välja, et nihkepinge aparaadi all mõõdeti kõrgeimad ϕ väärtused. Võrreldes sõidukite maastikueksperimentidel ning laboratoorselt mõõdetud väärtusi, siis nt 180 kPa normaalsurve puhul määrati maastikul maksimaalne nihkepinge 75 kPa ja nihkepinge aparaadi all oli vastavaks väärtuseks 140 kPa. Madalamate normaalsurve puhul oli see erinevus väiksem, nt 100 kPa normaalsurve avaldamisel mõõdeti laboris maksimaalseks nihkepingeks ca 75 kPa, sõiduki all aga 50 kPa. Seega võib arvata, et nihkepinge aparaadi all mõõdetud tulemused võimaldavad detailsemalt prognoosida madalama rehvirõhuga ja kergemate sõidukite efektiivse veojõu väärtusi.

Kokkuvõte

Kogumassiga 226,6 kN ning 306 kPa rehvirõhuga ratassõiduki all kujunes Eesti haritavatel aladel kuivades ja vähese taimkattega oludes efektiivseks veojõuks 134,7 kN (haardeteguriks 0,7), märgades ning kõrgema taimkattega põldudel aga keskmiselt 62,4 kN (haardetegur 0,1–0,4). Käesoleva uurimuse raames läbiviidud piiratud arvu mõõtmiste põhjal võib väita, et mullaliigil ning lõimisel seejuures olulist mõju efektiivse veojõu kujunemisele ei olnud. Nihkepinge aparaadi all mõõdetud tulemusi saab seostada kuivades oludes, vähese taimkattega haritavate alade veojõu prognoosimiseks. Kõrgema taimkattega ning niiskemates oludes on eeldatavasti prognoosid paremad kergematele sõidukitele. Seega järgnevaid katsetusi tuleks läbi viia sõidukitega, mille rehvirõhk on lähedane 100 kPa.

Tänuavaldused

Uurimus valmis projekti 8-2/T12111PKML “Lahingusoomukite liikumisvõimaluste hindamine Eestis” raames. Erilised tänuavaldused Endla Reintam-ile.

Kasutatud kirjandus

- Bekker, M.G. 1960. *Off the road locomotion*. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Press.
- Kumar, A., Tewari, V.K. 2021. Analysis of suitable of traction model for sandy clay loam soils on farm use of tractor. – *Journal of Agriculture and Food Research*, **5**: 1–9.

- Kurjenluoma, J., Alakukku, L., Ahokas, J. 2009. Rolling resistance and rut formation by implement tyres on tilled clay soil. – *Journal of Terramechanics*, **46**: 267–275.
- Hillel, D. 1998. *Environmental soil physics*. Academic Press.
- Parker, M., Stott, A., Bodie, M., Frankenstein, S., Shoop, S. 2021. Vehicle mobility on highly organic soils. – *Journal of Terramechanics*, **98**: 16–24.
- SaariLahti, M., 2002. Soil interaction model. *Project deliverable D2 (Work package No. 1) of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No.QLK5-1999-00991 (1999–2002)*.
- Shoop, S.A. 1993. Thawing soil strength measurements for predicting vehicle performance. – *Journal of Terramechanics*, **30**: 405–418.
- Shoop, S.A., Coutermarsh, B., Cary, T., Howard, H. 2015. Quantifying vegetation biomass impacts on vehicle mobility. – *Journal of Terramechanics*, **61**: 63–76.
- Taheri, Sh., Sandu, C., Taheri, S., Pinto, E., Gorsich, D. 2015. A technical survey on Terramechanics models for tire–terrain interaction used in modeling and simulation of wheeled vehicles. – *Journal of Terramechanics*, **57**: 1–22.
- Wieder, W. L., Shoop, S. A. 2018. State of the knowledge of vegetation impact on soil strength and trafficability. – *Journal of Terramechanics*, **78**: 1–14.
- Wong, J.Y., Huang, W. 2006. „Wheels vs.tracks“ – A fundamental evaluation from the traction perspective. – *Journal of Terramechanics*, **43**: 27–42.
- Wong, J.Y. 2008. *Theory of ground vehicles*. 4th ed. NJ: John Wiley and Sons, Inc.

Põllukultuurid

Field crops

Lutsernisort 'Heiti'

Ants Bender

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Bender, A. 2022. Lucerne variety 'Heiti'. – Agronomy 2022.

The new variety 'Heiti', bred at the Estonian Crop Research Institute in 1994–2017, is a variegated hybrid lucerne (*Medicago x varia* T. Martyn.) developed in the course of breeding work by crossing the Estonian varieties 'Jõgeva 118' and 'Karlu' with varieties of US and Canadian origin by making selections in the progenies for winter and disease resistance, seed yielding ability and yield, including the speed of aftercrop growth in the second half of summer. The variety has successfully passed registration testing and economic evaluation and has been included in the Estonian variety list since 2021. The variety is used for cutting.

Keywords: lucerne, breeding, variety description

Sissejuhatus

Jõgeval on lutserni sordiaretusega tegeldud aretusjaama rajamisest saadik. Aastatel 1920–44 tegeles sellega Jaan Mets, töö viis esimese sordini põllumajanduskandidaat Heiti Kotkas. Kirjuõeline harilik lutsern 'Jõgeva 118' esitati riiklikku katsetusse 1955. aastal ja rajooniti Eestis kasutamiseks 1960. aastal. Sort on aretatud liikide ja sortidevahelise vaba loodusliku ristamisega, loodusliku valikuga kestvusele ning pere ja koguvalikutega seemne- ja kuivainesaagi suurusel peamiselt Eestist pärinevatest kohalikest lutsernidest (Bender, 1995). Sort 'Jõgeva 118' sobib niiteliseks kasutamiseks. Autorid J. Mets ja H. Kotkas.

1969. aastal alustas lutserni sordiaretusega Jõgeval põllumajanduskandidaat Mart Jaagus. Aretustöö eesmärk oli luua karjatamist taluv sort. 1987. aastal esitati riiklikku katsetusse võsunditega vegetatiivselt leviv sort 'Karlu', mis jõudis riiklikku sordinimekirja aastal 1993. Sort on aretatud korduvate valikutega seemnesaagirikkusele ja vegetatiivsele levikuvõimele hübriidsest materjalist, mis saadi sortide 'Dedinovskaja' ja 'Kuusiku sinine' ristamisel. (Jaagus *et al.*, 1990) Domineeriv õievärv on kollane. Sordi autorid on M. Jaagus, L. Kõrgas ja A. Bender.

1971. aastal püstitati Jõgeval eesmärk luua juurevõrsetega vegetatiivselt leviv lutserni karjamaasort. Aretustööks sobiv lähtematerjal leiti Leedust. Valinava looduslikust kasvukohast leitud juurevõrselised taimed klooniti varrepistikutega ja rajati *polycross* -ristamiskatsed. Saadud seemnega rajatud üksiktaimede istandustes jätkati valikuid juurevõrseliste taimede osatähtsuse tõstmiseks populatsioonis. Pärast 4-kordseid valikuid ja *polycross*-ristamisi paljundati paremaid aretusnumbreid, kontrolliti neid põhivõrdluskatses ja parim domineerivalt kollaseõeline aretusnumber esitati 1999. a nimetuse all 'Juurlu' riiklikku katsetusse (Jaagus *et al.*, 2000). Sort võeti riiklikku sordinimekirja aastal 2002. aastal. Sordi autorid on M. Jaagus, A. Bender ja S. Tamm.

Kõik kolm eelpool nimetatud lutsernisorti paistavad Eestis silma hea talvekindlusega, on aga tagasihoidliku ädalakasvuga suve II poolel. Talvekindluse ja hilise

ädalakasvu vahel domineerib negatiivne korrelatsioon. Seoses kliima soojenemise ja vegetatsiooniperioodi pikenemisega seati Jõgeval eesmärgiks aretada sort, mis piisava talvekindluse juures suudab III niite saagi formeerimiseks paremini ära kasutada augusti- ja septembrikuu soojuse.

Aretuse lähtematerjal ja meetoodika

USA Beltsville geenipanga soovitusel valiti selle töö lähtematerjaliks 30 Põhja-Ameerika sorti: 18 USA ja 12 Kanada päritolu. 1993 aastal Jõgevale rajatud katses, mis kestis 1998. aastani, osutus enamus neist nõrga talvekindluse tõttu madalasaagilisteks. Standardsorti 'Jõgeva 118' ületasid kuue katseaasta saagi summas viis Kanada ja üks USA päritolu sort (tabel 1). Kõik need valituks osutunud sordid erinesid standardsordist saagi laekumise dünaamika järgi. Nende III niite saak moodustas viiendiku e 20–21% aasta kogusaagist, standardsordil 11–12% (Bender, 2000a). Saagi kvaliteedinäitajate poolest ületasid standardsorti 'Jõgeva 118' USA sort 'MN-GRN-14' ja Kanada sort 'Algonquin' (Bender, Aavola, 2000; Bender 2000b). Põhja-Ameerika päritolu lutsernisortide seemnesaagi võime oli tagasihoidlik.

Tabel 1. Sordi 'Heiti' aretusel kasutatud lähtevanemsordid

Jrk. nr	Sort	Päritolu	1994–98 keskmine kuivaine saak, %	Niidete osatähtsus saagis, %		
				I	II	III
1	Jõgeva 118 (st)	Eesti	100	56,3	32,0	11,7
2	Karlu	Eesti	106,6	56,9	31,8	11,3
3	Alouette	Kanada	109,0	45,4	33,8	20,8
4	Caribou	Kanada	108,7	47,1	32,8	20,1
5	Oac Minto	Kanada	105,5	45,5	34,3	20,2
6	MN GRN-14	USA	105,2	45,4	34,2	20,4
7	Apica	Kanada	103,3	46,0	32,3	21,7

Aretustöös valiti manuaalsel ristamisel emassortideks 'Jõgeva 118' ja 'Karlu' millede õisi tolmeldati tabelis 1 toodud USA ja Kanada sortide õietolmu seguga. Ristamisi korraldi kahes järgnenud põlvkonnas. Ristamistega loodud aretusmaterjali kasvatati üksiktaimede istandustes, kus toimusid valikud haiguskindlusele, talvekindlusele ja seemnesaagi võimele. Loodud aretusmaterjali hinnati aastatel 2007–2008 kontrollaias, mille tulemuste põhjal lülitati 45 perspektiivset aretusnumbrit eelvõrdluskatsesse. Eelvõrdluskatses (saagiaastad) 2010–2012) valiti vahepaljunduseks 12 parimaks osutunud numbrit, millest seemnesaagi võime põhjal valiti omakorda põhivõrdlusesse 10 numbrit. Põhivõrdluskatse viidi läbi aastatel 2013–2016. Põhivõrdluskatses valiti kuivainesaagi ja ädala kasvukiiruse andmete põhjal välja neli perspektiivset aretusnumbrit, millega rajati 2015. aastal paljundused sordi üleandmiseks vajaliku seemnekoguse tootmiseks. Neljast paljundatud aretusnumbrist tehti lõplik valik – valiti seemnesaagi suuruse põhjal. Valitud aretusnumber 414 esi-

tati riiklikesse katsetesse sordinimega 'Heiti'. Sordinimi meenutab Jõgeva varasemat pikaagest edukat liblikõieliste heintaimede sordiaretajat Heiti Kotkast.

Katsetulemused

Jõgeval läbiviidud põhivõrdluskatses ületas sort 'Heiti' standardsorti 'Jõgeva 118' kolme saagiaasta keskmiselt saagilt 19% ja sorti 'Karlu' 27% (tabel 2) ning kolme aasta toorproteiinisaagilt vastavalt 10,5 ja 19,5%. Sort 'Heiti' ületas võrdlussorte taimiku kõrguselt kõigil niitmisaegadel. Sordi 'Heiti' kõrgus esimese niite eel oli 83,4 cm, teise niite eel 77,2 ja kolmanda niite eel 66,5 cm. Sordil 'Jõgeva 118' olid kasvukõrgused vastavalt 69,5, 72,1 ja 50,5 cm ning sordil 'Karlu' 69,7, 62,7 ja 44,6 cm.

Tabel 2. Aastatel 2013–2016 läbiviidud lutserni põhivõrdluskatse andmed

	Aastate 2014–2016 keskm. kuivainesaak, t ha ⁻¹	Niidete osatähtsus saagis, %		
		I	II	III
Heiti	14,12	42,4	32,6	25,0
Jõgeva 118	11,86	46,8	32,4	20,8
Karlu	11,09	47,0	31,8	21,2
PD 0,05	0,88			

Riiklikud majanduskatsed viidi aastatel 2017–2019 läbi Põllumajandusuuringute Keskuse Viljandi katsekeskuses. Nendes katsetes ületas sort 'Heiti' kuivainesaagilt võrdlussorti 'Karlu' usutavalt, sorti 'Jõgeva 118' aga katsevea piires (tabel 3). Sort 'Heiti' eristus parema (kiirema) ädalakasvu poolest. Sortide 'Jõgeva 118' ja 'Karlu' III niite taimik koosneb domineerivalt taimelehtedest, sordi 'Heiti' III niite saagist moodustavad arvestatava osa ka taimetarred. Sellest tingituna on tema III niite saagi toorproteiinisaldus madalam. Saagi metaboliseeruva energia sisalduselt osutusid kõik kolm sorti võrdseks. Kõigi kolme sordi talvekindlust hinnati võrdselt 9 balliga, mis on skaalal selle omaduse maksimaalne näitaja.

Sordi 'Heiti' eristatavuse, ühtlikkuse ja püsivuse katsetus viidi aastatel 2017–2021 läbi Prantsusmaal. 7. juunil 2021 väljastati Põllumajandus- ja Toiduameti poolt sordi tunnistus, mille järel võeti sort 'Heiti' Eesti Vabariigi sordilehele. Sordi autorid on Ants Bender ja Sirje Tamm.

'Heiti' on kirjuõieline hübriidlutsern (*Medicago x varia* T. Martyn.), mis on mõeldud niiteliseks kasutamiseks. Eristub seni tootmises kasutusel olevaist lutserni sortidest kiirema ädalakasvu poolest, mistõttu kasutab kliima soojenemisest ja vegetatsiooniperioodi pikenemisest tulenevaid võimalusi paremini ära..

Tabel 3. Riiklike majanduskatsete tulemused

Sort	I niide	II niide	III niide	Kokku	I niide	II niide	III niide
Kuivainesaak kg ha ⁻¹				Niidete osa saagis, %			
2018. a							
Heiti	6146	3639	2709	12493	49,2	29,1	21,7
Jõgeva 118	6502	3213	2335	12050	54,0	26,7	19,3
Karlu	5772	3387	1858	11017	52,4	30,7	16,9
PD 0,05				810			
2019. a							
Heiti	7242	6022	1989	15253	47,5	39,5	13,0
Jõgeva 118	8218	5227	1552	14997	54,8	34,9	10,3
Karlu	7866	5161	1190	14218	55,3	36,3	8,4
PD 0,05				521			
Toorproteiini sisaldus kuivaines, %				Metab. energia, KJ kg ⁻¹			
2018. a							
Heiti	15,0	20,5	22,8		9,1	9,8	10,0
Jõgeva 118	14,0	20,7	24,0		9,0	9,8	9,9
Karlu	15,7	21,3	28,2		9,3	9,7	10,5
2019. a							
Heiti	16,6	16,5	16,8		9,3	9,3	9,9
Jõgeva 118	14,5	17,6	20,6		9,1	9,4	10,5
Karlu	15,6	17,3	19,9		9,2	9,3	10,3

Kasutatud kirjandus

- Bender, A. 1995. Heintaimede sordiaretus ja sordiparandus Jõgeval pärast 1944. aastat. – *Jõgeva Sordiaretuse Instituudi teaduslikud tööd VII. Sordiaretus ja seemnekasvatuse*. Jõgeva, lk 206–217.
- Bender, A. 2000a. Põhja-Ameerika lutsernisortide saak ja saagi kvaliteet Eesti kliimatingimustes. – *Lutserni ja punase ristiku sordid, nende omadused*. Jõgeva, lk 83–94.
- Bender, A. 2000b. Põhja-Ameerika lutsernisortide saagi kvaliteet. – *Lutserni ja punase ristiku sordid, nende omadused*. Jõgeva, lk 95–99.
- Bender, A., Aavola, R. 2000. Põhja-Ameerika lutsernisortide saagi kvaliteet. – *Jõgeva Sordiaretuse Instituudi teaduslikud tööd VIII. Sordiaretus ja seemnekasvatuse*. Jõgeva, lk 211–217.
- Jaagus, M., Bender, A., Kõrgas, L. 1990. 'Karlu' – esimene Jõgeva Sordiaretusjaamas aretatud lutserni karjamaasort. – *Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teaduslikud tööd LXIX. Sordiaretus ja seemnekasvatuse*. Tallinn, lk 178–187.
- Jaagus, M., Bender, A., Tamm, S. 2000. Juurevõrseline karjamaa lutsernisort 'Juurlu'. – *Jõgeva Sordiaretuse Instituudi teaduslikud tööd VIII. Sordiaretus ja seemnekasvatuse*. Jõgeva, lk 207–210.

Kõdraliimi Laminex kasutamisest päideroo (*Phalaris arundinacea* L.) seemnete varisemise vähendamiseks

Ants Bender

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Bender, A. 2022. The use of pod-sealant Laminex to reduce seed shattering of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.). – Agronomy 2022.

In field trials conducted at the Estonian Crop Research Institute in 2019–2021 the use of the pod-sealant Laminex was studied in order to stop or reduce seed shattering of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.). In the trial, the application rates of the pod-sealant were 1 and 2 l ha⁻¹ (2020) and 5 and 10 l ha⁻¹ (2021). The results indicated that this product had no effect on the seed shattering of reed canary grass. The application of the pod-sealant Laminex affected neither the seed yield nor the mass of 1000 seeds, but it reduced the germination indicators of seeds. The second objective of the trial was to identify the optimum harvest time. The method where harvest time was derived from the number of days following full bloom did not justify itself in the trial. It is more accurate to calculate the optimum harvest time by the sum of effective temperatures. When 700°C has been reached and seeds have started to shatter, the seed yield of reed canary grass should be harvested within the next 1–3 days.

Keywords: reed canarygrass, seed yield, seed quality, loss of shattering, pod-sealant Laminex

Sissejuhatus

Päideroog (*Phalaris arundinacea* L.) on keskkonna stresside suhtes tolerantne heintaimeliik, mis leiab laialdast kasutamist paljudel eesmärkidel: söödaks, soojusenergia tootmiseks, toorainena paberi ja tselluloosi tootmises, ammendatud freesturba väljade rekultiveerimiseks, mulla konserveerimiseks, erosiooni tõkestamiseks, ornamentaalkasutuseks ja mujal. Liigi seemnekasvatus on seotud probleemidega, mis tulenevad seemnesaagi ebastabiilsusest, aga ka venitatud õitsemisajast, seemnete ebaühtlasest valmimisest ja valminud seemnete massilisest varisemisest.

Seemnete valmimine algab pöörise tipuosas ning kulgeb siis pöörise alumistele harudele. Pöörise tipuosas valminud seeme variseb gravitatsiooni mõjul enne kui pöörise alumistel harudel seeme 2–3 päeva hiljem koristusküpseks jõuab (Bonin, Coplen, 1963). Edasise 15–20 päeva jooksul variseb põllul 80–90% seemnetest (Baltensberger, 1958; Baltensberger, Kalton, 1958; Sahramaa, Hömmö, 2000). Kuna populatsioonisisese varieerumise tõttu õitsevad pöörised generatiivvõrsetel eri aegadel (ca 8–10 päeva jooksul), muutub suure varisemisohu tõttu optimaalse koristusaja valik eriti keeruliseks.

Varisemist soodustab ja kiirendab küpsemisaegne kõrgem õhutemperatuur, vihmajärgne temperatuuri tõus ja tuul, mis raputab 1,5–2,0 m kõrgeid võrseid. Sordiaretusega on suudetud lahendada küll saagi kvaliteedi probleeme (Kalton *et al.*, 1989a; Kalton *et al.*, 1989b; Casler *et al.*, 2009; Casler, 2010), kuid seemnete varisemisega seotut mitte. Kanadas on juba 1985. aastal registreeritud 2 päideroo aretusnumbrit, millel seeme ei varise või variseb vähem (Knowles, 1985), kuid sellele ei ole järgnenud varisemiskindlamate sortide turuletulekut.

Käesoleva uurimistöö peamiseks eesmärgiks oli kontrollida rapsi kõtrade avanemist takistava preparaadi kõdraliim Laminex kasutamise võimalusi päideroo seemnete varisemise vähendamiseks. Loodeti, et liim takistab sõkalde avanemist, mis on eeltingimus seemnete väljapudenemisele pähikutest. Laminex on olemuselt pindaktiivne polümeeride segu emulsioonikontsentratsioonina, mille lahusega valmimisjärgus seemnepõldu pritsides kattuvad taimeosad unikaalse liimja kilega. Tootjapoolne soovituslik kulunorm rapsile on 0,8–1,0 l ha⁻¹. Väiksem norm annab kaitse 3 nädalaks, suurem 4–5 nädalaks.

Katse teiseks eesmärgiks oli jälgida vaatlustega päideroo õitsemise dünaamikat ja kontrollida võimalust määrata optimaalne seemnesaagi koristamise aeg seostades seda täisõitsemisaja ja efektiivsete temperatuuride summaga.

Kolmandaks eesmärgiks oli jälgida koristusaja mõju päideroo seemnete kvaliteedile pidades seejuures silmas nii varisenud kui kombainiga koristades saagina kätte saadud seemneid.

Katsematerjal ja meetoodika

7. mail 2019 rajati Jõgeval eelmisel aastal mustkesas hoitud põllule katse päideroo sordiga 'Pedja'. Katse paiknes leostunud mullal (Ko). Mullaharimise eel sai katseala kompleksväetist EU Fertilizer NPK 21-6-11+S normiga 300 kg ha⁻¹. Saagiaasatatel, kevadise taimekasvu algul ja pärast seemnesaagi koristamist väetati katseala ammooniumsalpeetriga, norm mõlemal väetamiskorral N 70 kg ha⁻¹. Katselapid külvati külvikuga Hege 80, külvisenorm 8 kg ha⁻¹. Katselapid (neljas korduses) olid koondatud blokkidesse: blokk 1 – kontroll, blokkides 2 ja 3 pritsiti katselapi taimikuid preparaadiga Laminex kasutades erinevaid norme (vt tabelid 1 ja 2). Õitsemise kulgu jälgiti igahommikustel vaatlustel tolmuksate nähtavale ilmunuse alusel. Fikseeriti õitsemise alguse, täisõitsemise ja õitsemise lõpu kuupäevad. Preparaadi Laminex vesilahus pritsiti taimikule selgpritsiga Hardi 10-ndal päeval pärast päideroo täisõitsemist. Üheteistkümnendal päeval pärast täisõitsemist paigutati katselappidesse sisseniidetud ribadele kastid (0,33 x 1,0 m) variseva seemne püüdmiseks. Esimeste seemnete varisemise järel alustati katselappidelt kombainiga Hege 140 seemnesaagi koristamist. Koristamist jätkati ajalise intervalliga 2 päeva. Neil korradel, kui vihm planeeritud päeval koristamist ei võimaldanud, lükkus see päeva võrra edasi. Vahetult enne kombainimist eemaldati varise kogumiskastid. Nii neilt, kui kombainist tulnud seeme pakiti ja kuivatati dinesenkuivatis. Järgnes seemne puhastamine Kamas-Westrupi firma laboratoorse sorteeriga LALS, kaalumine ja 3 kuud hiljem seemnete idanemuse ja 1000 seemne massi määramine.

Päideroo õitsemist, seemnesaagi kujunemist ja selle koristamist mõjutanud ilmastikuolud erinesid katseaastati kardinaalselt. 2020. aastal algas vegetatsioon hilja – 1. mail, juuni oli sademeterohke (135 mm, norm* 69 mm) (* - norm, e kliimanorm - viimase 30 aasta keskmine) ja paljude aastate keskmisest kõrgema õhutemperatuuriga (17,9 °C, norm 15,0 °C), juuli aga jätkuvalt sademeterohke (101 mm, norm 78 mm) kuid jahe (15,7 °C, norm 17,5 °C). Tuulise, sajuse ilma tõttu olid seemnetaimikud sel aastal katses kohati lamandunud.

2021. aastal algas vegetatsioon vara – 12. aprillil, juuni ööpäevane keskmine õhutemperatuur Jõgeval oli 19,0 °C (norm 15,0 °C), kuu oli samas sademetevaene (11,0 mm, norm 69,5 mm), juuli jätkuvalt väga soe (21,1 °C, norm 17,5 °C) ning sademetevaene (42 mm, ehk 54,7% normist). Juuni III ja juuli I ning II dekaadis tõusis maksimaalne õhutemperatuur 7-el päeval üle 30 °C, 23-el päeval üle 25 °C. Päideroo taimikud püsisid koristamiseni ühtlaselt püsti.

Katsetulemused ja arutelu

Päideroo seemnete küpsemisaja tuletamine

Päideroo generatiivvõrsete areng kulgeb ebaühtlaselt. Kui esimesed pöörised õitsevad, on hulk ülejäänud generatiivvõrseid alles loomise algfaasis. Liik tolmlleb ainult soodsate ilmaolude tingimustes varajastel hommikutundidel. Õitsemine kulges mõlemal katseaastal 10–11 päeva jooksul: 2020. aastal vahemikus 18.–29.juuni, täisõitsemine fikseeriti 25. juunil. 2021. aastal alustasid esimesed pöörised õitsemist 14. juunil, õitsemine kestis kuni 23. juunini. Täisõitsemine fikseeriti 21. juunil.

Pöörise õitsemine eri aegadel viib paratamatult seemnete ebaühtlasele valmimisele. 2020. aastal, 22 päeva pärast taimikute täisõitsemist, ilmusid taimikusse paigutatud kastidesse esimesed varisenud päideroo seemned ja seda kõigis katsevariantides. Vegetatsiooniperioodi algusest oli möödunud 78 päeva, efektiivsete temperatuuride kasvav summa oli sel ajal 699 °C (tabel 1).

Kõrge õhutemperatuuri ja küpsemisaegse põua tingimustes algas 2021. aastal seemnete varisemine nädal varem – juba 15-ndal täisõitsemisjärgsel päeval. Ka sellel aastal algas seemnete varisemine samaaegselt kõigis kolmes katsevariantis. Vegetatsiooniperioodi algusest oli möödunud 84 päeva. Efektiivsete temperatuuride kasvava summa näit oli selleks ajaks 702 °C.

Tabel 1. Päideroo seemnesaak ja varisemiskadu 2020. aastal

Koristamise kuupäev	Päevi täis- õitsemisest	Ef. temp. kas vav summa °C	Seemnesaak kg ha ⁻¹	Varisemiskadu	
				kg ha ⁻¹	%
Blokk 1 Kontroll					
17.07.2020	22	699	322,9	61,2	18,9
19.07.2020	24	716	363,9	58,8	16,2
21.07.2020	26	742	444,2	101,5	22,8
24.07.2020	29	768,	280,7	144,1	51,3
26.07.2020	31	789	125,8	215,6	171,3
PD 0,05			39,3	65,4	
Keskmine			307,5	116,2	
Blokk 2 Laminex 1 l ha ⁻¹ (13.07.2020)					
17.07.2020	22	699	354,5	72,3	20,4
19.07.2020	24	716	434,0	83,5	19,2
21.07.2020	26	742	490,4	82,0	16,7
24.07.2020	29	768	216,1	246,4	114,0
26.07.,2020	31	789	266,0	233,4	87,7
PD 0,05			66,2	85,2	
Keskmine			352,2	143,5	
Blokk 3 Laminex 2 l ha ⁻¹ (13.07.2020)					
17.07.2020	22	699	304,4	72,4	23,8
19.07.2020	24	716	416,4	74,8	18,0
21.07.2020	26	742	477,3	92,7	19,4
24.07.2020	29	768	237,9	150,0	63,1
26.07.2020	31	789	150,7	226,9	150,6
PD 0,05			47,0	90,3	
Keskmine			317,3	123,4	

Soomes on päideroo seemnete varisemine alanud 95-ndal päeval pärast vegetatsiooniperioodi algust, mil efektiivse temperatuuri kasvav summa oli 737 °C (Sahramaa, Jauhiainen, 2003). Bonin, Coplen 1963 ja Sahramaa (2004) andmeil algab päideroo seemnete varisemine 12 päeva pärast õitsemist, Baltensberger (1958), Baltensberger, Kalton, (1958) järgi 15 päeva pärast. Meie andmetel ei saa optimaalset koristusaega määrata päevade arvuga loetuna vegetatsiooni algusest ega täisõitsemise ajast. Seemnete küpsemine sõltub konkreetse aasta ilmastiku oludest. Täpsemini aitab orienteeruda koristusaja valikul kasvuajal kogunenud efektiivsete temperatuuride summa. Piiriks on 700 °C, kust alates peab seemnekasvataja olema eriti tähelepanelik.

Päideroo seemnesaak sõltuvalt koristusajast, kõdraliimi kasutamise mõju

Esimese kasutusaasta (2020) taimikud andsid esimesel koristusajal (kui seemnete varisemine oli just alanud) seemnesaagi 304–355 kg ha⁻¹ (tabel 1). Koristamise edasilükkamine kahe päeva võrra tagas kõigis kolmes blokis usutava seemnesaagi lisa. Kõige paremad tulemused saadi koristades seemnesaaki neljandal päeval pärast seemnete varisemise algust, s.o 26 päeva pärast täisõitsemist. Efektiivsete temperatuuride summa oli 742 °C. Siis oli seemnesaak sõltuvalt variandist 444 kuni 490 kg ha⁻¹. Varisemiskadu püsis 20% piires.

Tabel 2. Päideroo seemnesaak ja varisemiskadu 2021. aastal

Koristamise kuupäev	Päevi täis- õitsemisest	Ef. temp. kas- vav. summa °C	Seemnesaak kg ha ⁻¹	Varisemiskadu	
				kg ha ⁻¹	%
Blokk 1 Kontroll					
5.07.2021	14	702	116,2	13,7	11,8
7.07.2021	16	740	108,2	48,2	44,5
10.07.2021	19	798	42,6	145,9	342,2
12.07.2021	21	834	49,3	156,4	317,5
14.07.2021	23	870	63,2	113,5	179,5
PD 0,05			11,6	24,4	
Keskmine			75,9	95,5	
Blokk 2 Laminex 5 l ha ⁻¹ (30.06.2021)					
5.07.2021	14	702	105,7	20,5	19,4
7.07.2021	16	740	107,9	77,1	71,4
10.07.2021	19	798	36,2	208,1	574,6
12.07.2021	21	834	47,9	227,3	474,8
14.07.2021	23	870	65,3	136,5	209,1
PD 0,05			22,9	11,5	
Keskmine			72,6	133,9	
Blokk 3 Laminex 10 l ha ⁻¹ (30.06.2021)					
5.07.2021	14	702	103,8	18,7	18,0
7.07.2021	16	740	102,5	69,2	67,5
10.07.2021	19	798	39,3	198,0	503,9
12.07.2021	21	834	40,6	160,8	395,9
14.07.2021	23	870	61,5	149,3	242,6
PD 0,05			13,3	22,2	
Keskmine			69,5	119,2	

Katseandmetele tuginedes peame nentima, et kõdraliimiga Laminex pritsimine ei peatanud ega vähendanud päideroo seemnete varisemist. Ka kõdraliimi koguse kahekordistamine (blokk 3) ei kindlustanud 2020. aastal soovitud tulemust. Koristamisega viivitamine suurendas kõigis katsevariantides esialgu mõõdukalt varisenud seemnete kogust – see jäi 4 päeva jooksul veel 20% piiresse (kuni 100 kg ha⁻¹). Edasine koristamisega viivitamine vähendas 2020. aastal juba järsult seemnesaaki ja suurendas hüppeliselt varisenud seemnete kogust. Katseandmed näitasid, et koristades üks kalendrikuu täisõitsemisest hiljem, on suurem osa seemnetest juba varisenud.

2021. aasta suurimad seemnesaagid saadi kohe esimesel koristusajal, seemnete varisemise algul e. 14 päeva pärast päideroo täisõitsemist (tabel 2). Efektiivsete temperatuuride summa oli sel ajal 702 °C. Ka varisemiskadu oli siis väikseim – 13,7–20,5%. Kaks päeva hiljem (efektiivsete temperatuuride kasvav summa 740 °C), kuueteistkümnendal päeval pärast täisõitsemist koristades saadi küll esimese koristusajaga võrreldes samaväärne seemnesaak, kuid 44,5–71,4% seemnetest oli juba varisenud. Edasine koristamisega viivitamine tähendas juba valdava osa seemnesaagi kaotust. Sellelgi aastal ei avaldanud seemnetaimiku pritsimine Laminexiga varisemiskaole mingit mõju ja seda vaatamata sellele, et kasutati kordades suurendatud – 5-e ja 10-e kordset preparaadi normi.

Seemnete kvaliteet

Päideroo seemnesaagi koristamisel satub seemnete hulka paratamatult erinevas küpsusastmes seemneid. Seemnete ebaühtlase valmimise tõttu on seemnete kvaliteet peaaegu alati ebarahuldav (Juntala *et al.*, 1978; Wheaton, 1993). Päideroog on üks kõrrelistest, mille seemnete idanemisele on valguse juurdepääsul positiivne efekt (Lindinger-Cisneros, Zedler, 2001).

Tabel 3. Viie koristusaja keskmised seemnete kvaliteedi näitajad

	2020. a		2021. a	
	Koristatud seemned	Varisenud seemned	Koristatud seemned	Varisenud seemned
Idanevus, %				
Blokk 1	77	59	78	74
Blokk 2	54	49	58	48
Blokk 3	53	48	59	43
1000 seemne mass, g				
Blokk 1	0,836	0,881	0,970	1,044
Blokk 2	0,851	0,878	0,998	1,048
Blokk 3	0,836	0,870	0,965	1,018

Seda arvestati ka meie katse seemnete idanevust kontrollides. Kontrollvariandis, kus preparaati Laminex ei kasutatud, idanesid koristatud seemned mõlemal katseaastal 77–78% (tabel 3). Varisenud seemnete idanevus oli vastu ootusi mõlemal aastal madalam kui koristatud seemnel. Preparaadi Laminex kasutamine alandas usutaval määral seemnete idanevust ja seda nii koristatud kui varisenud seemne puhul.

Preparaat Laminexi kasutamine ei mõjutanud seemnete 1000 seemne massi. Varisenud seemnete 1000 seemne mass oli suurem, kui saagina koristatud seemnel. 2021. aasta seemne 1000 seemne massi näitajad olid kõrgemad kui 2020. aastal. Seletatav on see seemnesaagi suurusega. Seemnesaagi suurus ja 1000 seemne mass on üldjuhul negatiivses korrelatsioonis.

Kokkuvõte

Päideroo taimik õitseb ebaühtlaselt ca 10 päeva jooksul. Sellest tulenevalt valmib ka seemnesaak ebaühtlaselt. Optimaalse koristusaja valikul ei ole abi täisõitsemisaja fikseerimisest ja päevade lugemisest pärast seda. Seemne valmimisaja määravad õitsemisjärgete päevade ilmaolud. Kõrge õhutemperatuuri ja põua tingimustes valmib seeme kiiremini, niiske ja jaheda ilma korral aeglasemalt. Seemnete varisemine algab, kui kasvuperioodi algusest arvestades on efektiivsete temperatuuride summa jõudnud 700 °C-ni. Kui seemnete valmimise ajal valitseb kõrge õhutemperatuur, tuleb seemnesaak koristada kohe, kui algab seemnete varisemine. Jahedal ajal võib koristamisega 2–3 päeva oodata.

Kõdraliimi Laminex kasutamisega ei ole võimalik päideroo seemnete varisemist ära hoida, vähendada ega protsessi aeglustada. Preparaadi kasutamine ei mõjuta 1000 seemne massi, kuid vähendab seemnete idanevust.

Päideroo sordi 'Pedja' seemnesaagi võime küündib 600 kg-ni ha⁻¹. Optimaalse koristusaja valikuga on võimalik sellest kätte saada 450 kuni 500 kg ha⁻¹.

Viidatud kirjandus

- Baltensberger A. A. 1958. Variability in reed canarygrass, *Phalaris arundinacea* L. – *Academic dissertation*, Iowa State University, 94 p.
- Baltensberger A. A., Kalton R. R. 1958. Variability in reed canarygrass *Phalaris arundinacea* L. III Seed shattering. – *Agronomy Journal* **51**: 37–38.
- Bonin S. C., Coplen B. P. 1963. A histological study of seed shattering in reed canarygrass. – *Canadian Journal of Plant Science*, **43**(2): 200–205.
- Casler, M. D. 2010 Genetics, breeding and ecology of reed canarygrass. – *International Journal of Plant Breeding*, **4**(1): 30–36.
- Casler M. D., Cherney J. H., Brummer E. C. 2009. Biomass yield of naturalized populations and cultivars of reed canarygrass. – *Bio energy Research*, **2**: 165–173.
- Juntala O., Landgraff L., Nilsen A., 1978. Germination of *Phalaris* seeds: Seed problems. – *Acta Horticulturae*, **82**: 163–166.
- Kalton R. R., Richardson P., Shields J. 1989a. Registration of 'Venture' reed canarygrass. – *Crop Science*, **29** (5): 1327–1328.
- Kalton R. R., Shields J., Richardson P. 1989b. Registration of 'Palaton' reed canarygrass. – *Crop Science*, **29**(5): 1327

- Knowles P. 1985. Registration of S-8799 and S-8986 seed-retaining reed canarygrass germplasm. – *Crop Science*, **25**(6): 1132.
- Linding-Cisneros R., Zedler J. 2001. Effect of light on seed germination in *Phalaris arundinacea* L. (reed canary grass). – *Plant Ecology*, **155** (1): 75–78.
- Sahramaa, M. 2004. Evaluatinggermaplasm of reed canarygrass *Phalaris arundinacea* L. *Academic dissertation*, 47 p.
- Sahramaa M., Jauhiainen L. 2003. Characterization of development and stem elongation of reed canary grass under northern conditions. - *Industrial Crops and Products*, **18** (2): 155–169.
- Wheaton H. N. 1993. Red canarygrass, Ryegrass and Garrison Creeping Foxtail. – University of Missouri, Department of Agronomy. extension.missouri.edu/publications/g4649

Põua-aastate mõju suvi- ja talinisu terasaagile ja kvaliteedile

Elena Ivandi, Anne Ingver, Reine Koppel

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Ivandi, E., Ingver, A., Koppel, R. 2020. Impact of drought on spring and winter wheat yield and quality. – Agronomy 2022.

The experiment examined how drought affects the yield and quality of spring and winter wheat. The results showed that drought reduced the yield of spring wheat more than that of winter wheat due to its weaker root system and therefore higher sensitivity especially to early drought in 2018. As the protein content is inversely related to the yield, the protein content of the grains remained high and spring wheat had 2,6 % points higher protein content compared to winter wheat. Thousand kernel weight was more affected by the drought of 2021, when high temperatures shortened the grain filling period. The drought years had a greater effect on the length of the growing period for spring wheat, which was significantly shortened by the drought. The entire growing period of winter wheat was less affected by the drought years. The biggest effect in the drought years had precipitation and temperatures in May. The drought in May of 2018 shortened the pre-heading period of both spring and winter wheat. The cool and rainy May in 2021 extended the pre-heading period for both wheat types. The drought years also reduced the bulk density of the grain, but in total both spring and winter wheat varieties exceeded the minimum purchase requirements.

Keywords: wheat, drought, yield, quality

Sissejuhatus

Taimede kasv ja areng sõltub suurel määral ilmastikust. Talinisu vajab idanemisest kuni tera valmimiseni aktiivsete temperatuuride summat ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) 1400–1500 $^{\circ}\text{C}$ ning suvinisu 1300–1600 $^{\circ}\text{C}$. Idanemiseks on optimaalne temperatuur üle 5 $^{\circ}\text{C}$ (Paivel, 2010). Samuti on niiskus taimede arengus olulise tähtsusega. Nisu veevajadus on suurim kevadise kasvu algusest kuni loomiseni, mil toimub intensiivne lehtede ja kõrre kasv. Loomisfaasis toimub ka õisiku ehk pea kasv ja areng. Loomise eelisel perioodil moodustab taimede veevajadus 70% kogu kasvuaja veevajadusest. Loomisperioodist kuni küpsuseni, mil toimub terade täitumine, on veevajadus 20% kogu kasvuaja veevajadusest ning küpsusperioodil 10% (Viirand, 1964; Kallas, 1981). Saagi kvaliteet (proteiinisisaldus, mahumass 1000 tera mass, jt) on mõjutatud õhusoojusest ja päikesevalguse hulgast (Paivel, 2010). Tuhande tera mass, mis näitab tera tuumakust ja suurust, sõltub kasvutingimustest ja sordist. Ebasoodsates ilmastikutingimustes (liigsed sademed, põud jne) võib jääda 1000 tera mass väikeseks (Laikoja *et al.*, 2019). Teravilja proteiinisisaldus on mõjutatud nii liigist, sordist, agrotehnikast kui ka kasvutingimustest (Laikoja *et al.*, 2019). Suvinisu sordid on tavaliselt kõrgema proteiinisisaldusega kui talinisu sordid (Tamm *et al.*, 2016). Saagi kvaliteedi oluliseks näitajaks on ka mahumass, mis iseloomustab terade tiheidust ning on vilja kokkuostul oluline näitaja. Toidunisu kokkuostul on mahumassi miinimumnõudeks 75 kg hl⁻¹ (Scandagra, 2021). Mahumassi mõjutab uuritud sort,

mulla toitainete sisaldus, vegetatsiooniperioodil kättesaadav vesi ja toitained ning ilmastikutingimused. Näiteks kõrged temperatuurid tera täitumise ajal võivad põhjustada mahumassi vähenemist (Laikoja *et al.*, 2019).

Antud töö eesmärgiks oli uurida, kuidas mõjutab põud suvi- ja talinisu saagikust, proteiinisaldust, 1000 tera massi, mahukaalu ning kasvuaega.

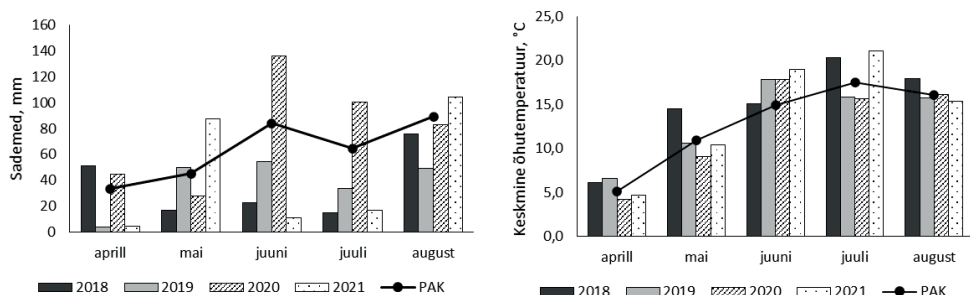
Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi Eesti Taimekasvatuse Instituudis aastatel 2018–2021. Uurimuses kasutati 2 suvi- ja talinisu sorti. Katse oli rajatud 9 m² katselappidele randomiseeritult kolmes korduses.

Suvinisu sordid 'Manu' ja 'Leidi' külvati normiga 600 ning talinisu sordid 'Fredis' ja 'Kallas' normiga 400 idanevat tera m². Valiti üks varajasem ('Fredis' ja 'Manu') ning üks hilisem ('Kallas' ja 'Leidi') sort. Suvinisu külvati vahemikus 21.–23. aprill ning ühel aastal 4. mail. Eelviljaks oli kõikidel aastatel punane ristik. Talinisu külvati vahemikus 9.–23. september. Eelviljaks oli tatar, välja arvatud 2018/2019 aasta, mil eelviljaks oli ristik. Talinisu kasvuperiood arvestati 1. jaanuarist loomiseni ja loomisest täisküpsuseni ning suvinisul külvist loomiseni ning loomisest täisküpsuseni. Katseaastatel olid loomise ajad talinisel 3.06 kuni 16.06 ning suvinisel 20.06 kuni 5.07. Küpsus saabus talinisu varajasel sordil 'Fredis' 16.07 kuni 25.07 ning hilisel sordil 'Kallas' 21.07 kuni 31.07. Suvinisel saabus küpsus varasel sordil 'Manu' 23.07 kuni 15.08 ning hilisel sordil 'Leidi' 24.07 kuni 23.08.

Töös on kasutatud Jõgeva Taimekasvatuse Instituudi automaatilmajaamast kogutud andmeid kevad-suvise vegetatsiooniperioodi kohta.

Nelja katseaasta ilmastik oli erinev. Põua-aastad olid 2018 ja 2021 ning tava-aastad 2019 ja 2020. Aastal 2018 oli keskmisest kõrgem temperatuur ning vegetatsiooniperioodi (aprill kuni august) sademed moodustasid 57% pikaajalisest keskmisest (PAK) (1991–2020), kuid need jagunesid kuude kaupa ebaühtlaselt. Antud aastal oli nelja uuritud aastate kõige põuasem maikuu. 2019. aastal olid õhutemperatuurid vahelduvad ning iseloomulik oli kevadine kiire soojenemine aprillis. Maikuu õhutemperatuur ja sademete hulk jäid pigem keskmisele tasemele. 2020. aastal oli taimekasvuperioodil pikaajalise keskmisega võrreldav temperatuurirežiim. Ka sademete kogus jäi 2020. aastal pikaajalise keskmise tasemele. Eriline oli 2021. aasta, mil õhutemperatuuride maksimumid ületasid juunis ja juulis 33 °C, samas sademeid oli vegetatsiooniperioodil vähe (Joonis 1). Juunis moodustas sademete hulk 16% PAK-st. Sel aastal oli maikuu keskmisest sajusem ja jahedam.



Joonis 1. Sademete hulk (mm) ning keskmine õhutemperatuur (°C) Jõgeval aastatel 2018–2021 võrrelduna PAK-ga

Statistiliseks andmetöötlemiseks kasutati andmetöötlusprogrammi Agrobases SQL 36.5.1. Katseandmeid töödeldi dispersioonanalüüsiga (ANOVA). Arvutati piirdiferentsid LSD (*Least Significant Difference*), determinatsiooni indeksid (R^2) ja variatsioonikoefitsiendid CV.

Tulemused ja arutelu

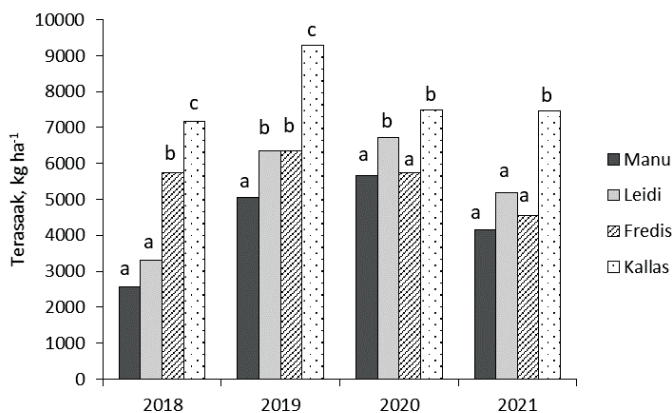
Terasaak. Saagi varieerumine sõltus kõige enam nisu tüübist – kas tegu oli tali- või suvinisuga ($R^2=28\%$, $p<0,05$). Ka aasta oli üheks suurimaks saagi varieerumist määravaks faktoriks ($R^2=22\%$, $p<0,05$). Läbi nelja aasta oli talinisu saagitase suvinisuga võrreldes stabiilsem (Tabel 1).

Talinisu jaoks on nii talvel kui ka kevadel ohtlikud kõrged või madalad temperatuurid koos liigse niiskusega (Kallas, 1981). Varajase sordi 'Fredis' saagikust mõjutas aprilli esimese dekaadi temperatuur ning hilise sordi 'Kallas' saagikust aprilli teise dekaadi temperatuur. Samas juunikuu teise dekaadi sademed mõjutasid vaid sordi 'Kallas' saagikust. Suvinisu sortide saagikust mõjutas sademetest rohkem maikuu teise dekaadi ja juulikuu esimese dekaadi sademete hulk ning juunikuu teise dekaadi temperatuur.

Tabel 1. Suvi- ja talinisu saagi ja kvaliteedinäitajate varieeruvus (CV) nelja katse-aasta (2018–2021) jooksul

	Terasaak	1000 tera-mass	Mahu-mass	Proteiini sisaldus	Loomine - küpsus	Taime pikkus
'Manu'	30,8	13,5	3,3	10,9	19,4	19,4
'Leidi'	28,5	6,7	2,7	11,0	19,6	19,6
'Fredis'	13,5	9,9	4,4	9,9	11,0	11,0
'Kallas'	12,3	7,2	4,6	14,3	11,6	11,6

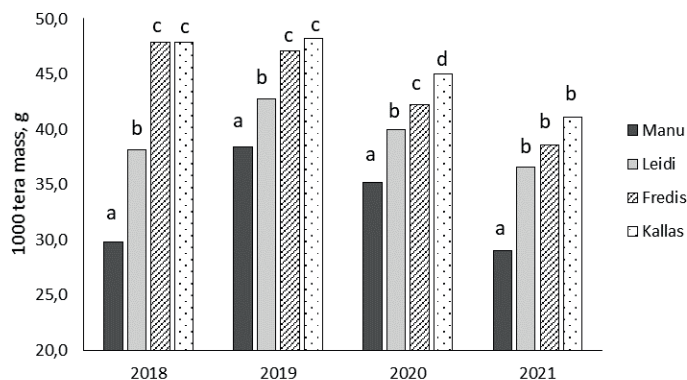
Suvinisu terasaak jäi põua-aastatel vahemikku 2575–5176 kg ha⁻¹ ning tava-aastatel 5063–6716 kg ha⁻¹. Talinisu terasaak oli põua-aastatel vahemikus 4547–7464 kg ha⁻¹ ning tava-aastatel 5729–9289 kg ha⁻¹. Suvinisu terasaak oli kõige madalam põuasel 2018. aastal, mil varajase sordi 'Manu' terasaak oli vaid 2575 kg ha⁻¹ ning hilisel sordil 'Leidi' 3303 kg ha⁻¹. Aastatel 2019 ja 2020 oli suvinisu varase sordi 'Manu' terasaak usutavalt madalam võrreldes hilise sordiga 'Leidi' (Joonis 2). Põua-aastatel oli sortide areng kiire ning kasvufaaside pikkuste vahed varasel ja hilisel sordil vähenesid. Nii ei olnud sortide 'Manu' ja 'Leidi' saagis põua-aastatel usutavaid erinevusi. Samas üldine saagitase kahel põua-aastal oli neil erinev, kuna põud ilmnis erineval kasvuperioodil. Suvinisul on nõrgem juurestik ja selle areng toimub peamiselt varajasemates kasvufaasides, mistõttu mõjutas 2018. aasta maikuine põud tema saagistaset rohkem võrreldes talinisuga.



Joonis 2. Nisu keskmised terasaagid (kg ha⁻¹) aastatel 2018–2021. Erinevad tähed tulpadel tähistavad usutavat erinevust ($p < 0,05$) ühe aasta piires

Talinisul oli kõigil neljal katseaastal hilise sordi 'Kallas' terasaak usutavalt suurem võrreldes sordiga 'Fredis'. Talinisu ei ole nii vastuvõtlik maikuise põua suhtes, sest tema juurestiku areng toimub juba ka sügisel.

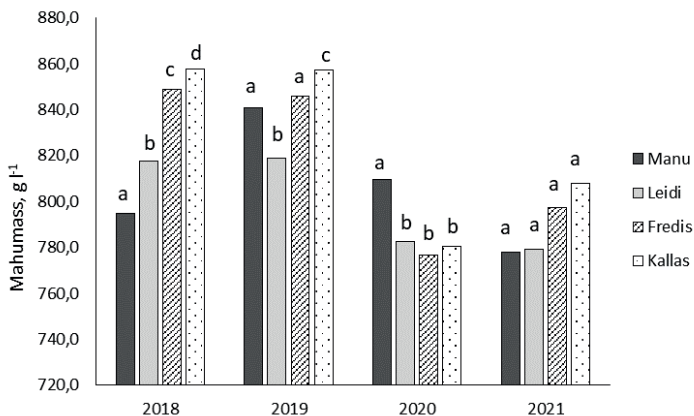
1000 tera mass. Kõige suurem varieeruvus oli varajastel sortidel. Enam mõjutas 1000 tera massi see, kas tegemist on suvi- või talinisuga, aga ka aastal oli suur mõju. Talinisu sortide 1000 tera massid olid kõikidel aastatel suuremad kui suvinisu sortidel, välja arvatud põuasel 2021. aastal, kui talinisu teratäitumise aegne põud vähenendas terade massi sedavõrd, et need olid usutavalt võrdsed hilise suvinisu sordiga. Antud aastal olid mõlema nisu liigi sortide terad kõige väiksemad (talinisu sortidel 'Fredis' ja 'Kallas' vastavalt 38,6 g ja 41,1 g, suvinisu sortidel 'Manu' ja 'Leidi' vastavalt 29,0 g ja 36,6 g). Suvinisul oli kõigil katseaastatel hilisema sordi 'Leidi' 1000 tera mass suurem varajasest sordist 'Manu' (Joonis 3).



Joonis 3. Nisu keskmised 1000 tera massid (g) aastatel 2018–2021. Erinevad tähed tulpadel tähistavat statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) ühe aasta piires

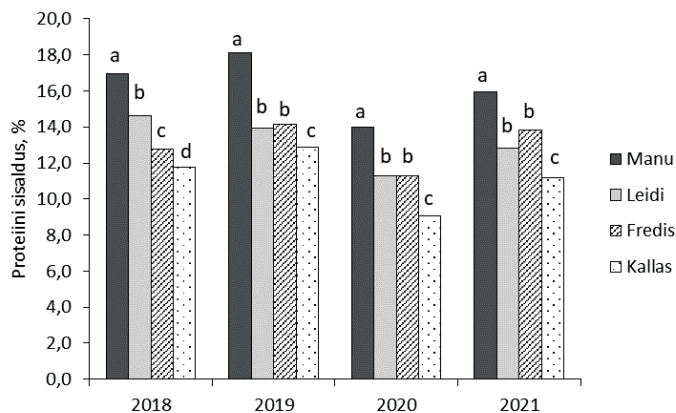
Sarnaselt talinisuga mõjutas ka suvinisu 1000 tera massi 2021.aasta kuumus ning seetõttu jäid terad väikeseks, jäädes vahemikku 29,0–36,6 g. 2019. aastal kui keskmine õhutemperatuur oli stabiilne ja sademeid piisavalt, oli suvinisu terade kaal suurem võrreldes põua-aastatega. Antud aastal oli varajasel sordil 'Manu' tera kaal 38,4 g ning hilisel sordil 'Leidi' vastavalt 42,8 g. Talinisu sortidest oli antud aastal ainult sordil 'Kallas' 1000 tera mass suurem võrreldes põua-aastatega.

Mahumass. Kõige enam mõjutas mahumassi varieerumist aasta ($R^2=61\%$, $p < 0,05$). Talinisul oli varieeruvus suurem võrreldes suvinisuga. Põuasel 2018. aastal oli suvinisu hilisel sordil 'Leidi' mahumass usutavalt suurem võrreldes varajase sordiga 'Manu' ning 2019. aastal vastupidi (Joonis 4). 2020. aastal ületas 'Manu' mahumass nii 'Leidi' kui ka talinisu sortide mahumasse. Sellel aastal oli 30. juunil tugev sadu, mis põhjustas ka ulatuslikku lamandumist. Lamandumise järgselt tõusid küll taimed püsti, kuid kõrre alumises osas tekkis kõrrekahjustus, mistõttu võis toitainete liikumine olla takistatud. Talinisul oli 2018. ja 2019. a hilisel sordi 'Kallas' mahumass usutavalt suurem võrreldes nii varajase sordiga 'Fredis' kui ka suvinisu sortidega. Kõigil uuritud aastatel ületasid nii suvi- kui talinisu sordid kokkuostu miinimumnõudeid, jäädes vahemikku 778–840 g l⁻¹ suvinisul ning 776–857 g l⁻¹ talinisul.



Joonis 4. Nisu keskmised mahumassid (g l^{-1}) aastatel 2018–2021. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) ühe aasta piires

Proteiin. Kõige enam oli proteiinisalduse suurus ja varieeruvus läbi aastate mõjutatud nisu tüübist ($R^2 = 32\%$, $p < 0,05$). Talinisu sortide proteiinisaldused varieerusid võrreldes suvinisuga rohkem. Kõikidel katseaastatel oli suvinisul 'Manu' proteiinisaldus usutavalt kõrgem nii sordist 'Leidi' kui ka mõlemast talinisu sordist ($p < 0,05$) (Joonis 5).



Joonis 5. Nisu keskmine proteiinisaldus (%) aastatel 2018–2021. Erinevad tähed tulpadel tähistavad usutavat erinevust ($p < 0,05$) ühe aasta piires

Suvinisu sordi 'Manu' proteiinisaldused olid läbi nelja katseaasta vahemikus 14,0–18,1% ning 'Leidil' vastavalt 11,3–14,6%. Huvitaval kombel oli kõige kõrgem 'Manu' proteiinisaldus tava-aastal (18,1%). Üldteada on, et suurema saagiga aastatel jääb proteiinisaldus tihti madalamaks, kuid 'Manul' kaasnes 2019. aastal kõrge saagiga ka kõrge proteiinisaldus. See võib olla tingitud sellest, et eelneval aastal oli tugev põud ja taimed ei kasutanud kõiki mullas olevaid toitaineid ära ja

tegu võib olla järeelmõjuga. Ka talinisu sortidel oli kõige kõrgem proteiinisaldus 2019. a (sordil 'Fredis' 14,2% ning sordil 'Kallas' 12,9%). Läbi nelja katseaasta jäid sordi 'Kallas' proteiinisaldused vahemikku 9,1–12,9% ning sordil 'Fredis' vastavalt 11,3–14,2%. Kolmel aastal neljast olid hilise suvinisu ja varajase talinisu sortide proteiinisaldused usutavalt võrdsed.

Kasvuaeg. Põua-aastad mõjutasid enam suvinisu kasvuaaja pikkust, mis põua mõjul oluliselt lühenes. Talinisu kogu kasvuaaja pikkust põua-aastad niipalju ei mõjutanud. Mõju oli põua-aastate maikuu sademetel ja õhutemperatuuridel. 2018. a põuane maikuu lühendas nii suvi- kui talinisu loomiseelse perioodi pikkust. 2021. aasta jahe ja vihmane maikuu pikendas mõlema nisu liigi loomiseelset perioodi.

Taimede pikkus. Talinisu varajasel sordil 'Fredis' oli tava-aastal kõrrepikkus 84,5 cm ning hilisel sordil 'Kallas' 103,3 cm. Põua-aastate ilmastiku tingimused üldiselt lühendasid katses olnud sortidel kõrrepikkust, välja arvatud sordil 'Kallas', mille kõrs oli 2021. aastal isegi 9 cm pikem võrreldes tava-aastaga. Põhjuseks võis olla keskmisest jahedam ja niiske maikuu, mil toimus talinisu intensiivsem kasv ja areng. Põua mõju võis vähendada 'Kallase' varasem intensiivsem kasvuperiood võrreldes suvinisuga ning tema sügavamale ulatuvate juurte tõttu sai ta toitaineid paremini kätte. Kõige enam avaldas kõrrepikkuse lühenemisele 2018. a põud, mil mõlema nisu liigi sortide kõrs lühenes 15–20 cm.

Kokkuvõte

Suvinisu juurestik on talinisu nõrgem ja selle areng toimub peamiselt varajasest kasvufaasis, mistõttu 2018. aasta maikuu põud vähendas tema saagitaset rohkem võrreldes talinisuga. Talinisu juurestik on tugevam ja areng toimub peamiselt sügisel, seetõttu ei ole ta niivõrd vastuvõtlik maikuu suhtes, kuivõrd on ohtlikumad tema jaoks talvised ja varakevadised temperatuuride vaheldumised koos liigniiskusega.

Nii suvi- kui talinisu vähendas 1000 tera massi enam 2021. aasta põud. Nisu vajab terade täitumise perioodil veel küllaltki palju niiskust, kuid 2021. aastal oli sademeid vähe ning temperatuurid kõrged, mis kiirendasid küpsemist ning taimedel jäi terade täitumise periood lühikeseks. Seetõttu jäid ka terad väiksemaks.

Katsest selgus, et mahumassi oluliseks mõjutajaks oli ilmastik. Suvinisu sortide mahumassid olid stabiilsemad võrreldes talinisuga. Samas ületasid nii suvi- kui talinisu sordid kokkuostu miinimumnõudeid kõikidel aastatel.

Üldteada on, et proteiinisaldus on pöördvõrdeline saagikusega ning see väljendus ka katse tulemustes. Põua-aastatel kui saagitasemed jäid madalaks, olid proteiinisaldused kõrgemad. Suvinisu sortide keskmine proteiinisaldus oli 2,6% punkti kõrgem talinisu sortide aastate keskmisest.

Taimede kasvuaajale avaldas kõige enam mõju 2021. aasta põud, mistõttu oli sortide areng kiire ja vahed kasvufaaside vahel vähenesid nii varajasel kui hilisel sortidel. See avaldus ka taimede pikkuses ning kõige enam mõjutas seda negatiivselt 2018. aasta põud, mil intensiivsel kasvuperioodil oli sademete hulk väike.

Kasutatud kirjandus

- Kallas, E. 1981. Nisu.- *Teraviljakasvatus Eestis*. Koost. H. Annus, Tallinn, lk. 67–88.
- Laikoja, K., Vetemaa, A., Viir, M., Assi, K., Rajasalu, P., Tamm, I., Tupits, I., Tamm, Ü., Koppel, R., Ingver, A., Narits, L., Pärn, E. 2019. Abiks põllumajandussaaduste väikekäitlejale III osa. Tera- ja kaunviljade ning õlikultuuride töötlemine. Toim. A. Vetemaa, Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, Eesti Põllumajanduskoda, lk 8–24.
- Paivel, M. 2010. Teraviljakasvatus.- MES Nõudeandeteenistus. <https://www.pikk.ee/valdkonnad/taimekasvatus/teraviljakasvatus/> (11.11.2021).
- Scandagra koduleht. 2021. Kvaliteedi tingimused. <https://scandagra.ee/viljainfo/vastuvott/vilja-kvaliteeditingimused/> (15.12.2021).
- Tamm, I., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Narits, L., Tamm, Ü., Ess, M., Sepp, K., Vetemaa, A. 2016. Mahepõllumajanduslik teravilja- ja õlikultuuride kasvatus. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, 31lk.
- Viirand, M. 1964. Talinisu.- *Taimekasvatus*. Koost. A. Tääger, Tallinn. lk 92–102.

Geneetilise profiili loomine kartulisortidele SSR markeritega

Anna Ivanova-Pozdejeva, Agnes Kivistik, Terje Tähtjärv, Kristiina Laanemets
Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Ivanova-Pozdejeva, A., Kivistik, A., Tähtjärv, T., Laanemets, K. 2022. Creating genetic profiles for potato cultivars using SSR-markers. – Agronomy 2022.

Identification of potato cultivars in Estonia is currently based on morphological description. Although it is a classical method and is still widely in use today, it has its drawbacks, such as large workload and lack of precision. The Estonian potato genebank contains over 400 cultivars, breeding lines and landraces. Application of a robust and convenient method for cultivar identification is crucial for efficient germplasm management. Today genetic markers are widely applied for genotyping. In this work we used 8 SSR markers from the Potato Genetic Identity kit to differentiate between 103 potato genotypes. Forward primers were fluorescently labeled and PCR products were analyzed on capillary electrophoresis. We observed that SSR markers are very informative in potato and 102 genotypes can be distinguished with only 3 markers. The exception was a putative landrace 'Kuldkerä', which was confirmed to be a clone of the Estonian cultivar 'Ando'. We demonstrated that a putative clone of the cultivar 'Early rose', named 'Ameerika roosa', is a completely different genotype, the origin of which should be further investigated. We also show that the signal strength observed in the capillary electrophoresis can imply the number of allele copies and helps confirm parentage.

Keywords: SSR-markers, *S. tuberosum*, PGI kit, DNA-fingerprinting.

Sissejuhatus

Eesti Taimekasvatuse Instituudi taimebiotehnoloogia osakonna koekultuuride kollektsioonis on üle 400 kartulisordi ja -aretise. Kolektsioon on väärtuslik geenivaramu, mis sisaldab Eesti ja välismaa sorte, kohalikke rahvaaretisi ning kõrge potentsiaaliga aretisi. Koekultuuris on taimed välistegurite eest kaitstud. Mõne sordi haigestumisel või hävimisel väljaspool geenipanka, saab teda taastada koekultuuri taimest.

Kolektsioon sündis üle 50 aasta tagasi. Taimede sordiehtsust on kontrollitud rutiinse morfoloogiliste tunnuste määramisega. Fenotüüpi mõjutavad ilmastiku-, jm kasvutingimused, seega nende tunnuste hindamine võib olla raskendatud (Morell *et al.*, 1995). Ka õigesti kirjeldatud tunnustega sortide eristamiseks võib olla vaja lisaanalüüsi (Dolnicar *et al.*, 2016). Morfoloogilise analüüsi läbiviimiseks on vaja kogemusi.

Molekulaarsete meetodite kasutamine on tänapäeval muutunud kättesaadavaks. Nende tulemusi on kerge tõlgendada, nad on palju kiiremad, ei sõltu keskkonnatingimustest ja tulemused selguvad mõne päevaga. Tööde protokolle saavad kasutada polümeraasi ahelreaktsiooni ehk PCR (*Polymerase Chain Reaction*) oskavad töötajad. Suure hulga erinevate geneetiliste markerite seast paistavad *Short Sequence Repeat* (SSR) markerid välja oma robustsuse poolest (Spooner, 2005). Nende tulemused on laborite vahel usaldusväärselt korratavad ning analüüsi saab läbi viia isegi

halva kvaliteediga DNA puhul (Spooner, 2005). SSR markerid on väiksed DNA lõigud. Seal on konserveerunud järjestuste vahel tandeemsed nukleotiidide kordused, millest sõltub PCR produkti pikkus. Nende korduste arv varieerub sõltuvalt genotüübist. PCR fragmentide pikkuste profiil varieerub ja võimaldab luua igale sordile individuaalse sõrmejälje.

Usaldusväärne säilikute tuvastamine on geenipanga haldamise oluline osa. Töö eesmärgiks oli valida SSR markerid, mis võimaldavad eristada kartuli geenipangas asuvaid genotüüpe ja luua analüüsitud proovidele geneetilised profiilid.

Materjal ja meetodika

Valim koosnes 103 kartuliproovist, mille hulgas oli sorte, aretisi ja rahvaaretisi. Taimne materjal saadi kartuli koekultuuride geenipangast (ETKI taimebiotehnoloogia osakond) ja muguladena Jõgeva sordiaaretuse osakonnast. Kõiki proove analüüsiti kaks kuni neli korda. SSR-alleleide päritavuse hindamiseks analüüsiti kolme komplekti proove. Need koosnesid kahest vanemast ja nende kaheksast järglasest. Taimne DNA eraldati koekultuuri taimedest, mugulatest või kartulipõllult kogutud lehtedest. Kasutati Weigel ja Glazebrook protokoll (2000). Geneetilise profiili loomiseks valiti 8 SSR markerit *Potato Genetic Identity kit* loetelust (PGI kit, Ghislain *et al.*, 2009). Valik põhines *Polymorphic Information Content* (PIC) väärtusel, mis näitab antud markeri polümorfsust (Tabel 1). Kasutades kõrge polümorfsusega markerit on suurem tõenäosus eristada erinevaid genotüüpe üksteisest.

Tabel 1. Töös kasutatud SSR-markerid, allika viited, polümorfsuse näitaja (PIC väärtus), fragmentide suuruste vahemik vastavalt varem publitseeritud andmetele

Marker	Viide	PIC väärtus (kirjanduse põhjal)	Suuruste vahemik (kirjanduse põhjal)
STG0001	Ghislain <i>et al.</i> , 2009	0,699	137-163 nt
STM1052	Milbourne <i>et al.</i> , 1998	0,832	214-263 nt
STM1104	Milbourne <i>et al.</i> , 1998	0,884	178-199 nt
STM5127	SCRI* publitseerimata	0,853	248-291 nt
STI0004	Feingold <i>et al.</i> , 2005	0,688	83-126 nt
STG0016	Ghislain <i>et al.</i> , 2009	0,773	137-174 nt
STI0012	Feingold <i>et al.</i> , 2005	0,791	183-234 nt
STM5114	SCRI* publitseerimata	0,693	297-322 nt

*Scottish Crop Research Institute; nt- nukleotiide

Kaheksast markerist neljal olid edaspidised praimerid markeeritud fluorestsentse 5' märgistusega (FAM, ATTO532, ATTO550, ATTO565). Ülejäänud nelja markeri puhul sisaldasid edaspidised praimerid 5' universaalse M13(-21) adapteri järjestust. PCR reaktsioon viidi läbi koos lisapraimeriga, mis sisaldas fluorestsentse 5' märgistusega universaalset M13(-21) forward praimerit (5'-TGTAACGACG-GCCAGT-3') (Tabel 2).

PCR viidi läbi kasutades 50–100 ng DNA-d ning FirePol DNA polümeraasi (Solis Biodyne, Eesti). PCR tingimused otseselt markeeritud praimerite puhul olid

kirjeldatud Ghislain *et al.* 2009 poolt. M13 märgistatud praimerite juures kasutati Schuelke protokoll (Schuelke, 2000). PCR produktid analüüsiti kapillaarelektroforeesi meetodil (Tartu Ülikool, Genoomika tuumiklabor, Tartu, Eesti). Tulemused visualiseeriti PeakScanner tarkvaraga (Applied Biosystems, USA). UPGMA dendrogramm genereeriti 30 Eesti genotüübi ja sordi 'Early rose' jaoks kasutades DendroUPGMA rakendust (Garcia-Vallve *et al.*, 1999, <http://genomes.urv.cat/UPGMA/>). See põhines 8 markeri binaarsetel andmetel. PIC väärtused arvutati järgmise valemi järgi: $PIC = 1 - p_i^2$, kus p_i on iga i alleeli sagedus. Iga genotüübi ja markeri suhtelise signaalitugevuse arvutamiseks normaliseeriti kapillaarelektroforeesi tulemused.

Tulemused ja arutelu

SSR markerite kasutamine on sobilik meetod kartulisortide eristamiseks. Neid kasutatakse kollektsioonide korrashoidmiseks, geneetilise mitmekesisuse uurimiseks ja tuumikkollektsiooni loomiseks (Cadima Fuentes *et al.*, 2017; Côté *et al.*, 2013; Ghislain *et al.*, 2006). Antud töös kasutati kokku 103 kartuli genotüübi eristamiseks kaheksat SSR markerit. Sortide eristamiseks piisas kolmest kõrgeima PIC väärtusega markerist. Valimi põhjal arvutatud PIC väärtused varieerusid 0,67–0,86 ning erineva suurusega allelele oli 5–9 (Tabel 2). Kõige suurem PIC väärtus 0,86 oli markeril STG0001 ning kõige suurem alleelide arv 9 oli markeritel STG0001 ja STM5127. Need tulemused on kooskõlas varem avaldatud andmetega PGI-kit markerite kohta (Ghislain *et al.*, 2009). Samu markereid kasutanud autorid märkisid nende kõrgeid PIC väärtusi (Bali *et al.*, 2017; Carputo *et al.*, 2013; Ghebreslassie *et al.*, 2016; Karaagac *et al.*, 2014; Kolobova *et al.*, 2017; Tillault, Yevtushenko, 2019). Meie katse ja varem avaldatud tööde tulemused näitavad SSR markerite informatiivsust. Nad on võimelised eristama genotüüpe erineva geneetilise taustaga valimites.

Tabel 2. Töös kasutatud markerite fluorestsentsed märgistused, komplekt vastavalt analüüsimisele samas kapillaarelektroforeesi kapillaaris, PIC väärtus antud valimi põhjal ja saadud fragmentide suuruste vahemik

Marker	Märgistus	Komplekt	PIC väärtus (antud valimis)	Suuruste vahemik (antud valimis)	Alleelide arv
STG0001 ¹	FAM	I	0,86	120-143 nt	9
STM1052 ¹	ATTO532	I	0,76	212-259 nt	7
STM1104 ¹	ATTO550	I	0,65	170-182 nt	5
STM5127 ¹	ATTO565	I	0,76	242-257 nt	9
STI0004 ²	FAM	II	0,76	94-120 nt	8
STG0016 ²	ATTO532	II	0,76	139-175 nt	8
STI0012 ²	ATTO550	II	0,80	186-211 nt	7
STM5114 ²	ATTO565	II	0,67	301-325 nt	5

¹- Fluorestsentsmärgistus on edaspidise praimeri küljes

²- Fluorestsentsmärgistus on M13 universaalpraimeri küljes ja edaspidine praimer sisaldab M13 praimeriga komplementaarset järjestust.

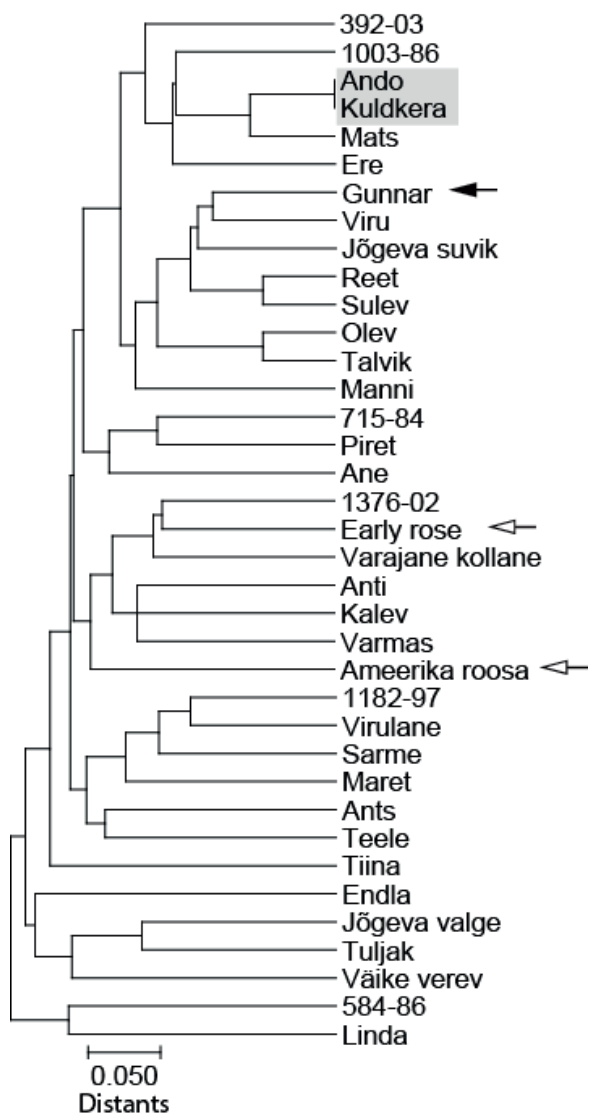
nt- nukleotiide

Markerid jagati kaheks komplektiks. Igat komplekti analüüsiti ühes kapillaaris. Esimene markerite komplekt (komplekt I, Tabel 2), koosnes 4 kõrge polümorfusega SSR markerist: STG0001, STM1052, STM1104, STM5127. See võimaldas 102 genotüübi eristamist. Säilikute 'Ando' ja 'Kuldkerä' geneetilised profiilid olid identsed.

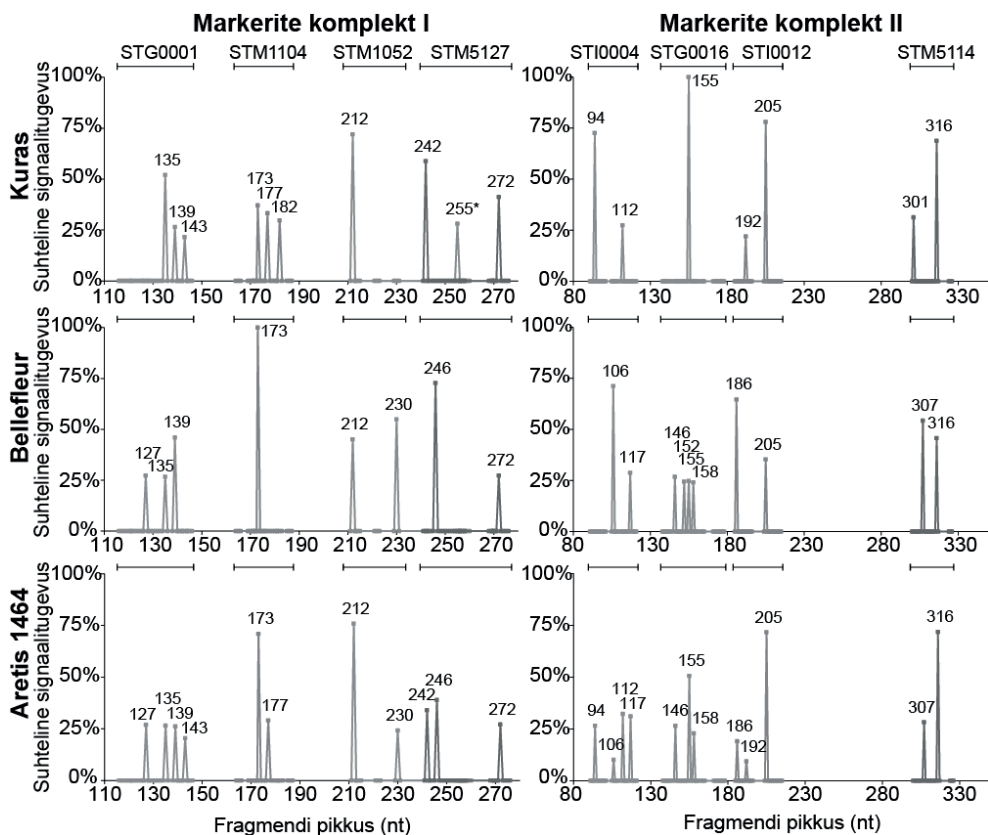
Tulemuste kinnitamiseks võeti kasutusse veel 4 polümorfset markerit (komplekt II, Tabel 2): STI0004, STG0016, STI0012, STM5114. Ka nende markeritega jäid säilikud 'Ando' ja 'Kuldkerä' eristamata (Joonis 1). 'Kuldkerä' hakati kasvatama koduaedades sordiga 'Ando' samaaegselt (sordi 'Ando' registreerimine 1977, Põllumajandus- ja toiduamet, <https://portaal.agri.ee>). Nad on sarnaste omadustega. Enne markeritega kontrollimist pidasid inimesed 'Kuldkerä' eraldi sordiks. Säilikute 'Kuldkerä' ja 'Ando' genotüüp on ühesugune. Meie katse tulemuste põhjal on säilik 'Kuldkerä' sordi 'Ando' kloon.

Säilik nimega 'Gunnar' oli andmebaasis märgitud sordi 'Ando' klooniks. SSR analüüs näitas tema ja sordi 'Ando' genotüüpide erinevust (Joonis 2). Analüüsitud valimi hulgast ei leitud identset SSR profiili säilikuga 'Gunnar'. Tegemist võib olla välismaa sordi või kohaliku rahvaaretisega. Töö käigus selgus sordi 'Early rose' oletatava klooni 'Ameerika roosa' genotüübi oluline erinevus (Joonis 1). 'Ameerika roosa' SSR profiil ei kattunud teiste analüüsitud säilikutega ja vajab rohkem uurimist.

Antud töös analüüsiti võimalust kaudselt hinnata suhtelise signaalitugevuse abil alleelide arvu. Seda on edukalt kasutatud varasemates publikatsioonides (Nagamitsu *et al.*, 2014; Skalski *et al.*, 2006). Tetraploidsel kartulil võib igal markeril kokku oodata nelja alleeli. Kui alleeli suhteline signaalitugevus on ligikaudu 25% või 75% on tegemist vastavalt ühe või kolme alleelikordusega. Kui suhteline signaalitugevus on 50%, on tegemist 2 alleeliga või kahe null-alleeli esinemisel vähemalt ühe alleeliga. Üksiku null-alleeli esinemisele viitavad suhtelised signaalitugevused ligikaudu 33% ja 66%. Nendest väärtustest oluliselt kõrvale kalduvad väärtused viitavad ebaühtlasele PCR reaktsiooni efektiivsusele. Seda võib mõjutada markeri asukoht genoomis. Joonisel 2 on näidatud sortide 'Kuras' ja 'Bellefleur' ning nende ühise järglase (aretis 1464) SSR-markerite alleelide suhtelised signaalitugevused (Joonis 2).



Joonis 1. 30 Eesti kartulisordi, -aretise ja rahvaaretise UPGMA dendrogramm kaheksa SSR markeri baasil. Halli taustaga on märgistatud sort 'Ando' ja säilik 'Kuldkerä'. Musta noolega on märgistatud säilik 'Gunnar'. Valgete nooltega on märgistatud 'Early rose' ja 'Ameerika roosa'



Joonis 2. SSR markeri alleelide suhteline signaalitugevus ja selle põhjal alleelide arvu hindamine. Aretis 1464 on sortide 'Kuras' ja 'Bellefleur' järglane. Sordi 'Kuras' Markerite komplekti I alleel suurusega 255 nt on märgitud tärniga, kuna kuulub markerile STM1052

Kokkuvõte

Töö käigus analüüsiti 103 kartuli genotüüpi 8 SSR markeriga. Valitud geneetilised markerid eristasid 102 genotüüpi. Minimaalne markerite arv 102 proovi eristamiseks oli 3. SSR markerid on väga informatiivsed ja sobivad kartuli säilikute eristamiseks. SSR markeritega on võimalik hinnata alleelide arvu ja kinnitada sordi vanemaid ja järglasi. Kogu analüüsitud valimist olid ühesuguse genotüübiga sort 'Ando' ja säilik 'Kuldkerä'. Seega on säilik 'Kuldkerä' sordi 'Ando' kloon. Säiliku 'Ameerika roosa' genotüüp osutus oluliselt erinevaks sordist 'Early rose'. Geneetilised markerid on geenipanga säilikute kontrollimiseks olulised.

Tänuavaldused

Uurimistöö on rahastatud Maaeluministeeriumi programmist „Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine aastatel 2014–2020“.

Kasutatud kirjandus

- Bali, S., Sathuvalli, V., Brown, C., Novy, R., Ewing, L., Debons, J., Douches, D., Coombs, J., Navarre, D., Whitworth, J., Charlton, B., Yilma, S., Shock, C., Stark, J., Pavek, M., Knowles, N. R. 2017. Genetic Fingerprinting of Potato Varieties from the Northwest Potato Variety Development Program. – *American Journal of Potato Research*, **94**(1): 54–63.
- Cadima Fuentes, X., van Treuren, R., Hoekstra, R., van den Berg, R. G., Sosef, M. S. M. 2017. Genetic diversity of Bolivian wild potato germplasm: Changes during ex situ conservation management and comparisons with resampled in situ populations. – *Genetic Resources and Crop Evolution*, **64**(2): 331–344.
- Carputo, D., Alioto, D., Aversano, R., Garramone, R., Miraglia, V., Villano, C., Frusciante, L. 2013. Genetic diversity among potato species as revealed by phenotypic resistances and SSR markers. – *Cambridge University Press*, **11**(2).
- Côté, M.-J., Leduc, L., Reid, A. 2013. Evaluation of Simple Sequence Repeat (SSR) Markers Established in Europe as a Method for the Identification of Potato Varieties Grown in Canada. – *American Journal of Potato Research*, **90**(4): 340–350.
- Dolnicar, P., Milosevic, D., Jovovic, Z., Meglic, V., Maras, M., Velimirovic, A. 2016. Reliability of morphological and molecular characterization of lightsprouts for differentiation of potato accessions. – *Genetika*, **48**(2): 525–532.
- Garcia-Vallve, S., Palau, J., Romeu, A. 1999. Horizontal gene transfer in glycosyl hydrolases inferred from codon usage in *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. – *Molecular Biology and Evolution*, **16**(9): 1125–1134.
- Ghebreslassie, B. M., Githiri, S. M., Mehari, T., W. Kasili, R., Ghislain, M., Magembe, E. 2016. Genetic diversity assessment of farmers and improved potato (*Solanum tuberosum*) cultivars from Eritrea using simple sequence repeat (SSR) markers. – *African Journal of Biotechnology*, **15**(35): 1883–1891.
- Ghislain, M., Andrade, D., Rodríguez, F., Hijmans, R. J., Spooner, D. M. 2006. Genetic analysis of the cultivated potato *Solanum tuberosum* L. Phureja Group using RAPDs and nuclear SSRs. – *Theoretical and Applied Genetics*, **113**(8): 1515–1527.
- Ghislain, M., Núñez, J., del Rosario Herrera, M., Pignataro, J., Guzman, F., Bonierbale, M., Spooner, D. M. 2009. Robust and highly informative microsatellite-based genetic identity kit for potato. – *Molecular Breeding*, **23**(3): 377–388.
- Karaagac, E., Yilma, S., Cuesta-Marcos, A., Vales, M. I. 2014. Molecular Analysis of Potatoes from the Pacific Northwest Tri-State Variety Development Program and Selection of Markers for Practical DNA Fingerprinting Applications. – *American Journal of Potato Research*, **91**(2): 195–203.
- Kolobova, O. S., Maluchenko, O. P., Shalaeva, T. V., Shanina, E. P., Shilov, I. A., Alekseev, Ya. I., Velishaeva, N. S. 2017. Multiplexed set of 10 microsatellite markers for identification of potato varieties. – *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, **21**(1): 124–127.
- Morell, M. K., Peakall, R., Appels, R., Preston, L. R., Lloyd, H. L. 1995. DNA profiling techniques for plant variety identification. – *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **35**: 801–819.
- Nagamitsu, T., Kawahara, T., Kanazashi, A. 2014. Inference of allelic dosages and inheritance modes in tetraploids: A case study in *Betula apoiensis* with a putative hybrid origin. – *Silvae Genetica*, **63**(1–6): 159–168.
- Schuelke, M. 2000. An economic method for the fluorescent labeling of PCR fragments. *Nature Biotechnology*, **18**(2): 233–234.

- Skalski, G. T., Couch, C. R., Garber, A. F., Weir, B. S., Sullivan, C. V. 2006. Evaluation of DNA Pooling for the Estimation of Microsatellite Allele Frequencies: A Case Study Using Striped Bass (*Morone saxatilis*). – *Genetics*, **173**(2): 863–875.
- Spooner, D. 2005. Molecular markers for genebank management. – *Biodiversity International*.
- Tillault, A., Yevtushenko, D. P. 2019. Simple sequence repeat analysis of new potato varieties developed in Alberta, Canada. *Plant Direct*, **3**(6).
- Weigel, D., Glazebrook, J. 2002. *Arabidopsis: a laboratory manual*.- Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York

Taliniisu väetamise mõju saagile, tera- ja küpsetuskvaliteedi omadustele mahetootmises

Tiia Kangor, Reine Koppel

Eesti Taimikasvatuse Instituut

Abstract. Kangor, T., Koppel, R. 2022. The effect of fertilization on winter wheat yield, properties of grain and baking quality in organic production. – Agronomy 2022.

In organic production, there is a problem to obtain suitable properties of wheat grain and baking quality, especially sufficient protein and gluten content. The aim of the study was to evaluate the effect of fertilization on yield and yield components of winter wheat, on properties of grain and baking quality, such as thousand kernel weight, volume weight, protein and gluten content, falling number, gluten and Zeleny index in organic production. The trial was arranged on 10 m² plots of ECRI field in three replications in 2021. We used fertilizers and biostimulants that are allowed to be used in organic production. There are three fertilization variants (V2, V3, V4) and a control (V1) as well. In V2, we only used the basic soil fertilization. V3 contains V2 and also seed treatment with biostimulant and plants treatment with foliar fertilisers in autumn and once in spring. In variant V4 to addition V3, we used additional plant treatment with biostimulant during the growing season.

The results showed that the most effective was winter wheat fertilization through the soil with the basic fertiliser. Plants treatments with foliar fertilizers and biostimulants in V4 gave the same yield level as in V2, but significantly ($p \leq 0.05$) improved some wheat properties of the grain and baking quality, such as thousand kernel weight, gluten and Zeleny index as well as. In our experiment, organically grown wheat didn't meet the minimum requirements of protein and gluten content suitable for baking.

Keywords: organic production, winter wheat, fertilization, yield, grain and baking quality

Sissejuhatus

2020. a oli mahepõllumajandusliku maa suurus eestis 223,8 tuh. ha, mis oli 22% Eesti põllumajandusmaast. Sellest oli teravilja all 53,1 tuh. ha, millest nisu kasvatati 10,6 tuh. ha (Vetemaa, 2021).

Kvaliteetse saagi moodustamiseks vajavad põllukultuurid maheviljeluse tingimustes optimaalses koguses toiteelemente ja saagi või biomassiga eemaldatav toiteelementide bilanss mullas peaks olema tasakaalus. Toiteelementide negatiivse bilansi korral toimub mulla vaesumine ning mullaviljakuse langus.

Maheviljeluses on nisu kasvatamisel sageli probleemiks piisava proteiini- ja kleepealgu sisaldusega toiduvilja saamine (Tamm *et al.*, 2009; 2010). Samas teised tera- ja küpsetuskvaliteedi omadused nagu 1000 tera mass, mahukaal, langemisarv jms võivad mahedalt kasvatatud nisul olla võrdväärseid või paremaid kui tavaviljeluses (Tamm *et al.*, 2007; Ingver *et al.*, 2008). Sarnaselt tavaviljelusega on maheviljeluses võimalik kasutada mahevätisi ja biopreparaate, et tagada toiduviljale esitatud kvaliteedinõuded.

Töö eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas mõjutavad mahetingimustes kasutatavad väetised ja biopreparaadid taliniisu saaki, s.h saagistruktuuri elemente, tera- ja

küpsetuskvaliteedi omadusi, nagu mahukaalu, 1000 tera massi, proteiini- ja kleepevalgu sisaldust ja selle kvaliteeti (gluteeni indeksit), Zeleny ning langemisarvu.

Materjal ja meetodika

Katse rajati 2021. a sügisel Eesti Taimakasvatuse Instituudi Jõgeva mahekatsealale 10 m² katselappidele kolmes korduses. Kokku oli katses neli varianti (V). V1 oli puhtimata ja väetamata kontroll, V2 oli külvielse põhiväetamisega, kuid puhtimata. Variandis V3 kasutati lisaks põhiväetisele ja puhtimisele (BioStart 1 l t⁻¹) sügisest ja kevadist taimiku töötlust. Sügiselisel töötlusel kasutati võrsumisfaasis (26. oktoobril) leheväetiste ja biopreparaatide segu (Tradebor 0,3 l ha⁻¹ + ZM-Grow 2 l ha⁻¹ + Final eKo 2 l ha⁻¹) ning 2022. a kevadel (23. aprillil) Fontana BIO (3-4-3) 2 l ha⁻¹ + ZM-Grow 2 l ha⁻¹. Variandis V4 kasutati kõiki väetisi ja preparaate, mis olid variandis V3, kuid lisaks veel 2022. a kasvuperioodil esimese ja teise kõrresõlme moodustumise vahel (22. mail) Fyllotoni 2 l ha⁻¹. Põhiväetisena viidi mulda külvielselt Monterra Bio (N10 P₂O₅ 7 K₂O 1) 200 kg ha⁻¹ ja Kalisop (K42 S18) 200 kg ha⁻¹. Kõiki katses olnud leheväetisi ja biopreparaate võib kasutada mahetingimustes ning nende koostis, toime jms on toodud tabelis 1.

Katsealal oli leetjas muld (KI) raske liivsavi lõimisega (Is₃). Mullaanalüüsid tehti Põllumajandusuuringute Keskuse Agrokeemia laboris. Mulla keemiline koostis oli järgmine: pH_{KCl} 6,1; P 79; K 121; Ca 2563; Mg 162 mg kg⁻¹; C_{org} 2,5%.

Katses kasutati heade küpsetusomadustega talinisu sorti 'Perenaise'. Külvamiseks kasutati tavapärasest veidi suuremat külvisenormi (450 idanevat seemet ruutmeetrile), kuna külv jäi vihmade tõttu optimaalsest külviajast hilisemaks (29. septembril). Eelviljaks oli kaer.

2020/2021. a taimekasvu hooaja ilm kujunes küllalt ekstreemseks. 2020. a sügisel sadas septembrikuu I dekaadis, mil on talinisu optimaalne külviaeg, normist (1991–2020) 44 mm enam. Selline vee hulk muutis mulla püdelaks ja lükkas külvi hilisemaks. Teistel dekaadidel sadas normist tunduvalt vähem. Kuna keskmine õhutemperatuur oli pärast külvi ja hiljem võrsumise ajal normist kõrgem või sellele lähedane, siis tärkas ja arenes taimik kiiresti.

Märtsi III dekaadis sai katseala lumevabaks. Katsel esines lumiseenekahjustust keskmisel tasemel, kuid taimik jäi alles ja lappidel tühikuid ei esinenud. Maikuu oli jahe ja vihmane, sadas 175% kuu normist. Juuni- ja juulikuu kujunesid talinisule väga ekstreemseks. Keskmine õhutemperatuur oli normist tunduvalt kõrgem, vastavalt 4,0 kraadi juunis, 3,6 kraadi juulis ning sademeid tuli samal ajal normist palju vähem, -73 mm juunis ja -34 mm juulis. Katse koristati 21. juulil.

Tabel 1. Katses kasutatud preparaaside koostis, eeldatav kasulik toime (www.balticagro.ee)

Preparaadi nimetus	Koostis	Eeldatav toime
BioStart	<i>Bacillus spp</i> ; teised risobakterid; <i>Trichoderma spp</i> ; <i>Mycorrhizae</i>	Soodustab seemnete idanemist, taimede kasvu, kaitse haiguste vastu, parandab toitumist
Tradebor	Boor etanoolamiin 11%	Boori puuduse leevendamiseks
ZM-Grow	Mn 4,7–6,2; Zn 4,7–6,5; S 5,8–8,7%; K	Kaitseb taimi mulla kaudu levivate haiguste eest, varustab taimi toiteelementidega, reguleerib kasvuhormooni taset
Final eKo	K ₂ O 47,1; B 1; Zn 0,5%	Parem talvekindlus, taimede kasv, stressitaluvus, terakvaliteet, tõstab suhkrute sisaldust
Fontana BIO 3-4-3	Org.aine 80%; aminohapped 15%; N 3; P ₂ O ₅ 4; K ₂ O 3,8; MgO 0,2; S 1; CaO 2%	Kasvu stimuleerimine, parandab haiguskindlust, parem toitainete omastamine, vastupanu stressile
Fylloton	<i>Ascophyllum nodosum</i> , aminohapped, orgaaniline N	Stimuleerib taimede ainevahetust, vegetatiivset kasvu, proteiini sünteesi

Lapisaagid kaaluti ja arvutati ümber 14% niiskusega hektarisaakideks. Tera- ja küpsetuskvaliteedi omadused määrati ETKI laboris. Proteiini- ja kleepealgu sisalduse määramiseks kasutati NIRi (XDS Rapid Content Analyser; XDS monichromator Type XM-1000), Zeleny arvu määramiseks Fossi seadet ja gluteeni indeksi määramiseks Perten Instrument Glutomaticut 2100. Taimede saagielementide leidmiseks ehk struktuurianalüüsiks võeti kahelt korduselt lapi keskmisest külvireast 1 m pikkuselt proovitaimed, mida analüüsiti laboris. Struktuurianalüüsi alusel arvutati keskmine teri kandvate võrsete arv taimel, pea tihedus (pähikute arv 10 cm kohta), terade arv pähikus ja ühe tera kaal.

Saagi- ja terakvaliteedi andmed töödeldi ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga (ANOVA). Statistiliselt usutavad erinevused leiti 95% usalduspiiri juures statistikaprogrammiga AgrobasesTM. Nisutaimede struktuurianalüüsil kasutati erinevate komponentide iseloomustamiseks standardviga ja erinevuste välja toomiseks t-testi.

Tulemused ja arutelu

Terasaak. Talinisu terasaak oli erinevates variantides 2756 kg ha⁻¹ (V1) kuni 4411 kg ha⁻¹ (V2) (tabel 2). Ainuüksi põhiväetise kasutamine sügisel (Monterra Bio (10-7-1) 200 kg ha⁻¹ + Kalisop 200 kg ha⁻¹) suurendas maheviljeluses usutavalt nisu saagikust ja see moodustas väetamata variandist 160%. Teada on, et suurema saagi moodustamiseks vajab nisu rohkelt toiteelemente. Antud katses me väetasime talinisu saagiaastal ainult vedelväetiste või biopreparaatidega, mille toiteelementide jms sisaldus lahuse kontsentratsioonis ei saanud olla väga kõrge. Kui me oleksime kasutanud varakevadel tahke väetisega pealt väetamist, siis oleksid tulemused arva-

tavasti olnud mõnevõrra teised. Kasutades puhist koos sügisese ja kevadise taimiku töötlemisega (V3), jäi nisu saagitase usutavalt madalamaks kui ainult põhiväetamise (V2) ning puhis + põhiväetamine + sügisene leheväetamine + kaks korda kasvuajal leheväetamise (V4) korral, mõlemal juhul 87%. Leheväetiste ja biopreparaatide kasutamine soodustas nisu võrsumist, kuid hiljem põua tingimustes ei andnud kõrvalvõrseid samaväärset saaki, sest hilisemat väetamist ei toimunud ja taimedel tekkis toiteelementide puudus korraliku tera kasvatamiseks. Sellele on viidanud ka Zhang jt (2017).

Saagistruktuuri analüüsist selgus, et kõige enam kõrvalvõrseid andsid võrsumise soodustamiseks tehtud leheväetiste ja biostimulaatoritega pealt töötlusted variandis V3 (tabel 3). Samas jäid terade arv pähikus ja tera kaal selles variandis väiksemaks, kui ainult põhiväetist saanud variandis (V2). Taimik ei suutnud vee ja toiteelementide puuduse tõttu nendest võrsetest kasvatada tuumakaid ning palju teri andvaid võrseid, mida näitasid ka saagiandmed. Variantides 2 ja 4 oli tera kaal teistest suurim ning see andis ka kokkuvõttes suurema terasaagi. V2s oli nisutaimedel keskmiselt ainult üks võrse, mis andiski palju tuumakaid teri. Variandis 4 oli võrseid rohkem (keskmiselt 1,2 võrset taimel) ning kahekordne leheväetiste kasutamine kasvu ajal andis tihedama pea (pähikuid rohkem) ning pähikutes ka tuumakamaid teri. Väetamata variandis V1 jäid pead hõredaks ja ühe tera kaal oli katse väiksem, mistõttu jäigi saagitase selles variandis usutavalt madalamaks.

Mahukaal. Nisu mahukaal on üks kvaliteedinäitajatest vilja kokkuostul. Mahevilja miinimumnõue on näiteks toidunisu kokkuostul Linas Agro OÜ ja Scandagral 76 kg hl⁻¹ (www.linasagro.ee; www.scandagra.ee). Selline mahukaal oli meie katses kõikides variantides. Andmetest on näha, et 2021.a kasvuhooajal puhitud seemne kasutamine ja taimiku töötlemine leheväetistega sügisel ja kevadel parandasid nisu mahukaalu. Sealjuures jäi mahukaal samaks nii väetamata kui ka põhiväetist saanud variandis, mis viitabki sellele, et see kvaliteedinäitaja sõltub ka sordist (Koppel *et al.*, 2010a), kuid väetamisega saame mahukaalu siiski mõjutada (Koppel, 2008; Tamm *et al.*, 2017; Litke *et al.*, 2018).

1000 tera mass oli kõige väiksem väetamata variandis V1 (37,6 g) ja usutavalt suurim enim väetatud variandis V4 (42,0 g). 1000 tera mass on nisul sordiomane tunnus, kuid sõltub ka ilmast (Kangor *et al.*, 2009; Kangor, Ingver, 2021) ja agrotehnikast, s.h väetamisest (Tamm *et al.*, 2017; Litke *et al.*, 2018). Tera tuumakamaks kasvamisel on vaja lisatoiteelemente. Suurema endospermiga külviseeme, nagu teame, kasvatab elujõulisema taimiku.

Langemisarv. Talinisu langemisarv oli 2021. a koristuseelse ja -aegse kuiva ja kuuma ilma tingimustes väga hea ja vastas kõikides variantides Linas Agro OÜ mahedalt kasvatatud toidunisu miinimum nõudele 250 sek (www.linasagro.ee). Andmetest on näha, et väetamine mõjutas langemisarvu vähe ja peamiselt sõltus see ilmast. Sellele on viidanud ka teised autorid (Adamson, Järvan, 2006; Litke *et al.*, 2018).

Tabel 2. Talinisu sordi 'Perenaise' 2021. a terasaak, mahukaal ja 1000 tera mass erinevates variantides

Variant	Tehtud tööd	Tera- saak kg ha ⁻¹	Mahu- kaal kg hl ⁻¹	1000 tera g	Langemis- arv s
V1	kontroll	2756 ^a	79,7 ^a	37,6 ^a	336 ^a
V2	põhiväetis	4411 ^c	79,7 ^a	39,9 ^b	356 ^{ab}
V3	Põhiväetis+puhis+leheväetis sügisel+ I leheväetis kevadel	3817 ^b	80,7 ^b	39,9 ^b	365 ^{ab}
V4	Põhiväetis+puhis+leheväetis sügisel + I + II leheväetis kevadel	4376 ^c	80,0 ^{ab}	42,0 ^c	370 ^b
PD _{0,05}		551	0,79	0,94	33,4

Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi ($p \leq 0,05$) variantide vahel; põhiväetis Monterra Bio (10-7-1) 200 kg ha⁻¹ + Kalisop 200 kg ha⁻¹; puhis BioStart 1 l t⁻¹; leheväetis sügisel Tradebor 0,3 l ha⁻¹ + ZM-Grow 2 l ha⁻¹ + Final eKo 2 l ha⁻¹; I leheväetis kevadel Fontana BIO (3-4-3) 2 l ha⁻¹ + ZM-Grow 2 l ha⁻¹; II leheväetis kevadel Fylloton 2 l ha⁻¹

Proteiinisaldus. Nisu proteiinisaldus sõltub väga palju lämmastikuga varustatusest (Koppel *et al.*, 2010b; Tamm, *et al.*, 2017; Litke *et al.*, 2018) ja selle elemendi kättesaadavusest ning omastamisest. Mahevilja kokku ostva Linas Agro OÜl on nisu proteiinisalduse miinimumnõue 12,5% (www.linasagro.ee) ja Scandagral 11,5% (www.scandagra.ee). Tabelist 4 on näha, et kuigi kõige enam väetist saanud variandis V4 oli nisu proteiinisaldus suurim (10%), siis ei vastanud see siiski ette antud kvaliteedinõuetele. Suurema proteiinisalduse saamiseks oleks talinisu pidanud väetama ka hilisemas kasvufaasis (Zhang *et al.*, 2017; Keres *et al.*, 2021) või kasutama teisi, kõrgema lämmastikuisaldusega väetisi, mida on paraku maheväetiste turul raske leida.

Tabel 3. Talinisu sordi 'Perenaise' 2021. a saagistruktuuri analüüsi tulemused erinevates variantides (keskmine ± standardviga SE)

Variant	Teri kandvate võrsete arv tk taim ⁻¹	Pea tihedus* tk 10 cm ⁻¹	Terade arv pähikus tk	Ühe tera kaal peas g
V1	1,1 ± 0,08 ^b	26,82 ± 0,398 ^a	1,89 ± 0,075 ^{ab}	0,0368 ± 0,00087 ^a
V2	1,0 ± 0,00 ^a	27,26 ± 0,310 ^b	1,94 ± 0,101 ^b	0,0390 ± 0,00095 ^c
V3	1,7 ± 0,18 ^d	27,18 ± 0,548 ^{ab}	1,80 ± 0,114 ^a	0,0379 ± 0,00097 ^b
V4	1,2 ± 0,12 ^c	27,58 ± 0,266 ^c	1,82 ± 0,074 ^a	0,0393 ± 0,00057 ^c

* – pähikute arv pea 10 cm kohta; erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi ($p \leq 0,05$) variantide vahel; põhiväetis Monterra Bio (10-7-1) 200 kg ha⁻¹ + Kalisop 200 kg ha⁻¹; puhis BioStart 1 l t⁻¹; leheväetis sügisel Tradebor 0,3 l ha⁻¹ + ZM-Grow 2 l ha⁻¹ + Final eKo 2 l ha⁻¹; I leheväetis kevadel Fontana BIO (3-4-3) 2 l ha⁻¹ + ZM-Grow 2 l ha⁻¹; II leheväetis kevadel Fylloton 2 l ha⁻¹

Kleepevalgu sisaldus on positiivses korrelatsioonis proteiinisaldusega (Ingver *et al.*, 2009; Keres *et al.*, 2021) ja lämmastikuga väetamine mõjutab ka seda näitajat (Järvan *et al.*, 2012; Litke *et al.*, 2018). Tabelist 4 on näha, et meie katse suurim kleepevalgu sisaldus jäi väiksemaks (21,3%), kui oli Linas Agro OÜ (25%) ja Scandagra (22%) miinimumnõuded (<https://linasagro.ee>; www.scandagra.ee). Sarnaselt proteiinisaldusele jäi ka kleepevalgu sisaldus veel väiksemaks variantides V1 (kontroll) (18,7%) ja V3 (18,5%). Nendes variantides kasutatud väetised ja biopreparaadid soodustasid nisu võrsumist (saagi moodustamiseks), kuid piisava kleepevalgu moodustumiseks nendest ei piisanud.

Gluteeni indeks e kleepevalgu tugevus. Kleepevalgu tugevuse optimaalne näit on vahemik 60–90, rahuldav on see 40–59 ning kleepevalk on nõrk, kui gluteeni indeks on 0–40%. Üle 90% on kleepevalk liiga tugev (Kangor, Ingver, 2012). Andmetest on näha, et peaaegu kõikides variantides, v.a variandis V4 oli kleepevalk liialt tugev. Antud variandis, kus lisaks põhiväetamisele + puhtimisele + sügisene taimiku töötlus + kaks korda taimiku töötlemisel kasvuajal osutus kleepevalgu tugevus optimaalseks (83%). Cesevičiene *et al.* (2009) märkisid, et kleepevalgu sisalduse ja kleepevalgu tugevuse vahel on negatiivne korrelatsioon. Kirjanduses on tõdetud, et kleepevalgu tugevus on pigem sordiomane tunnus (Ingver *et al.*, 2009), kuid sõltub siiski mingil määral ka ilmast ja ühekülgses suures koguses lämmastikuga väetamisest (Järvan *et al.*, 2012).

Zeleny arv. Zeleny testi kasutatakse nisu küpsetuskvaliteedi kaudseks hindamiseks, mida suurem on see näitaja, seda parema kvaliteediga on nisu valk. Zeleny arv võib olla positiivselt seotud proteiini- ja kleepevalgu sisaldusega ja sõltub seetõttu sageli lämmastikulisest toitumisest (Litke *et al.*, 2018). Usutavalt suurem oli Zeleny arv enam väetatud variandis V4 (34,7 ml) ja väikseks jäi see variandis V3 (31,3 ml). Mašauskiene, Cesevičiene (2006) arvates sõlus Zeleny arv pigem sordist kui erinevate aastate mõjust.

Tabel 4. Talinisu sordi 'Perenaise' 2021. a terakvaliteedi omadused erinevates variantides

Variant	Tehtud tööd	Proteiin %	Kleepe- valk %	Gluteeni- indeks %	Zeleny arv ml
V1	kontroll	9,3 ^a	18,7 ^a	90,7 ^{ab}	32,0 ^{ab}
V2	põhiväetis	9,6 ^{ab}	19,8 ^{ab}	93,3 ^b	32,7 ^b
V3	Põhiväetis+puhis+leheväetis sügisel+ üks kord kevadel	9,3 ^a	18,5 ^a	91,0 ^{ab}	31,3 ^a
V4	Põhiväetis+puhis+leheväetis sügisel + kaks korda kevadel	10,0 ^b	21,3 ^b	83,0 ^a	34,7 ^c
PD _{0,05}		0,65	1,46	9,20	1,09

Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi ($p \leq 0,05$) variantide vahel; põhiväetis Monterra Bio (10-7-1) 200 kg ha⁻¹ + Kalisop 200 kg ha⁻¹; puhis BioStart 1 l t⁻¹; leheväetis sügisel Tradebor 0,3 l ha⁻¹ + ZM-Grow 2 l ha⁻¹ + Final eKo 2 l ha⁻¹; I leheväetis kevadel Fontana BIO (3-4-3) 2 l ha⁻¹ + ZM-Grow 2 l ha⁻¹; II leheväetis kevadel Fylloton 2 l ha⁻¹

Kokkuvõte

Kõige efektiivsema tulemuse andis mahekatses talinisu väetamine mulla kaudu. Kasutades ainult põhiväetamist (V2), saadi väheste kulutustega suurim talinisu saak. Talinisu lehekaudne kasvuaegne väetamine ning taimiku turgutamine koos biopreparaatidega jäid maheviljeluses siiski vähem efektiivseks, sest tõusid ka kulud leheväetistele, biopuhisele ja -preparaatidele. Samas andis kasvuaegne kahekordne leheväetistega taimiku töötlus (V4) parema tera- ja küpsetuskvaliteedi ning võrdse terasaagi ainult põhiväetist saanud variandiga (V2). Sellest tulenevalt suurenesid variandis V4 võrreldes V2ga usutavalt 1000 tera mass, Zeleny arv ja paranes gluteeni indeks. Kuigi absoluutarvult oli proteiini- ja kleepevalgu sisaldus variandis V4 suurem kui V2s, siis usutavad erinevused nende omaduste osas kahe variandi vahel puudusid. Proteiini- ja kleepevalgu sisalduse järgi ei vastanud meie katse üheski variandis kasvanud mahenisu toiduvilja miinimumnõudele.

Kasutatud kirjandus

- Adamson, A., Järvan, M. 2006. Väävlī mōju talinisu saagistruktuuri elementidele ja saagikusele. – *EMVI Teadustōōde Kogumik*, **71**: 61–66.
- Baltic Agro AS koduleht. Mahevāetised. <https://www.balticagro.ee/mahe/mahevaetised> (1.12.2021).
- Cesevičiene, J., Leistrumaite, A., Paplauskienē, V. 2009. Grain yield and quality of winter wheat varieties in organic agriculture. – *Agronomy Research*, **7**(Special issue): 217–223.
- Ingver, A., Tamm, I., Tamm, Ū., 2008. Effect of organic and conventional production on yield and quality of spring cereals. – *Agronomijas Vestis. Latvian Journal of Agronomy*, **11**: 61–67.
- Ingver, A., Koppel, R., Tamm, I., Tamm, Ū., 2009. Mahe- ja tavatingimustes kasvanud suvinisu küpsetusomaduste võrdlus, – *Agronoomia* **2009** : 82–89.
- Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L., Adamson, A. 2012. Talinisu saagikus, saagi kvaliteet ja küpsetusomadused sõltuvalt lämmastiku ning väävlīga väetamisest. – *Agraarteadus (Journal of Agricultural Science)*, **1**: 12–20.
- Kangor, T., Tamm, I., Tamm, Ū., Ingver, A. 2009. Millest sõltub suviteraviljade kvaliteet? – *Aastaseminar* **2009** : 45–53.
- Kangor, T., Ingver, A. 2012. Viljelusviiside mōju suvinisu küpsetuskvaliteedile. – *Agronoomia*, **2012** : 37–42.
- Kangor, T., Ingver, A. 2021. Biostimulaatorite mōju suvinisu kasvuaja pikkusele, terasaagile ja kvaliteedile. – *Agronoomia*, **2021** : 96–103.
- Keres, I., Alaru, M., Koppel, R., Altosaar, I., Tosens, T., Loit, E. 2021. The Combined Effect of Nitrogen Treatment and Weather Conditions On Wheat Protein-Starch Interaction and Dough Quality. – *Agriculture*, **11**, 1232: 2–12.
- Koppel, R. 2008. Talinisu saak ja kvaliteet olenevalt aastast, kasvukohast ja agrotehnikast. – *Põllukultuuride sordid, omadused ja soovitusi kasvatamiseks. Aastaseminar* **2009** : 36–44.
- Koppel, R., Ingver, A., Ruzgars, V. 2010a. Talinisu aretuse lähtematerjali ja perspektiivsete aretiste saak ja kvaliteet 2005–2009. a Jōgeva SAIs. – *Sordiaretus ja seemnekasvatatus* **X**: 42–51.
- Koppel, R., Ingver, A., Haljak, M. 2010b. Talinisu perspektiivsete aretiste saak ja kvaliteet sõltuvalt agrotehnika intensiivsusest. – *Sordiaretus ja seemnekasvatatus* **X**: 52–57.

- Linus Agro koduleht. <https://linusagro.ee/vilja-kokkuost5> (16.12.2021).
- Litke, L., Gaile, Z., Ruža, A. 2018. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality. – *Agronomy Research*, **16**(2): 500–509.
- Mašauskienė, A., Cesevičienė, J. 2006. Variation of winter wheat grain qualities as affected by NK fertilisation and grain storage period. I. Indirect bread-making qualities. – *LLU Raksti* **16**(311): 50–58.
- Scandagra koduleht, 2021. Hinna fikseerimine. <https://scandagra.ee/viljainfo/hinna-fikseerimine/> (13.12.2021).
- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A. 2007. Suviteraviljade saagikuse ja kvaliteedi võrdlus mahe- ning tavatingimustes. – *Agronomia* **2007**: 57–60.
- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A. 2009. Spring cereals performance in organic and conventional cultivation. – *Agronomy Research*, **7** (Special issue I): 522–527.
- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A. 2010. Suviteraviljade maheviljeluse katsed Jõgeva Sordiaretuse Instituudis. – *Sordiaretus ja seemnekasvatus* **X**: 36–41.
- Tamm, Ü., Tamm, I., Ingver, A., Tamm, S., Bender, A. 2017. Suviteraviljade terasaak ja kvaliteet erinevate liblikõieliste eelviljade järel. – *Taimikasvatuse alased uuringud Eestis* **2017**: 93–98.
- Vetemaa, A., 2021. Mahetootmine 2020. aastal. – *Mahepõllumajandusleht*, nr **90**, 1/2021 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.maheklubi.ee%2Fupload%2FEditor%2Fmaheleht_1_2021.pdf&clen=2775379&chunk=true (08.12.2021).
- Zhang, Y., Wang, J., Gong, S., Xu, D., Sui, J. 2017. Nitrogen fertigation effect on photosynthesis, grain yield and water use efficiency of winter wheat. – *Agricultural Water Management*. **179**: 277–287.

Kuidas mõjutab mulla P ja K talinisu taigna omadusi?

Indrek Keres, Maarika Alaru, Evelin Loit

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

Abstract. Keres, I., Alaru, M., Loit, E.. 2022. How the soil phosphorus and potassium influence the wheat dough properties? – *Agronomy* 2022.

This article deals with the effect of soil P and K on the rheological properties of winter wheat dough. The experiment was carried out in Eerika on the experimental field of Estonian University of Life Sciences during 2013–2017. There were 5 crops in rotation: red clover, winter wheat, pea, potato and barley undersown with red clover. There were 7 cultivation systems in the experimental setup (4 conventional systems with chemical plant protection and mineral fertilizers, 3 organic systems which included winter cover crops and farm manure). The quality of the dough was improved primarily by K, and due to the better nitrogen uptake, it affected the protein and gluten content of the grains and the size of the starch granules, and thus the stability and strength of the wheat dough.

Keywords: gluten content, starch granules, nitrogen use efficiency

Sissejuhatus

Nisu taigna kvaliteeti hinnatakse mitmete tema reoloogiliste omaduste kaudu, näiteks tema venivuse, elastsuse ja stabiilsuse järgi. Taigna kvaliteet sõltub tema peenstruktuurist ehk gluteeni (teraliimi) ja gluteeni võrgustikus paiknevate tärkliseterade omavahelisest koostoimest (Gao *et al.*, 2020). Tärkliseterad on kui täiteosakesed gluteeni-tärklise matriksis (Cao *et al.*, 2019). Taigen on kvaliteetne siis, kui gluteeni ja tärkliseterade vahel on tihe kontakt, madala gluteenisalduse korral on gluteeni võrgustikus suured tühikud ja kontakt gluteeni ja tärkliseterade vahel nõrk (Zi *et al.*, 2019; Keres *et al.*, 2021). Selline taigen on rabe ja ebastabiilne.

Mullas sisalduva liikuva fosfori (P) ja kaaliumi (K) roll taigna kvaliteedi kujundajana seisneb selles, et mõlemad elemendid mõjutavad väga suurel määral taimede lämmastiku (N) omastamist mullast ja transporti taime- ja rakisiseselt. K on taime rakkudes kõige sagedamini esinev katioon, millel on mitmeid tähtsaid funktsioone: raku anioonide laengu tasakaalustamine, ensüümide aktiveerimine, reguleerib lehtede õhuavade avanemist ja sulgumist (Morgan, Connolly, 2013; Gu *et al.*, 2021). K on üks olulistest toiteelementidest taime jaoks, mis on seotud fotosünteesiga, süsivesikute ja proteiini moodustumisega, toitainete ja vee transpordiga ning lämmastiku kasutamisega (Lakudzala, 2013). K ei ole seotud taimes ühegi orgaanilise ühendiga ja sisuliselt on kogu kaalium raku vakuoolides lihtsooladena (Foth, Ellis, 1988).

Taimes olev P püüab päikese energiat ja aitab muuta selle taimedele kasulikuks. P on paljude ensüümide ja valkude, ATP, DNA, RNA komponent. Ta on eluliselt vajalik peaaegu kõigis taime arengu faasides. P on väga vajalik protoplasma moodustumisel suurendades saagikust ja biomassi, ta on fundamentaalne osa nukleiinhapetes ning vajalik raku hingamis- ja ainevahetusprotsessides (Alam *et al.*, 2003), P puudusel on ilmnunud suured saagikaod (Haven, *et al.*, 1999).

Varasemalt on tehtud rohkelt uuringuid mulla liikuva P ja K mõju kohta taime biomassi ja terasaagi suurusele, vähe on käsitletud nende mõju nisutaigna kvaliteedile. Antud artiklis käsitletakse mulla P ja K mõju talinisu taigna omadustele.

Materjal ja metoodika

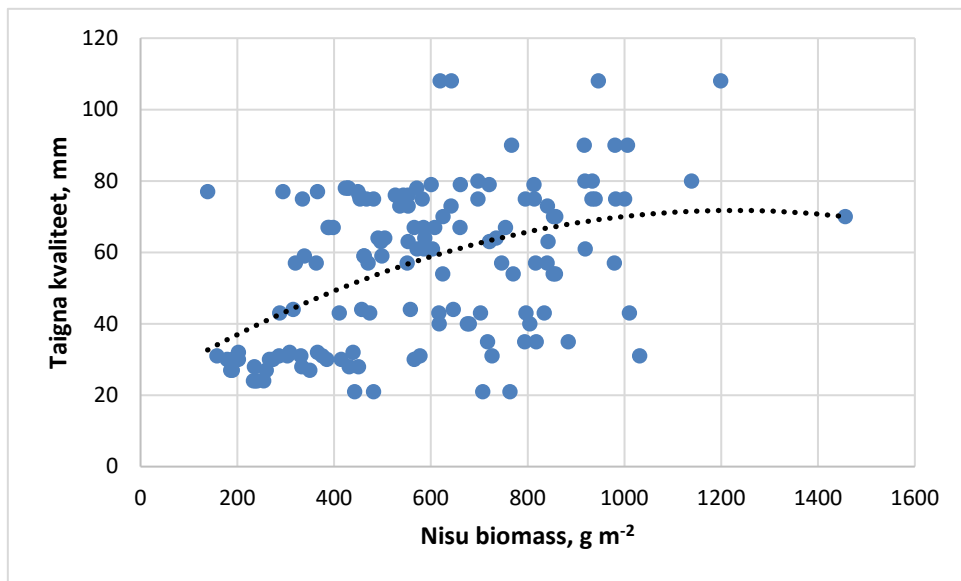
Talinisu Fredis kasvatati Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja taimebioloogia õppe- tooli Eerika katsepõllul, kus kasutati 5-väljalist külvikorda: oder (*Hordeum vulgare* L.) punase ristiku allakülviga, punane ristik (*Trifolium pratense* L.), talinisu (*Triticum aestivum* L.), hernes (*Pisum sativum* L.), kartul (*Solanum tuberosum* L.). Artiklis käsitletakse talinisu variantide mullas oleva P ja K mõju talinisu taina omadustele perioodil 2013–2017. Talinisu väetati mahesüsteemis orgaaniliste ja tavasüsteemis mineraalsete väetistega. Mahesüsteemis on kolm väetisvarianti – Org 0 (mahe kontroll); Org I, kus orgaaniliseks väetiseks on talvised vahekultuurid, mille biomass küntakse kevadel mulda; Org II, kus lisaks talviste vahekultuuridele kasutatakse komposteerunud veisesõnnikut. Veisesõnnikut antakse külvikorra jooksul kolm korda (kartulile, odrale ja talinisule), kusjuures talinisule antakse seda 10 t ha⁻¹ varakevadel enne kevadise kasvu algust (P keskmine sisaldus 12±1,4 ja K keskmine sisaldus 34±2,2 kg ha⁻¹). Tavasüsteemis on neli väetisvarianti – N0 (kontroll, N0 P0 K0); variantides N50, N100, N150 anti mineraalset lämmastikväetist (NH₄NO₃) vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha⁻¹ ning P ja K väetisi vastavalt 25 ja 95 kg ha⁻¹ (Keres, *et al.*, 2020a). Tavasüsteemis kasutati pestitsiidide umbrohtude, haiguste ja putukate tõrjeks 1–4 korda vastavalt vajadusele, mahesüsteemis kasutati umbrohu tõrjeks kevadist äestamist. Mulla proovid võeti igal aastal aprilli keskel 0–25cm sügavuselt ja õhukuivad proovid sõeluti läbi 2-mm sõela. Mulla ja sõnniku proovidest määrati ammooniumlaktaat meetodil taimele omastatava fosfori- ja kaaliumisisaldus ning CNS elementaaranalüsaatoril (ELEMENTAR, Hanau, Germany) üldlämmastiku sisaldus. Ilmastikuolud aastatel 2013–2017 olid erinevad ja mõjutasid oluliselt talinisu saaki ja kvaliteeti. Talinisu taigna omadusi hinnati Eesti Taimekasvatuse Instituudis Brabender ICC BIPEA 50 meetodi järgi (Brabender Faringograph–TS Version 2.1.0; Brabender GmbH & Co). Statistilisest analüüsis kasutati korrelatsioon-, dispersioon- ja kirjeldavat analüüsi. Erinevuse usutavuse tõenäosust hinnati 95% nivool.

Tulemused ja arutelu

Fosfori ja kaaliumi mõju nisu taigna omadustele on kaudne, mõjutades lämmastiku omastamist mullast, ainevahetust ja hingamisprotsesse ja lõpuks taime biomassi ja saagikuse kujunemist ning selle kvaliteeti (Joonis 1; Bruck *et al.*, 2000; Kutman *et al.*, 2010; Wani *et al.*, 2014). Katseandmete põhjal tehtud korrelatsioonanalüüsist selgus, et taigna omadustele avaldas suuremat mõju kaalium. Fosfor kui fotosünteesi energiaallikas mõjutas usutaval määral maapealse biomassi suurust ja selle kaudu ka terade mahumassi ($p<0,001$) ja proteiini sisaldust ($p<0,001$; Tabel 1).

Taigna reoloogilised omadused sõltuvad eelkõige terade proteiini ja gluteeni sisaldusest ning gluteeni ja erineva suurusega tärgliseterade omavahelisest koostoi-

mest (Kerest *et al.*, 2020b; Keres *et al.*, 2021). Gluteenisisaldus on suurel määral mõjutatud lämmastiku kättesaadavusest tera täitumisperioodil ja kaaliumi kaudne mõju gluteeni sisalduse kujunemisel avaldub selles, et ta parandab taime lämmastiku omastamise efektiivsust (Haven *et al.*, 1999) ja suurendab sellisel moel gluteeni sisaldust terades. Soodustades N omastamist taimede poolt, mõjutab mullas olev liikuv K kaudselt ka tärklisteterade läbimõõtu positiivselt (varasemast uuringust selgus, et mahesüsteemis sõnnikut saanud variant Org II ja tavasüsteemis 150 kg N ha⁻¹ e N150 variandil oli tärklisteterade läbimõõt usutaval määral suurem teistest variantidest; Keres *et al.*, 2020b).



Joonis 1. Seos talinisu maapealse biomassi (g m⁻²) ja taigna kvaliteedi (mm) vahel.
R=0,46***

Tabel 1. Seos (R = korrelatsioonikoeffitsient) mulla P ja K sisalduse ning talinisu saagi ja taigna kvaliteedi vahel

Näitaja	R_p^*	R_K
Terasaak, kg ha^{-1}	Mitte usutav	0,25**
Mahumass, g l^{-1}	0,19*	0,34**
Proteiin, teras, %	Mitte usutav	0,18*
Gluteeni indeks, %	Mitte usutav	-0,17*
Taigna veeimavusvõime, %	Mitte usutav	0,32*
Taigna moodustumise aeg, min	Mitte usutav	0,23**
Taigna stabiilsus, min	Mitte usutav	0,25**
Taigna pehmenemise aste, (10 min)	Mitte usutav	-0,33**
Taigna pehmenemise aste	-0,19*	-0,35**
Taigna kvaliteet, mm	Mitte usutav	0,27**
Dx (10) (μm)	Mitte usutav	0,17*
Dx (50) (μm)	Mitte usutav	0,21*
Dx (90) (μm)	Mitte usutav	0,18*

R_p – korrelatsioonikoeffitsient fosforile; R_K – korrelatsioonikoeffitsient kaaliumile;

*usutav erinevus 95% tõenäosuse juures; **usutav erinevus 99% tõenäosuse juures; ***usutavus 99,9% tõenäosuse juures.

Gluteeni ja tärklisteterade koostoime avaldub taigna peenstruktuuris, kus väiksemad B- (tärklistetera läbimõõt 5–10 μm) ja C-tüüpi tärklisteterad (läbimõõt < 5 μm) täidavad tihedalt tühemikud gluteeni ja tärklisteterade vahel (Gao *et al.*, 2020; Keres *et al.*, 2021). Mida tihedamalt tärklisteterad ja gluteen taigna peenstruktuuris paiknevad, seda tugevam on taigen.

Gluteeni indeks iseloomustab gliadiinide ja gluteniinide omavahelist suhet. Arvatakse, et gliadiinil on määrav roll taigna venivusel, samas kui gluteniin määrab ära taigna elastsuse ja tugevuse (Godfrey *et al.*, 2010). Muutused tera gluteniini tasemes mõjutavad taigna formeerumise ja stabiilsuse aega (Shi *et al.*, 2010). Lisaks sellele on kõrge molekulmassiga gluteniini ühendid tähtsad komponendid tera proteiinis ja proteiini koostis on oluline indikaator, mis peegeldab nisu töötlemise kvaliteeti (Gao *et al.*, 2020). Gluteeni indeks oli antud katses aastate keskmisena kõige optimaalsem N150 variandil ($73 \pm 3,5\%$), sest selle variandi jahu proteiini sisaldus oli 2,5% kõrgem võrreldes teiste väetusvariantidega (Keres *et al.*, 2021). Tabelist 1 nähtub, et mullas olev liikuv kaalium on negatiivses korrelatsioonis gluteeni indeksiga, mis näitab, et kaalium soodustades lämmastiku omastamist ja seeläbi suurendades proteiini sisaldust terades mõjutas kaudselt ka gluteeni indeksit. Mahesüsteemi ja väiksema normiga mineraalse lämmastikväetisega variantidel oli jahu proteiinisaldus madalam ja nende gluteeni indeksi näitaja ulatus uuritud aastatel kuni 95%-ni (optimaalne on 60–90). Selline taigen ei ole elastne ja kerkib halvasti, mille tulemuseks on liiga tihe ja mitteõhuline päts.

Järeldused

Mulla liikuva fosfori ja kaaliumi mõju talinisu Fredis taigna reoloogilistele omadustele oli kaudne; need mulla elemendid soodustasid lämmastiku omastamist nisutaime poolt ning omasid olulist rolli fotosünteesis ja saagi kujunemises. Taigna kvaliteeti parandas eelkõige K, kuna lämmastiku taimesisese transpordi kujundamise kaudu mõjutas ta terades proteiini- ja gluteenisisaldust ning tärgklise graanulite suurust ning seeläbi ka nisu taigna stabiilsust ja tugevust.

Tänuavaldused

Uurimustööd on toetanud Eesti Teadusnõukogu grandiga PRG 1260, ERDF ja ETN projektiga RESTA28. Veel on uurimust toetanud EMÜ projektidega 8–2/ T13001PKTM, P170261PKTT, P170062PKTM ja ka ERA–NET CORE-ORGANIC II project TILMAN—ORG.

Kasutatud kirjandus

- Alam, S.M., Shah, S., Akhtar, M. 2003. Varietal differences in wheat yield and phosphorus use efficiency influenced by method of phosphorus application. *J. Sci. Tech.*, **25**: 175–181.
- Bruck, H., Payne, W.A., Sattelmacher, B. 2000. Effect of phosphorus and water supply on yield, transpiration water use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. *Crop Sci.*, **40**: 120–125.
- Cao, X., Tong, J., Ding, M., Wang, K., *et al.* 2019. Physicochemical properties of starch in relation to rheological properties of wheat dough (*Triticum aestivum* L.). *Food Chem.*, **297**, 125000.
- Foth, H. D., Ellis, B. G. 1988. Soil Fertility. New York: John Wiley & Sons.
- Gao, X., Tong, J., Guo, L., Yu, L., Li, S., *et al.* 2020. Influence of gluten and starch granules interactions on dough mixing properties in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Food Hydrocoll.*, **106**, 105885.
- Godfrey, D., Hawkesford, M.J., Powers, S.J., Millar, S., Shewry, P.R. 2010. Effects of crop nutrition on wheat grain composition and end use quality. *J. Agric. Food Chem.*, **58**: 3012–3021.
- Gu, X., Liu, Y., Li, N., Liu, Y., Zhao, D., Wei, B., Wen, X. 2021. Effects of the Foliar Application of Potassium Fertilizer on the Grain Protein and Dough Quality of Wheat. *Agronomy*, **11**(9), 1749. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091749>
- Haven. P.H., Evert, R.F., Eichhor. S.E. 1999. Biology of Plants. 6th ed. WH Freeman and Company Worth Publishing: New York.
- Keres, I., Alaru, M., Ereemeev, V., Talgre, L., Luik, A., Loit, E. 2020a. Long-term effect of farming systems on the yield of crop rotation and soil nutrient content. *Agricultural and Food Science*, **29**(3): 210–221. DOI: 10.23986/afsci.85221.
- Keres, I.; Alaru, M., Talgre, L., Luik, A., Ereemeev, V., Sats, A., Jõudu, I., Riisalu, A., Loit, E. 2020b. Impact of Weather Conditions and Farming Systems on Size Distribution of Starch Granules and Flour Yield of Winter Wheat. *Agriculture*, **10**, 22. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010022>

- Keres, I.; Alaru, M., Koppel, R., Altosaar, I., Tosens, T., Loit, E. 2021. The Combined Effect of Nitrogen Treatment and Weather Conditions on Wheat Protein-Starch Interaction and Dough Quality. *Agriculture*, **11**, 1232. <https://doi.org/10.3390/agriculture11121232>
- Kutman, U.B., Yildiz, B., Ozturk, L., Cakmak, I. 2010. Biofortification of Durum Wheat with Zinc Through Soil and Foliar Applications of Nitrogen. *Cereal Chem.*, **87**: 1–9.
- Lakudzala, D.D. 2013. Potassium Response in some Malawi Soils. *Int. Lett. Chem. Phys. Astron.*, **13**: 175–181.
- Morgan, J.B. ja Connolly, E.L. 2013. Plant-soil interactions: nutrient uptake. *Nature Education Knowledge* **4**(8):2.
- Shi, Y.; Zhang, Y. **2010**. Effects of nitrogen fertilization on protein components contents and processing quality of different wheat genotypes. *Plant Nutr. Fertil. Sci.*, **16**: 33–40.
- Zi, Y., Shen, H., Dai, S., Ma, X., Ju, W., Wang, C., *et al.* 2019. Comparison of starch physicochemical properties of wheat cultivars differing in bread- and noodle-making quality. *Food Hydrocoll.*, **93**: 78–86.
- Wani, J., Malik, M., Dar, M., Akhter, F., Raina, S. 2014. Impact of method of application and concentration of potassium on yield of wheat. *J. Environ. Biol./Acad. Environ. Biol. India*, **35**: 623–626.

Mõned aspektid teraviljade koristusjärgsel töötlemisel ja säilitamisel

Reine Koppel, Elina Karron

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Koppel, R., Karron, E. 2022. Some aspects of post-harvest handling and storage of cereals. – Agronomy 2022.

Timely harvesting, post-harvest processing and storage conditions of cereals determine the ability and quality of the long-term preservation of the lot of seed, food and feed. In Estonian conditions, the moisture content of grain at harvest time is usually 20–25%. It needs to be reduced to 12.5 to 14 percent for storage. Pre-cleaning should be used before drying. The temperature and moisture content of the grain in the storage must be monitored to prevent self-heating and spoilage.

Keywords: Cereal, harvest, post-harvest handling, storage

Sissejuhatus

Suure ja kvaliteetse teravilja saagi saamiseks keskenduvad tootjad eelkõige kasvatustehnoloogilistele võtetele. Vähem tähelepanu pööratakse aga teraviljade koristusjärgsele esmasele töötlemisele ja säilitustingimustele. Teravilja saaki kasutatakse toiduks, söödaks ja seemneks. Toiduvili peab olema ohutu ja kõrge kvaliteediga, säilitamisel peab muuhulgas arvestama ka hügieeni nõuetega. Toiduks kasutamisel on põhiline saia-leiva, tangude-kruupide-helveste valmistamine, kuid teravilju ka idandatakse nii õlletööstuse kui idandite tootmise jaoks. Söödateravili peab säilitama terade toiteväärtuse ning seemnevilja ja idandite valmistamiseks mineva vilja puhul tuleb kuni külvini hoida kõrge terade idanemise energia. Seepärast on peale koristamist oluline valida vilja kasutamise eesmärgile sobiv töötlemise tehnoloogia ning olla teadlik ohtudest, mis pikaajalisel säilitamisel teravilja kvaliteeti halvendada võivad.

Koristamine

Hoiustamisele mineva teraviljapartii kvaliteedi säilitamiseks saame esimese sammu teha juba õige koristusaja valikuga. Niiskete terade koristamisel võib kaasneda terade muljumine kombainis, liiga kuivad terad võivad puruneda, kui kombaini trumli kiirus on liiga suur. Koristamisega hilinemisel suureneb lamandumisoht, võivad tekkida varisemiskaod ja niiskete ilmade mõjul võivad valminud terad peas kasvama minna. Terade peas kasvamaminekul on mõju nii nisu ja rukki küpsetuskvaliteedile (Koppel, Ingver, 1999; Tupits, 2009) kui ka idanemisvõimele (Tupits, 2009; Ilumäe, 1999). Eesti ilmastiku tingimustes jääb tavalisel aastal koristatud teravilja niiskuse 20%–25% juurde ja vajab peale koristamist võimalikult kiiresti kuivatamist. Aga kuivatamist vajab ka vili mille niiskuse on 15–17%, sest koristatud viljapartiiis võib üksikute terade niiskuse olla erinev. Kallase (2001) andmetel võib 22% niiskusesi-

saldusega teraviljapartiis olla nii 17 kui 24% niiskusega terasid ning kui põllult on kaasa koristatud umbrohuseemneid, võivad need olla isegi 70% niiskusesisaldusega.

Eelpuhastamine

Teraviljade koristusjärgne töötlemine hõlmab mitmeid tehnoloogilisi protsesse - eelpuhastamine, niiske vilja hoidmine eelhoidlas, kuivatamine ja ladustamine. Eelpuhastamise eesmärgiks on eemaldada viljapartiist katkised ja kõlujad terad, kõrretükid, umbrohuseemned ja muud lisandid. Purunenud terad on riknemisele vastuvõtlikumad kui terved terad (McKenzie, Van Fossen, 2002). Tänapäevased kombainid teevad tihti õige seadistamise puhul korraliku eelpuhastuse juba vilja koristades - kuivatusse jõuab vili suhteliselt puhtana.

Niisket vilja hoida ventileeritavates hoidlates, kus on võimalik läbi viljakuhja juhtida õhku 400–500 m³ tunnis 1 tonni vilja kohta, sellega hoitakse ära hallitusseente kasvama minemine ja mükotoksiinide tekkimine säilitatavas vilja (Kallas, 1999).

Kuivatamine

Põllult koristatud teravilja terad on kaetud mitmekesise epifüütse mikroflooraga. Sealhulgas on baktereid, pärmseeni ja hallitusseeni. Hallitusseentest domineerivad teradel *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* liigid (Lõiveke *et al.*, 2008). Eestis tehtud uuringud on tõestanud, et niiskel koristusperioodil on suur hallitusseente arvukus ja kuivadel perioodidel domineerivad teradel pärmseened (Akk *et al.*, 2013). Nende mikroorganismide elutegevust mõjutab terade niiskus ja välistemperatuur. Teravilja koristusjärgse vale tehnoloogia valimise tagajärjel võib hakata viljapartiis kuumenemine, hallitamine, roiskumine ja halveneb terade kvaliteet. Koristatud teravilja saastumist hallitusseentega ja mükotoksiinidega saab ära hoida õigete töötlustehnoloogiate kasutamisega. Seetõttu on vaja vili kiiresti kuivatada ja pärast jahutada stabiilse temperatuurini. Alla 14% niiskusega vilja (kuiv vili) hingamine peaaegu seiskub, niiskusega 14–15,5% vili hingab 2–4 korda kiiremini kui kuiv vili. Ent kui vilja niiskus tõuseb 17–18% juurde, siis hingamine kasvab 25 korda kiiremaks võrreldes kuiva viljaga. Niiskete seemnete ja mikroorganismide hingamise ja elutegevuse tulemusena võib toimuda isekuumenemine. Kuumenemine võib toimuda nii hunnikusse puistatud kuivatamata viljas kui ka salves või silos. Teravili võib kuumeneda kuni 50 kraadini. Teravili võib kaotada idanemisvõime, võib muutuda ka toksiliseks. Ülekuumenenud viljas muutuvad terade otsad tumedaks, vilja hea kvaliteet ei taastu ka pärast sellise vilja uuesti kuivatamist (Kallas, 1999).

Säilitamiseks tuleks kuivatada vilja niiskuseni 12,5–14%.

Seemne kuivamine võtab aega. Kuivamisel liigub niiskus tera sisemusest väliskihi poole (Kallas, 2001). Kui on vaja säilitada terade hea idanemisvõime, ei tohi vilja liiga kõrgel kuumusel kuivatada. Mida kõrgem on koristatud vilja algniiskus, seda madalamal temperatuuril tuleb kuivatada. Kui koristatud terad ei ole veel päris valmis, ka siis on need kuivatustemperatuuri suhtes tundlikumad (Kallas, 2001).

Kuivatamisel ja seemnepartii ventileerimisel on tähtis näitaja poorsus. Mida poorsem on seemnekogus, seda kergemini läbib see õhk kuivatusruumi ja seda ühtlasemalt ning kiiremini seemned kuivavad. Meil levinud teraviljadest on poorsus suurim kaeral, Kallase (2001) andmetel 50–70%. Väiksem aga nisu ja rukkil. Nisu ja rukis on paljasteralised, oder ja kaer sõkalteralised - ka see omadus määrab poorsuse protsendi. Siit tuleneb, et ka paljasteralisel odral ning paljasteralisel kaeral on teistsugused kuivatamistingimused kui meil enamlevinud sõkalteralisel odral ja kaeral. Seemnete puhastamine ja sorteerimine aitab poorsust suurendada.

Kallase jt andmetel (1999) ei ole toiduviljal niiskusega alla 14% kuivatamine vajalik, 14–18% niiskuse puhul soovitakse kuivatustemperatuuriks 52 °C, 18–22% niiskusel 50 °C, 22–26% niiskusel 45 °C, 26–30% niiskusel 40 °C, 30–35% niiskusel °C. Söödavilja kuivatamise puhul on temperatuurid sõltuvalt vilja niiskuspotsendist järgmised: 14–18% niiskusel 65 °C, 18–22% niiskusel 60 °C, 22–26% niiskusel 57 °C, 26–30% niiskusel 54 °C, 30–5% niiskusel 52 °C.

Seemnevilja ja idandamiseks vajalikku vilja (õlleotra, idandite tootmine) tuleb kuivatada eriti ettevaatlikult: 14–18% niiskusel 45 °C, 18–22% niiskusel 40 °C, 22–26% niiskusel 38 °C, 26–30% niiskusel 36 °C, 30–35% niiskusel 35 °C. Kui kuivatatakse eriti ebaühtlaselt valminud seemnevilja, siis on Kallase (2001) soovitus kuivatustemperatuuri veel 5 °C võrra vähendada.

Enne hoidlasse panemist kuivatatud seemned puhastatakse ja sorteeritakse (järelpuhastamine).

Säilitamine

Vilja ladustamisel saab olemasoleva kvaliteediga kuivatatud vilja omadused säilitada, paremaks vilja olukorda muuta ei saa. Kui vili on õieti kuivatatud, siis võivad hoiustamisel tekkinud probleemide põhjusteks olla teravilja vale jahutamine, ladustatud vilja ebapiisav jälgimine, koristatud vilja esialgne halb kvaliteet, ebapiisav kahjuritõrje (McKenzie, Van Fossen, 2002).

Tera niiskusesisaldus ja hoidla ning ka välisõhu temperatuur ja nende koosmõju on põhilised faktorid, mida peab jälgima, et terad säiliks hoidlas elujõulised ja kvaliteetsed. Ladustatud seemnete idanemisvõimele toimib koosmõjus temperatuur, suhteline õhuniiskus ruumis ja seemnete niiskusesisaldus - temperatuur ja ruumi õhuniiskus mõjutavad niiskuse hulka õhus ja see omakorda seemne niiskusesisaldust.

Pikaajaliseks säilitamiseks oleks ideaalne madalam ruumi temperatuur ja madal seemnete niiskus – madal niiskusesisaldus ja temperatuur aitavad säilitada seemne elujõulisuse. Mida kõrgem on terade niiskusesisaldus, seda rohkem mõjub neile temperatuur. Seemnete säilitamise alases kirjanduses on mitmel korral nimetatud Harringtoni (1972) rusikareeglit: seemne niiskusesisalduse vähenemisel 1% võrra suureneb seemne eluiga 2 korda (kehtiv vahemikus 5–14%); säilitustemperatuuri vähenemisel 5 °C võrra pikeneb seemne eluiga kaks korda. Reegli kolmandat punkti on meil veidi raskem jälgida - seemne hea säilivus saavutatakse siis, kui hoiukesk-

konna suhtelise niiskuse % ja säilitustemperatuur Fahrenheiti kraadides on kokku sada (kuid temperatuuri panus ei tohi ületada 50 °F).

Teravilja maksimaalne niiskusesisaldus hoiustamisel sõltub ka sellest, kas hoiustatakse pikaaegselt (kauem kui 6 kuud) või lühemat aega. Kui säilitatakse kauem kui 6 kuud, peaks McKenzie (2002) järgi maksimum niiskusesisaldus olema 1% ühiku võrra väiksem (näiteks säilitades nisu, kaera, otra kuni 6 kuud 14%, rohkem kui 6 kuud - 13%).

Punkrites säilitades sõltub säilitatava vilja niiskus väliskeskkonna temperatuurist ja õhuniiskusest (Zvicevicus *et al.*, 2006). Jahvatatud teravili muutus õhutemperatuuril 20–25 °C toksiliseks juba 2 nädalaga, seda ei juhtunud kui vilja säilitati 4°C temperatuuri juures (Lõiveke *et al.*, 2009). Laos seisvas viljas suurenes väliste õhutemperatuuride kõikumiste tõttu selle niiskus üle 14% ja tekkis mükotoksiin DON juba esimesel hoiustamise kuul ka siis kui vili oli kuivatatud 12,5% niiskusele (Akk *et al.*, 2017). Et sellist olukorda ei tekiks on vajalik vilja vahepeal ventileerida või segada. Vähendades terades niiskust 1% võrra, siis väheneb teradel hallitusseente arvukus ca 8% (Zvicevicus *et al.*, 2006). Madalam niiskuseprotsent on tähtis ka laokahjurite leviku piiramiseks. Näiteks alla 12% niiskusega viljas jahulestad, mis muidu on raskesti tõrjutavad, hukuvad (Annuk, 2019).

Ka hästi kuivatatud teravilja niiskus võib muutuda ja kui ei kontrollita teravilja temperatuure, võib see õigel ajal märkamata jääda. Teravilja ja välisõhu temperatuuri erinevused ja muutused võivad tekitada hoiukonteineris kondensvee. Punkrites on terade vahel õhku ja selle temperatuur on sama mis teraviljalgi. Kui talvel välistemperatuur langeb, siis seinte läheduses oleva teravilja ja õhu temperatuur ka jahtub. Keskosas jääb temperatuur soojemaks (kuna viljal on üsna head isolatsiooniomadused, jääb suurem osa konteineris olevast suurest teravilja ja õhu massist umbes samale temperatuurile, kui see oli ladustamisel) ja temperatuuride erinevus põhjustavad niiskuse ja õhu aeglase liikumise - toimub konveksioonivool. Jahtunud õhk on raskem ja see langeb hoidla põhja poole, sealt liigub see punkri keskele, seal muutub soojemaks ja kergemaks ja tõuseb taas üles. Kui õhutemperatuur tõuseb, suureneb selle niiskuse hoidmise võime ja see hakkab absorbeerima väikeses koguses niiskust. Kui soe õhk liigub ülemises osas jahedamasse teravilja massi, siis õhk jahutatakse ja osa õhus leiduvast niiskusest ladestub külmematele tasapindadele ja ka tera sisse (McKenzie, Van Fossen, 2002). Niiskuse migratsioon võib põhjustada riknemist. Teravilja olukorda tuleb pidevalt jälgida - kas on kuskil niiskemaid kohti, limasemat tera, kas kuskile koguneb külmaga jää või härmatis.

Tavaliselt tekib suurenenud niiskusesisaldus punkri ülemise osa keskele, kuid siiski võib see juhtuda ka mujal. Külmem vili punkri seina lähedal (eriti põhjasein) võib ka niiskust akumuleerida (McKenzie, Van Fossen, 2002). Sügisel ilmade jahe- nedes võiks vilja õhutada, et temperatuuri vähendada, kevadel soojade ilmade saabumisel on aga vaja õhutamisega temperatuuri suurendada. McKenzie ja Van Fossen soovivad hakata õhutama kui teravilja ja välisõhu temperatuuri vahe on 6–9 °C. Samamoodi kevadel - soojendamist alustatakse, kui ööpäeva keskmine õhutemperatuur on teraviljast umbes 5–6 °C soojem, et vältida liigset kondenseerumist ja kül-

mumist. Niiskuse teke ja muutumine võib toimuda, kui jahedat vilja hoitakse sooja või isegi kuuma suvekuul.

Ladustatud vilja võiks kontrollida kriitilistel sügis- ja kevadkuudel kord nädalas ning talvel iga kahe nädala tagant (Annuk, 2019). Teravilja temperatuuri ja muid tunnuseid (lõhn, märjad, külmunud või kleepunud terad, tihenened või üksteise külge kleepunud teravilja klombid jne) tuleks jälgida seda tihedamini, mida kiiremini muutuvad välistemperatuurid. Soojem ilm ja soojem teraviljatemperatuur soodustavad hallituse ja putukate tegevust. Kopitanud lõhn on probleemi varajane näitaja. Samuti tuleb kontrollida ja registreerida õhutemperatuure - probleemile võib viidata ka temperatuuri tõus.

Eraldi tähelepanu vääriv

Eestis on koristusjärgset töötlemist ja säilitamist uuritud enam suviodral ja talinisul (Kallas *et al.*, 1999). Seepärast järgnevalt mõned tähelepanekud rukki ja sõkalteralise nisu - spelta ja ühetera nisu ja paljasteralise kaera ja odra kohta.

Rukis

Rukki parim koristusaeg oleks siis, kui terade niiskussisaldus on umbes 18–20%. Taliteraviljad valmivad enne suviteravilju ning sel ajal on tavaliselt ilmad koristuseks paremad, vili saab põllul rohkem küpseks. Saagikoristus kõrgemal niiskustasemel võib vähendada teravilja kvaliteediprobleemidest tulenevaid kadusid. Kanada teadlaste väitel ei ole soovitatav koristada üle 18–20% niiskusega, kuna see võib põhjustada kvaliteedi halvenemist ja probleeme langemisarvuga. Alberta teadlased on isegi leidnud, et kui rukis koristada ajal, mil niiskusesisaldus on suurem kui 20%, võib see kaasa tuua partii kvaliteedi languse - põhjuseks rohelised ja ebaküpsed terad ja madalam mahukaal (Alberta Agriculture and Forestry). Rukki terade niiskusel 18–24% on soovituslik kuivatamistemperatuur 48 °C (Ilumäe, 1999).

Rukki puhul on oluline märkida, et tal puudub tera puhkeperiood ja ta läheb kergesti peas kasvama, kui ilmad on niisked ja ei saa õigel ajal koristada. Rukki sordi valikuga saab määrata, milline saak ja kvaliteet saadakse, sest on sorte, mis annavad ka niiskemates koristamistingimustes kvaliteetse saagi (Tupits, 2006, 2020).

Rukist säilitatakse tavaliselt 13,5% niiskuse juures (Alberta Agriculture and Forestry). Austraalia teravilja uuringu ja arenduskorporatsiooni (GRDC) nõuandel võiks rukki säilitusniiskuse olla alla 12,5% ja temperatuur väiksem kui 20 °C - siis saab hoida turvaliselt vähemalt 15 nädalat. Üle aasta säilitatud rukki idanevus võib langeda (Alberta Agriculture and Forestry). Seda peab arvestama nii seemnevilja kasvatamisel kui idandite valmistamisel.

Paljasteraline kaer ja oder

White jt (1999) uuring näitab, et paljasteraline kaer ja oder säilisid jahedas ja kuivas tingimustes sama hästi kui sõkalteralised vormid. Kuid kõrgemate õhutemperatuuride ja tera niiskuse puhul riknesid paljasteralised kiiremini.

Spelta, emmer ja ühetera nisu

Need on Eesti jaoks suhteliselt uued nisu liigid. Kui speltat on Eestis kasvatatud paarkümmend aastat, siis emmer ja ühetera nisu kohta on siiani andmeid vaid katsetest, mida on tehtud Eesti Taimekasvatuse Instituudi Jõgeva Sordiaretusosakonnas. Spelta koristus peaks olema õigel ajal, hilinedes võivad pähikud hakata varisema, pudenema, kuigi mõned uurijad väidavad ka, et võiks koristada veidi enne täisküpsust (Neeson, 2011). Spelta koristusel peaks kombain olema seadistatud aeglasemale töötamisele ja madalama trumli pöörete arvule kui tavalisel nisul.

Sõkalteralisi niusid - speltat, ühetera nisu ja emmerit soovitakse säilitada hoidlas pähikutena (Padulosi *et al.*, 1995) ja enne tarvitamist vajalikes kogustes tera lahti hõõruda. Pähikutena säilitamisel säilib tera elujõulisus ja on ka laokahjuritele raskemini ligipääsetav. Säilitusniiskus peaks kirjanduse andmetel olema 12% või vähem, kuid Eestis ei ole seda teemat veel uuritud ning meie tingimustes nii madalat säilitusniiskuse vajadust kinnitada ei saa. Kui spelta koristusjärgse töötluse kohta on suhteliselt vähe infot, siis ühetera nisu kasvatamise, koristuse ja hoiustamise kohta veel vähem.

Järeldused

Teraviljade koristusjärgsel esmatöötlemisel on vajalik kasutada õigeid kuivatamistemperatuure ning nende valik sõltub vilja kasutusotstarbest. Vilja tuleb säilitada võimalikult stabiilsetes tingimustes, et vältida niiskuse ja temperatuuride kõikumisi ja seeläbi säilitada vilja idanevusenergia ja kõrge kvaliteet. Rohkem oleks vaja uurida rukki, paljasteralise kaera ja odra ning speltanisu ja ühetera nisu koristusjärgse töötlemise ja säilitamise küsimusi.

Tänuavaldused

Eesti maaelu arengukava (MAK) 2014–2020 meede Uute toodete, tavade, protsesside ja tehnoloogiate arendamise projekti „Ühetera nisu Eestis kasvatamine ning nisu ja rukki kasutamise mitmekesistamine“ raames uuritakse üheteranisu ja rukki kasvatamist ja muid aspekte (ka koristusjärgset faasi), et saada idandamiseks hea kvaliteediga tera.

Kasutatud kirjandus

- Akk, E., Lõiveke, H., Edesi, L., Tamm, Ü., Ilumäe, E. 2017. Mükotoksiini DON sisalduse dünaamika ladustatavas suviodras. – *Taimekasvatuse alased uuringud Eestis* **2017**: 152–155.
- Akk, E., Lõiveke, H., Edesi, L., Kütt, ML., Lauringson, E., Kastanje, V. 2013. Formation of the abundance of microfungi on the barley grain grown as pure and mixed crops in Central and North Estonia. – *Estonian Journal of Ecology*, **62**(4): 265–275.
- Alberta Agriculture and Forestry. Extension Service. Fall Rye production. [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex1269/\\$file/117_20-1.pdf](https://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex1269/$file/117_20-1.pdf) (22.12.2021)
- Annuk, T., 2019. Kuidas hoida laokahjuid teraviljast eemal. Põllumajandus.ee, 19 august.

- GRDC, Grownnotes. https://grdc.com.au/_data/assets/pdf_file/0027/369360/GrowNote-Cereal-Rye-South-13-Storage.pdf (22.12.2021)
- Harrington, J.F., 197. Seed Storage and Longevity. In: Kozlowski, T.T., Ed., Seed Biology, Insects, and Seed Collection, Storage, Testing and Certification, Academic Press, New York: 145–245.
- Ilumäe, Ene. 1999. Nõuded toiduviljale ja selle kvaliteet Eestis. – *Teraviljakasvatuse käsiraamat*. Koostanud Hindrek Older. Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium. Eesti Maaviljeluse Instituut. Saku. AS Rebellis. ISBN 9985-9200-4-X.281-283.
- Kallas, A. 2001. *Seemnete koristusjärgne töötlemine*.
- Kallas, A., Kiisk, T., Lättemäe, P. 1999. Teravilja koristusjärgne töötlemine. – *Teraviljakasvatuse käsiraamat*. Koostanud Hindrek Older. Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium. Eesti Maaviljeluse Instituut. Saku. AS Rebellis. ISBN 9985-9200-4-X: 236–270.
- Koppel, R., Ingver, A. 1999. Suvinisu langemisarv. – *Teaduselt põllule ja aeda*: 91–93.
- Lõiveke, H., Ilumäe, E., Akk, E. 2008. Teravilja mikrobioloogiast ja ohutusest. – *Agraarteadus* **2008**: 38–45.
- Lõiveke, H., Akk, E., Ilumäe, E. 2009. Säilitustingimuste mõju jahvatatud söödateravilja ohutusele. – *Agronoomia* **2009**: 232–235.
- McKenzie, B.A, Van Fossen, L. 2002. Managing Dry Grain in Storage. Purdue University, Cooperative Extension Service. allikas:<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/aed/aed-20.html>
- Nesbitt, M., Samuel, D., 1995. From staple crop to extinction? The archeology and history of the hulled wheat. Hulled Wheat. Proc. of the First International Workshop on Hulled Wheats, 21–22.07.1995, Tuscany, Italy, 40–99.
- Tupits, I. 2009. Külviaja ja külvisenormi mõju talirukki saagile. Põllukultuuride sordid, omadused ja soovitusi kasvatamiseks. – *Aastaseminar 2009*. Jõgeva Sordiaretuse Instituut. Lk. 30–35.
- Tupits, I. 2020. Talirukki kasvatamine mahe- ja tavatingimustes. – *Agronoomia* **2020**: 117–122.
- Zvicevičius, E., Raila, A., Novošinskas, H., Krausauskas, A. 2006. Mycotoxins producers in the grain layer. – *Ekologia*, **3**: 105–111.
- White, N.D.G., Hulasare, R.B., Jayas, D.S., 1999. Effects of storage conditions on quality loss of hull-less and hulled oats and barley. *Can. J. Plant Sci.* **79** (4): 475–482.

Mulla mikroobide aktiivsus olenevalt ilmastikutingimustest ja eelviljast tava- ja maheviljelussüsteemides

Jaan Kuht¹, Viacheslav Eremeev¹, Liina Talgre¹, Eve Runno-Paurson¹, Maarika Alaru¹, Anne Luik²

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

² Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Kuht, J., Eremeev, V., Talgre, L., Runno-Paurson, E., Alaru, M., Luik, A. 2022. Soil microbial activity depending on weather conditions and pre-crops in conventional and organic farming systems–Agronomy 2022.

The aim of the present study is to evaluate the effect of i) temperature and precipitation and ii) precrop on the activity of soil microbes (MMA) during 5-year period in the ongoing long-term crop rotation experiment (five crops) with different farming systems. There were 5 crops in rotation: Barley undersown (us) with red clover, red clover, winter wheat, pea and potato. There were 2 conventional cropping systems with chemical plant protection and mineral fertilizers and 3 organic cropping systems which included winter cover crops and farm manure. The red clover showed a more stable MMA in different weather conditions. The most unstable was the MMA of potatoes. In all crop rotations, the MMA relationships of both cultivation systems were positively correlated with the MMA of these precrops.

Keywords: soil microbial activity, weather, cropping systems, crop rotation, organic farming

Sissejuhatus

ÜRO liikmesriigid võtsid 2015. aastal vastu säästva arengu eesmärgid, milleks sätestati 15-aastane kava kuni 2030. aastani. Selle üheks suundumuseks on parema toidukindluse saavutamine parema toote kvaliteediga, kuid väiksema kahjuga mulla ökosüsteemile (Goal 2, 2015). Mulla mikroobikooslustel on võtmeroll mulla toitainete ringluses ning mulla tervise säilitamisel (Arias *et al.*, 2005; Janvier *et al.*, 2007). Mulla orgaanilise aine biokeemilised muundumised toimuvad mikroobide aktiivse tegevuse tagajärjel. Suur osa mullas elavaid mikroorganisme on olulised taimede kasvuks, aitavad neil omastada toitaineid ning pärsivad juurepatogeenide arengut. Samas on nad ka väga tundlikud keskkonnas toimuvate muutuste suhtes. Araújo jt (2013) tulemused näitasid, et mulla degradeerumine halvendab aja jooksul mulla mikroobide tegevust ja nende stabiilsust. Muutused mulla mikrobioloogilises aktiivsuses on varajaseks märgiks kas hoiatusena selle halvenemisest või siis mullaviljakuse paranemisest (Costa *et al.*, 2007). Soman jt (2017) märkisid, et mulla omaduste muutused on pikaajaline protsess, mida saab kõige paremini demonstreerida just mitmeaastase katsega.

Ei ole veel täielikult selge, kuidas mõjutavad ilmastikutingimused ja eelvili mikroobide aktiivsust tava- ja orgaanilistes viljelussüsteemides.

Käesolev uurimistöö püüab täpsustada mulla mikroobide aktiivsuse (MMA) näitajate muutusi seostatuna eri aastate meteoroloogiliste tingimuste ja eelkultuuride mõjuga MMA-le tava- (Tava) ja orgaanilistes (Mahe) viljelussüsteemides.

Materjal ja meetodika

Eesti Maaülikooli Rõhu Katsejaama katsepõllule Eerikal rajati 2008. a. viieväljaline külvikorrakatse. Katseala mullastik oli näivleetunud (*Stagnic Luvisol*) WRB klassifikatsiooni järgi. Katsed rajati neljas korduses, katselappide suurus oli 60 m². Käesolevas töös kasutatakse 5- väljalise külvikorra 2014–2018. a perioodil kogutud andmestikku. Külvikordades olid uurimise all oder (sort 'Anni') punase ristiku allakülviga. Sellele järgnes punane ristik (sort 'Varte'), mille mulda kündmise järgselt külvati talinisu (sort 'Fredis'). Järgnesid hernes (sort 'Starter') ning seejärel kartul (sort 'Maret', al. 2018 'Teele'). Kultuure kasvatati kahes erinevas viljelussüsteemis, esimene neist traditsiooniline (Tava), mille viljelemisel kasutati keemilisi taimekaitsevahendeid või mineraalväetisi. Ainsaks orgaaniliseks väetiseks oli seal punane ristik haljasväetiseks. Teine oli maheviljelussüsteem, milles väetati vaid haljasväetistega - kas punase ristiku sissekänniga, talvise vahekultuuri või neile lisaks ka kääritatud laudasõnniku sissekänniga. Tavasüsteemi viljelusviisi Tava 0 ei väetatud, kuid tehti keemilist taimekaitset. Sama süsteemi Tava I-le aga anti allakülviga odra, kartuli ja talinisu aladele ühesugune kogus fosforit (P) 25 kg ha⁻¹ ja kaaliumit (K) 95 kg ha⁻¹ ning väetati lämmastikuga allakülviga otra N120 kg ha⁻¹, kartulit ja talinisu N150 kg ha⁻¹ ja hernest N20 kg ha⁻¹. Ristikut ei väetatud. Tavasüsteemides kasutati pärast kartuli, herne ja talinisu koristust umbrohtude tõrjeks glüfosaati sisaldavat herbitsiidi Roundup Flex. 2018. a kasutati selle asemel Rodeo FL.

Umbrohutõrjeks kasutati ristiku allakülviga odral ja hernel MCPA-750, talinisul Secator OD ning kartulil Titus 25 DF. Kartuli lehemädanikku tõrjuti vastavalt vajadusele suve jooksul 2–4 korda fungitsiidiga Ridomil Gold MZ 68 WG-ga, ning kartulimardikat insektitsiididega Fastac ja Decis Mega 50EW. Maheviljelussüsteemis oli kolm viljelusviisi: väetamata talviste vahekultuurideta (Mahe 0), mis järgib külvikorda; ainult talviste vahekultuuridega (Mahe I), kus talinisu koristusjärgselt külvati rüpsi ning talirukki segu, herne järgi talirüpsi ja kartuli järgi talirukist. Viljelussüsteemis Mahe II künti lisaks samadele vahekultuuridele väetiseks mulda komposteeritud veisesõnnikut, mida anti kevadel teraviljadele 10 t ha⁻¹ ja kartulile 20 t ha⁻¹. Mullaproovid võeti iga katselapi 0–20 cm kihist kevadel (kas pärast kündi või enne harimisi ja külvitöid) iga aasta aprillis. Mulla mikroobide hüdrofüütilist aktiivsust mullas määrati fluorestseini diatsetaadi (FDA) hüdrofüüsi kaudu (Schneider ja Rosswall, 1982). Mikroobse hüdrofüütilise aktiivsuse määramiseks võeti 5–10 cm sügavuselt 500 g proovid vastavalt ISO 10381-6 (1993) meetodikale ja sõeluti läbi 2 mm sõela (Reeuwijk, 2002). Reagentide ettevalmistamine järgneva analüüsi jaoks toimus vastavalt Adam ja Duncan (2001) kirjeldatud FDA meetodile. Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Põllukultuuride vahelise

mulla mikroobse hüdrofüütilise aktiivsuse erinevuse võrdluses kasutati Fisher LSD post-hoc testi ($p=0,05$).

Tulemused ja arutelu

Tabel 1. Keskmised kuu sademed (mm) perioodil 2014–2018 ja paljude aastate keskmised (1964–2018).

Kuu	Sademed, mm					
	2014	2015	2016	2017	2018	1964–2018
Jaanuar	25,0	29,6	34,0	27,4	20,4	28,6
Veebruar	12,4	8,4	55,8	22,4	11,7	22,6
Märts	9,0	12,0	23,3	17,0	12,9	22,5
Aprill	13,4	69,0	51,6	51,5	28,1	31,2
Mai	83,8	62,0	1,6	15,5	7,8	52,9
Juuni	103,4	39,4	124,6	94,3	60,8	70,9
Juuli	71,4	61,4	81,6	60,7	14,0	69,2
August	113,0	41,2	42,0	106,2	59,3	81,1
September	22,2	59,0	15,4	83,4	72,1	59,3
Oktoober	35,8	10,8	33,2	75,3	55,3	56,3
November	10,4	53,8	45,5	26,1	18,9	44,7
Detsember	41,6	46,3	30,6	51,8	36,9	36,6
Keskmine	541,4	492,9	539,2	631,5	398,2	575,7

Tabel 2. Keskmised kuu temperatuurid (°C) perioodil 2014–2018 ja paljude aastate keskmised (1964–2018).

Kuu	Temperatuurid, °C					
	2014	2015	2016	2017	2018	1964–2018
Jaanuar	−7,9	−1,8	−9,4	−3,5	−2,4	−5,7
Veebruar	−0,2	−0,9	0,3	−2,9	−8,3	−5,7
Märts	2,2	2,7	−0,1	1,4	−3,5	−1,5
Aprill	6,5	5,4	6,1	3,4	7,2	4,8
Mai	11,9	10,3	14,0	10,3	15,9	11,4
Juuni	13,4	14,2	15,9	14,0	15,9	15,4
Juuli	19,3	15,7	17,8	15,9	20,7	17,4
August	16,8	17,0	16,1	16,8	18,9	16,1
September	12,1	12,6	12,3	12,2	14,3	11,1
Oktoober	5,3	4,6	4,1	5,4	7,6	5,7
November	1,4	3,6	−1,0	2,4	2,4	0,5
Detsember	−1,5	2,5	−0,4	0,2	−2,7	−3,1
Keskmine	6,6	7,2	6,3	6,3	7,2	5,5

Kõige sademeterikkam oli 2017. aasta, kus sademeid tuli paljude aastate keskmisest 55,8 mm rohkem ja kõige vähem ehk 175,5 mm võrra, tuli sademeid 2018. aastal (tabel 1). Kõikide katseaastate õhutemperatuurid olid paljude aastate keskmisest kõrgemad. Kõige soojemad neist olid 2015. ja 2018. aastad, mille keskmised

õhutemperatuurid olid paljude aastate keskmisest 1,7 °C võrra kõrgemad ning kõige jahedamad, keskmisest vaid 0,8 °C võrra kõrgemad, olid 2016. ja 2017. aastad (tabel 2). Taimede kasvutingimustele kõige ebasoodsamaks osutus põuane 2018. aasta ilmastik.

Tabel 3. Külvikorrakultuuride mulla mikroobide hüdrofüütiline aktiivsus (μg fluorestseini g^{-1} kuiva mulla kohta h^{-1}) aastatel 2014–2018

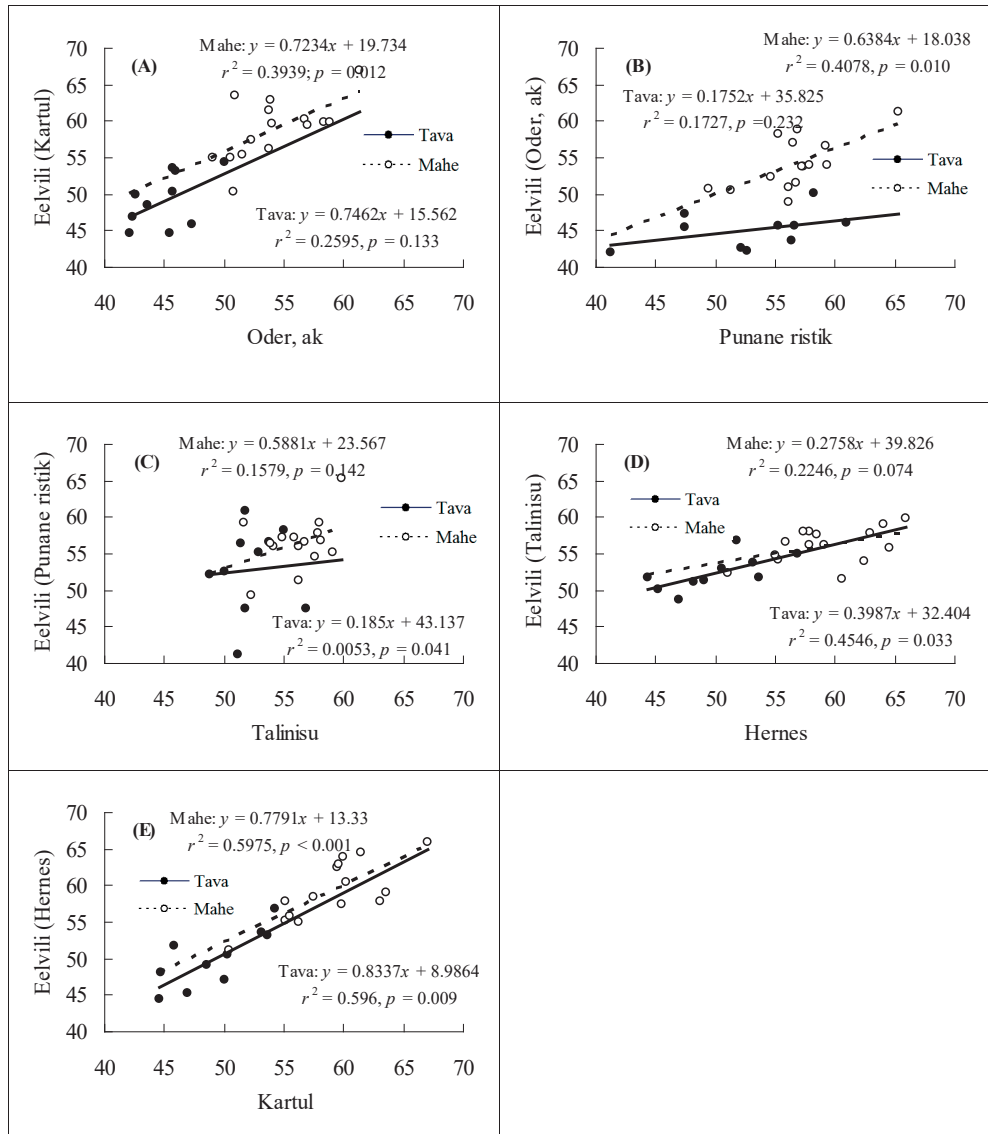
Aasta	Oder, ak	Pun. ristik	Talinisu	Hernes	Kartul	Keskmine
2014	48,5 ^{A1a2}	56,2 ^{BCb}	54,2 ^{Ab}	53,8 ^{ABb}	55,5 ^{ABb}	53,6 ^{AB}
2015	51,6 ^{Aa}	53,9 ^{ABab}	55,6 ^{Aab}	57,5 ^{Bb}	55,1 ^{ABab}	54,7 ^{BC}
2016	50,8 ^{Aa}	58,6 ^{Cb}	55,4 ^{Aab}	57,3 ^{Bb}	57,9 ^{Bb}	55,9 ^C
2017	51,7 ^{Aa}	56,3 ^{BCb}	53,3 ^{Aab}	56,4 ^{ABb}	55,3 ^{ABab}	54,6 ^{BC}
2018	50,6 ^{Aa}	50,4 ^{Aab}	54,6 ^{Ab}	52,7 ^{Aab}	51,4 ^{Aab}	51,9 ^A
2014–2018	50,6 ^a	55,1 ^b	54,6 ^b	55,5 ^b	55,0 ^b	

¹Erinevad suured tähed samas reas tähistavad statistiliselt olulist erinevust kultuuride vahel (Fisher LSD post-hoc test, $p < 0.05$). ²Erinevad väiksed tähed samas veerus tähistavad statistiliselt olulist erinevust aastate vahel (Fisher LSD post-hoc test, $p < 0.05$).

Tavasüsteemi MMA jaoks oli kõige soodsam 2016. aasta, kus keskmine MMA oli kõige kõrgem. Sel aastal saadi teistest suurimad arvulised väärtused punase ristiku ja herne kasvualadelt (tabel 3). Allakülviga odra, talinisu ja kartuli MMA-le sobisid kõige paremini aga 2015. a tingimused. Kõige madalamad MMA keskmised väärtused olid 2017. aastal.

Maheviljussüsteemi kultuuride MMA-le oli kõige soodsam 2016. aasta, kus keskmine näitaja ulatus $59,1 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ja kultuuride lõikes saadi parimad MMA tulemused punase ristiku, talinisu ja kartuli aladelt. Mahesüsteemis osutus MMA seisukohalt kõige kehvemaks 2018. aasta, kus võrreldes ülejäänud aastatega saadi madalaimad näitajad punase ristiku, talinisu, herne ja kartuli kasvualalt. Viie aasta kõige stabiilsemat MMA-d näitas punane ristik, kus kõige väiksemate ja suurimate keskmiste näitajate erinevus teineteisest oli vaid 4,9%. Sellest märksa ebastabiilsem oli kartuli MMA, erinevusega 9,1%.

Mulla mikroobide aktiivsus (MMA) on mõjutatud kasvuaegsetest mulla biokeemilistest protsessidest ja eelviljadest, mille mõju järgnevatele kultuuridele avaldub mulla kaudu. Katsetulemused näitasid, et kõikides külvikorrakultuurides olid mõlema süsteemi MMA seosed nende eelviljade MMA-ga positiivses korrelatsioonis (joonis 1). Allakülviga odra MMA sõltuvus oma eelkultuurist kartulist avaldus selgelt mõlemas viljelusviisis, kusjuures see oli maheviljeluse foonil tugevam. Nii tava- kui ka maheviljelusviisides sõltus punase ristiku allakülviga odra MMA eelviljast, korrelatsioonid vastavalt $r=0,51$; $p=0,13$ ja $r=0,63$; $p=0,01$ (joonis 1; A). Mõnevõrra suurem korrelatiivne seos mahesüsteemis tuleneb sellest, et pärast kartuli eelvilja herne koristamist külvati haljasväetiseks talvise vahekultuurina talirukki ja talirüpsi segu, mis Mahe I ja koos lisatud sõnnikuga Mahe II aladel mulda küntult rikastas mulda orgaanilise materjaliga. Ristiku allakülviga odra kui eelvilja mõju järgmise aasta ristiku alusele MMA-le oli usutavalt positiivne mahesüsteemis. See võis olla



Joonis 1. Põhi- ja eelkultuuride mulla hüdrofüütilise aktiivsuse (μg fluorestsiini g^{-1} mulla kuivmass h^{-1}) regressioonilised seosed tava- ja orgaanilistes viljelussüsteemides. A – allakülviga oder ning kartul eelviljana; B – punane ristik ning allakülviga oder eelviljana; C – talinisu ning punane ristik eelviljana; D – hernes ning talinisu eelviljana; E – kartul ning hernes eelviljana.

tingitud tunduvalt suuremast allakülvatud ristiku biomassist võrreldes tavasüsteemis mineraalset lämmastikku saanud allakülvatud ristiku omast (joonis 1, B). Ilmselt mõjutab MMA aktiivsust positiivselt ristiku biomassiga muldaviidud orgaanika. Ka varasemad uurimused on näidanud, et teraviljade alla külvatud ja järgmiseks aastaks väljaarenenud ristikutaimedel on positiivne toime mulla omadustele ja mulla

keemilistele parameetritele (Russell, 1971; Christensen, 1996). Carter ja Kunelius (1993) leidsid, et oder allakülvatud ristikuga suurendas juurte massi mullas 6–11 korda, võrreldes ainult odraga ja samas parandas ka mulla struktuuri. Skudiene ja Tomchuk (2015) andmetel suurenes järgneva aasta punase ristiku juurte mass võrreldes eelneva aastaga kuni 6,5 korda ja maapealne mass 4 korda. Katsetulemused näitasid, et tavaviljeluses avaldus see seos nõrgemini ($r=0,42$; $p=0,23$), kui orgaanilistes viljelusviisides, kus korrelatiivne seos ($r=0,64$; $p=0,10$) oli tugevam. Talinisu MMA-l puudus nii mahe- kui ka tavasüsteemis usutav seos eelvilja MMA-ga. (joonis 1, C). Talinisu MMA seostes eelviljaga ilmnes võrreldes teiste kultuuridega erisus, kus tava- ja maheviljelussüsteemide MMA näitajad mahtusid üsna kitsasse andmevahemikku, 48,8–59,8 $\mu\text{g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Kuivõrd ristikul keemilisi taimekaitsevahendeid ei kasutatud, ilmnes siin ainult ristiku positiivne mõju mikroorganismidele, mis tõstis seal MMA arvulised väärtused tavasüsteemis maheüsteemi näitajatele lähemale. Herne kasvuala MMA seos eelneva talinisuga tavasüsteemi foonil osutus suuremaks kui orgaanilise korral (joonis 1, D). Tava süsteemis olid r väärtused 0,67 ($p=0,03$) ja maheüsteemis $r=0,47$ ($p=0,07$). See tulenes ilmselt sellest, et tava aladel olenes MMA põhiliselt muldaküntud nisupõhust, kuid mahealadel toimus herne kasvuperioodil lisaks põhule ka vaheskultuuri orgaanilise aine lagunemisprotsess, mis vähendas eelvilja mõju MMA-le. Põhu jäägid kuuluvad mulla orgaaniliste ainete olulisemate allikate hulka (Tisdale *et al.*, 1985) ja nende tagastamine mulda mõjutab oluliselt mulla mikroobide funktsionaalset mitmekesisust ning tõstab hüdrofüütiliste ensüümide aktiivsust. Turk ja Mihelič (2013) leidsid, et 44% nisupõhust lagunes juba kahe kuuga, kuid täielik lagunemine toimub enam kui nelja kuu jooksul. Kartuli kasvuala MMA mõlemad viljelussüsteemid andsid ühesuguse korrelatiivse seose eelvilja herne MMAGA, mõlemate $r=0,77$ (Tava: $p=0,009$ ja Mahe: $p=0,001$ (joonis 1, E). Need seosed, võrreldes kõikide teiste kultuuride ja nende viljelussüsteemidega, olid kõige tugevamad, mis näitavad ühtlasi MMA seisukohalt ka herne kõrget väärtust kartuli eelviljana.

Järeldused

Erinevate aastate lõikes näitas stabiilsemat MMA-d punane ristik, kus viie aasta kõige väiksemate ja suurimate keskmiste näitajate erinevus teineteisest oli vaid 4,9%. Ebastabiilseim oli kartuli MMA, erinevusega 9,1%.

Kõikides külvikorrakultuurides olid mõlema viljelussüsteemi MMA seosed nende eelviljade MMAGA positiivses korrelatsioonis. Allakülviga odra MMA seos kartulist eelkultuuri aladega avaldus selgelt mõlemas viljelusviisis, kusjuures see oli maheviljeluse foonil mõnevõrra tugevam kui tavaviljeluses. Punase ristiku järgse MMA ja sellele eelnenud ristiku allakülviga odra MMA vaheline korrelatsioon näitas eelneva odra (ak) märgatavat mõju ristiku kasvuala MMA-le, kuid tavaviljelusega mullas avaldus see nõrgemini kui orgaanilistes viljelusviisides.

Tänuavaldused

Uurimus on valminud ERA-NET Core organic projekti FertilCrop ning institutsionaalse uurimistoetuse IUT36-2 ja Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise projektide 8–2/T15121PKTM ja P190259PKTT toel.

Kasutatud kirjandus

- Adam, D., Duncan, H. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbiological activity using fluorescein diacetate (FDA) in range of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, **33**: 943–951.
- Araújo, A.S.F., Cesarz, S., Leite, L.F.C., Borges, C.D., Tsai, S.M., Eisenhauer, N. 2013 Soil microbial properties and temporal stability in degraded and restored lands of Northeast Brazil. *Soil Biology and Biochemistry*, **66**: 175–18.
- Arias, M.E., González-Pérez, J.A., González-Vila, F.J., Ball, A.S. 2005. Soil health-a new challenge for microbiologists and chemists. *International Microbiology*, **8** (1): 13–21 .
- Carter, M.R.; Kunelius, H.T. 1993. Effect of undersowing barley with annual ryegrasses or red clover on soil structure in a barley-soybean rotation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **43**: 245–254.
- Christensen, B.T. 1996. Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: Revision of model structure. pp. 143–159. In: *Evaluation of Soil Organic Matter Models*, (Powlson, D.S., Smith, P., Smith, J.U., eds), Springer: Berlin, Germany.
- Costa, A.L., Paixao, S.M., Cacador, I., Carolino, M. 2007. CLPP and EEA profiles of microbial communities in salt marsh sediments. *Journal of Soils and Sediments*, **7**: 418–425.
- Goal 2: Zero Hunger – United Nations Sustainable Development, 2015. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/> (27.06.2020).
- Janvier, C., Villeneuve, F. Alabouvette, C., Edel-Hermann, V., Mateille, T., Steinberg, C. 2007. Soil health through soil disease suppression: which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology and Biochemistry*, **39**: 1–23.
- Reeuwijk, L.P. van. 2002 (ed.). *Procedures for soil analysis*. (6th ed). Tech. Pap. 9, ISRIC, Wageningen.
- Russell, E.W. 1971. Soil structure: Its maintenance and improvement. *Journal of Soil Science*, **22** (2): 137–150.
- 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.
- Skudiene, R., Tomchuk, D. 2015. Root mass and root to shoot ratio of different perennial forage plants under western Lithuania climatic conditions. *Romanian agricultural research*, **35**: 209–219.
- Soman, C., Li, D., Wander, M.M., Kent, A.D. 2017. Long-term fertilizer and crop-rotation treatments differentially 356 affect soil bacterial community structure. *Plant and Soil*, **413** (1–2): 145–159.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*; Macmillan Publishing Company: New York, NY, USA.
- Turk, A., Mihelič, R. 2013. Wheat straw decomposition, N-mineralization and microbial biomass after 5 years of conservation tillage in Gleysol field. *Acta Agriculturae Slovenica*, **101**: 69–75.

Talirukki ja suviadra saagikusest pikaajalises väetuskatses Kuusikul

Valli Loide

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Loide, V. 2022. Winter rye and summer barley yield in a long-term fertilisation test in Kuusiku. *Agronomy* 2022.

Experiments at the Kuusiku long-term field (since 1965) include potato crop rotation, summer barley, summer barley sown under fodder straw (red clover + timothy), 1-year-old fodder straw, 2-year-old forage grass and winter rye: population and hybrids. Soil: sandy loam Calcisol. Different combinations of mineral and organic fertilisers. This article deals only with cereals.

The results of a long-term experiment showed a high degree of weather dependence of cereal yields. Hybrid varieties proved to be more effective in the use of fertilisers than population rye. While in the population rye in the N135P39K90 test yielded an average of 4 t ha⁻¹, the hybrid rye yielded an average of 8.4 t per hectare with the same fertilisation and plant protection as the population rye. The yields of in the test N135P39K90 hybrid were also one of the most stable to the weather. Rye deserves more acreage and more versatile applications.

The limiting factor for summer barley yield was largely the ratio of water to air temperature in May-July. Drought resistance is a key indicator in the breeding and use of varieties.

Keywords: cereals, winter rye, summer barley, yield, weather

Sissejuhatus

Teravilja kasvupind on Eestis viimastel aastatel olnud statistikaameti andmetel (ES...) 360–370 tuhat hektarit, saagikusega 3,5–4,4 t teri hektarilt. Minimaalse ja maksimaalse saagikuse vahe on 1,9–3,5 kordne, mis on tingitud valdavalt ebasoodsatest ilmastikutingimustest. Teravilja kasvupinna struktuuris on viimastel aastatel toimunud märgatav muutus: taliteraviljade kasvupinna osatähtsus on suurenenud viimase 10 aasta tagusega võrreldes 2–3 korda. See on toimunud tänu sordiaretusele ja ilmastikuolude muutumisele taimedele soodsamas suunas. Kasvupinnalt domineerivad talinisu ja suviader, keskmise terasaagikusega vastavalt 4,5–5,5 t ha⁻¹ ja 2,7–4,4 t ha⁻¹. Rukist aga, mida on Eesti territooriumil kasvatatud juba vähemalt 4...5 sajandil ja millel on rida positiivseid omadusi (vähendõudlik, vastupidav, tervislik jt), kasvatakse viimasel ajal väga vähe, ainult 3–7% teravilja kasvupinnast. Viimaste aastate rukki keskmine terasaagikus on olnud 3,5–4,4 t ha⁻¹. Viljelusvõistluse teraviljade rekordsaakide edetabelist leiame aga tipptegijana just rukki, rekordsaagiga 12,1 t ha⁻¹ Järvamaalt (Ameerikas, 2020). Nende positiivsete näitajate juures peab siiski nentima, et inimtoiduks vajaliku kvaliteediga vajaminevast rukkist ca 1/3 imporditakse. Rukki tähtsaim kvaliteedinäitaja on langemisarv. Langemisarvu üheks peamiseks ohustajaks on sademed koristusperioodil, mistõttu on väga oluline sellega arvestada. Üha karmistuvate keskkonnatingimustes, kus on eesmärgiks vähendada sisendeid (väetisi, taimekaitsevahendeid jt) ilma saaki vähendamata, vajab teravilja

sektor uut ja täiendavat infot ambitsioonika väljakutse lahendamiseks, sh ka kodumaise rukki osatähtsuse ja kasutamise suurendamiseks.

Alljärgnevas uurimistöös tutvustakse pikaajalise NPK-väetuskatse tulemusi talirukki ja suviadra saagikuse kohta.

Materjal ja meetoodika

Uuringukoht ja muld

Eesti mulla väetamise nõuete määramiseks rajati Dr A. Piho poolt aastatel 1965–1966 Kuusikule pikaajalised külvikorra ja väetamise katsed liivsavisele rähkmuldale (Põhja-Eesti, geograafilised koordinaadid: pikkuskraad 58,584816, laiuskraad 24,422128 ja kõrgus 55 m).

Külvikord koosneb kuuest väljast järgmiselt: kartul (alates 2019 a. asendatud teise kultuuriga), suvioder, suvioder allakülviga (punase ristik + timuti), esimese aasta põldhein, teise aasta põldhein ja rukis. Iga katselapi suurus on 56 m² (7,5 × 7,5 m), saagi arvestuslapp 11,5 m² (2,3 × 5 m).

Katses on 21 väetisega töötlemist (neli NPK-väetiste ja kaks sõnniku taset – 30 ja 60 t ha⁻¹, vastavalt Sõ1 ja Sõ2) ja 6 põllukultuuri kahes korduses. Aastatel 1975–1992 toimus kogu külvikord ruumis ja ajas ning igal aastal oli kokku 252 põllulappi. Alates 1993. aastast on külvikord vaid ajaline – igal aastal on kokku 84 põllulappi kahel väljal aastas. Rotatsioon kestab 3 aastat. Käesolevas uurimistöös käsitletakse ainult katses olnud teraviljade saagikust ja seda mõjutavatel teguritel s.o väetamise aasta (ilmastiku) mõjul.

Katse variandid:

1. N ₀ P ₀ K ₀	7. N ₂ P ₁ K ₂	13. N ₂ P ₃ K ₂	19. N ₂ P ₂ K ₂ + Sõ2
2. N ₁ P ₀ K ₀	8. N ₂ P ₂ K ₁	14. N ₃ P ₃ K ₃	20. N ₃ P ₂ K ₂ + Sõ2
3. N ₁ P ₁ K ₀	9. N ₂ P ₂ K ₂	15. N ₄ P ₃ K ₃	21. N ₄ P ₃ K ₃ + Sõ2
4. N ₁ P ₀ K ₁	10. N ₂ P ₃ K ₂	16. N ₂ P ₂ K ₂ + Sõ1	
5. N ₁ P ₁ K ₁	11. N ₃ P ₂ K ₂	17. N ₃ P ₂ K ₂ + Sõ1	
6. N ₂ P ₁ K ₁	12. N ₃ P ₂ K ₃	18. N ₄ P ₃ K ₃ + Sõ1	

Väetiste kogused on toodud olenevalt erinevate põllukultuuride vajadustest tabelis 1.

Tabel 1. Teravilja väetamine pikaajalise NPK-väetuskatses aastatel 1975–2021 Kuusikul

Teravili	NPK-väetamine, kg ha ⁻¹									
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	P ₁	P ₂	P ₃	K ₁	K ₂	K ₃
Suvioder	35	70	105	140	9	18	27	25	50	75
Suvioder allakülviga	20	40	60	80	26	52	78	30	60	90
Rukis	45	90	135	180	13	26	39	30	60	90

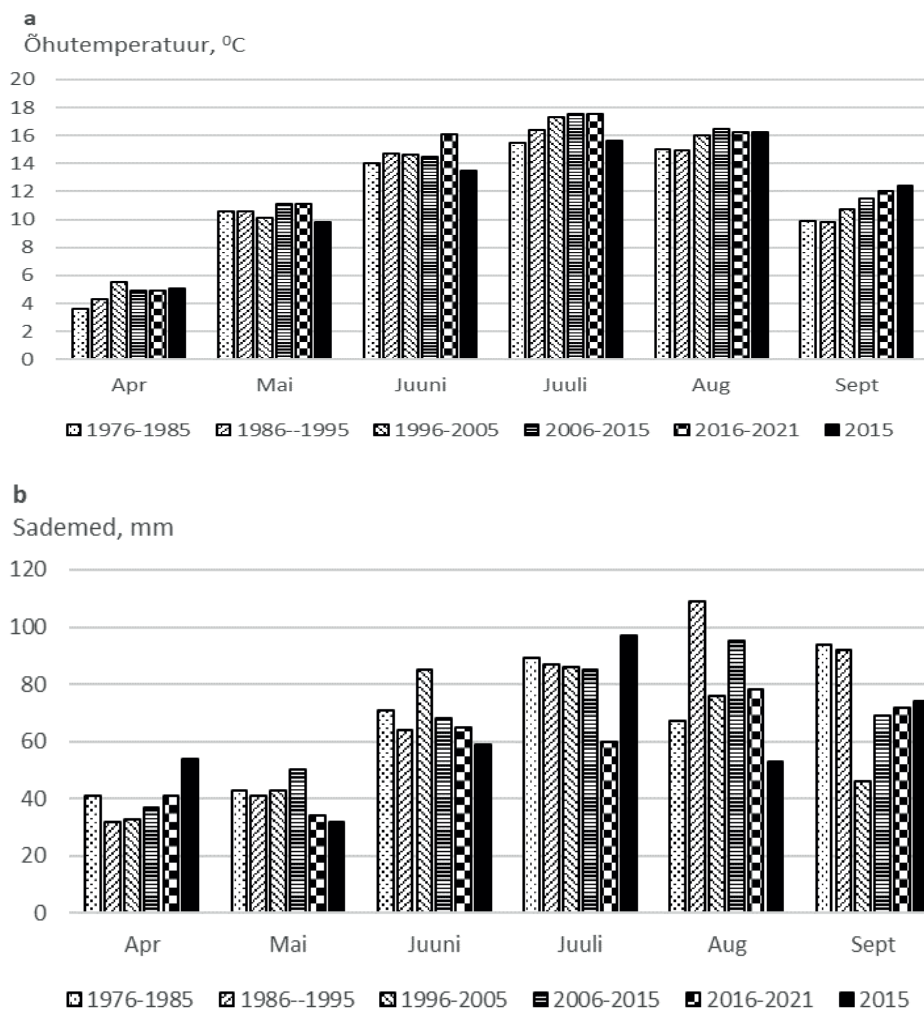
Hüdrotermilise koefitsiendi (HTK) arvutamine. Taime kasvu ja arengu tingimuste iseloomustamiseks konkreetsemalt on üheks võimaluseks seda teha hüdrotermilise koefitsiendi järgi, mis võtab arvesse temperatuuri ja sademete koosmõju.

HTK arvutati sama perioodi sademete (S) ja õhutemperatuuride (T) summa abil järgmise valemiga: $HTK = (S/0,1) \times T$. Periood on peetakse kuivaks, kui HTK on vahemikus 1,0–0,6 ja väga kuiv, kui HTK on 0,5 või vähem. Kui HTK ületab 2,0 on periood põllukultuuride kasvatamiseks liiga märg. (Kivi 1998; Keppart *et al.*, 2009).

Katseperioodi iseloomustavad ilmastikuandmed on toodud joonisel 1a, b. Katses kasutati traditsioonilist agrotehnikat: künd 0,22 m sügavuselt, kultiveerimine; samuti kasutati keemilisi taimekaitsevahendeid. Mineraalväetisi anti mullaharimisel, enne külvi (kogused toodud tabelis 1); sõnnik viidi sügiskünniga mulda järgmise aasta kultuuri jaoks. Kasutati järgmisi väetisi: ammooniumsalpeeter, superfosfaat, kaaliumkloriid ja tahe talusõnnik (Sõ). Sõnnikut kasutati 6-väljalises külvikorras ühel, s.o kartuli väljal. Sõnniku järeilmõju kasutas hiline oder teisel aastal, varajane oder kolmandal ja rukis kuuendal aastal. Teravilja põhk tagastati mulda künniga. Väetiste laotamine, põllukultuuride külvamine ja koristamine toimus optimaalsel ajal.

Katses kasutatud sordid sobivad hästi kohalikku kliimasse; neid asendatakse aeg-ajalt uute sortidega. Talirukki populatsioonisorti 'Vambo' kasutati katses 40 aastat ja alates aastast 2015 asendati see rukki hübriidsortidega kahel aastal sordiga 'Palazzo' ja ühel aastal sordiga 'Berado'. Suviotradest on pikima perioodi (1996–2017) katses olnud hiline oder 'Anni'. Suvioder uuendati aastail 2015–2017 sortidega 'Maali' ja 'Tuuli'.

Katseandmed töödeldi dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi *Statistica 7,0*.



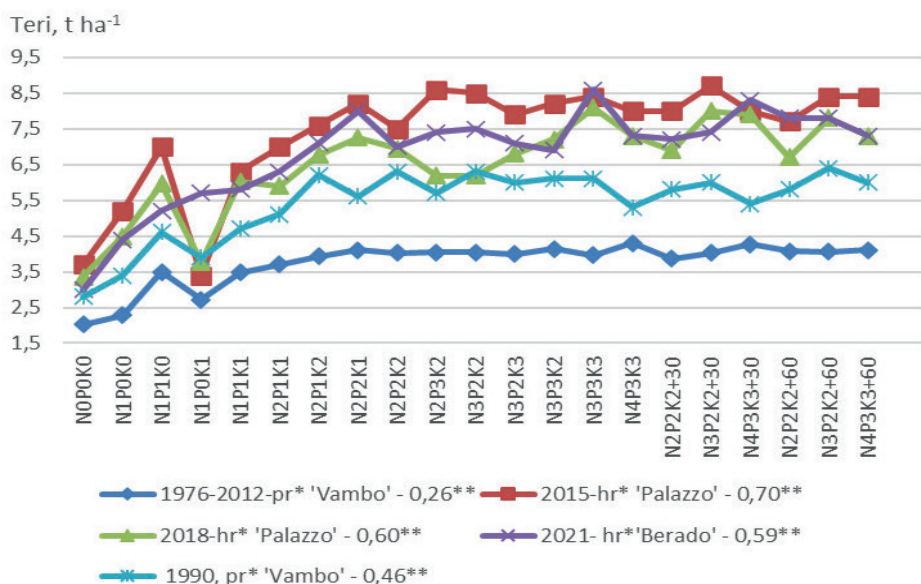
Joonis 1 a, b. Ülevaade ilmastikust katse kestel (1976–2021) Kuusikul

Tulemused ja arutelu

Eestis kõige enam kasvatatud rukist ‘Vambo’ kasvatati ka pikaajalises väetuskatses märkimisväärselt kaua, 40 aastat. Pikk aegrida ühe sordiga võimaldab saada selgepiirilisemaid tulemusi võrdlemiseks järgnevate aastate tulemustega. Antud katse tulemustest järeldub, et järjest enam sobivad Eestis kasvatamiseks rukki hübriidsordid. Nende saagivõime on oluliselt kõrgem. Vaadeldavas katses kasvatati tavarukki asemel hübriidrukist kolmel kliimaatilisel erineval aastal (joonis 2). Kui tavarukki terasaak oli N3P3K3-variandis (N135P39K90) aastate keskmiselt 4 t ha^{-1} ja parimal aastal (1990) $6,1 \text{ t ha}^{-1}$, siis hübriidrukki terasaagid olid 3 aasta keskmisena $8,4 \text{ t}$ teri hektarilt sama väetamise ja taimekaitsega kui see oli tavarukki puhul. Samuti ilmnes, et 3 a variandi-N3P3K3 terasaagid ($8,4$; $8,1$; $8,6 \text{ t ha}^{-1}$) olid ühed stabiilsemad ega

sõltunud nii väga katse aasta ilmastikust (väiksem lamandumisoh). NPK-väetiste efektiivsuseks kujunes 1 kg väetise tegevaine kohta tavarukkil keskmisena 15 kg teri, parimal aastal 23 kg ja hübriidrukkil keskmiselt 32 kg. Hübriidrukkis oli oluliselt saagikam ka katse algusest alates väetamata mullal, millelt saadi 3,4 t teri hektarilt.

Maaviljeluse tähtsaimaks alustalaks on külvikord. Rukist on küll loetud ennast taluvaks kultuuride hulka, kuid hübriidrukkis on siiski soovitatav kasvatada viljavahelduslikus külvikorras, et vähendada riske haiguste ja kahjurite suhtes (Piho, 1978).

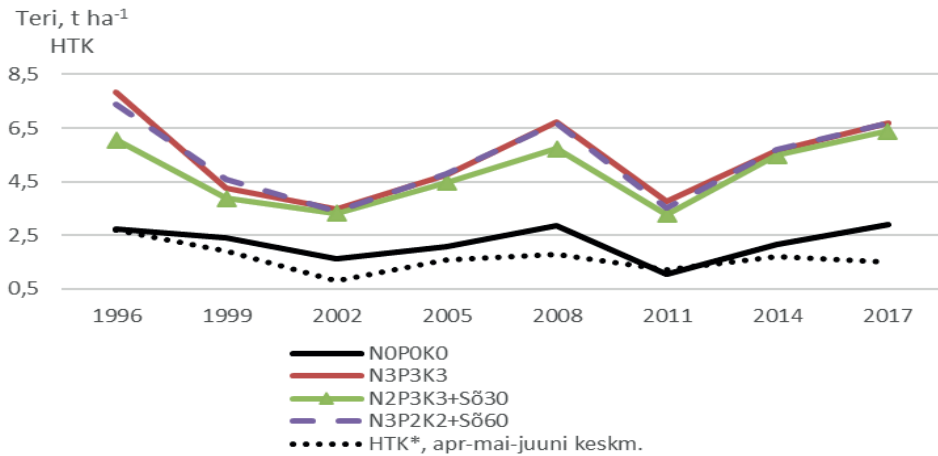


Joonis 2. Rukki saagikus sõltuvalt väetamisest pikaajalises NPK-väetuskatses Kuusikul

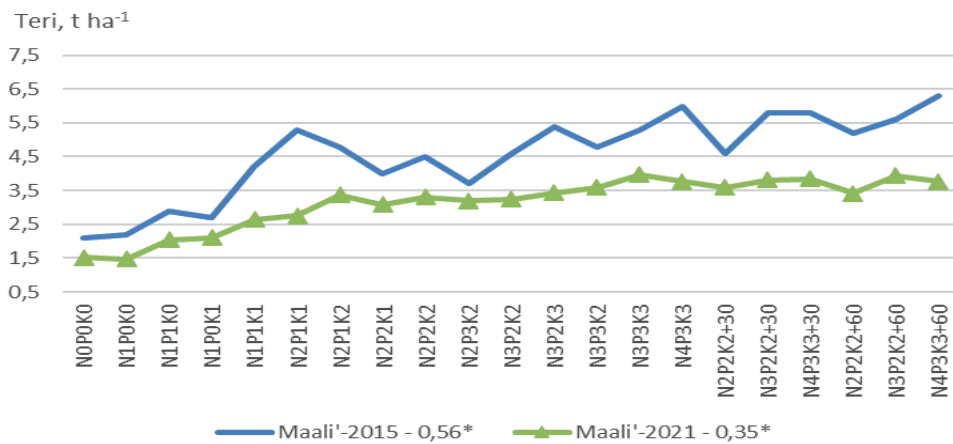
* pr – populatsioonsordi rukis; hr – hübriidsordi rukis; ** - erinevus on usutav PD₀₅ juures

Otradest kasvatati antud katses kõige kauem (20 a) suviotra 'Anni'. Katseandmetest ilmnes, et väetisele reageerib oder hästi (joonis 3), kuid ilmastikuandmete analüüsil ilmnes, et oder on üks kõige enam haavatavam teravili ilmastiku mõjude suhtes (Loide, 2019). Limiteerivaks faktoriks on vesi ja eriti koos mais-juulis esineva kõrgema õhutemperatuuriga.

Ülevaade allakülviga suviotra saagikuse sõltuvusest ilmastikust eri väetusfoonidel on toodud joonistel 4 ja 5. Saagi kujunemiseks soodsamal aastal saadi varian-dis N3P3K3 (N60P78K90) 1 kg väetisega 2015. a teri 23 kg, põuasel 2021. a aga vaid 17 kg. Odra poolt kasutamata jäänud väetise tarbivad heintaimed. Olgugi, et heintaimede (kõrrelised + liblikõielised) kasvatamine külvikorras eeldaks tulukuse aspektist loomakasvatust, on see ka ilma loomakasvatuse üheaastase kasvuperioodiga pikaajaline investering mulla ja kogu keskkonna tervisesse.

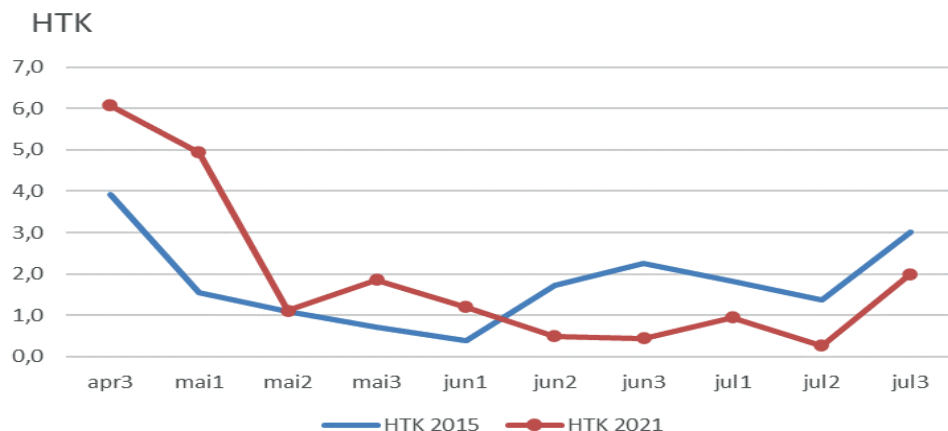


Joonis 3. Suviodra saagikus sõltuvalt väetamisest ja ilmast



Joonis 4. Allakülviga odra saagikus sõltuvalt väetamisest pikaajalises NPK-väetuskatses Kuusikul

*- erinevus on usutav PD₀₅ juures



Joonis 5. Hüdrotermiline koefitsiendi (HTK) dünaamika kasvuperioodi kuu eri dekaadidel: HTK piirväärtused: kuiv 1,0–0,6: väga kuiv 0,5 või vähem ja >2,0 on periood põllukultuuride kasvatamiseks liiga märg

Kokkuvõte

Pikaajalise katse tulemused näitasid teraviljade saagikuse suurt sõltuvust ilmastikust. Väetiste kasutamises osutusid rukki puhul efektiivsemaks hübriidsordid. Kui tavarukis andis N135P39K90-variandis aastate keskmisena 4 t ha⁻¹, siis hübriidrukki 3 aasta keskmisena saadi 8,4 t teri hektarilt sama väetamise ja taimekaitsega kui tavarukki puhul. Samuti olid variandi-N135P39K90 hübriidrukki saagid ühed stabiilsemad ilmastiku suhtes. Rukkikasvatus väärib senisest suuremat tähelepanu ja rukki kasutus mitmekesisemat rakendust.

Suviõhuga saagikuse limiteerivaks faktoriks on suures osas mais-juulis esineva vee ja õhutemperatuuri suhe. Sortide aretamisel ja kasutamisel on oluline arvestada veelgi enam omadustega, mis toetavad ja suurendavad taimede põuakindlust.

Tänuavaldus

Esiteks soovin tänuga meeles pidada Dr Arnold Piho (1924–1978), kes oli praeguse katse rajaja. Samuti soovin tänada MSc Madis Häuslerit, PMK Kuusiku katsejäämast ja agronoomi Tiina Pääsukest Eesti Taimekasvatuse Instituudist ning kõiki, kes on olnud abiks uurimistöö juures.

Kasutatud kirjandus

Ameerikas, M., 2020. Viljelusvõistlus 2020 tulemused.

http://viljelusvoistlus.ee/wp-content/uploads/2020/12/Viljelusv6istlus2020_parimad_MargusAmeerikas2.pdf

ES... Eesti Statistika andmebaas [Statistical database], pub.stat.ee

Keppart L, Tammets T, Loodla T. 2009. Kuivade ja liigniiskete kuude statistikast Jõgeva põldudel viimase 45 aasta andmetel. *Agronoomia* **2009**, lk 236–241.

- Kivi K. (toimetaja) 1998. Põllumajandust kahjustavad ilmastikunähtused. *Eesti Metereoloogia ja Hüdroloogia Instituut Metereoloogiakeskus*, 10–20. Käsikiri EMHI Metereoloogiakeskuses.
- Loide, V. 2019. The results of an NPK-fertilisation trial of long-term crop rotation on carbonate-rich soil in Estonia, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, DOI: 10.1080/09064710.2019.1628292
link artiklile: <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1628292>
- Piho, A. 1978. Külvikorrad. – Maaviljelus, Toim. Aulas, L., lk 220–238.

Lutsernikarjamaa saak ja saagi kvaliteet maheviljeluses

Heli Meripõld, Uno Tamm, Silvi Tamm, Sirje Tamm, Valli Loide, Priit Pechter

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Meripõld, H., Tamm, U., Tamm, S., Tamm, S., Loide, V., Pechter, P. 2022. Pasture of lucerne-grass yield and nutritive value in organic farming. – Agronomy 2022.

The aim of this study was to examine the effect of manure compost and organic fertilisers on the lucerne-grass pasture to improve forage production and quality by including lucerne in grass-based mixtures. The trials consisted three of lucerne (*Medicago sativa* L.) cultivars Artemis and hybrid lucerne (*Medicago varia* Mart.) Juurlu and Karlu in mixture with meadow fescue, timothy and meadow-grass, three replicates each. The trials were carried out with two treatments: A – fertiliser Biocat G (“Black pearl”) – 420 kg ha⁻¹ and fertiliser Magnesia-Kainit – 300 kg ha⁻¹; B – 21 t ha⁻¹ composted cattle manure. The average DM yield in five years was significantly higher in case of treatment A (4.6–7.1 t ha⁻¹). The DM yield of lucerne cv. Karlu with treatment A was exceptionally high (10.7 t ha⁻¹) in 2021. The crude protein concentration varied 106–196 g kg⁻¹ and metabolisable energy was over 9.8 MJ kg⁻¹ DM.

Keywords: lucerne-grass pastures, forage yield, forage nutritive value, organic farming

Sissejuhatus

Lutsernikarjamaa bioloogilise lämmastiku (N) otstarbekaks kasutamiseks rohusaagis on soovitat kasvatada lutserni segus kõrreliste heintaimedega. Liblikõieliste-kõrreliste segude kasvatamisel tuleb arvestada liblikõieliste liigi fenoloogilist arengut, püsivust ja toiteväärtust. Varasemad uuringud on näidanud, et lutserni kasvatamine kõrreliste heintaimedega segus parandab rohusaagi toiteväärtust ja silode fermentatsiooni omadusi (Tamm, 2017). Liblikõieliste segude hea söömuse ja toiteväärtuse ning N-kasutuse efektiivsuse tõstmiseks on vaja liblikõieliste kaasliikideks sobivas vahekorras kõrrelisi (Elgersma, Søgaard, 2015; Adamovics *et al.*, 2017). Liblikõielised pakuvad olulisi võimalusi säästvate rohumaapõhiste loomakasvatussüsteemidele (Lüscher *et al.*, 2014). Hübriidlutserni sordid ‘Karlu’ ja ‘Juurlu’ on tõestanud väga head talvekindlust ka Soome põhjapiirkondades, laiuskraadidel 60°49’ N (Mela *et al.*, 1996). Katse eesmärk oli uurida sõnnikukomposti ja maheviljelusse sobivate mineraalväetiste mõju lutserni-kõrreliste karjamaal, et suurendada taimiku kuivainesaaki ja kindlustada hea toiteväärtusega rohusööt.

Materjal ja meetodika

Katse rajati 2016. aastal PMK Kuusiku Katsekeskuse põllule (laiuskraadidel 58°58’ N, 24°43’ E). Uuringud viidi läbi viiel aastal (2017–2021). Katse rajati rähkmullale, mille agrokeemilised näitajad olid järgmised: pH_{KCl} 7,1 (ISO 10390), mulla orgaanilise süsiniku (C_{org}) 1,9% ning liikuva fosfori (P) ja kaaliumi (K) sisaldus vastavalt 91 ja 95 mg kg⁻¹ (Mehlich III meetod). Katselapid suurusega 10,5 m² rajati split-plot asetusega kolmes korduses. Katse A variandile anti pärast esimest niidet mahetootmisse sobivaid mineraalväetisi Biocat G (Must pärl) 423 kg ha⁻¹ ja Magnesia-Kainit

300 kg ha⁻¹. Toitainete sisaldus oli Biocat G: N 42, K 17, S 14 kg ha⁻¹ ja Magnesia-Kainit: K 27, Mg 9, S 12, Na 60 kg ha⁻¹. Katse B variandile anti 21 t ha⁻¹ orgaanilist väetist (komposteeritud veisesõnnikut), mille toitainete sisaldus oli järgmine: N 4, P 23, K 151 kg ha⁻¹ ja kuivainesisaldus 20,3%. 2021. a kevadel anti B variandile mahe kanasõnnikut Monterra BIO 250 kg ha⁻¹, toitainete sisaldusega: orgaaniline aine 65; N 7,3; P₂O₅ 3,0; K₂O 2,4; MgO 1,0 ja kuivaine 90%. Külvisenorm lutsernisortidel 'Artemis' (*Medicago sativa* L.), 'Karlu' (*Medicago varia* Mart.) ja 'Juurlu' (*Medicago varia* Mart.) oli 12 kg ha⁻¹. Kõrreliste külvisenorm: harilik aruhein (*Festuca pratensis* Huds.), timut (*Phleum pratense* L.) ja aas-nurmikas (*Poa pratensis* L.) oli kokku 20 kg ha⁻¹. Katses koristati kolm niidet. Haljasmassi niideti kombainiga Hege 212. Esimene niide tehti vahemikus 31. mai–3. juuni (lutsern oli õiepungade moodustumise, kõrreliste kõrsumise lõppfaasis), teine niide juuli keskel ja kolmas septembri algul. Katseperioodi (aprill–september) efektiivsete temperatuuride (üle 5 °C) summa oli 2017. a. 1246 °C; 2018. a 1754 °C; 2019. a. 1459 °C; 2020. a. 1394 °C ja 2021. a 1541 °C. Sademete kogusumma (aprill–september) oli 2017. a 488 mm; 2018. a 319 mm; 2019. a 412 mm; 2020. a 459 mm ja 2021. a 364 mm. 2017. ja 2020. aasta aprill ning mai olid viimase 15 aasta keskmisest kõige jahedamad (efektiivseid temperatuure kogunes vastavalt 140 ja 147 °C) ja põuasemad (22 ja 24% 15 aasta keskmistest sademetest). Sademete ebaühtlane jaotus vegetatsiooniperioodil on mahetootmises oluliseks saagikuse mõjutajaks.

Katseproovidest määrati kuivaine saak (KA), toorproteiin (TP), neutraalkiud (NDF), metaboliseeruv energia (ME) ja kuivaine seeduvus (DDM). Katseandmed analüüsiti kahefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil (ANOVA, Fisher'i LSD post-hoc test, p<0,05) statistikaprogrammi Agrobases (Agrobases 20TM, 1999) abil.

Tulemused ja arutelu

Mahe lutsernikarjamaa kuivainesmaak sõltus oluliselt (p<0,0001) väetamisest. 2019. aastaks olid mineraalväetistega variandis kujunenud välja ühtlased rohukamarad – suuremaid kuivainesaake andsid lutsernisordid 'Karlu' (10,7 t ha⁻¹) ja 'Juurlu' (8,3 t ha⁻¹; tabel 1). Lutserni-kõrreliste segukülvide viie aasta keskmine kuivainesmaak oli kõrgem mineraalväetistega väetatud variandis A, kusjuures sordi 'Karlu' segu kõrrelistega ületas statistilise usutavusega sortide 'Artemis' ja 'Juurlu' segu kõrrelistega KA saake. Viie aasta keskmine kuivainesmaak oli mineraalväetise Biocat G ja Magnesia-Kainit mõjul sortidel 'Karlu' 7,10 t ha⁻¹, 'Juurlu' 5,91 t ha⁻¹ ja 'Artemis' 4,60 t ha⁻¹. Mineraalväetistega väetatud variandi taimik oli visuaalsel hinnangul ka vastupidavam põuale. Varasematest uuringutest on teada, et kaaliumväetise mõjul suureneb heintaimede saagikus ja proteiinisaldus (Parol *et al.*, 2006).

Tabel 1. Lutserni-kõrreliste karjamaasegude KA saak aastatel 2017–2021

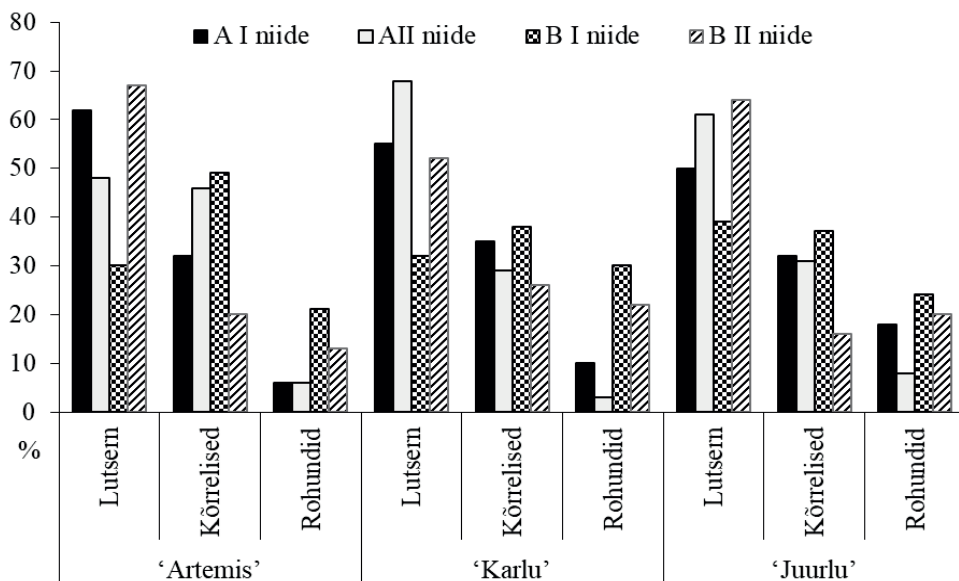
Sort	Variant	Kuivainesaad, t ha ⁻¹					Keskmine 2017–2021
		2017	2018	2019	2020	2021	
'Artemis' <i>M. sativa</i>	A	2,86a	3,15b	5,7b	3,91c	7,4b	4,60b
	B	1,83b	2,05c	1,8c	1,6d	2,8c	2,01d
'Karlul' <i>M. varia</i>	A	3,31a	4,71a	8,89a	7,93a	10,7a	7,10a
	B	2,01b	2,01c	1,89c	1,8d	3,03c	2,15d
'Juurlu' <i>M. varia</i>	A	3,22a	3,07b	8,33a	6,57b	8,3b	5,91c
	B	1,75b	2,02c	1,34c	1,3d	2,3c	1,75d

Erinevad tähed tulpades näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi ühe aasta piires ($p < 0,05$)

B variandi orgaanilise väetisega saagid olid väikesed võrreldes A variandiga: keskmine kuivainesaad oli 'Karlul' 2,15, 'Artemisel' 2,01 ja 'Juurlul' 1,75 t ha⁻¹. Orgaaniliste väetiste kasutamisel rohukasv oli aeglane ning mineraalaineid ei olnud piisavalt lutserni-kõrreliste segukülvide hea saagi moodustamiseks. 2021 aasta kevadel antud kanasõnnik Monterra BIO ja vegetatsiooniperioodi temperatuuride ning sademete sobiv tasakaal tõstis B variandi saake. Aastate lõikes olid saakide erinevused marginaalsed, erandiks oli 2021. aasta, kui sademete ja temperatuuride suhe oli taimekasvuks soodne. Saagid olid suured ja sortide vahel puudusid statistiliselt usutavad erinevused ($p < 0,05$). Mineraalväetistega (A) väetades oli lutserni osakaal segudes suurem kui orgaanilise väetisega (B) variandis (joonis 1). A variandi rohusaagi KA-st moodustas lutsern I ja II niite segudes vastavalt 'Artemis' 62 ja 48%, 'Karlul' 55 ja 68% ning 'Juurlu' 50 ja 61%. B variandi rohusaagi KA-st moodustas I ja II niites lutsern 'Artemis' 30 ja 67%, 'Karlul' 32 ja 52% ning 'Juurlu' 39 ja 64%. Kuigi B variandis moodustas lutsern üle kolmandiku KA saagist, olid orgaanilise väetisega väetatud rohukamarad hõredad ja rohundite osakaal I niite KA saagis oli 21–30 % ning II niites 13–22%.

Söödakultuuride proteiinisaldus ja seeduvus mõjutavad oluliselt rohusööda kvaliteeti. I niites on generatiivorganite moodustumise ajal söödakvaliteedi langus suurem ja kiirem kui taimiku ädalakasvu perioodil. Seetõttu on I niite täpsel ajastamisel suur tähtsus söödakvaliteedile.

Lutserni füsioloogiline areng saagikoristuse ajal mõjutab oluliselt sööda toiteväärtust (Frame, 2005; Tamm *et al.*, 2011; Tamm *et al.*, 2020). Lutserni-kõrreliste karjamaasegude väetamine mineraalväetistega (variant A) suurendas TP ja vähendas NDF sisaldust I ja II niites võrreldes B variandiga (tabel 2). Mineraalväetistega väetatud toorproteiini sisaldus KA-s oli I niites 144–156 g kg⁻¹ ning II niites 152–196 g kg⁻¹ ületades usutavalt B variandi segude TP sisaldust (106–112 g kg⁻¹). Optimaalse niiteaja määramine lutserni kasvatamisel on oluline, sest lutserni varte biomassi kasv on kiire ning taimiku tihenemisega kaasneb alumiste lehtede varisemine. NDF sisaldus A variantides oli I niites 448–461 g kg⁻¹ ja II niites 407–440 g kg⁻¹ KA, mis oli oluliselt väiksem võrreldes B variandiga (I niites 455–470 g kg⁻¹ ja II niites 452–480 g kg⁻¹). Nii mineraal- kui ka orgaanilise väetisega väetatud lutserni-kõrreliste karja-



Joonis 1. Lutserni-kõreliste karjamaa botaaniline koosseis 2020. Variandid: A – mineraalväetis ja B – orgaaniline väetis.

maarohi oli hästi seeduv ($652\text{--}676\text{ g kg}^{-1}\text{ KA}$) ja kõrge ainevahetusliku energiasisaldusega I ja II niites.

Oluline on lutserni optimaalne niiteaeg – alates õitsemisest tõusis järsult vartes ADF ja NDF sisaldus ning langes TP.

Tabel 2. Lutsernisortide 'Artemis', 'Karlu' ja 'Juurlu' kõreliste karjamaa segude toiteväärtused (TP, NDF, DDM avaldatuna $\text{g kg}^{-1}\text{ KA}$, ME in $\text{MJ kg}^{-1}\text{ KA}$) aastatel 2017–2021

Sort	Variant	Esimene niide				Teine niide			
		TP	NDF	ME	DDM	TP	NDF	ME	DDM
'Artemis'	A	144	461	10,1	665	152	440	9,9	654
<i>M. sativa</i>	B	106	470	9,9	663	110	480	9,8	652
'Karlu'	A	156	448	10,2	666	196	407	10,1	676
<i>M. varia</i>	B	112	455	10	667	119	452	10,1	666
'Juurlu'	A	149	457	10,1	662	184	418	10,2	671
<i>M. varia</i>	B	107	463	10	668	117	471	10	664

Variant A – mineraalväetis ja B – orgaanilineväetis, TP – toorproteiin, NDF – neutraalkiud, ME – metaboliseeruv energia, DDM – kuivaine seeduvus

Jungi ja Engelsi (2002) andmetel algab lutserni varre puitumine esmase küleemi ja varre arenedes sekundaarse küleemi tekkega, millega kaasneb ligniinisalduse järsk suurenemine. Ligniin rakuseina ainena on aga seedumatu. U. Tamme ja S.

Tamme (2009) katseis lutserni lehtede KA ligniinisaldus võrsumisest õitsemiseni oli lehtedes 26,6–48,4 g kg⁻¹ ja vartes 41,4–101,4 g kg⁻¹.

Lutsernid on mineraalaineterikkad (tabel 3), kuid lehtede ja varte mineraalainete sisaldus sõltub niitest. I ja II niite KA saagis on lutserni lehed P, Ca, Mg rikkamad kui varred, kuid lutserni varte K sisaldus ületab lehtede K sisaldust. Suurem lehtede osakaal B variandi saagis tasakaalustas seeduvuse ja sööda energeetilise väärtuse variandi A-ga.

Tabel 3. Lutsernisortide ‘Artemis’, ‘Karlu’ ja ‘Juurlu’ kõrreliste karjamaa segude mineraalainete sisaldus (P, K, Ca, Mg) aastatel 2017–2020

Sort	Variant	Esimene niide, g kg ⁻¹ KA				Teine niide, g kg ⁻¹ KA			
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
‘Artemis’	A	2,7	24,5	8,7	1,8	2,9	24,0	11,1	2,3
<i>M. sativa</i>	B	2,4	22,5	6,2	1,4	2,6	23,4	9,2	2,0
‘Karlu’	A	2,9	25,6	9,7	2,0	3,2	27,3	12,7	2,5
<i>M. varia</i>	B	2,5	23,2	7,1	1,4	2,8	24,7	9,2	2,0
‘Juurlu’	A	2,8	25,2	8,9	1,8	3,2	27,0	11,8	2,4
<i>M. varia</i>	B	2,5	22,9	6,4	1,4	2,7	24,6	8,6	2,0

Kokkuvõte

Katses mineraalsete maheväetistega (Biocat G ja Magnesia-Kainit) väetatud lutserni-karjamaa KA saagid ületasid oluliselt viiel katseaastal orgaanilise väetisega väetatud variante. Katses olid hübriidlutserni-kõrreliste segu saagid suuremad hariliku lutserni segude saakidest. Kõige suurema saagiga olid lutserni ‘Karlu’ kõrreliste segud. Täpselt ajastatud I niide (lutsernil õiepungade moodustumise, kõrrelistel kõrsumise faas) andis hästi seeduva ja suure energeetilise väärtusega sööda mõlemas variandis.

Tänuavaldus

Uurimus viidi läbi Maaeluministeeriumi poolt rahastatud rakendusuuringuprojekti „Mahepõllumajanduses soovitatavad proteiini- ja energiarikkad kultuurid ja karjamaasegud“ (2016–2020) toel.

Kasutatud kirjandus

- Adamovics, A., Gutmane, I., Adamovica, O. 2017. The influence of nitrogen fertilisation on the yields and quality of multicomponent sow meadows. – *Grassland resources for extensive farming systems in marginal lands: major drivers and future scenarios*. *Grassland Science in Europe*, **22**. Eds. Porqueddu, C., Franca A., Lombardi G., Molle, G., Peratoner, G., Hopkins, A. Alghero, Italy: 289–291.
- Elgersma, A., Søgaard, K. 2015. Productivity and herbage quality in two-species grass-legume mixtures under cutting. – *Grassland and forages in high output dairy farming systems*. *Grassland Science in Europe*, **20**. Eds. Van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H.F.M., De Vliegheer, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J.A., Verloop, J., Hopkins, A. Wageningen, Netherlands: 401–403.

- Frame, J. 2005. *Forage Legumes for Temperate Grasslands*. Plymouth, UK, 320 p.
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J.F., Rees, R.M., Peyraud, J.L. 2014. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review <https://doi.org/10.1111/gfs.12124> (07.12.2019)
- Jung, G.H., Engels, M.F. 2002. Alfalfa stem tissues: cell wall deposition, composition, and degradability. *Crop Science*, **42** (2): 524–534.
- Mela, T., Sormunen-Cristian, R., Niskanen, V. 1996. Experiences of the yellow-flowered lucerne (*Medicago falcata* L.) in Finland-grassland and land use systems. *Proceedings of the 16th General Meeting of the European Grassland Federation*, **1**. Eds Parente, G., Frame, J., Orsi, S. Grado, Italy: 515–519.
- Parol, A., Geherman, V., Viiralt, R., 2006. Väetamise mõju lühiajaliste liblikõieliste rohkete karjamaade saagile ja selle kvaliteedile. *Agronoomia* **2006**: 153–156.
- Tamm, U., Tamm, S. 2009. Fenoloogilise arengu mõju lutserni ja punase ristiku saagile ning toiteväärtusele. *Agronoomia* 2009: 156–161.
- Tamm, U., Lättemäe, P., Tamm, S. 2011. Lutserni segukülvi botaanilise koosseisu mõju rohusööda kvaliteedile. *Agronoomia* **2010/2011**: 133–138.
- Tamm U. 2017. Parema toiteväärtusega rohusööt. Eesti Taimekasvatuse Instituut, Saku. 57 lk. <http://taim.etki.ee/taim/public/pdf/Trukised/Parema-toitevtusega-rohust-Tamm.pdf>
- Tamm, U., Meripõld, H., Tamm, S., Tamm, S., Loide, V. 2020. The effect of fertilization on the yield and nutritive value of organic lucerne pasture spp. – *Meeting the future demands for grassland production. European Grassland Federation*. Eds. Virkajärvi, P., Hakala, K., Hakojärvi, J., Helin, I., Herzon, V., Jokela, S., Peltonen, M., Rinne, M., Seppänen, J., Uusi-Kämppe, M. Helsinki, Finland : 354–356.

Perspektiivsete kartuliaretiste saagikus sõltuvalt aastast

Terje Tähtjärv, Sirje Tamm

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Tähtjärv, T., Tamm, S. 2022. Yield of perspective potato genotypes depending on year. – Agronomy 2022.

The breeding of new potato varieties is one opportunity to cope climate change, new pests and consumer demands. The experiment were carried out at the Estonian Crop Research Institute in 2019–2021. The aim was compare the yield and yield components of perspective potato genotypes with control varieties.

Keywords: potato genotypes, yield, yield components

Sissejuhatus

Kartul moodustab neli protsenti maailma põllukultuuride toodangust (Statistical Yearbook 2021). Ta on tähtis nii väärtuslike toitude sisaldusega tooraine kui ka agro-ökosüsteemis põllukultuuride mitmekesistaja. Kartul koos köögiviljadega on kogu maailmas teraviljakesksuse vähendajana toidu rikastajateks (Devaux *et al.*, 2020). Kartuli kasvupind Euroopas on püsinud suhteliselt stabiilsena: 2020. a oli 1,7 miljonit hektarit ja keskmine saak oli 32 t ha⁻¹ (Europatat.eu). Eestis on kasvupind aasta-aastalt vähenenud, olles 2020. a vaid 3639 ha. Inimese kohta toodeti 71 kg kartulit, mis on Ida-Euroopa tarbimise keskmine näitaja (stat.ee). Põllumajandusele, sealhulgas kartulikasvatusele, avaldab aina rohkem mõju muutuv kliima ja sellega kaasnev kasvutingimuste muutus, uute haigustüvede ja kahjurite lisandumine ning olemasolevate kahjurite resistentsemaks muutumine (Tähtjärv, 2016). Olulised kartuli saagikust mõjutavad keskkonnafaktorid on sademed, temperatuur ja valgus (Tein *et al.*, 2014). Lisaks sordile mõjutavad kartuli mugulasaaki ja selle kvaliteeti vegetatsiooniperioodi pikkus ning ilmastik sel perioodil, samuti mullatüüp ja -lõimis. Genotüüp × keskkond vastasmõju ilmneb enamike saagikomponentide puhul, nt. mugulate arv taime kohta, ühe mugula mass ja saagikus (Augustin *et al.*, 2012). Uueks väljakutseks on roheleppe eesmärgid, mis näevad ette, et väiksemate sisendite kasutamisega saadakse sama suur saak (ec.europa.eu). Samad eesmärgid on püstitatud uude Sordiaretuseprogrammi (Sordiaretuseprogramm 2020–2030) ja nendega tuleb arvestada uute kartuligenotüüpide loomisel sordiaretuses. Kartuli sordiaretusega on Eestis tegeldud üle 100 aasta, mille jooksul on registreeritud 47 uut kartulisorti ehk täiesti uut genotüüpi (Tsahkna, Tähtjärv, 2020). Järgneva uurimuse eesmärgiks oli võrrelda välja valitud parimaid 2014. a aretisi standardsortidega ja hinnata aretiste sobivust uueks sordiks.

Materjal ja meetodika

Uurimistöös võeti vaatluse alla neli 2014. a aretist ja kolm standardsorti. Katsed viidi läbi ETKI katsepõldudel Jõgeval aastatel 2019–2021. Eelviljad olid aastati katsealadel erinevad: 2019 ristik, 2020 suviõder ja 2021 kaer. Katsed rajati neljas

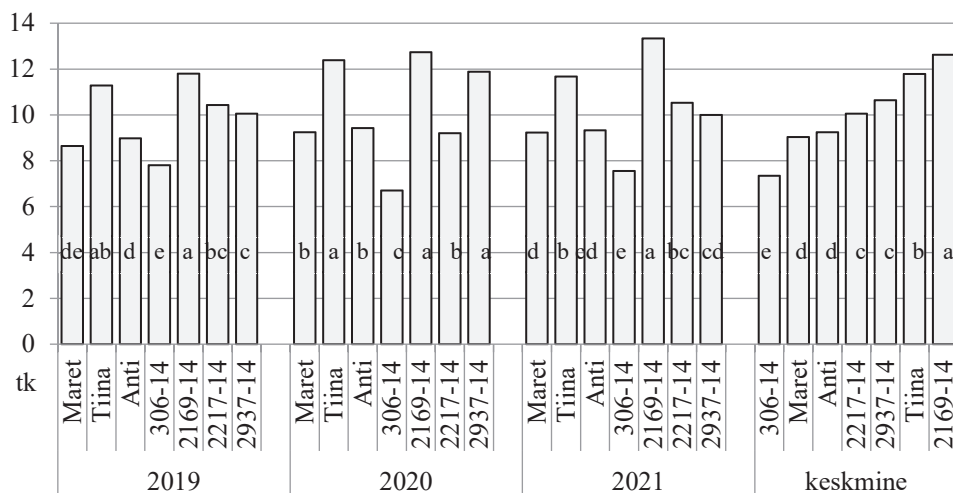
korduses NNA (*Nearest Neighbours Analyses*) meetodil. Katsepõllule anti 2019. ja 2020. aastal 500 kg ha⁻¹ kloorivaba kompleksväetist (Cropcare 12:11:18) enne kultiveerimist ning kõigil kolmel aastal vagude ajamisel 420 kg ha⁻¹ (Cropcare 8:11:23). Lisaks sai kartulitaimik 2021. aastal 15.07 ja 26.07 leheväetist Solavit Mn normiga 3 l ha⁻¹ ning 10.08 ja 19.08 leheväetist Final K normiga 3 l ha⁻¹. Kartuli mahapanek toimus 2019. a 8.05; 2020. a 15.05; 2021. a 18.05. Kasvuajal mullati kaks korda ja äestati üks kord, umbrohutõrjet tehti kõikidel aastatel Titus TF 25 normiga 50 g ha⁻¹. Lehemädaniku vastu pritsiti katset üks kord kõikidel aastatel, et ennetada varajast lehemädanikuga nakatumist. Katselapi suurus oli 7 m². Tärkamisjärgselt loeti pesade arv. Katselapilt saadud mugulad loeti ja kaaluti pärast koristust ning arvutati mugulate arv pesa kohta, ühe mugula mass ja hektari saak. Katsed koristati 12.09.2019, 23.09.2020 ja 10.09.2021. Katseaastate ilmastik oli 2019 ja 2021 põuane ning 2020 sademeterikkam. Standardsortideks olid keskvarane 'Maret', keskvalmiv 'Tiina' ja hiline 'Anti'. Aretised 306-14 ('Birgit' × 'Quarta'), 2169-14 ('Romera' × 'Granola'), 2217-14 ('Romera' × 'Granola') ja 2937-14 ('Victoria' × 'Gala') on saadud 2014. aasta külvist, läbinud aastatel 2015–2018 aretusaiad ja eelvõrdluskatsed ning olnud aastatel 2019–2021 põhivõrdluskatses. Aretise 2217-14 mugulad on punase koorega, ülejäänud aretiste mugulate koor on kollane. Aretiste mugulad on ilusa kollase sisu ja madalate silmadega. Põllul hinnatud kasvuaja pikkuse järgi võib jagada aretised: varasepoolseks (306-14), keskmisteks (2169-14 ja 2937-14) ja hiliseks (2217-14).

Katseandmed analüüsiti ühefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil (ANOVA, Fisher'i LSD post-hoc test, $p < 0,05$) statistikaprogrammi Agrobase (Agrobase 20TM, 1999) abil.

Tulemused ja arutelu

2019. a oli õhutemperatuuride poolest keskmine, aga saaki kujundas sademete ebaühtlane jaotus ja vähesus kartulile vajalikel kuudel. 2020. a oli kartulikasvuks teistest katseaastatest soodsam, kuid sademed jaotusid ebaühtlaselt kartuli kasvuperioodil. Väga ebasobiv kartulikasvatuseks oli 2021.a: pikk kahekuuline põuaperiood ja kõrged temperatuurid pärssisid kartulisaagi moodustumist (etki.ee).

Kõikidel aastatel nappis produktiivset veevaru mullas kartuli õiepungade moodustumise ja õitsemise algusele eelnenud perioodil. See mõjutas paljuski saagi kujunemist ja saagi tähtsamat komponenti – mugulate arvu pesas. Sama tendentsi on näidanud ka varasemad uuringud (Arslan, 2007). Eriti väikeseks jäi mugulate arv pesas neil sortidel, mis moodustasid kiiresti mugulaid. Nii oligi kõikidel katseaastatel aretisel 306-14 vähem mugulaid pesas kui teistel katseliikmetel. Ainult 2019. a ei olnud aretisel 306-14 usutavat erinevust mugulate arvus keskvalmiva standardsordiga 'Maret'. Keskmiselt moodustus enim mugulaid pesas kõikidel katseaastatel aretisel 2169-14 (12 tk), kuid usutav erinevus oli vaid 2021. a standardsordiga 'Tiina' (Joonis 1).

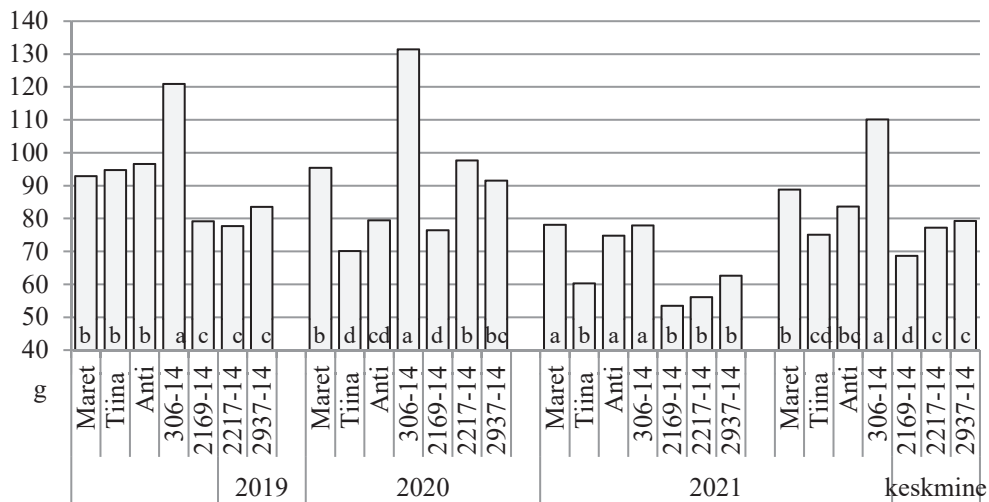


Erinevad tähed tulpades näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi keskmise mugulate arvu vahel ühe aasta piires ($p < 0,05$)

Joonis 1. Keskmine kartuli mugulate arv pesas aastatel 2019–2021

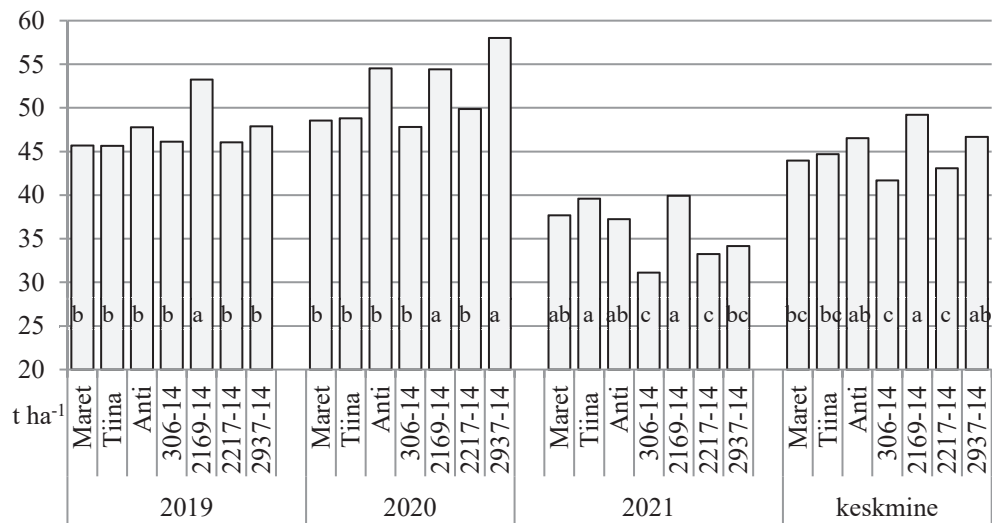
Saagi struktuuri kujunemist määravad ilmastikuteguritest kõige enam sademed ja õhutemperatuur (Zarzyńska, Pietraszko, 2015). Soe ja niiske august ning september 2020. aastal võimaldasid mugulatel suureks kasvada (Tähtjärv, Saue, 2021). Keskmine mugulate arv oli aretisel 306-14 kõige väiksem, kuid moodustunud mugulad kasvasid suureks. Nii oli 2019. ja 2020. aasta keskmine mugula mass aretisel 306-14 usutavalt suurem (120,9 g ja 131,5 g) teistest katseliikmetest. 2021. a jäid kõikide katseliikmete mugulad väikseks ja 306-14 keskmine mugula mass ei erine nud standardsortide 'Maret' ja 'Anti' keskmisest mugula massist. Kolme aasta keskmine mugula mass oli usutavalt kõige suurem aretisel 306-14 (110,1 g) (Joonis 2).

Vaatamata heitlikele ilmastikutingimustele olid keskmised mugulasaagid suured. Isegi väga põuasel 2021. a küündisid peaaegu 40 t ha⁻¹. Usutavalt suurim saak moodustus 2019. a aretisel 2169-14 (53,2 t ha⁻¹) (Joonis 3). Teiste aretiste ja standardsortide keskmised mugulasaagid ei erinenud usutavalt üksteisest. 2020. a ulatusid keskmised saagid üle 50 t ha⁻¹. Suurim saak oli aretisel 2937-14 (58,0 t ha⁻¹), kuid usutavalt ei erinenud see aretise 2169-14 (54,4 t ha⁻¹) ja standardsordi 'Anti' (54,5 t ha⁻¹) saagist. 2021. aastal kogunes lühema kasvuajaga sortide valmimiseks vajalik aktiivsete temperatuuride summa juba augusti alguseks. Hilisemad sordid kasvasid vihmade saabudes edasi ja moodustasid arvestatava keskmise saagi. Suuri saagi erinevusi ei olnud, aga standardsort 'Tiina' (39,6 t ha⁻¹) ja aretis 2169-14 (39,9 t ha⁻¹) moodustasid usutavalt suurema saagi aretistest 306-14 (31,1 t ha⁻¹) ja 2217-14 (33,3 t ha⁻¹). Kolme aasta keskmisena moodustus suurim saak aretisel 2169-14 (49,2 t ha⁻¹), kuid ei ületanud usutavalt standardsort 'Anti' (46,5 t ha⁻¹) ja aretis 2937-14 (46,7 t ha⁻¹) saaki.



Erinevad tähed tulpades näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi keskmise mugula massi vahel ühe aasta piires ($p < 0,05$)

Joonis 2. Keskmine kartuli mugula mass aastatel 2019–2021



Erinevad tähed tulpades näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi mugulate saagis ühe aasta piires ($p < 0,05$)

Joonis 3. Keskmine kartuli mugulate saak aastatel 2019–2021

Järeldused

Katsest selgus, et kolme katseaasta keskmiste tulemuste põhjal on perspektiivsest aretistest kõige suurema saagiga 2169-14, mis ületas usutavalt standardsortide 'Tiina' ja 'Maret' saake. Aretis 306-14 paistis silma võimega saada arvestatav saak lühema kasvuajaga. Mõlemad aretised on perspektiivsed uued kartulisordid lähiaastatel.

Tänuavaldused

Artikkel on valminud Sordiaretureprogramm 2020–2030 toel

Kasutatud kirjandus

- Agrobase™ 20. 1999. The Software Solution for Plant Breeders. – *Addendum and Instructional Guide*. Winnipeg, Manitoba, 95 p.
- Arslan, B. 2007. Relationship among yield and some yield characteristics in potato (*S. tuberosum* L.) – *Journal of Biological Sciences*, **7** (6): 973–976.
- Augustin, L., Milach, S., Bisogin, D. A., Suzin, M. 2012. Genotype x environment interaction of agronomic and processing quality traits in potato. *Horticultura Brasileira*, **30**: 84–90.
- Devaux, A., Goffart, J.-P., Kromann, P., Andrade-Piedra, J., Polar, V., Hareau, G. 2021. The potato of future: Opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. *Potato Research*, **64**: 681–720.
- ec.europa.eu. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_et
- Europatat.eu. <https://europatat.eu/activities/the-eu-potato-sector/>
- Sordiaretureprogramm 2020–2030. <https://etki.ee/projektid/sordiaretureprogramm-2020-2030/stat.ee>
- <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/pollumajandus-kalandus-ja-ja-hindus/pollumajandus>
- Statistical Yearbook 2021. FAO. 2021. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>
- Zarzyńska, K., Pietraszko, M. 2015. Influence of climatic conditions on development and yield of potato plants growing under organic and conventional systems in Poland. *Am. J. Potato Research*, **92**: 511–517.
- Tein, B., Kauer, K., Eremeev, V., Luik, A., Selge, A., Loit, E. 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. *Field Crops Research*, **156**, 1–11.
- Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2020. Kartul. *Eesti Taimakasvatuse Instituut 100*. Koostaja A. Bender, Jõgeva 2020: 87–91.
- Tähtjärv, T. 2016. Cultivar resistance and population studies of late blight pathogen in potato breeding in Estonia. *Doctoral thesis*, 155.
- Tähtjärv, T., Saue, T. 2021. Ilmastiku mõju erinevate kartulisortide saagi kujunemisele 2020. a kasvuperioodil. *Agronomiam* **2021**: 123–128.
- Tähtjärv, T., Tsahkna, A., Runno-Paurson, E., Mänd, M., Tamm, S. 2014. Table potato variety Teele with high yielding and late blight resistance. *Research for rural development* **2014(1)**: 77–84.

Taimekaitse

Plant protection

Pestitsiidide sulfoksafloori ja asoksüstrobiini mõjud karukimalase (*Bombus terrestris* L.) ainevahetusele

Margret Jürison, Kaarel Pent, Reet Karise, Marika Mänd

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Jürison, M., Pent, K., Karise, R., Mänd, M. 2022. Effects of the pesticides sulfoxaflor and azoxystrobin on the metabolism of the bumble bee (*Bombus terrestris* L.). – Agronomy 2022.

Pesticides are widely used in most crop production sectors to minimize pest infestation and thus protect crops from potential crop losses and product degradation. In the recent decades pollinating insects, especially bees, have declined in species richness, geographical range and abundance in many regions worldwide. The aim of the present study was to examine the effect of different doses of sulfoxaflor and azoxystrobin on bumble bee metabolic rate and water loss when exposed to the chemical. In the physiological experiment the metabolic rate and water loss rate were measured in flow-through respirometry. The results of the study showed that contact doses of pesticides significantly affect the metabolism rate of bumble bees. Moreover, sulfoxaflor increased metabolic rate and water loss compared to controls, but azoxystrobin remained stable. Based on the results of the research, it can be concluded that this novel insecticide sulfoxaflor poses serious risks to pollinators.

Keywords: Azoxystrobin, Sulfoxaflor, Metabolic rate, *Bombus terrestris*

Sissejuhatus

Pestitsiidide kasutatakse laialdaselt enamikus taimekasvatustalustes, et minimeerida kahjuritega nakatumist ja kaitsta seega põllukultuure võimalike saagikadude ja tootekvaliteedi halvenemise eest. Kahjuks on leitud tõendeid nii otseste kui ka kaudsete ohtude kohta, mis nende ainete kasutamisega võivad kaasneda. Viimastel aastakümnetel on põllumajanduslikult aktiivsetes piirkondades tolmeldajate käekäik märgatavalt halvenenud ja nende arvukus vähenenud (Powney *et al.*, 2019). Kemiikaalidest tulenev lisastress on mesilaste evolutsioonis väga uus nähtus, millega nad kohanenud ei ole ning see muudab nad eriliselt haavatavateks (Bordier *et al.*, 2017).

Tänapäeval on taimekaitsektor kiiresti arenev tööstusharu, mis on avatud uuendustele. Laia toimespektriga pestitsiidide kahjulike mõjude üha kasvav mõistmine on viinud uue põlvkonna kitsama valivusega ja väiksema keskkonnamõjuga ühendite väljatöötamiseni (Damalas, Eleftherohorinos, 2011). Sulfoksafloor on uudne insektitsiid, mis sarnaselt neonikotinoidsete insektitsiididega loodud võitlema taime mahla imevate kahjurite, nagu lehetäide ja tirdiliste vastu (Zhu *et al.*, 2011). Hiljutistes uuringutes on aga täheldatud, et sulfoksafloor on avaldanud laboritingimustes subletaalse annuste korral negatiivset mõju mesilaste paljunemisele (Siviter *et al.*, 2018; Siviter *et al.*, 2020).

Lisaks insektitsiididele puutuvad mesilased kokku ka teiste pestitsiididega. Kuna herbitsiidid ja fungitsiidid ei ole ette nähtud putukate tõrjeks, on vähe teada, kas need ohustavad mesilasi ja teisi tolmeldajaid. Siiski leidub tõendeid, et herbitsiidid võivad mõjutada mesilastel navigeerimist, õppimisvõimet ja vastsete arengut (Balbuena *et al.*, 2015; Cullen *et al.*, 2019), samas kui fungitsiidid võivad mõjutada toidutarbimist,

ainevahetust ja immuunvastust (Cizelj *et al.*, 2016; Mao *et al.*, 2017; Raimets *et al.*, 2018). Asoksüstroobiin on üks enimkasutatavid fungitsiidseid toimeaineid (Leadbeater, 2014), mille biokeemiline toimeviis pärssib seentel mitokondriaalset hingamist, blokeerides elektronide transpordi (Joseph, 1999). Euroopa Liit on klassifitseerinud asoksüstroobiini madala biokontsentratsiooni potentsiaaliga ja mesilastele mõõduka riskiga aineks ning seda on lubatud kasutada ka õitsvatel taimedel (EFSA, 2010).

Riskihindamisi teostatakse pestitsiidide puhul peamiselt suremuskatsetena, kuid lisaks neile tuleks annuste mõju jälgida ja tõestada ka putukate füsioloogiliste omaduste muutuste kaudu. Pestitsiidi subletaalsed mõjud hõlmavad suurt hulka füsioloogilisi häireid. Subletaalsete kahjustuste puhul eristatakse kognitiivseid mõjusid, käitumuslikke mõjusid ja füsioloogiliste funktsioonidega seotud mõjusid (Belzunces *et al.*, 2012). Lisaks eelnimetatutele on putukate füsioloogiliste omaduste muutusi võimalik hinnata ja iseloomustada ainevahetuse kiiruse ja hingamismustrite järgi (Karise *et al.*, 2018).

Antud uurimustöö eesmärk oli uurida insektitsiidi sulfoksafloor ja fungitsiidi asoksüstroobiin mõju karukimalase (*Bombus terrestris* L.) ainevahetuse tasemele.

Materjal ja meetoodika

Karukimalase (*Bombus terrestris* L.) pered saadi ettevõttest Biobest, mis osteti kohalikult tarnijalt A.M.Ozoli. Peresid hoiti toatemperatuuril ja kimalasi toideti kuivatatud õietolmu ja suhkrulahusega (50%). Katses kasutati karukimalase töölisi, kes püüti tarust juhuvaliku alusel ning pandi päev enne kemikaaliga töötlemist Nicot puuridesse (mesilasema kasvatuspuurid, Nicotplast, Prantsusmaa). Puurid varustati 5 ml süstaldegaga, mis sisaldasid suhkrulahust (50%), millele oli neil vaba juurdepääs.

Katses kasutati insektitsiidi sulfoksafloor (Chem service inc., 99,7% puhas toimeaine) ja fungitsiidi asoksüstroobiin (Honeywell Fluka, 98%, puhas toimeaine). Katses kasutatud doosid valiti projektis „Poshbee“ valminud protokollist (Medrzycki *et al.*, 2021), mis olid 1, 10 ja 50 µg sulfoksafloori ning 100 µg asoksüstroobiini kimalase kohta. Katsed viidi läbi viies töötlusgrupis: kontrollgrupp, kolm gruppi sulfoksafloori erinevate doosidega ja asoksüstroobiiniga töödeldud grupp. Igas grupis oli kokku 3–5 kimalast.

Keskmise eralduva veehulga ja süsihappegaasi hulga mõõtmiseks kasutati läbivoolu respiromeetria. Mõõtmisi teostati gaasianalüsaatoriga LI 7000 (LiCor, Lincoln, Nebraska, USA), mis mõõdab paralleelselt nii infrapuna andurit läbiva süsihappegaasi (VCO₂ ml/min kui vee (H₂O) hulka tunnis (Karise *et al.*, 2016; Mänd, Karise, 2015). Mõõtmised viidi läbi 22±1°C juures. Aparaadist läbipuhutava õhu voolukiirus oli 166 ml/min.

Päev pärast kimalase puuristamist, töödeldi isendit kontaktelt 2 µl sulfoksafloori või asoksüstroobiiniga 24 h enne mõõtmist. Igaks katseks valmistati kimalased ette järgmise päeva mõõtmise tarbeks. Üks mõõtmine kestis katkematult 12 h.

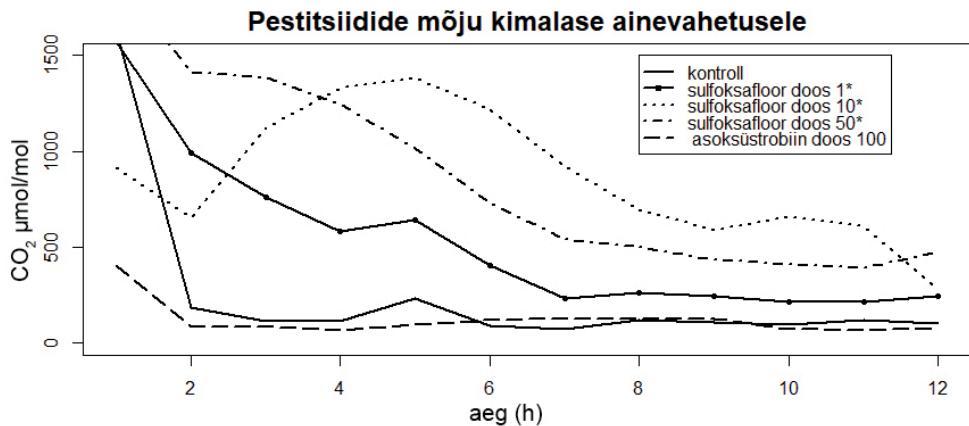
Andmed töödeldi statistikaprogrammiga Rstudio 1.3.1093 (R Core Team, 2019). Programmi abil leiti keskmised ainevahetuse ja veekao tasemed ning tulemusi analüüsiti Kruskal-Wallise testiga.

Tulemused ja arutelu

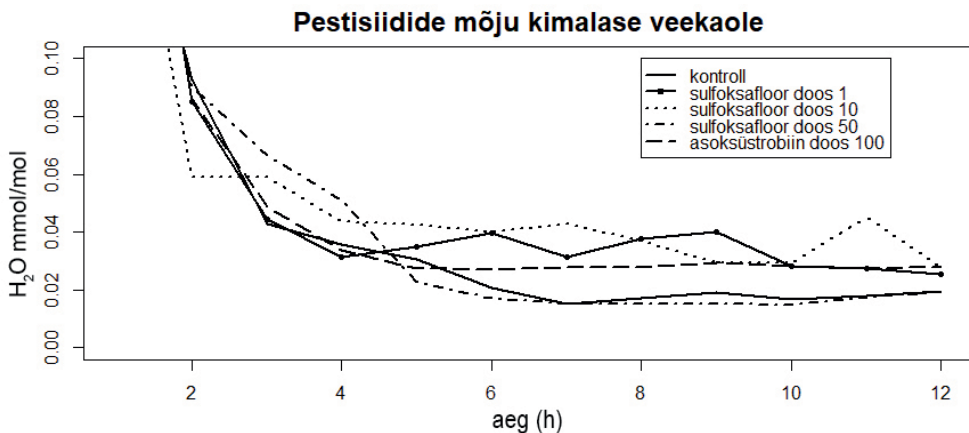
Uurimistöö tulemustest selgus, et pestitsiidide kontaktselt manustatud doosid mõjutavad oluliselt kimalaste ainevahetuse taset ($X^2=12.8$, $df=4$, $p=0.01$). Töötlusgruppide omavahelisel võrdlemisel selgus, et sulfoksafloori erinevad töötlused mõjutasid oluliselt keskmise ainevahetuse taset võrreldes kontrollgrupi kimalaste keskmise ainevahetuse tasemega (joonis 1). Seevastu ei leitud statistilist seost veekao ja töötlusgruppide vahel ($X^2=3.1$, $df=4$, $p\text{-value}=0.55$). Asoksüstrobiin ei mõjutanud kimalastel ainevahetust ega veekadu ning need näitajaid jäid kontrolliga võrreldes samale tasemele.

Erinevates katsetes neonikotinoidide ja meemesilastega on täheldatud samuti ainevahetuse taseme muutust. Insektisiidid imidaklopriid vähendas mesilasemadel subletaalse doosi manustamisel ainevahetuse taset drastiliselt võrreldes kontrolliga (Vergara-Amado *et al.*, 2020). Meemesilaste töölistel aga vähenes ainevahetuse tase kõrgemate dooside puhul (Cook, 2019). Ka katses kimalastega täheldati, et insektisiidi alfa-tsüpmetriini sisaldav preparaati Fastac 50 EC langetab oluliselt ainevahetuse taset subletaalsete dooside korral (Muljar *et al.*, 2012). Seevastu näitavad meie tulemused aga hoopis kimalaste ainevahetuse taseme tõusu pärast insektisiidiga sulfoksaflooriga töötlemist.

Sarnaselt mitmete insektisiidsete kemikaalidega, sealhulgas nikotiin, neonikotinoidid, spinosüünid, nereistoksiini analoogid ja butenoliidid, toimib sulfoksafloor putukate nikotiini atsetüülkoliini retseptoritele (nAChR) (Sparks *et al.*, 2013), mis on esmasel retseptoril lihastes mootorsete närvide-lihaste side jaoks, kontrollides lihaste kokkutõmbeid. Sellegipoolest erineb sulfoksafloor teistest ülal mainitud nAChR-i mõjutavatest insektisiididest putukale mõjuva koostoime poolest (Parkinson *et al.*, 2020). Neonikotinoidid toimivad atsetüülkoliini agonistina, hõivates mesilase kesknärvisüsteemis nACh restseptorite seondumisekohta, mille tõttu ei saa lihased elektrilisi signaale närvisünapsitest, pärssides seega putukal lihastööd (Tomizawa *et al.*, 2005). Seetõttu langeb putukal energiatarve ja sellega seoses ka ainevahetuse tase. Sulfoksafloori seondumine retseptoriga aga põhjustab kontrollimatuid närviimpulsse, mille tagajärjeks on lihased katkematult töös, millele järgneb halvatus ja surm (Bacci *et al.*, 2018). Sellest tulenevalt näeme sulfoksafloori töötluses ka ainevahetuse tõusu.



Joonis 1. Pestitsiidide mõju kimalase ainevahetusele. Joonisel on esitatud iga tunni mõõtmise keskmised. Legendis tähistab doosi järel olev number vastava aine kogust $\mu\text{g}/\text{kimalase kohta}$. Tärn (*) legendis oleva nimetuse taga tähistab statistilist olulisust.



Joonis 2. Pestitsiidide mõju kimalase veekaale. Joonisel on esitatud iga tunni mõõtmise keskmised. Legendis tähistab doosi järel olev number vastava aine kogust $\mu\text{g}/\text{kimalase kohta}$

Süsihappegaasi tõus näitab ainevahetuse taseme tõusu, ning kõrgema ainevahetuse taseme korral on ka veekadu suurenenud (Muljar *et al.*, 2012). Sulfoksaflori doosides 1 ja 10 $\mu\text{g}/\text{kimalane}$ olid nii ainevahetus kui ka veekadu kõrgemad (joonis 1, 2) ja seega võib arvata, et süsihappegaasi ning vee suurenenud eraldumine tulenes suurenenud lihastööst, mis oli põhjustatud pestitsiidi mõjudest. Kõrgem doos seevastu aga vähendas veekadu, arvatavasti ei suutnud need kimalased oma hingamist ega ka liigutusi üldiselt enam reguleerida, olles muutunud letargiliseks.

Kokkuvõte

Meie tulemused näitasid, et insektisiid sulfoksafloor mõjutab kimalastel ainevahetust, suurendades CO₂ taset ja veekadu. Asoksüstrobiin aga ei mõjutanud ainevahetuse taset ja veekadu. Sulfoksaflooril võrreldes neonikotinoididega on pigem ärritav toime, millega kokkupuutudes, ei suuda kimalane enam oma lihaseid kontrollida ning ainevahetuse tase tõuseb. Kuna kogu liikumine on kaootiline ja pidev, ei saa putukas puhata ning selle tagajärjel sureb. Uurimustöö tulemuste põhjal võib järeldada, et antud uudne insektisiid sulfoksafloor peidab endas tõsiseid ohte tolmeldajatele.

Tänuavaldused

Uurimustöö korraldamist rahastasid Euroopa Regionaalarengu Fond koos Eesti Teadusagentuuriga (ETAg) RITA projekt ning Horizon 2020 Posh Bee projekt.

Kasutatud kirjandus

- Bacci, L., Convertini, S., Rossaro, B., 2018. A review of sulfoxaflor, a derivative of biological acting substances as a class of insecticides with a broad range of action against many insect pests. *Journal of Entomological and Acarological Research* **50**. <https://doi.org/10.4081/jear.2018.7836>
- Balbuena, M.S., Tison, L., Hahn, M.-L., Greggers, U., Menzel, R., Farina, W.M., 2015. Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *Journal of Experimental Biology* **218**. <https://doi.org/10.1242/jeb.117291>
- Belzunces, L.P., Tchamitchian, S., Brunet, J.-L., 2012. Neural effects of insecticides in the honey bee. *Apidologie* **43**. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0134-0>
- Bordier, C., Suchail, S., Pioz, M., Devaud, J.M., Collet, C., Charreton, M., le Conte, Y., Alaux, C., 2017. Stress response in honeybees is associated with changes in task-related physiology and energetic metabolism. *Journal of Insect Physiology* **98**. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.11.013>
- Cizelj, I., Glavan, G., Božič, J., Oven, I., Mrak, V., Narat, M., 2016. Prochloraz and coumaphos induce different gene expression patterns in three developmental stages of the Carniolan honey bee (*Apis mellifera carnica* Pollmann). *Pesticide Biochemistry and Physiology* **128**. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.09.015>
- Cook, S.C., 2019. Compound and Dose-Dependent Effects of Two Neonicotinoid Pesticides on Honey Bee (*Apis mellifera*) Metabolic Physiology. *Insects* **10**, 18. <https://doi.org/10.3390/insects10010018>
- Cullen, M.G., Thompson, L.J., Carolan, James.C., Stout, J.C., Stanley, D.A., 2019. Fungicides, herbicides and bees: A systematic review of existing research and methods. *PLOS ONE* **14**. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225743>
- Damalas, C.A., Eleftheroherinos, I.G., 2011. Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **8**. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- EFSA, 2010. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance azoxystrobin. *EFSA Journal* **8**, 1542. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1542>

- Joseph, R.S.I., 1999. Metabolism of Azoxystrobin in Plants and Animals, in: Pesticide Chemistry and Bioscience. Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781845698416.6.265>
- Karise, R., Muljar, R., Smagghe, G., Kaart, T., Kuusik, A., Dreyersdorff, G., Williams, I.H., Mänd, M., 2016. Sublethal effects of kaolin and the biopesticides Prestop-Mix and BotaniGard on metabolic rate, water loss and longevity in bumble bees (*Bombus terrestris*). Journal of Pest Science 89. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0649-z>
- Karise, R., Raimets, R., Dreyersdorff, G., Mänd, M., 2018. Using respiratory physiology techniques in assessments of pesticide effects on bees. Julius-Kühn-Archiv: 61–66.
- Leadbeater, A.J., 2014. Plant Health Management: Fungicides and Antibiotics, in: Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00179-0>
- Mänd, M., Karise, R., 2015. Recent insights into sublethal effects of pesticides on insect respiratory physiology. Open Access Insect Physiology. <https://doi.org/10.2147/OAIP.S68870>
- Mao, W., Schuler, M.A., Berenbaum, M.R., 2017. Disruption of quercetin metabolism by fungicide affects energy production in honey bees (*Apis mellifera*). Proceedings of the National Academy of Sciences 114. <https://doi.org/10.1073/pnas.1614864114>
- Medrzycki, P., Hellström, S., Straw, E., Linguadoca, A., Jürison, M., Alaux, C., Barascou, L., Brown, M., Costa, C., de La Rúa, P., Rodrigues De Miranda, J., di Prisco, G., Forsgren, E., Karise, R., Le-Conte, Y., Mänd, M., Martínez-López, V., Neumann, P., Onorati, P., Paxton, R., Sene, D., Strobl, V., Yanez, O., 2021. Improved protocols for testing agrochemicals in bees Deliverable D3.2.
- Muljar, R., Karise, R., Viik, E., Kuusik, A., Williams, I., Metspalu, L., Hiiesaar, K., Must, A., Luik, A., Mänd, M., 2012. Effects of Fastac 50 EC on bumble bee *Bombus terrestris* L. respiration: DGE disappearance does not lead to increasing water loss. Journal of Insect Physiology 58, 1469–1476. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.08.014>
- Parkinson, R.H., Zhang, S., Gray, J.R., 2020. Neonicotinoid and sulfoximine pesticides differentially impair insect escape behavior and motion detection. Proceedings of the National Academy of Sciences 117, 5510–5515. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916432117>
- Powney, G.D., Carvell, C., Edwards, M., Morris, R.K.A., Roy, H.E., Woodcock, B.A., Isaac, N.J.B., 2019. Widespread losses of pollinating insects in Britain. Nature Communications 10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08974-9>
- Raimets, R., Karise, R., Mänd, M., Kaart, T., Ponting, S., Song, J., Cresswell, J.E., 2018. Synergistic interactions between a variety of insecticides and an ergosterol biosynthesis inhibitor fungicide in dietary exposures of bumble bees (*Bombus terrestris* L.). Pest Management Science 74. <https://doi.org/10.1002/ps.4756>
- Siviter, H., Brown, M.J.F., Leadbeater, E., 2018. Sulfoxaflor exposure reduces bumblebee reproductive success. Nature 561. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0430-6>
- Siviter, H., Horner, J., Brown, M.J.F., Leadbeater, E., 2020. Sulfoxaflor exposure reduces egg laying in bumblebees *Bombus terrestris*. Journal of Applied Ecology 57. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13519>
- Sparks, T.C., Watson, G.B., Loso, M.R., Geng, C., Babcock, J.M., Thomas, J.D., 2013. Sulfoxaflor and the sulfoximine insecticides: Chemistry, mode of action and basis for efficacy on resistant insects. Pesticide Biochemistry and Physiology 107: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.05.014>
- Tomizawa, M., Casida, J.E., 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanisms of Selective Action. Annual Review of Pharmacology and Toxicology 45: 247–268. <https://doi.org/10.1146/annurev.pharmtox.45.120403.095930>

- Vergara-Amado, J., Manzi, C., Franco, L.M., Contecha, S.C., Marquez, S.J., Solano-Iguaran, J.J., Haro, R.E., Silva, A.X., 2020. Effects of residual doses of neonicotinoid (imidacloprid) on metabolic rate of queen honey bees *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie* 51, 1091–1099. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00787-w>
- Zhu, Y., Loso, M.R., Watson, Gerald.B., Sparks, T.C., Rogers, R.B., Huang, J.X., Gerwick, B.C., Babcock, J.M., Kelley, D., Hegde, V.B., Nugent, B.M., Renga, J.M., Denholm, I., Gorman, K., DeBoer, G.J., Hasler, J., Meade, T., Thomas, J.D., 2011. Discovery and Characterization of Sulfoxaflor, a Novel Insecticide Targeting Sap-Feeding Pests. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59. <https://doi.org/10.1021/jf102765x>

Erakmesilase *Osmia bicornis* õietolmukorje talirapsi põldude lähistel ja õunaaias

Reet Karise, Risto Raimets, Anna Bontšutšnaja, Marika Mänd

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Karise, R., Raimets, R., Bontšutšnaja, A., Mänd, M. 2022. Pollen forage of *Osmia bicornis* on winter oilseed rape and apple orchard. - Agronomy 2022.

This study analysed the pollen forage of a solitary bee *Osmia bicornis* L. In Estonian landscape – on six oilseed rape fields and in one apple orchard. We saw that *Osmia* bees preferred no winter oilseed rape nor apple pollen. Instead, their favourite pollens were Ranunculaceae, Rosaceae and Fagaceae pollens. This study points on importance of wild plants for this bee species.

Keywords: *Osmia bicornis*, pollen forage, oilseed rape field, apple orchard

Sissejuhatus

Tolmeldajad on olulised putukad ning nende kaitsmiseks tehakse viimasel ajal palju pingutusi ning tolmeldajate arvukuse vähenemise tõttu otsitakse võimalusi tuua erinevaid mesilaseliike kultuurtaimi tolmeldama (Wood *et al.*, 2020). Üldiselt arvatakse, et meemesilased eelistavad korjel käia kultuurtaimedel, sest need pakuvad külluslikku toiduressurssi. Selge on aga, et kuna kõik mesilaseliigid on üksteisest mõnevõrra erineva kehaehitusega (suiste pikkus, keha suurus jne), siis sobivad erinevate taimede tolmeldamiseks ka erinevad putukaliigid. Iga mesilaseliik külastab just neile sobivaid taimeliike. Huvitava faktina on ka välja toodud, et lähedalt suguluses olevate mesilaseliikide toidutaimede eelistused võivad olla täiesti erinevad (Sedivy *et al.*, 2011). See nn tolmeldamissündroom (Ollerton *et al.*, 2009) selgitab ka, miks kõik tolmeldajad siiski üksteisega pidevalt ei konkureeri. Kunstlikult paljundatud tolmeldajaliike on mitmeid (Wood *et al.*, 2020), kuid igal neist on omad sobilikud taimed, mida tolmeldada. Ilmselt ei hakkaks keegi näiteks rapsipõllu tolmeldamiseks ostma erakmesilasi – nendega lihtsalt ei suuda suure põllu tolmeldamisvajadust ära katta, sest piisava hulga isendite ostmine läheks liiga kalliks. Samas on näiteks kasulik viia erakmesilasi õunaaedadesse (Splitt *et al.*, 2021). Kuna tolmeldajatele ei saa selgeks teha, et tolmeldada tuleb justnimelt seda kultuuri, kuhu nad viidud on, siis on vaja teada, missugused teised taimed antud putukaliigile veel atraktiivsed on. Näiteks on aedmaasika tolmeldamiseks istandikku viidud kimalased kasutanud väga mitmekülgselt toidutaimede valikut (Dreyersdorff *et al.*, 2014; Bontšutšnaja 2018).

Üks Euroopas tolemdamiseks kasutatavaid erakmesilaste liike on *Osmia bicornis* L. Kuigi on teada, et need mesilased on mitmetoidulised, esineb neil piirkonniti vastavalt kohalikele oludele ka eelistusi (Splitt *et al.*, 2021) ning oluline on ka toidutaimede kättesaadavus (Bontšutšnaja *et al.*, 2017). Lisaks tuleb arvestada, et see mesilaseliik on suhteliselt suure korjeterritooriumiga (kuni 600 m raadius pesast) (Coudrain *et al.*, 2016) ning seetõttu on neil võimalik kasutada suurt hulka taimi, kui pesilad ei paikne just väga suure põllumassiivi sees.

Käesolevas uuringus analüüsime Eestis põllumajandusmaastikku viidud erakmesilase *O. bicornis* toidueelistusi. Soovime teada, mil määral mõjutab suuremahuliselt õitsev toiduessurs (taliraps, õunapuu) nende mesilaste toidueelistusi erinevates korjekeskkondades. Eeldame, et taliraps ei ole sellele liigile väga atraktiivne, kuid roosõieliste sugukonda kuuluv õunapuu on (Hansted *et al.*, 2014).

Materjal ja meetodika

Erakmesilased ja neile sobilikud pesilakomplektid osteti Inglismaalt (Red Beehive Company). Pesilad, milles igäühes on 200 pabertoru emasmesilastele pesa loomiseks, varustati 150 koorumisvalmis kookoniga ning viidi rapsipõldude vahetusse lähedusse või õunaaeda. Emas- ja isasmesilasi on kookonites enamvähem võrdselt, mistõttu eeldasime, et igasse asupaika viidi 75 emast *Osmia biocornis* mesilast. Pesilad paigaldati põldudele maikuus talirapsi õitsemise alguses ning õunaaeda õunapuude õitsemise alguses. Kümne päeva pärast korjati pesilad kokku ning viidi laborisse. Pesilates olevad torud avati ning emasmesilaste kogutud õietolmust määrati taimede botaaniline päritolu.

Õietolmu määramiseks esmalt õietolmud puhastati atsetüülimismeetodit kasutades (Halbritter *et al.*, 2018). Seejärel kasutati valgusmikroskoobi 400- ja 1000kordset suurendust, et õietolmuterade botaaniline kuuluvus määrata. Õietolmuproovidest määrati 200 järjestikku mikroskoobi vaatevälja sattuva õietolmutera (Bontšutšnaja *et al.*, 2021) botaaniline kuuluvus sugukonna tasemel. Lisaks eristati ristõieliste sugukonnast talirapsi õietolmu liigini.

Tulemused ja arutelu

Kokku tuvastati *O. bicornis* emaste kogutud õietolmusid 11 taimesugukonnast. Samas kõikide proovide peale kokku oli sugukondi, mille esindatus oli rohkem kui 5–78% proovi kohta, vaid 4 - roosõielised, tulikalised, pöögilised (tamm) ja ristõielised, millest suure osa moodustas talirapsi õietolmu (tabel 1). Ülejäänud taimesugukonnad esindatud veel (nelgilised, kannikeselised, korvõielised, liblikõielised, pajulised, seebipuulised (hobukastan) ja männilised) esinesid vaid väga vähestes emaste poolt asustatud torukestes ning keskmiselt korjati neid kuni 1,5% ulatuses.

Enam valitud taimedest oli roosõielisi ülekaalukalt eelistatud vaid ühel rapsipõllul ja selgelt vähemuses olid need, kaasa arvatud viljapuud, õunaaia. Õunaaia oli vaid ühes analüüsitud pesitsustorukeses pool õietolmust kogutud roosõieliselt taimelt ning ülejäänud juhtudel oli kõige enam eelistatud sugukond tulikalised. Rapsipõllu serva paigutatud mesilased olid küll rapsi õietolmu korjanud, kuid see oli kõikidel juhtudel alla veerandi kogutud õietolmust, enamasti kuulus ristõieliste õietolmu just talirapsile.

Kõikide kogutud taimesugukondade puhul oli positiivne seos ka sellega, mitut sugukonda sama emane oli üldse külastanud. Samas tuli statistiliselt olulisena välja, et kui roosõielisi oli kogutud rohkem, siis koguti vähem tulikalisi ja ristõielisi, ning roosõielistega paralleelselt koguti tamme õietolmu. Tulikaliste õietolmu kogujad tamme õietolmu ei eelistanud (tabel 2). Arvatavasti käisid erakmesilased korjel just

põllu- ja metsaservades ning nende vahelisel rohumaal. Mitmed enam huvi pakunud taimesugukonnad on sageli kasutuses ka haljastuses eraaedades. Puuviljaaedades on Eestis puuderivide alune pind taimestikuga kaetud ning sageli lastakse seal ka mitmesugustel õistaimedel õitseda. Arvatavasti on selline poolvarjuline keskkond just tulikalistele eriti sobilik.

Osmia bicornis on liik, keda on uurimistöodes kasutatud mujalgi. Ühes Poola uurimistöös (Splitt *et al.*, 2021) paigutati pesilad madala põllumajandusintensiivsusega aladega rohumaale, eeslinna ja linna ning leiti, et mesilased külastasid kõige enam vahtra õisi ja tamme (maapiirkonnas ja linnas) ning maal ka roosõielisi (*Rubus* perekonnaga sarnane õietolm). Eeslinnades aga valdavalt jalaka, pähklipuu, tulikaliste ja piimalilleliste õietolmu. Selline asukohast sõltuvus näitabki, et üks ja sama mesilaseliik võib erinevates keskkondades erinevalt käituda. Rootsisis läbi viidud uuring aga näitab, et sama liik kogus palju ka võilille õietolmu (Söderman *et al.*, 2018). Selle tööga näidati ka, et kogutud õietolmu liigirikkus kasvas koos komplekses maastikus esinevate poollooduslike alade hulgaga. Korjeks kasutatavate taimede valik sõltub väga oluliselt kindlasti ka katse läbiviimise ajast ning vastavalt kättesaadavast taimestikust. Splitt *et al.* (2021) töö tõi selgelt välja ka selle, et erakmesilaste korjevõimaluste hindamisel tuleb suurt tähelepanu pöörata nii suurtele puudele kui ka tuultolmlevatele taimedele. Kui erakmesilasi kasutada mõne kultuuri tolmeldajana, siis tuleb kõiki ümbruskonnas kasvavaid taimi ja nende atraktiivsust ka arvesse võtta (Karise, Mänd, 2021). Mitmetoidulised putukad saavad küll hakkama paljude erinevate toidutaimedega, kuid järglaste arengut ei pruugi kõik taimeliigid võrdselt toetada (Coudrain *et al.*, 2016; Splitt *et al.*, 2021).

Tabel 1. Erinevatesse sugukondadesse kuuluvate taimede õietolmutterade hulk (maksimum 200, sama asupaiga emaste kogutud õietolmude kohta arvutatud keskmine), Ristõieliste puhul on välja toodud, kui suur osa sellest õietolmust moodustas taliraps

Asukoht	Analüüsitud asustatud torukeste arv	Roosõielised	Tulikalised	Pöögilised	Ristõielised (rapsi %)
Rapsipõld 1	N=28	39,8	4,0	0,0	14,6 (100%)
Rapsipõld 2	N=38	52,1	21,8	24,4	5,2 (62%)
Rapsipõld 3	N=51	5,0	25,8	0,0	41,8 (95%)
Rapsipõld 4	N=9	40,8	51,5	26,5	7,5 (100%)
Rapsipõld 5	N=9	81,5	6,8	77,7	0,5 (0%)
Rapsipõld 6	N=17	13,5	23,9	0,0	17,7 (100%)
Õunaaed	N=17	16,2	58,3	8,3	8,3 (0%)

Tabel 2. *Osmia bicornis* peamiste õietolmude kogumise seosed, esitatud on regressioonanalüüsi tulemused; tumedamas kirjas on välja toodud statistiliselt olulised seosed

Sugukond 1	Sugukond 2	Korrelatsiooni-kordaja r	p	Determinatsiooni-kordaja R^2
Roosõielised	Tulikalised	-0,36	<0,001	0,13
Roosõielised	Ristõielised	-0,32	<0,001	0,10
Roosõielised	Pöõgilised	0,57	<0,001	0,32
Tulikalised	Ristõielised	-0,11	0,09	0,01
Tulikalised	Pöõgilised	-0,02	0,001	0,40
Ristõielised	Pöõgilised	-0,20	<0,001	0,04

Kokkuvõte

Antud uurimistöö näitas, et Eestis ühed levinumad kevadised mesilaste korjetaimed – taliraps ja õunapuu ei ole erakmesilasele *Osmia bicornis* olulisteks toidutaimedeks. Lisaks selgus, et konkreetsetel taimekooslustel on selle mesilase liigi korjekäitumisele suur mõju – kuue erineva rapsipõllu ääres varieerus eelistatud toidutaimede hulk oluliselt. Nii õunaaias kui rapsipõldude lähistel olid olulisteks toidutaimedeks hoopis tamm, mitmed roosõielised ja tulikalised taimed.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud HORIZON2020 projekt PoshBee ja Euroopa Regionaalarangu Fond koos Eesti Teadusagentuuriga (ETAg) RITA. Andmekogumisse panustasid lisaks autoritele veel EMÜ tudengid Sigmar Naudi, Margret Jürison, Kaarel Pent, Madis Järvis, Egle Liiskmann, Aile Rummel, Ronalds Krams ja Norbertas Noreika. Uurimustöö autorid on tänulikud ka põllumeestele, kes lubasid oma maadel katse läbi viia.

Kasutatud kirjandus

- Balfour, N.J., Gandy, S., Ratnieks, F.L.W. 2015. Exploitative competition alters bee foraging and flower choice. – *Behavioral Ecology and Sociobiology* **69**: 1731–1738.
- Bontšutšnaja, A., Karise, R., Mänd, M. 2018. Kimalaste õietolmukorje erinevates põllumajandusmaastikes asuvates aedmaasika istandikes. – *Alaru, M. (Toim.). Agronoomia 2018*: 142–148. Rebellis AS.
- Bontšutšnaja, A., Karise, R., Mänd, M., Smagghe, G. 2021. Bumble bee foraged pollen analyses in spring time in outhern Estonia shows abundant food sources. – *Insects*, **12** (10): 922.
- Bontšutšnaja, A., Raimets, R., Naudi, S., Karise, R. 2017. Kimalasperede areng sõltub suurel määral korjevõimaluse olemasolust ja vähem ümbritsevast taimekooslusest. – *Metspalu L., Luik, A. (Toim.). Teaduselt mahepõllumajandusele*: 19–23. Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus.
- Coudrain, V., Rittiner, S., Herzog, F., Tinner, W., Entling, M.H. 2016. Landscape distribution of food and nesting sites affect larval diet and nest size, but not abundance of *Osmia bicornis*. – *Insect Science* **23**: 746–753.

- Dreyersdorff, G., Karise, R., Mänd, M. 2014. Kimalaste efektiivsus biotõrjepreparaatide siirutamisel sõltub konkureerivatest toidutaimedest. – Metspalu L., Luik, A. (Toim.). *Teaduselt mahepõllumajandusele*: 21–24. Tartu: Ecoprint.
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grímsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., Buchner, R., Svojtka, M., Frosch-Radivo, A. 2018. *Illustrated Pollen Terminology* (Springer).
- Hansted, L., Grout, B.W.W., Toldam-Andersen, T.B., Eilenberg, J. 2014. An assessment of *Osmia rufa* (syn. *bicornis*) as a pollinator of the sour cherry (*Prunus cerasus*) cv. Stevnsbaer in eastern Denmark. – Journal of Apicultural Research **53**: 177–182.
- Karise, R., Mänd, M. 2021. Meemesilased ja kimalased täppistaimekaitse teenistuses. – Metspalu, L. (Toim.). *Eesti taimekaitse 100* : 52–54. Eesti Maaülikool.
- Ollerton, J., Alarcón, R., Waser, N.M., Price, M.V., Watts, S., Cranmer, L., Hingston, A., Peter, C.I., Rotenberry, J. 2009. A global test of the pollination syndrome hypothesis. – Annals of Botany **103**: 1471–1480.
- Sedivy, C., Müller, A., Dorn, S. 2011. Closely related pollen generalist bees differ in their ability to develop on the same pollen diet: evidence for physiological adaptations to digest pollen. – Functional Ecology **25**: 718–725.
- Söderman, A.M.E., Irminger Street, T., Hall, K., Olsson, O., Prentice, H.C., Smith, H.G. 2018. The value of small arable habitats in the agricultural landscape: Importance for vascular plants and the provisioning of floral resources for bees. – Ecological Indicators **84**: 553–563.
- Splitt, A., Skórka, P., Strachecka, A., Borański, M., Teper, D. 2021. Keep trees for bees: Pollen collection by *Osmia bicornis* along the urbanization gradient. – Urban Forestry & Urban Greening **64**, 127250.
- Wood, T.J., Michez, D., Paxton, R.J., Drossart, M., Neumann, P., Gérard, M., Vanderplanck, M., Barraud, A., Martinet, B., Leclercq, N., et al. 2020. Managed honey bees as a radar for wild bee decline? – Apidologie **51**: 1100–1116.

Taimehaiguste dünaamika talinisu sortidel 2021. aastal

Mati Koppel¹, Reine Koppel²

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

² Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Koppel, M., Koppel, R. 2022. Seasonal dynamics of leaf disease infection of winter wheat varieties in 2021. – *Agronomy* 2022.

Seasonal dynamics of leaf disease infection of 12 winter wheat varieties were studied in a field trial conducted at the Estonian Crop Research Institute. The severity of Septoria leaf blotch, powdery mildew, and yellow rust was assessed once a week starting from the establishment of infection in the beginning of May (BBCH 25) until the beginning of July (BBCH 75). There was a big difference in the establishment of infection in different varieties. Susceptible varieties got infected 2 to 3 weeks earlier than most resistant ones. Yellow rust was the most devastating disease in the trial, completely destroying the foliage in the most susceptible varieties for the end of June (BBCH 65–67). Based on RAUDPC analysis the early varieties 'Edvins', 'Fredis', and 'Ramiro' were significantly more susceptible than other varieties. Knowledge of seasonal dynamics of plant diseases is needed for farmers in optimizing the fungicide applications.

Keywords: winter wheat, varieties, disease resistance, powdery mildew, yellow rust, Septoria leaf blotch

Sissejuhatus

Resistentsus enamlevinud ja suuremaid saagikadusid on põhjustavatele haigustele on üheks teraviljasortide tähtsaimaks omaduseks. Haiguskindlate sortide kasvatamine on üheks integreeritud taimekaitse põhiprintsiibiks. Teadmine sortide vastuvõtlikkusest erinevatele taimehaigustele on põllumeestele aluseks efektiivsete fungitsiidide ning optimaalsete tõrjeaegade valikul. Sordiaretuslikes- ning sordivõrdluskatsetes hinnatakse taimehaiguste esinemist ühel või kahel korral lipulehe või loomise faasis (Alemu *et al.*, 2021), haiguskindluse tulemused väljendatakse tavaliselt 1–9 pallilises skaalas (Koppel *et al.*, 2021, Sordivõrdluskatsete..., 2021). Selline ühel hindamiskorral põhinev meetodika ei anna aga informatsiooni taimehaiguste lööbimise aja, ega arengu dünaamika kohta. Taimehaiguste leviku dünaamika kohta põhilistel põllukultuuridel annab väga hea ülevaate Eesti Taimekasvatuse Instituudi korraldatav taimekahjustajate monitooring, mille tulemused avaldatakse operatiivselt instituudi kodulehel (Kiiker, Sooväli, 2021). Kuna taimekahjustajate monitooringu andmed ei sisalda alati informatsiooni monitooritud põldudel kasvavate sortide kohta, piirab see põllumeestel väärtusliku info kasutamist. Võrdluseks kartulisortide haiguskindluse hindamisel kartuli-lehemädanikule on tavaks iganädalaste vaatluste tegemine alates haiguse lööbimisest (Runno-Paurson *et al.*, 2019).

Käesoleva uuringu eesmärgiks on analüüsida taimehaiguste arengu dünaamikat mõnedel Eestis enamkasvatatavatel talinisu sortidel kasutades regulaarsete iganädalaste vaatluste andmeid.

Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi Eesti Taimakasvatuse Instituudis Jõgeva katsepõllul. Katse külvati 16. septembril 2020.a. 9 m² katselappidele kolmes korduses tihedusega 400 idanevat tera m⁻². Umbrohutõrje tehti herbitsiidiga Komplet 0,5 l ha⁻¹ 1. oktoobril ja Secator OD 0,15 l ha⁻¹ 17. mail. Keemilist haigustetõrjet ei kasutatud. Külvieelselt väetati katseala kompleksväetisega Yara Mila 9:12:25 300 kg ha⁻¹ (N 27 kg ha⁻¹). Kevadisel pealtväetamisel kasutati 20. aprillil väetist Nitrosulf 300 kg ha⁻¹ (N 81) ja 18. mail ammooniumnitraati 118 kg ha⁻¹ (N 40).

Käesolevas artiklis analüüsitakse taimehaiguste arengut katses olnud kaheistkümnel Eestis kasvatataval sordil. Katses olnud sordid nakatusid järgnevate taimehaigustega: kõrreliste jahukaste *Blumeria graminis*, nisu helelaiksus *Zymoseptoria tritici*, kollane rooste *Puccinia striiformis*. Taimehaiguste esinemist hinnati kord nädalas alates haiguste lööbimisest mai keskpaigas kuni taimede piimküpsuse faasini juuli alguses. Taimehaiguste intensiivsust hinnati 0–100% skaalal eraldi kõigil taimiku lehekihtidel (lipuleht, 1. leht, 2. leht, 3. leht.) vastavalt EPPO standardile PP 1/26(4). Nakkuse intensiivsuse määrana kasutati nakatunud lehekihtide keskmist väärtust. Keskmise arvutamisel arvestati ainult nakatunud rohelisi lehti, arvesse ei võetud veel nakatumata terveid lehti ega ka vananemise või kuivuse tagajärjel täielikult surnud lehti. Põuase suve tingimustes kuivasid paljudel sortidel alumised lehed suhteliselt varakult ning taimehaiguste levik ülemistele lehtedele oli pärssitud, seetõttu vähenes neil sortidel hilisematel hindamistel taimehaiguste esinemise intensiivsus. Taimehaiguste hindamise detailsed andmed on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Taimehaiguste hindamise ajad ja kasvufaasid

Kuupäev	Taimede kasvufaas	Hinnatud lehed
10.mai	25–26	3. leht
17. mai	31–32	3. leht
24. mai	33–35	3. leht
31. mai	37–39	3. leht
7. juuni	51–55	3. leht, 2. leht
14. juuni	59–61	2. leht, 1. leht, lipuleht
21. juuni	65–67	2. leht, 1. leht, lipuleht
27. juuni	67–71	2. leht, 1. leht, lipuleht
5. juuli	73–75	1. leht, lipuleht

Taimehaiguste kõigi hindamiste kokkuvõtva väärtusena alates taimehaiguse esimesest esinemisest kuni hindamiste lõpuni arvutati Shaner ja Finney (1977) välja töötatud valemit kasutades igale sordile haiguse arengukõvera alune pindala (*area under disease progression curve* (AUDPC):

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

kus n on hindamiste arv, y_i – nakatunud lehepind protsentides i-ndal hindamiskorral ja t_i – päevade arv alates i-ndast hindamiskorrast.

AUDPC standardiseeriti RAUDPC väärtusteks vastavalt Fry (1978) väljatöötatud meetodikale. Standardiseeritud RAUDPC saamiseks jagatakse saadud AUDPC maksimaalse AUDPC-ga mil kõigil hindamiskordadel oleks nakatumine olnud 100%. Andmed töödeldi statistiliselt kasutades programme Microsoft Excel 2016 ja ARM 2021.7 (GDM Solutions, Inc).

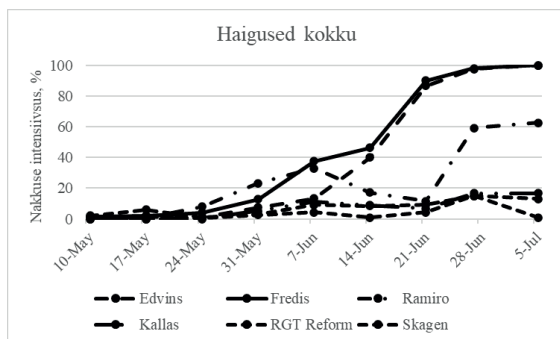
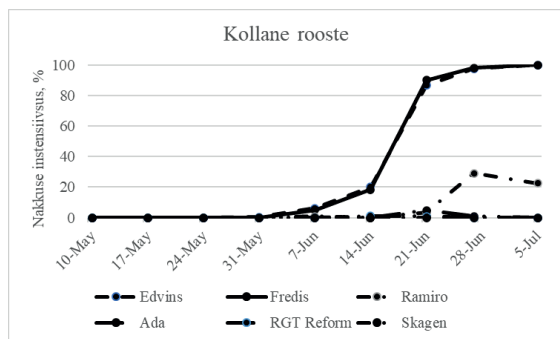
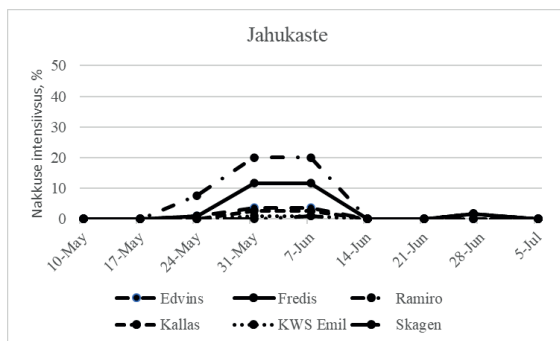
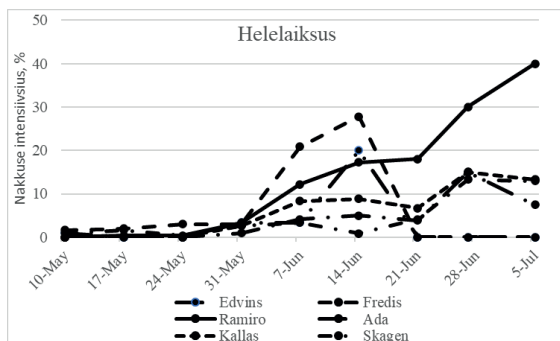
Tulemused ja arutelu

Kõige esimese taimehaigusena lõi nisu helelaiksus, mille värsked haiguslaigud olid täheldatavad vastuvõtlikumatel sortidel 'Edvins', 'Fredis', 'RGT Reform' ja 'Skagen' juba 10. mail. Haigus arenes edasi väga aeglaselt ning mai lõpuks ei ületanud ühegi sordi nakkuse intensiivsus 5%. Helelaiksusele kindlamal sordil 'Kallas' lõi haigus kolm nädalat hiljem, 31. mail. Nisu-helelaiksuse nakkuse intensiivsus suurenes oluliselt peale ilmade soojenemist juuni esimesel nädalal.

Kõrreliste jahukaste lõi sortidel 'Ada', 'Edvins', 'Fredis' ja 'Ramiro' 24. mail. Vastuvõtlikel sortidel 'Fredis' ja 'Ramiro' suurenes nakkuse intensiivsus alustel lehtedel nädalaga vastavalt 11,7 ja 20,0 protsendini. Sordil 'Skagen' täheldati esimesi üksikuid nakkustunnuseid kaks nädalat hiljem, 7. juunil. Jahukaste jäi aga valdavalt taimede alumistele lehtedele ning nende kuivades oli nakkuse levik ülemistele lehtedele minimaalne ega ületanud ühelgi sordil 5%.

Kollane rooste lõi vastuvõtlikul sordil 'Edvins' 31. mail ning kolme nädala pärast oli sortidel 'Edvins' ja 'Fredis' peaaegu 90% lehepinnast kollasest roostest tabandunud. Tugev kollase rooste nakkus tõrjus neil sortidel teised haigused, helelaiksuse ja jahukaste, välja. Sordid 'Ada' ja 'RGT Reform' nakatusid 2–3 nädalat hiljem ning kummagi sordi nakkuse intensiivsus ei ületanud 5%. Sortidel 'Ceylon', 'Julius', 'KWS Emil', 'Kallas', 'Skagen' ja 'Toras' ei esinenud aga kollast roostet üldse.

Kõigi esinenud haiguste kokkuvõttes täheldati vastuvõtlikel sortidel esimesi haiguslaike juba 10. mail, kuid esmanakkused ei ületanud tõrjekriteeriumit. Haigusnakkus suurenes ja ületas tõrjekriteeriumit alles mai viimasel, juuni esimesel nädalal. Kõige haiguskindlamatel sortidel jäi nakkuse intensiivsus kogu aeg madalaks ega ületanud ühelgi hindamisel 15%. Ülevaate taimehaiguste arengu dünaamikast kolmel vastuvõtlikumal ja kolmel haiguskindlamal sordil annab joonis 1.



Joonis 1. Taimehaiguste nakkuse intensiivsuse dünaamika

Standardiseeritud haiguse arengukõvera alune pindala (RAUPDC) võimaldab koondada taimehaiguse arengu dünaamika ühte arvulisse väärtusesse ja hinnata selle alusel statistiliselt usutavaid erinevusi sortide haigestumises. Kõigi haiguste kokkuvõttes olid teistest usutavalt vastuvõtlikumad sordid 'Fredis', 'Edvins' ja 'Ramiro', ülejäänud sortide vahel statistiliselt usutavaid erinevusi ei olnud (Tabel 2).

Tabel 2. Sortide standardiseeritud haiguse arengukõvera alused pindalad (RAUDPC) üksikute haiguste ja kõigi haiguste kaupa.

Sort	Helelaiksus	Jahukaste	Kollane rooste	Haigused kokku
Ada	0,043 b*	0,010 b	0,003 c	0,060 d
Ceylon	0,067 b	0,017 b	0,000 c	0,083 d
Edvins	0,050 b	0,010 b	0,327 a	0,387 b
Fredis	0,093 ab	0,033 b	0,327 a	0,450 a
Julius	0,063 b	0,010 b	0,000 c	0,073 d
Kallas	0,067 ab	0,007 b	0,000 c	0,077 d
KWS Emil	0,100 b	0,003 b	0,000 c	0,103 d
Norin	0,097 ab	0,020 b	0,000 c	0,117 d
Ramiro	0,127 a	0,060 a	0,087 b	0,273 c
RGT Reform	0,060 b	0,010 b	0,000 c	0,070 d
Skagen	0,043 b	0,003 b	0,000 c	0,047 d
Toras	0,067 b	0,023 b	0,000 c	0,090 d
PD 0,05	0,0350	0,0184	0,0208	0,0442

*-erinevate tähtedega tähistatud väärtuste vahel esinevad statistiliselt usaldusväärsed erinevused (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$)

Katse tulemused näitavad, et talinisu üksikute sortide nakkuse alguses on mitme nädala pikkused erinevused ning haiguskindlamatel sortidel arenevad haigused oluliselt aeglasemalt. Omades täpsemat teavet taimehaiguste dünaamikast erinevatel sortidel, saaksid põllumehed haiguskindlamatel sortidel haigustõrje algusega julgemalt viivitada või haiguste vähese esinemisega aastatel fungitsiidide kasutamisest loobuda. Selliseid otsuseid ei saa aga teha ainult ühe katse andmete põhjal. Vaja on regulaarseid igal aastal läbiviidavaid katseid, mis annaksid põhjalikumalt informatsiooni haiguste arengust erinevate ilmastikutingimuste korral ning võimaldavad tuvastada haigustekitajate uute tüvede levikust tingitud sortide haiguskindluse vähenemist.

Kasutatud kirjandus

- Alemu, A., Brazauskas, G., Gaikpa, D.S., Henriksson, T., Islamov, B., Nistrup Jorgensen, L., Koppel, M., Koppel, R., Liatukas, Z., Svensson, J., Chawade, A. 2021. Genome-Wide Association Analysis and Genomic Prediction for Adult-Plant Resistance to Septoria Tritici Blotch and Powdery Mildew in Winter Wheat. - *Frontiers in Genetics*, **12**.
- Fry W. E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. - *Phytopathology*, **68**: 1650–1655.

- Kiiker, R., Sooväli, P. (2021). Taimehaiguste esinemisest teraviljapõldudel üle-eestilise monitooringu tulemusel. - *Agronomia* **2021**: 150–157.
- Koppel, R., Islamov, B., Raamets, R. 2021. Uus talinisu sort 'Perenaise'. - *Agronomia* **2021**: 74–80.
- PP 1/26(4). 2012. Efficacy evaluation of fungicides. Foliar and ear diseases of cereals. - *EPPO Bulletin*, **42** (3): 419-425.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Kotkas, K., Nassar, H., Williams, I. H., Niinemets, Ü., Eino-la, A, 2019. Evaluation of foliar late blight resistance of potato cultivars in northern Baltic conditions. - *Zemdirbyste-Agriculture*, **106** (1): 45–52.
- Shaner G., Finney R. E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. – *Phytopathology*, **67**: 1051–1056.
- Sordivõrdluskatsete tulemused ja kvaliteet 2020. 2021. Viljandi, 88 lk.

Biooogiliste ja keemiliste vahendite kasutamine naksurlaste vastsete tõrjel

Mati Koppel, Anne Must, Enno Merivee

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Koppel, M., Must, A., Merivee, E. 2022. Use of biological and chemical products in wireworm control. – Agronomy 2022.

The aim of this study was test the efficacy of various chemical and biological plant protection products in reduction of potato tuber damages caused by wireworms. The field trials were carried out in Eerika experimental field in 2020 and 2021. The following plant protection products were used: entomopathogenic nematodes containing Entonem (*Steinernema feltiae*), Larvanem (*Heterorhabditis bacteriophora*) and Capsanem (*Steinernema capsocarpae*), entomopathogenic fungi containing Attracap (*Metarhizium brunneum*), chemical pesticides Columbo 0.8 MS (cypermethrin), Force Evo (tefluthrin) and an insecticidal fertilizer cyanamide containing Perlka. Use of these prepares reduced wireworm damages in potato tubers from 36.2–47.7% in 2020 year trial. Controversially, none of the used treatments reduced wireworm damages in 2021 year trial, when the weather conditions during the field experiment season were extremely hot and dry. Slight, non-significant decrease of damages was observed only in treatment with chemical pesticide Force Evo.

Keywords: potato, wireworm, tuber damages, biological plant protection products, chemical plant protection products.

Sissejuhatus

Eestis esineb üle 60 liigi naksurlasi, kellest mõned on paljude põllukultuuride ohtlikud kahjurid (Merivee, Remm, 1973). Nende vastsed, traatussid on mullas elavad kõva kitiinkestaga kaetud kollakad või pruunid tõugud, kes kahjustavad taimede maa-aluseid osi. Eestis tekitavad traatussid olulist kahju kartulikasvatajatele. Traatussi kahjustatud mugulad kaotavad kaubandusliku väärtuse vähendades saadavat tulu. Tugev traatussikahjustus võib müügikõlbmatuks muuta üle poole kartulisaa-gist. Eestis on peamisteks kartuli kahjustajateks tume viljanaksur *Agriotes obscurus* ja triibuline viljanaksur *A. lineatus*. Mõlemad nimetatud liigid eelistavad mõõdukat temperatuuri, kõrgemat mullaniiskust ja happelise reaktsiooniga mulda (Ritter, Richter, 2013). Eestist lõuna pool asuvates riikides nagu Poolas, Austrias ja Sak-samaal lisanduvad ja on kartuli kahjustajateks valdavaks teised naksurlaste liigid (Burghause, Schmitt, 2011; Ritter, Richter, 2013; Lehmhus, 2014; Jakubowska *et al.*, 2018; Staudacher *et al.*, 2013).

Seoses keemiliste taimekaitsevahendite kasutuspiirangutega ei ole tavaviljele-jatel kartulikasvatases enam võimalik kasutada seniseid efektiivseid traatussi tõrje preparaate. Seetõttu on tekkinud vajadus alternatiivsete tõrjevõtete nagu agrotehno-loogilised võtted ja biooogilised preparaadid kasutamise järele. Kemikaalivabad tõr-jevõtted on kasutatavad ka mahekartulikasvatases, kus traatussi probleem on veelgi suurem kui tavaviljeluses. Käesoleva uuringu eesmärgiks on hinnata Eestis oludes nii

tava- kui maheviljeluses kasutatavate bioloogiliste preparaatide efektiivsust traatusside tõrjel ja võrrelda nende toimet lubatud keemiliste preparaatide efektiivsusega.

Materjal ja metoodika

Põldkatsed viidi läbi Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Rõhu katsejaama Eerika katsepõllul aastatel 2020. ja 2021. Katsed rajati kartulisordiga 'Teele' lapikatsena. Katseala eelviljaks oli traatusside levikut soodustav kõrreliste heintaimede ühtlustuskülv. Katsed rajati 2020. aastal 28 m² katselappidena kolmes korduses ja 2021. aastal 42 m² katselappidena kahes korduses. Katseala väetati mahapanekueelselt kompleksväetisega Yara Mila Cropcare 11-11-21 normiga 700 kg ha⁻¹. Umbrohutõrje tehti mehhaanilise mullaharimisega, kasvuaegselt tehti vastavalt vajadusele kartulimardika ja kartuli-lehemädaniku tõrjet. Katse pandi maha 2020. aastal 22. mail ning 2021. aastal 31. mail tihedusega 4 mugulat jooksvale meetrile. Kasutatud preparaatide kogused ja katsevariandid on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Katsevariandid

Preparaat	Kogus m ⁻²	Katse 2020	Katse 2021
Larvanem	400 000 isendit	x	x
Larvanem + Larvanem	400 000 isendit +	x*	x**
	400 000 isendit		
Entonem	800 000 isendit	x	
Capsanem	400 000 isendit		x
Capsanem + Capsanem	400 000 isendit + 400		x**
	000 isendit		
Attracap	2 g	x	
Attracap	3 g	x	x
Attracap +	3 g +	x*	
Entonem	800 000 isendit		
Columbo 0.8 MG	1,2 g	x	
Columbo 0.8 MG	1,8 g	x	x
Columbo 0.8 MG	2,4 g	x	
Force Evo	1,6 g		x
Perlka	20 g	x	
Perlka	30 g	x	x

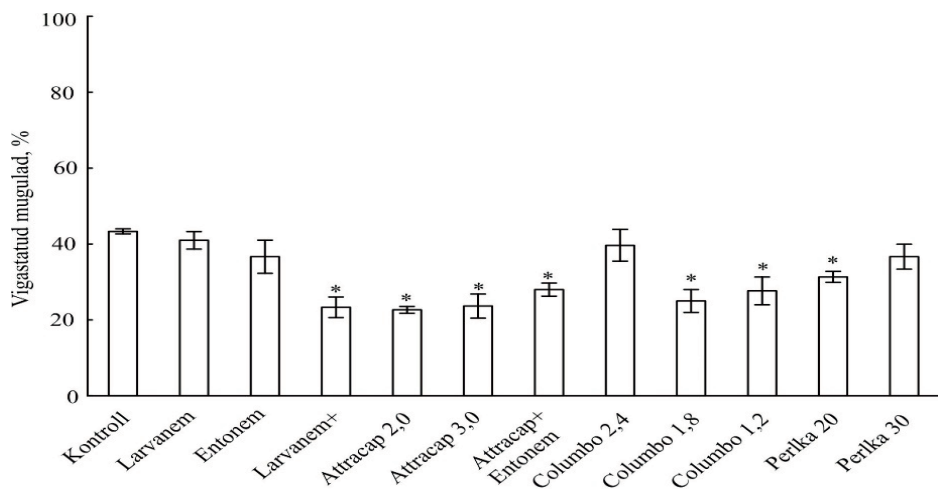
* teistkordne kasvuaegne töötlemine 2020. aastal 11. juunil

** teistkordne kasvuaegne töötlemine 2021. aastal 3. augustil

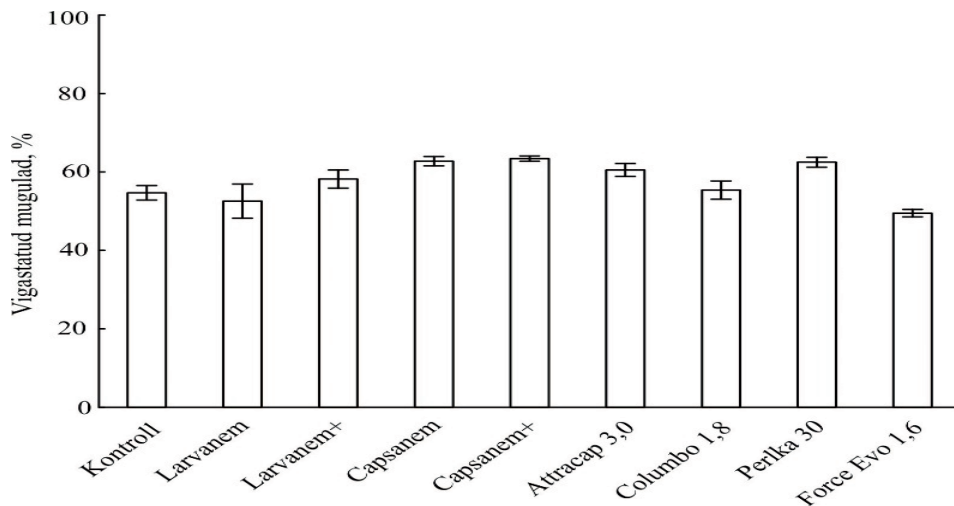
Katsetes kasutati traatusside tõrjeks firma Koppert Biological Systems entomopatogeenseid nematode sisaldavaid preparaate Entonem (*Steinernema feltiae*), Larvanem (*Heterorhabditis bacteriophora*) ja Capsanem (*Steinernema capsocarpae*), firma BIO CARE GmbH seenepreparaati Attracap (*Metarhizium brunneum* tüvi Cb15-III), sünteetilisi insektitside Columbo 0.8 MG (tsüpermetriin 8g kg⁻¹, tootja SBM Development) ning Force Evo (teflutriin 5 g kg⁻¹, tootja Syngenta) ja

tsüanamiidi sisaldavat insektitsiidse toimega väetist Perlka (tootja Alzchem Group). Granuleeritud katsepreparaadid anti kartuli mahapaneku ajal puistena vaku. Entomopatogeensed nematoodipreparaadid lahustati vees ning mahapandud mugulaid kasteti normiga 10 liitrit 100 m⁻² kohta, kastetud mugulad kaeti koheselt õhukese mullakihi. Vaod aeti kinni vahetult peale kartuli mahapanekut. Mõlemal aastal kasutati ka katsevariante, kus lisaks mahapaneku aegsele töötlusele kasteti kartulivagusid kasvuaegselt entomopatogeensete nematoodipreparaatidega peale tugevat vihma, vahetult enne muldamist. Mõlemas katses oli ka töötlemata kontrollvariant.

Katse koristati 2020. aastal 24. septembril ning 2021. aastal 30. septembril. Traatussikahjustuste esinemise määramiseks analüüsiti iga katselapi kahelt keskmiselt vaolt juhuslikult valitud mugulaid. 2020. aastal analüüsiti iga katselapi kohta 100 mugulat ja 2021. aastal 200 mugulat ehk katsevariandi kohta vastavalt 300 ja 400 mugulat. Katseandmed analüüsiti, kasutades programme Microsoft Excel 2016 ja STATISTICA 12 (Statsoft, Inc., USA 2014) ja need on esitatud joonistel 1 ja 2.



Joonis 1. Traatussikahjustused 2019. aasta katses. Joonisel on esitatud keskmine koos standardveaga ning tärnidega on tähistatud usaldusväärsed erinevused kontrollist (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$)



Joonis 2. Traatussikahjustused 2021. aasta katses. Joonisel on esitatud keskmine koos standardveaga

Tulemused ja arutelu

Mõlema aasta katses olid töötlemata kontrollvariandis kartulimugulad traatusside poolt väga tugevasti kahjustatud. 2020. aastal oli kahjustatud kartulimugulaid 43,3% ja 2021. aastal 54,7%.

2020. aasta katses oli enamuses töödeldud katsevariantides traatussist kahjustatud mugulaid statistiliselt usutavalt vähem kui töötlemata kontrollvariandis. Kõige vähem oli traatussikahjustusi preparaadi Attracap kõigis variantides, Columbo 0,8 MS kahes variandis ning kahekordselt preparaadiga Larvanem töödeldud variandis, kus kahjustatud mugulaid oli 22,7–27,7% ehk mugulakahjustused vähenesid 36,2–47,7%. Seevastu 2021. aastal ei erinenud töödeldud katsevariantides traatussist kahjustatud mugulate osatähtsus töötlemata kontrollvariandist. Nematoodipreparaadiga Capsanem ja väetisega Perlka töödeldud variantides oli traatussikahjustustega mugulaid isegi statistiliselt usutavalt rohkem kui töötlemata kontrollvariandis. Preparaatide madalat efektiivsust võisid siin põhjustada erakordselt põuase aasta madal mullaniiskus ja kõrged temperatuurid. Kontrollvariandist vähem mugulakahjustusi oli ainult Larvanem ühekordse töötluse ja Force Evo variantides, kuid erinevus ei olnud statistiliselt usutav.

Katsetulemuste suur heterogeensus on olnud probleemiks ka paljudes teistes traatussi tõrjekatsetes. Nii on preparaate tõrjeefektiivsus Saksamaal, Bayeri põllumajandusuuringute keskuses kõikunud 0–90 protsendini (Lehmhus, 2014; Vidal, 2017). Sarnaselt meie katsetele oli ka Ameerika Ühendriikides läbiviidud katsete tulemused, kus esimesel aastal kõrget efektiivsust omanud preparaadid ei vähendanud teisel katseaastal traatussikahjustusi (Antwi *et al.*, 2018).

Mõlemas katses kasutatud keemilise preparaadi toimeained, tsüpermetriin ja teflutriin, mõjuvad traatussidele repellentselt, teflutriini mõjul mõjul muutuvad traatussid ka mõneks ajaks liikumatuks, kuid taastuvad paari päeva möödudes (van Herk *et al.*, 2015). Saksamaal, Bayeri põllumajandusuuringute keskuses korraldatud 2020. aasta katsetes oli teflutriini sisaldav preparaat Force Evo ainsaks traatussikahjustusi usutavalt vähendavaks preparaadiks (Zellner, 2020). Väetise Perlka kasutamisel on saadud traatussikahjustuste vähenemine 0–55% (Ritter, Richter, 2013). Laboratoorses katsetes on selgitatud, et väetises sisalduv kaltsiumtsüanamiid mõjub traatussidele repellentselt, kuid ei ole neile toksiline (Ritter *et al.*, 2014).

Bioloogiliste preparaatide katsete tulemused on olnud väga varieeruvad. Entomopatogeensel seenel *Metarhizium brunneum* põhineva preparaadi Attracap efektiivsus on erinevates katsetes olnud 37–75% (Brandl *et al.*, 2017). Katsetes on selgunud nematoodi liikide, aga ka liigisest tüvede patogeensuse suur erinevus erinevate traatussiliikide suhtes (Poggi *et al.*, 2021). Üldine järeldus entomopatogeensete nematoodide kasutamisest on, et need ei ole traatusside tõrjel väga kõrge efektiivsusega (Ritter, Richter, 2013). Bioloogilised preparaadid vajavad efektiivseks toimimiseks optimaalset mullaniiskust ja temperatuuri, samuti võib nende efektiivsust vähendada konkurents teiste mullaorganismidega (Vidal, 2017, Poggi *et al.*, 2021). Praegu on entomopatogeensete seente ja nematoodide kasutamine traatusside tõrjes veel algusjärgus. Kuna preparaadid on välja töötatud meist lõuna pool asuvates piirkondades, on vajalikud edasised uuringud ja katsetamine, et leida Eesti jahedama kliima tingimustele sobivad nematoodide ja seente tüved.

Kuigi nii meie kui mujal läbiviidud katsetes on preparaatide efektiivsus traatussikahjustuste vähendamisel varieerunud suurtes piirides, on olnud võimalik välja selgitada kõrgema efektiivsusega preparaadid. Traatusside tõrje tõhustamiseks tuleb tõrjepreparaate kasutada kombinatsioonis traatusside arvukust piirava külvikorra ja intensiivse mullaharimisega.

Tänuavaldused

Uurimistöö on teostatud Maaelu Arengu Kava meetme 16.2 raames TÜ Talukartul ja Eesti Maaülikooli vahel sõlmitud koostöölepingu alusel teostatava rakendusuuringu „Alternatiivsed meetodid kartulit kahjustavate traatusside tõrjel“ raames.

Kasutatud kirjandus

- Antwi, F.B., Shrestha, G., Gadi V.P., Reddy, V.P., Jaronski, S.T. 2018. Entomopathogens in conjunction with imidacloprid could be used to manage wireworms (*Coleoptera: Elateridae*) on spring wheat. - *Canadian Entomologist*, **150** (1): 124–139.
- Brandl, M. A., Schumann, M., Przyklenk, M., Patel, A. & Vidal, S. 2017. Wireworm damage reduction in potatoes with an attract-and-kill strategy using *Metarhizium brunneum*. - *J Journal of Pest Science*, **90**: 479–493.
- Burghause, F., Schmitt, M. 2011. Monitoringergebnisse der Schnellkäfergattung *Agriotes* (*Elateridae, Coleoptera*) in den Jahren 2008 bis 2010 in Rheinland-Pfalz. - *Gesunde Pflanzen*, **63**: 27–32.

- Jakubowska, M., Bocianowski, J. & Nowosad, K. 2018. Seasonal fluctuation of *Agriotes lineatus*, *A. obscurus* and *A. sputator* click beetles caught using pheromone traps in Poland. - *Plant Protection Science*, **54**: 118–127.
- Lehmhus, J. 2014. Results of the German click beetle monitoring in 2011-14 (*Coleoptera, Elateridae*). - *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, **19**: 237–240.
- Merivee, E., Remm, H. 1973. Mardikate määraja. Valgus, Tallinn, 342 lk.
- Poggi, S.; Le Cointe, R.; Lehmhus, J.; Plantegenest, M.; Furlan, L. 2021. Alternative Strategies for Controlling Wireworms in Field Crops: A Review. – *Agriculture*, **11**, 436.
- Ritter, C., Richter, E. 2013. Control methods and monitoring of *Agriotes* wireworms (*Coleoptera: Elateridae*). - *Journal of Plant Diseases and Protection*, **120** (1): 4–15.
- Ritter, C., Richter, E., Knölck, I. & Katroschan, K. U. 2014. Laboratory studies on the effect of calcium cyanamide on wireworms (*Agriotes ustulatus*, *Coleoptera: Elateridae*). - *Journal of Plant Diseases and Protection*, **121**: 133–137.
- Staudacher, K., Schallhart, N., Pitterl, P., Wallinger, C., Brunner, N., Landl, M., Kromp, B., Glauning, J., Traugott, M. 2013. Occurrence of *Agriotes* wireworms in Austrian agricultural land. - *Journal of Pest Science*, **86**: 33–39.
- van Herk, W.G., Vernon, R.S., Vojtko, B., Snow, S., Fortier J., Fortin C. 2015. Contact behaviour and mortality of wireworms exposed to six classes of insecticide applied to wheat seed. - *Journal of Pest Science*, **88**: 717–739.
- Vidal, S. 2017. Drachtwurmprobleme im Kartoffelbau. Aktueller Wissenstand und Bekämpfungsoptionen. – *Kartoffelbau*, **3**: 18–19.
- Zellner, M. 2020. Versuchsbericht 2020. Drachtwurmbekämpfung. https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-1953571023/MLR.LEL/PB-5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Pflanzenschutz/Versuchsergebnisse/Ackerbau%20%26%20Grünland/Kartoffeln/Drahtwurmbekämpfung_DL/Versuchsbericht%202020%20-%20Drahtwurmbekämpfung%20in%20Kartoffeln.pdf

Ristõielised kõrvalkultuurid mõjutavad nuutrit kaalikal

Eha Kruus, Marju Varblane, Angela Ploomi

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, taimetervise õppetool

Abstract. Kruus, E., Varblane, M., Ploomi, A. 2022. Cruciferous companion crops decrease the clubroot severity in swede crop (*Brassica napus* ssp. *napobrassica*) – Agronomy 2022.

Clubroot is among the most serious concerns in current oilseed production but also for other crucifer crops. The field experiment indicates that cruciferous companion crops may have allelopathic effects on swede yield. Allelopathic ranking of eight companion crops on swede was established in a pilot experiment. Because of the extreme drought of this season, sheep wool mulch was proven having a statistically significant positive effect on the yield. Maintenance of the soil moisture may have been one of the key factors of the mulching. Clubroot disease was suppressed in all unmulched variants, but also mulched white mustard and garden cress variants, while no difference was confirmed between pak choi mulched and either control variants. Since cruciferous companion plants or weeds may become preferred hosts for the pathogen due to their earlier development and more abundant root hairs, a potential of crop protection system for crucifer crops shall be tested, which exercises the efficiency of the trap crops luring the soil-borne resting spores into germination and starvation and thus reducing the inoculum density.

Keywords: soil, inoculum density, humidity, allelopathy

Sissejuhatus

Tänaseks kromistide (Chromista) riigi *Cercozoa* hõimkonna *Phytomyxea* klassi liigitatav mullaorganism nuuterlimak (*Plasmodiophora brassicae*) põhjustab ristõielistel taimedel ammu tuntud haigust, mida kutsutakse üldnimetusega nuuter. Nuuterlimak, ehkki obligatoorne parasiit, võib mullas puhkeostena püsida mitmeid aastaid eluvõimeline. Nuuterlimaku püsieostega saastumine on üks olulisemaid probleeme, mis piirab ristõieliste kultuuride kasvatamiseks sobivate põldude valikut, nt rapsikasvatustes. Euroopa põldudelt kogutud nuuterlimaku isolaadid on näidanud suurt geneetilist varieeruvust ja võimet aja jooksul ületada erinevaid resistentsusmehhanisme (Diederichsen *et al.*, 2009). Seega on kaasaegses põllumajanduses alternatiivsete, keemilisest taimekaitsest sõltumatute nuutritõrjemeetmete leidmine oluline ülesanne külvikorra hoolika planeerimise, põldude lupjamise ja resistentsete sortide aretuse ja kasvatamise kõrval.

Haigustekitaja kevadine e esmasnakkus saab alguse soodsatel tingimustel idanevatest puhkeostest, millest väljuvad viburitega zoosporid kanduvad peremeestaime narmasjuurte rakkudesse (Paul, 2017). Puhkeoste eluvõimet, aga ka nakatumist ja haiguse kulgu mõjutab tugevasti mulla pH, olles optimaalne vahemikus 4,6–6,5 (Takahashi, Kenji, 1994). Kapsanuutri tüüpilised sümptomid, juurepahad, avalduvad taimekudedes kõrgenenud auksiinide taseme, täpsemalt indool-3-äädikhappe (*indole-3-acetic acid*, *IAA*) tõttu (Agrios, 2004). Indooläädikhappe produktsiooni tõusu on täheldatud 3–7. päeval alates esimeste zoosporide sisenemisest peremeestaime juurekarvadesse (Xu *et al.*, 2016). See langeb ajaliselt kokku enamuse puhkeoste

idanemise ja zoosporide massilise invasiooniga. Indooläädikhape soodustab külguurte ja juurekarvade arengut (Saini *et al.*, 2013), mille tagajärjeks on patogeeni esmasnakkuseks sobivate kudede vohamine. Samuti oletatakse, et nakatust hõlbustavad auksiinidest tingitud rakuseina struktuuri muutused, mis viivad rakkude vaheseinad üksteisest eemale ja vähendavad taime loomulikku kaitset nuutri vastu (Xu *et al.*, 2016).

Lisaks mullastiku happelisusele ning halvale õhustatusele sõltub nuuterlimaku püsieoste idanemine peamiselt temperatuurist ja niiskusest (Paul, 2017). Peremeestaime juurekarvakeste nakatumine oli kõige intensiivsem ja sümptomid avaldusid kõige varem temperatuuril 25 °C, seejärel võrdselt 20 ja 30 °C juures ning jäid kõige nõrgemaks ja hilisemaks 15 ja 10 °C juures (Sharma *et al.*, 2011). Haiguse arengu kriitilisi staadiumeid on hinnanud Agarwal jt (2009).

Nuuterlimaku püsieoste arvukust Eerikal, Maaülikooli taimetervise õppetooli katsealal on kvantifitseeritud Marian Põldmetsa bakalaureusetöös, mille tulemustest selgus, et eoste keskmine kontsentratsioon (412 000 geenikoopiat 1 g mulla kohta) tähendas kõrget nakkuskoormust selles mullas (Põldmets, 2019). Patogeeni populatsiooni tihedus on haiguse epidemioloogias oluline faktor.

Köögiviljakultuuride multšimist orgaaniliste materjalidega on juba aastakümneid kasutatud peamiselt väikeaegades. Selle positiivne mõju avaldub umbrohtude mahasurumises, mulla struktuuri parandamises ning vee ja toitainete tasakaalu parandamises, aga ka taimekaitselistes aspektides (Hellqvist, 1996). Lambavill on orgaaniline materjal, mis käesoleva ajani on taandunud lihatootmise kõrvalsaaduseks ning millele otsitakse aktiivselt lõngatööstusele alternatiivseid väärindamisvõimalusi. Ulatuslikumalt väärindatakse pesemata villa Saksamaal ja Põhja-Ameerikas, kus lambavillast valmistatud pelletteid toodetakse nii suurtootjatele kui väiketalunikele. Lambavillapelletid, mis vegetatsiooniperioodi lõpuks lagunevad, on taimekasvatajate poolt hinnatud ka kõrge N sisalduse ja selle aeglaselt mulda eraldumise tõttu (Böhme *et al.*, 2012). Lambavillamultši on katsetatud maasikaistandikus, kus see vähendas umbrohtumust ning tagas kõrgema ja ühtlasema temperatuuri ning parema niiskustasemega mulla, mistõttu taimed olid jõulisema kasvuga ja andsid suuremat saaki (Hoover, 2000). Lisaks kasvuhoone- ja väiketootmistele on lambavillapelletteid katsetatud ka põllukultuuridel, mille tulemusena saadi 50% kõrgem saagikus odral ja oluliselt kõrgem mikro- ja makroelementide sisaldus mullas (Lal *et al.*, 2020). Lambavillamultši ja püünistaimede mõju ristõieliste kultuuride putukkahjuritele jälgis põldkatses Marju Varblane. Käesoleva töö eesmärk on uurida, kas ja mil määral mõjutavad ristõielised kõrvalkultuurid ja lambavillaga multšimine nuutrit kaalikal.

Materjal ja meetodika

Ristõieliste kõrvalkultuuride seemned hangiti eelmise aasta katsest Eerikal (kress-salat ja valge sinep) ning seemnete jaemüügist (paksoi, kaalikas 'Kohalik Sinine'). Seemnete idanemisprooviga määrati ajavahemikus 10.05–17.05.21 idanevus kaalikal 78%, kress-salatil 90%, valgel sinepil 69% ja paksoil 50%. Põldkatse rajati 11. mail Eerikale, EMÜ taimetervise õppetooli katsealale kuues korduses, mis hiljem,

kui taimed olid piisavalt suureks kasvanud, jagati kaheks plokiks – multšita ja lam-bavillamultšiga katsevariantideks, kokku 24 katselappi randomiseeritud asetusel. Lapi suurus oli 140x200 cm, lappide vahed 70 cm. Põhikultuur – kaalikas külvati testvariantides kahes reas, külvinormiga 1,5 kg ha⁻¹, mis teisendati 20 idanevaks seemneks jooksva meetril. Kahe 40 cm vahega külvatud kaalikarea äärde mõlemale poole külvati sama kaugemale kõrvalkultuuri rida. Kontrollvariantide lappidele külvati samas asetusel 4 rida kaalikat. Kevadel ja suve alguses määrati ristõieliste maa-kirpude arvukus ja kahjustus. Pärast taimede jõudmist ohustatud kasvufaasist välja leheroosi moodustumise faasi (BBCH 18), eemaldati kõrvalkultuur põhikultuuri ridade äärest, et vältida põhikultuuri ülemäärast kahjustumist taimede omavahelise konkurentsi tõttu. Multš paigaldati kaalikataimede ümber käsitsi 22. juunil ning tuu-lega ärakandumise ennetamiseks ja maapinnale kinnitamiseks kasteti vill märjaks. Samaaegselt kasteti multšimata katselappe sama koguse veega. Katse hooldamine toimus iganädalase kõplamise teel (v.a multšitud lapid), agrokemikaale (taimekait-sevahendeid ega anorgaanilisi väetisi) kultuurile ei manustatud. Saagi koristamisel sügisel loendati kaalika juurviljad, määrati erinevad kahjustused sh füsioloogilised moonutused, hinnati juurikate kahjustuse sh nuutrikahjustuse tase ning seda võrreldi kontroll-lapil kasvanud kaalikatega. Eraldi arvestati kaubanduslik saak s.o. tervete, kahjustusteta juurikate arv ja kaal. Kontrollvariantide kaalikate arv jagati kahega. Andmete töötlemiseks kasutati MS Excel'i andmeanalüüsi paketti (Data Analysis Tool) ja Statistica 13 (Dell inc.). Erinevused loeti statistiliselt oluliseks, kui p-väär-tused jäid alla 0,05.

Tulemused ja arutelu

Ekstreemse kasvuperioodi ja suure varieeruvuse tõttu katselappide vahel, kõrvalkul-tuuri statistiliselt olulist mõju saagile ei kinnitatud ($p > 0,05$), kuigi tendentsina on see jälgitav (Joonis 1). Enne koristust säilis visuaalsel hinnangul keskmiselt kõige tuge-vam taimik kontrollvariantides, mis avaldus ka saagis. Kõrvalkultuuride positiivset või negatiivset mõju põhikultuurile seletab allelopaatia – eri liiki taimede vastasti-kune mõjutamine keemiliste metaboliitide kaudu. Ristõieliste kõrvalkultuuride alle-lopaatilist mõju kaalikale katsetasime Eerika põllul pilootprojektina eelmisel hooajal, 2020. aastal. Selles kasvatasime kogu kasvuperioodi vältel kaalikat kui põhikultuuri kaheksas korduses kõrvuti kaheksa ristõielise põllukultuuriga: valge sinep (*Sinapis alba*), salatkress (*Lepidium sativum*), kaht sorti rukola (*Eruca coltivated var. Frastag-liata* ja *Eruca sativa*), sarepta sinep (*B. juncea subsp. Juncea*), naeris 'Golden Ball' (*B. rapa subsp. rapa*), komatsuna (*B. rapa var. Perviridis*) ja paksoi (*B. rapa subsp. Chinensis*), ning lisaks kontrolliks puhas kaalikas (*B. napus ssp. Napobrassica*) ja kaalikas isetärganud umbrohtudega (peamiselt *Capsella bursa-pastoris*, *Thlaspi arvense*, *Sinapis arvense* jt). Tulemusena leidsime nn allelopaatilise rea (vt. tabel 1), mille alusel valisime käesolevaks uurimistööks kõrvalkultuurid skaala kummastki, nii positiivsest kui negatiivsest otsast.

Negatiivset allelopaatiat on kultuurtaimede ja teiste ristõieliste vahel varemgi täheldatud (Asaduzzaman *et al.*, 2012). Üldiselt peetakse allelopaatia põhjuseks tai-

meliikide ja aretiste erinevat reaktsiooni glükosinolaatidele, isotiotsüanaatidele või brassinosteroididele, mis võivad mõjutada teatavaid biokeemilisi mehhanisme taime arengus (Bertin *et al.*, 2003; Modhej *et al.*, 2013; Sirhindi, 2013; Rehman *et al.*, 2019).

Tabel 1. Ristõieliste kõrvalkultuuride mõju põhikultuurina kasvatatava kaalika ellujäämisele ja surevusele ehk nn allelopaatilisele rida

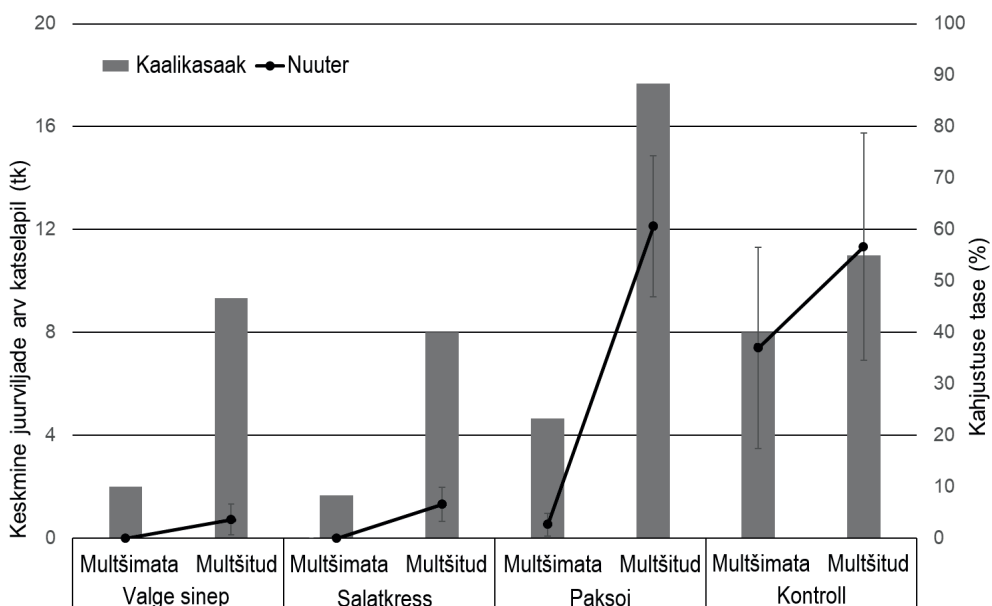
Tunnus	Valge sinep – <i>Sinapis alba</i>	Salatkress – <i>Lepidium sativum</i>	Rukola – <i>Eruca colivata</i> var. <i>frastagliata</i>	Kontroll + Umbrohud	Rukola – <i>Eruca sativa</i>	Sarepta sinep – <i>B. juncea subsp. juncea</i>	Kontroll – <i>B. napus ssp. napobrassica</i>	Naeris 'Golden Ball' – <i>B. rapa subsp. rapa</i>	Komatsuna – <i>B. rapa var. perviridis</i>	Paksoi – <i>B. rapa subsp. Chinensis</i>
Keskmine*	10,1	12,4	12,9	16,4	16,7	19,1	19,4	20,4	21,4	23,5
SE	1,84	3	2,43	2,65	2,62	3,26	3,08	2,23	2,83	2,29
mediaan	9,5	11	11,5	12,5	16,5	19	21,5	19	20	25
Standardhälve	5,22	8,5	6,89	7,52	7,42	8,62	8,73	6,32	8,01	6,48
Min	4	2	7	9	6	9	7	14	11	12
Max	20	28	28	26	28	35	33	31	33	31
95% Usalduspiirid	4,3	7,1	5,7	6,2	6,2	7,9	7,3	5,2	6,79	5,4
Põhikultuuri surevus (%)	71,0	64,6	63,2	53,2	52,1	45,3	44,6	41,7	38,9	32,8

* - keskmine ühes korduses säilinud taimede arv

Kaubanduslike juurikate arvu järgi kalkuleeritud ikalduse määr osutus 2021. aastal nii valge sinepi, salatkressi ja paksoi lambavillata variantides 100%, aga kontrollis oli see 93%. Kuigi praeguses katses ei jälgitud taimede surevust läbi vegetatsiooniperioodi, võime oletada, et põhikultuurist kiirema kasvuga kõrvalkultuuride negatiivne mõju kaalikasaagile oli põhjustatud eelkõige suve ebatavaliselt kuivast ilmastikust. TÜ füüsika instituudi keskkonnanäüüsika labori ilmajaam, mis on katsepõllule lähim automaatilmajaam, on avaldanud järgmised andmed: 2021 aasta juunis oli sademeid 17,12 mm (kasteniiskust ületava, >0,5 mm sademetega sajupäevi 6 tk, maksimaalne ööpäevane sademete hulk 7,23 mm), juulis 18,36 mm (>0,5 mm sademetega sajupäevi 5 tk, maksimaalne ööpäevane sademete hulk 4,29 mm), ja esimene >10 mm sademeid toonud vihm saabus alles 11. augustil (meteo.physic.ut). Kõrvalkultuuri olemasolu pärast kaalika leheroseti moodustumist võinuks moonutada taimede arengut läbi konkurentsi vee, toitainete ja valguse pärast. Kõrvalkultuuri taimede eemaldamise järel 15.06 (põhikultuuri kasvufaas BBCH 14) muutus vastavate katselappide mikrokliima kuivemaks, sest niiskust kinni hoidev taimik oli

vähenenud poole võrra võrreldes kontrolliga, mille servaridadelt kaalikataimi välja ei rohitud.

Multšimine andis kaalikasaakides statistiliselt olulise erinevuse paksoi ($F_{1,4}=22,367$; $p=0,009$) ja valge sinepi ($F_{1,4}=9,877$; $p=0,034$) variantides. Samuti oli kõige enam kahjustusteta, st turustamiseks sobivaid juurikaid paksoi multšitud variandis (11%). See kinnitab eelmise aasta tulemusi, mis osundavad, et paksoi on kaalikale positiivse mõjuga kõrvalkultuur. Tervete kaalikate osakaal kontrolli villa-multšiga variandis oli selle katse kontekstis samuti suhteliselt suur, st 7,5% ja kontrollist pisut vähem, 7,1% oli neid valge sinepi kõrval kasvatatud multšitud kaalikal.



Joonis 1. Kaalikasaagi nutrikahjustuse seos ristõieliste kõrvalkultuuride ja lam-bavilla multši vahel EMÜ taimetervise õppetooli Eerika põldkatses 2021 aastal, veajooned osundavad standarddviga

Küll aga vähendas ristõieliste kõrvalkultuuride kasvatamine nutrikahjustust ($F_{1,3}=4,19$; $p=0,018$). Kõrvalkultuuridega multšimata variantides oli saak reeglina kontrollist suurusjärgu võrra madalam (v.a paksoi), aga saadud juurikad olid nuutrist puhtamad. Kui multšitud katselapid andsid rohkem ja kvaliteetsemat saaki, siis lõi multš ka nuutri arenguks soodsamad tingimused, eeldatavasti kõrgema mullaniis-kuse tõttu. Siingi avaldus kõrvalkultuuride mõju. Paksoi ja kontrollvariantide vahel olulist erinevust ei leitud, aga salatkressi ja valge sinepi töötlustes osutusid kaalikad statistiliselt oluliselt vähem kahjustatuks ($F_{3,8}=5,54$; $p=0,023$).

Kui Agarwal jt (2009) hindasid nuutri arengut mudeltaimel (harilikul müür-loogal *Arabidopsis thaliana*), leiti esimesed sümptomid (iduarre puhetumine) pärast 15. päeva, mil taimekudedes olid moodustunud primaarsed plasmoodiumid ja zoosporangiumid, sh osad neist juba sekundaarsetest zoosporidest tühjenenud.

Juurepahad jt deformatsioonid olid ilmunud 23. päevaks, aga 28. päeval alates inokuleerimisest olid pahad arenenud silmatorkavaks ja muutunud valkjaks, sisaldades sekundaarseid plasmoodiume ja püsieoseid (Agarwal *et al.*, 2009). Seega vähendab ühe kuu vanuste peremeestaimede välja rohimine mulda sattuvate püsieoste arvukust. Meie katses eemaldati kõrvalkultuurid 35. päeva pärast külvi, st pärast sekundaarsete plasmoodiumide moodustumist peremeestaimede juurekooses. Samas on zoosporide areng ja edasikandumine peremeestaimede juurtele põuastes tingimustes tugevasti pärssitud. Ilma peremeestaimedeta idanenud puhkeosed hävinevad, sest zoosporid ei ole kohastunud eluks saproobina, ning hukkuvad peagi mullas, kui nad peremeestaime ei leia (Takahashi, Kenji, 1994).

Mulla kuivuse tõttu jäi ka meie katses multšimata variantide nuutrikahjustus madalamaks, ehkki osade katselappide peaaegu täieliku ikalduse tõttu oli vähe võrdlemiseks sobivaid juurikaid, mistõttu olulist statistilist erinevust ei saa selle põhjal kinnitada ($F_{3,8}=3,3$; $p=0,07$). Kõrvalkultuurid olid märgatavalt varasema arenguga, nt. 20 päeva pärast külvi, 31.05 avaldusid valgel sinepil ja salatkressil 2 pärislehte (BBCH 12), samal ajal kui kaalikas oli alles idulehtede faasis (BBCH 10). Selleks ajaks olid mullatemperatuurid juba püsivalt tõusnud patogeeni temperatuurioptimumi piiridele: mõõtmised 5 cm sügavusel andsid tulemuseks 16,5–21 °C. See võib selgitada, miks primaarsed zoosporid võisid nakatamiseks eelistada kiiremini arenevaid ja seega ohtralt nakkuseks sobivaid juurekarvakesi tootnud kõrvalkultuure. Eerika taimetervise katseala mulla keskmiseks pH-ks on mõõdetud 5,96, st nõrgalt happeline reaktsioon (E.Lauringson, personaalne kommunikatsioon), mis ei avalda nuutritele pärssivat mõju ja nii võime eeldada, et haigustekitaja püsib mullas, nagu seda on leitud juba varasematel aastatel.

Oletatavasti toimus esmasnakkus maikuu jooksul, mil muld ei olnud veel põuane: mai lõpu valdavalt igapäevaste vihmahogude sademete summa oli 10,8 mm (meteo.physic.ut.ee). Külvist alates 3–7 päeva jooksul (Xu *et al.*, 2016) leidsid esimesed primaarsed zoosporid juurekarvakesed, mille nakatumine vallandas mulda signaali ja pani aluse zoosporide massilisele invasioonile. Sekundaarsete zoosporide vabanemise ajaks, st 15 p pärast nakkust (Agarwal *et al.*, 2009), oli kevadine hoovihmade periood lõppemas ja algamas suvine pööd. Järelikult soodustasid nii ilmastik kui ka kõrvalkultuuride kasutamine patogeeni populatsioonitiheduse vähenemist. Kui nuuterlimaku esmasnakkust teatakse esinevat kõikidel peremeestaimedel, sh paljudel mitte-peremeestaimedel, sõltumata kultuuride (või sortide) resistentsusest, siis juurekoore koloniseerimisvõime sekundaarse nakkuse puhul erineb peremeestaimede vahel oluliselt (Diederichsen *et al.*, 2009). Seega on võimalik luua taimekaitseüsteem, mille käigus nuuterlimaku püünistaimedena kasvatatava ristõieliste vahekultuuride abil meelitatakse püsieosed sobivate temperatuuri- ja niiskustingimuste juures kevadel idanema, misjärel taim koos patogeeniga hävitatakse. Selle meetodi teel oleks võimalik vähendada haigustekitajate hulka mullas enne uute püsieoste valmimist. Seejuures tuleb siiski arvestada, et püsieosed võivad idaneda ka spontaanselt, ilmastikutingimuste tõttu, sõltumata peremeestaimede olemasolust (Friberg *et al.*, 2005; Rashid *et al.*, 2013), mistõttu on ristõieliste umbrohtude tõrje

ajastamine nuutrivastases taimekaitsesüsteemis kriitilise tähtsusega. Puhkeoste väljameelitamise meetodi efektiivsust tuleks katsetada edasistes teadusuuringutes.

Samuti leidis kinnitust, et multšimine on põuasel aastal oluline agrotehniline võte, mis võimaldab vähendada lisahoolduse koormust ja kastmisvajadust. Et lambavill saadi annetusena, ei saa anda hinnangut meetodi kulutõhususe kohta. Katse jooksul kõige mahukamad tööoperatsioonid olid pesemata lambavillakute paigaldamine multšiks, aga ka nende eemaldamine. Tulevikus, kui on võimalik hankida Eestis toodetud villagraanuleid, võib seda protsessi teataval määral automatiseerida, mis muudaks selle sobivaks köögiviljakasvatuse suurtootmisteks.

Kokkuvõte

Põldkatse käigus saadi kinnitust, et ristõielised kõrvalkultuurid mõjutavad kaalika- saaki allelopaatilisel. Saagile avaldas statistiliselt olulist positiivset mõju ka lambavilla multš. Nuutrikahjustus oli väiksem kõikides multšimata variantides, samuti kõrvalkultuuridena kasvatatud valge sinepi ja salatkressi multšitud variantides, samas kui paksoi multšitud variandi ja mõlema kontrollvariandi vahel olulist erinevust ei leitud. Kuna ristõielised kõrvalkultuurid (või umbrohud) võivad nuutri esmasnakkuse algatamisel varasema arengu ja ohtramate juurekarvakeste tõttu patogeenile põhikultuurist paremini sobida, tuleks katsetada ristõieliste kultuuride taimekaitsesüsteemi, milles nuutri püsieoste idanema meelitamiseks kasutatakse neid püünistaimedena haigustekitajate vähendamiseks mullas.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Haridus- ja Teadusministeeriumi programm IUT 36-2 „Jätkusuutlik taimekaitse: ökosüsteemi teenuste rakendamine taimekasvatustes“ ja Horisont 2020 projekt V20023 „Põllumeeste ühendused elurikkuse haldamiseks agroökosüsteemides“. Täname Enn Lauringsoni ja Imbi Albret mulla pH analüüside eest, Irja Kivimägi ja Pihlamäe OÜ'd lambavillamultšiga varustamise eest ja Mati Koppelit asjalike kommentaaride eest töö tulemuste lahtimõtestamisel.

Kasutatud kirjandus

- Agrios, G.N. 2004. *Plant Pathology*. Fifth edition. Elsevier, Academic Press. 922 lk.
- Agarwal, A., Kaul, V., Faggian, R., Cahill, D.M. 2009. Development and use of a model system to monitor clubroot disease progression with an Australian field population of *Plasmodiophora brassicae*. *Australasian Plant Pathology*, **38**: 120–127.
- Asaduzzaman, M., Luckett, D.J., Cowley, R.B., An, M., Pratley, J.E.; Lemerle, D. 2014. Canola cultivar performance in weed-infested field plots confirms allelopathy ranking from in vitro testing. *Biocontrol Science and Technology*, **24**(12): 1394–1411.
- Bertin, C., Yang, X., Weston, L.A. 2003. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant Soil*, **256**: 67–83.
- Böhme, M. H., Grueneberg H., Pinker, I. 2012. Sheep wool as fertiliser for vegetables and flowers in organic farming. *Acta Horticulturae*, **933**: 195–202

- Diederichsen, E., Frauen, M., Linders, E.G.A., Hatakeyama, K., Hirai, M. 2009. Status and perspectives of clubroot resistance breeding in crucifer crops. *Journal of Plant Growth Regulation*, **28**: 265–281.
- Friberg, H., Lagerlof, J., Ramert, B. 2005. Germination of *Plasmodiophora brassicae* resting spores stimulated by a non-host plant. *European Journal of Plant Pathology*, **113**: 275–281.
- Hellqvist, S. 1996. Mulching with grass-clippings in cauliflower: Effects on yield and brassica root flies (*Delia spp.*). *International Journal of Pest Management*, **42**(1): 39–46.
- Hoover, E. 2000. Bio-based weed control in strawberries using sheep wool mulch, canola mulch, and canola green manure. *Greenbook*. 26 pp.
- Lal, B., Sharma, S.C., Meena, R. L., Sarkar, S., Sahoo, A., Balai, R.C., Gautam, P., Meena, B.P. 2020. Utilisation of byproducts of sheep farming as organic fertilizer for improving soil health and productivity of barley forage. *Journal of Environmental Management*, **269**.
- Modhej, A., Rafatjoo, A., Behdarvandi, B. 2013. Allelopathic inhibitory potential of some crop species (wheat, barley, canola, and safflower) and wild mustard (*Sinapis arvensis*). *International Journal of Biosciences*, **3**(10): 212–220.
- Paul, V.H. 2017. Raps: haigused, kahjurid, umbrohud. Rapool-Ring GmbH, Šiauliai, 200 lk.
- Põldmets, M. 2019. Biopreparaadi Bactomix 5 toime ristõieliste nuutritekitaja (*Plasmodiophora brassicae*) arengu takistamisel. Bakalaureusetöö, EMÜ, PKI. https://dspace.emu.ee/xmlui/Marian_Põldmets_BA2019.pdf
- Rashid, A., Ahmed, H. U., Xiao, Q., Hwang, S. F., Strelkov, S. E. 2013. Effects of root exudates and pH on *Plasmodiophora brassicae* resting spore germination and infection of canola (*Brassica napus* L.) root hairs. *Crop Protection*, **48**: 16–23.
- Rehman, S., Shahzad, B., Bajwa, A.A., Hussain, S., Rehman, A., Cheema, S.A., Abbas, T., Ali, A., Shah, L., Adkins, S., Li, P. 2019. Utilizing the allelopathic potential of brassica species for sustainable crop production: A review. *Journal of Plant Growth Regulation*, **38**, 343–356.
- Saini, S., Sharma, I., Kaur, N., Pati, P. K. 2013. Auxin: a master regulator in plant root development. *Plant Cell Report*, **32**: 741–757.
- Sharma, K., Gossenband, B.D.; McDonald M.R. 2011. Effect of temperature on primary infection by *Plasmodiophora brassicae* and initiation of clubroot symptoms. *Plant Pathology*, **60**: 830–838.
- Sirhindi, G. 2013. Brassinosteroids: Biosynthesis and Role in Growth, Development, and Thermotolerance Responses. In book: *Molecular Stress Physiology of Plants*. Springer India (ed.s): G.R. Rout and A.B. Das. 309–329.
- Takahashi, Kenji, 1994. Influences of some environmental factors on the viability of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* Wor. incubated in sterile soil. *Annals of Phytopathological Society of Japan*, **60**: 658–666.
- Xu, L., Ren, L., Chen, K., Liu, F., Fang, X. 2016. Putative role of IAA during the early response of *Brassica napus* L. to *Plasmodiophora brassicae*. *European Journal of Plant Pathology*, **145**: 601–613.

Kapsakahjurite arvukus keskvalmival ja hilisel peakapsal

Luule Metspalu, Birgit Pai, Katrin Jõgar, Angela Ploomi

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Metspalu, L., Pai, B., Jõgar, K., Ploomi, A. 2022. The abundance of pests on mid-grown and late white cabbage – Agronomy 2022.

White cabbage is one of the most widely grown vegetable. Usually in plant protection, chemical products are applied, but intensive usage of these products has led to the development of pest resistance and it is a pressure to the environment. One of the solutions could be the identification of pest resistant varieties, plant species or cultivars. The aim of this study is to determine the abundance of cabbage pests on mid-grown and late white cabbage. There were two varieties – mid-grown 'Krautman' and late white cabbage 'Lennox'. The results showed that the pest insects were abundant on mid-grown white cabbage plants. The most numerous pest during trial was cabbage aphid. The abundance of *Lygus* spp. and *Plutella xylostella* was also high on the mid-grown cabbage plants. It would be advisable to grow different varieties together in which case one of the varieties would be attractive to pests and therefore a need for plant protection products would be reduced.

Keywords: mid-grown cabbage, late cabbage, *Brevicoryne brassicae*, *Plutella xylostella*, *Lygus* spp.

Sissejuhatus

Valge peakapsas (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) on maailmas üks vanimaid köögivilju, mida kasutasid toiduks juba ürgaja inimesed. Küllalt lihtne viljelustehnoloogia, kõrge saagikus, hea säilivus, laialdased kasutusvõimalused on peamisteks põhjusteks, miks see taim on tulnud läbi sajandite ja on praegugi nii laialdaselt levinud (Meensalu *et al.*, 2001). Kaasaja tervislikus toitumises on kapsal oluline koht. Kapsa kasulikke omadusi hindavad ka paljud kahjuriliigid, kes oma tegevusega põhjustavad kapsakasvatajatele olulist majanduslikku kahju, rikkudes või hävitades saaki. Meil on olulisemateks kapsakahjuriteks maakirbud (*Phyllotreta* spp), kapsakärbes (*Delia brassicae*), kapsa-tuhktäi (*Brevicoryne brassicae*), kapsakoi (*Plutella xylostella*), kapsaöölane (*Barathra brassicae*), suur-kapsaliblikas (*Pieris brassicae*) ja väike-kapsaliblikas (*Pieris rapae*).

Tavaviljeluses kasutatakse kapsakahjurite tõrjeks valdavalt keemilisi taimekaitsevahendeid. Nende tõrjevahendite intensiivne kasutamine on tekitanud praeguseks hästi teadaolevaid probleeme: kahjurid on muutunud resistentseteks, keskkond saastunud ning taimekaitsejäägid saagis on toksilised inimestele ja loomadele (Cartea *et al.*, 2014; Luik, 2018). Mahekapsa kasvupinnad on Eestis aastate jooksul suurenenud ning oluline on, et siin pole keemilised tõrjevahendid lubatud. Keemilisi tõrjevahendeid ei soovi kahjuritõrjeks kasutada ka enamus väikeaiapidajaid. Kõike seda arvestades tulevad tähtsale kohale alternatiivsed kahjuritõrjemeetodid. Üheks tõrjevõtteks võiks olla näiteks putukate käitumisega manipuleerimine (Luik *et al.*, 2007; Metspalu, 2017; Luik, 2018). Selle teeb võimalikuks asjaolu, et taim-putukas suhtlemine toimub lõhnasignaali kaasal. Kuivõrd igal erimil ja sordil on mõne-

võrra erinev keemiline koostis, siis taimest lähtuvad signaalid annavad putukatele mõnevõrra erinevat infot munemise ning toitumise sobivuse kohta. Seega võikski kahjuritõrjes üheks lahendiks olla kahjurikindlamate sortide ning erimite kasvatamine. Selliste taimeliikide, erimite või sortide leidmine on üheks võtmekomponendiks kahjurite integreeritud tõrjesüsteemi kujundamisel (Eigenbrode, Pillai, 1998; Metspalu, 2017; Luik, 2018). Selleks on aga meil oluline mõista taime ja putuka omavaheliste suhete toimimist, taime kaitsemehhanisme, putuka toidutaime valikute printsiipe jne. Sellise teabe oskuslik rakendamine võimaldab vähendada keemiliste tõrjevahendite kasutamist ja pidurdab resistentsete kahjurite aina suuremat levikut (Belete, 2018). Kuivõrd Eestis kasvatatakse nii keskvalmivaid kui hiliseid kapsasorte, siis võib neist kahjurikindlamate väljaselgitamine olla oluline teave kapsakasvatajatele valikute tegemisel.

Materjal ja meetodika

Väikesemahuline põldkatse viidi läbi 2018. aasta suvel Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul. Kapsaistikud kasvatati laboris pikas päevas (16 tundi valgust ja 8 tundi pimedust), 20–22 °C juures. Kapsas istutati põllule 16. mail. Katses oli keskvalmiv sort 'Krautman' ning hiline sort 'Lennox'. Katse oli kolmes korduses. Iga katselapi suuruseks oli 2 x 2 m², millele istutati 9 valge peakapsa istikut. Kahjurite loendusega alustati siis, kui kapsad kasvatasid juba päid ning igasugune pritsimine sellel ajal on välistatud. Esimene vaatlus oli 25. juulil ning hiljem toimusid loendused kord nädalas samal nädalapäeval. Vaatlused lõppesid septembris.

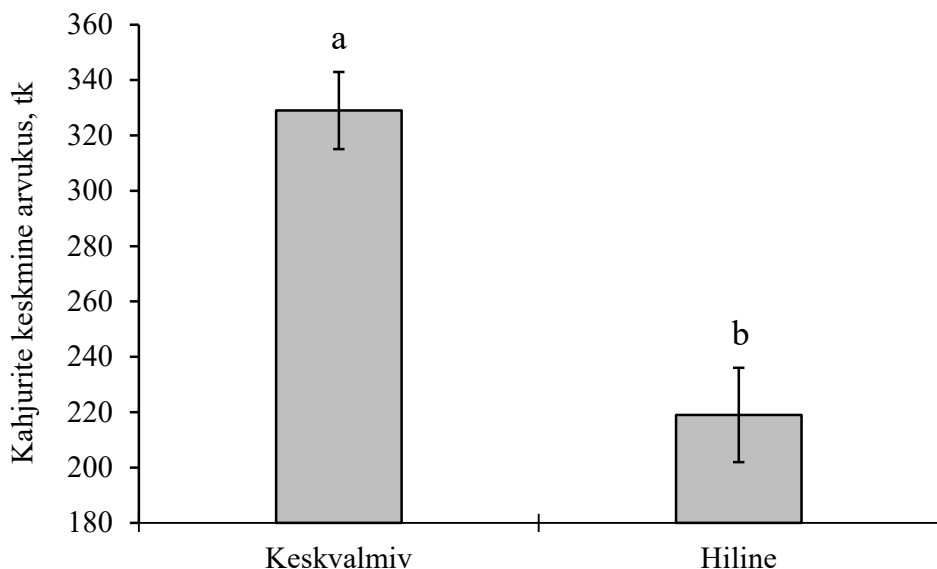
Kahjurite loendamisel vaadati igal kapsal üle kõik lehed, fikseeriti kahjurite liik ning arvukus. Korduvlugemiste vältimiseks eemaldati loetud putukad taimedelt. Kapsa-tuhktäil loendati kolooniad ja fikseeriti isendite arv koloonias.

Kogutud materjali andmetest moodustati andmebaas, kasutades arvutiprogrammi Excel. Statistiline analüüs teostati Statistica 13.3 programmiga. Erinevused putukate arvukuses erinevatel sortidel leiti ühefaktorilise ANOVA (ühefaktoriline dispersioonanalüüs) abil, variantide omavahelisel võrdlemisel kasutati Tukey HSD testi ($p < 0,05$).

Tulemused ja arutelu

Katseperioodil loendati kapsastelt kokku 2083 kahjurputukat. Loendatavateks liikideks olid kapsa-tuhktäi, kapsakoi, rohulutikad, väike-kapsaliblikas, suur-kapsaliblikas ja kapsaöölane. Liikide arvukuse omavahelisel võrdlusel selgus, et suurima osa neist moodustasid kapsa-tuhktäi kolooniad (43%), järgnes kapsakoi (21%) ja rohulutikad (11%). Teiste kahjurite arvukus oli madalam.

Tulemuste analüüsist selgus, et kahjurite arvukusel oli oluliseks faktoriks kapsaerim (ANOVA; $F_{1,4} = 25,1$; $p = 0,007$; joonis 1). Kahe katsevariandi omavahelises võrdluses oli keskvalmival sordil 'Krautman' katseperioodil kokku statistiliselt usutavalt enam kapsakahjureid kui hilisel sordil 'Lennox' (Tukey HSD test, $p = 0,007$).



Joonis 1. Eerika katsepõllult 2018. aasta katseperioodil valgelt peakapsalt loendatud kahjurite korduste keskmine arvukus keskvalmival ('Krautman') ja hilisel ('Lennox') kapsal. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usaldatavat erinevust (Tukey HSD test). Joonisele on kantud keskmine ja keskmine $\pm$ standardviga

Tuginedes Jõgeva Ilmajaama andmetele (Keppart, 2018), võib katseaasta suve iseloomustada järgmiselt: tegemist oli paljude aastate keskmisega võrreldes soojema ja kuivema suvega, aktiivne taimekasvatuseperiood (ööpäeva keskmine õhutemperatuur on püsivalt üle 10 °C) algas 6. mail ning kestis 140 päeva, mis on 10 päeva pikem keskmisest. Juulikuu kujunes põuaseks ja kuumaks, sademete jaotumine oli ebaühtlane, see mõjutas ka taimekasvutingimusi erinevalt. Kuigi soojust taimedele jagus, isegi rohkem kui tarvis, nappis neil aga vett, mis mõjutas taimede kasvu ja arengut. Suve viimane kuu oli samuti soe, aga saabus ka kauaoodatud vihm. Sellised tingimused soosisid paljude putukate intensiivset paljunemist.

Suvi oli soodne kapsa-tuhktäi arenguks Tulemuste hindamisel selgus, et kolooniate arvukuse erinevuses oli statistiliselt oluliseks faktoriks kapsasort (ANOVA; $F_{1,4}=69,93$; $p=0,001$). Tukey HDS testile tuginedes oli kapsa-tuhktäi kolooniaid keskvalmival kapsal ($p=0,001$) statistiliselt usutavalt rohkem kui hilisel kapsal. Augusti ilmastik oli ideaalne kapsa-tuhktäi paljunemiseks. Kuivõrd selle liigi kehatemperatuur sõltub väliskeskkonnast, siis tema arengus on temperatuuril oluline osa (Broder *et al.*, 2017). Souto ja teised (2012) leidsid näiteks, et selle kahjuri arenguks on optimaalne temperatuur vahemikus 20–30 °C, kuid siiski juba 35 °C pärsib arengu. Täiskasvanud isend on paksema vahakihi ja tema pole niivõrd tundlik temperatuuride suhtes kui vastne, kelle keha katab õhem vahakiht (Smith, 1999). Meie katseperioodil iseloomustasid juulikuud kõrged temperatuurid (25–30 °C). See kajastus ka esimestes vaatlustes, kus kapsa-tuhktäide kolooniates oli vähe isendeid.

Arvestada tuleb ka sellega, et see kahjur areneb meil suve esimesel poolel teistel ristõielistel taimedel, enamasti umbrohtudel ning alles suve keskel tullakse kapsapõllule (Metspalu, Hiisaar, 2000). Augustis temperatuurid mõnevõrra langesid ning tuli ka vihma. See oli kapsa-tuhktäi arenguks soodne ning see tõi kaasa peamiselt keskvalmival kapsal kolooniate arvu olulise kasvu. Isendite arv kolooniates kasvas samuti kiiresti. On leitud, et kapsa-tuhktäi ja peremeestaime vahel on tihe side ning isegi väikesed muutused peremeestaime seisundis või struktuuris võivad mõjutada koloonia arengut (Souto *et al.*, 2012). Fenwick jt (1983), kes uurisid juba eelmisel sajandil kapsa-tuhktäi ja ristõieliste taimede vahelisi suhteid, leidsid et taimes sisalduvad glükosinolaadid stimuleerivad kapsa-tuhktäi toitumist. Samas on teada, et taime liikide, erimite, sortide jne. keemiline koostis on alati mõnevõrra erinev. See oli kindlasti üheks põhuseks, miks antud katses valis kapsa-tuhktäi meelsamini keskvalmivat kapsasorti 'Krautman'. Nähtavasti sobis, hilise kapsasordi 'Lennoxiga' võrreldes, selle sordi keemiline koostis kapsa-tuhktäile paremini. Valikus võis osa olla ka kapsalehtede vahasusel. Nii on 'Lennox' lehed märksa paksema vahakihihiga kui 'Krautmanil'.

Kuivõrd kapsakoi meil ei talvitu, sõltub tema arvukus sisserännetest. Tulemustest järeldus, et katseaastal oli toimunud vaid kevadine sisseränne, kuna vastsete ja nukkude arvukus oli kõrgem juulis ja augusti alguses (sisserände järglaskond), suve lõpupoole vähenes see märkimisväärselt. Arvukuse võrdlus näitas, et kapsakoi arvukuses ei olnud keskvalmiva või hilise kapsa võrdluses statistilist olulist erinevust (Tukey HDS test; $p=0,675$). Siiski leidsime neid mingil määral rohkem keskvalmivalt kapsalt.

Katseaastal oli rohulutikaid kapsastel tavatult palju. Nad ilmusid suve teisel poolel ning neid oli arvukamalt keskvalmival kapsal. Analüüsist selgus, et arvukuse erinevuses oli kapsasort oluline faktor (ANOVA; $F_{1,4}=23,13$; $p=0,008$). Keskvalmival kapsal oli rohulutikaid statistiliselt usaldusväärselt rohkem kui hilisel kapsal (Tukey HDS test; $p=0,008$). Kuigi rohulutikad ilmuvad meil tavaliselt põllukultuuridele augusti lõpus ja septembris, olid nad katseaastal kapsastel juba juuli lõpus ja augusti alguses. Üheks põhjuseks võis olla see, et kuiva suve tõttu valmisid katseala lähikonna põldudel sooja ja kuiva suve tõttu teraviljad varakult, ka niideti juuli algul ümbritsev rohustu. Katsepõlluga külgnes hirsipõld, mis samuti valmimise käigus kaotas rohelise lehistu. Seega halvenesid rohulutikate toitumistingimused katsepõllu lähikonnas ning ilmselt just seetõttu oli surve kapsastele suur. Samuti võib arvata, et tavalisest soojem ja kuivem suvi kiirendas ka rohulutikate arengut, mistõttu teise põlvkonna valmikumikud ilmusid varakult kapsapõllule. Siinjuures olgu märgitud, et rohulutikad ei ole kapsaste suurkahjustajad.

Suur- ja väike-kapsaliblikas on liigid, keda iseloomustab maksimumarvukuse tsüklilisus, kus maksimumiaastatel kujunevad välja olulised rüüsted (Jõgar *et al.*, 2012). Nende kahjurite arvukus on meil olnud viimasel aastakümnel madalseisus. Ka meie katses oli kummagi liigi arvukus taaskord madal. Analüüsi tulemused näitasid, et ei väike-kapsaliblika (ANOVA; $F_{1,4}=5$, $p=0,08$) ega suur-kapsaliblika (ANOVA; $F_{1,4}=1,512500$, $p=0,28$) puhul ei olnud kapsasort arvukuse võrdluses statistiliselt oluline faktor.

Kapsaõõlane on meil kohati kujunenud tavakahjuriks. Visa asukana esineb ta alati samal põllul ja aias. Ta on võrdlemisi ebameeldiv kahjur, kuna juba mõni röövik võib kapsa pea söögikõlbmatuks muuta (Metspalu, Hiiesaar, 2000). Katses jäi selle liigi arvukus madalaks ning arvukuse võrdluses ei olnud kapsasort statistiliselt usaldusväärseks faktoriks (ANOVA; $F_{1,4}=0,63$, $p=0,46$). Maaülikoolis varem läbi viidud kapsaõõlase kapsasortide valikukatses (Ploomi *et al.*, 2009) leiti samuti, et see kahjur ei teinud märkimisväärselt vahet keskvalmivate ja hiliste kapsasortide vahel. Kapsaõõlase madala arvukuse üheks põhjuseks võis olla ka see, et katsekultuuride lähikonnas puudus liblikate toiduks (õienektar) vajalik toidubaas.

Kokkuvõte

Kahjurite arvukus oli keskvalmival kapsal kõrgem kui hilisel kapsal. Arvukaim kahjuriliik oli kapsa-tuhktäi, kes eelistas ülekaalukalt keskvalmivat kapsast. Ka isendite arv koloonias oli suurem keskvalmival kapsal. Ka kapsakoi ja rohulutikad eelistasid keskvalmivat kapsast. Ootamatult kõrge oli katseaastal rohulutikate arvukus, kes aga siiski kapsastele olulist kahju ei tekitanud. Teistel kahjuriliikidel valikueelistustes statistilises võrdluses usaldusväärne erinevus küll puudus, kuid kõiki neid oli vähem hilisel kapsal.

Katse tulemustest järeldub, et kuna enamik kahjuriliike eelistas keskvalmivat kapsast, siis võiks neid kasvatada koos hiliste kapsastega. See võimaldaks igal juhul saada väiksema kahjustusega saaki. Keskvalmiv kapsas koondaks kahjureid (lõksu-taim), vähendades hilise kapsa kahjustusi, kulutusi tõrjele ning tõrje mahtu.

Tänuavaldused

Uurimistöö on valminud projekti IUT-36 toel.

Kasutatud kirjandus

- Belete, T. 2018. Defense Mechanisms of Plants to Insect Pests: From Morphological to Biochemical Approach. – *Trends in Technical & Scientific Research*, **2** (2): 30–38.
- Brodeur, J., Hajek, A.E., Heimpel, G.E., Sloggett, J.J., Mackauer, M., Pell, J.K., Völkl, W. 2017. Predators, parasitoids and pathogens. In van Emden, H.F. et R. Harrington (édit.). *Aphids as Crop Pests*, CAB international, 2nd ed., chapter 11: 225–261.
- Cartea, M.E., Soengas, P., Sotelo, T., Abilleira, R., Velasco, P. 2014. Determining the host-plant resistance mechanisms for *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae) pest in cabbage. – *Annals of Applied Biology*, **164** (2): 270–285.
- Eigenbrode, S.D., Pillai, S.K. 1998. Neonate *Plutella xylostella* responses to surface wax components of a resistant cabbage (*Brassica oleracea*). – *Journal of Chemical Ecology*, **24** (10): 1611–1627.
- Fenwick, G.R., Heaney, R.K., Mullin W.J. 1983. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. – *Food Chemistry*, **11**: 249–271.
- <https://www.etki.ee/images/pdf/IIm2017/2018Vegetatsiooniperiood.pdf>
- Jõgar, K., Metspalu, L., Hiiesaar, K., Kivimägi, I., Ploomi, A., Tasa, T., Luik, A. 2012. Suur-kapsaliblika (*Pieris brassicae* L.) arvukus toidutaimedel. *Agronoomia* **2012**, Tartu: 125–129.

- Keppart, L. 2018. aasta vegetatsiooniperioodi lühike iseloomustus Jõgeval. *Eesti Taimekasvatuse Instituut*.
- Luik, A. 2018. *Elurikkuse suurendamine ja loodushoidlik taimekaitse*, EMÜ Mahekeskus, 29 lk.
- Luik, A., Veromann, E., Merivee, E. 2007. *Loodushoidlik taimekaitse*. Eesti Loodusfoto. Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, 30 lk.
- Meensalu, L., Niiberg, T., Pallum, V. 2001. Kapsas aias ja köögis. Maalehe Raamat, Tallinn, 216 lk.
- Metspalu, L. 2017. *Taimedega kahjurite vastu*. Hea Lugu, Tallinn, 192 lk.
- Metspalu, L., Hiiesaar, K. 2000. Kapsaöölase röövretked. *Aiapidaja aastaraamat*, 48–50.
- Ploomi, A. Jõgar, K., Metspalu, L., Hiiesaar, K., Švilponis, E., Kivimägi, I., A., Menshykova, N., Luik, A., Sibul, I., Kuusik, A. 2009. Effect of cultivar on oviposition preference of the cabbage moth, *Mamestra brassicae* L. (*Lepidoptera: Noctuidae*). – *Agronomy Research*, 7 (1): 451–456.
- Smith, R.G. 1999. Wax glands, wax production and the functional significance of wax use in three aphid species (Homoptera: Aphididae). – *Journal of Natural History*, 33: 513–530.
- Souto, K.C.F.L., Sampaio, M.V., Petroso, H.L., Lomônaco, C. 2012. Biotic and abiotic factors affecting *Brevicoryne brassicae* (L.) (*Hemiptera: Aphididae*) and the associated hyperparasitoid *Alloxysta fuscicornis* Hartig (*Hymenoptera: Figitidae*) morphologies. – *Neotropical Entomology*, 41 (2): 272–277.

Õietolmu botaaniline päritolu ühe taimekasvatuseperioodi jooksul Eesti mesilates ja põllukultuuride osakaal nendes

Kaarel Pent, Risto Raimets, Sigmar Naudi, Margret Jürison, Reet Karise

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekaitse õppetool

Abstract. Pent, K., Raimets, R., Naudi, S., Jürison, M., Karise, R. 2022 Botanical origin and share of agricultural crops in honey during one growing season in Estonian beehives - Agronomy 2022

Natural pollinators, managed bees and other organism have to adapt to new food sources and living conditions. This study will give an overview of the pollen sources that occurred in the honey across Estonian honeybee colonies in the summer of 2021. Agricultural crops were present in the pollen of all three months of sample collection. Average percentage of agricultural crops were highest in June and July, when rapeseed *Brassica napus* was the dominant culture, present in more than 20 samples with the 53% average of all the pollen detected in these samples. Also buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), clovers (*Trifolium* L.) and horticultural crops were present in the sampled honey.

Keywords: pollinators, pollen, land use, floral resources, honeybee

Sissejuhatus

Põllumajandussektoris toimuvat tegevust reguleerivad mitmed määrad, eeskirjad ja piirangud (Divanbeigi, 2016.) Nende peamisteks eesmärkideks on saavutada tõhus, jätkusuutlik ja keskkonda hoidev tootmine, millega kindlustada riigi julgeolek ja areng. Taime- ja loomakasvatust mõjutavate tegevuste hulgas, on tulenevalt nende tootmissuunast (mahe- või tavatootmine), vähemal või rohkemal määral oluline arvestada põllukultuuride valikuga. Põllukultuuride teadlik valik ja agrotehnoloogiliselt oskuslik kasvatamine, tõstab saaki, saagi kvaliteeti, mullaviljakust ja omab mitmeid taimetervise seisukohast kasulikke omadusi. Praeguses põllumajanduspoliitikas on järjest enam tähelepanu pööratud mitmekesisele põllumajandusele (Naudi *et al.*, 2017). Põllumajandusmaal võrdlemisi intensiivse kasutamise juures on viimase 100 aasta jooksul looduslik mitmekesisus vähenenud ja läbi selle on mõjutatud ka teiste organismide elutegevus (Schweiger *et al.* 2010) Looduslikest taimedest toituvad tolmeldajad on intensiivtootmisega aladel oma toidueelistusi muutma pidanud ja kohastuma vastavalt sellele, missugust mitmekesisust erinevate põllukultuuride näol pakuvad põllumajandusettevõtted (Wood *et al.* 2020). Palju on heidetud ette, et intensiivne põllumajandus on suurendanud ühekülgse põllumajandusmaa osakaalu. Selle tulemusena on vähenenud toidulaua mitmekesisus nii looduslikel kui ka inimeste poolt majandatavatel tolmeldajatel (Smart *et al.* 2017). Mesinikud, kes otsivad oma mesilagruppide asukohti on oma toodangu tõstmisel paljuski toetunud headele suhetele põllumeestega, kellega koostööd tehes selgitatakse välja ja paigutatakse mesilagrupid kõige optimaalsemasse piirkonda. Mesinikele on oluline, et põllukultuuridelt saadava nektari ja loodusliku taimestiku osakaal tagaks terve korjeperioodi vältel stabiilse ja mitmekesise toiduallikate voo. Aegajalt esinevat piirkondlikku korjepuudust näitab ka see, et mesilased lendavad suvirapsi põldudele ka üle 4 km

kaugusele (Raimets *et al.* 2020). Põllumehed peavad teadvustama sealjuures kas, millega ja millal mesilagruppide vahetusläheduses taimekaitseteid teha (Karise *et al.* 2016; Raimets *et al.* 2018; Viik *et al.* 2012).

Töö eesmärgiks oli välja selgitada, üle Eesti, millised toidueelistused on meemesilastel. Milliseid põllukultuure külastavad meemesilased taimekasvatuseperioodi vältel ja kui suur osa on looduslikkudel taimedel.

Metoodika

Töö põhineb 2021. Aasta suvel kogutud otse mesitarudest kogutud meeproovidel, millest leitud õietolmu põhjal määrati tolmuallika liik ja selle osatähtsus korjes. Meeproovid, millest õietolmu päritolu tuvastati, pärinevad 67 erinevast mesilagrupid üle Eesti. Proove koguti aasta 2021 suvel kolmel korral. Proovivõtmised toimusid iga kuu keskpaigas: juunis, juulis ja augustis. Mesilagrupid valiti nii, et neid oleks igas mullastikuvaldkonnas vähemalt kolm (Tabel 1). Mullastik on aluseks erinevate looduslike taimekoosluste kujunemiseks, mis on tolmeldajate toiduallikaks. Samuti lähtuvad põllumajandusettevõtted oma kultuuride valikul piirkonna mullastikust. Ja selle tõttu on oluline erinevate piirkondade katmine proovivõtmiss punktidega. Mullastiku valdkondade valmise aluseks on Alfred Lillema jaotus.

Tabel 1. Mesilagruppide jagunemine arvuliselt mullastikuvaldkondade vahel.

Mullastikuvaldkond	Mesilagruppide arv
Tüüpiliste kamar-karbonaatmuldade valdkond	17
Leostunud ja leetunud kamar-karbonaatmuldade valdkond	11
Kamar-leetmuldade valdkond	10
Kamar-glei ja lammimuldade valdkond	4
Vahe-Eesti leet- ja soomuldade valdkond	7
Peipsi-äärne leet-, soostunud leet- ja soomuldade valdkond	6
Põhjaranniku kiviste leetmuldade valdkond	8
Erodeeritud muldade valdkond	4

Igast mesilagrupid valiti juhuvaliku alusel välja kolm mesilasperet, mille areng võimaldas koguda värskest kaanetatud kärjetükki ja vältida näiteks talvesööda jäänukeid proovis. Kolme taru kohta koguti 300-500 grammine koondproov. Kogutud koondproovidest eraldati mesi surudes see mehhaaniliselt kärjekannudest välja. Meeproovid saadeti Saksamaal asuvasse laborisse (QSI – Quality Services International, Bremen, Saksamaa), kus meest määrati mikroskoopi kasutades õietolmu botaaniline päritolu. Uurimustöös käsitletakse vaid taimi, mille esinemisprotsent ületas proovis 1%.

Tulemused ja arutelu

Kogutud proovidest tuvastati 78 erineva taimeliigi ja perekonna õietolm. Nendest osutus määravalt tähtsaks 38. Tulenevalt ilmastikust, osutus korjeperiood ootamatult lühikeseks, mille tõttu augustis kogutud proove täies mahus koguda polnud võimalik. Tulenevalt sellest on augustis kogutud proove kõige vähem. Vastavalt 12/60st. Juuni ja juuli kuu proovid koguti täies mahus ja korreleerusid Puusepa ja Koffi uurimusest (2014) selgunud tulemustega. Võrreldes Eesti keskmise botaanilise õietolmu päritoluga mees (13 liiki proovi kohta) (Puusepp and Koff 2014), oli 2021. aastal liike proovides 7 võrra rohkem. Selle põhjuseks võib olla taimekasvaks ja korjeks soodne ilmastik.

Juunis kogutud meeproovidest leiti 17 eri sugukonna või täpsustatud taimeliigi õietolmu (joonis 1). Ootuspäraselt esines proovides valdavalt ristõielisi taimi. Identifitseeritud õietolmudest proovides moodustas raps keskmiselt 62,2 %. Rapsi kõrval järgmine enim esindatud rühm oli muud ristõieliste sugukonna esindajad. Rohkelt esines ka looduslike taimede nagu paju, mille õietolmu leiti keskmiselt 24,6% protsendi ulatuses ja esines ka hobukastanilt pärinevat õietolmu. Aiakultuuridest esines luuviljalisi kultuure, seda 12,8% ulatuses. Põllukultuuride õietolmusid rohkem juunis kogutud proovidest ei avastatud. Vähemal määral külastasid meemesilased osaliselt põllukultuuridena kasvatatavatest taimedest ristikuid. Esines nii valge kui ka punase ristiku õietolmu. Kuid kuna nende laialdasem õitsemise aeg on hilisem, siis selle maht ei ületanud piirmäära.

Õietolmu botaaniline päritolu ühe taimekasvatuseperioodi jooksul Eesti mesilates ja põllukultuuride osakaal nendes

Kaarel Pent, Risto Raimets, Sigmar Naudi, Margret Jürison, Reet Karise

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Pent, K., Raimets, R., Naudi, S., Jürison, M., Karise, R. 2022. Botanical origin and share of agricultural crops in honey during one growing season in Estonian beehives - Agronomy 2022.

Natural pollinators, managed bees and other organism have to adapt to new food sources and living conditions. This study will give an overview of the pollen sources that occurred in the honey across Estonian honeybee colonies in the summer of 2021. Agricultural crops were present in the pollen of all three months of sample collection. Average percentage of agricultural crops were highest in June and July, when rapeseed *Brassica napus* was the dominant culture, present in more than 20 samples with the 53% average of all the pollen detected in these samples. Also buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), clovers (*Trifolium* L.) and horticultural crops were present in the sampled honey.

Joonis 1. Eesti mee proovidest leitud õietolmud, kogutud juunis. Tulpadena on esitatud õietolmude keskmine esinemise protsent. Arv tulba kohal näitab, mitmes proovis ületas õietolmu hulk 1% piirmäära.

Juulis kogutud proovidest leitud õietolmu mitmekesisus oli juuniga võrreldes suurem (joonis 2). 1% piiri kogu õietolmu mahust ületas 27 taimeliiki (vm takson, milleni õietolmu määrati). Ühes proovis leidis lõosilma õietolmu lausa 75% ulatuses. Teiste proovide hulgas, leidis sarnaselt juuniga enim rapsi ja teiste ristõieliste kultuuride õietolmu. Palju esines ka õietolmu mida ei suudetud laboris identifitseerida. Arvatavasti olid need taimed sellised, mida mesilased nektarikorjeks harva kasutavad. Aiakultuuridest tuleb esile aedmaasikas, mille õietolmu leidis proovides keskmiselt 15% ulatuses. Lisaks viinamarja ja lauguliste õietolmu. Luuviljaliste kultuuride hulgas, esines 7 proovis õietolmu, mis keskmiselt moodustasid 10,4% nende proovide õietolmu mahust. Erinevate ristiheinade esinemisesagedus oli 14,8%. Mesilastele heaks korjetaimeks loetud keerispea õietolmu leiti vaid ühes proovis, kus selle hulk oli 4%. See tulemus ei tähenda siiski, et keerispead ei tasu meetaimena kasvatada, vaid et arvatavasti ei olnud kuumad ja kuivad ilmastikutingimused keerispeale nektari tootmiseks sobilikud.

majandatavatel tolmeldajatel (Smart *et al.* 2017). Mesinikud, kes otsivad oma mesilagruppide asukohti on oma toodangu tõstmisel paljuski toetunud headele suhetele põllumeestega, kellega koostööd tehes selgitatakse välja ja paigutatakse mesilagrupid kõige optimaalsemasse piirkonda. Mesinikele on oluline, et põllukultuuridelt saadava nektari ja loodusliku taimestiku osakaal tagaks terve korjeperioodi vältel stabiilse ja mitmekesise toiduallikate voo. Aegajalt esinevat piirkondlikku korjepuudust näitab ka see, et mesilased lendavad suvirapsi põldudele ka üle 4 km kaugusele (Raimets *et al.* 2020). Põllumehed peavad teadvustama sealjuures kas, millega ja millal mesilagruppide vahetusläheduses taimekaitsetöid teha (Karise *et al.* 2016; Raimets *et al.* 2018; Viik *et al.* 2012).

Töö eesmärgiks oli välja selgitada, üle Eesti, millised toidueelistused on meemesilastel. Milliseid põllukultuure külastavad meemesilased

Joonis 2. Eesti mee proovidest leitud õietolmud, kogutud juulis. Tulpadena on esitatud õietolmude keskmine esinemise protsent. Arv tulba kohal näitab, mitmes proovis ületas õietolmu hulk 1% piirmäära.

Kõige väiksema variatsiooniga oli augustis kogutud meeproovide botaaniline päritolu (joonis 3). Tuvastati vaid 15 erinevat taimeliiki ja perekonda. Kõige suurema grupi moodustasid ristikud, mille õietolmu leiti 8 proovis, kus nende sisaldus oli igaühes umbes 35% ringis. Samuti on olulisel kohal augustile omane kanarbiku esinemine. Mesilaste jaoks oli põllumajanduses kasvatatavatest kultuuridest suur roll tatral, mis esines augustis kogutud proovidest kolmes ja moodustas keskmiselt 17% õietolmust ühes proovis. Tatart esines veel kahes kogutud proovis, kuid seda vähemal määral.

Tabel 1. Mesilagruppide jagunemine arvuliselt mullastikuvaldkondade vahel.

Mullastikuvaldkond	Mesilagruppide arv
Tüüpiliste kamar-karbonaatmuldade valdkond	17
Leostunud ja leetunud kamar-karbonaatmuldade valdkond	11
Kamar-leetmuldade valdkond	10
Kamar-glei ja lammimuldade valdkond	4
Vahe-Eesti leet- ja soomuldade valdkond	7
Peipsi-äärne leet-, soostunud leet- ja soomuldade valdkond	6
Põhjaranniku kiviste leetmuldade valdkond	8
Erodeeritud muldade valdkond	4

Joonis 3. Eesti mee proovidest leitud õietolmu, kogutud augustis. Tulpadena on esitatatud õietolmude keskmine esinemise protsent. Arv tulba kohal näitab, mitmes proovis ületas õietolmu hulk 1% piirmäära.

Kokkuvõte

Meemesilased on teada kui mitmetoidulised putukad, kellel ühte või mõnda olulist toidutaimet polegi. Seetõttu varieeruvad meemesilaste eelistatuid toidutaimed riigiti ja piirkonniti väga (Pamminer *et al.* 2019). Kuna ühes tarus on väga palju erinevaid korjetõelisi, siis käivad nad korjel ka paljudel erinevatel taimedel. Hoolimata meemesilastele omasest korjele värbamisest, on igas tarus palju värbajaid ning seetõttu jõuab kärke ka hea korjetaimet olemasolul ikkagi mitmekülgse päritoluga mesi. Polüfloorset mett peetakse sageli maitksamaks kui monofloorset (Kortesniemi *et al.* 2018). Rapsi laialdane levik põllumajandusettevõtete külvikorrast tuleb esile ka õietolmus üle Eesti. Põllu- ja aiakultuuridest esines ootuspäraselt enim Rapsi õietolmu. Juunis ja juulis kogutud proovidest esines 48 proovis, rapsi mett. Monofloorset meeks loetakse mett, milles on 45% või enam ühe kultuuri õietolmu (Devillers *et al.* 2004). Tatart, mida loetakse heaks meetaimeks ja millele meie ka kinnituse leidsime, esineb samuti proovides üle eesti. Ühes proovis oli tatra õietolmu, valdavaks. Seda leidis seal 36% ulatuses. Leidub ka erinevad ristikud, mida esineb nii looduses, kui ka on põllukultuuridena laialdaselt kasvatatav. Ristikute laialdane esinemine proovides, viitab ühest küljest mesilaste toidueelistustele ja taimede nektaritootlikkusele, kuid teisest küljest, mahe- ja keskkonnasõbraliku põllumajanduse meetmete tõhususele. Kus meetmetega on reguleeritud külvikorra jälgimine ja rohealade säilitamine ja loomine. Kuna puudub ülevaade mesilaste ümbritsevate põldude külvikorrast ja tootmisviisist, siis kindlalt väita ei saa, et kõik ristiku õietolmu on pärit ühest või teisest tootmisviisist. Samuti ei saa öelda, kui palju ristiku õietolmu on pärit looduses.

Tänuõnad

Suur tänu kõigile mesinikele, kes uurimistöös kasutatud proovide kogumiseks loa andsid. Projekti rahastavad Eesti Maaeluministeerium lepingutest L210016PKTE ja L210017PKTE “Mee Eesti (geograafilise) päritolu tõendamiseks täiendava viisi loomine” ja EMÜ baasfinantseerimise projekt P200192PKTE.

Kasutatud kirjandus

- Devillers, J., M. Morlot, M.H. Pham-Delègue, and J.C. Doré. 2004. “Classification of Monofloral Honeys Based on Their Quality Control Data.” *Food Chemistry* 86 (2): 305–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.029>.
- Divanbeigi, R. n.d. “Regulation and the Transformation of Agriculture,” 22.
- Karise, Reet, Riin Muljar, Guy Smaghe, Tanel Kaart, Aare Kuusik, Gerit Dreyersdorff, Ingrid H. Williams, and Marika Mänd. 2016. “Sublethal Effects of Kaolin and the Biopesticides Prestop-Mix and BotaniGard on Metabolic Rate, Water Loss and Longevity in Bumble Bees (*Bombus Terrestris*).” *Journal of Pest Science*, 89 (1): 171–78. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0649-z>.
- Kortesniemi, Maaria, Sirli Rosenväld, Oskar Laaksonen, Anita Vanag, Tarja Ollikka, Kristel Vene, and Baoru Yang. 2018. “Sensory and Chemical Profiles of Finnish Honeys of Different Botanical Origins and Consumer Preferences.” *Food Chemistry*, 246 (April): 351–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.069>.
- Pamminger, Tobias, Roland Becker, Sophie Himmelreich, Christof W. Schneider, and Matthias Bergtold. 2019. “Pollen Report: Quantitative Review of Pollen Crude Protein Concentrations Offered by Bee Pollinated Flowers in Agricultural and Non-Agricultural Landscapes.” *PeerJ* 7 (August): e7394. <https://doi.org/10.7717/peerj.7394>.
- Puusepp, Liisa, and Tiit Koff. 2014. “Pollen Analysis of Honey from the Baltic Region, Estonia.” *Grana*, 53 (1): 54–61. <https://doi.org/10.1080/00173134.2013.850532>.
- Raimets, Risto, Anna Bontšutšnaja, Vadims Bartkevics, Iveta Pugajeva, Tanel Kaart, Liisa Puusepp, Priit Pihlik, et al. 2020. “Pesticide Residues in Beehive Matrices Are Dependent on Collection Time and Matrix Type but Independent of Proportion of Foraged Oilseed Rape and Agricultural Land in Foraging Territory.” *Chemosphere*, 238 (January): 124555. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124555>.
- Raimets, Risto, Reet Karise, Marika Mänd, Tanel Kaart, Sally Ponting, Jimao Song, and James E Cresswell. 2018. “Synergistic Interactions between a Variety of Insecticides and an Ergosterol Biosynthesis Inhibitor Fungicide in Dietary Exposures of Bumble Bees (*BOMBUS TERRESTRIS* L.).” *Pest Management Science*, 74 (3): 541–46. <https://doi.org/10.1002/ps.4756>.
- Schweiger, Oliver, Jacobus C. Biesmeijer, Riccardo Bommarco, Thomas Hickler, Philip E. Hulme, Stefan Klotz, Ingolf Kühn, et al. 2010. “Multiple Stressors on Biotic Interactions: How Climate Change and Alien Species Interact to Affect Pollination.” *Biological Reviews*, February, no-no. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00125.x>.
- Smart, M. D., R. S. Cornman, D. D. Iwanowicz, M. McDermott-Kubeczko, J. S. Pettis, M. S. Spivak, and C.R.V. Otto. 2017. “A Comparison of Honey Bee-Collected Pollen From Working Agricultural Lands Using Light Microscopy and ITS Metabarcoding.” *Environmental Entomology*, January, nvw159. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw159>.

- Viik, Eneli, Marika Mänd, Reet Karise, Peeter Lääniste, Ingrid H Williams, and Anne Luik. 2012. "The Impact of Foliar Fertilization on the Number of Bees (Apoidea) on Spring Oilseed Rape", **99** (1): 6.
- Wood, T. J., D. Michez, R. J. Paxton, M. Drossart, P. Neumann, M. Gérard, M. Vanderplanck, et al. 2020. "Managed Honey Bees as a Radar for Wild Bee Decline?" *Apidologie*, **51** (6): 1100–1116. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00788-9>.

Uus umbrohi Eestis – kahar luste (*Bromus sterilis*) – ja selle herbitsiiditolerantsus

Silvia Pihu

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Pihu, S. 2022. A new weed at the Estonian fields – *Bromus sterilis* – and its tolerance to herbicides. – Agronomy 2022.

There is a new weed occurring at the Estonian crop fields – *Bromus sterilis*. The dose-response experiments revealed that it is tolerant to Tombo WG and possibly some other herbicides. The tolerance is non-target-site, as no mutations were found in the ALS-gene. Slight over-expression of ALS-gene was detected, but also overexpression of the cytochrome P450s should be investigated.

Keywords: ALS-inhibitors, non-target-site, dose-response experiment, ALS overexpression

Sissejuhatus

Eestis, eelkõige Lääne-Virumaal on hakanud levima uus umbrohuliik kahar luste (*Bromus sterilis*). Kahar luste kuulub luste perekonda kõrreliste sugukonnas, kuid on süstemaatiliselt varem kuulunud ka eraldi perekonda müürluste (*Anisantha*) koos (hariliku) müürlustega. Liik on pärit Lähis-Idast ja Lõuna-Euroopast, kuid praeguseks levinud paljudesse piirkondadesse üle maailma. Kahar luste oli varem Eestis harvaesinev tulnukliik, mis levis peamiselt seoses raudteega, meile on ta tulnud lõuna poolt. Ka selle levikukaart Eesti taimetatlases (Kukk *et al.*, 2020) näitab vaid väheseid raudteega seotud leiukohti, kuid just viimasel paaril aastal on liik ilmunud ja seejuures küllalt ohtralt teraviljapõldudele Lääne-Virumaal (eElurikkus, 2021; Tiiu Annuki ja Jaan Puhasmetsa suulised andmed). Tõenäoliselt levikuteeks võib olla levik viljaseemnega. Kahar luste sarnaneb müürlustega, kuid on pikemate ohetega, herbaareksemplar EMÜ herbaariumist on näidatud joonisel 1. Ta kasvab sageli teraviljapõldudel kogumikena ja on märgatud, et ta ei allu väga hästi umbrohutõrjele. Teated selle liigi uutest leidudest põldudel, eriti väljaspool Lääne-Virumaad, on artikli autori poolt väga oodatud.

Herbitsiidide valik on mitmekesine ja neid võib klassifitseerida mitmeti. Käesolevas töös on vaatluse all peamiselt atsetolaktaadi süntaasi (ALS) inhibiitorid, mis on üks enamlevinud herbitsiidide rühmi, HRAC nomenklatuuri järgi 2. rühm (*Classification of Herbicides According to Site of Action*, 2013). Need, nagu nimetus viitab, takistavad atsetolaktaadi sünteesi, mis on omakorda vajalik aminohapete ja seega valkude sünteesil. Lisaks on populaarsemad veel glüfosaadid, mis inhibeerivad enoolpüruvüüli šikimaadi fosfaadi süntaasi, atsetüülsüsteiini koensüümi A karboksülaasi (ACC) inhibiitorid ja sünteetilised auksiinid (taimede kasvuhormoonide imitaatorid; Heap, 2021).

Umbrohtude resistentsus on muutumas maailmas üha levinumaks ja seega suuremaks probleemiks (Heap, 2021). Kõige enam leidubki resistentsust ALS inhibiitorite suhtes. Kahara luste ja ka lähedase liigi müürluste puhul on herbitsiidiresistentsust täheldatud mitmel pool maailmas ja eriti Euroopas. Kahara luste märklaudvalgu-

põhine resistentsus on tuvastatud näiteks Suurbritannias nii ALS inhibiitoritele kui ka glüfosaadile (Davies *et al.*, 2019, 2020). Saksamaal on resistentsust täheldatud mitme erineva herbitsiidi suhtes (Dicke *et al.*, 2014; Meinschmidt *et al.*, 2018). Mehhanismi seal ei selgitatud. Tšehhis on kindlaks tehtud, et selle liigi resistentsus seal ei ole märklauvalgu-põhine, vaid seotud ALS geeni üle-ekspressiooni ja metabolismiga (Sen *et al.*, 2020).

Resistentsusest saab siiski rääkida vaid juhul, kui on olemas võrdlus tundliku biotüübi või populatsiooniga. Resistentsusjuhtumi kinnitamiseks peab olema teostatud põlluvaatlusi ja annuse-mõju teaduslik katse, kus uurimise all on võrdlevalt nii resistentne kui ka tundlik biotüüp, resistentsus peab olema pärilik ja isetekkeline (Burgos *et al.*, 2013). Soovitav on ka resistent-suse mehhanismi selgitamine peamiselt molekulaarsete meetodite abil. Seetõttu räägitakse käesolevas artiklis tolerant-susest, mis on laiem mõiste, sobides ka juhtudele, kui mingi osa ettenähtud protseduurist puudub, antud juhul selgelt tundlik võrdlusmaterjal.

Käesoleva töö eesmärgiks oli Eestis uue põllu-umbrohuna kasvava kahara luste herbitsiiditolerantsuse ja selle võimaliku mehhanismi väljaselgitamine.

Materjal ja meetodika

Kahara luste seemned korjati 2020.a Lääne-Viru maakonnast, Tapa vallast, Lokuta külast. Seemned idandati ja kasvatati taimed annuse-mõju katseteks. Võrdluseks kasutati katsetes seemnevahetuse teel järgmistest Euroopa botaanikaadadest saadud seemneid: Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin, Botanischer Garten der Universität Leipzig, Botanischer Garten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Botanischer Garten der Technischen Universität Braunschweig, Jardin Botanique de la Ville et de L'Université de Caen, Botanická Zahrada a Arboretum Mendelova Univerzita v Brně, Zoologická a botanická zahrada města Plzně, Soroksári Botanikus Kert Budapest. Katsete vältel kasvatati taimi kasvukambris ja töödeldi herbitsiididega 2–4 lehe staadiumis. 21 päeva pärast herbitsiidiga töötlemist hinnati



Takson: Bromus sterilis L.
Vaadelnud: Toomas Kukk
Kuupäev: 2014-07-30
Allikas: Eesti Maaülikool

Vaata kirjeid

Kui see pilt on valesti määratud, siis palun tõstatage probleem siin

Joonis 1. Kahara luste herbaarleht Eesti Maaülikooli herbaariumist (eElurikkus, 2021)

umbrohutaimede ellujäämuse protsent ja mõõdeti elus maapealne kuivmass grammides täpsusega ± 0.005 g. Hävinud taimede biomass loeti nulliks.

Katsetes kasutati järgmisi kommertsiaalseid herbitsiide: Tombo WG, mille toimeaineteks on ALS inhibiitorid püroksulaam, florasulaam ja sünteetiline auksiin aminopüraliid ning Attribut, mille toimeaineks on ALS-inhibiitor naatrium-propoksükarbasoon; väiksemas katsemahus: Avoxa, toimeaineteks ALS inhibiitor püroksulaam ja ACC inhibiitor pinoksadeen; Agil 100EC, mille toimeaineks on ACC inhibiitor propakvisafop; Flight Forte, mille toimeaineteks on mikrotoubulite tekke inhibiitor pendimetaaliin ja fütoeni desaturaasi inhibiitor pikolinofoon; Komplet, mille toimeaineteks on pikaahalaliste rasvhapete sünteesi inhibiitor flufenatseet ja fütoeni desaturaasi inhibiitor diflufenikaan; Legacy 500SC, toimeaineks eelnimetatud diflufenikaan; Matena Duo, mille toimeaineks samuti diflufenikaan, aga ka lükopeeni tsüklaasi inhibiitor aklonifeen; uus turule tulev herbitsiid Rexade Arylex active, mille toimeaineteks on uus taimekasvu mõjutav toimeaine arülpikolinaat ja ALS-inhibiitor püroksulaam.

Eesti ja välismaistest seemnetest kasvatatud töötlemata taimedest koguti ka leheproove ja neist eraldati DNA kasutades Qiageni komplekti DNeasy® Plant Mini Kit vastavalt tootja protokollile. DNA amplifitseeriti kasutades praimereid, mis on ära toodud tabelis 1 ning Thermo Fisher Scientific polümeraasi Dreamtaq. Käesolevas töös konstrueeriti praimerid kasutades NCBI Nucleotide geenipanga müürluste ja kahara luste ALS geeni järjestusi ning programmi Primer 3 (Untergasser *et al.*, 2012). Amplifitseerimise temperatuurirežiim oli järgmine: algne denaturatsioon 95 °C 5 min; 35 tsüklit järgmiselt: denaturatsioon 95 °C 30 s, praimeri seondumine 60 °C 30 s, ahela pikenemine 72 °C 90 s; lõplik ahela pikenemine 72 °C 10 min.

Proovide sekveneerimine (Sangeri meetodil) telliti teenustööna Tartu Ülikooli genoomika tuumiklaborilt.

Tabel 1. Kahara luste DNA amplifitseerimisel kasutatud praimerid

Praimeri nimi	Järjestus	Allikas
BAF	CTC GCC AGC CTC AAC TCC	(Sen <i>et al.</i> , 2021)
BAR	TCT GCT GTT GGA TGT CCT TG	(Sen <i>et al.</i> , 2021)
BSIF	CAT CAC CAA CCA CCT CTT CC	Käesolev töö
BSIR	TCG TTC AAC CCC TGT AAA GC	Käesolev töö
BIIF	AGC AGC CAC ATG TCT CCA TTT	Käesolev töö
BIIR	TTG GAA AAC GCA TGG TTC ACA	Käesolev töö

ALS valgu ületootmise uurimiseks koguti taimedelt leheproove 24 tundi pärast herbitsiidiga töötlemist nii töödeldud kui ka kontroll-taimedelt (Tombo ja Attributi katsetest, Eesti ja Saksa taimedelt). Proovidest eraldati RNA Qiazoli® abil ning puhastati see jääkidest DNAasi töötlusel ning Zymo komplektiga RNA Clean & Concentrator Kit, kõik vastavalt tootja protokollile. Seejärel teostati korraga pöördtranskriptsioon ja kvantitatiivne reaalaia PCR Solis Biodyne komplekti SOLIScript® 1-step SolisGreen® Kit abil RTPCR masinal BioRad CX384. Lisaks ALS-geenile vaadeldi samadel proovidel ka kolme võrdlusgeeni (nn majapidamisgeenid) avaldu-

mist: ubikinoon, ACC ja ribosoomi 18S alamühik. Seejuures kasutati Tšehhi autorite poolt konstrueeritud primereid (Sen *et al.*, 2020).

Andmete sisestamisel ja esmasel töötlemisel kasutati programmipaketti MS Excel ja edasises andmeanalüüsis programmipaketti R (R Core Team, 2020), sh kvantitatiivse PCR analüüsiks pakette ctrlGene (Shanliang Zhong, 2019) ja MCMC.qpcr (Matz, 2020).

Tulemused ja arutelu

Tulemused annuse-mõju katsetes ellujäämuse kohta näitavad, et Eesti põldudel kasvav kahar luste on kindlasti tolerantne Tombo WG suhtes (tabel 2), sest ligi pooled taimed on võimelised ellu jääma isegi kulunormist oluliselt suuremate annuste puhul. Teise ALS-toimeainega Attribut toimib paremini, kuid ka mitte 100%. Ainuke, mis toimis 100%, oli ACC inhibiitoriga Agil 100 EC, kuid see pole teraviljas kasutatav. Päris heaks võib hinnata ka Avoxa toimimist, kus on sees nii ALS kui ka ACC inhibiitor. Uus herbitsiid Rexade toimis 50% ulatuses, kuid katset oleks vaja veel korrata. Teiste (sügiseste) herbitsiidide puhul olid esialgsed katsemahud liiga väikesed, et kindlaid järeldusi teha. Katsed (osaliselt) jätkuvad.

Muude Euroopa riikide päritolu kahara luste ellujäämuse andmeid ei ole siinkohal ära toodud, nende puhul katsetati seemnete piiratud hulga tõttu vaid Tombo WG toimimist ja tulemused olid suhteliselt sarnased Eesti taimede omadega (väikeste erinevustega).

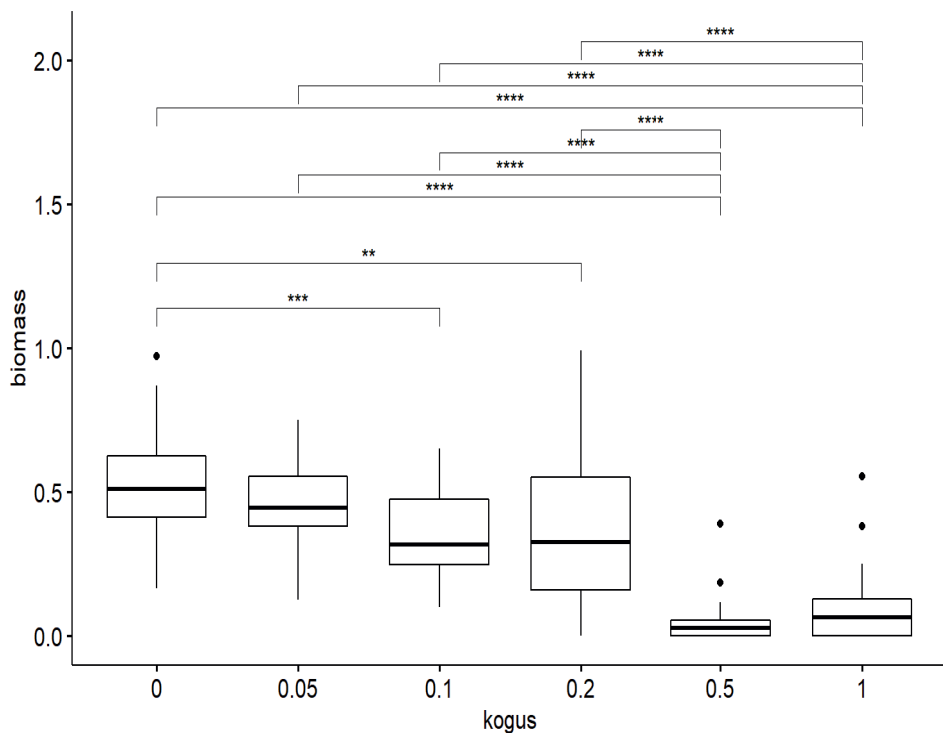
Tabel 2. Kahara luste Eesti populatsiooni taimede ellujäämise protsent erinevate herbitsiididega töötlemisel, sulgudes on näidatud vastava herbitsiidi-doosi kombinatsiooniga taimeisendite arv katses

Herbitsiid	Annus kulunormi suhtes				
	pool	minimaalne	keskmine	maksimaalne	5–10x üledoos
Tombo WG	100%(37)	92%(36)		82%(33)	49%(65)
Attribut		59%(22)		26%(23)	
Agil 100 EC		0%(8)		0%(8)	
Avoxa		75%(8)		13%(8)	
Flight Forte		50%(2)		50%(2)	
Komplet		67%(3)		100%(2)	
Legacy 500 SC		50%(2)	100%(5)	0%(4)	
Matena Duo			67%(3)		
Rexade			50%(17)		
Arylex					

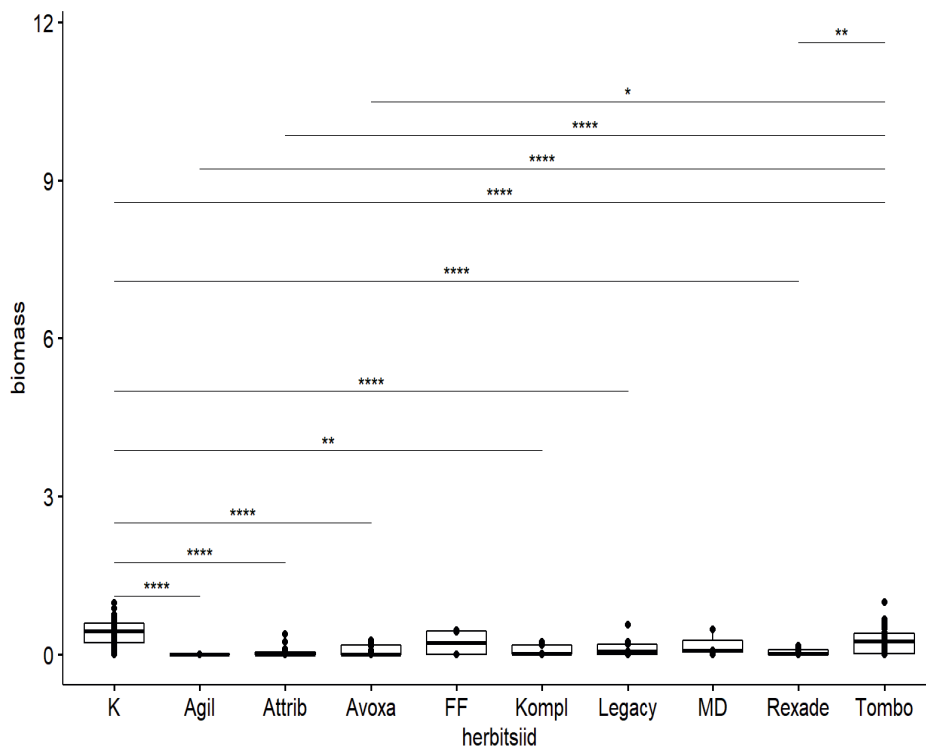
Kui eelnevast jäi mulje, et peaaegu ükski herbitsiid ei toimi, siis tegelikult tuleb arvestada, et ellujäänuks loeti ka tugevalt kahjustada saanud taimed, mis siiski veel elus olid, kuid tõenäoliselt enam kultuurtaimede konkurents ei paku ega ole või-

melised õitsema-viljuma. Seega tuleks vaadata ka taimede kohasust, mida hinnati taimede kuiva biomassi alusel.

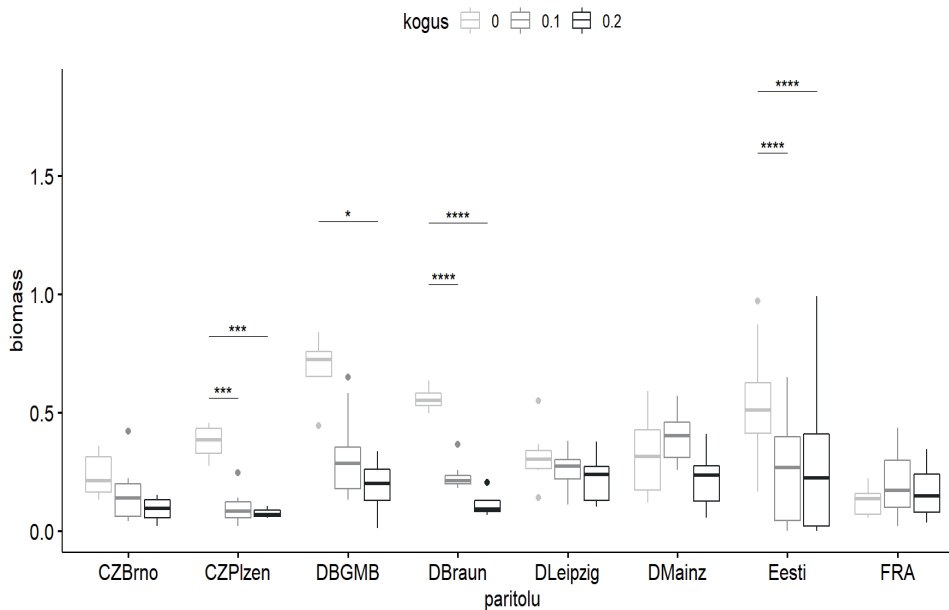
Eesti taimede katses Tombo WG-ga on näha, et kohasus (biomass) siiski alaneb annuse kasvades (joonis 2), kusjuures kõikide dooside puhul peale aladoosi on erinevus kontrollist ka statistiliselt oluline. Üleannustamise puhul olid valdavalt siiski alles ainult tugevasti kahjustatud taimed ja biomass on tegelikult nullilähedane. Eesti taimede erinevate herbitsiididega katse tulemustesse tuleb suhtuda teatud reservatsiooniga, kuna isendite arvud olid mõnel puhul väga väikesed (tabel 2), kuid mõningase üldpildi see annab (joonis 3). Statistiliselt olulised ei ole ainult Flight Forte ja Matena Duo mõjud.



Joonis 2. Eesti päritolu taimede biomassi (grammides) karpdiagramm sõltuvalt herbitsiidi Tombo WG kogusest (kg ha^{-1}) annuse-mõju katses, paariviisilise t-testi alusel kasutades Bonferroni parandust mitmeste võrdluste jaoks. Näidatud on statistiliselt olulised erinevused, kus ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$



Joonis 3. Eesti päritolu taimede biomass (grammides) annuse-mõju katses sõltuvalt erinevatest herbitsiididest (kokku võetud kõik kulunormi piiresse jäävad annused), t-testi alusel kasutades Bonferroni parandust mitmeste võrdluste jaoks. K - kontroll, FF-Flight Forte, MD - Matena Duo. Näidatud on statistiliselt olulised erinevused, kus * - $p < 0.05$, ** - $p < 0.01$; *** - $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$

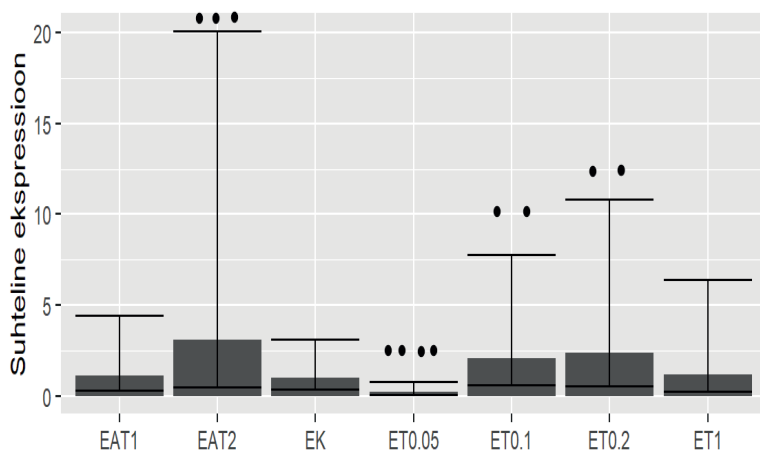


Joonis 4. Erinevat päritolu taimede biomassi (grammides) karpdiagramm annu-se-mõju katses sõltuvalt herbitsiidi Tombo WG kogusest (kg ha⁻¹), mis on näidatud eri toonidega, t-testi alusel kasutades Bonferroni parandust mitmeste võrdluste jaoks. Päritolu on märgitud riigi tähise ja/või linna nimega, kust seemned saadi, BGBM-Berliini botaanikaaed, Braun - Braunschweig. Näidatud on statistiliselt olulised erinevused, kus * - $p < 0.05$, ** - $p < 0.01$, *** - $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$

Näidatud on ka eri riikidest pärit taimede biomassi Tombo WG minimaalse ja maksimaalse kulunormi suhtes (joonis 4). Eri riikidest pärit taimed käitusid erinevalt, siiski paljudel juhtudel tundus olevat tegu samuti tolerantsusega, aga siingi tuleb järeldestega ettevaatlik olla, sest saadatud seemnete hulk ja vastavalt ka katses olnud taimede arv oli mõnel juhul suhteliselt väike ja kõikidel juhtudel väiksem kui Eesti taimede arv. Siiski, kõige paremini tundus Tombo WG toimivat Tšehhi Plzeni taimedele, kuid kuna seemnete hulk oli väike, ei saa seda siiski kasutada tundliku võrdlusmaterjalina.

DNA sekveneerimise tulemused näitasid, et ühelgi Eesti ega välismaa kahara luste taimel ei leitud ALS-geenis varem teadaolevaid ega ka muid mutatsioone, mis võiksid olla seotud resistentsusega. Leidus vaid mõningaid sünonüümseid mutatsioone. Praimeripaar BAF-BAR andis paraku meie eksperimendis tulemused, mis ei alineeru teiste taimede ALS-geeni järjestustega. Seetõttu on järjestustest puudu geeni algusosa võimaliku mutatsioonipunktiga Ala122, kuid luste perekonnas ei ole selles punktis mutatsioone ka varem täheldatud (Heap, 2021). Seega võiks arvata, et kahara luste herbitsiiditolerantsus meil nagu ka Tšehhis (Sen *et al.*, 2021) pigem ei ole seotud märklaudvalgu muutustega.

Eelnevast tulenevalt tekkis küsimus, kas tolerantse mehanism võiks olla seotud ALS-geeni üle-ekspressiooni ehk siis vastava valgu ületootmisega nagu Tšehhis (Sen *et al.*, 2021). Selleks kasutasime kvantitatiivset PCR-i Eesti materjalil ja ALS-inhibiitorite Tombo WG ja Attributi suhtes. Võrdlusgeenide valikul selgus, et kolmest kõige stabiilsem võrdluseks oli ACC geeni ekspressioon ja ALS-geeni ekspressioon on näidatud normaliseerituna selle suhtes (joonis 5). Tulemusena Tombo WG poole kulunormi puhul ALS ekspressioon langes oluliselt, aga nii minimaalse kui ka maksimaalse kulunormi puhul on veidi tõusnud, üledoseerimise puhul ekspressioon statistiliselt ei erine. Raske on seletada langust poole kulunormi puhul, kuid ülejäänud osas on tulemused loogilised: kulunormi piires ekspressioon ALS-valgu kao kompensatsiooniks tõuseb, üledoseerimise puhul ei ole see ilmselt enam võimalik, toksilisus on liiga suur. Nagu annuse-mõju katsetest selgus, enamik üledoosi saanud taimedest ka hiljem hukkusid või jäid kiratsema. Attributi puhul minimaalse kulunormi puhul statistilist erinevust ei olnud, maksimaalse puhul toimus oluline ekspressiooni tõus, kuigi ka varieeruvus suurenes oluliselt. Kuna Attribut üldiselt toimis efektiivsemalt, siis on võimalik, et maksimaalse kulunormi puhul eristusidki mõned taimed, mis kompenseerisid ALS-valgu kadu tugeva üle-ekspressiooniga, ülejäänute puhul aga see nii ei töötnud ning sellest ka suur varieeruvus.



Joonis 5. ALS geeni suhteline ekspressioon normaliseeritud võrdlusgeeni ACC suhtes. EK- kontrollrühm (töötlemata), EAT 1 ja 2 – Attribut minimaalse ja maksimaalse kulunormiga; ET0.05- Tombo WG pool kulunormi, ET0.1 ja 0.2 – Tombo WG minimaalse ja maksimaalse kulunormiga, ET1 – Tombo WG üledoosis (5-10x). Statistiliselt oluliselt kontrollrühmast erinevad grupid on tähistatud täppidega: 2 täppi – $p < 0.01$, 3 täppi $p < 0.001$, 4 täppi – $p < 0.0001$

Viimasel ajal on leitud, et mitte-märklaudivalgu-põhise metaboolse resistentsuse põhjustajaks võib olla detoksifikatsioon tsütokroomide abil, eelkõige tsütokroom P540s üle-ekspressioon (Dimaano, Iwakami, 2021; Han *et al.*, 2021). Sellega on

seletatavad ka üha enam esinevad ristresistentsuse juhtumid (Beckie, Tardif, 2012; Iwakami *et al.*, 2019), sest detoksifikatsioon võimaldab kahjutuks teha erinevaid herbitsiide. Ka katses olnud Tombo WG on tegelikult erinevate toimeainete segu. Ilmselt tuleks ka Eesti kaharal lustel edaspidi uurida just seda võimalikku mehhanismi.

Järeldused

Uurimistulemustest selgus, et Eestis uue põllu-umbrohuna kasvaval kaharal lustel esineb tolerantsus eelkõige ALS-inhibiitorite suhtes. Tolerantsus ei ole ilmselt märklaudvalgu-põhine, sest vastavaid mutatsioone ALS-geenis ei leitud. ALS-valgu osas täheldati mõningast ületootmist, kuid edasi tuleks uurida ka võimalikku detoksifikatsiooni tsütokroomide abil.

Kui kahar luste põldudel probleeme põhjustab, siis andke palun teada ja tõrjeks tuleks pigem kasutada herbitsiide mitme erineva toimeainega, sh ACC inhibiitorid. Tombo WG ei ole selle umbrohu tõrjeks sobiv.

Tänuavaldused

Artikkel on valminud projekti 'Keskkonnasäästliku umbrohutõrjealase teaduskompetentsi väljaarendamine (UMBROHI)' rahastamise raames (SA Archimedes 2014-2020.4.01.20-0297). Eriline tänu kuulub Tiiu Annukile KEVIList ja Andres Mäele ETKIst kasuliku informatsiooni, nõuannete ja praktilise abi eest.

Kasutatud kirjandus

- Beckie, H. J., Tardif, F. J. 2012. Herbicide cross resistance in weeds. *Crop Protection*, **35**: 15–28.
- Burgos, N., Tranel, P., Streibig, J., Davis, V., Shaner, D., Norsworthy, J., Ritz, C. 2013. Confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance levels. *Weed Sci*, **61**(1): 4–20.
- Classification of Herbicides According to Site of Action*. 2013. <http://www.hracglobal.com/Education/ClassificationofHerbicideSiteofAction.aspx>
- Davies, L. R., Hull, R., Moss, S., Neve, P. 2019. The first cases of evolving glyphosate resistance in UK poverty brome (*Bromus sterilis*) Populations. *Weed Science*, **67**(1): 41–47.
- Davies, L. R., Onkokesung, N., Brazier-Hicks, M., Edwards, R., Moss, S. 2020. Detection and characterization of resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides in *Anisantha* and *Bromus* species in the United Kingdom. *Pest Management Science*, **76**(7): 2473–2482.
- Dicke, D., Wagner, J., Cramer, E., Kirchner, M. 2014. First record of target-site-resistance of poverty brome (*Bromus sterilis*) to ACCase inhibitors. 26. *Deutsche Arbeitsbesprechung Über Fragen Der Unkrautbiologie Und -Bekämpfung*, 11.-13. März 2014 in *Braunschweig Erstnachweis*, 304–310.
- Dimaano, N. G., & Iwakami, S. 2021. Cytochrome P450-mediated herbicide metabolism in plants: current understanding and prospects. *Pest Management Science*, **77**(1): 22–32.
- eElurikkus*. (n.d.). Retrieved December 16, 2021, from elurikkus.ee

- Han, H., Yu, Q., Beffa, R., González, S., Maiwald, F., Wang, J., Powles, S. B. 2021. Cytochrome P450 CYP81A10v7 in *Lolium rigidum* confers metabolic resistance to herbicides across at least five modes of action. *Plant Journal*, **105**(1): 79–92.
- Heap, I. 2021. *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. Online. www.weed-science.org
- Iwakami, S., Kamidate, Y., Yamaguchi, T., Ishizaka, M., Endo, M., Suda, H., Nagai, K., Sunohara, Y., Toki, S., Uchino, A., Tominaga, T., Matsumoto, H. 2019. CYP81A P450s are involved in concomitant cross-resistance to acetolactate synthase and acetyl-CoA carboxylase herbicides in *Echinochloa phylllopogon*. *New Phytologist*, **221**(4): 2112–2122.
- Kukk, T., Kull, T., Luuk, O., Mesipuu, M., Saar, P. 2020. *Eesti taimede levikuatlas 2020*. Pärändkoosluste Kaitse Ühing.
- Matz, M. v. 2020. *Bayesian analysis of qRT-PCR data using MCMC.qpcr package: a tutorial*.
- Meinlschmidt, E., Ewert, K., Tümmeler, C., Bergmann, E. 2018. Niederhaltung von *Bromus sterilis* L. in Wintergetreide - Auswertung der Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen von 2014–2017. *Julius-Kühn-Archiv*, **458**: 169–177.
- R Core Team. 2020. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/index.html>
- Sen, M. K., Hamouzová, K., Mikulka, J., Bharati, R., Košnarová, P., Hamouz, P., Roy, A., Soukup, J. 2021. Enhanced metabolism and target gene over-expression confer resistance against acetolactate synthase-inhibiting herbicides in *Bromus sterilis*. *Pest Management Science*, **77**(4): 2122–2128.
- Shanliang Zhong, M. 2019. *Package “ctrlGene” Assess the Stability of Candidate House-keeping Genes*.
- Untergasser, A., Cutcutache, I., Koressaar, T., Ye, J., Faircloth, B. C., Remm, M., Rozen, S. G. 2012. Primer3—new capabilities and interfaces. *Nucleic Acids Research*, **40**(15), e115.

Oa-teramardikad ja rohulutikad rikuvad põldoa saagi

Angela Ploomi¹, Eha Kruus¹, Rein Peedel²

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

² Põllumajandusuuringute Keskus, Võru katsekeskus

Abstract. Ploomi, A., Kruus, E., Peedel, R. 2022. Broad bean weevils and lygus bugs spoil the yield of faba bean. – Agronomy 2022.

Broad bean weevils (*Bruchus rufimanus* Boh.) and lygus bugs (*Lygus* spp.) cause a decrease in the yield of the faba bean (*Vicia faba* L.) and also affect the marketability of the harvest. The aim of the present study was to find out whether these pests have variety preferences for the selected 8 faba bean varieties. The outcomes revealed that the field varieties have different attractiveness for broad bean weevils and lygus bugs. The results were likely affected by the extreme weather conditions of the experiment 2021 year.

Key words: faba bean, *Bruchus rufimanus*, *Lygus* spp.

Sissejuhatus

Põlduba (*Vicia faba* L.) sisaldab palju valku, süsivesikuid, kiud- ja mikrotoitaineid, olles väärtuslik toit nii inimestele kui loomadele. Samuti on põldoal kui liblikõielisel taimel keskkonnasäästlikus põllumajanduses oluline roll, sest põlduba seob mügarbakterite abil õhulämmastikku kuni 300 kg ha⁻¹ parandades seeläbi mulla viljakust ja tõstes järgnevat kultuuride, eriti teravilja, saagikust (Smil, 1999; Kharrat *et al.*, 2006). Põlduba on samas tundlik biootiliste ja abiootiliste saagikust vähendavate tegurite suhtes (Duc, 1997; Torres *et al.*, 2006; Jensen *et al.*, 2010). Biootilistest teguritest ohustavad põlduba taimehaigused ja -kahjurid.

Oa-teramardikas (*Bruchus rufimanus* Boheman; Coleoptera: Chrysomelidae) on põldoa peamine kahjur, kes põhjustab saagikadu ja mõjutab kõige enam saagi turustatavust. Mardikad muutuvad suguküpseks alles pärast seda, kui nad on küpsussööma käigus õietolmu tarbinud. Oa-teramardika vastsed arenevad ja toituvad valmivates seemnetes, vähendades seemnete massi ning toiteväärtust vastsete väljaheidete kogunemise tõttu. Lisaks halveneb seemnete esteetiline välimus kui väljuvate mardikavalmikute tõttu muutuvad seemned auklikuks (Kaniuczak, 2004). Oa-teramardika poolt kahjustatud põldoa seemnetel väheneb idanemisvõime ja suureneb seennakkuse oht (Titouhi *et al.*, 2015; Capinera, 2020). Põldoa kokkuostu toidukvaliteedi nõuete järgi ei tohi putukakahjustuse tase olla üle 2–3%, mistõttu oa-teramardika kahjustuse korral kaotab tootja üle 20% müügihinnast ka siis, kui saak õnnestub realiseerida söödaviljana (Kallavus *et al.*, 2020).

Põldoa seemnete kvaliteeti rikub ka rohulutikate kahjustus. Rohulutikad (*Lygus* spp.; Heteroptera: Miridae) on mitmetoidulised putukad, kes toituvad nii looduslikel kui kultuurtaimedel. Põllukultuuridest kahjustavad nad näiteks põldube, hernest, kartulit jmt (Capinera, 2020). Rohulutikate (nt roheline, nurme- ehk kirju rohulutikas (*Lygus pratensis* L.)) valmikud ja vastsed torkavad oma pistmis-imemissuised põldoa kauntesse ja imevad alles arenevatest seemnetest taimemahla. Imemiskohta-

dele tekivad tumedad laigud. Rohulutikate kahjustus olulist saagilangust ei põhjusta, kuid majanduslik kahju tekib saagi kvaliteedi halvenemisest. Rohulutikate valmikumud talvituvad kõdukihis.

Oa-teramardikate ja rohulutikate tõrje sõltub suurel määral sünteetiliste insektitsiidide kasutamisest. Kuid sünteetistel insektitsiididel on negatiivne mõju keskkonnale, inimestele ja mittesihtorganismidele, sealhulgas tolmeldajatele. Kahjustuse vähendamiseks on keskkonnasäästlike taimekaitseabinõude väljatöötamine oluline, näiteks tuleks kindlaks teha põldoa sordiomaduste mõju oa-teramardikatele ja rohulutikatele. Taime kahjurikindlust mõjutavad nii morfoloogilised kui füsioloogilised iseärasused ning samuti teatavate keemiliste ühendite sisaldus. Kahjurite suhtes vastupidavaid põldoa sorte ei ole siiski seni veel välja töötatud.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada kas oa-teramardikatel ja rohulutikatel on sordieelistusi mõnede katsesse valitud põldoa sortide suhtes.

Materjal ja meetodika

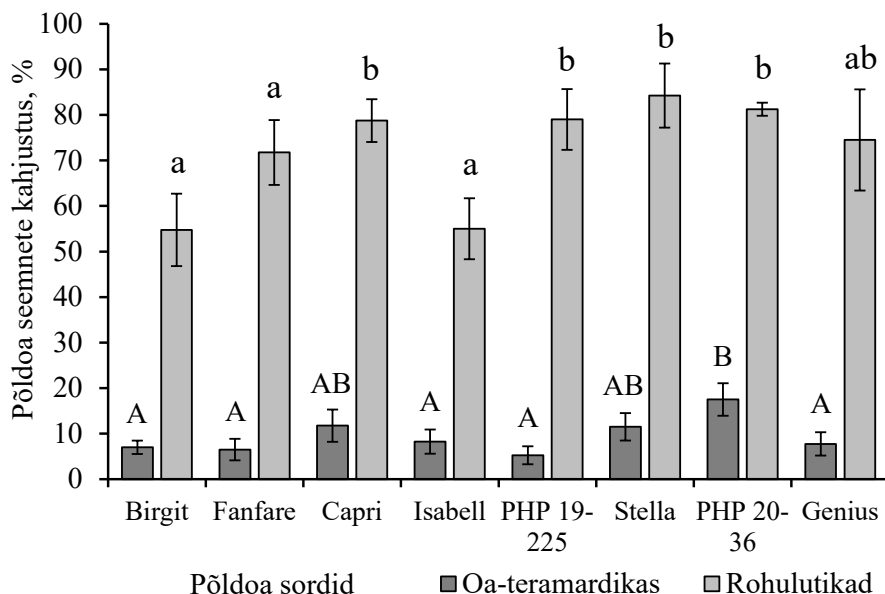
Põldoa sordikatsed viidi läbi Põllumajandusuuringute Keskuse Võru katsekeskuses 2021. aastal. Katses oli 8 sorti või aretist 'Birgit', 'Fanfare', 'Capri', 'Isabell', 'Stella', 'Genius' ning kaks sorti aretusnumbritega 'PHP 19-225' ja 'PHP 20-36'. Katse toimus 4 korduses. Katselapi suurus oli 10 m². Põlduba külvati 29. aprillil. Katseperioodil insektitsiide ei kasutatud. Oad koristati 16. augustil ja seejärel kuivatati. Seemnete kvaliteedianalüüsid tehti Põllumajandusuuringute Keskuse laboris. Oa-teramardikate ja rohulutikate poolt kahjustatud seemnete hulk määrati Eesti Maaülikooli taimetervise õppetooli laboris. Andmete korrastamiseks kasutati arvutiprogrammi Excel 2016. Statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13.2. Erinevused oa-teramardika ja rohulutikate arvukuses katsesortide vahel leiti ühefaktorilise ANOVA abil, sortide võrdluses kasutati Fisher's LSD post-hoc testi ($p=0,05$). Sortide tanniinide sisaldust ja kahjurite mõju võrreldi regressioonianalüüsi teel.

Tulemused ja arutelu

Oa-teramardika kahjustuse statistiline analüüs näitas, et kahjustatud põldoaseemnete hulk ei sõltunud sordist (ANOVA; $F_{7,24}=2,12$; $p=0,079$) (joonis 1). Enam olid kahjustatud 'PHP 20-36' (17,5%) 'Capri' (11,75%) ja 'Stella' (11,5%). Nende aretiste omavaheliselt võrdlemisel usaldusväärne erinevus puudus. Aretist 'PHP 20-36' kahjustati statistiliselt usutavalt rohkem kui sorte 'Birgit' (7%), 'Fanfare' (6,5%), 'Isabell' (8,25%) ja 'Genius' (7,75%). Kõige vähem oli kahjustatud 'PHP 19-225' (5,25%). Mitmed varasemad uuringud kinnitavad, et oa-teramardikal on munemiseelistusi või teatavad sordid on kahjustusele resistentsemad (Kaniuczak, 2004; Szafirowska, 2013; Seidenglanz, Huňady, 2016; Carrillo-Perdomo *et al.*, 2019; Kallavus, 2020).

Rohulutikate kahjustuse tulemuste analüüsis selgus, et kahjustatud põldoaseemnete hulk sõltus sordist (ANOVA; $F_{7,24}=2,63$; $p=0,036$). Statistiliselt usutavalt kahjustasid rohulutikad enam aretisi 'Capri' (78,75%), 'PHP 19-225' (79%), 'Stella' (84,25%) ja 'PHP 20-36' (81,25%). Sordi 'Genius' (74,5%) kahjustus ei erinenud

teiste sortide kahjustusest. Rohulutikate suure kahjustuse põhjuseks võis olla 2021. aasta tavapärasest kuumem ja kuivem suvi, mistõttu oli surve põldoale suurem.



Joonis 1. Oa-teramardika ja rohulutika kahjustus erinevatel põldoasortidel. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher's LSD test). Joonisele on kantud keskmine ja keskmine $\pm$ standardviga

Regressioonianalüüs ei kinnitanud, et kummagi putukkahjuri kahjustuse tase oleks seletatav sordi tanniinide sisaldusega, vaid seos oli väga nõrk ($R^2=0,057$). Oa-teramardika kahjustusega oli mõningane seos valgusisaldusel, aga seegi determinatsioonikordaja ei seleta ära enam kui 15% varieeruvusest. Taimedes sisalduvad tanniinid jt polüfenoolsed ühendid võivad kombineeruda teatavate liikide, sealhulgas inimese seedevalkudega ja toimida söömapärssijatena. Toidu- ja söödakultuuride aretuse käigus on nende sekundaarsete metaboliitide vähendamine seatud üheks eesmärgiks, vaatamata asjaolule, et see võib põhjustada suuremat vastuvõtlikkust putukkahjuritele (Desroches *et al.*, 1995).

Tanniinide ja glükosiidide – vitsiini ja konvitsiini, sisalduse mõju teramardikatele pole ka varasemates uuringutes alati kinnitust leidnud (Roubinet, 2016). Siiski on nt laokahjurina tegutseva sugulasliigi *Callosobruchus maculatus* F. vastsed surnud juba esimeses kasvujärgus, mida seostati kõrge glükosiidide sisaldusega (Desroches *et al.*, 1995). Poolas leiti, et kõige madalam oa-teramardikakahjustus oli hilise õitsemisajaga lillade seemnetega sordil, milles sisalduvad polüfenoolsed pigmendid – antotsüaniinid võivad samuti toimida kaitseainetena (Szafirowska, 2013). Arvatakse, et põldoa spetsiifilised kahjuriliigid on tõenäoliselt kohanenud sekundaarsete metaboliitide toksilisust neutraliseerima (Desroches *et al.*, 1995).

Kirjude õitega põldoasortide seemnete värv samal taimel varieerub, nii et seemneid võib jagada tumedateks ja heledateks. See viitab erinevale fenoolsete ühendite oksüdeerumise tasemele seemnekestas, mis ei ole fülogeneetiline ehk pärilik vaid ontogeneetiline fenomen (Martin *et al.*, 1991). Muu hulgas mõjutab fenoolsete ühendite kontsentratsioon seemnekestades nende veeläbilaskvust ja seega ka idanemisomadusi. Selline fenotüübiline plastilisus annab taimepopulatsioonile võimaluse paremini reageerida erinevatele ebasoodsatele keskkonnatingimustele, muuhulgas ka kahjustajate survele.

Meie katses esines palju selgelt heledamaid seemneid variantidel 'Birgit', 'Isabell', 'PHP 19-225' ja 'PHP 20-36', keerulisem oli neid eristada variantides 'Fanfare', 'Stella' ja 'Genius' ning raskesti eristatavad olid 'Capri' seemned. Ehkki meie katses ei määratud eraldi heledate ja tumedate seemnete tanniinisaldust, oli heledamate seemnete teramardikakahjustus silmnähtavalt madalam. Ka Martin *et al.* (1991) kinnitavad, et kirjuõieliste oasortide heledad seemned on pigem oa-teramardikast puutumata, aga tumedamad seemned samadelt taimedelt ning valgeõieliste sortide seemned kahjustusid peaaegu täielikult. Kaitsemehhanismiga on seostatud polüfenoolsete ühendite ja kahe ensüümi – peroksidaasi ja polüfenooloksidaasi, omavahelist vastasmõju piiratud ajaperioodil, mil on võimalik kahjurivastse tungimine tera sisse. Kirjuõielistel sortidel toimub tumedates seemnetes, erinevalt heledatest, oksüdatsiooniprotsess kiiresti, mistõttu oksüdeerivate ensüümide aktiivsus langeb ja kaitse teramardikate vastu kaob kiiresti, samas kui valgeõielised sordid seemnekesta värvust ei muuda ning nad on teramardikatele vastuvõtlikud (Martin *et al.*, 1991).

Tanniinide sisaldus sõltub sellest, millises kasvustaadiumis on saak koristatud, näiteks 'Fanfare', mis koristati viljumise alguses (BBCH 69–72), sisaldas tanniine $7,05 \pm 0,60 \text{ mg l}^{-1}$, viljumise lõpus (BBCH 78–79) $3,61 \pm 0,21 \text{ mg l}^{-1}$ ja järelküpsemise lõpul (BBCH 97) oli see langenud $1,20 \pm 0,05 \text{ mg l}^{-1}$ (Vekeman, 2021). Meie katses määrati sama sordi tanniinisalduseks koristusjärgselt $0,463 \text{ mg l}^{-1}$. Järelikult peab sordi kahjurikindluse ja polüfenoolide seose uurimiseks määrama tanniinide sisalduse kahjuri ründe faasis, mitte kuivatatud seemnetes, nagu vaja toidu- või loomasööda analüüsiks.

Teine teooria pakub välja, et oa-teramardika kahjustus sõltub peamiselt taime ja kahjuri füsioloogilise arengu sünkroniseeritusest. Kui naabruses kasvavad tali- ja suvi-põlduba, on täheldatud, et umbes kolm nädalat hilisemale suvikultuurile migreeruvad kahjurivalmikud võivad sel juhul olla juba küpsussööma lõpetanud (Hamidi *et al.*, 2021). Teistest aretistest enam on kahjustusi leitud varastel determinantsetel sortidel (Kaniuczak, 2004), aga sõltuvalt ilmastikust ka hilisema õitsemisega sortidel (Kallavus *et al.*, 2020). Determinantsete sortide õitsemisaja langemisel putukatele ebasoodsale perioodile võib olla oluline mõju, sest neil toimub munemiseks sobivate noorte kaunte areng toimub intensiivselt lühikese aja jooksul (Hamidi *et al.*, 2021). Seega realiseerub strateegia „kõik või mitte midagi“: kas kõik noored kaunad satuvad kahjuri ründe alla samaaegselt, või (kui õitsemisaja ilmastik putukat ei soosi) kasvab taim ohustatud faasist kiiresti välja.

Kuigi ka saak langes, tõi külvi hiline mine 10 päeva võrra Poolas 2010. ja 2011. aastal kaasa märkimisväärse kahjustuse vähenemise mahetootmises, kuid tavavil-

jeluses oli näitaja dünaamika vastupidine (Szafirowska, 2013). Paraku on sordi kasvutsükli kiiruse arvestamine tõrjemeetmena vaid piiratud kasutusvõimalusega, sest eeloleva hooaja ilmastikku on ennustada väga keeruline. Küll aga tuleks uurida varaõitsevate ja lillaseemneliste sortide tõhusust peleta-meelita süsteemis kahjurite püünistaimedena.

Oa-teramardika tõrjevõimalustest annab eestikeelse ülevaate Lea Narits (2020). Viimastel aastatel Eestis avaldunud põldoa seemnete tugev kahjustus ning tõrjemeetmete ja –strateegiate piiratud valik võivad viia selleni, et eriti maheviljelejad riskivad märkimisväärse saagikvaliteedi langusega, kui oa-teramardikate ja rohulutikate arvukust taimede kasvuperioodil sihilikult ei ohjata.

Järeldused

Uurimistulemustest selgus, et põldoa sordid on erineva atraktiivsusega nii rohulutikatele kuid ka oa-teramardikale. Tulemusi mõjutasid kindlasti katseaasta ekstreemsed ilmastikutingimused, mistõttu on soovitatav katses olnud sortide kahjurikindlust uurida ka järgnevatel aastatel.

Tänuavaldused

Uurimistöö valmis Põllumajandusuuringute Keskuse ning Haridus- ja Teadusministeeriumi programmi IUT 36-2 „Jätkusuutlik taimekaitse: ökosüsteemi teenuste rakendamine taimekasvatuses“ toel.

Kasutatud kirjandus

- Capinera, J.L. 2020. Handbook of vegetable pests. 2nd edition. 799 pages.
- Carrillo-Perdomo, E., Raffiot, B., Ollivier, D., Deulvot, C., Magnin-Robert, J.B., Tayeh, N., Marget, P. 2019. Identification of novel sources of resistance to seed weevils (*Bruchus* spp.) in a faba bean germplasm collection. *Frontiers in Plant Science*, **9**, 1914.
- Desroches, P., El Shazly, E., Mandon, N., Duc, G., Huignard, J. 1995. Development of *Callosobruchus chinensis* (L.) and *C. maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in seeds of *Vicia faba* L. differing in their tannin, vicine and convicine contents. *Journal of Stored Products Research*, **31**: 83–89.
- Duc, G. 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). Field crops research. *Improvement of Grain Legumes*, **53**: 99–109.
- Hamidi, R., Taupin, P., Frérot, B. 2021. Physiological synchrony of the broad bean weevil, *Bruchus rufimanus* Boh., to the host plant phenology, *Vicia faba* L. *Frontiers in Insect Science* **1**, 10 pp.
- Jensen, E.S., Peoples, M.B., Hauggaard-Nielsen, H. 2010. Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research*, **115**: 203–216.
- Kallavus, T. 2020. Põldoa sortide kasurite ja kahjurite kasvuaegne dünaamika. Magistritöö. Eesti Maaülikool. 68 lk.
- Kallavus, T., Kruus, E., Ploomi, A., Metspalu, L., Jõgar, K. 2020. Oa-teramardikas valib sorte. *Agronomia* **2020**: 142–146.

- Kaniuczak, Z. 2004. Seed damage of field bean (*Vicia faba* L. var. minor Harz.) caused by bean weevils (*Bruchus rufimanus* Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Plant Protection Research*, **44** (2): 125–129.
- Kharrat, M., Le Guen, J., Tivoli, B. 2006. Genetics of resistance to 3 isolates of *Ascochyta fabae* on faba bean (*Vicia faba* L.) in controlled conditions. *Euphytica* **151**, 49–61.
- Martín, A., Cabrera, A., Lopez Medina, J. 1991. Antinutritional factors in faba bean. Tannin content in *Vicia faba*: possibilities for plant breeding. *Options Méditerranéennes*, **10**: 105–110.
- Narits, L. 2020. Uus kahjur Eestis, oa-teramardikas (*Bruchus rufimanus* Boh.). *Agronomía* **2020**: 159–164.
- Roubinet, E. 2016. Management of the broad bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.) in faba bean (*Vicia faba* L.). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Ecology. 23 pp.
- Seidenglanz, M., Huňady, I. 2016. Effects of faba bean (*Vicia faba*) varieties on the development of *Bruchus rufimanus*. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, **52**: 22–29.
- Smil, V. 1999. Nitrogen in crop production: an account of global flows. *Global Biogeochemical Cycles*, **13**: 647–662.
- Szafirowska, A. 2013. The role of cultivars and sowing date in control of broad bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.) in organic cultivation. *Vegetable Crops Research Bulletin*, **77**: 29–36.
- Titouhi, F., Amri, M., Jemâa, J.M.B. 2015. Status of coleopteran insects infesting faba bean in Tunisia with emphasis on population dynamics and damage of *Bruchus rufimanus* (Chrysomylidae). *Basic Research Journal of Agricultural Science and Review*, **4**: 225–233.
- Torres, A.M., Roman, B., Avila, C.M., Satovic, Z., Rubiales, D., Sillero, J.C., Cubero, J.I., Moreno, M.T. 2006. Faba bean breeding for resistance against biotic stresses: towards application of marker technology. *Euphytica* **2006**, **147** (1–2): 67–80.
- Vekeman, F. 2021. Potential of faba beans (*Vicia faba* L.) for human consumption. Masters thesis, Ghent University, Faculty of Bioscience Engineering. 82 pp.

Ristiõieliste kuivlaiksus kahjustab enim musta sinepit ja suvirapsi

Eve Runno-Paurson^{1,2}, Peeter Lääniste¹, Helina Nassar¹, Merili Hansen², Viacheslav Ereemeev¹, Liina Edesi³, Astrid Kännaste¹, Ülo Niinemets¹, Luule Metspalu²

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

² Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

³ Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Runno-Paurson, E., Lääniste, P., Nassar, H., Hansen, M., Ereemeev, V., Edesi, L., Kännaste, A., Niinemets, Ü., Metspalu, L. 2022. Black mustard and spring oilseed rape are the most damaged by the *Alternaria* black spot – Agronomy 2022.

In Estonia, oilseed rape (*B. napus*) and turnip rape (*B. rapa*) have been important cash crops for farmers since the middle of 1990s. In 2010 the cultivation area of cruciferous oilseed crops culminated by 100 000 ha, comprising approximately 26% of total area of cereal-dominated crop rotations. The increase in the cultivation area of cruciferous oilseed crops and the use of short crop rotation have resulted in enhanced spread of several major pests in the Northern Europe. There is currently a limited information about incidence and severity of *Alternaria* black spot disease (*Alternaria brassicae*) on the main oilseed crop, spring oilseed rape (*B. napus*), in Estonia. Thus, spring oilseed rape and five alternative cruciferous oilseed crops were selected and their resistance to black spot disease was evaluated in field conditions during two growing seasons. We hypothesized that spring oilseed rape is more susceptible to *Alternaria* black spot than the alternative cruciferous oilseed crops. The study was conducted in growing seasons 2010 and 2011. Both growing seasons were warmer and drier compared to the long-term average, and were thus suitable for *Alternaria* black spot pathogen development and assessments. In both years, *Alternaria* black spot infection was present on all cruciferous species, but the disease progression and infection severity differed considerably among the crops. During both growing seasons, black mustard (*B. nigra*) plants were the most infected. Based on our observations during warm growing seasons we conclude that alternative oilseed crops such as *Sinapis alba*, *Eruca sativa* and *Raphanus sativus*, are more resistant to the *Alternaria* black spot infection than the traditional oilseed crops and thus, possess a great potential to grow with limited chemical disease control in Estonian conditions.

Keywords: *Brassica juncea*, *B. napus*, *B. nigra*, *Eruca sativa*, *Raphanus sativus*, *Sinapis alba*

Sissejuhatus

Ristiõieliste õlikultuuride kasvupind on suurenenud ja rapsist (*Brassica napus* var. *oleifera*) on saanud üks tähtsamaid õlikultuure kogu maailmas (Williams, 2010). Raps ja rüps on Eestis olnud põllumeeste jaoks olulised tulu toovad kultuurid alates 1990. aastate keskpaigast, mil hakati kasvatama madalate eruukahapete ja glükosi-nolaatide sisaldusega sorte. See avas tee toiduõlide tootmisele. Nende õlikultuuride kasvupind oli kõrgeim 2010. aastal, hõlmates toona 100 000 hektarit (ESA, 2020). Praeguseks on rapsi ja rüpsi kasvupinnad 75 000 ha juures stabiliseerunud (ESA, 2020), kuid selleks on ka väga selged põhjused. Oluliseks põhjuseks on tõsised probleemid erinevate kahjurite ja haigustekitajatega, eriti just suvirapsi ja -rüpsi puhul

(Kovacs *et al.*, 2017). Nende kultuuride võtmekahjureiks olid hiilamardikad, maa-kirbud ja peitkärsakad (Metspalu *et al.*, 2015), kuid kahjurite ring üha laieneb ning tõsiseks kahjuriks on muutunud näiteks kõdrasääsk (Kovacs *et al.*, 2017; Annuk, 2021). Haigustest tekitavad suurimat kahju mitmed raskesti tõrjutavad mullapato-geenid: kapsanuuter, valgemädanik ja vertitsilloosne närbumistõbi (Järvan, 2016; Ilumäe *et al.*, 2009, Loit *et al.*, 2020). Hiljutised uuringud on näidanud, et Eesti oludes on ka kapsa-jahukaste ristõieliste kultuuride jaoks kasvav probleem (Runno-Paurson *et al.*, 2021). Erinevate sünteetiliste pestitsiidide suurenenud kasutamine kahjustajate tõrjeks avaldab põllumajandustootjatele märkimisväärset majanduslikku survet, sest see põhjustab nii kahjurite (Kovacs *et al.*, 2015) kui taimehaiguste pestitsiidiresistentsust (Juurik, *et al.*, 2021), kuid mis veelgi olulisem, vähendavad mulla bioloogilist mitmekesisust (Brandes, Heimbach, 2018; Harkes *et al.*, 2019).

Peamised keskkonnategurid, mis soodustavad taimehaiguste levikut on temperatuur ja niiskus. Pehmed ja sademeterikkad talved mõjutavad eelkõige taimejäänustel talvituvate seente, näiteks ristõieliste kuivlaiksuse (*Alternaria brassicae*), ellujäämist (Siebold, Von Tiedemann, 2012). Kuivlaiksuse tekitaja nakatab ristõieliste kultuuride varsi, lehti, kõtru ning seemneid. Saagikadu on ulatuslik, kui nakkus toimub kõtrade moodustumise faasis (Sooväli *et al.*, 2011). Haigustunnuseks on tumepruunid kuni mustad kontsentrilised laigud, mis moodustuvad lehtedel, vartel ning kõtradel. Haigus vähendab oluliselt taimede sünteesiprotsessideks vajalikku pinda, mille tagajärjel lehed varisevad enneaegselt. Seemnete moodustumiseks vajalikku toitekudet ei moodustu, mistõttu seemned jäävad kiduraks ja varisevad kõtrade enneaegselt (Ilumäe, 2013).

Ristõieliste kuivlaiksuse tekitaja on üks peamine ülemaailmse levikuga patogeen, kes kahjustab märkimisväärselt nii rapsi, musta sinepit, sarepta kapsasrohtu kui ka teisi ristõieliste liike (Prasad *et al.*, 2003; Kumar *et al.*, 2014). Austraalias on näiteks leitud, et ristõieliste kuivlaiksus on põhjustanud rapsil üle 58% saagikao (Al-Lami *et al.*, 2019). Eestis oli selle haiguse esinemist uuritud vaid talirapsil. Jõgeval Eesti Taimekasvatuse Instituudis läbi viidud talirapsi väetamiskatses (2008–2009) selgus, et sordil 'Silva' olid kuivlaiksuse kahjustused olenevalt tötlusvariandist ja aastast vahemikus 20–75% (Veromann *et al.*, 2013). Ristõieliste kuivlaiksuse patogeen talvitub ristõieliste põllukultuuride ja umbrohtude seemnetes ja nende pinnal ning põllukultuuride jäänustel (Koike, 2007). Laialdase kasvata-mise tõttu jääb ristõieliste õlikultuuride rotatsiooniaeg meil sageli lühikeseks. See suurendab veelgi haiguste ja kahjurite levikut. Rapsi ja rüpsi keskkonnasäästlike kasvatusmeetodite hulka kuuluvad nii katte-, püüni-, vahe- kui ka tugikultuuride kasvatamine. Ülimalt oluline on, et selleks valitavad ristõielised ei oleks haiguste suhtes vastuvõtlikud ning nende levitajad. Seetõttu tuleb enne kasutuselevõttu kindlasti põhjalikult uurida nende haigustundlikkust.

Kuna Eestis puudus seni ülevaade ristõieliste kuivlaiksuse esinemise ja kahjustuse kohta nii suvirapsil kui ka püüni- toidu- või vahekultuuridena kõne alla tulevatel ristõielistel kultuuridel, siis seatigi selle uurimustöö peamiseks eesmärgiks hinnata ristõieliste kuivlaiksuse arengut ja kahjustusmäära suvirapsil (*Brassica napus*) ja viiel võimalikku alternatiivset kasutust leidval õlikultuuril: sarepta kap-

sasrohul (*B. juncea*), valgel sinepil (*Sinapis alba*), mustal kapsasrohul (*B. nigra*), rukolal (*Eruca sativa*) ning õlirõikal (*Raphanus sativus*).

Materjal ja meetodika

Ristõieliste kuivlaiksuse (*A. brassicae*) esinemist hinnati kuuel ristõielisel kultuuril 2010. ja 2011. aastal Eerikal, Eesti Maaülikooli Taimetervise õppetooli põldkatses. Katses olid järgmised kultuurid: suviraps (sort 'Maskot'), sarepta kapsasrohi (sort 'Jadrjonaja'), must kapsasrohi, rukola ehk põld-võõrkapsas (sort 'Poker'), õlirõigas (sort 'Bille') ja valge sinep (sort 'Branco'). Katse oli kolmes korduses, kus katselapi suurus oli 5 m² ja katselappe ümbritses 1 m laiune taimestikuta kaitseriba. Katse korralduses jälgiti Kalischuki ja Dosdalli (2004) skeemi. Seemned külvati 12. mail 2010. aastal ja 9. mail 2011. aastal, tihedusega 250 idanevat seemet ruutmeetri kohta. Väetisi ja taimekaitsevahendeid ei kasutatud ning katsetes järgiti mahepõllumajanduse tavasid. Katseala mullastik oli näivleetunud Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (FAO, 2006), mullalõimimis kerge liivsavi ja kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksus 27–30 cm (Reintam, Köster, 2006).

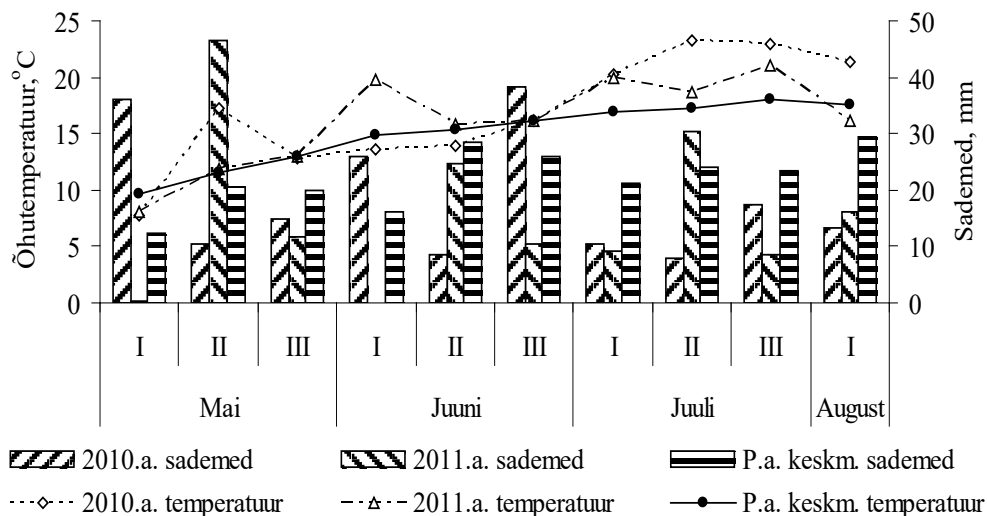
Ristõieliste kuivlaiksust hinnati loodusliku nakkuse tingimustes alates 7. juulist 2010. aastal ja 8. juulist 2011. aastal, alates sellest, kui taimedele ilmusid esimesed haiguse sümptoomid. Vaatlused toimusid viie nädala jooksul üks kord nädalas. Kuivlaiksuse hindamisel kasutati 0–100% hindamisskaalat (EPPO Bulletin, 2003). Kogutud andmete statistiline analüüs toimus programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades dispersioonanalüüsi. Liikide ja seireaegade võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ($p=0,05$).

Tulemused ja arutelu

Antud katses hinnati ristõieliste kuivlaiksuse arengut suvirapsil kui põhikultuuril ja tulemusi võrreldi viiel alternatiivsel ristõielisel õlikultuuril saadud tulemustega. Töö tulemustest selgus, et nii 2010. kui ka 2011. kasvuaasta sobis igati ristõieliste kuivlaiksuse uuringuteks, kuna mõlemal aastal olid ilmad vegetatsiooniperioodil meie paljude aastate keskmisest oluliselt soojemad (joonis 1) ja seetõttu ka selle haigustekitaja arenguks äärmiselt soodsad.

2010. aastal ilmnesis esimesed kuivlaiksuse tunnused suvirapsi ja sarepta kapsasrohu taimedel 7. juulil, kuid nakatumise tase oli siis veel väga madal (joonis 2a). Viis päeva hiljem, 12. juulil, oli nakatumise määr suvirapsil 7,6% ($\pm 0,3\%$) ja sarepta kapsasrohul 10,9% ($\pm 4,5\%$). Mustal sinepil oli kahjustus kiiresti levinud, taimikust oli kahjustatud juba 33,0% ($\pm 2,3\%$) (joonis 2a). Vähesel määral oli nakatunud juba ka valge sinep 4,9% ($\pm 4,2\%$). Alates 26. juulist progresseerus kuivlaikus nii mustal sinepil, sarepta kapsasrohul, valgel sinepil kui ka suvirapsil, kuid võrreldes teiste liikidega, oli see oluliselt ($p < 0,001$) kõrgem musta sinepil (49,2 $\pm$ 3,8%) ja sarepta kapsasrohul (26,9 $\pm$ 4,4%) (joonis 1a). Samal vaatluspäeval oli rukolal nakatumine vaid 0,5% ($\pm 0,3\%$) ja õlirõikal 8,2% ($\pm 1,5\%$) (joonis 2a). Kuivlaiksus progresseerus katseperioodi jooksul kõikidel katses olnud taimeliikidel. Vaatlusperioodi lõpuks (2. august) oli enim nakatunud must (83,2 $\pm$ 2,9%) ja valge sinep (60,2 $\pm$ 6,8%), mis

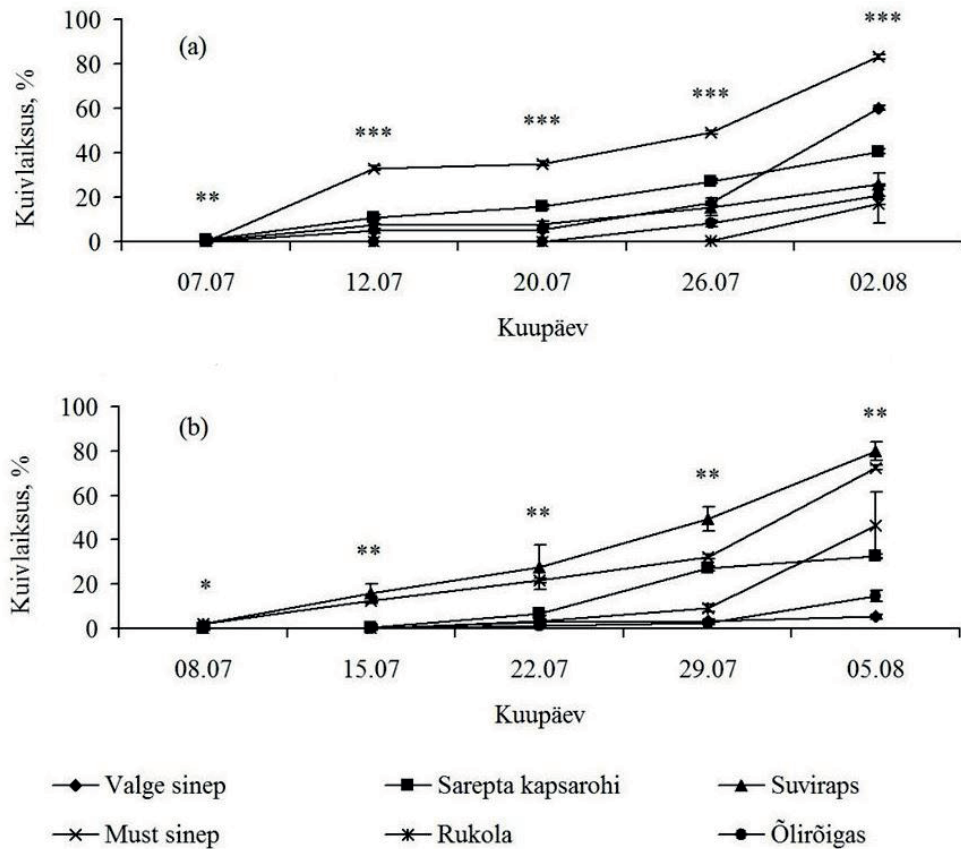
olid oluliselt kõrgema nakatumismääraga ($p < 0,001$) kui sarepta kapsasrohul ($27,2 \pm 5,4\%$), suvirapsil ($25,7 \pm 5,4\%$), rukolal ($17,2 \pm 8,7\%$) või õlirõikal ($20,8 \pm 4,1\%$) (joonis 2a).



Joonis 1. Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate (1964–2019) keskmistega.

2011. aastal ilmneseid esimesed ristõieliste kuivlaiksuse haigustunnused 8. juulil suvirapsil ja mustal sinepil (joonis 2b). Järgneva nädala jooksul nakatusid ka rukola ja sarepta kapsasrohi, kuid nende nakatumismäär oli väga madal (joonis 2b). Kuivlaiksuse kahjustus oli 15. juuliks tõusnud suvirapsi taimikul $15,7\%$ -ni ($\pm 4,5\%$) ja mustal sinepil $12,7\%$ -ni ($\pm 4,4\%$) (joonis 2b). Alates 29. juulist arenes kuivlaiksus kiiresti nii suvirapsil, mustal sinepil kui ka rukolal, kulmineerudes suvirapsil, kus taimedest oli nakatunud 80% ($\pm 4,1\%$) ja mustal sinepil $72,5\%$ ($\pm 4,0\%$), erinedes usaldusväärselt teistest katsetaimedest ($p < 0,01$). Vaatlusperioodi lõpuks oli madalaim kuivlaiksuse nakkusmäär valge sinepi ($5,2 \pm 1,9\%$) ja õlirõika ($14,7 \pm 2,4\%$) taimedel (joonis 2b).

Mõlemal uuringuaastal erines ristõieliste kuivlaiksuse esinemine ja areng mõnevõrra kõigil kuuel kultuuril. Mõlemal kasvuperioodil registreeriti musta sinepi äge nakatumine ja vaatlusperioodide keskmisena ületas kahjustus 70% (joonis 2a). Suvirapsi nakatumine ulatus 2011. aastal kasvuperioodi lõpuks kuni 79% -ni, mis oli sellel katseaastal kõigi uuritud liikide seas kõrgeim tase. See erines 2010. aastaga võrreldes, kus kuivlaiksuse kahjustusmäär võrreldes musta sinepi ja valge sinepiga jäi suvirapsil mõõdukaks (joonis 2a,b). Mõlemal katseaastal registreeriti madalaim kahjustusmäär õlirõikal. Väga vähesel määral esines kuivlaiksust 2010. aastal rukolal ja 2011. aastal valge sinepil (joonis 2a,b).



Joonis 2. Ristõieliste kuivlaiksuse (*A. brassicae*) areng kuuel ristõielisel õlikultuuril 2010. aastal (a) ja 2011. aastal (b). * Tähistavad statistilist olulist erinevust kahe hindamise vahel $*p < 0,05$; $**p < 0,01$; $***p < 0,001$; ns – erinevus ei ole usutav (Tukey HSD post hoc test). Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviaga.

Meie uurimistulemused näitasid selgelt, et ristõieliste kuivlaiksus on Eestis teatud tingimustes suvirapsil oluline patogeen, aga ka mõnel alternatiivsel õlikultuuril nagu must sinep ja sarepta kapsasrohi. See on nende kultuuride edaspidiseks kasvatamiseks väga oluline teave. Optimaalne temperatuur patogeeni (*A. brassicae*) eoste tekkimiseks ja levimiseks on vahemikus 18–24 °C (Humpherson-Jones, Phelps, 1989). Katsetulemustest järeldame, et üheks peamiseks põhjuseks, miks mõnel ristõielisel liigil olid oluliselt suuremad haiguskahjustused, olid nähtavasti nii taimeliigile iseloomulikud omadused (resistentsus, lehepinna struktuur, vahusus, jne) kui ka soojad ilmastikutingimused. Viimast kinnitavad Al-Lami jt (2020) poolt läbi viidud laborikatsed, kus nad leidsid, et kui rapsi ja sarepta kapsasrohu taimi nakatati *A. brassicae* patogeeni madalatel temperatuuridel (päeval 14°C ja öösel 10°C), siis oli nakatumine oluliselt väiksem (42%) võrreldes kõrgemate temperatuuridel (päeval 22°C ja öösel 17°C) läbi viidud katse tulemustega, kus lehtede pindalast oli naka-

tunud üle 88%. Katse korraldajad järeldasid, et kliima soojenemine võib otseselt tõsta ristõieliste, sealhulgas ka õlikultuuride riski nakatuda ristõieliste kuivlaiksusesse ning suurendada saagilõhet veelgi. Lisaks võib põhjapoolsemates piirkondades soojemate ja kuivemate suvede prognoositav suurenemine, koos kaasnevate kuuma-lainetega (Kim *et al.*, 2018) suurendada oluliselt ristõieliste kuivlaiksuse patogeeni levikut ja kahjustusi, kuid ka tõrje probleeme.

Kokkuvõte

Tegemist on Eestis esimese ristõieliste kuivlaiksuse alase uurimistööga, kus vaatluse all olid suviraps, must sinep, valge sinep, sarepta kapsasrohi, rukola ja õlirõigas. Kõik katses olnud kultuurid nakatusid kuivlaiksusesse, kuid nakkuse raskusaste varieerus oluliselt nii erinevate liikide kui ka kasvuaastate lõikes. Tööst järeldub, et kõige tugevamini nakatuvad kuivlaiksusesse suviraps ja must sinep, mistõttu ei saa neid liike tavatootjatele kasvatamiseks ilma fungitsiide kasutamata soovitada. Kuigi mõlemal katseaastal olid suved keskmisest soojemad ja kuivlaiksuse arenguks äärmiselt soodsad, oli nakatustase valgel sinepil, rukolal ja õlirõikal madal, mistõttu puudub neil taimeliikidel selle haiguse tõrjeks vajadus. Oluline on märkida, et just valge sinep ja õlirõigas on olnud Maaülikooli teadlaste poolt läbi viidud katsetes olulised maakirpude ja hiilamardikate püüniskultuurid, kuid ka tähtsad vahekultuuridena.

Tänuavaldused

Uurimustööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange „Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes“), IUT36-2 ja Eesti Maaülikooli projekt P190259PKTT.

Kasutatud kirjandus

- Al-Lami, H.F.D., You, M.P., Barbetti, M.J. 2019. Role of foliage component and host age on *Alternaria* leaf spot (caused by *Alternaria japonica* and *A. brassicae*) in canola (*Brassica napus*) and mustard (*B. juncea*) and yield loss in canola. – *Crop Pasture Science*, **70** (11): 969–980.
- Al-Lami, H.F.D., You, M.P., Barbetti, M.J. 2020. Temperature drives contrasting *Alternaria* leaf spot epidemic development in canola and mustard rape from *Alternaria japonica* and *A. brassicae*. – *Plant Disease*, **104** (6): 1668–1674.
- Annuk, T. 2021. Põllufauna muutused viimaste aastakümnetega. – *Eesti Taimekaitse* 100: 22–27.
- Brandes, M., Heimbach, U. 2018. Pyrethroid resistance of insect pests of oilseed rape in Germany. Integrated control in oilseed crops. – *Control Oilseed Crops IOBC-WPRS Bulletin*, **136**: 69–72.
- EPPO Bulletin, 2003. Efficacy evaluation of fungicides: Root, stem, foliar and pod diseases of rape. – *EPPO Bulletin*, **33**: 25–32.
- ESA: Eesti Statistikaamet 2020. www.stat.ee (31.03.2021).
- FAO, 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006, Second Edition. – *World Soil Resources Report 103*. Food and Agriculture Organization, Rome. 145 p.

- Harkes, P., Suleiman, A.K.A., van den Elsen, S.J.J., de Haan, J.J., Holterman, M., Kuramae, E.E., Helder, J. 2019. Conventional and organic soil management as divergent drivers of resident and active fractions of major soil food web constituents. – *Science Report*, **9**, 13521.
- Humpherson-Jones, F.M., Phelps, K. 1989. Climatic factors influencing spore production in *Alternaria brassicae* and *Alternaria brassicola*. – *Annals Applied Biology*, **114** (3): 449–458.
- Ilumäe, E., Kastanje, V., Hansson, A. 2009. Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) DeBary) mõju suvirapsi (*Brassica napus*) saagikusele I-Taimekaitse katsetes 2007–2008. a. – *Agronomia* **2009** : 198–203.
- Ilumäe, E. 2013. Talirapsi kasvatamine. <https://www.digar.ee/arhiiv/et/raamatud/22032>.
- Juurik, M., Kiiker, R., Mäe, A. 2021. Fungitsiidiresistentsuse alased uuringud Eesti Taimekasvatuse instituudis. – *Eesti Taimekaitse 100* : 86–88.
- Järvan, M. 2016. Kas nuutrihaigus võib rapsikasvatust ohustada? – *Põllumajanduslikud infopäevad 2016, Oilseeds* : 4–5.
- Kalischuk, A.R., Dosdall, L.M. 2004. Susceptibilities of seven *Brassicaceae* species to infestation by the cabbage seedpod weevil (Coleoptera: *Curculionidae*). – *Canadian Entomologists*, **136**: 265–276.
- Kim, S., Sinclair, V.A., Räisänen, J., Ruuhela, R. 2018. Heat waves in Finland: present and projected summertime extreme temperatures and their associated circulation patterns. – *The International Journal of Climatology*, **38** (3): 1393–1408.
- Koike, S.T., Gladders, P., Paulus, A.O. 2007. *Vegetable diseases: A colour handbook*. CRC Press, London. 448 p.
- Kovacs, G., Kaasik, R., Kortspärn, K., Metspalu, L., Luik, A., Veromann, E. 2015. Naeri-hii-lamardika resistsusprobleem Eestis näitab süvenemise märki. – *Agronomia* **2015** : 138–141.
- Kovacs, G., Kaasik, R., Kaart, T., Metspalu, L., Luik, A., Veromann, E. 2017. In search of secondary plants to enhance the efficiency of cabbage seed weevil management. – *Bio-Control*, **62**: 29–38.
- Kumar, D., Maurya, N., Bharati, Y.K., Kumar, A., Kumar, K., Srivastava, K., Chand, G., Kushwaha, C., Singh, S.K., Mishra, R.K., Kumar, A. 2014. *Alternaria* blight of oilseed brassicas: a comprehensive review. – *African Journal of Microbiology Research*, **8** (30): 2816–2829.
- Loit, K., Kiiker, R., Puidet, B., Soonvald, L., Põldmets, M., Mänd, M. 2020. Assessing Bac-toMix 5 efficacy for clubroot control in naturally infested soil. – *Plant Protection Science*, **57** (1): 14–20.
- 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** (4): 312–319.
- Prasad, R., Saxena, D., Chandra, S. 2003. Yield losses by *Alternaria* blight in promising genotypes of Indian mustard. – *Indian Phytopathology*, **56** (2): 205–206.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma*, **136** (1): 199–209.
- Runno-Paurson, E., Lääniste, P., Ereemeev, V., Edesi, L., Metspalu, L., Kännaste, A., Niinemets, Ü. 2021. Powdery mildew (*Erysiphe cruciferarum*) evaluation on oilseed rape and alternative cruciferous oilseed crops in the northern Baltic region in unusually warm growing seasons. – *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-soil And Plant Science*, **71** (6): 443–452.

- Siebold, K., Tiedemann, A. 2012. Potential effects of global warming on oilseed rape pathogens in Northern Germany. – *Fungal Ecology*, **5** (1): 62–72.
- Sooväli, P., Koppel, M., Tarang, T. 2011. Taimahaigused: abiks teravilja ning rapsi haiguste määramisel. Jõgeva: Jõgeva Sordiarituse Instituut. 70 lk.
- Veromann, E., Toome, M., Kännaste, A., Kaasik, R., Copolovici, L., Flink, J., Kovacs, G., Narits, L., Luik, A., Niinemets, Ü. 2013. Effects of nitrogen fertilization on insect pests, their parasitoids, plant diseases and volatile organic compounds in *Brassica napus*. – *Crop Protection*, **43**: 79–88.
- Williams, I.H. 2010. *Biocontrol-based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer. 461 p.

Liblikõieliste jahukaste esinemine punase ristiku sordil 'Varte'

Eve Runno-Paurson¹, Hans-Patrick Mür¹, Helina Nassar¹, Viacheslav Eremeev¹, Liina Talgre¹

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

Abstract. Runno-Paurson, E., Mür, H.-P., Nassar, H., Eremeev, V., Talgre, L. 2022. Occurrence of powdery mildew (*Erysiphe trifolii*) on red clover cultivar 'Varte'. – Agronomy 2022.

Red clover is one of the most widely grown legume species in Estonia, being valuable both as animal feed, in seed production, and as an intermediate crop. Red clover has several important fungal, bacterial and viral diseases, but there is a limited amount of such published research in Estonia. Powdery mildew (*Erysiphe trifolii*) is one of the most yield limiting disease on red clover. The aim of the study was to investigate the extent to which legume powdery mildew (*E. trifolii*) damages the plants of red clover cultivar 'Varte' and is there a difference on infection severity depending on the cultivation method and fertilization? The weather conditions in the experimental year remained rather unfavourable for the pathogen, so that in overall the damage from powdery mildew remained moderately low. The powdery mildew infection not found on the first observation time 18 June. Based on the data from the 2nd observation (10 August), there were significant differences in damage of powdery mildew between cultivation methods and fertilization regimes. The red clover plants in all organic experimental variants were significantly healthier than the plants in the conventional experimental variants, except in treatment variant, which had received a low rate of nitrogen fertilizer (N50) as a precrop. We can conclude that the cultivation method is an influencing factor in the presence of leguminous powdery mildew as well as the amount of pre-fertilizer fertilization, therefore it is recommended to use a balanced fertilization according to the soil analysis.

Keywords: *Trifolium pratense*, *Erysiphe trifolii*, fertilization rate, organic farming, conventional farming

Sissejuhatus

Liblikõieliste jahukaste (*Erysiphe trifolii*) on oluline haigus punasel ristikul (*Trifolium pratense*), kahjustades taime lehti, varsi ja kaunu. See haigus on levinud ka teistel ristikutel, lutsernil ja looduslikel liblikõielistel (Lõiveke, 1995). Haigustunnuseks on lehe ülemisele küljele tekkiv valge ämblikuvõrgutaoline jahune eoste kirm, mis järk-järgult tumeneb (Sooväli, Tamm, 2017). Jahukaste levib väga kiiresti ning seda intensiivistab ka kaaliumi puudus mullas. Haigustekitaja talvitub taimejäänustel ja nakatunud taimedel. Taimed võivad nakatuda kogu kasvuperioodi jooksul, kuid intensiivsem levik on suve keskelt varasügiseni. Jahukastele on suvel eriti vastuvõtlikud närbunud taimed ja sügisel ädal (Sooväli, Tamm, 2017). Haiguse arengut ja levikut suvel soodustavad pikad kuivad ja soojad perioodid, kuid sagedased vihmad taandavad selle (Sooväli, Tamm, 2017). Haiguse leviku vähendamiseks tuleks teine nende koristada õigeaegselt (Sooväli, Tamm, 2017).

Liblikõielised on põllumajanduses olulised kultuurid, sest nad on võimelised mügarbakterite kaasabil omastama ja koguma õhulämmastikku. Punane ristik on

Eestis üks enim kasvatatavaid liblikõielisi liike, olles väärtuslik nii loomasöödana, seemnekasvatases kui ka vahekultuurina (Bender, 2015; Kuht *et al.*, 2020). Punase ristiku kasvatamine külvikorras tõstab mulla üldlämmastiku sisaldust (Kuht *et al.*, 2020). Eesti kliima tingimustes lagunevad haljasväetiskultuuridena kasutamisel liblikõieliste (sh punane ristik) jäänused mullas suhteliselt aeglaselt ja avaldavad külvikorras positiivset mõju veel teisel ja kolmandalgi aastal (Talgre *et al.*, 2017). Punasel ristikul on küll teada rida olulisi seen-, bakter- ja viirushaigusi, kuid Eestis on teadustöid nende kohta piiratud hulgal. Kuna kvaliteetse saagi tagab toitainetega piisavalt varustatud elujõuline ja haigusvaba taimik, siis antud töös vaadeldi pikaajalises külvikorra katses (mahe- ja tavaviljelus) liblikõieliste jahukaste, kui ühe olulise punase ristiku haiguse esinemist. Töö eesmärgiks oli selgitada, millisel määral kahjustab liblikõieliste jahukaste (*E. trifolii*) punase ristiku sorti 'Varte' taimikut ja kas seda mõjutavad viljelusviisid ja väetamine.

Materjal ja meetodika

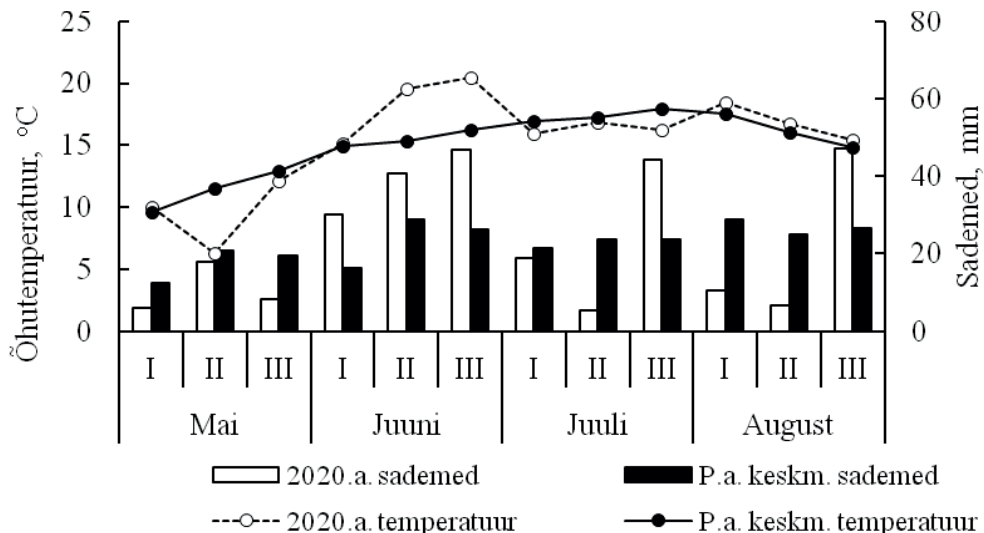
Punase ristiku sordi 'Varte' taimedel hinnati liblikõieliste jahukaste (*E. trifolii*) esinemist 2020. aastal Eerikal Eesti Maaülikooli Taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli pikaajalise külvikorra katses. Punase ristiku sordiks valitud sort 'Varte' on olnud küllalt talve- ja haiguskindel ja üldiselt sobinud Eesti oludes kasvatamiseks (ETKI, 2021). Sort on aretatud Jõgeval Eesti Taimekasvatuse Instituudis.

Katses moodustasid külvikorra järgmised kultuurid: oder ristiku allakülviga, punane ristik, talinisu, põldhernes ja kartul. Antud katses oli vaatluses kaks viljelussüsteemi: maheviljelus ja tavaviljelus. Maheviljeluses oli katses kolm erinevat kasvatussüsteemi: Mahe 0, mis oli talviste vahekultuurideta ja järgis ainult külvikorda, Mahe I, mis oli talviste vahekultuuridega ning Mahe II, mis oli talviste vahekultuuride ja komposteeritud veisesõnnikuga. Veisesõnnikut anti enne odra külvi 10 t ha⁻¹. Maheviljeluses mineraalväetisi ja taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Tavaviljeluses oli katses neli kasvatussüsteemi (Tava 0, I, II ja III), kus ristiku eelviljaks oli oder ristiku allakülviga, mida oli väetatud järgnevalt: Tava 0 (N₀P₀K₀) varianti ei väetatud, Tava I (N₄₀P₂₅K₉₅), Tava II (N₈₀P₂₅K₉₅) ja Tava III (N₁₂₀P₂₅K₉₅). Seega oli väetatud variantides punasele ristikule eelvilja (oder) väetamise mõju. Tavaviljeluse variantides ristikul taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Katsed viidi läbi neljas korduses ning iga katselapi suuruseks oli 60 m². Katseala mullastik oli näivleeturunud (Stagnic Luvisol WRB, 2002) klassifikatsiooni järgi (Deckers *et al.*, 2002), lõimis kerge liivsavi ja kündmisega läbiseatud pindmise huumuskihi paksus 27–30 cm (Reintam, Köster, 2006).

Liblikõieliste jahukaste kahjustust punasel ristikul hinnati katseperioodi jooksul kahel korral: 1) vahetult enne esimest niidet 18. juunil ja 2) enne teist niidet 10. augustil. Iga variandi kõikidel katselappidel hinnati loodusliku nakkuse tingimustes 10 juhuslikult valitud taime kahjustusmäär 0–100% hindamisskaala alusel (Repšiene, Nekrošiene, 2006; James, 1971). Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13, kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Variantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ($p=0,05$).

Tulemused ja arutelu

Antud katses ei olnud ilmastiku tingimused enne esimest niidet (1 hindamine 18. juunil) jahukaste tekitajatele soodsad, kuna haigustunnustega taimi ei leitud. Liblikõieliste jahukaste arenguks soodsamad ilmaolud esinesid aga enne teist hindamist (10. augustil), kuna vaatlus näitas, et punase ristiku taimiku oli nakatunud jahukastega. Siiski jäi taimiku kahjustus pigem mõõdukaks.

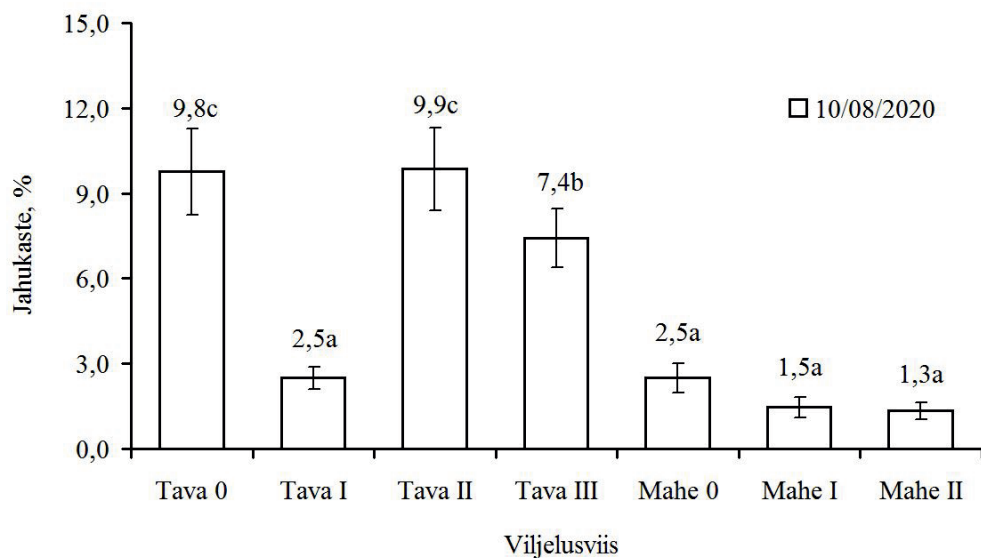


Joonis 1. Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal 2020. aasta vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate (1964–2020) keskmistega.

Nagu märgitud, esimesel vaatluskorral 18. juunil ei leitud jahukaste haigustunnuseid ühegi variandi ristikutaimedelt. Teisel vaatluskorral 10. augustil oli olukord muutunud, jahukastesse olid nakatunud (joonis 2) taimi esines kõigi katsevariantides. Variantide omavahelisel võrdlusel selgus, et oluliselt vähem esines jahukastet Tava I variandi taimedel (2,5%), aga samuti ka kõigi maheviljeluse süsteemi variantide taimedel (Mahe 0, Mahe I ja Mahe II), varieerudes 1,3–2,5% ($p < 0,001$) (joonis 3). Oluliselt rohkem eelmainitud variantidest olid kahjustunud Tava III variandi taimed (7,4%). Võrdselt kõrgeima jahukaste kahjustusega olid väetamata kontrollvariandi (Tava 0) taimed ja variandi Tava II taimed (joonis 3).



Joonis 2. Liblikõieliste jahukaste Eerika katses 2020. aastal (foto E. Runno-Paurson).



Joonis 3. Punase ristiku jahukaste hindamine (%) Eerika pikkajalises mahe-tava katses teisel hindamisel (10. august 2020). Erinevad väiksed tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga.

Antud katse tulemuste põhjal saab järeldada, et punasel ristikul oli viljelusviis liblikõieliste jahukaste esinemist mõjutav faktor. Viljelusviiside võrdlusel selgus, et maheviljeluse variantidel esines jahukastet oluliselt vähem kui enamikel tavaviljeluse variantidel. Erand siin oli Tava I, kus lämmastiku kogus eelviljale oli olnud väikseim (N40). Väetamata kontrollvariandis oli haiguse esinemine samas skaalas kui eelviljale rohkem lämmastiku antud katsevariantide taimedel (Tava II ja Tava III). Sellest järeldub, et lämmastiku kogus eelviljale on jahukaste esinemisel mõjuv faktor, mistõttu soovitatakse kasutada tasakaalustatud väetamist vastavalt mulla analüüsile (Sooväli, Tamm, 2017). Repšiene ja Nekrošiene (2006) leidsid, et rohkem orgaanilist väetist saanud katsevariantide taimedel esines jahukastet rohkem.

Nakatumine liblikõieliste jahukastesse on intensiivsem pärast kuuma ja kuiva perioodi, mil taimede turgor on langenud ja taime vastupanuvõime nõrgenenud (Lõiveke, 1995). Seda kinnitavad ka meie vaatlused, kus esimesel hindamisel jahukastet ei esinenud, kuna tingimused selle tekkeks olid ebasoodsad. Ilmad olid jahedamad ja kuivemad, võrreldes paljude aastate keskmisega. Teiseks hindamiskorraks olid tingimused jahukaste arenguks mõnevõrra soodsamad. Katseaasta ilmastikuolud jäid haigustekitajale pigem vähesoodsateks, mistõttu jäi jahukaste kahjustus suhteliselt madalaks. Kui ilmad oleksid juulis ja augustis olnud soojemad, oleks haigestumusmäär oluliselt tõstnud. Selliseid tulemusi said Repšiene ja Nekrošiene (2006) kolm aastat kestnud uurimustöös, kus jahukaste kahjustus varieerus, sõltuvalt variandist ja aastast, 12–22%. Levikut ja arengut soodustavad pikad ja kuivad perioodid suvel ning seda pidurdavad vihmahood (Sooväli, Tamm, 2017). On leitud, et jahukastet esineb ja ta tekitab rohkem kahju pigem kasvuhooaja lõpupoole (Lõiveke, 2003; Nekrošiene, Tulabiene, 2005). Jahukaste tõrjeks on soovitatud kasvatada haiguskindlaid punase ristiku sorte (Sooväli, Tamm, 2017). Lisaks ilmastikule võib madalaks jäänud kahjustuse põhjuseks olla ka sordi 'Varte' suhteliselt hea vastupanuvõime jahukastele. Eesti Taimakasvatuse Instituudis aastatel 2003–2004 läbiviidud punase ristiku sordivõrdluskatses oli sordil 'Varte' jahukastekindlus teiste sortidega võrreldes keskmisest kõrgem (S. Tamm ja E. Runno-Paursoni avaldamata andmed).

Kokkuvõte

'Varte' on suure haljasmassiga, hea talve- ja haiguskindlusega kodumaine väärtuslik punase ristiku sort. Seni on olnud selle sordi jahukastekastekindluse kohta vähe informatsiooni. Antud katseaastal oli jahukastese nakatumine suhteliselt mõõdukas. Siiski erinesid nakatustasemed erinevate viljelusviiside ja väetamisrežiimide võrdlemisel. Selgus, et kõik maheviljeluse variantide punase ristiku taimed olid oluliselt tervemad, kui enamus tavaviljeluse variantide taimed.

Tänuavaldused

Uurimustööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange „Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes“) ja Eesti Maaülikooli projekt P190259PKTT.

Kasutatud kirjandus

- Bender, A. 2015. Kattevilja agrofooni ja punase ristiku külvisenormi mõju sordi 'Varte' seemnesaagile. – *Agraarteadus*, **26**: 3–11.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. In Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (eds.): Soil Classification 2001. – *European Soil Bureau Research Report No. 7*, EUR 20398 EN: 173–181.
- ETKI, 2021. Punane ristik 'Varte'. Eesti Taimekasvatuse Instituut. <https://etki.ee/sordid/varte-punane-ristik/> (31.03.2021).
- FAO, 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006, Second Edition. *World Soil Resources Report 103*. Food and Agriculture Organization, Rome. 154 p.
- James, W. C. 1971. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation, and usage. – *Canadian Plant Disease Survey*, **51**: 39–65.
- Kim, S., Sinclair, V.A., Räisänen, J., Ruuhela, R. 2018. Heat waves in Finland: present and projected summertime extreme temperatures and their associated circulation patterns. – *The International Journal of Climatology*, **38** (3): 1393–1408.
- Kuht, J., Ereemeev, V., Talgre, L., Alaru, M. 2020. Punase ristiku kasvatamise mõju mulla üldläämastiku sisaldusele erinevates viljelusviisides. – *Agronomiam 2020 lk.* 70–75.
- Lõiveke, H. 1995. Taimekaitse käsiraamat. Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium, Tallinn, 389 lk.
- Lõiveke, H. 2003. Liblikõieliste söödataimede integreeritud taimekaitse. Eesti Maaviljeluse Instituut 2003, 11 lk.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma*, **136** (1): 199–209.
- Repšiene, R., Nekrošiene, R. 2006. Resistance of red clover to diseases and pests under different growing conditions. – *Agronomy Research*, **4** (Special issue): 327–330.
- Nekrošiene, R., Tulabiene, G. 2005. Reducing red clover (*Trifolium pratense* L.) diseases in different fertilisation and liming systems. Integrating Efficient Grassland Farming and Biodiversity – *Proceedings of the 13th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation*, Tartu, Estonia, 29–31 August 2005. Tartu: Eesti Rohumaade Ühing.
- Siebold, K., Tiedemann, A. 2012. Potential effects of global warming on oilseed rape pathogens in Northern Germany. – *Fungal Ecology*, **5**: 62 – 72.
- Sooväli, P., Tamm, S. 2017. Heintaimede kahjustajad ja nende tõrje. – *Taimekaitse käsiraamat*. Jõgeva: Trükikoda Paar. 52 lk
- 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.

Ceutorhynchus sulcicollis arvukus talirapsi põldudel

Silva Sulg, Riina Kaasik, Jonathan Willow, Eve Veromann

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

Abstract. Sulg, S., Kaasik, R., Willow, J., Veromann, E. 2022. *Ceutorhynchus sulcicollis* abundance in winter oilseed rape fields – Agronomy 2022.

Oilseed rape (*Brassica napus*) is a widely cultivated crop with different insect pests causing damage to the crop in different growth stages. In Estonia, cabbage stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus*), whose larvae mine into the stem, is known to cause severe stem damage; similar damage can be caused by blue stem weevil (*Ceutorhynchus sulcicollis*), but knowledge about its abundance and damage extent is lacking. In this study, 60 oilseed rape plants grown in conventional oilseed rape field were collected in spring 2020 and dissected in the laboratory. Half of the plants had been field-treated with insecticide, and half of them were not. Larvae were collected from the stems and placed into soil, triggering pupation. All emerged adults were identified, and both *C. sulcicollis* and *C. pallidactylus* were detected. In autumn 2020, yellow water traps were placed in ten winter oilseed rape fields to monitor abundance of *C. sulcicollis* adults. The results of our pilot study suggest that, while the yellow water trap data revealed low *C. sulcicollis* abundance in winter oilseed rape fields in autumn, under favourable conditions their abundance can increase substantially, even surpassing that of *C. pallidactylus*, potentially enabling *C. sulcicollis* to reach pest status. Our results also suggest the possibility that *C. sulcicollis* populations may currently be susceptible to certain synthetic insecticides.

Keywords: stem-mining pest, winter oilseed rape, new pest, *Brassica*, Curculionidae

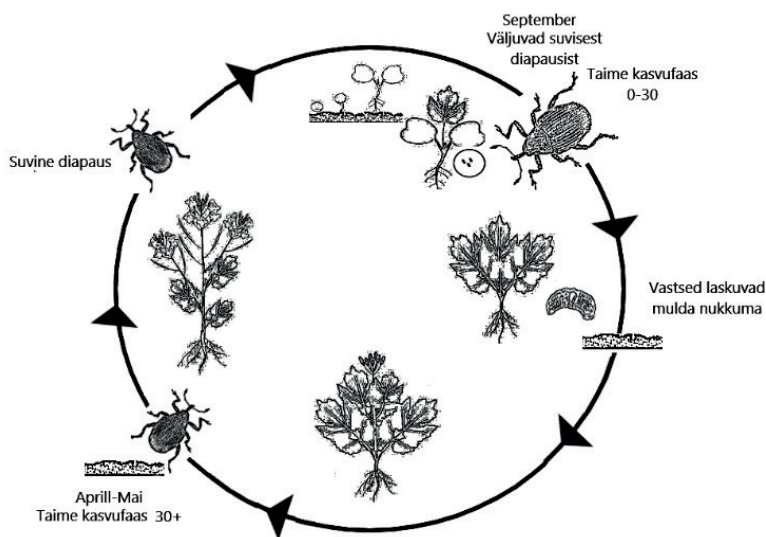
Sissejuhatus

Intensiivne põllumajandus ja monokultuuride kasvatamine suurtel põldudel on soodustanud erinevate taimtoiduliste putukate arvukuse tõusu ja levikut. Taimtoidulised putukad võivad oluliselt kahjustada kultuurtaimi nende erinevates kasvustadiumites, mistõttu on oluline jälgida kahjurite levikut, arvukust kui ka nende poolt tekitatud kahju ulatust kogu kasvuperioodi jooksul. Raps (*Brassica napus* L.), on üks olulisemaid õlikultuure maailmas ja tema suured kasvupinnad pakuvad toidubaasi erinevatele putukatele, kellest paljud on saavutanud kahjuri staatuse (põhjaliku ülevaate rapsi kahjuritest on teinud Williams, 2010).

Eestis võivad rapsi kahjustada naeri-hiilamardikas (*Brassicogethes aeneus* (Fabricius) sün. *Meligethes aeneus*), kõdra-peitkärsakas (*Ceutorhynchus obstrictus* (Paykull) sün. *C. assimilis* (Paykull)), varre-peitkärsakas (*C. pallidactylus* (Marscham), sün. *C. quadridens* (Panzer)), kõdra-pahksääsk (*Dasineura brassicae* (Winertz) ning erinevad maakirbud (*Phyllotreta* spp.), kelle tõrjumiseks kasutatakse erinevaid insektitsiide. Püretroidide toimeainel põhinevate preparaatide suhtes on tekkinud rapsi ühel olulisemal kahjuril, naeri-hiilamardikal, resistentsus (Heimbach *et al.*, 2006; Heimbach, Müller, 2013; Slater *et al.*, 2011; Węgorzek, Zamoyska, 2008; Zimmer *et al.*, 2014), millest ei ole puutumata jäänud ka Eesti (Kann *et al.*, 2020; Kovács *et al.*, 2015; Veromann, Toome, 2011). Resistentsuse probleem on ühelt poolt

suurendanud nõudlust tõhusamate taimekaitsevahendite järele, samas on Euroopa Liidu uus põllumajanduspoliitika suunatud pestitsiidide vähendamise poole.

Integreeritud taimekaitse põhimõtteid rakendades saab efektiivselt mõjutada kahjurite arvukust ja levikut (Begg *et al.*, 2017). Kahjurite levikut ja populatsiooni suurenemist võivad mõjutada ka faktorid, mis ei ole alati põllumajandustootjate poolt kontrollitavad ja hallatavad. Keskkonnatingimuste muutumine (sh. kliimasoojenemine) on kaasa aidanud invasiivsete liikide levikule, nende populatsioonide suurenemisele ja nende püsijäämistele varasemalt neile ebasobivates piirkondades (Aljaryian, Kumar, 2016; Hulme, 2017). Samuti võivad keskkonnatingimuste muutused mõjutada kohalike liikide dünaamikat ja soodustada nende arvukuse tõusu piirini, kus nende elutegevus võib hakata saaki vähendama. Kärsaklaste (*Curculionidae*) sugukonda ja peitkärsakate (*Ceutorhynchus*) perekonda kuuluva *Ceutorhynchus sulcicollis* bioloogiat on vähe kirjeldatud, kuid teadaolevalt on kärsakas aktiivne kogu talve jooksul ning sõltuvalt talve tingimustest võib muneda sügisest kuni kevadeni (Dieckmann, 1972; Hayn, 1970) (Joonis 1.).



Joonis 1. *Ceutorhynchus sulcicollis* arengutsükkel (originaaljoonis).

Ceutorhynchus sulcicollis muneb lehtede alumisele küljele, varre epidermisesse ja vastsed kaevandavad ennast mööda lehte varre sisse, kus kaevandades põhjustavad varrekahjustusi, mis on sarnane varre-peitkärsaka kahjustusele. Varre sees kasvavad ja kaevandanud viimase kasvujärgu vageltõugud väljuvad varrest ja laskuvad mulda nukkuma. Eduka nukkumise läbinud valmikud väljuvad mullast aprillis ning pärast lühiaegset toitumist liiguvad varjulistesse kohtadesse, et läbida suvine diapaus. Valmikud hakkavad uuesti liikuma alates septembrist. *Ceutorhynchus sulcicollis* käitumine on sarnane sama perekonna liigiga *C. picitarsis* Gyllenhal, kes on samuti suvel diapausis ja ilmub põldudele septembris ning sobiva temperatuuri kor-

ral on võimeline munema terve sügise ja talve (Barari *et al.*, 2005), kuid keda Eestist veel leitud ei ole. Varasemalt on Eestis talirapsil 2005. aastal leitud ainult kümme *C. sulcicollis* isendit (kollaste vesipüüniste abil) ning sellele eelnenud uuringutes aastatel 2002–2003 neid kahjureid talirapsilt ei leitud (Veromann *et al.*, 2006, 2006a, 2006b). Grantina (2012) märkis, et *C. sulcicollis*'e arvukus Lätis erines aastate lõikes koguni 11 korda (2009 aastal <100 isendit; 2011 aastal 843 isendit) ning teatud tingimustel võib arvukus suurenedagi ja sellest tulenevalt tekitada ka saagikadu. Käesolev artikkel kajastab nii varasemalt avaldatud (Sulg *et al.*, 2021), kui avaldamata põldkatset andmeid. Uuring annab ülevaate *C. sulcicollis*'e leidudest Eestis 2020. aastal koos aruteluga võimalike põhjuste üle.

Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi 4. mail 2020 töötlemata talirapsi põllul Nasja külas Tartumaal (58.37389°N, 26.33114°E). Katse jaoks korjati kolmkümmend talirapsi taime kasvufaasis BBCH 30–31. Taimed toodi Eesti Maaülikooli taimetervise õppetooli laborisse, kus need isutati ümber 5 L taimepottidesse. Iga taim koos potiga isoleeriti õhukese vaaalkangast kotiga, et välistada võimalike muude putukate juurepääsu taimedele. Taimi kasvatati laboris kuu aega 20–22 °C juures, 16:8 h valguse ja pimeduse režiimiga. Ühe kuu möödumisel hakkasid taimed närbuma ning põhjuste väljaselgitamiseks lahati kõik 30 taime 1. juunil 2020. Lahkamise käigus selgus, et taimede varred olid kahjustatud ja nendes kaevandasid vageltõugud. Kuna vastsete määramine liigini ei ole usaldusväärne ja määrangute läbiviimiseks loodi vastsetele sobivad tingimused nukkumisfaasi läbimiseks. Kogutud vastsed asetati nukkuma niiske mullaga kasti kasvatuskappi, kus temperatuur oli 20 °C, õhuniiskuse 60%, 16:8 h öö/päeva režiimiga. Mulla niiskust kontrolliti ja vajadusel niisutati. Edukalt nukkumise läbinud valmikumid koguti kokku ning määrati liigini, kasutades nii Kirk (1992) ja Morris (2008) määrajaid ja võrreldi näidiseksemplaridega nii Eesti Maaülikooli entomoloogilisest kogust kui ka Prantsusmaalt Terres Inovia teadlaste poolt saadetud kinnitatud määranguga isenditega.

Teistkordselt korjati 30 talirapsi taime samalt põllult 1. juunil 2020. Talirapsi taimed olid põllul töödeldud Proteus OD preparaadiga 5. mail 2020. Taimed lahati laboris, leitud vastsed kasvatati välja eelnevalt kirjeldatud tingimustes ja edukalt nukkumise läbinud valmikumid määrati liigini. Eespool kirjeldatud meetodika on varasemalt avaldatud Sulg jt (2021).

Täiendavate andmete kogumiseks kahjuri leviku hindamisel viidi läbi põldkatse 2020. aasta sügisel Tartumaal talirapsi tootmispõldudel kasutades kollast värvi, UV aktiivse värviga, vesipüüniseid. Katse jaoks valiti 10 talirapsi põldu (talirapsi külvati põldudele augustis) ning igale põllule paigutati 6 kollast vesipüünist kahte ritta, 3 püünist asusid 5 m kaugusel põllu servast ning üksteisest 10 m kaugusel. Teises reas oli 3 püünist, mis asetati põlluservast 10 m kaugusel ning sarnaselt esimesele reale, oli püüniste vahele jäetud 10 m. Vesipüünised täideti ~300 ml veega ning pindpidevuse vähendamiseks lisati lõhnutatut ökoloogilist nõudepesuvahendit. Vesipüünised paigutati põldudele 10. septembril (BBCH 00–15) ning tühjendati kuni 3. detsemb-

rini, mil õhutemperatuur langes allapoole nulli. Andmeanalüüsiks kasutati R-studio programmi v1.2.1335.

Tulemused ja arutelu

Maikuu alguses põldudel kogutud ja siis laboris kasvatatud taimedest, mida insektitsiidiga ei töödeldud, leiti kokku 280 vageltõuku, samal põllul kasvanud ja insektitsiidiga töödeldud taimedest leiti vaid 35 vageltõuku. Keskmiselt leiti töötlemata taimest $9,33 \pm 1,41$ (StErr) vastset, mis oli kaheksa korda kõrgem kui töödeldud taimest, kust leiti keskmiselt $1,17 \pm 0,28$ vastset taime kohta. Eduka nukkumise läbis 90% töötlemata taimedest leitud vageltõukudest, kellest 204 määrati liigiks *C. sulcicollis* ja 47 varre-peitkärsakaks (*C. pallidactylus*). Töödeldud taimedest leitud 35 vageltõugust, läbis edukalt nukkumise ainult kaks isendit, kellest üks määrati kui *C. sulcicollis* ja teine varre-peitkärsakaks. (Sulg *et al.*, 2021)

Meie tulemus võib viidata sellele, et putukatel tekkisid peale töötlust arenguhäired, mistõttu ei suutnud nad edukalt nukkuda (Heneberg *et al.*, 2020).

Ceutorhynchus sulcicollis on aktiivne peamiselt sügisel, kuid soojema talve korral võivad nad olla aktiivsed kogu talve jooksul. Riigi Ilmateenistuse andmetel oli 2019. aasta talv erakordselt soe, keskmine õhutemperatuur oli $+2,5$ °C ületades pikaajalist keskmist (norm $-3,3$ °C) 5 kraadi võrra, alates talvest 1961/1962 ei ole Eestis nii sooja talve esinenud (Riigi Ilmateenistus, 2020a; Sulg *et al.*, 2021). Sellised tingimused olid *C. sulcicollis*'isele munemiseks soodsad ja ta sai muneda kogu sügise ja talve jooksul. Liigi arvukus oli ootamatu, mistõttu viidi läbi sügisel põldkatsed arvukuse ja leviku edasiseks hindamiseks. Põldkatse kinnitas, et *C. sulcicollis* oli aktiivne ka sügisel, kuid tema arvukus oli madal ja ei küündinud taimi kahjustava tasemeni. Kokku leiti vahemikus 10.09–3.12.2020 vesipüünistest ainult 13 *C. sulcicollis*'e isendit. Kuigi vesipüüniste katse ajal püsis keskmine õhutemperatuur $9,6$ °C juures, ei soosinud talvised madalad temperatuurid ja talvine lumikate *C. sulcicollis*'ise arengut, sest taimik hävis. Paks lumikate takistas ka putukate levimist põldudel. Võrreldes 2019/2020 ja 2020/2021. aasta talvesid, oli viimane oluliselt külmem ning keskmine õhutemperatuur oli $-2,7$ °C (Riigi Ilmateenistus, 2020b). Kuigi *C. sulcicollis*'e arvukus ei olnud sügisel vesipüüniste katses kõrge, näitasid kevadel lahatud taimede tulemused, et nende kahjustus võib olla soojade ja lumikatteta talvede korral olla märkimisväärne. Insektitsiidide kasutamine on hetkel efektiivne meetod *C. sulcicollis*'e tõrjeks, sest siiani puuduvad andmed resistentsuse arengu kohta. Kindlasti on oluline jälgida kahjurite arvukust ja tegevust rapsi põldudel ka sügisel. Samas näitasid meie sügis-talvised 2020/2021 katsed, et Eestile tavalaste külmakraadide ja lumikatteta talvede korral see putukas kahjuri staatusesse ei tõuse.

Kokkuvõte

Käesolev uurimustöö näitas, et *C. sulcicollis* võib Eestis soojade ja lumikatteta talvede korral (nagu oli 2019/2020) aktiivselt tegutseda talirapsi põldudel ja nende arvukus võib ületada varre-peitkärsaka oma. Samas järgnev sügis/talv enam neile

soodne ei olnud ja seega püsivat ohtu talirapsile *C. sulcicollis* ei kujuta, kuid kindlasti on oluline jätkata *C. sulcicollis* vaatlustega ja seda just lumikatteta ja soojadel talvedel.

Tänuavaldused

Soovime tänada Terres Inovia instituudi teadureid Céline Robert ja Antoine Lauvernay, kes olid väga abivalmid ja saatsid meile näidiseksemplare *C. sulcicollise* määramiseks. Lisaks täname rapsipõldude omanikke, kes lubasid oma põldudel katseid läbi viia.

Kasutatud kirjandus

- Aljaryian, R., Kumar, L., 2016. Changing global risk of invading greenbug *Schizaphis graminum* under climate change. *Crop Protection*, **88**: 137–148.
- Barari, H., Cook, S.M., Clark, S.J., Williams, I.H., 2005. Effect of a turnip rape (*Brassica rapa*) trap crop on stem-mining pests and their parasitoids in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *BioControl*, **50**: 69–86.
- Begg, G.S., Cook, S.M., Dye, R., Ferrante, M., Franck, P., Lavigne, C., Lövei, G.L., Mansion-Vaquie, A., Pell, J.K., Petit, S., Quesada, N., Ricci, B., Wratten, S.D., Birch, A.N.E., 2017. A functional overview of conservation biological control. *Crop Protection*, **97**: 145–158.
- Dieckmann, L., 1972. Beiträge zur Insektenfauna der DDR: Coleoptera-Curculionidae: Ceutorhynchinae. Beitr. Zur Entomol. *Contributions to Entomology*, **22**: 3–128.
- Grantina, I., 2012. Brassica stem and pod weevil (*Ceutorhynchus* spp.) and brassica pod midge (*Dasineura brassicae*) biology, ecology and economical importance in Latvia. Doktoritöö.
- Hayn, W., 1970. *Ceutorhynchus leprieuri* Brisout und *Ceutorhynchus sulcicollis* Paykull (Coleoptera: Curculionidae). Beitr. Zur Entomol. *Contributions to Entomology*, **20**: 225–300.
- Heimbach, U., Müller, A., 2013. Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany: Pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany. *Pest Management Science*, **69**: 209–216.
- Heimbach, U., Müller, A., Thieme, T., 2006. First steps to analyse pyrethroid resistance of different oilseed rape pests in Germany. *IOBC-WPRS Bulletin*, **29**, 131.
- Heneberg, P., Bogusch, P., Astapenkova, A., Řezáč, M., 2020. Neonicotinoid insecticides hinder the pupation and metamorphosis into adults in a crabronid wasp. *Scientific Reports*, **10**, 7077.
- Hulme, P.E., 2017. Climate change and biological invasions: evidence, expectations, and response options: Alien species and climate change in Great Britain. *Biological Reviews*, **92**: 1297–1313.
- Kann, L., Sooväli, P., Tamm, 2020. Veepehmendi ja lambda-tsühalotriini koosmõju naerihii-lamardikate tõrjes. *Agronoomia* **2020** : 147–151.
- Kirk, W.D.J., 1992. Insects on cabbages and oilseed rape. Richmond Publishing.
- Kovács, G., Kaasik, R., Kortspärn, K., Metspalu, L., Luik, A., Veromann, E., 2015. Naeri-hii-lamardika resistentsusprobleem Eestis näitab süvenemise märke. *Agronoomia* **2015**: 138–141.

- Morris, M.G., 2008. Handbooks for the identification of British insects: True weevils. (Coleoptera: Curculionidae, Ceutorhynchinae). *Royal Entomological Society*.
- Riigi Ilmateenistus, 2020a. Meteoroloogiline talv 2019/2020 Eestis [WWW]. <https://www.ilmateenistus.ee/2020/03/erakordselt-sooja-talve-ulevaade/> (10.12.2021)
- Riigi Ilmateenistus, 2020b. Meteoroloogiline sügis 2020 [WWW]. <https://kaur.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=a5ca0baad5344a0295ea1e3940e7ff85> (10.12.2021).
- Slater, R., Ellis, S., Genay, J.P., Heimbach, U., Huart, G., Sarazin, M., Longhurst, C., Müller, A., Nauen, R., Rison, J.L., Robin, F., 2011. Pyrethroid resistance monitoring in European populations of pollen beetle (*Meligethes* spp.): a coordinated approach through the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). *Pest Management Science*, **67**: 633–638.
- Sulg, S., Kaasik, R., Willow, J., Veromann, E., 2021. Blue stem weevil (*Ceutorhynchus sulcicollis*) – a potential threat to oilseed rape production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* : 1–3.
- Veromann, E., Luik, A., Kevvää, R., 2006. Oilseed rape pests and their parasitoids in Estonia. *IOBC-WPRS Bulletin*, **29**: 165–172.
- Veromann, E., Luik, A., Metspalu, L., Williams, I.H., 2006a. Key pests and their parasitoids on spring and winter oilseed rape in Estonia. *Entomologica Fennica*, **17**: 400–404.
- Veromann, E., Tarang, T., Kevvai, R., Luik, A., Williams, I., 2006b. Insect pests and their natural enemies on spring oilseed rape in Estonia: impact of cropping systems. *Agricultural and Food Science*, **15**: 61–72.
- Veromann, E., Toome, M., 2011. Pollen beetle (*Meligethes aeneus* Fab) susceptibility to synthetic pyrethroids – pilot study in Estonia. *Agronomy Research*, **9**: 365–369.
- Węgorzek, P., Zamoyska, J., 2008. Current status of resistance in pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) to selected active substances of insecticides in Poland. *EPPO Bulletin*, **38**: 91–94.
- Williams, I.H. 2010. The major insect pests of oilseed rape in Europe and their management: an overview. – Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests. Springer Netherlands. Toim. Williams, I.H. Dordrecht : 1–43.
- Zimmer, C.T., Köhler, H., Nauen, R., 2014. Baseline susceptibility and insecticide resistance monitoring in European populations of *Meligethes aeneus* and *Ceutorhynchus assimilis* collected in winter oilseed rape. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **150**: 279–288.

Aiandus

Horticulture

Sordi mõju aroonia (*Aronia* sp.) viljade kvaliteedile

Liina Arus¹, Reelika Rätsep^{1,2}

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Polli aiandusuuringute keskus

² Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini- ja loomakasvatuse instituudi toidu- ja kõrvalsaaduste väärimise tehnoloogiate ERA õppetool (VALORTECH)

Abstract. Arus, L., Rätsep, R. 2022. The effect of cultivar on chokeberry (*Aronia* sp.) fruit quality. – Agronomy 2022.

Although chokeberry (*Aronia melanocarpa*) has been traditionally cultivated as a fruit-bearing and ornamental plant originating from seed propagation, its wider spreading in Estonia started lately. In the past few years, the prise-lists of nurseries have offered many different chokeberry cultivars, but there is a lack of knowledge of advantages of these cultivars. The main aim of the current research was to compare the yield parameters and fruit quality of six black chokeberry (*A. melanocarpa*) cultivars ('Aron', 'Galicjanka', 'Nero', 'Valkira', 'Viking', 'Tšernookaja') and one *A. prunifolia* cultivar 'Hugin' in Estonian climatic conditions in 2019–2021. The experimental plantation was established in 2017 at Seedri Nursery, Viljandi county, Estonia. The yield and fruit quality of the black chokeberries were affected by both year and cultivar properties. The highest yield was recorded for Russian origin 'Tšernookaja' and Polish 'Galicjanka' (> 2 kg per bush). The cultivars 'Viking', 'Aron' and 'Tšernookaja' had the biggest fruit weight (1,2 g). The *A. prunifolia* cultivar 'Hugin' had high yield, but the smallest fruit clusters and fruit weight (0,43 g), therefore having more decorative value. The cultivar 'Hugin' was the richest in polyphenolics and presented high soluble solids (°Brix) and the lowest titratable acids content. Therefore 'Hugin' is not recommended for beverage production. The cultivar 'Galicjanka' presented the lowest soluble solids, polyphenols and anthocyanins in fruits. The rest of the cultivars 'Aron', 'Nero', 'Valkira', 'Viking' and 'Tšernookaja' showed more stable fruit quality suitable for processing.

Keywords: *Aronia* sp., yield, fruit mass, biochemical composition

Sissejuhatus

Perekonnas Aroonia (*Aronia*) on kaks liiki: tume aroonia (*A. melanocarpa*) ja punane aroonia (*A. arbutifolia*). Ploomilehist arooniat (*A. prunifolia*) peavad mõned botaanikud perekonna kolmandaks liigiks, teised aga tume aroonia ja punase aroonia looduslikuks hübriidiks (*A. × prunifolia*) (Kokotkiewicz *et al.*, 2010). Aroonia on pärit Põhja-Ameerikast, Euroopasse jõudsid nad 17. saj. keskpaigas, kuid marjakultuurina neil tähtsust ei ole. Marjakultuurina levinud aroonia on aga vene sordiaretaja I.V. Mitšurini poolt aretatud arooniasort XX sajandi algusest. Ristamisel kasutas ta tume arooniat (*A. melanocarpa* × harilik pihlakas või *A. melanocarpa* × ploomilehine aroonia) ning tulemuseks sai marjakultuurina kasvatatava uue aroonia liigi, musta aroonia - *Sorbaronia mitschurinii* (A.K.Skvortsov et Maitul.) Sennikov (nimetatakse ka pihlaroonia, aedaroonia, harvem Mitšurini aroonia) (Niiberg, Roht, 2020). Enamasti kasutatakse ladinakeelse nimetusena *A. melanocarpa* (Michx.) Elliott.

Marjakultuurina kasvatatav aroonia on Ida-Euroopas ja Skandinaavias väga levinud tänu oma väga headele omadustele, milleks on vastupidavus madalatele temperatuuridele, tolerantus kasvutingimuste suhtes ja vähene haiguste ning kahjurite

olemasolu (Scott, Skirvin, 2007). Siiski võib mustalt aroonialt leida mitmesuguseid kahjureid, peale lehetäide on nende puhul tegemist pigem väheoluliste kahjustajatega. Viimastel aastatel on aga Poolas leitud musta aroonia õiepungi massiliselt kahjustamas leediklase *Acrobasis (Trachysera) advenella* röövikuid (Metspalu, 2020). Muutuvas kliimaatilises olukorras võib edaspidi see kahjur oluliseks muutuda ka meil.

Eestis hakkas aroonia levima ilmselt peale Teise maailmasõja lõppu, paljundusmaterjalina kasutati eelkõige paremate vormide seemneid. Arooniakasvatuse tippaeg jäi 1980ndate aastate keskpaika, kui Eesti Statistikaameti andmetel oli meil 385 ha aroonia istandikke (Kask, Piir, 1980). Peale seda vajadus tööstuses kasutatavate marjade järgi vähenes oluliselt ning istandikud likvideeriti või hüljati. Viimastel aastatel on huvi arooniakasvatuse vastu olnud tõusuteel, rajatakse uusi istandikke, eelkõige kultuuri maheviljelusviisil kasvatamiseks. Arooniat saab hõlpsasti koristada marjakombainiga.

Musta aroonia sorte ei ole väga palju. Aroonia sorte on aretatud Soomes, Taanis, Rootsis, Tšehhis (Jeppsson, 2000a), Poolas (Ochmian *et al.*, 2012), Venemaal. Sordiaretuse peamine suund on olnud saada suuremad viljadega sorte ja/või dekoratiivseid sorte. Sordid, mida kasutatakse viljade saamise ehk saagi eesmärgil on aretatud tume arooniast (*A. melanocarpa*). Tuntumad musta aroonia sordid on 'Viking' ja 'Kurkumäcki' (Soome), 'Nero' (Tšehhi), 'Aron' (Taani), 'Galicjanka' (Poola), 'Rubina' (Vene ja Soome päritolu taimede ristand). Musta aroonia sordid erinevad üksteisest üsna vähe. 'Nero' on üks madalaima kasvuga sort. Rootsis aretatud 'Hugin' on plomilehise aroonia sort.

Must aroonia on väärtuslik ja hinnatud tooraine moosi, siirupi, mahla, veinide ja likööri valmistamisel, aga ka naturaalse toiduvärvina kui tumeda värvuse andja. Aroonia on hinnatud antioksidantide, eelkõige polüfenoolsete ühendite (neoklorogeen- ja klorogeenhape, antotsüaanid, proantotsüanidiinid) sisalduse poolest (Jurikova *et al.*, 2017; Rodríguez-Werner *et al.*, 2019). Polüfenoolsete ühendite sisalduse poolest on aroonia võrreldav musta sõstraga (Benvenuti *et al.*, 2004). Üldtuntud on aroonia vererõhku alandav ja põletikuvastane toime. Täisküpsed aroonia viljad on magusad ja üsna tugevalt kootava/ suud kuivaks tegeva maitsega.

Käesoleva uuringu eesmärgiks oli selgitada erinevate arooniasortide saagikus Eesti tingimustes ning hinnata saagi ja viljade kvaliteeti.

Materjal ja meetoodika

Erinevate arooniasortidega istandik on rajatud 2017. aastal Seedri Puukooli OÜ (Viljandi maakond, Mulgi vald, Polli küla) vähelevinud marjakultuuride katseaeda. Musta aroonia sorte istandikus on 6: 'Aron' (Taani), 'Galicjanka' (Poola), 'Nero' (Rootsi), 'Valkira' (Venemaa), 'Viking' (Soome) ja 'Tšernookaja' (Venemaa), lisaks hinnati plomilehise aroonia 'Hugin' (Rootsi) saagi ja viljade omadusi.

Viljad korjati, kaaluti ning mõõtmised tehti nende täisküpsusfaasis: 13. aug. 2019.a. 20. aug. 2020 ja 23.aug. 2021. Kõik musta aroonia sordid valmisid üheaegselt, vaid plomilehise aroonia sort 'Hugin' valmis igal aastal teistest kaks nädalat

hiljem. Saagikus hinnati kõigil katseaastatel pallides (kolmes korduses), kus 9 palli – saagikus väga rikkalik, 1 pall – saak puudub. Lisaks arvestati igal aastal saagikus kg põõsa kohta (käsitsikorje), milleks korjati 5 järjestikuse põõsa saak ja arvutati keskmine. Kobara massi ja viljade arvu hindamiseks kobaras kaaluti 5 kobarat, loendati viljade arv, arvutati keskmine. Viljade keskmine mass saadi 100 vilja kaalumise teel.

Analüüsimiseks vajaminevad viljad (ca 200 g) korjati täisküpsusfaasis ning proovid säilitati kuni analüüsideni -20 °C juures. Biokeemilised analüüsid tehti EMÜ PKI Polli aiandusuuringute keskuse analüüsiüksuse biokeemialaboris. Viljade raku-mahla kuivaine sisaldus (°Brix) määrati ABBE digitaalse refraktomeetriga (Comecta, S.A, Hispaania). Tiitritavate hapete sisaldus (näitab hinnangulist orgaaniliste hapete sisaldust) määrati 0,1N NaOH-ga tiitrimisel arvutatuna õunhappele (m%) ja askorbiinhappe sisaldus (mg 100 g⁻¹ värske marja kohta) määrati Tilmans'i lahusega tiitrimisel kasutades automaat-titraatorit Titrando 905 (Metrohm, Šveits). Polüfenoolide üldsisaldus (arvutatuna mg klorogeenhappe ekvivalentides 100 g värske marjamassi kohta) ja antotsüaanide üldsisaldus (arvutatuna mg tsüanidiin-3-glükosiidi ekvivalentides 100 g värske marjamassi kohta) määrati vedelikkromatograafiliselt (Shimadzu Nexera X2, Kyoto, Jaapan).

Andmete statistiliseks töötlemiseks kasutati ühe- ja kahefaktorilist dispersioonanalüüsi programmis MS Excel 2013. Kõik mõõtmised ja määramised tehti kolmes korduses. Saadud tulemusi kontrolliti Tukey testiga.

Tulemused ja arutelu

Musta aroonia taimede eluiga on pikk, kuni 14–15 aastani saab temalt rikkalikult vilju (Kawecki, Tomaszewska, 2006). Pärast seda taimede tootlikus langeb, kuid asjatundlikke istandiku uuendamise võtteid kasutades võib istandiku eluiga pikendada ilma olulise saagikuse languseta (Kask, Piir, 1980). Sõltuvalt kasvutingimustest ja taime vanusest võib saagikus olla 5–20 kg põõselt (Kawecki, Tomaszewska, 2006). Kask ja Piir (1980) on märkinud, et saak põõsa kohta saagikande algul on 0,6–1,5 kg, tõuseb 5. aastaks 6 kg-ni, saavutades pärast seda kuni 12 kg. Poolas on aroonia saagikus taime kohta olnud 4,9–6,9 kg (Skupien *et al.*, 2008). Meie katses oli 2019. a aroonia taimedele kolmas kasvuaasta. Seega oli tegemist väga noorte taimedega oma saagikandea alguses. Kolmandaks saagiaastaks andsid arooniasordid keskmiselt 2,33 kg vilju põõsa kohta. Järgnevatel aastatel on oodata saagikuse üsna järsku tõusu. Kolme saagiaasta keskmisena olid saagikamad Poola päritolu sort 'Galicjanka' ja Venemaa päritolu 'Tšernookaja'. Mõlema sordi saak taime kohta ületas 2 kg. Ka ploomilehise aroonia sort 'Hugin' on üsna saagikas (Tabel 1), kuid saagi muude omaduste poolest, mis pole majanduslikust seisukohast eriti perspektiivsed (Tabel 2), selle saagikust täpsemalt ei hinnatud. Sarnaselt meie katses saadud tulemustele leidis Jeppsson (2000a) oma uuringus sordiga 'Viking', et saagikus ja keskmine vilja mass on sõltuvad eelkõige aastast; olenevalt aastast oli saagikus nende katses 0,3–1,1 kg põõsa kohta ning mineraalväetiste ja sõnniku kasutamine Rootsis (50 kg N ha⁻¹, 44 kg P ha⁻¹, 100 kg K ha⁻¹) suurendas sellel sordil saagikust enam kui poole võrra (1,9 kg põõselt).

Tabel 1. Aroonia sortide saagikus (kg põõsa kohta)

	Saak põõsa kohta (kg)				Keskmine saak, pallides*
	2019	2020	2021	Keskm.	Keskm.
'Aron'	0,71	0,62	1,00	0,78 c	5,6 d
'Galicjanka'	2,42	1,48	2,98	2,29 ab	7,7 ab
'Hugin'					7,3 bc
'Nero'	0,45	1,04	1,48	0,99 c	5,8 d
'Tšernookaja' ('Черноокая')	2,72	0,94	4,83	2,83 a	8,0 a
'Valkira' ('Валькирия')	1,35	0,62	1,80	1,26 bc	6,9 c
'Viking'	1,07	1,31	1,90	1,43 bc	7,1 c
Keskmine	1,45	1,00	2,33		

*Saagikus pallides (1 – saak puudub, 9 – saak väga rikkalik); Erinevad tähed tulpadel väljendavad variantide vahelist usutavat erinevust ($P \leq 0.05$).

On leitud, et niisamuti nagu saagikus on ka vilja keskmine mass sõltuv eelkõige konkreetse aasta tingimustest (Jeppsson 2000a). Mõned uurimused tõdevad, et musta aroonia sortide viljade massid ei erine üksteisest oluliselt (Jeppsson 2000a); teistes on aga esinenud sortide vahel usutavaid erinevusi (Ochmian *et al.*, 2012). Meie katses mõjutas aroonia viljade keskmist massi nii aasta kui ka sort (Tabel 2). 2021. a. olid viljad eelnevate aastatega võrreldes väiksemad, mis on seotud selle aasta juulikuisest sademete puudusest ja väga kõrgetest õhutemperatuuridest. Musta aroonia sortide keskmine vilja mass kolme aasta keskmisena varieerus 1,03–1,2 g. Kõige suuremate viljadega musta aroonia sordid olid 'Aron', 'Viking' ja 'Tšernookaja' (3 aasta keskmine vilja mass vastavalt 1,2, 1,18 ja 1,18 g). Poolas ja Rootsis tehtud uuringutes jäi sortide 'Aron', 'Viking' viljade mass meie katsega võrreldes väiksemaks, 0,61–0,995 g (Jeppsson 2000a; Ochmian *et al.*, 2012). Poolas tehtud katsetes on olnud kõige suuremate viljadega sort nende enda sort 'Galicjanka' – 1,12 g (Ochmian *et al.*, 2012), meie katses oli tema keskmine vilja mass 1,03 g. Kõige väiksemate viljadega (0,43 g), kõige vähem vilju kobaras (11,9 tk) ja seega ka kõige väiksema kobara massiga (5,7 g) oli ploomilehise aroonia sort 'Hugin'. Teistest sortidest enam vilju kobaras ja suurema kobara massiga olid 'Galicjanka' ja 'Viking'. 'Sordil 'Galicjanka' oli keskmiselt vilju kobaras 20,7 tk ja keskmine kobara mass 21,7 g; sordil 'Viking' olid need arvud vastavalt 19,0 tk ja 22,7 g. Bosnia ja Hertsegoviina teadlased hindasid sordi 'Nero' kobara massi (kuni 18,3 g) ja viljade arvu kobaras (14,5 tk) ja leidsid, et viljad on suuremad (kuni 1,2 g) viljakal mullal või kui on kasutatud mineraalväetisi kombineerituna orgaanilistega (Skender *et al.*, 2017).

Tabel 2. Aroonia sortide kobara mass (g), vilja mass (g) ja viljade arv kobaras (tk) kolme aasta (2019–2021) keskmisena

Aroonia sort	Kobara mass, g	Vilja mass, g	Viljade arv kobaras, tk
'Aron' (<i>A. melanocarpa</i>)	21,2 b	1,20 a	17,2 cd
'Galicjanka' (<i>A. melanocarpa</i>)	21,7 ab	1,03 c	20,7 a
'Hugin' (<i>A. prunifolia</i>)	5,7 e	0,43 d	11,9 e
'Nero' (<i>A. melanocarpa</i>)	19,5 cd	1,12 b	18,4 bc
'Tšernookaja' (<i>A. melanocarpa</i>)	20,3 bc	1,18 a	17,1 d
'Valkira' (<i>A. melanocarpa</i>)	18,7d	1,07 c	17,1 d
'Viking' (<i>A. melanocarpa</i>)	22,7 ab	1,18 a	19,0 ab
Aasta mõju			
2019.a.	19,7 A	1,05 A	18,1 A
2020.a.	19,7A	1,04 A	18,4 A
2021.a.	16,2B	1,0 B	15,5 B

Erinevad tähed tulpadel väljendavad variantide vahelist usutavat erinevust ($P \leq 0.05$).

Arooniat hinnatakse eelkõige tumedate viljade ja nendes sisalduvate tervislike ühendite (polüfenoolide, sh antotsüaanide) tõttu. Põhilistest tehnoloogilistest parameetritest on olulised mahlas lahustunud kuivaine ja tiitritavad happed. Käesolevas katses varieerus arooniasortide mahlas lahustunud kuivaine sisaldus 3 aasta keskmisena vahemikus 15,4–18,6 °Brix (Tabel 3). Sordil 'Hugin' oli statistiliselt usutavalt kõrgeim mahla kuivaine sisaldus (18,6 °Brix) võrreldes teiste katsesortidega. Sarnaseid tulemusi on raporteerinud ka Poola teadlased (Ochmian *et al.*, 2012). Sortide 'Aron', 'Nero' ja 'Viking' puhul on saadud Rootsi tingimustes °Brix väärtusteks 16,2–18,3 (Jeppson 2000a). Aroonia viljad on üldiselt madala hapete sisaldusega (Ochmian *et al.*, 2012). Hapete sisaldus on määrava tähtsusega mahlatoodete maitse, mikrobioloogilise stabiilsuse ja ka värvuse säilitamise tõttu. Meie katses jäi tiitritavate hapete sisaldus vahemikku 0,73–1,57% (Tabel 3). Poolas tehtud katsetes oli sordi 'Hugin' viljades 1,05% ja sordi 'Galicjanka' viljades 0,75% happeid (Ochmian *et al.*, 2012). Meie katsetes aga oli vastupidine tendents, happeid oli sordi 'Hugin' viljades 0,73% ja sordil 'Galicjanka' 1,43%. Hapete ja mahla kuivaine kogunemisele viljadesse avaldab suurimat mõju kasvuaasta ilmastik (Jakonek *et al.*, 2012).

Tabel 3. Aroonia sortide viljade biokeemiliste ühendite sisaldus kolme katse aasta (2019–2021) keskmisena

Aroonia sort	Mahla kuivaine, °Brix	Tiitritavad happed, %	Askorbiinhappe sisaldus, mg 100g ⁻¹	Polüfenoolide üldsisaldus, mg 100g ⁻¹	Antotsüaanide üldsisaldus, mg 100g ⁻¹
'Aron'	17,2 b	1,50 bc	28,3 ab	757,6 b	488,9 c
'Galicjanka'	16,0 e	1,43 d	24,7 b	635,8 d	414,7 e
'Hugin'*	18,6 a	0,73 e	10,2 d	1328,5 a	724,4 a
'Nero'	16,2 d	1,49 c	26,0 ab	709,1 c	449,0 d
'Tšernookaja'	15,4 g	1,57 a	26,4 ab	705,0 c	451,2 d
'Valkira'	15,8 f	1,52 b	18,1 c	722,9 c	457,4 d
'Viking'	16,3 c	1,52 b	30,1 a	774,2 b	512,9 b
Sortide keskmine	16,5	1,39	23,4	804,7	499,8

*sordi 'Hugin' tulemused kahe katse aasta (2019–2020) keskmisena; Erinevad tähed tulpadel väljendavad variantide vahelist usutavat erinevust ($P \leq 0.05$).

Tervisele kasulikest ühenditest sisaldub aroonias nii askorbiinhapet kui ka polüfenoolseid ühendeid, sealhulgas naturaalseid pigmente ehk antotsüaane, mis käituvad ka kui antioksüdandid. Käesolevas katses oli askorbiinhappe sisaldus aastati erinev, kuid 3 aasta keskmisena 10,2–30,1 mg 100 g⁻¹ värskel marjamassi kohta (Tabel 3). Kõrgeim oli askorbiinhappe sisaldus sortide 'Viking', 'Aron', 'Tšernookaja' ja 'Nero' viljades, kuid oluliselt ei erinenud ka sordi 'Galicjanka' askorbiinhappe sisaldus. Madalaim oli see aga sordi 'Hugin' viljades (10,2 mg 100 g⁻¹).

Polüfenoolide ja antotsüaanide kogunemisele viljadesse avaldab enim mõju sort (Ochmian *et al.*, 2012; Jurikova *et al.*, 2017), aga ka kasvutingimused on olulised (Jakonek *et al.*, 2012). Meie katses oli arooniasortide viljade polüfenoolide ja antotsüaanide üldsisaldus vastavalt, 635,8–1328,5 ja 414,7–724,4 mg 100 g⁻¹ värskel marjamassi kohta (Tabel 3). Siinkohal saab esile tõsta taas sorti 'Hugin', mille viljades oli võrreldes teiste katsesortidega ligi kaks korda kõrgem polüfenoolsete ühendite sisaldus (1328,5 mg 100 g⁻¹). *A. prunifolia* viljadest on ka varasemalt leitud kõrgem polüfenoolsete ühendite sisaldus võrreldes liigiga *A. melanocarpa* (Wangenstein *et al.*, 2014). Ploomilehise aroonia sort 'Hugin' on eriline oma oluliselt väiksemate viljade poolest, mistõttu kulub nendest mahla pressimisel rohkem toorainet ja mahla väljatuleku protsent on madal (Ochmian *et al.*, 2012). Lähtuvalt sellest on märkimisväärselt suurem ka marjakestade osakaal, kus põhiliselt polüfenoolsed ühendid paiknevad ja see omakorda mõjutab oluliselt maitseomadusi. Nagu ka meie katsest selgus, siis sordi 'Hugin' viljades oli kõrge mahla kuivaine ja madal hapete sisaldus, mis muudab maitse pigem imal-magusaks ning kõrge polüfenoolsete ühendite sisaldus muudab tihti vilja maitse tugevalt kootavaks ja mõruks. Seetõttu ei pruugi need viljad mahlajookideks sobida, küll aga võib 'Hugin' sobida taimsete pigmentide tootmiseks. Statistiliselt oluliselt madalam oli nimetatud ühendite sisaldus sordi

'Galicjanka' viljades, vastavalt 635,8 ja 414,7 mg 100 g⁻¹ värske marjamassi kohta. 'Galicjanka' madalat polüfenoolsete ühendite sisaldust võrreldes teiste aroonia sortidega on välja toonud ka Jakobek et al., (2012). Siiski olid musta aroonia sordid 'Aron', 'Galicjanka', 'Nero', 'Valkira', 'Viking' ja 'Tšernookaja' võrreldes ploomilehise aroonia sordiga 'Hugin' ühetaolisema polüfenoolsete ühendite sisaldusega, mistõttu on need ka tõenäoliselt mahedama ja mitte nii väga kootava maitsega ning seega mahla jt toodete valmistamiseks sobivamad.

Kokkuvõte

Katsetest aroonia sortidega selgus, et saagikust, keskmist kobara ja vilja massi ning viljade arvu kobaras mõjutasid nii konkreetse aasta tingimused kui ka sort. Läbi kolme katseaasta olid saagikamad Poola sort 'Galicjanka' ja Venemaa sort 'Tšernookaja'. Suurimate viljadega olid Soome sort 'Viking', Taani sort 'Aron' ja 'Tšernookaja'. Katsetulemuste järgi võib aga öelda, et kõik musta aroonia sordid sobivad meil kasvatamiseks ning on perspektiivsed. Venemaalt pärit sortide kasvatamisel võib tekkida probleeme istutusmaterjali kättesaadavusega. Ploomilehise aroonia sort 'Hugin' on saagikas, kuid tema viljad on väikesed ja ülemäära kootava maitsega; seega sobib see sort enam dekoratiivsetel eesmärkidel kasvatamiseks. Ülejäänud sordid olid biokeemiliste ühendite sisalduse poolest sarnasemad ning vaadatuna koos viljade kvaliteediga on sordid 'Aron', 'Galicjanka', 'Nero', 'Valkira', 'Viking' ja 'Tšernookaja' ka töötlemiseks sobivamad.

Tänuavaldused

Uurimustöö on valminud MAK 2014-2020 meetme 16.2. „Uute toodete, tavade, protsesside ja tehnoloogiate arendamise“ projekti „Uute puuviljakultuuride kasvatuse-, koristuse- ja töötlemistehnoloogiate arendamine“ raames, toetab Euroopa Liit (projekt nr. 616215780024). Autorid avaldavad tänu ka projektile „PlantValor – terviklik tootearendusteenus sünergias Polli aiandusuuringute keskuse traditsiooniliste tegevusvaldkondadega (1.01.2020–31.08.2023)“, mida finantseerib Euroopa Regionaalarengu Fond.

Kasutatud kirjandus

- Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M., Bertelli, D. 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. – *Journal of Food Science*, **69**: 164–169.
- Jakobek, L., Drenjančević, M., Jukić, V., Šeruga, M. 2012. Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicjanka” and wild chokeberries. – *Scientia Horticulturae*, **147**: 56–63.
- Jeppsson, N. 2000a. The effect of cultivar and cracking on fruit quality in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and hybrids between chokeberry and rowan (*Sorbus*). – *Gartenbauwissenschaft*, **65**,: 93–8.

- Jeppsson, N. 2000b. The effects of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality, with special respect to pigments, in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) cv. 'Viking'. – *Scientia Horticulturae*, **83**: 127–137.
- Jurikova, T., Mlcek, J., Skrovankova, S., Sumczynski, D., Sochor, J., Hlavacova, I., Snopek, L., Orsavova, J. 2017. Fruits of Black Chokeberry *Aronia melanocarpa* in the Prevention of Chronic Diseases. – *Molecules*, **22** (6): 944.
- Kask, K., Piir, R. 1980. Uusi puuvilja- ja marjakultuure, Tallinn, Valgus, 144 lk.
- Kawecki, Z., Tomaszewska, Z. 2006. The effect of various soil management techniques on growth and yield in the black chokeberry (*Aronia melanocarpa* Elliot). – *Journal of Fruit Ornamental Plant Resources*, **14**: 67–73.
- Kokotkiewicz, A., Jaremicz, Z., Luczkiewicz. 2010. Aronia pants: A Review of Traditional Use, Biological Activities, and Perspectives for Modern Medicine. – *Journal of Medicinal Food*, **13** (2): 255–269.
- Metspalu, L. 2020. Viljapuude ja marjapõõsaste kahjurid. Maheaedniku käsiraamat. OÜ Hea Lugu, 256lk.
- Niiberger, T., Roht, U. 2020. Aroonia – must pihlamari hekis. – *Imelised puud ja põõsad. Söödavad, ravivad ja dekoratiivsed* : 48–63.
- Ochmian, I., Grajkowski, J., Smolik, M. 2012. Comparison of Some Morphological Features, Quality and Chemical Content of Four Cultivars of Chokeberry Fruits (*Aronia melanocarpa*). – *Not Bot Horti Agrobi*, **40** (1): 253–260.
- Rodríguez-Werner, M., Winterhalter, P., Esatbeyoglu, T. 2019. Phenolic Composition, Radical Scavenging Activity and an Approach for Authentication of *Aronia melanocarpa* Berries, Juice, and Pomace. – *Journal of Food Science*, **84** (7): 1791–1798.
- Scott, RW, Skirvin, RM. 2007. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* Michx.): A semi-edible fruit no pest. – *Journal of American Pomological Society* **61**: 135–137.
- Skender, A., Joldić, S., Kurtović, M., Alibabić, V., Hadžibabić, S. 2017. Effects of Fertilization on Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa* Elliot). – *Agro-knowledge Journal*, **18** (2): 85–94.
- Skupień, K., Ochmian, I., Grajkowski, J. 2008. Influence of mineral fertilisation on selected physical and chemical composition of *Aronia* fruit. – *Acta Agrophysica*, **11** (1): 213–226.
- Wangensteen, H., Bräunlich, M., Nikolic, V., Malterud, K. E., Slimestad, R., & Barsett, H. 2014. Anthocyanins, proanthocyanidins and total phenolics in four cultivars of *Aronia*: Antioxidant and enzyme inhibitory effects. – *Journal of Functional Foods*, **7**: 746–752.

Eestis kasvatatavatele maguskirsisortidele ja -aretistele sobivate tolmuandjate geneetiline määramine

Liina Jakobson¹, Agnes Kivistik¹, Kersti Kahu², Kristiina Laanemets¹

¹ Eesti Taimakasvatuse Instituut

² Polli aiandusuuringute keskus, Eesti Maaülikool

Abstract. Jakobson, L., Kivistik, A., Kahu, K., Laanemets, K. 2022. Genetic incompatibility analysis of sweet cherries grown in Estonia. – Agronomy 2022.

Pollination of diploid sweet cherry is determined by the S-locus alleles. Here we show the S-alleles of 50 sweet cherry cultivars grown in Estonia and classify them into incompatibility groups. Surprisingly, the most frequent S-allele was S₁₇, which is very rare in sweet cherry cultivars worldwide and mainly found in wild sweet cherries. The S₁₇-allele in Estonian cultivars could originate from 'Leningradskaya tchernaya' (S₆|S₁₇) and 'Norri' (S₄|S₁₇), which have been repeatedly used as a breeding parent. We classified the newly genotyped sweet cherry cultivars into 19 incompatibility groups, four of which were newly created (LXIV-LXVII). The genotype-based incompatibility classification of 50 sweet cherry cultivars grown in Estonia further improves selection of suitable pollinators for breeding and significantly increases the selection of cultivars for home gardens and orchards.

Keywords: sweet cherry, S-locus, S-alleles, S₁₇, incompatibility

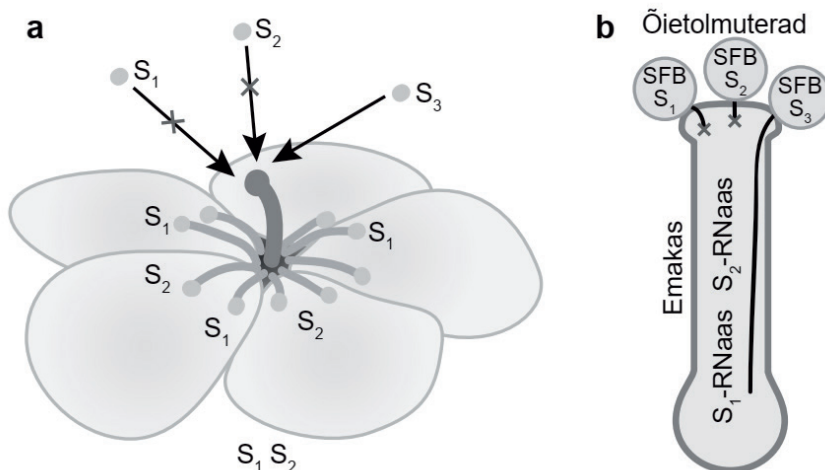
Sissejuhatus

Maguskirss (*Prunus avium*) on aina kasvava populaarsusega viljapuu Eesti aedades. Viimase poole sajandi jooksul on Eestis aretatud ligi 30 maguskirsisorti, peamiselt parema talvekindluse ja suurema ning maitsvama vilja suunas (Jänes *et al.*, 2010). Maguskirsi saagikus sõltub mitmetest asjaoludest, eelkõige aga sordist, ilmast ja sobiva tolmuandja lähedusest.

Maguskirss, üksikute eranditega, on isesteriilne ja vajab edukaks tolmlamiseks sobivat tolmuandjat. Saaki annavad vaid viljastatud õied. Diploidse maguskirsi isesteriilsus on kontrollitud multialleelse S-lookuse geenide poolt. Maguskirsi S-lookuse alleele (S-alleele) on koos metsikutega kokku üle 30 (De Cuyper *et al.*, 2005; Sonneveld *et al.*, 2001; 2003; Vaughan *et al.*, 2008; Wünsch, Hormaza 2004), mille hulgast on igal maguskirsisordil kaks S-alleeli. S-alleelide esinemissagedus sõltub piirkonnast. Üleeuroopaliselt on kõige levinumad S₃, S₆ ja S₁ (Schuster 2012), Leedus S₃, S₆ ja S₉ (Stanys *et al.*, 2008), Venemaal S₃, S₅ ja S₆ (Bezlepina *et al.*, 2020) ning Läti ja Rootsi kollektsioonides määrati alleele S₁-S₆ (Lacis *et al.*, 2008). Eesti maguskirsisortide, kohalike rahvaaretiste ja paljude Eestis kasvatatavate importsortide S-alleelid määrati alles aastaks 2021 (Kivistik *et al.*, 2021).

Haploidsetes tolmuks ja diploidsetes emaka rakkudes ekspresseeruvad S-lookuse geenid, mille tulemusel toodetakse tolmuterades valku SFB ja emaka rakkudes ribonukleaasi S-RNaas. Vaikimisi on S-RNaasi tõttu emakasuu tolmuterale toksiline keskkond, takistades tolmutoru kasvu ja õie viljastumist. Kui emakasuu melele satub sama S-lookusega tolmutera, takistab S-RNaas viljastumist, sh iseviljastumist. Kui aga emakasuu mel kohtuvad erinevast S-lookuse alleelist kodeeritud SFB ja

S-RNaas, suunatakse S-RNaas lagundamisse ja toimub õie viljastumine (joonis 1). Erandjuhtudel võib üksikutel maguskirsisortidel esineda ka ise viljastumist – sel juhul võib tegu olla nt *SFB* geeni mutatsioonidega (nt alleelid S_3 , S_4 , S_5) (Marchese *et al.*, 2007; Sonneveld *et al.*, 2005; Ushijima *et al.*, 2004).



Joonis 1. Maguskirss vajab edukaks luuvilja moodustumiseks viljastumist sobiva õietolmuga. (a) Alleeliga $S_1|S_2$ maguskirsiõit ei saa viljastada S_1 ega S_2 alleeliga tolmutera, küll aga S_3 alleeliga tolmutera. (b) Emakas ekspresseeritud S_1 ja S_2 S-RNaasid takistavad S_1 ja S_2 alleeliga tolmutoru kasvu, kuid S_3 alleeliga tolmutoru suunab S-RNaasid lagundamisse ning tolmutoru saab kasvada emakapõhjani.

Maguskirsi isesteriilsuse S-alleelide määramine ja isesteriilsusgruppidesse annoteerimine on vajalikud nii sordiaretuses kui ka tootmises. Traditsiooniliste ja aeganõudvate empiiriliste tolmliskatsete kõrval on aina enam levinud S-alleelide geneetiline määramine (Sonneveld *et al.*, 2001; 2003; Wiersma *et al.*, 2001). S-alleelide geneetiline analüüs põhineb S-RNaasi kodeeriva geeni muutlike ja konserveerunud regioonide vaheldumisel. PCR analüüsil kasutatavad konsensuspraimeerid amplifitseerivad nt *S-RNaasi* geeni esimese ja teise introni muutlikke regioone. S-alleelide geneetilise määramise tulemuste põhjal saab anda soovitusi, milliseid maguskirsisorte istutada lähestikku, ilma empiirilisi tolmliskatseid läbi viimata.

Käesoleva töö eesmärk oli koostada 50 Eestis kasvatatava maguskirsisordi ja -aretise geneetiliselt määratud S-alleelide põhjal soovitusnimekiri sobilike tolmuandjate kohta, mida oleks võimalik jagada nii koduaednikele puukoolides kui maguskirsi tootjatele saagikuse optimeerimiseks.

Materjal ja meetodika

Proovide kogumine ja DNA eraldus. Töös analüüsiti kokku 50 Eestis kasvatatavat maguskirssi, millest 25 olid Eestis aretatud sordid, 18 välismaised sordid ning 7 Eesti

aretised. Proovid DNA eralduseks koguti okste pungadest ja noortest lehtedest, mis saadi EMÜ Polli aiandusuuringute keskusest ning Päidre Puukoolist. Lisaks kasutati meristeemtaimede materjali Eesti Taimekasvatuse Instituudi *in vitro* kollektsioonist. DNA eraldati CTAB meetodi abil: noored lehed või pungad purustati CTAB puhvris (2% CTAB w/v, 100 mM Tris-HCl, 1,4 M NaCl, 20 mM EDTA, 2% PVP-40 vesilahuses) ja inkubeeriti 25 minutit temperatuuril 55–60 °C. Proov tsentrifuugiti ja 400 µl supernatanti pipeteeriti uude tuubi, kuhu lisati 400 µl isopropanooli ning seejärel segati. Segu inkubeeriti 15 minutit -20 °C temperatuuril, tsentrifuugiti suurimal võimalikul kiirusel ja supernatant eemaldati. Kuivanud DNA sademele lisati 50 µl vett.

Genotüpiseerimine konsensus- ja alleeli-spetsiifiliste praimeritega. S-alleelide esmaseks genotüpiseerimiseks kasutati kahte konsensuspraimerite PCR-põhist metoodikat (Sonneveld *et al.*, 2003; Wiersma *et al.*, 2001). Lisaks valideeriti tulemused alleeli-spetsiifiliste praimerite (Kivistik *et al.*, 2021; Sonneveld *et al.*, 2001, 2003; Szikriszt *et al.*, 2012) ja sekveneerimise abil. Genotüpiseerimiseks kasutatud PCR tingimused on täpsemalt kirjeldatud Kivistik jt (2021) töös.

Tulemused ja arutelu

Määrasime 50 Eestis kasvatatava maguskirsisordi isestertiilsust määrava S-lookuse alleelid (tabel 1). Analüüsitud valimis esines kuus erinevat S-lookuse alleeli (S_3 , S_4 , S_5 , S_6 , S_{13} , S_{17}) ning kõige enam levinud alleel oli S_{17} (alleelisagedus 26,6%). Alleeli S_{17} leidis 24 sordil 50-st, sh sortidel 'Dönisseni kollane', 'Leningradi must', 'Meelika', 'Piret', 'Tõmmu'. Maguskirsisortide ülemaailmses nimekirjas leidub alleeli S_{17} vaid kuuel sordil 1483-st (alleelisagedus 0,2%) (Schuster 2020). Varem on S_{17} alleeli määratud peamiselt metsikutes maguskirsi populatsioonides Belgias ja Sakamaal (De Cuyper *et al.*, 2005; Schueler *et al.*, 2006).

Tabel 1. Eestis kasvatatavate maguskirsisortide ja -aretiste isesteriilsuse S-alleelid

Sort	S-alleelid	Sort	S-alleelid
Adelina	S ₃ S ₅	Kõhrkirss 12	S ₃ S ₁₇
Aelita	S ₅ S ₉	Kompaktnaja	S ₂ S ₄
Aleksandrs	S ₅ S ₁₇	Krupnoplodnaja	S ₅ S ₉
Anne	S ₃ S ₆	Lapins	S ₁ S ₄
Anu	S ₅ S ₁₇	Leningradi must	S ₆ S ₁₇
Arthur	S ₃ S ₆	Madissoni roosa	S ₄ S ₁₃
Dönisseni kollane	S ₆ S ₁₇	Meelika	S ₄ S ₁₇
Elle	S ₅ S ₁₃	Mupi	S ₄ S ₁₇
Elo	S ₅ S ₁₇	Norri	S ₄ S ₁₇
Elton	S ₆ S ₁₇	Paula	S ₃ S ₉
Ene	S ₁₃ S ₁₇	Piret	S ₅ S ₁₇
Vale-Stella	S ₆ S ₁₇	Poeesia	S ₃ S ₆
Gronkavaja	S ₄ S ₁₇	Polli murel	S ₃ S ₆
Helgi	S ₃ S ₆	Polli rubiin	S ₃ S ₁₇
Iput	S ₃ S ₁₃	Raimu	S ₆ S ₁₇
Irma	S ₃ S ₁₇	Rannaja rozovaja	S ₃ S ₅
Jaago	S ₄ S ₆	Reelu	S ₄ S ₆
Jaama maguskirss	S ₄ S ₆	Sunburst	S ₃ S ₄
Johan	S ₅ S ₆	Taki	S ₅ S ₁₇
Juku	S ₆ S ₁₃	Tiia	S ₆ S ₁₇
Jurgita	S ₆ S ₉	Tiki	S ₄ S ₁₃
Kadrin	S ₅ S ₁₇	Tõmmu	S ₃ S ₁₇
Kaie	S ₃ S ₆	Tontu	S ₄ S ₆
Karmel	S ₄ S ₆	Veidenbergi maguskirss	S ₃ S ₁₇
Kaspar	S ₆ S ₁₇	Zorka	S ₁₃ S ₁₇

S-alleeli S₁₇ laialdast levikut Eesti maguskirsisortides võib seostada sortide ‘Leningradi must’ (S₆|S₁₇) ja ‘Norri’ (S₄|S₁₇) sagedase kasutamisega aretusvanemana. S₁₇ alleeli levikule võis kaasa aidata ka isetolmlemise eelistamine uute sortide aretamisel. Senini analüüsitud maguskirsisortide hulgas võib antud alleel olla ka alamääratud, kuna varasemad konsensuspraimerid (Wiersma *et al.*, 2001) ei suutnud S₁₇ alleeli teistest alleelidest eristada ja ka uuemate konsensuspraimerite (Sonneveld *et al.*, 2003) puhul ei olnud S₁₇ alleeli määramist algselt kirjeldatud.

S-alleelide alusel jagatakse maguskirsid isesteriilsuse gruppidesse. Tabelis 2 on toodud 19 Eestis kasvatatavate maguskirsisortide isesteriilsuse gruppi ja sordid, mis nendesse kuuluvad. Samade S-alleelidega, st samase isesteriilsuse gruppi kuuluvad maguskirsisordid ei ole võimelised üksteist viljastama. Näiteks 'Dönisseni kollane' ($S_6|S_{17}$) ja 'Leningradi must' ($S_6|S_{17}$) kuuluvad samasse gruppi ning ei sobi üksteisele tolmuandjateks. Kodu- või tootmisaeda sobivad kõrvuti kasvama ja üksteist tolmeldama maguskirsisordid, mis kuuluvad erinevatesse gruppidesse, nt 'Dönisseni kollane' ($S_6|S_{17}$) sobib kokku kõigi sortidega, mis ei ole S-alleelide kombinatsiooniga $S_6|S_{17}$.

Enne Eesti maguskirsside S-alleelide geneetilise analüüsi avaldamist oli kirjeldatud 63 maguskirsi isesteriilsuse gruppi. Seoses S_{17} alleeli laialdase esinemissagedusega Eestis kasvatatavates maguskirsisortides, määrati alleeliga S_{17} sordid nelja uude isesteriilsuse gruppi, LXIV-LXVII (tabel 2). Varasemalt loeti väga väheste leviku tõttu S_{17} alleelidega sordid 0-gruppi kuuluvaks. Sellesse gruppi määratakse haruldaste alleelikombinatsioonidega maguskirsid, mille S-alleelide kombinatsioon on ülemaailmse maguskirsside genofondi hulgas nii haruldane, et nad sobivad tolmuandjaks üldjuhul kõikidele maguskirsisortidele. Eesti kasvatatavatest maguskirssidest kuuluvad isesteriilsuse 0-gruppi sordid 'Ene' ($S_{13}|S_{17}$) ja 'Zorka' ($S_{13}|S_{17}$). Kuna neil on mõlemal samad S-alleelid, ei sobi nad siiski üksteisele tolmuandjaks.

Empiiriliste tollemiskatsete ja geneetiliste analüüsitulemuste võrdlemisel leidis sorte, mis on osaliselt isetolmlevad või viljastuvad ka samasse isesteriilsuse gruppi kuuluva sordi õietolmu abil. Edasised geneetilised ja fenotüübilised uuringud on vajalikud uurimaks, mis nende sortide puhul tollemist võimaldab. Osaliselt isetolmlevate sortide seemnete ja seemikute S-alleelide testimisel saaks kindlaks teha, kas tegemist on tõeliste isetolmlevate sortidega, või on tolmuandjaks siiski olnud kaugemal kasvav erineva S-alleeliga sort.

Käesolevas töös kasutatud S-alleelide määramise meetodikat ja tulemusi saab edaspidi rakendada maguskirsside sordiaretuses geneetiliselt sobivate tolmuandjate tuvastamiseks ning valimiseks. Lisaks suurendavad töö tulemused oluliselt valikut, milliseid sorte üksteisele tolmuandjaks valida. Tänu haruldasele S_{17} alleelile sobivad paljud Eestis levinud maguskirsisordid tolmuandjaks peaaegu kõigile mujal kasvatatavatele välismaistele sortidele.

Tabel 2. Eestis kasvatatavad maguskirsisordid ja -aretised grupeerituna isesteriilsuse ja S-alleelide alusel. Samasse gruppi kuuluvad maguskirsid ei sobi üksteisele tolmuandjateks

Isesteriilsuse grupp	S-alleelid	Sort
3 (III)	$S_3 S_4$	Sunburst
6 (VI)	$S_3 S_6$	Anne, Arthur, Helgi, Kaie, Poesia, Polli murel
7 (VII)	$S_3 S_5$	Adelina, Rannaja rozovaja
9 (IX)	$S_1 S_4$	Lapins
10 (X)	$S_6 S_9$	Jurgita
12 (XII)	$S_6 S_{13}$	Juku
13 (XIII)	$S_2 S_4$	Kompaktnaja
15 (XV)	$S_5 S_6$	Johan
16 (XVI)	$S_3 S_9$	Paula
17 (XVII)	$S_4 S_6$	Jaago, Jaama maguskirss, Karmel, Reelu, Tontu
19 (XIX)	$S_3 S_{13}$	Iput
26 (XXVI)	$S_5 S_{13}$	Elle
37 (XXXVII)	$S_5 S_9$	Aelita, Krupnoplodnaja
45 (XLV)	$S_4 S_{13}$	Madissoni roosa, Tiki
64 (LXIV)	$S_3 S_{17}$	Irma, Köhrkirss 12, Polli rubiin, Tõmmu, Veidenbergi maguskirss
65 (LXV)	$S_4 S_{17}$	Gronkavaja, Meelika, Mupi, Norri
66 (LXVI)	$S_5 S_{17}$	Aleksandrs, Anu, Elo, Kadrin, Piret, Taki
67 (LXVII)	$S_6 S_{17}$	Dönisseni kollane, Elton, Kaspar, Leningradi must, Raimu, Tiia, Vale-Stella
0*		Ene ($S_{13} S_{17}$)*, Zorka ($S_{13} S_{17}$)*

Rasvases kirjas on märgitud uued isesteriilsuse grupid, mis moodustati Eestis kasvatatavate maguskirsside hulgas levinud S-alleelide põhjal.

* 0-gruppi kuuluvad sordid sobivad üldjuhul kõigile teistele maguskirssidele. 'Ene' ja 'Zorka' üksteisele tolmuandjaks siiski ei sobi, kuna mõlemal on sama alleelide kombinatsioon $S_{13}|S_{17}$.

Kokkuvõte

Töö tulemusel määrati 50 Eesti kasvatatava maguskirsisordi ja -aretise S-lookuse alleelid ja jaotati isesteriilsuse gruppidesse. Isesteriilsuse gruppi kuuluvus võimaldab hinnata erinevate sortide võimalikku sobivust üksteisele tolmuandjateks ning laiendab oluliselt valikut, milliseid sorte üksteisele tolmuandjaks valida nii koduaeda kui istandustesse.

Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Maaeluministeeriumi Sordiareetusprogramm 2009–2019 ja Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine aastatel 2014–2020.

Kasutatud kirjandus

- Bezlepkina, E.V., Gulyaeva, A.A., Pikunova, A.V. 2020. Аллельный полиморфизм гена самонесовместимости у сортов черешни селекции ВНИИСПК. – *Вестник российской сельскохозяйственной науки*, **4**: 26–28.
- De Cuyper, B., Sonneveld, T., Tobutt, K.R. 2005. Determining self-incompatibility genotypes in Belgian wild cherries. – *Molecular Ecology*, **14** (4): 945–955.
- Jānes, H., Ardel, P., Kahu, K., Kelt, K., Kikas, A. 2010. Some biological properties and fruit quality parameters of new sweet cherry cultivars and perspective selections. – *Agronomy Research*, **8** (3): 583–588.
- Kivistik, A., Jakobson, L., Kahu, K., Laanemets, K. 2021. Wild and Rare Self-Incompatibility Allele S₁₇ Found in 24 Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Cultivars. – *Plant Molecular Biology Reporter*.
- Lacis, G., Kaufmane, E., Rashal, I., Trajkovski, V., Iezzoni, A.F. 2008. Identification of self-incompatibility (S) alleles in Latvian and Swedish sweet cherry genetic resources collections by PCR based typing. – *Euphytica*, **160** (2): 155–163.
- Marchese, A., Tobutt, K.R., Raimondo, A., Motisi, A., Bošković, R.I., Clarke, J., Caruso, T. 2007. Morphological characteristics, microsatellite fingerprinting and determination of incompatibility genotypes of Sicilian sweet cherry cultivars. – *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **82** (1): 41–48.
- Schueler, S., Tusch, A., Scholz, F. 2006. Comparative analysis of the within-population genetic structure in wild cherry (*Prunus avium* L.) at the self-incompatibility locus and nuclear microsatellites. – *Molecular Ecology*, **15** (11): 3231–3243.
- Schuster, M. 2012. Incompatible (S-) genotypes of sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). – *Scientia Horticulturae*, **148**: 59–73.
- Schuster, M. 2020. Self-incompatibility (S) genotypes of cultivated sweet cherries – An overview update 2020. – *OpenAgrar Repository*.
- Sonneveld, T., Robbins, T.P., Bošković, R., Tobutt, K.R. 2001. Cloning of six cherry self-incompatibility alleles and development of allele-specific PCR detection. – *Theoretical and Applied Genetics*, **102** (6): 1046–1055.
- Sonneveld, T., Tobutt, K.R., Robbins, T.P. 2003. Allele-specific PCR detection of sweet cherry self-incompatibility (S) alleles S₁ to S₁₆ using consensus and allele-specific primers. – *Theoretical and Applied Genetics*, **107** (6): 1059–1070.
- Sonneveld, T., Tobutt, K.R., Vaughan, S.P., Robbins, T.P. 2005. Loss of Pollen-S Function in Two Self-Compatible Selections of *Prunus avium* Is Associated with Deletion/Mutation of an S Haplotype-Specific F-Box Gene. – *The Plant Cell*, **17** (1): 37–51.
- Stanys, V., Stanytė, R., Stanienė, G., Vinskienė, J. 2008. S-allele identification by PCR analysis in Lithuanian sweet cherries. – *Biologija*, **54** (1): 22–26.
- Szikriszt, B., Doğan, A., Ercisli, S., Akcay, M.E., Hegedűs, A., Halász, J. 2012. Molecular typing of the self-incompatibility locus of Turkish sweet cherry genotypes reflects phylogenetic relationships among cherries and other *Prunus* species. – *Tree Genetics & Genomes*, **9** (1): 155–165.

- Ushijima, K., Yamane, H., Watari, A., Kakehi, E., Ikeda, K., Hauck, N.R., Iezzoni, A.F., Tao, R. 2004. The S haplotype-specific F-box protein gene, SFB, is defective in self-compatible haplotypes of *Prunus avium* and *P. mume*. – *The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology*, **39** (4): 573–586.
- Vaughan, S.P., Bošković, R.I., Gisbert-Climent, A., Russell, K., Tobutt, K.R. 2008. Characterisation of novel S-alleles from cherry (*Prunus avium* L.). – *Tree Genetics & Genomes*, **4** (3): 531–541.
- Wiersma, P.A., Wu, Z., Zhou, L., Hampson, C., Kappel, F. 2001. Identification of new self-incompatibility alleles in sweet cherry (*Prunus avium* L.) and clarification of incompatibility groups by PCR and sequencing analysis. – *Theoretical and Applied Genetics*, **102** (5): 700–708.
- Wünsch, A., Hormaza, J.I. 2004. Cloning and characterization of genomic DNA sequences of four self-incompatibility alleles in sweet cherry (*Prunus avium* L.). – *Theoretical and applied genetics*, **108** (2): 299–305.

Mitmesugust

Miscellaneous

Beetaglükaani sisaldus odra ja nisu terades sõltuvalt lämmastikväetise normist ja viljelusviisist

Mailis Korge, Banafsheh Khaleghdoust, Maarika Alaru, Indrek Keres, Max Kurg, Evelin Loit

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

Abstract. Korge, M., Khaleghdoust, B., Alaru, M., Keres, I., Kurg, M., Loit, E. Content of beta-glutans in barley and wheat grains depending on N fertilization and cropping system. – Agronomy 2022.

Dietary fibre beta-glucan (β -glucan) found in cereal grains has valuable impact on both, the properties of food and human health. The concentration of β -glucan in cereal grains is determined by genetic, environmental and agronomic factors, which could be altered for achieving the highest possible β -glucan content in cereal grains for later processing. The aim of the present research was for first to give a brief overview about β -glucan, its properties and uses and for second to study the effect of N fertilization and farming system on the content of β -glucans in barley and wheat grains. The results revealed that in 2020 barley and wheat β -glucan content was stable and did not depend on N fertilization and cropping system. It depends on the cereal species, being higher in barley compared to wheat. Further research is needed to confirm our results in different weather conditions.

Keywords: β -glucan, nitrogen, fertilization, cropping system

Sissejuhatus

Mis on beetaglükaan?

Nisu on Eesti peamine toiduvili, mis sisaldab palju tähtsust ja gluteeni, kuid temas on avastatud ka teisi väärtuslikke koostisosi nagu beetaglükaanid (β -glükaanid). Ka odras, mida kasutatakse küll peamiselt loomasöödana ja alkohoolsete jookide tootmisel, leidub lisaks teistele olulistele komponentidele ka β -glükaane. Beetaglükaan on looduslikult esinev suure molekulmassiga mitteseeditav polüsahhariid. Kuna β -glükaan on vees lahustuv kiudaine, on tal mitmeid tervist edendavaid omadusi, mille tõttu teda väärtustatakse (Tiwari, Cummins, 2009; El Khoury *et al.*, 2012). Kuigi leidub ka mittetaimseid β -glükaani allikaid nagu pärm, seemned ja vetikad, saadakse β -glükaani peamiselt teraviljadest (Tiwari, Cummins, 2009), kus neid esineb aleuroonkihis, endospermi rakuseintes (Vasquez Mejia *et al.*, 2020) ja seemnekestades (El Khoury *et al.*, 2012). Eestis kasvatatavatest teraviljadest leidub β -glükaani odras, kaeras, rukkis ja nisus vastavalt 2,5–11,3%, 2,2–7,8%, 1,2–2,0% ja 0,4–1,4% tera kaalust (Lazaridou *et al.*, 2007).

Beetaglükaani funktsioonid

Teravilja β -glükaanidel on positiivne mõju toidu omadustele ning inimeste tervisele. Nende võime siduda vett ja stabiliseerida emulsioone võib parandada toiduainete reoloogilisi ja tekstuurilisi omadusi (Lazaridou, Biliandris, 2007). Seetõttu saab ekstraheeritud β -glükaane kasutada toiduainetes paksendajate, tekstuuri parandajate, stabilisaatorite ja rasvaasendajatena (Mejia *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2021).

Toiduainete valik, millesse β -glükaane saaks lisada, on lai, hõlmates endas nii küpsetisi, jooke, piima- ja lihatooteid, suppe ja kastmeid (Lazaridou, Biliaderis 2007; Havrlentova *et al.*, 2011). Eraldatud β -glükaanide lisamine toiduainetesse muudab lisaks toidu füsioloogilistele omadustele ka toidu töötlemist ning sensoorseid omadusi (Izydorczyk, Dexter, 2008) nagu tekstuur ja välimus ning veeimamisvõimet (Shvachko *et al.*, 2021). On leitud, et mõõdukas koguses β -glükaanidega rikastatud toodetel on tarbijale vastuvõetavad omadused (Izodyrczyk *et al.*, 2008; Jaworska *et al.*, 2020; Karp *et al.*, 2020), kuid ka, et taina omadused muutuvad niivõrd, et kvaliteetsete küpsetiste tegemine on keeruline (Brennan, Cleary, 2007; Finocchiaro *et al.*, 2012). Tänapäeva teadlikule tarbijale võivad ka toiduainete muutunud omadused olla vastuvõetavad, eriti kuna valgeid rafineeritud tooteid peetakse juba välimuse põhjal vähem tervislikeks.

Levinud probleem on inimeste ebapiisav kiudainete tarbimine, mis on seotud mitmete krooniliste haiguste esinemisega. Seda aitaks leevendada β -glükaani sisaldavate toiduainete kasutamine. Olulise mõju saavutamiseks on vaja β -glükaan teraviljast eraldada ja piisavas koguses toiduainetesse lisada (Maheshwari *et al.*, 2017; Meija *et al.*, 2020). Lahustuvad kiudained pikendavad toidu soolestiku läbimise aega, aeglustavad mao tühjenemist ja glükoosi imendumist verre (Lazaridou *et al.*, 2007). Beetaglükaani tarbimist seostatakse nii vere insuliini kui ka kolesterooli sisalduse, kõrge vererõhu ja ülekaalulisuse vähenemisega (El Khoury *et al.*, 2012). On leitud, et kõrge β -glükaani sisaldusega tooted on madalama glükeemilise indeksiga (Jenkins *et al.* 2002). Lisaks peetakse β -glükaani oluliseks kasvajakavastaseks aineks (Geller *et al.*, 2019) ning prebiootikumiks (Vasiljevic *et al.*, 2007). Oma mitmekülge tervisele kasuliku mõju tõttu tunnustatakse β -glükaane kogu maailmas, kui olulist funktsionaalse toidu koostisosa.

Millest sõltuvad β -glükaani sisaldus ja omadused teraviljades?

Teravilja β -glükaani sisaldus ja omadused sõltuvad keskkonnast, agrotehnoloogiast ja genotüübist (Habiaryemye *et al.*, 2022), mis kõik mõjutavad β -glükaani molekulmassi (Tiwari, Cummins, 2009; Schmidt, 2020), millest omakorda sõltub aine viskoossus, lahustuvus (Sun *et al.*, 2021) ning tervistavad omadused (Meija *et al.*, 2020).

Ilmastik. Teravilja kasvutingimustel on oluline mõju terade β -glükaani sisaldusele (Zhang *et al.*, 2001; Dvoncova *et al.*, 2010). Väidetakse, et temperatuur ja sademed on kõige olulisemad β -glükaani sisaldust mõjutavad kliimategurid. Kuna β -glükaan akumuliseerub terade arengu hilises staadiumis, siis temperatuurist ja sademetest tulenev stress, mis põhjustab terade varajase arengu lõppemise, vähendab ka β -glükaani kontsentratsiooni (Zhang *et al.*, 2001; Tiwari, Cummins, 2009). On leitud, et sademeterikkad ja jahedad ilmad teravilja loomise ja õitsemise perioodil mõjuvad β -glükaani sisaldusele terades negatiivselt (Ehrenbergerova *et al.*, 2008), samas kuivad ja soojad kasvutingimused positiivselt (Lazaridou *et al.*, 2007).

Agrotehnoloogiad. On leitud, et β -glükaani sisaldust teravilja terades mõjutavad oluliselt väetamine ja kasvatatav sort (Dvoncova *et al.* 2010). Väidetakse, et lämmastikuga väetamine on üks peamisi tegureid, mis mõjutab β -glükaani sisaldust

teraviljades (Güler, 2003; Fan *et al.*, 2009; Tiwari, Cummins, 2009). Vastuolulisi tulemusi teema kohta põhjendatakse erinevate keskkonnatingimuste, katse asupaikade ja viljelusviiside kasutamisega (Fan *et al.*, 2009). Kõrget β -glükaani kontsentratsiooni võib seostada suure tera ja kõrge saagiga (Güler, 2003; Fan *et al.*, 2009). Seega võiks üldistada, et agronoomilised tavad, mis suurendavad teravilja üldist saagikust, suurendavad ka β -glükaani sisaldust terades. Madalam β -glükaani kontsentratsioon kõrgema lämmastiku kasutamise korral on seotud madalama temperatuuriga kasvuperioodil (Saastamoinen, 2004).

Genotüüp. Teraviljade geneetiline taust annab infot ka terade β -glükaani sisalduse kohta. Tiwari ja Cummins (2008) väitsid, et genotüüp on β -glükaani sisalduse puhul olulisem faktor kui mis tahes agronoomilised tingimused ning leidsid, et algne β -glükaani tase teravilja genotüübis mängib olulist rolli ka terade koristamiseaegses β -glükaani tasemes. Katsed odraga on näidanud kõrgemat β -glükaani sisaldust paljasteralistes sortides võrreldes sökalteralistega ja kõrgema tärglase sisaldusega sortides (Oscarsson *et al.*, 1998; Ehrenbergerova *et al.*, 2003).

Miks uurida beetaglukaanide sisaldust teraviljades?

Eesti põllumajanduse kogutoodangu väärtuseks hinnati 2019. aastal üle miljoni euro, millest ligi poole (47%) moodustas taimekasvatustoodang (peamiselt teravili). Eesti eesmärk on põllumajanduse ja toidusektori tarneahelas loodava lisandväärtuse suurendamine 50% võrra aastaks 2030 (Eesti Maaeluministeerium, 2020). Üheks võimaluseks oleks teraviljades sisalduvate kasulike komponentide, nagu β -glükaan, efektiivsem kasutamine või eraldamine, luues seeläbi toodangule lisandväärtust.

Töö eesmärk on uurida seoseid taimede lämmastikuga varustatuse ja β -glükaani akumulieerumise vahel, et tulevikus välja töötada strateegiaid selle kiudaine sisalduse suurendamiseks teraviljades. Käesoleva katse eesmärk oli uurida β -glükaani sisaldust odra ja nisu terades, sõltuvalt lämmastikuga väetamise tasemest, nii tavakuu mahevilljeluse tingimustes.

Materjal and metoodika

Põldkatse. Odra 'Anni' ja talinisu 'Fredis' terad koguti Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli Eerika katsepõllule mahe- ja tavaviljelusviisi võrdluseks rajatud katselt 2020. aasta suvel. Katses kasutatakse 5-väljalist külvikorda, kus kultuuride järjestus on: (i) oder (*Hordeum vulgare* L.) punase ristiku allakülviga, (ii) punane ristik (*Trifolium pratense* L.), (iii) talinisu (*Triticum aestivum* L.), (iv) hernes (*Pisum sativum* L.) ja (v) kartul (*Solanum tuberosum* L.).

Maheüsteemis oli kolm väetisvarianti – (i) Org 0 (mahe kontroll), (ii) Org I (talvised vahekultuurid; nende poolt kogutud toitained viiakse mulda kevadel külvielse künniga) ja (iii) Org II (talvised vahekultuurid + kevadel pealtväetisena komposteeritud veisesõnnik). Talviste vahekultuuridena on eelnenud odrale, hernele ja kartulile vasavalt talirukis (*Secale cereale* L.), raihein (*Lolium perenne* L.) ja taliraps (*Brassica napus* ssp. *oleifera* var. *biennis*). Tavasüsteemis oli neli väetisvarianti – (i) N0 (kontroll, $N_0P_0K_0$), (ii) N40–50 ($N_{40-50}P_{25}K_{95}$), (iii) N80–100 ($N_{80-100}P_{25}K_{95}$) ja (iv) N120–150 ($N_{120-150}P_{25}K_{95}$). Madalama lämmastikunormiga väetati odra variante (ris-

tiku allakülviga), kõrgema normiga talinisu variante. Katselapi suurus oli 60 m² ja kõik variandid olid neljas korduses. Tavasüsteemis kasutati pestitsiide umbrohtude, haiguste ja putukate tõrjeks 1–4 korda vastavalt vajadusele, mahesüsteemis kasutati umbrohu tõrjeks kevadist äestamist. Paralleelselt koguti talinisu 'Fredis' terad OÜ Estonia tootmis põllult, mida väetati mineraalse lämmastiku normiga 160 kg ha⁻¹.

Beetaglükaani sisaldus määrati ensümaatilisel järgides määramise komplekti *Mixed-linkage beta-glucan assay (McCleary method)* (McCleary, 2006) juhiseid ettevõttelt Megazyme (*Megazyme International Ireland, Ltd*). Beetaglükaani sisaldust proovides analüüsiti neljas korduses.

Meteoroloogilisi tingimusi katseperioodil jälgiti elektroonilise ilmajaamaga *iMetos 3.3 (Pessl Instruments)* (jaama ID 0020498F). Pikaajalised kliimanormid pärinevad Keskkonnaagentuuri ilmateenistusest. Ilmastiku andmed on välja toodud tabelis number 1. Tulemused töödeldi statistiliselt MS Exceli tarkvarapaketiga, kasutades kirjeldava statistika meetodeid. Erinevuse usutavuse tõenäosust hinnati 95% nivool.

Tabel 1. Vegetatsiooniperioodi sademed ja keskmine õhutemperatuur katsel Eerikal 2020. a. ja kliimanormid perioodil 1991–2020

Näitaja	aprill	mai	juuni	juuli	august	sept.	okt.
Pikaajaline keskmine õhutemperatuur 1991–2020, °C	5,9	11,5	15,5	18,0	16,7	11,8	6,0
Keskmine õhutemperatuur, °C	4,8	9,5	18,4	16,3	16,8	13,9	8,9
Sademe hulk 1991–2020, mm	35	54	88	67	79	55	68
Sademe hulk, mm	50	32	117	69	64	46	62

Tulemused ja arutelu

Beetaglükaani sisaldus oli odras keskmiselt 4,85 ja nisus 0,57 g 100 g⁻¹ (Tabel 2). See oli kõigis odra variantides oluliselt ($P < 0,05$) kõrgem võrreldes nisuteradega. Meie tulemused on sarnased teistega näidates, et oder on võrreldes nisuga kõrge β -glükaani sisaldusega (Lazaridou *et al.*, 2007; Menikovska *et al.*, 2017). Tootmis põllul, kus kasvatati talinisu 'Fredis' sarnase lämmastikväetise normiga, saadi β -glükaani sisalduseks 0,51 g 100 g⁻¹, mis on võrreldav katsepõlluga.

Väetusvariantide võrdlemisel mõõdeti oluliselt madalam odra β -glükaani sisaldus Org0 variandis (4,25 g 100 g⁻¹) võrreldes kõigi tavasüsteemi väetusvariantidega (keskmiselt 5,01 g 100 g⁻¹). Nisuterade β -glükaani sisaldus ei erinenud ei tava- ega mahesüsteemis väetusvariantide vahel ehk lämmastiku normi kasv terade β -glükaani sisaldusele mõju ei avaldanud. See tulemus on vastuolus mitmete teiste uuringutega, kus N normi suurendamine on β -glükaani sisaldust terades oluliselt tõstnud (Güler, 2003; Dvoncova *et al.*, 2010; Brunava *et al.*, 2015).

Lämmastikuga väetamise mõju puudumist β -glükaani sisaldusele terades on varasemalt näidatud uurimistöös kaeraga, põhjendades seda põhjamaise kliima

mõjutustega (Saastamoinen *et al.*, 2004). Beetaglükaani sünteesi seisukohast on määrav just tera varajane arengu periood (Fan *et al.*, 2009). Meie katses oli ilmastik odra loomise ja õitsemise perioodil (juunis) küll tavapärasest soojem, kuid sellele eelnenud külm kevad võis aeglustada taimede arengut ja ühtlasi β -glükaani sünteesi (Tabel 1). Juuni oli ka sademeterohke koos tugevate sajuhoogudega, ning kuna ka sademeterohkust peetakse β -glükaani sisaldust pärssivaks teguriks, siis võis see olla põhjuseks, miks N väetamine β -glükaani sisaldust terades 2020. aasta tulemuste põhjal ei suurendanud.

Tabel 2. Beetaglükaani sisaldus nisu ja odra terades, g 100 g⁻¹ aastal 2020

Variant	β -glükaan odras	STDEV	β -glükaan nisus	STDEV
Org0	4,25a	0,15	0,54a	0,06
OrgI	4,85ab	0,60	0,52a	0,05
OrgII	4,83ab	0,50	0,57a	0,03
N0	5,02b	0,20	0,57a	0,05
N40-50	5,02b	0,16	0,61a	0,08
N80-90	5,12b	0,35	0,59a	0,11
N120-150	4,87b	0,22	0,60a	0,18

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

Järeldused

Käesoleva katse tulemuste põhjal võib väita, et 2020. kasvuaasta tingimustes oli odra ja nisu β -glükaani sisaldus stabiilne ning ei sõltunud viljelusviisist ega kasutatud N normist. Samuti olid võrreldavad katse- ja tootmispõllu andmed. Eeskätt sõltub β -glükaani sisaldus teravilja liigist, olles oluliselt kõrgem odras võrreldes nisuga. Edaspidised uurimised on vajalikud, et kinnitada tulemusi mitme aasta ilmastikutingimustes.

Tänuavaldused

Uurimistööd on finantseerinud Euroopa Regionaalarengu Fond ja Eesti Teadusagentuur läbi PRG1260 ja RESTA28 projektide. Täname Rõhu Katsejaama ja Estonia OÜ agronoomi.

Kasutatud kirjandus

- Arengukava „Eesti põllumajandus ja toit 2030“. 2020. Eesti Maaeluministeerium. 59 lk. <https://www.agri.ee/sites/default/files/content/arengukavad/arengukava-pollumajandus-toit-2030.pdf> (13.12.2022)
- Brennan, C. S., Cleary, L. J. 2007. Utilisation Glucagel® in the β -glucan enrichment of breads: A physicochemical and nutritional evaluation. *Food Research International*, **40**(2): 291–296.
- Dvončová, D., Havrlentová, M., Hlinková, A., Hozlár, P. 2010. Effect of fertilization and variety on the β -glucan content in the grain of oats. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc/ Food.Science Technology. Quality*, **17**(3): 108–116.

- El Khoury, D., Cuda, C., Luhovyy, B. L., Anderson, G. H. 2012. Beta glucan: Health benefits in obesity and metabolic syndrome. In *Journal of Nutrition and Metabolism*. **2012**.
- Fan, M., Zhang, Z., Wang, F., Li, Z., Hu, Y. 2009. Effect of nitrogen forms and levels on β -glucan accumulation in grains of oat (*Avena sativa* L.) plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **172**(6): 861–866.
- Finocchiaro, F., Ferrari, B., Gianinetti, A., Scazzina, F., Pellegrini, N., Caramanico, R., Salati, C., Shirvanian, V., Stanca, A. M. 2012. Effects of barley β -glucan-enriched flour fractions on the glycaemic index of bread. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **63**(1): 23–29.
- Güler, M. 2003. Barley grain β -glucan content as affected by nitrogen and irrigation. *Field Crops Research*, **84**(3): 335–340.
- Habiyaremye, C., Schroeder, K. L., Reganold, J. P., White, D., Packer, D., Murphy, K. M. 2021. Effect of Nitrogen and Seeding Rate on β -Glucan, Protein, and Grain Yield of Naked Food Barley in No-Till Cropping Systems in the Palouse Region of the Pacific Northwest. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **5**.
- Havrlentová, M., Petrláková, Z., Burgárová, A., Gago, F., Hlinková, A., Šturdík, E. 2011. Cereal β -glucans and their Significance for the Preparation of Functional Foods-A Review. *Czech Journal of Food Science*, **29**(1).
- Izydorczyk, M. S., Chornick, T. L., Paulley, F. G., Edwards, N. M., Dexter, J. E. 2008. Physicochemical properties of hull-less barley fibre-rich fractions varying in particle size and their potential as functional ingredients in two-layer flat bread. *Food Chemistry*, **108**(2): 561–570.
- Izydorczyk, M. S., Dexter, J. E. 2008. Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products-a Review. *Food Research International*, **14** (9): 850–868.
- Jenkins, A. L., Jenkins, D., Zdravkovic, U., Würsch, P., Vuksan, V. 2002. Depression of the glycemic index by high levels of b-glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, **56**: 622–628.
- Lazaridou, A., Biliaderis, C. G. 2007. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects. *Journal of Cereal Science*, **46**(2): 101–118.
- Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S. 2007. Cereal b-glucans: Structures, physical properties, and physiological functions. In C. G. Biliaderis, M. S. Izydorczyk (Eds.), *Functional food carbohydrates* (pp. 1–72). Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Maheshwari, G., Sowrirajan, S., Joseph, B. 2017. Extraction and Isolation of β -Glucan from Grain Sources—A Review. *Journal of Food Science*; **82**(7): 1535–1545.
- McCleary, B.V.: Megazyme: Mixed-linkage beta-glucan assay procedure (McCleary method). Bray Business Park, Bray 2006: 1–15.
- Mejia, S. M. Vasquez., de Francisco, A., Bohrer, B. 2020. A comprehensive review on cereal β -glucan: Extraction, characterization, causes of degradation, and food application. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **60**(21): 3693–3704.
- Oscarsson, M., Andersson, R., Olofsson, P. S., Jonsson, A., Man, A. 1998. Effects of Cultivar, Nitrogen Fertilization Rate and Environment on Yield and Grain Quality of Barley. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **78**.
- Saastamoinen, M., Hietaniemi, V., Pihlava, J.-M., Euroola, M., Kontturi, M., Tuuri, H., Nikkanen, M., Kangas, A. 2004. β -Glucan contents of groats of different oat cultivars in

- official variety, in organic cultivation, and in nitrogen fertilization trials in Finland. *Agricultural and Food Science*, **13**: 68–79.
- Schmidt, M. 2020. Cereal beta-glucans: an underutilized health endorsing food ingredient. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Shoukat, M., Sorrentino, A. 2021. Cereal β -glucan: a promising prebiotic polysaccharide and its impact on the gut health. In *International Journal of Food Science and Technology*, **56**(5): 2088–2097.
- Tiwari, U., Cummins, E. 2009. Factors influencing β -glucan levels and molecular weight in cereal-based products. In *Cereal Chemistry*, **86**(3): 290–301.
- Zhang, G., Chen, J., Wang, J., Ding, S. 2001. Cultivar and environmental effects on (1 $\rightarrow$ 3, 1 $\rightarrow$ 4) β -D-glucan and protein content in malting barley. *Journal of Cereal Science*, **34**(3): 295–301.

Ühe kateedri lugu. 1. Loomine

Rein Lillak

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

Abstract. Lillak, R. 2022. The story of one department. 1. Establishment – Agronomy 2022.

The paper focuses on the history of establishment of one of the most outstanding Departments of Faculty of Agronomy, Estonian Agricultural Academy. For the research, sources from the Estonian National Archives, various materials preserved in the Department of Grassland Husbandry and memories of former employees have been used. The Department of Grassland Husbandry was established in 1967 after two decades of intensive preparation works. Starting from nothing it was built up mainly as a result of the enthusiastic work of three young men, Karl Annuk, Neeme Russi and especially Arnold Sau, in conditions where the probability of failure was very high. During that period they were able to establish financially independent ambitious research team and a basic infrastructure for research and study.

Keywords: Department of Grassland Husbandry, preparation for establishment, Arnold Sau

Sissejuhatus

Eesti Põllumajanduse Akadeemia loomisest on möödunud 70 aastat ning selle koosseisu kuulunud agronomiateaduskonna asutamisest enam kui 100 aastat. Sellega seoses kutsuti inimesi üles koostama oma struktuuriüksuste (kateedrite, teaduskonnade, osakondade jm) ajalugu. Üleskutse langes viljakale pinnasele ning mitmed teaduskonnad/instituudid (näit majandusteaduskond) tulid selle kokku kirjutamisega edukalt toime. Agronomiateaduskonna ajaloo kokkupanek osutus aga märksa keerulisemaks. Esiteks oli teaduskonna tegevus pikaajalisem ja mitmekülgsem kui lühemat aega tegutsenud teaduskondadel. Teiseks hävis suur osa kohapeal säilitatavast nõukogude perioodi arhiivimaterjalist seoses viimaste aastakümnete struktuurireformide ja kolimistega, mistõttu infolünkade täitmine nõuab pikaajalist ja visa tööd. Eriti keeruline on sealjuures saavutada tulevase raamatu stiililine ühtlikkus ning ajaloo uurimismetoodika loogikast kinnipidamine. Selle tõttu oleks mõistlik jagada töö osadeks ning alustada teaduskonna alla kuulunud kateedrite ajaloost. Käesoleva artikliga soovib autor teha sellega algust ja tutvustada lugejale EPA agronomiateaduskonna ühe säravama ja eripalgelisema kateedri, rohumaa viljeluse kateedri loomisega seonduvat.

Materjal ja meetoodika

EPA rohumaa viljeluse kateedri arenguloo kohta on koostatud mitmeid ülevaatlikke artikleid. Peamiselt on need avaldanud A. Sau või viimase surma järel R. Toomre erinevates kogumikes (Sau *et al.*, 1967; Sau, 1968; Toomre, 1983, 1991 jt). Etteantud mahust lähtudes on kirjutised reeglina väga kitsapiirilised (pühendatud kateedri uurimistöö arengule, hiljem ka A. Sau tegevusele) ning käsitlevad suuresti üksuse arengu algusperioodi kuni eelmise sajandi kaheksakümnendate aastateni. Piisavalt pika ajaloolise distantssi puudumine raskendas üldistuste tegemist ning põhjuste ja

tagajärgede vaheliste seoste esiletoomist. Personaalsete suhtega arvestamise vajadus vähendas objektiivsete järelduste tegemise võimalust veelgi.

Käesoleva artikli koostamisel on kasutatud eelkõige Rahvusarhiivis asuvaid EPA Nõukogu, agronoomiateaduskonna ja taimekasvatuse kateedri 1954–1967.a kohta käivaid säilikuid. Materjali on täiendatud erinevates artiklites toodud andmetega, samuti on läbi töötatud rohumaaviljeluse ja botaanika kateedris säilinud selleaegsed dokumendid. Ajalooliselt kriitiliste sõlmpunktide avamiseks on küsitletud endisi töötajaid. Nende mälestusi on objektiivsuse huvides võimalusel kõrvutatud dokumentaalse materjaliga ja üldistatud.

Kateedri ajalugu on periodiseeritud olulisemate sõlmsündmuste kaudu viieks etapiks: 1951–1967 (kateedri loomine), 1967–1973 (kiire tõus), 1974–1983 (argipäev), 1984–1990 (*quo vadis*) ja 1991–tänapäevani (reformide tuules). Käesolev artikkel käsitleb rohumaaviljeluse kateedri loomist, ideest teostuseni.

Tulemused

Eeltöö

Katmaks põllumajandusliku suurtootmise vajadusi kõrgelt haritud spetsialistide järele, asutati 1951.a seitsme teaduskonnaga Eesti Põllumajanduse Akadeemia. Selle üheks keskseks üksuseks kujunes agronoomiateaduskond, mille koosseisu kuulus algselt kuus kateedrit.

Rohumaaviljelus ja sellega seonduv uurimistemaatika oli sõjajärgselt mitmesuguste dogmaatiliste õpetuste levimise tõttu esialgu põlu all. Vähesel määral tegeleti sellealase uurimistööga vaid taimekasvatuse kateedris.

Jossif Stalini surma järel hakkasid olud Nõukogude Liidus muutuma. Juba 1953.a septembripleenumil märkis N. Hruštšov, et söötade tootmise laiendamise küsimus tuleb otsustada vastavalt iga tsooni mullastiku- ja kliimatingimustele. Järgmise aasta lõpul (9-10. detsembril) toimus NSV Liidu Põllumajandusministeeriumi Teaduslik-Tehnilises Nõukogus nõupidamine kultuurkarjamaade küsimuses. Nõupidamise tulemusena tunnistati rohumaad NSV Liidu metsatsoonis otsustava tähtsusega haljaskonveieri lüliks. Peeti vajalikuks Leningradi, Moskva ja Balti vabariikide põllumajanduslike kõrgemate õppeasutuste juures ellu kutsuda rohumaade kateedrid ning õppekavades hakata käsitlema kultuurkarjamaade rajamise ja kasutamise küsimusi (Nõupidamine..., 1955). Muuhulgas võttis nõupidamisest osa selleaegne Leningradi Põllumajanduse Instituudi professor, hilisem akadeemik J. V. Larin, kelle rolli EPA rohumaaviljeluse kateedri edasisel loomisel ei tohi alahinnata.

Moskvas läbiviidud arutelud ja vastu võetud otsused olid teedrajavad ja tähistasid uue mõttelaadi sündi.

EPA-s olid muutused esialgu siiski vähe silmatorkavad. 22. aprillil 1953.a otsustas EPA taimekasvatuse kateeder võtta õppeplaani sookultuuri aine ja liita see heinakasvatusega kokku 100 tunni ulatuses (EAA.5387.6.2). Sama aasta juulis andis EPA Õpetatud Nõukogu soovituskirja Kalju Reinholdile (viimase uurimisteemaks oli rohumaataimedel baseerunud Emajõe luha ratsionaalne põllumajanduslik kasutamine) ja Neeme Russile astumaks Leningradi Põllumajanduse Instituudi mitte-

statsionaarsesse aspirantuuri (EAA.5387.18.14). Saatuse tahtel algas samal aastal ka selleaegse agronoomiateaduskonna II kursuse üliõpilase Arnold Sau esiletõus. Märtsi algul otsustas EPA Õpetatud Nõukogu määrata talle hea õppe edukuse ning ühiskondliku aktiivsuse eest nimelise stipendiumi (EAA.5387.18.14, protokoll nr. 2). Olles Üliõpilaste Teadusliku Ühingu (ÜTÜ) taimekasvatuse ringi esimees lõi ta selle all rohumaa viljeluse sektiiooni. Samal ajal rajati tema algatusel Raadi karjamaadele kaks katset: rohumaa külvikorra katse (hävines üsna pea) ning heinaseemnesegude katse, mille andmeid kasutas A. Sau oma kandidaadi dissertatsiooni koostamisel. Alates septembrist astus ta paralleelselt õppimisega tööle laborandina (viimasel aastal vanemlaborandina) EPA botaanika ja fütopatoloogia kateedrisse ning aasta hiljem taimekasvatuse ja sordiaretuse kateedrisse, kus töötas kuni EPA agronoomiateaduskonna lõpetamiseni 1956.a.

Taimekasvatuse ja sordiaretuse kateedri üldine olukord oli sellel ajal üsna keeruline. Kateedri aruannetest selgus, et katsetöö läbiviimist takistas oluliselt oma katsejaama puudumine, teadusaparatuuri polnud mitme aasta vältel juurde saadud, Raadi Õppe-Katsemajandis olevad ruumid ei vastanud vajadustele ning paljudel õppejõududel puudus teaduslik kraad. Õppejõududest oli ametis H. Sutter (kateedri juhataja, dotsent; ainuke, kellel oli põllumajandusteaduste kandidaadi teaduskraad), vanemõpetajad K. Viileberg, K. Reinhold, H. Väljaots (viimane töötas poole kohaga kohakaasluse alusel, kaitses väitekirja 1955.a), L. Raudsepp (töötas kohakaasluse alusel poole töökoormusega), J. Heinsoo, assistendid N. Russi ja E. Reimets. Abipersonalina oli tööle võetud kaks vanemlaboranti (J. Unt ja K. Annuk), kaks poole koormusega laboranti (E. Kauping ja A. Sau) ning vanempreparaator E. Enno (EAA.5387.6.56, EAA.5387.6.58). Nendest rohkemal või vähemal määral olid rohumaa viljelusega seotud vaid H. Sutter, K. Reinhold, H. Väljaots ning A. Sau. Kateedri rahaline olukord oli suhteliselt ebakindel. Õppetööle lisaks osaleti erinevate teadusteemade täitmisel, millest rohumaa kultuuride kasvatamisega olid seotud vaid kaks: 1953.a avanenud Emajõe luha niitude ratsionaalne põllumajanduslik kasutamine (juhiks vanemõpetaja K. Reinhold) ning bioloogiliste ja agrotehnoloogiliste aluste uurimine lutserni saagi tõstmisel ja ühtlustamisel (juhiks dotsent H. Sutter; EAA.5387.6.60). Üsna pea tabas rohumaa viljeluse uurimissuunda valus löök. Kalju Reinhold haigestus ning suri 1957.a.

Sellistes tingimustes ei olnud NSV Liidu Põllumajandusministeeriumi Teaduslik-Tehnilises Nõukogus vastuvõetud otsuste realiseerimine esialgu võimalik – puudus nii raha, inimesed kui ka eestvedaja. Muutused olid aga õhus.

1956.a. lõpetas A. Sau EPA agronoomiateaduskonna mahuka diplomitööga „Pikaajaliste kultuurkarjamaade rajamine ja kasutamine Tartu rajoonis“ (juhendajateks vanemõpetaja K. Reinhold ja põllumajandusteaduste kandidaat H. Väljaots). Sama aasta septembri algul andis EPA Nõukogu talle soovitus aspirantuuri astumiseks heinakasvatuse alal (EAA.5387.18.50). Kohapealse juhendaja puudumise tõttu tuli juhendaja leida väljastpoolt vabariiki. Selleks sai Leningradi Põllumajanduse Instituudi professor ja akadeemik ning rohumaa viljeluse valdkonna tuline eestvõitleja J. V. Larin (foto 1). Töö teemaks oli „Pikaajaliste kultuurkarjamaade rajamine

Lõuna- ja Kesk-Eesti lühiajaliseks kasutamiseks ettenähtud mitmeaastaste heintaimede külvile“.



Foto 1. Akadeemik V.I. Larin (pildi keskel) rohumaaiviljeluse õppejõududega

Aspirantuuri astumise järel algas A. Sau tegevuses uus etapp. Tema eestvedamisel rajati juurde uusi karjamaakatseid nii Raadile kui ka erinevatesse majanditesse (EAA.T-452.1.307). Võib oletada, et just aspirantuuri ajal hakkas tal küpsema idee luua EPA-s rohumaaiviljeluse kateeder. Kahtlemata sai ta selleks innustust oma juhendajalt. Et mitte kaotada sidet EPA-ga, hakkas A. Sau sama aasta septembrist poole koormusega tööle taimekasvatuse ja sordiaretuse kateedri assistendina.

Edasised arengud toimusid mitmel tasandil. Jaanuari lõpul 1959.a tegi EPA selleaegne teadusala prorektor dotsent V. Martin õpetatud nõukogu koosolekul ettekande teaduslikust uurimistööst EPA-s 1958.a ning põllumajanduse edasistest arengusuundadest 1959–1965.a. Ettekandes rõhutas ta loomakasvatuse tähtsust ning vajadust tegeleda söödabaasi arendamise küsimustega. Siiski võis sõnavõtust välja lugeda, et prioriteetseteks peeti pigem uurimistööd maisi vallas (EAA.5387.18.78). Sama aasta 30.oktoobril märkis prorektor, et agronoomiateaduskond töötab viie põhiprobleemiga, millest üks on kultuurrohumaaade efektiivsemate rajamise ja kasutamise viiside väljatöötamine (EAA.5387.18.79). Teemat juhtis A. Sau, kelle sulest ilmusid juba ka esimesed teadusartiklid vabariiklikes ja üleliidulistes ajakirjades.

Järgmisi aastaid võib nimetada EPA rohumaaiviljeluse valdkonna arengus muranguliseks. Just sellel perioodil loodi alusbaas, mida eeldas uue struktuuriüksuse loomine. 1960.a alguses lahkus kateedri assistendi ametikohalt Juta Unt ning tema ametikoha sai endale A. Sau. Sellega seoses kadus kateedris vajadus palgata rohumaaiviljeluse õppejõud väljastpoolt EPA-t. Sama aasta kevadel liideti Eerika abimajand EPA-ga, millest hiljem kujunes välja agronoomiateaduskonna peamine katsebaas. Taimekasvatuse kateeder sai enda käsutusse Mõtšurini 34 (praeguse Laia tänava) kolmanda korruse, kuhu hiljem koondus loodud rohumaaiviljeluse kateeder. 29. juunil 1960.a kaitses A. Sau edukalt kandidaadi väitekirja ning juba septembris alustas ta tööd agronoomiateaduskonna dekaanina. Millised olid tema dekaaniks valimise ja hakkamise tagamaad, on üsna raske tagantjärei selgeks teha. Miks oli

vaja noor, äsja oma dissertatsiooni kaitsnud inimene valida teaduskonna juhiks ning miks andis A. Sau oma nõusoleku? Tähendas see samm ju erinevate lisaülesannete tekkimist ning rohumaaviljelusest eemaldumist. Teiselt poolt võimaldas kõrge ametikoht märksa efektiivsemalt tegutseda oma kaugemate eesmärkide saavutamisel. Tundub, et esialgu tuli siiski lõivu maksta, mis kajastus eelkõige avaldatud teadusartiklite arvu vähenemises.

Rohumaaviljeluse töörühma loomine oli ikka veel pigem teoreetiline võimalus. Huvitav fakt ilmnes 14. jaanuari 1960.a taimekasvatuse ja sordiaretuse kateedri koosoleku protokollist, mil otsustatakse, et A. Sau ja K. Annuk koostavad 1962. a üliõpilastele praktiliste tööde juhendi rohumaaviljeluse ja sookultuuri alal (EAA.5387.6.110). Siit võib välja lugeda, et K. Annuk, kelle teadustöö oli seni olnud seotud eelkõige kartulitähtlase küsimustega, oli liikumas rohumaaviljeluse suunda ning üle võtmas K. Reinholdi poolelijäänud tööd Emajõe lammialade põllumajandusliku kasutamise uurimisel. Kolm kuud hiljem, kui kateedris arutati 1961.a teadustöö plaani, oli K. Annuk aga endiselt kirjastanud kartulisortide tähtlase anatoomiliste ja biokeemiliste näitajate temaga (EAA.5387.6.110) ning alles 1963/64.a teadustöö plaanis oli tema teadusteemana mainitud „Emajõe lamminiitude saagikuse tõstmine liblikõieliste heintaimede abil“ (EAA.5387.6.196).

Pingelise dekaani töö kõrval ei kaotanud A. Sau siiski sidet rohumaaviljelusega. Koostöös V.I. Lariniga algatati 1962.a uurimisteema: „Kultuurkarjamaa produktiivsuse suurendamine liblikõieliste heintaimede optimaalse osakaalu reguleerimisega“. Tegu polnud siiski päris uue ideega. Oli ju A. Sau kandidaadi väitekirja pühendatud ligilähedaselt samale teemale, samuti 1961.a Eesti NSV põllumajandusministeeriumiga sõlmitud ja alustatud lepinguline töö.

Järgmise, 1963.a aasta märtsiga lõppes A. Sau ametiaeg dekaanina. Aprilli keskepaigas otsustas Agronoomiateaduskonna Nõukogu esitada taotlus vanemõpetaja A. Sau määramiseks teaduslikuks töötajaks, et ta saaks pühenduda doktoriväitekirjale (EAA.5387.6.180; protokoll nr. 1), mõni kuu hiljem (12. juunil 1963.a) valiti ta aga juba dotsendiks rohumaaviljeluse alal (protokoll nr. 3). Esialgu tähendas see siiski töötamist dotsendi kohusetäitjana, kuid juba järgmisel aastal, peale kutse omistamist, asus ta tööle täisdotsendina.

Aprilli keskel 1963.a võttis Agronoomiateaduskonna Nõukogu vastu teisegi rohumaaviljelust puudutava otsuse. Nimelt otsustati teha EPA rektoraadile ettepanek jagada taimekasvatuse kateeder kaheks ja moodustada 4,5 õppejõu koormusega rohumaaviljeluse ja sordiaretuse kateeder. Peale A. Sau oleks loodava kateedri koosseisu läinud veel K. Annuk (kaitses 1962.a kandidaadi väitekirja, valiti 1964.a dotsendiks rohumaaviljeluse ja sookultuuri alal, aasta hiljem omistati talle dotsendi teaduslik kutse; EAA.5387.6.210; protokoll nr. 7). Kolmandana nähti uue kateedri koosseisus vanemõpetajat N. Russit, kes pidi juhtima kateedri geneetika ja sordiaretuse teadussuunda (foto 2).



Foto 2. Rohumaaviljeluse ja sordiaretuse kateedri alusepanijad: K. Annuk, N. Russi ja A. Sau

Järgneva paari aasta jooksul agronoomiateaduskonna struktuuris olulisi muutusi siiski veel ei toimunud. Rohumaaviljeluse suuna areng oli suunatud eelkõige kateedri sisu loomisele. 1965.a oktoobri algul peeti EPA taimekasvatuse kateedri koosolekul vajalikuks sisse viia seemnekasvatuse ja rohumaaviljeluse spetsiaalsus (EAA.5387.6.223; protokoll nr. 1). Kuu aega hiljem toimunud Agronoomiateaduskonna Nõukogu koosolek toetas seda ettepanekut ja leidis, et see peab toimuma juba 1966/67 õppeaastal. Vastuvõetavate üliõpilaste arvuks määrati 25. Niivõrd kiiresti seda teha siiski ei õnnestunud. Õppeplaan kinnitati Agronoomiateaduskonna Nõukogu poolt alles 24. veebruaril 1967.a ning alates 1967/68 õppeaastast hakati rohumaagronoome esimesele kursusele vastu võtma (Vili, 1977).

Uue kateedri loomise üheks eelduseks oli selle rahaline võimekus. Seda probleemi aitasid lahendada majanduslepingud erinevate osapooltega. Aasta-aastalt lepingute arv ja saadav rahasumma kasvas ning 1967.a teeniti lepingulise uurimistööga juba 42500 rubla (Sau, 1967). See võimaldas asuda lahendama teistki akuutset probleemi – kaadriküsimust. Õppe- ja teadustöö mahu oluline suurenemine eeldas uute töötajate palkamist. See sai võimalikuks tänu majanduslepingutega teenitud rahale. 1965.a lõpul leiab kultuurrohumaaade teemade täitjatena vanemteaduri U. Tamme, aspirantidena E. Kree, E. Kärneri ja H. Olderi. Vanemlaborantidena oli tööle võetud R. Viiralt ja E. Kirspuu (EAA.5387.6.223; protokoll nr. 2). Aasta hiljem lisandus meeskonda aspirandina A. Laugus. Sellega oli loodava rohumaaviljeluse kateedri õppe- ja teadustuumik paigas.

Intensiivselt tegeleti nendel aastatel ka teaduse infrastruktuuri arendamise ning katsetööga. 1965.a. võttis Agronoomiateaduskonna Nõukogu vastu otsuse koondada katsetöö selleaegse Eerika majandi keskusesse (EAA.5387.6.210; protokoll nr. 9). A. Sau eestvedamisel suurenes rohumaakatsete ja uurimissuundade arv kiiresti. 1967.a. ligines katsete arv 140-le, peale Raadi ja Eerika oli neid rajatud Sootagale, Moostesse, Ruusmäele, Rõugesse ja Otepääle (EAA.5387.6.238) ning teadustöö oli

võtnud rahvusvahelise mõõtme. Aastatel 1965-1967 osales A. Sau rahvusvahelistel rohumaade konverentsidel ja kongressil Hollandis, Soomes ja Prantsusmaal.

Teadustöö edasiseks süvendamiseks vajas töörühm teadusaparatuuri ja -laborit. EPA Nõukogu koosolekul 04. veebruaril 1966.a rõhutati vajadust rajada muuhulgas rohumaade problemlabor (ettepanek taolise labori loomiseks esitati EPA perspektiivplaanis NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumile juba varem; EAA.5387.6.200).

Oluliste edasiminekuete kõrval jäid mitmed probleemid endiselt lahendamata. Üheks taoliseks kitsaskohaks oli geneetika ja sordiaretuse valdkonna infrastruktuuri nõrkus, seda nii ruumide kui ka teadusaparatuuri osas (EAA.5387.6.210; protokoll nr. 10). Sellega seoses pidas Agronoomiateaduskonna Nõukogu 1967.a. juunis hädavajalikuks eralda ca'8000 rubla geneetika ja sordiaretuse laboratooriumi sisustamiseks, et osta uurimismikroskoop, mikrotoon, röntgeniapparaat, termostaat-inkubaator jt seadmeid. Samuti otsustati taotleda EPA rektoraadilt ruume geneetika ja sordiaretuse jaoks Mitsurini 30 hoones ning kahe laborandi palkamist geneetika, sordiaretuse ja rohumaaviljeluse õppetöö teenindamiseks.

Üleliiduline rohumaaviljeluse õppejõudude seminar 04.-11.07.1967.a

Peale nelja aastat ettevalmistusi oli nii taimekasvatuse ja sordiaretuse kateeder kui ka agronoomiateaduskond valmis uue kateedri moodustamiseks. Olid olemas nii inimesed, raha, sügav huvi kui ka põhimõtteline heakskiit NSV Liidu Põllumajandusministeeriumi tasandil. EPA juhtkond jäi aga endiselt ebalevaks. Ilmselt oli see üheks põhjuseks, miks taimekasvatuse kateedri rohumaaviljeluse töörühm otsustas näidata oma jõudu ja võimekust ning viia läbi üleliidulise rohumaaviljeluse õppejõudude seminari. Kuigi tegu ei olnud esimese taolise kokkusaamisega (1965.a. toimus analoogiline seminar Moskva Timirjazevi nimelises Põllumajanduse Akadeemias), oli see ometi suur väljakutse organisatoritele. Taotlus ürituse läbiviimiseks saadeti NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Põllumajandusliku Kõrgema ja Keskhariiduse Peavalitsusele, kust 31. juulil 1966.a. saadi ka põhimõtteline heakskiit. Peale seminari programmi ja eelarve kinnitamist vormistati otsus 31.märtsil 1967.a NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Põllumajandusliku Kõrgema ja Keskhariiduse Peavalitsuse juhataja asetäitja G. Gruzdevi käskkirjaga (käskkiri nr. 153). Osalejate arvuks planeeriti 90 inimest, kuludeks 950 rubla ning vastutavateks EPA rektor M. Klement ning dotsent A. Sau. Kutseid saadeti rohumaaviljeluse õppejõududele üle Nõukogude Liidu.

Seminar algas 04. juulil ning kestis 11. juulini. Sellest võttis osa 113 inimest. Esimesed kolm ja pool päeva toimusid erinevad teadus- ja õppetööd käsitlevad ettekanded, millest olulisemad avaldati EPA teadustööde kogumikus nr. 59 (Tartu, 1968). Paralleelselt ettekannetega olid üles seatud näitus (erinevaid teemasid käsitlevad stendid). Ürituse teine pool oli sisustatud ekskursioonidega Eerikale, Soota-gale, Moostesse ja Otepääle, tutvumaks seal tehtava teadus- ja arendustööga (foto 3). Seminari korraldus ning eeskujulikult üles ehitatud katsed jätsid osalejatele sügava mulje ning tõstsid korraldajate maine NSV Liidu rohumaateadlaste hulgas kõrgus-tesse. Osa sellest edust langes aga ka EPA juhtkonnale.



Foto 3. Üleliiduline rohumaaviljeluse õppejõudude seminarist osavõtjad Sootaga sovhoosis. Selgitusi jagab direktor August Kree

Üleliidulise seminari korraldamine täitis oma ülesande täiel määral. Rein Viiralt mälestuste kohaselt hakkas sellega seoses kateedri loomine kiiresti reaalseid piire omandama. Juba 1967.a aprillis koostas A. Sau taimekasvatuse kateedri kaheks jagamise projekti ning see kiideti kateedri koosolekul heaks (EAA.5387.6.270; protokoll nr. 5). Sama aasta jaanipäeval otsustas EPA õppejõudude koosseisuliste ametikohtade täitmiseks moodustatud komisjon teha EPA Nõukogule ettepaneku valida A. Sau rohumaaviljeluse kateedri juhataja kohale (EAA.5387.18.223) ning septembrist alustas rohumaaviljeluse kateeder (nimetatud ka rohumaaviljeluse ja sordiaretuse kateedriks; EAA.5387.6.270, protokoll nr. 5) ametlikult tegevust.

Kokkuvõte

Rohumaaviljeluse kateedri loomine 1967.a Eesti Põllumajanduse Akadeemias tulenes vabariigi veisekasvatuse üha kasvavast nõudlusest odavate rohusöödade järele. Selleaegseid rohumaid iseloomustas madal saagivõime ning rohu madal kvaliteet. Olukorra parandamine eeldas ulatuslikke teaduslikke uurimistöid ning tulemuste kiiret tootmisse rakendamist. Selleks oli vaja aga tegusat tööühikut, kes oleks tulnud toime nii teadus- kui ka õppetöö kvaliteetse läbiviimisega. Siiski võttis kateedri loomine aega enam kui 15 aastat. Mitmete soodsate tegurite olemasolule vaatamata oli rohumaaviljeluse kateedri sünnid nagu väikene ime. Ehitati see üles praktiliselt nullist, peamiselt kolme noore mehe, K. Annuki, N. Russi ja eelkõige A. Sau sihikindla ning entusiastliku töö tulemusena tingimustes, kus ebaõnnestumise tõenäosus oli kõrge.

Tänuavaldused

Autor tänab rohumaaviljeluse kateedri kauaaegseid töötajaid R. Viiraltit, N. Russit ja U. Tamme, kelle mälestused aitasid ületada mitmeid kitsaskohti käesoleva uurimise läbiviimisel.

Kasutatud kirjandus

Arhiivimaterjalid (fondid)

EAA.5387 – Eesti Põllumajanduse Akadeemia (Eesti Rahvusarhiiv Tartus)

EAA.T-452 – Kirjavahetus Sovhooside Ministeeriumiga (Eesti Rahvusarhiiv Tartus)

Publitseeritud allikad

Nõupidamine kultuurkarjamaade küsimuses. NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Teaduslik-tehnilises Nõukogus. 1955. *Sotsialistlik Põllumajandus*, 1: 1–2.

Sau, A., Kirspuu, E., Kivitar, L., Kree, A., Kärner, E., Older, H., Tamm, U., Viiralt, R. 1967. *Rohumaaviljeluse-alane teaduslik uurimistöö Eesti põllumajanduse Akadeemias. Ekskursioonijuht*. Eesti Põllumajanduse Akadeemia, Tartu, 91 lk (vene k.).

Sau, A. 1968. Lühiülevaade rohumaaviljeluse-alasest uurimistööst Eesti Põllumajanduse Akadeemias aastatel 1966–1967. –Rohumaaviljeluse-alane teaduslik konverents Tartus 1. ja 2. aprillil 1968.a., 14 lk.

Toomre, R. 1983. Ass. Prof. Arnold Sau – an outstanding scientists in grassland husbandry. –*Theoretical problems of the intensification of grassland husbandry*, Transactions of Estonian Agricultural Academy, 140, Estonian Agricultural Academy, Tartu, pp. 3–12 (vene k.).

Toomre, R. 1991. Eesti Põllumajanduse Akadeemia rohumaaviljeluse ja botaanika kateedri kujunemine, tegevus ja osa rohumaaviljeluse arendamisel Eestis. – *Rohumaaviljeluse teadustöö areng ja selle uurijad Eestis*, Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut, Eesti Põllumajanduse Infokeskus, Tallinn, lk 59–64.

Vili, E. 1977. Rajaleidja-teerajaja. – *Põllumajanduse Akadeemia*, XXII (26): 2 ja 4.

