

**Eesti Taimekasvatuse Instituut**  
**Eesti Maaülikool**  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

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

# AGRONOOMIA

## Agronomy

**Jõgeva 2019**

EESTI TAIMEKASVATUSE INSTITUUT  
EESTI MAAÜLIKOOL

## AGRONOOMIA 2019

Kogumik ilmub Taimekasvatuse teadmussiirde pikaajalise programmi raames teaduskonverentsiks Agronoomia 2019



[www.emu.ee](http://www.emu.ee)  
**Eesti Maaülikool**  
Estonian University of Life Sciences



Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeeringud  
maapirkondadesse



MAAELUMINISTEERIUM

Jõgeva 2019

## TOIMETUS

Toimetajad                    Ilme Tupits  
   Sirje Tamm  
   Ülle Tamm  
   Anu Toe

Kogumik ilmub teaduskonverentsiks Agronoomia 2019

Autoriõigus kuulub Eesti Taimekasvatuse Instituudile, varalised õigused kuuluvad materjali tellijale. Materjal valmis Maaeluministeriumi ning Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Ameti (PRIA) tellimusel 2019. a. Kõik autoriõigused on kaitstud.

© 2019 Eesti Taimekasvatuse Instituut

Eesti Maaülikool

Trükitud trükikojas Vali Press

ISSN 1736-6275

## SISUKORD

<b>MULLATEADUS JA MAAVILJELUS</b>	<b>9</b>
<b>Väetamise mõju mulla orgaanilise aine koostisele</b> <i>Sandra Pärnpuu, Karin Kauer, Alar Astover</i>	<b>10</b>
<b>Hapestatud vedelsõnniku mõju viljavaheldusliku külvikorra saagikusele</b> <i>Peeter Viil</i>	<b>16</b>
<b>Muutused mulla mikroobide hüdrofüütilises aktiivsuses ja lämmastiku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel</b> <i>Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Maarika Alaru, Liina Talgre, Evelin Loit, Anne Luik</i>	<b>22</b>
<b>Kartuli kasvatamise mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele ja orgaanilise süsiniku ning lämmastiku sisaldusele erinevates viljelusviisides</b> <i>Viacheslav Eremeev, Jaan Kuht, Berit Tein, Liina Talgre, Maarika Alaru, Eve Runno-Paurson, Erkki Mäeorg, Evelin Loit, Anne Luik</i>	<b>29</b>
<b>Põlevkivituhk kui lubiväetis</b> <i>Lisette Niilo, Tõnu Tõnutare</i>	<b>37</b>
<b>TAIMEKASVATUS</b>	<b>43</b>
<b>Uus odrasort 'Tuuli'</b> <i>Ülle Tamm, Ilmar Tamm, Hans Kiiüts</i>	<b>44</b>
<b>Uus kaerasort 'Kusta'</b> <i>Ilmar Tamm, Ülle Tamm</i>	<b>50</b>
<b>Talinisu saak, võrsumisvõime, tera suurus, peentera osakaal ja proteiini sisaldus olenevalt külvisenormist ja aastast</b> <i>Reine Koppel, Mati Koppel</i>	<b>54</b>
<b>Talirukki ja kaera sortide segukülvid</b> <i>Ilme Tupits, Ilmar Tamm</i>	<b>62</b>

<b>Talirukki ja kaera sortide väetamine mineraal- ja orgaaniliste väetistega</b>	<b>70</b>
<i>Ilme Tupits, Ilmar Tamm</i>	
<b>Kasvutingimuste mõju suvinisu morfoloogilistele tunnustele, terasaagile ja proteiinisaldusele</b>	<b>78</b>
<i>Merlin Haljak, Tiia Kangor, Anne Ingver</i>	
<b>Põldherneste (<i>Pisum sativum</i> L.) sordivõrdlus Jõgeval 2016–2018. a</b>	<b>84</b>
<i>Lea Narits</i>	
<b>Kas hirssi (<i>Panicum miliaceum</i> L.) võiks kasvatada Eestis?</b>	<b>90</b>
<i>Peeter Lääniste, Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Toomas Tõrra, Ülo Niinemets</i>	
<b>Õlikanepi kasvatustehnoloogiate optimeerimine</b>	<b>96</b>
<i>Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Toomas Tõrra, Ülo Niinemets, Peeter Lääniste</i>	
<b>Ilmastiku mõjust Eestis enamkasvatatavatele kartulisortidele</b>	<b>104</b>
<i>Aide Tsahkna, Terje Tähtjärvi</i>	
<b>Esimesed katsetused bataadi kasvatamisel Eesti põllul</b>	<b>108</b>
<i>Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Pille Meinson, Tiina Tosens, Siim Kõre, Rainis Sikk, Ülo Niinemets</i>	
<b>TAIMEKAITSE</b>	<b>116</b>
<b>Mükotoksiinid ja fusarium seened teraviljades – ülevaade tingimustest</b>	<b>117</b>
<i>Elina Akk, Liina Edesi, Tiina Talve, Bulat Islamov, Mary-Liis Kütt, Enn Lauringson, Ene Ilumäe, Kalvi Tamm</i>	
<b>Mutatsioonid, mis põhjustavad fungitsiidiresistentsuse nisu helelaiksusele</b>	<b>129</b>
<i>Andres Mäe, Pille Sooväli</i>	
<b>Seenhaiguste esinemine Eestis kasvatatavatel suvinisu sortidel</b>	<b>137</b>
<i>Bulat Islamov, Anne Ingver</i>	

<b>Biostimulaatoriga puhtimise mõju talinisu juurestikule</b> <i>Pille Sooväli</i>	<b>143</b>
<b>Biostimulaatori ja fungitsiidi mõju õlleodrale</b> <i>Tiia Kangor, Ülle Tamm, Pille Sooväli</i>	<b>149</b>
<b>Ristõielise kattedekultuuri mõju lehemädaniku levikule mahetingimustes</b> <i>Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev</i>	<b>155</b>
<b>MITMESUGUST</b>	<b>161</b>
<b>2017/2018. aasta ilmastiku omapärast Jõgeval ja selle mõjust taimekasvatusele</b> <i>Laine Keppart</i>	<b>162</b>
<b>Valge ristiku seemnepõllu eelniitmisest</b> <i>Ants Bender</i>	<b>168</b>
<b>Alaska luste ja roog-aruheina erinevad viljelusviisid</b> <i>Uno Tamm, Heli Meripõld, Silvi Tamm, Sirje Tamm</i>	<b>178</b>
<b>Kapsa vahele külvatud vahekultuuri mõju põhikultuuri saagile ja umbrohtumusele maheviljeluses</b> <i>Ingrid Bender</i>	<b>184</b>
<b>Kurdlehise roosi (<i>Rosa rugosa</i> Thunb.) viljade keemiline koostis sõltuvalt kasvukoha mullast</b> <i>Elve Üksik, Tõnu Tõnutare, Kadri Karp</i>	<b>191</b>
<b>LED lampide mõju salatkressi kasvule</b> <i>Margit Olle</i>	<b>196</b>
<b>Nutitelefoni kasutamisest mulla taimedele omastatava fosfori sisalduse hindamiseks</b> <i>Tõnis Tõnutare, Aldo Oras, Tõnu Tõnutare</i>	<b>202</b>

## CONTENTS

<b><i>SOIL SCIENCE AND SOIL MANAGEMENT</i></b>	<b>9</b>
<b>Effect of fertilization on composition of soil organic matter</b> <i>Sandra Pärnpuu, Karin Kauer, Alar Astover</i>	<b>10</b>
<b>Influence of acidified liquid manure to the yield of rotating field crops</b> <i>Peeter Viil</i>	<b>16</b>
<b>Changes in microbial hydrolytic activity and the total nitrogen content in soil by undersowing red clover with barley</b> <i>Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Maarika Alaru, Liina Talgre, Evelin Loit, Anne Luik</i>	<b>22</b>
<b>Soil microbial activity, content of organic carbon and total nitrogen depending on potato growing in different cropping systems</b> <i>Viacheslav Eremeev, Jaan Kuht, Berit Tein, Liina Talgre, Maarika Alaru, Eve Runno-Paurson, Erkki Mäeorg, Evelin Loit, Anne Luik</i>	<b>29</b>
<b>Oil shale ash as a liming material</b> <i>Lisette Niilo, Tõnu Tõnutare</i>	<b>37</b>
<b><i>FIELD CROPS</i></b>	<b>43</b>
<b>The new barley variety Tuuli</b> <i>Ülle Tamm, Ilmar Tamm, Hans Kүүts</i>	<b>44</b>
<b>The new oat variety Kusta</b> <i>Ilmar Tamm, Ülle Tamm</i>	<b>50</b>
<b>Yield, tillering ability, thousand kernel weight, percentages of small seeds and protein content of winter wheat depending on the sowing rate and year</b> <i>Reine Koppel, Mati Koppel</i>	<b>54</b>
<b>Winter rye and oat variety mixture stands</b> <i>Ilme Tupits, Ilmar Tamm</i>	<b>62</b>

<b>Use of mineral and organic fertilizers with winter rye and oat varieties</b>	<b>70</b>
<i>Ilme Tupits, Ilmar Tamm</i>	
<b>The effect of the growing conditions on the morphological characteristics, grain yield and protein content of spring wheat</b>	<b>78</b>
<i>Merlin Haljak, Tiia Kangor, Anne Ingver</i>	
<b>Field pea (<i>Pisum sativum</i> L.) variety comparison at Jõgeva during 2016–2018</b>	<b>84</b>
<i>Lea Narits</i>	
<b>Can proso millet (<i>Panicum miliaceum</i> L.) be cultivated in Estonia?</b>	<b>90</b>
<i>Peeter Lääniste, Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Toomas Tõrra, Ülo Niinemets</i>	
<b>Optimization of cultivation technologies for industrial hemp (<i>Cannabis sativa</i>) cv. Finola</b>	<b>96</b>
<i>Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Toomas Tõrra, Ülo Niinemets, Peeter Lääniste</i>	
<b>The effect of weather to more cultivated potato varieties in Estonia</b>	<b>104</b>
<i>Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv</i>	
<b>First steps on sweet potato cultivation in Estonia</b>	<b>108</b>
<i>Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Pille Meinson, Tiina Tosens, Siim Kõre, Rainis Sikk, Ülo Niinemets</i>	
<b>PLANT PROTECTION</b>	<b>116</b>
<b>Mycotoxins and <i>Fusarium</i> fungi in cereals – overview of conditions</b>	<b>117</b>
<i>Elina Akk, Liina Edesi, Tiina Talve, Bulat Islamov, Mary-Liis Kütt, Enn Lauringson, Ene Ilumäe, Kalvi Tamm</i>	
<b>Role of mutations in the sensitivity response of Septoria leaf spot to fungicides</b>	<b>129</b>
<i>Andres Mäe, Pille Sooväli</i>	
<b>Incidence of fungal diseases in spring wheat cultivars grown in Estonia</b>	<b>137</b>
<i>Bulat Islamov, Anne Ingver</i>	



<b>Impact of treatment with biostimulants on development of winter wheat roots</b>	<b>143</b>
<i>Pille Sooväli</i>	
<b>The effect of biostimulants and fungicide treatment on malting barley</b>	<b>149</b>
<i>Tiia Kangor, Ülle Tamm, Pille Sooväli</i>	
<b>Winter cover crop effect to potato late blight development</b>	<b>155</b>
<i>Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev</i>	
<b>MISCELLANEOUS</b>	<b>161</b>
<b>Peculiarities of weather conditions and the influence to crops during vegetation period of 2017/18 at Jõgeva</b>	<b>162</b>
<i>Laine Keppart</i>	
<b>Pre-mowing of white clover cultivated for seed</b>	<b>168</b>
<i>Ants Bender</i>	
<b>Organic vs. conventional management of alaska brome and tall fescue</b>	<b>178</b>
<i>Uno Tamm, Heli Meripõld, Silvi Tamm, Sirje Tamm</i>	
<b>The influence of in stripes living mulches to the cabbage yield and weeds in organic farms</b>	<b>184</b>
<i>Ingrid Bender</i>	
<b>The chemical composition of <i>Rosa rugosa</i> fruits depend on the soil habitat</b>	<b>191</b>
<i>Elve Üksik, Tõnu Tõnutare, Kadri Karp</i>	
<b>The effect of LED lighting on the growth of cress</b>	<b>196</b>
<i>Margit Olle</i>	
<b>About the usage of smartphone for the estimation of plant available phosphorus in soil</b>	<b>202</b>
<i>Tõnis Tõnutare, Aldo Oras, Tõnu Tõnutare</i>	

## ***MULLATEADUS JA MAAVILJELUS***

## VÄETAMISE MÕJU MULLA ORGAANILISE AINE KOOSTISELE

Sandra Pärnpuu, Karin Kauer, Alar Astover

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Pärnpuu, S., Kauer, K., Astover, A. 2019. Effect of fertilization on composition of soil organic matter. – Agronomy 2019.

*A major determinant of sustainability of agricultural systems is soil organic carbon ( $C_{org}$ ) which is the main component of soil organic matter (SOM). Changes in  $C_{org}$  can occur in both total and active (labile) C pools. Land use and farming management practices have an effect on SOM content and its composition. The aim of this study was to estimate the effect of application of mineral fertilizers and manures on  $C_{org}$  content and its labile fraction. The soil samples (0–20 cm) were collected from IOSDV long-term experiment located in Tartu, Estonia (established in 1989) in autumn 2017. The experiment consists of a three-field crop rotation (potato-wheat-barley) focused on organic and mineral nitrogen fertilization. The soil type was Stagnic Luvisol/Retisol. Mineral nitrogen (N) was applied at five rates (0, 40, 80, 120, 160 kg N ha<sup>-1</sup>) and manure (40 t ha<sup>-1</sup>) added once during every three years prior to planting of potatoes. To assess the labile fraction, the cold water extractable organic carbon ( $C_{eks}$ ) and  $C_{org}$  concentration were determined by VarioMAX CNS element analyzer. For estimating SOM lability the proportion of  $C_{eks}$  in  $C_{org}$  ( $p-C_{eks}$ ) was calculated. Mineral fertilizer did not impact neither  $C_{org}$  nor  $C_{eks}$  concentrations. The manure increased  $C_{org}$  content and decreased SOM lability. Cereal with manure aftereffect also produced SOM with lower lability compared to potato with manure. Based on the results of one year, the crop has influence on the  $C_{eks}$  and SOM lability, indicating that labile fraction of SOM is sensitive to management and can be used as an early indicator of SOM quality change.*

**Keywords:** soil organic carbon, labile fraction, water-extractable soil, soil fertilization

### Sissejuhatus

Muld on aegade algusest olnud ja on tänapäevani taimekasvatuses peamine komponent. Mulla orgaaniline aine on mulla kvaliteedi esmane näitaja, mis mõjutab mulla füüsikalisi, keemilisi ja bioloogilisi omadusi (Duval jt, 2013). Mulla orgaaniline aine sisaldab keskmiselt 58% süsinikku (Lal, 2004) ja mulla orgaanilise süsiniku ( $C_{org}$ ) kontsentratsioon sõltub taimkattest, mulda ladestuvast biomassi liigist ja kogusest, bioloogilisest aktiivsusest ja selle tüübist risosfääris (Pizzeghello jt, 2006), mulla niiskuse sisaldusest ning õhutemperatuurist ja sademetest (Jobbágy ja Jackson, 2000). Mulla  $C_{org}$  sisaldust saab mõjutada erinevate mulla majandamise võtetega nagu muldade harimine, lupjamine, orgaaniliste ja mineraalsete väetiste kasutamine, vahekultuuride, mono- või segakultuuri kasvatamine (Fageria, 2012).

Mulla orgaanilist ainet saab jagada aktiivseks (labiilne) fraktsiooniks, mille püsivusaeg mullas on lühike (nädalatest aastani) ja stabiilseks fraktsiooniks, mille püsivusaeg on mitmed aastad kuni sajandid (Tirol-Padre ja Ladha, 2004). Stabiiliseerunud mulla  $C_{org}$  koosneb orgaanilistest ühendidest, mis on mikroobide lagun-

damisele vastupidavad (Haynes, 2005). Mullaviljakuse säilitamiseks on väga oluline mulla labiilne fraktsioon, mis on peamine toitainete allikas taimedele ja mikroobidele (Zhang jt, 2011), kuid stabiilne osa avaldab positiivset mõju keskkonna kvaliteedile (Verma jt, 2013).

Labiilse süsiniku muutus mullas on varajane indikaator harimisviiside mõjust mullakvaliteedile (Culman jt, 2013). Vees ekstraheeruva  $C_{org}$  sisaldus on tavaliselt < 2% kogu süsinikust (McGill jt, 1986) ja seda peetakse mulla orgaanilise aine kõige labiilsemaks fraktsiooniks (Zhang jt, 2011).

Käesoleva töö eesmärgiks on uurida mineraal- ja orgaanilise väetise mõju  $C_{org}$  sisaldusele ja mulla orgaanilise aine koostisele.

## Materjal ja meetodika

IOSDV pikaajaline katse kolmeväljalise külvikorraga (kartul-nisu-oder) rajati 1989. aastal Tartu lähedale Eerikale. Katse muld oli valdavalt kahkjass (näivleetonud) (*Stagnic Luvisol/Retisol*) liivsavimuld. Katseala jaotati kolmeks põlluks, iga põld omakorda kolmeks erinevate orgaaniliste väetiste variantidega põlluribaks. Esimene põlluriba ei ole katse rajamise algusest peale saanud üldse orgaanilisi väetisi. Teine riba sai igal kolmandal aastal kartulile eelneval sügisel käärinud tahedat veisesõnnikut (2002. aastast 40 t ha<sup>-1</sup>, varasemalt 60 t ha<sup>-1</sup>). Kolmandat riba väetati erinevate alternatiivsete orgaaniliste väetistega, kuid antud uurimistöös seda töötlust ei käsitleta. Ristisuunas jaotati põlluribad viie erineva mineraalse lämmastikväetise normiga katselappideks [0 (N0), 40 (N40), 80 (N80), 120 (N120) ja 160 (N160) kg ha<sup>-1</sup>].

2017. aasta kevadel enne mullaharimisi võeti 0–20 cm mullakihist mulla-proovid. Mulla labiilse fraktsiooni hindamiseks määrati vees ekstraheeruv süsinik ( $C_{eks}$ ), milleks loksutati 10 g õhkuiva mulda 30 ml destilleeritud veega 1 tund, seejärel tsentrifugeeriti ja filtreeriti läbi 0,45 µm filtri. Saadud lahusest määrati  $C_{eks}$  kontsentratsioon VarioMaX CNS analüsaatoriga, sama seadmega määrati ka mulla  $C_{org}$  kontsentratsioon. Mulla labiilsuse hindamiseks arvutati mulla  $C_{eks}$  osakaal kogu mulla  $C_{org}$  sisaldusest ( $p-C_{eks}$ ) kasutades valemit:

$$p-C_{eks} = 100 * (C_{eks} / C_{org}),$$

kus  $C_{eks}$  on veega ekstraheeritud süsiniku (mg g<sup>-1</sup>) ja  $C_{org}$  on mulla orgaaniline süsiniku (mg g<sup>-1</sup>) kontsentratsioon.

Statistilise analüüsi läbiviimiseks kasutati statistika programmi R. Mineraalse lämmastikväetise normi, orgaanilise väetise ja kultuuri usutavat mõju mulla  $C_{eks}$  kontsentratsioonile hinnati ühe- ja mitmefaktorilise ANOVA dispersioonanalüüsiga. Näitajate keskmiste vaheliste statistiliselt oluliste erinevuste leidmiseks kasutati Tukey testi. Statistilise olulisuse tõenäosuse määr on  $P < 0,05$ .

## Tulemused ja arutelu

Mineraalse N väetise erinevad normid mulla  $C_{\text{org}}$  kontsentratsiooni ja teisi määratud näitajaid ei mõjutanud (tabel 1). Ka sõnniku lisamisel N väetise mõju puudus, kuigi orgaaniliste väetiste variantides esines mulla  $C_{\text{org}}$  kontsentratsiooni tõusev trend N normi suurenedes, kuid statistiliselt ei erine tulemused omavahel.

**Tabel 1.** Mulla orgaanilise süsiniku ( $C_{\text{org}}$ ) ja vees ekstraheeruva süsiniku ( $C_{\text{eks}}$ ) kontsentratsioonid ning  $C_{\text{eks}}$  osakaal  $C_{\text{org}}$ -ist ( $p\text{-}C_{\text{eks}}$ ) sõltuvalt väetamisest (keskmine  $\pm$  standardviga)

Variant	$C_{\text{org}}$ , mg g <sup>-1</sup>	$C_{\text{eks}}$ , mg g <sup>-1</sup>	$p\text{-}C_{\text{eks}}$ , %
	Orgaanilise väetiseta		
N0	9,5 $\pm$ 0,28	0,21 $\pm$ 0,02	2,27 $\pm$ 0,20
N40	10,2 $\pm$ 0,44	0,22 $\pm$ 0,02	2,15 $\pm$ 0,22
N80	10,2 $\pm$ 0,25	0,22 $\pm$ 0,02	2,13 $\pm$ 0,16
N120	10,2 $\pm$ 0,14	0,21 $\pm$ 0,01	2,07 $\pm$ 0,15
N160	9,79 $\pm$ 0,22	0,23 $\pm$ 0,03	2,39 $\pm$ 0,31
keskmine	10,0 <sup>A1</sup> $\pm$ 0,13	0,22 <sup>A</sup> $\pm$ 0,01	2,20 <sup>B</sup> $\pm$ 0,09
	Sõnnik		
N0	12,4 $\pm$ 0,41	0,23 $\pm$ 0,01	1,89 $\pm$ 0,11
N40	12,8 $\pm$ 0,31	0,22 $\pm$ 0,01	1,71 $\pm$ 0,09
N80	13,0 $\pm$ 0,42	0,22 $\pm$ 0,01	1,53 $\pm$ 0,13
N120	13,3 $\pm$ 0,43	0,23 $\pm$ 0,02	1,70 $\pm$ 0,11
N160	13,6 $\pm$ 0,32	0,24 $\pm$ 0,02	1,76 $\pm$ 0,15
keskmine	13,0 <sup>B</sup> $\pm$ 0,18	0,22 <sup>A</sup> $\pm$ 0,01	1,72 <sup>A</sup> $\pm$ 0,05

<sup>1</sup>erinevad suured tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust orgaanilise väetisega ja ilma variantide vahel arvestamata mineraalse lämmastikväetise normi

Sõnniku lisamine mulda suurendas  $C_{\text{org}}$  kontsentratsiooni. Orgaaniliste väetiste positiivne mõju mulla  $C_{\text{org}}$  kontsentratsioonile on leidnud kinnitust paljudes uurimistöodes (Blair jt, 2006; Manna jt, 2007). Mineraalsete väetiste mõju mulla  $C_{\text{org}}$  kontsentratsioonile on olnud erinev. Tuginedes Gong jt (2009) uurimistöole, mineraalsete väetiste kasutamine suurendab mulla  $C_{\text{org}}$  kontsentratsiooni. Samas Halvorson jt (2002) leidsid, et mulla  $C_{\text{org}}$  kontsentratsioon mineraalsetest väetistest ei sõltu. Mineraalsete väetiste kasutamine tõstab taimede produktiivsust, mistõttu suureneb ka mulda minevate taimejäänuste kogus ja tulemusena  $C_{\text{org}}$  suureneb (Liang jt, 2012). Teisalt võib mineraalse N väetise kasutamine soodustada orgaanilise aine lagunemist ja  $C_{\text{org}}$  ei suurene, sest äralagunenud orgaanilise aine hulk ületab mulda mineva C koguse (Kauer jt, 2013).

Mulla  $C_{\text{eks}}$  kontsentratsioon sõnniku andmisest ei sõltunud, ehkki näiteks tuginedes Kirchmann ja Lundvall (1993) tööle, sisaldab sõnnik palju lahustuvaid C ühendeid ja nende sisaldus võib ulatuda kuni 35% kogu sõnnikus olevast C-st. Sõnnikus olevate veeslahustuvate C ühendite mõju on ilmselt lühiajaline, sest käes-

olevas katses võeti mullaproovid alles kuus kuud pärast sõnniku mulda viimist. Ekstraheeruva C osakaal kogu mulla orgaanilisest C-st ( $p-C_{\text{eks}}$ ) oli väiksem sõnnikuga variandis. See näitab, et orgaanilisi väetisi lisamata on mulla orgaaniline aine labiilsem kui orgaaniliste väetistega variantides. Kui eeldada, et sõnnikus on labiilset C kuni 35% ja ülejäänud 65% on stabiilne osa, võib arvestuslikult oletada, et mulla  $C_{\text{org}}$  suureneb sõnnikuga väetades valdavalt stabiilse C-na.

Kasvatatud kultuurist mulla  $C_{\text{org}}$  kontsentratsioon ei sõltunud, kuid kultuurid avaldasid mõju  $C_{\text{eks}}$  kontsentratsioonile ja orgaanilise aine labiilsusele, kusjuures sõnniku mõju orgaanilise aine labiilsusele oli kultuuride mõjust suurem (tabel 2). Üldiselt on leitud, et kartuli jätmete keemilised omadused erinevad teravilja

**Tabel 2.** Mulla orgaanilise süsiniku ( $C_{\text{org}}$ ) ja vees ekstraheeruva süsiniku ( $C_{\text{eks}}$ ) kontsentratsioon ning  $C_{\text{eks}}$  osakaal  $C_{\text{org}}$ -ist ( $p-C_{\text{eks}}$ ) sõltuvalt orgaanilisest väetisest ja kultuurist (keskmine  $\pm$  standardviga)

Variant	Oder	Kartul	Nisu
	$C_{\text{org}}, \text{mg g}^{-1}$		
Orgaanilise väetiseta	9,9 <sup>A1a2</sup> $\pm$ 0,17	9,8 <sup>Aa</sup> $\pm$ 0,19	10,2 <sup>Aa</sup> $\pm$ 0,30
Sõnnik <sup>3</sup>	13,7 <sup>Bb</sup> $\pm$ 0,17	12,7 <sup>Ba</sup> $\pm$ 0,39	12,6 <sup>Ba</sup> $\pm$ 0,27
$C_{\text{eks}}, \text{mg g}^{-1}$			
Orgaanilise väetiseta	0,27 <sup>Bb</sup> $\pm$ 0,01	0,19 <sup>Aa</sup> $\pm$ 0,01	0,20 <sup>Aa</sup> $\pm$ 0,01
Sõnnik	0,22 <sup>Aab</sup> $\pm$ 0,01	0,25 <sup>Bb</sup> $\pm$ 0,01	0,19 <sup>Aa</sup> $\pm$ 0,01
$p-C_{\text{eks}}, \%$			
Orgaanilise väetiseta	2,69 <sup>Bb</sup> $\pm$ 0,11	1,95 <sup>Aa</sup> $\pm$ 0,16	1,96 <sup>Ba</sup> $\pm$ 0,14
Sõnnik	1,64 <sup>Aa</sup> $\pm$ 0,07	2,00 <sup>Ab</sup> $\pm$ 0,10	1,52 <sup>Aa</sup> $\pm$ 0,06

<sup>1</sup>erinevad suured tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust orgaanilise väetisega ja ilma variantide vahel arvestamata mineraalse N normi;

<sup>2</sup>erinevad väikesed tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust keskmiste näitajate vahel sõltuvalt kultuurist;

<sup>3</sup>sõnnikut anti kartulile eelneval sügisel

jätmetest, näiteks C/N on kartuli puhul kitsam (Huang jt, 2004). Hadas jt (2003) leidsid, et kitsama C/N suhtega jätmetes on  $C_{\text{eks}}$  kontsentratsioon kõrgem, mis võib avalduda ka mullas. Seetõttu oleks eeldanud kartuli järgselt suuremat  $C_{\text{eks}}$  kontsentratsiooni mullas. Sõnniku positiivne mõju (nisu ja odra puhul sõnniku järelmõju)  $C_{\text{eks}}$  kontsentratsioonile avaldus odra ja kartuli järgselt, kuid nisu puhul mõju puudus. Samal ajal oli odra ja nisu järgselt mulla orgaanilise aine labiilsus sõnnikuta variantidest väiksem. Kartuli järgselt mulla orgaanilise aine labiilsus sõnnikust ei sõltunud. Põhjuste väljaselgitamiseks ei piisa antud töös analüüsitud ühe aasta andmetest, sest ilmselt avaldavad mõju külvikorras olevad eelviljad, rakendatud harimisvõtted ja eelnevate aastate ilmastik, mis mõjutab mulda mineva orgaanilise aine kogust ja lagunemisdünaamikat.

## Kokkuvõte

Mineraalsed väetised ei mõjutanud mulla  $C_{org}$  kontsentratsiooni ja mulla orgaanilise aine labiilsust. Sõnniku lisamine mulda suurendas mulla  $C_{org}$  kontsentratsiooni vähendades mulla orgaanilise aine labiilsust osutades sellele, et orgaaniliste väetiste kasutamine soodustab mulla orgaanilise aine jätkusuutlikku kasutamist.

Tuginedes ühe aasta andmetele, ei mõjutanud kultuur mulla  $C_{org}$  kontsentratsiooni, kuid mõjutas  $C_{eks}$  ja mulla orgaanilise aine labiilsust. See näitab, et mulla orgaanilise aine labiilne fraktsioon on tundlik harimisvõtetele ja muutused selles fraktsioonis toimuvad kiiremini võrreldes kogu mulla orgaanilise ainega. Külvikorras oleva kultuuri mõju mullale on keeruline hinnata teadmata eelnevatel aastatel rakendatud maaharimisvõtteid. Kuid siiski ilmnes, et külvikorras ja sõnniku järelmõju foonil teraviljade kasvatamisel moodustus stabiilsem mulla orgaaniline aine võrreldes kartuliga.

## Tänuavaldused

Uurimustööd on finantseerinud Eesti Teadusagentuur (grant PSG147).

## Kasutatud kirjandus

- Blair, N., Faulkner, R.D., Till, A.R., Poulton, P.R. 2006. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility: part I: Broadbalk experiment. – *Soil and Tillage Research* 91, pp. 30–38.
- Culman, S.W., Snapp, S.S., Green, J.M., Gentry, L.E. 2013. Short-and long-term labile soil carbon and nitrogen dynamics reflect management and predict corn agronomic performance. – *Agronomy Journal* 105, pp. 493–502.
- Duval, M.E., Galantini, J.A., Iglesias, J.O., Canelo, S., Martínez, J.M., Wall, L. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. – *Soil and Tillage Research* 131, pp. 11–19.
- Fageria, N.K. 2012. Role of Soil Organic Matter in Maintaining Sustainability of Cropping Systems. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 43, pp. 2063–2113.
- Gong, W., Yan, X., Wang, J., Hu, T., Gong, Y. 2009. Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat-maize cropping system in northern China. – *Geoderma* 149, pp. 318–324.
- Hadas, A., Kautsky, L., Goek, M., Kara, E.E. 2003. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. – *Soil Biology and Biochemistry* 26, pp. 255–266.
- Halvorson, A., Wienhold, B.J., Black, A.L. 2002. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. – *Publications from USDA-ARS/UNL Faculty* 1219.
- Haynes, R.J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: An overview. – *Advances in Agronomy* 85, pp. 221–268.

- Huang, Y., Zou, J., Zheng, X., Wang, Y., Xu, X. 2004. Nitrous oxide emissions as influenced by amendment of plant residues with different C:N ratios. – *Soil Biology and Biochemistry* 36, pp. 973–981.
- Jobbágy, E.G., Jackson, R.B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. – *Ecological Applications* 10, pp. 423–436.
- Kauer, K., Kölli, R., Viiralt, R., Köster, T., Noormets, M., Laidna, T., Keres, I., Parol, A., Varul, T., Selge, A., Raave, H. 2013. Effect of cut plant residue management and fertilization on the dry-matter yield of swards and on carbon content of soil. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44, pp. 205–218.
- Kirchmann, H., Lundvall, A. 1993. Relationship between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry. – *Biology and Fertility of Soils* 15, pp. 161–164.
- Liang, Q., Chen, H., Gong, Y., Fan, M., Yang, H., Lal, R., Kuzyakov, Y. 2012. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the north China plain. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 92, pp. 21–33.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. – *Geoderma* 123, pp. 1–22.
- Manna, M. C., Swarup, A., Wanjari, R.H., Mishra, B., Shahi, D.K. 2007. Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. – *Soil and Tillage Research* 94, pp. 397–409.
- McGill, W.B., Cannon, R.K., Robertson, J.A., Cook, F.D. 1986. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L. after 50 years of cropping to two rotations. – *Canadian Journal of Soil Science* 66, pp. 1–19.
- Pizzeghello, D., Zanella, A., Carletti, P., Nardi, S. 2006. Chemical and biological characterization of dissolved organic matter from silver fir and beech forest soils. – *Chemosphere* 65, pp. 190–200.
- Tirol-Padre, A., Ladha, J.K. 2004. Assessing the reliability of permanganate-oxidizable carbon as an index of soil labile carbon. – *Soil Science Society of America Journal* 68, pp. 969–978.
- Verma, B.C., Datta, S.P., Rattan, R.K., Singh, A.K. 2013. Labile and stabilised fractions of soil organic carbon in some intensively cultivated alluvial soils. – *Journal of Environmental Biology* 34, pp. 1069–1075.
- Zhang, M., Zhang, H., Zhao, A., Endale, D.M. 2011. Water-extractable soil organic carbon and nitrogen affected by tillage and manure application. – *Soil Science* 176, pp. 307–312.



## HAPESTATUD VEDELSÖNNIKU MÕJU VILJAVAHELDUSLIKU KÜLVIKORRA SAAGIKUSELE

Peeter Viil  
Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Viil, P. 2019. Influence of acidified liquid manure to the yield of rotating field crops. – Agronomy 2019.

*During the last couple of decades, there have been numerous cattle farms in Estonia, where animals are kept without bedding and liquid manure is produced as a by-product throughout the year. This type of farms is still being established. The total production of liquid manure was 1275 thousand m<sup>3</sup> in Estonia in 2008. Liquid manure can be considered a valuable local fertiliser while it contains various nutrients for plants (N, P, K, Ca, Mg, S etc.). The influence of cattle liquid manure to the yield of six fields (spring wheat, spring rapeseed, medium maturing barley, early maturing barley with under-sowing of mixture of clover and timothy, mixture of clover and timothy, mixture of clover and timothy) included to the crop rotation of long time trial was tested during 2016–2018 at Kuusiku. The trial was carried out on Calcic Luvisols soil. There were three different fertilisation variants: 1) NPK; 2) NPK + non-acidified slurry; 3) NPK+ acidified liquid manure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5 kgm<sup>-3</sup>) tested. Liquid manure was spread (51 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) before sowing of cereals and spring rapeseed. The upper soil surface (0–10 cm) was mixed immediately after spreading by cultivator. Liquid manure was remained on the surface in fields of mixture of clover and timothy. Acidification influenced significantly two parameters of liquid manure: pH<sub>KCL</sub> decreased from 7,4 to 5,5 and the S content increased from 0,003% to 1,151%. Liquid manure (acidified and non-acidified) increased significantly the yield of tested crops except the mixture of clover and timothy. Grain yield of early maturing barley increased by 49,5–61,1%, yield of medium ripening barley by 24,4–28,4%, yield of spring rapeseed by 21,4–22,6% and the yield of spring wheat by 13,7–14,0%. Acidification of the liquid manure did not give a significant increase of the grain yield (except early maturing barley, where the grain yield increased by 7,7%. Total yield of the crop rotation (metabolizable energy) increased by the fertilisation with liquid manure 46,51–46,64 GJ ha<sup>-1</sup> (15,7%). There was no significant influence of acidification to the yield. Total yield of metabolizable energy was 343,48 GJ ha<sup>-1</sup> in case of fertilisation with non-acidified liquid manure and 343,35 GJ ha<sup>-1</sup> in case of acidified liquid manure. There was tested also the after-effect of the fertilisation with cattle liquid manure. There was found out a positive first and second year after effect of fertilisation. 40,5% from the total effect of non-acidified liquid manure was realized in the year of spreading, 26,9% in second and 36,6% in third year. The total extra yield was 115,26 GJ ha<sup>-1</sup>. 47,7% from the total effect of acidified liquid manure was realized in the first year, 25,5% in second and 26,6% in third year. The total extra yield was 97,45 GJ ha<sup>-1</sup>.*

**Keywords:** liquid manure, rotation of crops, liquid manure acidification, soil tillage

### Sissejuhatus

Eestis on suur hulk veisefarme, kus loomi peetakse aasta ringi allapanuta. Nende väljaheited eemaldatakse kas veega või mõnel muul viisil. Saadakse pastataolise konsistentsiga nn poolvedel sõnnik (kuivainet 8–14%). Kui väljaheited eemaldatakse vähese veega, tekib vedelsõnnik, mille kuivainesisaldus on

5–8%. Kui aga vett kasutatakse rohkesti (peamiselt sigalates) saadakse vedelsõnnik, mille kuivainesisaldus on alla 5%. Saadud sõnnik sarnaneb rohkem reoveega. Seetõttu nimetatakse seda ka lögaks. Hinnanguliselt tekib Eestis aastas üle 1,3 miljoni tonni vedelsõnnikut (Vettik ja Tamm, 2008). Sellest moodustab seavedelsõnnik 32% ja veisevedelsõnnik 68%. Praeguses majanduslikus situatsioonis on vedelsõnnik oluline kohalik väetis. Selles on suurel hulgal taimedele vajalikke toitaineid. Analüüsid on näidanud, et veiste vedelsõnniku ühes kuupmeetris on lämmastikku keskmiselt 3,5 kg, fosforit 0,6 kg, kaaliumi 2,1 kg, kaltsiumi 1,2 kg, väävlit 0,3 kg ja magneesiumi 0,51 kg, Zn 5,5 g ja boori 0,7 g. Lisaks eeltoodule on vedelsõnnikus ka raskemetalle Ni, Pb, Cr, As ja Cd ning desoaineid ja loomade ravis kasutatavaid ravimeid.

Läänemere piirkonnas peetakse põllumajandusloomade sõnnikut aga peamiseks ammoniaaklämmastikku õhku heite allikaks. Atmosfääri kandudes põhjustab ammoniaak ( $\text{NH}_3$ ) eutrofeerumist ning see moodustab olulise osa Läänemerre jõudvatest nitraatidest. Sellest tulenevalt on vaja otsida vedelsõnniku keskkonnasõbraliku käitlemise võimalusi.

Vedelsõnnikust eralduva ammoniaagi heitkoguste vähendamiseks soovitatakse mitmesuguseid meetmeid. Üheks võtteks on vedelsõnniku hapestamine. Hapestamiseks on kasutatud fosforhapet, soolhapet, väävelhapet, propioonhapet, maarjajääd, magneesiumsoola, kaltsiumsoola jm. Taanis läbiviidud uuringute alusel on majanduslikult kõige soodsam väävelhappe kasutamine (Tamm jt, 2016). Vedelsõnnikule happe lisamine vähendab ammoniaagi lendumist 65–70%. Väävelhappe lisamisega suureneb aga vedelsõnniku väävlisisaldus. Ühe kilogrammi väävelhappe lisamisega 1 m<sup>3</sup> vedelsõnnikule lisame ka 0,3 kg väävlit. Hapestamisel muutub veiste vedelsõnnik homogensemaks ja seda on lihtsam käidelda.

## **Materjal ja meetodika**

Pikaajalises külvikorra katses uuriti aastatel 2016–2018 Kuusikul veiste vedelsõnniku mõju kuueväljalise külvikorra saagikusele. Katsekultuuridest ja nende rotatsioonist uurimisperioodil annab ülevaate tabel 1.

Katse paiknes Kuusikul leetjal liivsavi mullal (*Calcic Luvisol*) WRB klassifikatsiooni järgi. Mulla agrokeemilised näitajad:  $\text{pH}_{\text{KCL}}$  5,7,  $\text{N}_{\text{uld}}$  0,15%,  $\text{P}_{\text{Mehlich3}}$  116,  $\text{K}_{\text{Mehlich3}}$  100 mg kg<sup>-1</sup>. Mullaharimine pindmine: teraviljade eel 10–12 cm ja rapsi eel 15–18 cm sügavuselt. Uuringud on näidanud, et see võte on teistest muldaviimise variantidest efektiivsem (Viil ja Võsa, 2008). Vedelsõnniku hapestamiseks kasutati 96%-list väävelhapet. Hoidlas lisati seda 2,5 kg m<sup>-3</sup> vedelsõnniku kohta. Selle tulemusena langes  $\text{pH}_{\text{KCL}}$  7,4-lt 5,5-le. Väävlisisaldus tõusis 0,033%-lt 0,151%. Teisi vedelsõnniku parameetreid väävelhappe lisamine ei mõjutanud. Katselapi suurus oli 50 m<sup>2</sup>, korduseid neli. Katses oli kolm väetamise varianti: NPK, NPK + hapestamata vedelsõnnik ja NPK + hapestatud vedelsõnnik. Mineraalväetiste

**Tabel 1.** Kultuuride paigutus külvikorras

Välja nr.	2016. a	2017. a	2018. a
1	põldhein (esimene kasutusaasta)	põldhein (teine kasutusaasta)	taliraps
2	põldhein (teine kasutusaasta)	taliraps	taliniisu
3	suviraps	taliniisu	keskvalmiv oder
4	suviniisu	keskvalmiv oder	varajane oder
5	keskvalmiv oder	varajane oder	põldhein (esimene kasutusaasta)
6	varajane oder	põldhein (esimene kasutusaasta)	põldhein (teine kasutusaasta)

kasutamisest katseperioodil annab ülevaate tabel 2. Vedelsõnnik laotati ( $51 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , kuivainesisaldus 8,3%) kevadel enne teraviljade ja rapsi külvi ning segati mulda kohe pärast laotamist lausharimise kultivaatoriga. Põldheinaväljadel jäi vedelsõnnik mulla pinnale. Vedelsõnnikuga lisandus 2016. aastal N  $137,7 \text{ kg ha}^{-1}$ , P  $32,1 \text{ kg ha}^{-1}$ , K  $122,4 \text{ kg ha}^{-1}$ , Ca  $7,14 \text{ kg ha}^{-1}$ , Mg  $24,5 \text{ kg ha}^{-1}$ , Cu  $1,35 \text{ kg ha}^{-1}$  ja Mn  $7,29 \text{ kg ha}^{-1}$ . Teraviljade ja rapsi põhk (lehed, varred, juured jm) tagastati põllule. Seemne- ja rohusaak koristati. Saagid on toodud metaboliseeruva energiana hektari kohta. Katsefaktorite mõju analüüsi dispersioonanalüüsi alusel (Dosphehov, 1985).

**Tabel 2.** Mineraalvæetiste kogused katseperioodil 2016–2018 (tegevainet  $\text{kg ha}^{-1}$ )

Kultuur	N	P	K
2016. a suvinisu	100	39	74
2017–2018. a taliniisu			
2016. a suviraps	100	39	74
2017–2018. a taliraps			
Keskvalmiv oder	90	39	74
Varajane oder (allakylv)	70	39	74
Põldhein (esimene kasutusaasta)	-	-	-
Põldhein (teine kasutusaasta)	70	-	-
Kokku	430	156	296

## Tulemused ja arutelu

Katseperioodi ilm oli väga erinev. Ilma, eriti sademete, mõju saagi kujunemisele on aga väga oluline. Vihma sadas katsealal aktiivsel vegetatsiooniperioodil (aprill–oktoober) 2016. a  $455,8 \text{ mm}$ , 2017. a  $509,1 \text{ mm}$  ja 2018. a  $389,3 \text{ mm}$ . Mineraalvæetistele lisaks antud veiste vedelsõnnik mõjutas oluliselt põllukultuuride saaki (tabel 3). Varajase odra saak suurenes mineraalvæetistele lisaks antud vedelsõnnikute (nii hapestamata kui ka hapestatud) mõjul  $49,5\text{--}61,1\%$ , keskvalmiva odra saak  $24,4\text{--}28,4\%$ , suvirapsi saak  $21,4\text{--}22,6\%$  ja suvinisu saak

**Tabel 3.** Põllukultuuride saagid külvikorrakatses, GJ ha<sup>-1</sup>

Kultuur	NPK foon	NPK+ hapestamata vedelsõnnik	Vedel- sõnniku mõju		NPK+ hapestatud vedelsõnnik	Vedel- sõnniku mõju		Hapestamise mõju	
			GJ ha <sup>-1</sup> a	%		GJ ha <sup>-1</sup> a	%	GJ ha <sup>-1</sup> a	%
Suvinisu	33,28	37,94	4,66	14	37,83	4,55	13,7	-0,11	0
Suviraps	29,74	36,10	6,36	21,4	36,45	6,71	22,6	0,35	1
Kesk- valmiv oder	45,41	56,50	11,09	24,4	58,31	12,90	28,4	1,81	3,2
Varajane oder	28,64	42,85	14,19	49,5	46,14	17,50	61,1	3,31	7,7
Põldhein (esimene kasutus- aasta)	95,52	105,07	9,55	10	96,81	1,29	14	-8,26	7,9
Põldhein (teine kasutus- aasta)	64,25	65,04	0,79	1,2	67,81	3,55	5,5	2,77	4,3
PD <sub>0,05</sub> =4,02			PD <sub>0,05</sub> =4,21						

13,7–14%. Rohhtaimedele lisaks antud vedelsõnniku mõju oli statistiliselt mitte-usutav. Teraviljade ja rapsi väljal segati vedelsõnnik koheselt mulda. Põldheina-väljadel aga jäi see tegemata. Vedelsõnniku efektiivsus pinnale laotamisel sõltub suuresti sellest, kui kiiresti see mulda segatakse. Esimestel laotusjärgsetel tundidel võib lämmastikukadu olla ligi 9 kg hektarilt (Viil, 2008; Viil, 2010).

Vedelsõnniku hapestamine antud katses ei andnud usutavat positiivset efekti. Ainuke kultuur, mis reageeris hapestamisele positiivselt, oli varajane oder koos allakülviga, enamsaak 7,7%. Esimese kasutusaasta põldheina saagile mõjus aga hapestatud vedelsõnnik negatiivselt, vähemsaak 7,9%.

Katse näitas ka seda, et vedelsõnniku positiivne mõju külvikorras ei piirdu ainult kasutusaastaga (tabel 4). Vedelsõnniku mõjul suurenes kuueväljalise külvikorra saagikus kõikidel katseaastatel. Hapestamata vedelsõnniku kasutamisel oli kolme aasta summaarne enamsaak 115,26 GJ ha<sup>-1</sup>. Kasutusaastal realiseerus sellest 40,5%, esimesel järelmõju aastal 22,9% ja teisel järelmõju aastal 36,6%. Hapestatud vedelsõnniku positiivne mõju oli mõnevõrra väiksem. Kolme aasta summaarne enamsaak 97,45 GJ ha<sup>-1</sup>. Kasutusaastal (otsemõju) realiseerus sellest 47,7%, esimesel järelmõju aastal 25,5% ja teisel järelmõju aastal 26,8%.

**Tabel 4.** Külvikorra saagikus erinevatel aastatel

Aasta	NPK foon	NPK+ hapestamata vedelsõnnik	Vedel- sõnniku mõju		NPK+ hapestatud vedelsõnnik		Vedel- sõnniku mõju		Hapestamise mõju	
			GJ ha <sup>-1</sup> a	%	GJ ha <sup>-1</sup> a	%	GJ ha <sup>-1</sup> a	%		
2016	296,84	343,48	46,64	15,7	343,35	46,51	15,7	-0,13	0	
2017	404,20	430,62	26,43	6,5	429,04	24,84	6,1	-1,59	-0,4	
2018	249,52	291,71	42,19	16,9	275,62	26,10	10,5	-16,9	-5,8	
PD <sub>0,05</sub> =22,40		PD <sub>0,05</sub> =20,10								

Külvikord ajas näitas, et kõige efektiivsemalt mõjus vedelsõnnik külvikorralülis: esimese kasutusaasta põldhein, teise kasutusaasta põldhein ja taliraps. Hapestamata vedelsõnniku mõjul suurenes külvikorralüli saagikus 34,35 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 16,1% ja hapestatud vedelsõnniku mõjul 11,05 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 5,2%. Külvikorralülis (teise kasutusaasta põldhein, taliraps, talinisu) oli hapestamata vedelsõnniku kasutamisel enamsaak 24,18 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 21,9% ja hapestatud vedelsõnniku kasutamisel 29,20 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 15,6%. Külvikorralülis (suviraps, talinisu, keskvalmiv oder) olid need näitajad järgmised: hapestamata vedelsõnnikuga väetamisel 11,48 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 7,5% ja hapestatud vedelsõnnikuga väetamisel 17,65 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 11,6%. Külvikorralülis (keskvalmiv oder, varajane oder, esimese kasutusaasta põldhein) olid need näitajad järgmised: hapestamata vedelsõnnikuga väetamisel 12,88 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 8,2% ja hapestatud vedelsõnnikuga väetamisel 7,47 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 5%. Külvikorralülis (suvinisu, keskvalmiv oder, varajane oder) olid näitajad järgmised: hapestamata vedelsõnnikuga väetamisel 8,62 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 6,5% ja hapestatud vedelsõnnikuga väetamisel 5,79 GJ ha<sup>-1</sup> ehk 4,4%.

### Kokkuvõte

Vedelsõnnik mõjutas andmisaastal kuueväljalises külvikorras kõige enam teraviljade ja suvirapsi saaki. Varajase odra saak suurenes 49,5–61,1%, keskvalmiva odra saak 24,4–28,4%, suvirapsi saak 21,4–22,6% ja suvinisu saak 13,7–14%. Mõju rohusaagile oli väike.

Vedelsõnniku hapestamine väävelhappega (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ei mõjutanud oluliselt põllukultuuride saaki.

Vedelsõnniku positiivne mõju avaldus nii kasutamise aastal kui ka sellele järgnevatel aastatel. Hapestamata vedelsõnniku kasutamisel suurenes kuueväljalise külvikorra saagikus kolme aasta kokkuvõttes 115,26 GJ ha<sup>-1</sup>. Esimesel aastal (otsemõju) realiseerus sellest 40,5%, esimesel järelmõju aastal 22,9% ja teisel järelmõju aastal 36,6%. Hapestatud vedelsõnnikuga väetamisel oli kogumõju 97,45 GJ ha<sup>-1</sup>. Võrreldes hapestamata sõnnikuga oli mõju 15,5% väiksem. Kasutamise aastal (otsemõju) realiseerus kogumõjust 47,7%, esimesel järelmõju aastal 25,5% ja teisel järelmõju aastal 26,8%.

## **Tänuavaldused**

Autor tänab materiaalse abi eest Pae Farmer OÜ-d ja Kehtna Mõisa OÜ-d ja katse koristamisel Kuusiku Katsekeskuse töökat kollektiivi.

## **Kasutatud kirjandus**

- Vettik, R., Tamm, K. 2008. Vedelsõnniku kogused ja paiknemine Eestis. – *Vedelsõnnik – miks ja kuidas?* Saku, lk. 57–59.
- Viil, P., Võsa, T. 2008. Vedelsõnniku efektiivsuse sõltuvus muldaviimise sügavusest. – *Agronoomia 2008*, lk. 25–28.
- Viil, P. 2008. Uuenduslikud tehnoloogilised võtted taimekasvatases. – *Vedelsõnnik – miks ja kuidas?* Saku, lk. 15–48.
- Viil, P. 2010. Vedelsõnnik kui kohalik väetis. – *Teraviljafoorum 2010*, lk. 18–20.
- Dospehhov, B. A. 1985. *Katsetööde metoodika*. Moskva, 351 lk. (vene keeles)

# MUUTUSED MULLA MIKROOBIDE HÜDROLÜÜTILISES AKTIIVSUSES JA LÄMMASTIKU SISALDUSES PUNASE RISTIKU ALLAKÜLVIGA ODRA KASVATAMISEL

Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Maarika Alaru, Liina Talgre,  
Evelin Loit, Anne Luik

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Kuht, J., Eremeev, V., Alaru, M., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2019. Changes in microbial hydrolytic activity and the total nitrogen content in soil by undersowing red clover with barley. – Agronomy 2019.

*The experiments were carried out during 2012–2016. There were 5 crops in rotation: red clover, winter wheat, pea, potato and barley undersown (us) with red clover. There were 5 cultivation systems in the experimental setup: 2 conventional systems with chemical plant protection and mineral fertilizers; 3 organic systems which included winter cover crops and farm manure. The aim of the present research was to study the effect of cultivating barley undersown with red clover on the soil hydrolytic activity (FDA) and total nitrogen ( $N_{tot}$ ) compared to the same parameters from the field that was previously under potato (pre crop of barley in the rotation). The cultivation of barley (us) with red clover had a positive impact on the soil FDA. In organic systems the soil microbial FDA increased on average by 19,0%, compared to the conventional systems. Organic cultivation systems had positive impact on the soil nitrogen content: the soil  $N_{tot}$  content in samples taken before sowing the barley (us) was higher by 19,9% and after the cultivation of barley (us) by 17,9% compared to conventional variants, as an average of experimental years. After the cultivation of red clover undersown to barley, the content of nitrogen in the soil decreased and the amount of  $N_{tot}$  fixed by plants increased. In both cultivation systems the CN ratio was negatively correlated with the soil  $N_{tot}$  content. The increasing tendency of CN ratio was observed only in an organic system variant without any fertilizers.*

**Keywords:** cropping systems, organic farming, barley, red clover, FDA, soil total nitrogen

## Sissejuhatus

Taimekasvatus maheviljeluse süsteemides sõltub suuresti taimede toitumiseks vajaliku mullaviljakuse seisukorrast. Mulla viljakust tuleks säilitada eelkõige õige külvikorra, sõnniku ja haljasväetiste kasutamise teel (Rasmusen jt, 2006). Paljudest avaldatud uuringutest ilmneb, et liblikõielised on positiivse mõjuga järgnevate põllukultuuride saagile (Böhm, 2007; Loes jt, 2006) ja nende kasvatamine on kõige olulisem lämmastikuallikas (Fuchs jt, 2008). Viljelsüsteemides, kus kasutati talviseid vahekultuure koos sõnnikuga, suurenes odra saagikus ja paranesid kvaliteedinäitajad (Talgre jt, 2013). Nii vahekultuurid kui ka teraviljade alla külvatud alarindes kasvavad kultuurid toimivad ühtaegu kui kattekultuurid, püüdurtaimed ja elusmultšid. Ristik teraviljade allakülvina mõjutab positiivselt mulla füüsikalisi ja keemilisi omadusi ning hoiab mullaniiskust

stabiilsena (Russell, 1971; Christensen, 1996). Näiteks Carter ja Kunelius (1993) leidsid, et ristiku allakülv odrale suurendas juurte massi mullas 6–11 korda võrreldes ainult odra kasvatamisega. Sellega paranes ka mulla struktuursus.

Siiani on vähe andmeid selle kohta, kuidas mõjutavad talvised vahekultuurid ja nende järel allakülvidega teraviljad mulla omadusi ja mikrobioloogilist aktiivsust. Käesoleva uurimise eesmärk oli selgitada punase ristiku allakülviga odra kasvatamise mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele (FDA) ja üldlämmastiku ( $N_{\text{üld}}$ ) sisaldusele.

## **Materjal ja meetodika**

Eesti Maaülikooli Põllumajanduse- ja keskkonnainstituudi Rõhu katsejaama Eerika katsepõldudele rajati 2008. a. pikaajaline viljelusviiside katse, mis on kestnud tänaseni. Käesolev uurimus tugineb perioodil 2012–2016. a kogutud andmestikule mulla FDA ja  $N_{\text{üld}}$  sisalduste kohta punase ristiku (sort 'Varte') allakülviga (ak) odra (sort 'Anni') kasvukohtade mullas. Viieväljalise külvikorraga katses järgnesid üksteisele punane ristik, talinisu, hernes, kartul ja oder punase ristiku allakülviga. Tavaviljeluse süsteemis Tava 0 väetisi ei antud. Tavasüsteemis Tava I sai oder (ak) fosforit (P) 25 kg ha<sup>-1</sup> ning kaaliumit (K) 95 kg ha<sup>-1</sup> ja (N) 120 kg ha<sup>-1</sup>. Tavasüsteemides kasutati odra umbrohutõrjeks MCPA-750 normiga 1 l ha<sup>-1</sup> ja odra haiguste tõrjeks kasutati fungitsiide. Mahevilljeluses oli kolm erinevat süsteemi – talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0, ilma orgaaniliste väetisteta), mis järgib ainult külvikorda; talviste vahekultuuridega viljelussüsteem (Mahe I) ning talviste vahekultuuride ja kompostitud veisesõnnikuga (kevadell teraviljadele 10 t ha<sup>-1</sup>, kartulile 20 t ha<sup>-1</sup>) viljelussüsteem (Mahe II). Mahesüsteemides Mahe I ja Mahe II külvati pärast kartuli koristust talviseks vahekultuuriks (enne ristiku allakülviga otra) talirukis, mis künti mulda haljasväetiseks kevadel.

Mikroobse hüdrofüütilise aktiivsuse määramiseks võeti 0–20 cm sügavuselt 500 g proovid vastavalt ISO 10381-6 (1993) meetodikale ja sõeluti läbi 2 mm sõela (Reeuwijk, 2002). Reagentide ettevalmistamine järgneva FDA analüüsi jaoks toimus vastavalt Adam ja Duncan (2001) kirjeldatud meetodil. Mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for Soil Analysis, 2005).

Kogutud andmete statistiline analüüs tehti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Erinevuste usaldusväärsus katsevariantide mõju osas mulla FDA ja  $N_{\text{üld}}$  sisaldusele mullas leiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide erinevuste võrdluses kasutati Fisher's LSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ) ja tehti ka regressioon- ja korrelatsioonanalüüsid.

## **Uurimistöö tulemused**

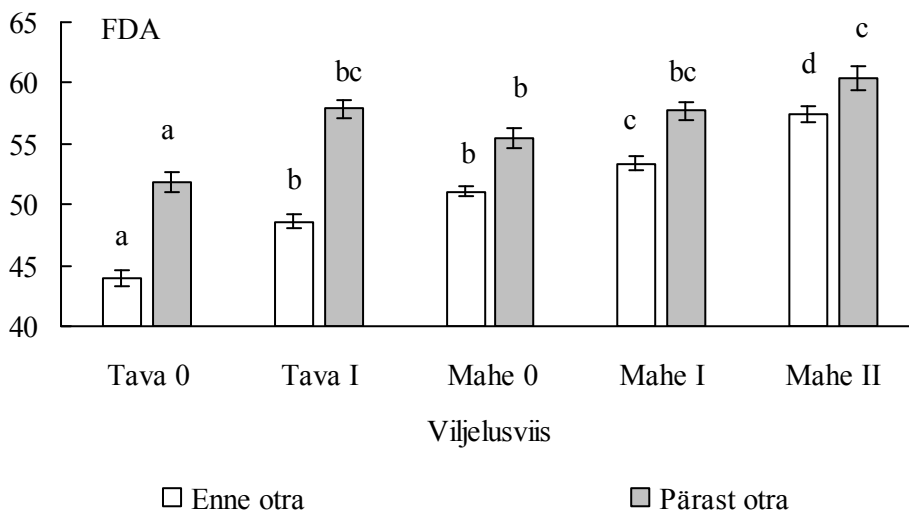
Punase ristiku allakülviga odra kasvatamine tõstis aastate keskmisena mulla mikroobide aktiivsust kõikides viljelusviisides. Kõige suurem mulla FDA näitaja



katseaastate keskmisena saadi pärast punase ristiku allakülviga odra kasvatamist maheviljellussüsteemis, kus mulda väetati vaherkultuuri ja sõnnikuga (Mahe II, joonis 1). Madalaim FDA oli kõikidel aastatel väetamata tavaviljelusega alal Tava 0. Ka Madsen jt (2016) leidsid, et katsealadel, mis olid väetamata, aga kasutati pestitsiide, olid ka FDA väärtused kõige väiksemad. Suurimad mulla FDA tõusud tingituna odra (ak) kasvatamisest ilmsesid tavaviljelusega aladel, kusjuures see ei olenenud odra väetamisest. Nii mineraalväetistega väetatud kui ka väetamata alade mullas oli FDA suurenemine sisuliselt võrdne, vastavalt 19,1 ja 18,2%.

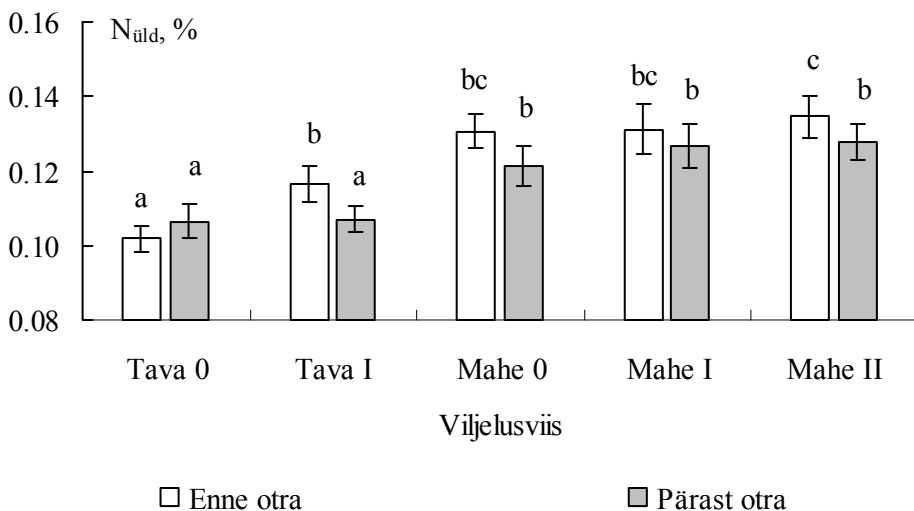
Viljelusviiside omavahelises võrdluses oli mulla FDA tõus pärast otra (ak) võrreldes odrakülvi eelse mullaga mahealadel 7,2% ja tavaviljeluse aladel 18,7%. Siit järeldub, et aastate keskmisena kasvasid tavaviljelusviisides mulla FDA väärtused 11,5% võrra enam kui maheviljelusega aladel. Alaru jt (2017) järgi oli keskmine punase ristiku maapealse osa biomassi saak tavasüsteemides 17% võrra kõrgem kui maheviljellussüsteemides.

Samal katsealal varem läbiviidud uuringud näitasid, et külvikorra keskmisena mõõdeti kõige kõrgem FDA maheüsteemides, kus mulda küntud orgaanilise aine (taimejäänused, vaherkultuurid, sõnnik) kogus oli kõige suurem (Madsen jt, 2016). Ristiku allakylv odrale suurendas mullas bioloogilist aktiivsust. Ristiku juured loovad soodsad elupaigad bakteritele, kes toodavad mullaosakesi sömerateks siduvaid polüsahhariide ja muld kobestub (Russell, 1971).



**Joonis 1.** Mulla mikroobide hüdrolyütiline aktiivsus (FDA,  $\mu\text{g}$  fluoreststeini  $\text{g}^{-1}$  kuiva mulla kohta  $\text{h}^{-1}$ ) enne ja pärast allakülviga odra kasvatamist 2012.–2016. a keskmisena. Erinevad tähed igas tulbas näitavad viljellussüsteemide olulist mõju (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

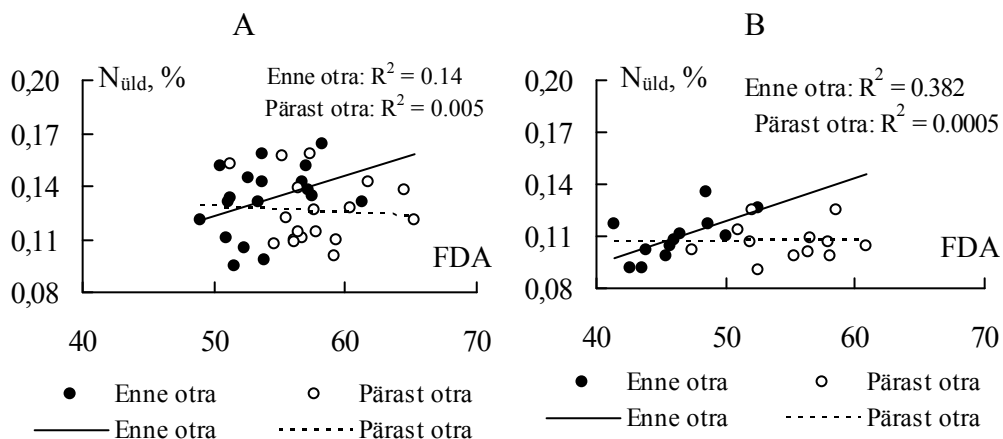
Uurimisalused mahevilljusviisid mõjutasid kasvualade mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldust suurendavalt. Külvieelselt võetud odra kasvuala proovides oli mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus mahevilljusviisides aastate keskmisena 20% võrra tavaviljelusest suurem (joonis 2). Aastate lõikes oli see suurim 2016. a odra külvieelselt (52% võrra) ja väiksem 2016. a. kasvatatud odra (ak) järel (8,7% võrra). Punase ristiku allakülviga odra kasvatamise järgselt jäi mahealade mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus 16,8% võrra suuremaks kui tavaviljeluses. Aastate keskmisena vähendas allakülviga odra kasvatamine  $N_{\text{üld}}$  sisaldust mullas mõlemas uurimisaluses viljelussüsteemis. Tavaviljeluse süsteemides oli odra kasvujärgse mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus 2,8% ja mahealadel 5,9% võrra väiksem kui enne odra külvamist. Meie katsete tulemused kinnitavad Känkäneni ja Erikssoni (2007) tulemusi, et teravilja allakülvina punane- ja valge ristik ei suurendanud mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldust. Samas leiti, et alarindes kasvanud ristikud ei konkureerinud põhikultuuriga ja neil oli võimalus maksimaalselt siduda lämmastikku, olles sellega potentsiaalselt kasulik järgnevatele kultuuridele. Marstorpi ja Kirchmanni (1991) poolt täheldati, et punase ristiku lämmastiku sidumise võime oli suurem kui teistel uuritavatel allakülvidel, sealhulgas ka valgel ristikul. Punase ristiku allakülvi korral saadi ka kattedekultuurilt võrreldes teiste allakülvidega suurim saak (Känkänen jt, 2008). Pealegi toimub põhjapoolsetel laiuskraadidel taimetoitainete vabanemine taimejäänustest aeglasemalt kui mujal. Sellega väheneb leostumine (Alvenäs ja Marstorp, 1993) ning suureneb N kättesaadavus järgnevatele kultuuridele (Wallgren ja Lindén, 1994).



**Joonis 2.** Mulla üldlämmastiku sisaldus ( $N_{\text{üld}}$ , %) olenevalt viljelusviisist enne ja pärast punase ristiku allakülviga odra kasvatamist 2012.–2016. a keskmisena. Erinevad tähed igas tulbas näitavad viljelussüsteemide olulist mõju (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ) Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviiga

Seosed mulla FDA ja  $N_{\text{üld}}$  vahel ilmnescid vaid odra külvielselt, kus positiivne korrelatsioon FDA ja  $N_{\text{üld}}$  vahel avaldus kõikides viljelusviisides ( $r = 0,66$ ;  $p < 0,05$ ) (joonis 3). Odra (ak) kasvujärgses mullas ilmnesc tihc seos FDA ja orgaanilisc süsiniku vahel ( $r = 0,55$ ;  $p < 0,05$ ; Kuht jt, 2018).

Mulla  $C_{\text{org}}$  ja  $N_{\text{üld}}$  sisalduste suhc (C:N) enne odra kasvatamisc ei olnud variantide vahel usutavalt erinev, sealjuures ei erinenud aastate keskmiscna omavahel ka mahe- ja tavaviljelussüsteemid. Kuid pärast ristiku allakülviga odra koristamisc ilmnesc mahe- ja tavaviljelussüsteemides C:N suhte vähenemisc võrreldes tavaviljelusega 6,5% võrra.



**Joonis 3.** Mulla mikroobide hüdrolyütilisc aktiivsuse (FDA,  $\mu\text{g}$  fluorestseini  $\text{g}^{-1}$  kuiva mulla kohta  $\text{h}^{-1}$ ) sõltuvus üldlämmastiku ( $N_{\text{üld}}$ , %) sisaldusest mullas maheviljelussüsteemis (A) ja tavaviljelussüsteemis (B) enne ja pärast punase ristiku allakülviga odra kasvatamisc 2012.–2016. a keskmiscna

## Kokkuvõte

Uurimistulemustest selgus, et punase ristiku allakülviga odra kasvatamine suurendas aastate keskmiscna mulla mikroobide hüdrolyütilisc aktiivsust kõikides viljelusviisides. Mulla FDA väärtused kasvasid tavaviljelusviisides rohkem kui maheviljelusega aladel. Maheviljelusviisid mõjutasid kasvualade mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldust positiivselt. Allakülviga odra külvielselt võetud proovides oli mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus maheviljelusviisides aastate keskmiscna 19,9% ja pärast allakülviga odra 17,9% võrra tavaviljelusest suuremad. Allakülviga odra kasvatamine soodustas lämmastiku sidumisc taimede poolt, kuid vähendas  $N_{\text{üld}}$  sisaldust mullas aastate keskmiscna mõlemas uurimiscsaluses viljelussüsteemis. Mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus ei mõjutanud punase ristiku allakülviga odra kasvatamisc järgscnt mulla mikroobide hüdrolyütilisc aktiivsust kummaski viljelussüsteemis. Selgus, et allakülvatud punase ristiku kasvatamiscel lämmastiku osakaal mullas vähenesc. C:N suhc olenesc mõlemas väetusviisisc mulla lämmastiku sisaldusest, millega see oli negatiivscs

seoses. Mahesüsteemides oli märgata tendentsi C:N suhte suurenemisele üksnes väetamata ala mullas (Mahe 0).

## **Tänuavaldused**

Artikkel on valminud ERA-NET Core organic projekti FertilCrop, Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise projekti 8-2/T13001PKTM ja institutsionaalse uurimistoetuse projekti IUT36-2 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, pp. 943–951.
- Alaru, M., Talgre, L., Luik, A., Tein, B., Eremeev, V., Loit, E. 2017. Barley undersown with red clover in organic and conventional systems: nitrogen aftereffect on legume growth. – *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(2), pp. 131–138.
- Alvenäs, G., Marstorp, H. 1993. Effect of a ryegrass catch crop on soil inorganic N content and simulated nitrate leaching. – *Swedish Journal of Agricultural Research* 23, pp. 3–14.
- Böhm, H. 2007. Effect of a white clover underseed in oil seed rape on yield of the following crop wheat. (eds) S. Zikeli, W. Claupein, S. Dabbert, B. Kaufmann, T. Müller & A. Valle Zarate. – *Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Band 1. Berlin, pp. 153–156
- 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 and Environment* 43(3–4), pp. 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. – *Evaluation of Soil Organic Matter Models* (eds) D.S. Powlson, P. Smith, J.U. Smith, – *NATO ASI 1*, Vol 38. pp. 143–159.
- Fuchs, R., Rehm, A., Salzedo, G., Wiesinger, K. 2008. Effect of undersowing winter wheat with legumes on the yield and quality of subsequent winter triticale crops. – *16th IFOAM Organic World Congress*. Italy. <http://orgprints.org/12544/> (15.01.2019)
- ISO 10381-6, 1993. Soil quality-Sampling. Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of aerobic microbial processes in laboratory. – *International Organization for Standardization*. Switzerland.
- Kuht, J., Alaru, M., Eremeev, V., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2018. Muutused mulla mikroobide hüdrofüütilises aktiivsuses ja orgaanilise süsiniku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. – *Agronoomia 2018*, lk. 8–14.
- Känkänen, H., Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. – *European Journal of Agronomy* 27, pp. 25–34.
- Känkänen, H., Eriksson, C., Räcköläinen, M. 2008. Effect of annually repeated undersowing on cereal grain yields. – *Agricultural and Food Science* 10(3), pp. 197–208.

- Loes, A.K., Henriksen, T.M., Eltun, R. 2006. Repeated undersowing of clover in stockless organic grain production.  
[http://orgprints.org/8222/01/gronngjabstract\\_odense\\_190406.doc](http://orgprints.org/8222/01/gronngjabstract_odense_190406.doc) (10.01.2019).
- Madsen, H., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2016. Pesticides suppress the hydrolytic activity of soil microbes. – *Estonian Plant Protection* 95, pp. 79–82.
- Marstorp, H., Kirchmann, H. 1991. Carbon and nitrogen mineralization and crop uptake of nitrogen from six green manure legumes decomposing in soil. – *Acta Agriculturae Scandinavica* 41(3), pp. 243–252.
- Procedures for Soil Analysis. 2005. (ed) L.P. van Reeuwijk. 5th edn. Wageningen, 112 pp.
- Rasmussen, I.A., Askegaard, M., Olesen, J.E. 2006. The Danish organic crop rotation experiment for cereal production 1997–2004. – *Long-term Field Experiments in Organic Farming*. (eds) J. Raupp, C. Pekrun, M. Oltmanns, U. Köpke. ISOFAR Scientific Series. Verlag Dr. Köster, pp. 117–134.
- Reeuwijk, L.P. van. 2002. (ed). Procedures for Soil Analysis. (6th edition). – *Tech. Pap.* 9, ISRIC, Wageningen.
- Russell, E.W. 1971. Soil structure: Its maintenance and improvement. – *European Journal of Soil Science* 22(2), pp. 137–150.
- Talgre, L., Eremeev, V., Alaru, M., Tein, B., Kuht, J., Luik, A. 2013. Crop yield and yield quality depending on the cultivating system. – *Science for organic farming* 2013 pp. 93–97.
- Wallgren, B., Lindén, B. 1994. Effects of catch crops and ploughing times on soil mineral nitrogen. – *Swedish Journal of Agricultural Research* 24, pp. 67–75.

## **KARTULI KASVATAMISE MÕJU MULLA MIKROBIOLOOGILISELE AKTIIVSUSELE JA ORGAANILISE SÜSINIKU NING LÄMMASTIKU SISALDUSELE ERINEVATES VILJELUSVIISIDES**

**Viacheslav Eremeev, Jaan Kuht, Berit Tein, Liina Talgre, Maarika Alaru, Eve Runno-Paurson, Erkki Mäeorg, Evelin Loit, Anne Luik**

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Eremeev, V., Kuht, J., Tein, B., Talgre, L., Alaru, M., Runno-Paurson, E., Mäeorg, E., Loit, E., Luik, A. 2019. Soil microbial activity, content of organic carbon and total nitrogen depending on potato growing in different cropping systems. – *Agronomy* 2019.

*Five-year study of potato cultivation in two conventional and three organic systems has shown that organic systems enhanced the soil microbial hydrolytic activity and increased the content of organic carbon. Significant increase in organic systems was reached by using winter cover crops in combination with composted cattle manure. Content of total nitrogen was not correlated with soil microbial activity and was not dependent on the cropping system. In conventional systems the lower soil microbial activity is explained by the pesticide influence.*

**Keywords:** *soil microbial hydrolytic activity, organic C, total N; cropping systems*

### **Sissejuhatus**

Tava- ja maheviljelusviisis on põllukultuuride saagi kujundamiseks erinev lähenemine. Kui tavaviljeluse korral väetatakse taime, et saada võimalikult suur saak, siis maheviljeluse korral on eesmärgiks parandada mulla viljakust, ja erinevaid mulla bioloogilisi, keemilisi ja füüsikalisi omadusi, kasutades orgaanilisi väetisi (Baldwin, 2006). Mulla füüsikaliste ning keemiliste näitajate kõrval pööratakse järjest suuremat tähelepanu mulla bioloogilistele näitajatele (sh mikroobsed ja ensümaatilised aktiivsused). Mulla mikroobne aktiivsus on muutustele mullas oluliselt tundlikum, kui muutused keemiliste ja füüsikaliste näitajate osas (Tejada jt, 2008; Oldare jt, 2008; 2011).

Kartul vajab juurte ja varte kasvuks ning mugulate moodustumiseks rohkesti toitaineid. Kartulikasvatusega mõjutatakse mulda kasvuperioodi jooksul väga intensiivselt (nt erinevad mahapaneku ja muldamismeetodid ning kemikaalide kasutamine). On leitud, et kartulikasvatuse järgselt väheneb mullas mikroobne aktiivsus (Šteinberga jt, 2012). Mulla mikroobide aktiivsuse allasurumine on ilmnenud tavaviljelusviisides, kus kartulikasvatases teostati umbrohu- ja lehemädanikutõrjet herbitsiidide ja fungitsiididega (Niemi jt, 2009; Järvan jt, 2014). Herbitsiidid ja fungitsiidid võivad olla mulla mikroobidele otseselt toksilised või häirida liikidevahelisi tasakaalulisi suhteid, mis võib viia taimede kasvu pärssimisele (Vukicevich jt, 2016). Insektitsiidide kasutamine suurendab *Rhizoctonia* mädaniku esinemise sagedust kartulil, sest mullas on vähenenud teatud mullabakterite arvukus, mis tõstavad kartuli vastupidavust haigustele ja toimivad taimekasvu stimulaatoritena ning vähendavad nakatumist (Thornton jt, 2010). Kar-

tuli kasvatamisel orgaaniliste väetiste lisamine, nagu sõnnik, erinevad multšid ja haljasväetised, suurendavad orgaanilise aine kogust mullas, mis avaldab positiivset mõju mulla mikroobide aktiivsusele (Larkin, 2008; Larkin jt, 2010; Bhagat jt, 2016). Orgaanilise aine sisendi kogus ja kvaliteet mõjutavad nii mulla füüsikalise-keemilise omadusi kui ka mulla elustikuga seotud bioloogilisi tegureid, nagu mikrobiaalne biomass ja selle aktiivsus (Gomez jt, 2006; Gomiero jt, 2011; Bonilla jt, 2012). Haljasväetistest vahekultuuride kasutamisega on saadud bakteriaalsete populatsioonide ja mulla mikroobide aktiivsuse kasv ning soodne mõju ka mugula saagikusele (Larkin jt, 2010). Watson jt (2002) on leidnud, et suuremad orgaanilise aine kogused on suurendanud küll mulla mikroobide massi ja aktiivsust, kuid ei ole taganud ilmtingimata suuremat saagikust. See on sageli paratamatu, eriti maheviljeluses, kus taimede toitainete vajadus ei ole alati kooskõlas toitainete kättesaadavusega.

Arvestades eeltoodut ja lähtudes vajadusest arendada kestlikke kartulikasvatuse viise, on väga oluline uurida, kuidas erinevad kasvatussüsteemid konkreetsetes tingimustes mõjutavad mulla mikroobide aktiivsust ja sellega seotud toiteelemente. Käesoleva uurimuse eesmärk oli selgitada eri viljelusviisides kartuli kasvatamise mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele (FDA hüdrolüüs), orgaanilise süsiniku ( $C_{org}$ ) ja üldlämmastiku ( $N_{üld}$ ) sisalduse muutustele võrrelduna kartuli eelvilja alt vabanenud ala vastavate näitajatega.

## Materjal ja meetodika

Pikaajaline põldkatse mahe- ja tavaviljelusviisi võrdluseks on rajatud 2008. aastal Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli Eerika katsepõllule (58°22'N, 26°40'E). Katses kasutatakse 5-väljalist külvikorda, kus kultuuride järjestus on: 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 perioodi 2012–2016 ehk külvikorra teist rotatsiooni.

Külvikorras olevaid kultuure väetati maheviljelussüsteemis orgaaniliste ja tavaviljelussüsteemis mineraalsete väetistega. Käesolevas artiklis analüüsiti nelja erinevat viljelusviisi kaks – maheviljelus- ja kaks tavaviljelusviisi. Maheviljelussüsteemis oli talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0), mis järgib ainult külvikorda ning talviste vahekultuuride ja komposteeritud veisesõnnikuga (kevadell teraviljadele 10 t ha<sup>-1</sup>, kartulile 20 t ha<sup>-1</sup>) viljelussüsteem (Mahe II). Mahe II süsteemis külvati talviste vahekultuuridena pärast talinisu koristust talirukki (*Secale cereale* L.) ja talirapsi (*Brassica napus* L. var. *oleifera* L.) segu [2012. aastal oli üheaastane raihein (*Lolium multiflorum* Lam.)], pärast hernest taliraps ning pärast kartulit rukis. Maheviljeluse katselappidel mineraalväetisi ja sünteetilisi taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Tavaviljelussüsteeme oli kaks – Tava 0 (kontroll, N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>) ja Tava II (N<sub>150</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>). Taimekaitsevahenditest kasutati umbrohutõrjeks herbitsiidi Titus (50 g ha<sup>-1</sup>), kartulimardikate vastu fungitsiide

Fastac 50 (0,3 l ha<sup>-1</sup>) ja Decis 2,5 EC (0,2 l ha<sup>-1</sup>). Lehemädaniku tõrjet teostati kahel-kolmel korral: Ridomil Gold MZ 68 WG (2,5 kg ha<sup>-1</sup>) ning Ranman (0,2 kg ha<sup>-1</sup>) koos Ranman aktivaatoriga (0,15 l ha<sup>-1</sup>). Mullaharimine oli tüüpiline kartuli kasvatusele, kus mõlemal katseaastal äestati üks kord ning mullati kolm korda.

Katsed tehti varajase kartulisordiga 'Maret', mugulate vaheline kaugus vaos oli 25 cm ja vagude vaheline laius 70 cm. Seemnemugulateks kasutati mugulaid läbimõõduga 35–55 cm. Kartuli kogusaagi leidmiseks kaaluti kohe pärast koristust 15-ne järjestikku paikneva taime mugulad.

Katsed viidi läbi neljas korduses ja iga katselapi suurus oli 60 m<sup>2</sup>. Katseala mullastik oli näivleetunud (*Stagnic Luvisol*) WRB klassifikatsiooni järgi (Deckers jt, 1998), lõimiselt kerge liivsavi, huumuskihi tusedusega 20–30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

Täpne mulla mikroobide hüdrofüütilise aktiivsuse määramise meetodika on kirjeldatud artiklis (Sánchez de Cima jt, 2016). Mulla pH määrati 1M KCl lahuses (vahekord (1:2.5), mulla orgaaniline süsinik määrati Tjurini meetodil (Soil Survey Laboratory Staff, 1996). Mulla üldlämmastiku sisaldus määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for Soil Analysis, 2005).

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

## Tulemused ja arutelu

Kõige kõrgem mulla FDA näitaja mõõdeti 2012–2016 katseaastate keskmisena enne kartuli kasvatamist maheviljelussüsteemis, kus kasvatati vahekultuure ja mulda väetati sõnnikuga (Mahe II) (tabel 1). Kõrgeim mulla mikroobide aktiivsus Mahe II süsteemis seletub nii vahekultuuride kui ka kompostitud sõnniku mõjuga. Kompostitud veisesõnnikuga viiakse mulda mitte ainult toitaineid, vaid ka hulgaliselt erinevaid mikroobe. Ka Edesi jt (2012) täheldasid oma uurimustes pikaajaliste külvikordade ja orgaaniliste väetiste positiivset mõju mulla mikrobioloogilisele kooslusele ja nende aktiivsusele.

Kartuli kasvatamine vähendas aastate keskmisena mulla mikroobide hüdrofüütilist aktiivsust kõikides viljelussüsteemides. Kõige väiksem kartulijärgne FDA vähenemine ilmnis viljelusviisis Tava 0 – 0,8% võrra ( $p = 0,786$ ). Suurimat mulla mikrobioloogilise aktiivsuse langust täheldati Tava II foonil, kus FDA vähenes pärast kartulit 10,7% ( $p < 0,001$ ) ulatuses. Mahedates viljelussüsteemides toimus FDA vähenemine Mahe 0 1,2% ( $p = 0,34$ ) ja Mahe II 3,5% ( $p = 0,28$ ) võrra. Madalaimad mulla FDA väärtused olid kõikidel aastatel väeta-



mata, kuid keemilise umbrohutõrjega, tavaviljelusega kontrollalal Tava 0 ( $p < 0,001$ ). Ka Madsen jt (2016) leidsid, et väetamata katsealadel, kus kasutati pestitsiide, olid FDA väärtused kõige väiksemad. Seda kinnitab ka asjaolu, et maheviljelussüsteemide väetamata kontrollalal Mahe 0, kus taimekaitsevahendeid ei kasutatud, olid mulla FDA väärtused 15% võrra ( $p < 0,001$ ) tavaviljeluse Tava 0 omast suuremad (tabel 1). Meie tulemused kinnitavad varasemaid uurimistulemusi, et taimekaitsevahendite jäägid mullas pärsivad mullaelustikku ja suruvad alla mikroorganismide aktiivsust (Makaw jt, 1979; Angelini jt, 2013).

**Tabel 1.** Kartuli kasvatamise mõju mulla mikroobide hüdrofüütilisele aktiivsusele (FDA,  $\mu\text{g}$  fluorestseini  $\text{g}^{-1}$  kuiva mulla kohta  $\text{h}^{-1}$ ), orgaanilise süsiniku ( $C_{\text{org}}$ , %) ja üldlämmastiku ( $N_{\text{üld}}$ , %) sisaldusele mullas ning mulla süsiniku ja lämmastiku suhe (C/N suhe) 2012–2016 aastate keskmisena

Viljelusviis	FDA	$C_{\text{org}}$ , %	$N_{\text{üld}}$ , %	C/N suhe
Enne kartulit				
Tava 0	44,4 <sup>A</sup>	1,32 <sup>A</sup>	0,103 <sup>A</sup>	13,0 <sup>B</sup>
Tava II	53,7 <sup>B</sup>	1,41 <sup>A</sup>	0,113 <sup>A</sup>	12,6 <sup>AB</sup>
Mahe 0	53,1 <sup>B</sup>	1,52 <sup>B</sup>	0,132 <sup>B</sup>	11,8 <sup>A</sup>
Mahe II	59,6 <sup>C</sup>	1,61 <sup>B</sup>	0,135 <sup>B</sup>	12,1 <sup>AB</sup>
Pärast kartulit				
Tava 0	44,1 <sup>A</sup>	1,27 <sup>A</sup>	0,095 <sup>A</sup>	13,5 <sup>A</sup>
Tava II	48,0 <sup>B*</sup>	1,43 <sup>B</sup>	0,108 <sup>A</sup>	13,5 <sup>A</sup>
Mahe 0	51,9 <sup>C</sup>	1,53 <sup>BC</sup>	0,125 <sup>B</sup>	12,4 <sup>A</sup>
Mahe II	57,5 <sup>D</sup>	1,58 <sup>C</sup>	0,130 <sup>B</sup>	12,5 <sup>A</sup>

Erinevad suured tähed tähistavad statistilist olulist erinevust viljelusviiside vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). \* tähistavad statistilist olulist erinevust väärtuste vahel enne ja pärast kartulit (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ )

Maheviljelussüsteemides tõusis mulla  $C_{\text{org}}$  sisaldus. Kartuli mahapaneku eel võetud proovides oli mulla  $C_{\text{org}}$  sisaldus maheviljelussüsteemides aastate keskmisena 14,6% ( $p < 0,001$ ) ja kartulijärgselt 15,6% ( $p < 0,001$ ) võrra tavaviljelusest suuremad. Pärast kartuli kasvatamist, võrreldes eelsega,  $C_{\text{org}}$  sisalduses olulisi usaldusväärseid muutusi ei ilmnenud ( $p > 0,05$ ). Võrreldes kartulieelse mulla  $C_{\text{org}}$  sisaldusega ilmselt pärast kartuli kasvatamist Tava 0 alal aastate keskmisena 3,8% vähenemise tendents ( $p = 0,208$ ).

Uurimised maheviljelussüsteemid mõjutasid kasvualade mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldust positiivselt. Kartuli mahapaneku eelselt võetud proovides oli mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus maheviljelussüsteemides aastate keskmisena 18,8% võrra ( $p < 0,001$ ) tavaviljelusest suuremad (tabel 1). Kartuli kasvatamise järgselt jäi mahesüsteemide mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus 20,3% võrra ( $p < 0,001$ ) suuremaks kui tavaviljeluses. Aastate keskmisena ilmselt ( $p > 0,05$ ), et kartuli kasvatamine vähendas lämmastiku sisaldust mullas kõigis viljelussüsteemides. Tavaviljelusega aladel oli kartuli kasvujärgse mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldus 6,1% ( $p < 0,001$ ) ja mahealadel 3,0% ( $p < 0,001$ ) võrra väiksemad kui enne kartuli mahapanekut. Suurim  $N_{\text{üld}}$  sisalduse

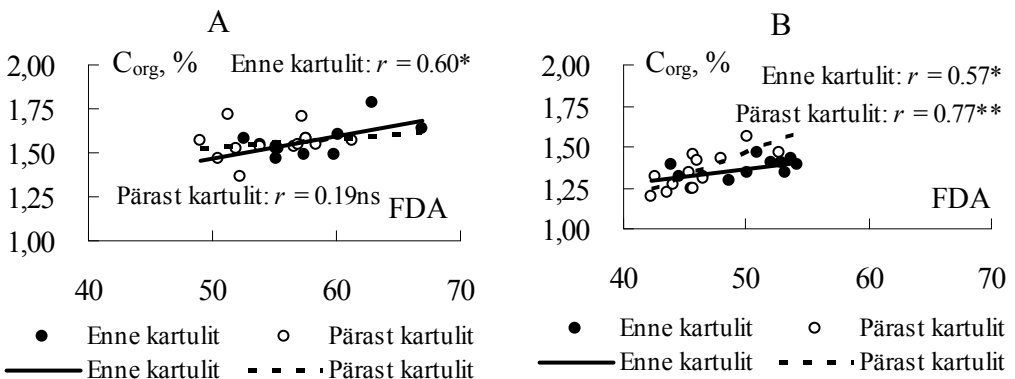
vähenevime toimus väetamata Tava 0 mullas 7,8% ( $p = 0,014$ ).

Viljelusviiside mõju mulla C/N suhetele olulist mõju ei avaldanud (tabel 1). Enne kartulit võetud mullaproovides ilmnes usutav erinevus vaid mõlema väetamata viljelusviiside foonil, kus Tava 0 alade C/N suhe oli 9,3% võrra ( $p = 0,152$ )  $C_{org}$  alade omast suurem. Kuid siiski oli kartuli kasvatamise järgselt võrreldes selle eelsega märgata C/N suhte mõningast ( $p = 0,085$ ) suurenemist kõikides viljelusviisides.

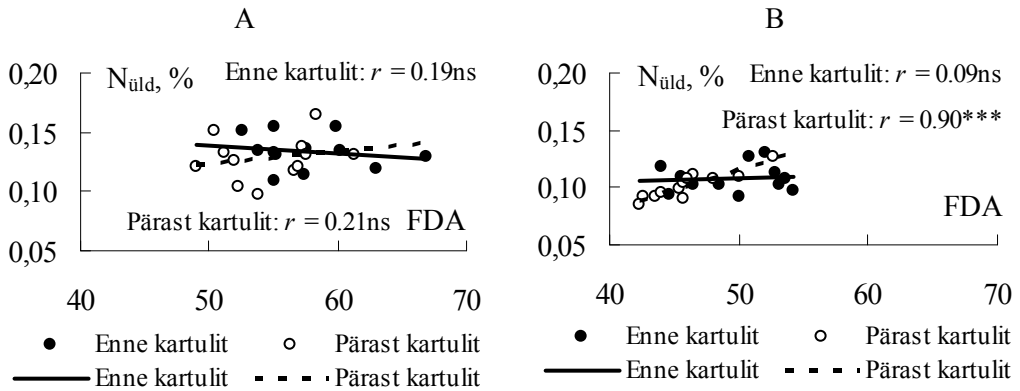
Mulla orgaanilise aine sisalduse ja mulla mikroobide aktiivsuse vaheline usutav seos mahevilljeluses avaldus ainult enne kartulit võetud mullaproovide põhjal (joonis 1, A) – korrelatsioon enne kartuli kasvatamist  $C_{org}$  ja FDA vahel oli  $r = 0,60$ ;  $p < 0,05$ . Tavaviljelusviisides korrelatsioon enne kartuli kasvatamist  $C_{org}$  ja FDA vahel oli  $r = 0,57$ ;  $p < 0,05$  (joonis 1, B). Pärast kartuli kasvatust oli seos tugev,  $r = 0,77$ ;  $p < 0,01$ . Seega, mulla  $C_{org}$  sisaldus mõjutab kartuli kasvatamise järgselt mulla FDA usutavalt vaid tavaviljelussüsteemis.

Usutav seos mulla FDA ja  $N_{üld}$  sisalduse vahel ilmnes ainult kartuli kasvatusjärgsel määramisel, kus tavaviljeluse alade mulla FDA ja  $N_{üld}$  vaheline korrelatsioon oli tugev,  $r = 0,90$ ;  $p < 0,001$  (joonis 2, B). Seega, mulla FDA ei mõjutanud kartuli kasvatamisel mulla  $N_{üld}$  sisaldust kummaski viljelussüsteemis.

Mahevilljeluse süsteemid, eriti süsteem, kus kasutati lisaks kompostitud sõnnikut (Mahe II), näitasid selgelt mulla mikroobide kõrgemat aktiivsust ja selle seost  $C_{org}$  sisaldusega. Nende süsteemide katsete varasemad tulemused on näidanud, et mahe süsteemides olid vahekultuuride ja kompostitud veisesõnniku toimel oluliselt paranenud ka mulla füüsikalised näitajad: suurenenud oli mulla veehoiuvõime ja vee läbilaskvus (Talgre jt, 2015). Vee läbilaskvuse suurenemine vähendab põldudel loikude teket ning suurendab seega vastupidavust põuale. Võrreldes tavaviljelussüsteemidega soodustas vahekultuur mahevilljeluslikus



**Joonis 1.** Mulla mikroobide hüdrolüütilise aktiivsuse (FDA,  $\mu\text{g}$  fluorestseini  $\text{g}^{-1}$  kuiva mulla kohta  $\text{h}^{-1}$ ) sõltuvus orgaanilise süsiniku ( $C_{org}$ , %) sisaldusest mullas mahevilljelussüsteemis (A) ja tavaviljelussüsteemis (B) enne ja pärast kartuli kasvatamist



**Joonis 2.** Mulla mikroobide hüdrofüütilise aktiivsuse (FDA,  $\mu\text{g}$  fluorestseini  $\text{g}^{-1}$  kuiva mulla kohta  $\text{h}^{-1}$ ) sõltuvus üldlämmastiku ( $N_{\text{üld}}, \%$ ) sisaldusest muldas maheviljelussüsteemis (A) ja tavaviljelussüsteemis (B) enne ja pärast kartuli kasvatamist

süsteemis usaldusväärset ka jooksiklaste esinemise sagedust, kes on maapinnal liikuvad taimekahjurite looduslikud vaenlased (Kruus jt, 2012). Jooksiklastel on väga suur roll kahjurputukate arvukuse reguleerimisel. Sarnaselt on leitud maheviljeluse vaheskultuuriga variandil märkimisväärselt vähem kartuli kuivlaikusest kahjustatud lehestikku (Runno-Paurson jt, 2014). Talviste vaheskultuuridega aladel vähenes usutavalt ka mulla umbrohuseemnete sisaldus (Kuht jt, 2016). Vaheskultuuride kõrget efektiivsust umbrohtude allasurumisel on täheldanud ka Liebman ja Dyck (1993) ning Miura ja Watanabe (2002).

Seega võrreldes tavaviljelussüsteemidega, avaldasid mahesüsteemid, eriti Mahe II, mõju looduslike hüvede paranemisele: suurenes elurikkus ja aktiveerusid mullaprotsessid ning mullas tõusis  $C_{\text{org}}$  ja  $N_{\text{üld}}$  sisaldus.

## Kokkuvõte

Viie katseaasta (2012–2016) keskmised tulemused näitavad, et võrreldes tava-süsteemidega on maheviljelussüsteemidel eelised kestlikuks taimekasvatuseks. Viljelussüsteemi mitmekesistamine vaheskultuuride ja lisaks veel kompostitud veisesõnnikuga, võimaldab oluliselt parandada mulla omadusi. Tõusis mulla mikroobide aktiivsus, mulla orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisaldus. Mulla mikroobide aktiivsuse ja üldlämmastiku sisalduse vahelised seosed aga vajavad jätkuvaid uuringuid.

## Tänuavaldused

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

## **Kasutatud kirjandus**

- Angelini, J., Silvina, G., Taurian, T., Ibanez, F., Tonelli, M.L., Valetti, L., Anzuay, M.S., Luduena, L., Munoz, V., Fabra, A. 2013. The effect of pesticides on bacterial nitrogen fixers in peanut growing area. – *Archives of Microbiology*, 195(10–11), pp. 683–692.
- Baldwin, K.R. 2006. Soil Fertility on Organic Farms. Organic Production – *Soil Fertility on Organic Farms*. <http://cefs.ncsu.edu> (10.01.2019).
- Bhagat, P., Gosal, S.K., Singh, C.B. 2016. Effect of mulching on soil environment, microbial flora and growth of potato under field conditions. – *Indian Journal of Agricultural Research*, 50(6), pp. 542–548.
- Bonilla, N., Cazorla, F.M., Martínez-Alonso, M., Hermoso, J.M., González-Fernández, J., Gaju, N., Landa, B.B., de Vicente, A. 2012. Organic amendments and land management affect bacterial community composition, diversity, and biomass in avocado crop soils. – *Plant and Soil*, 357(1–2), pp. 215–226.
- Deckers, J.A., Nachtergale, F.O., Spaargarn, O.C. (eds). 1998. World Reference Base for Soil Resources: Introduction. First edition. FAO, Acco Leuven, 165 pp.
- Edesi, L., Järvan, M., Noormets, M., Lauringson, E., Adamson, A., Akk, E. 2012. The importance of solid cattle manure application on soil microorganisms in organic and conventional cultivation. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 62, pp. 1–12.
- Gomez, E., Ferreras, L., Toresani, S. 2006. Soil bacterial functional diversity as influenced by organic amendment application. – *Bioresource Technology*, 97, pp. 1484–1489.
- Gomiero, T., Pimentel, D., Paoletti, M.G. 2011. Environmental impact of different agricultural management practices: conventional versus organic agriculture. – *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30, pp. 95–124.
- Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Võsa, T. 2014. Soil microbial communities and dehydrogenase activity depending on farming systems. – *Plant, Soil and Environment*, 60(10), pp. 459–463.
- Kruus, M., Kruus, E., Luik, A. 2012. Viljelusviisi mõju jooksiklaste liigirikkusele. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*, lk. 53–55.
- Kuht, J., Eremeev, V., Talgre, L., Madsen, H., Toom, M., Mäeorg, E., Luik, A. 2016. Soil weed seed bank and factors influencing the number of weeds at the end of conversion period to organic production. – *Agronomy Research*, 14, pp. 1372–1379.
- Larkin, R.P. 2008. Relative effects of biological amendments and crop rotations on soil microbial communities and diseases of potato. – *Soil Biology and Biochemistry*, 40(6), pp. 1341–1351.
- Larkin, R.P., Griffin, T.S., Honeycutt, C.W. 2010. Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. – *Plant Disease* 94, pp. 1491–1502.
- Liebman, M., Dyck, E. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. – *Ecological Applications*, 3, pp. 92–122.
- Makaw, A.A., Abdel-Nasser, M., Abdel-Moneim, A.A. 1979. Effect some pesticides on certain micro-organisms contributing to soil fertility. – *Zentralbl Bakteriolog Naturwiss*, 134(1), pp. 5–12.

- Miura, S., Watanabe, Y. 2002. Growth and yield of sweet corn with legume living mulches. – *Japanese Journal of Crop Science*, 71, pp. 36–42.
- Niemi, R.M., Heiskanen, I., Ahtiainen, J.H., Rahkonen, A., Mäntykoski, K., Welling, L., Laitinen, P., Ruuttunen, P. 2009. Microbial toxicity and impacts on soil enzyme activities of pesticides used in potato cultivation. – *Applied Soil Ecology*, 41, pp. 293–304.
- Oldare, M., Pell, M., Svensson, K. 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties, during 4 years of application of various organic residues. – *Waste Management*, 28, pp. 1246–1253.
- Oldare, M., Arthurson, V., Pell, M., Svensson, K., Nehrenheim, E., Abubaker, J. 2011. Land application of organic waste – Effects on the soil ecosystem. – *Applied Energy*, 88(6), pp. 2210–2218.
- Procedures for Soil Analysis. 2005. (ed) L.P. van Reeuwijk, 5th edn. Wageningen, 112 pp.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma*, 136, pp. 199–209.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Tein, B., Loit, K., Luik, A., Metspalu, L., Ereemeev, V., Williams, I.H., Mänd, M. 2014. Cultivation technology influences the occurrence of potato early blight in an organic farming system. – *Žemdirbyste-Agriculture*, 101(2), pp. 199–204.
- Sánchez de Cima, D., Tein, B., Ereemeev, V., Luik, A., Kauer, K., Reintam, E., Kahu, G. 2016. Winter cover crop effects on soil structural stability and microbiological activity in organic farming. – *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems*, 32(3), pp. 170–181.
- Soil Survey Laboratory Staff. 1996. Soil survey laboratory methods manual. – *Soil Survey Investigations Report No. 42*, Version 3.0. National Soil Survey Center, NE, USA.
- Šteinberga, V., Mutere, O., Jansone, I., Alsiòda, I., Dubova L. 2012. Effect of buckwheat and potato as forecrops on soil microbial properties in crop rotation. – *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B Natural Exact and Applied Sciences*, 66(4/5), pp. 185–191.
- Talgre, L., Ereemeev, V., Reintam, E., Tein, B., Sanches de Cima, D., Madsen, H., Alaru, M., Luik, A. 2015. Talvised vahekultuurid parandavad mulda ja kultuuride saagikust. – *Agronomía 2015*, lk. 40–44.
- Tejada, M., Gonzalez, J.L., Garcia-Martinez, A.M., Parrado, J. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. – *Bioresource technology*, 99(6), pp. 1758–1767.
- Thornton, M., Miller, J., Hutchinson, P., Alvarez, J. 2010. Response of potatoes to soil-applied insecticides, fungicides, and herbicides. – *Potato Research*, 53(4), pp. 351–358.
- Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P., Úrbez-Torres, J.R., Hart, M. 2016. Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. – *Agronomy for Sustainable Development*, 36: pp. 48–53.
- Watson, C.A., Atkinson, D., Gosling, P., Jackson, L.R., Rayns, F.W. 2002. Managing soil fertility in organic farming systems. – *Soil Use Management*, 18, pp. 239–247.

## PÕLEVKIVITUHK KUI LUBIVÄETIS

**Lisette Niilo, Tõnu Tõnutare**

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Niilo, L., Tõnutare, T. 2019. Oil shale ash as a liming material. – Agronomy 2019.

*In 2017 9,2 million tons of oil shale ash was formed as byproduct in the powerplants in Estonia. Only 147 287 tons of ash was reused. More than 40 000 tons were used as a lime fertilizer in Estonian agricultural soils. It was mainly used for raising the pH of acidic soils. Depending from the type of used burning technology (temperature, time, granular composition of fuel etc.) the ashes have different chemical composition and physical properties. The oil shale ashes contain also several macro- and microelements which are serving as plant nutrients. Therefore the oil shale ash is not only the valuable and environmental friendly liming material but is also fertilizer which has impact on plant available nutrients in soil.*

**Keywords:** oil shale, ash, lime, liming, pH

### Sissejuhatus

Eestis kaevandati 2017. aastal 15,6 miljonit tonni põlevkivi, millest 11,15 miljonit kaevandasid Eesti Energiaga seotud ettevõtted (Eesti Põlevkivi ..., 2018). Põlevkivi töötlemise käigus tekivad erinevad jäätmed millest üheks olulisemaks on põlevkivituhk, mida 2017. aastal tekkis 9,23 miljonit tonni (Eesti Põlevkivi... 2018). Suurem osa põlevkivituhast on Eesti Energia elektriijaamade tootmise jääk. Enamus tekkivast tuhast ladustatakse tuhaväljadel (Kuusik jt, 2012). Ladustatava koguse vähendamiseks on oluline leida tuhale taaskasutamisvõimalused.

### Põlevkivituhk

Tuhk tekib kütuse põlemise jäägina ja koosneb valdavalt selle mineraalosast (Ots, 2004). Kuna põlevkivi on tekkinud orgaanilise aine settimisel koos karbonaatse materjali, savi ja liivaga, on Eesti põlevkivi tuhasisaldus väga kõrge (keskmiselt 46%) (Lahtvee, 2003), mis tähendab iga tonni põletatud põlevkivi kohta 0,46 t tuha tekkimist.

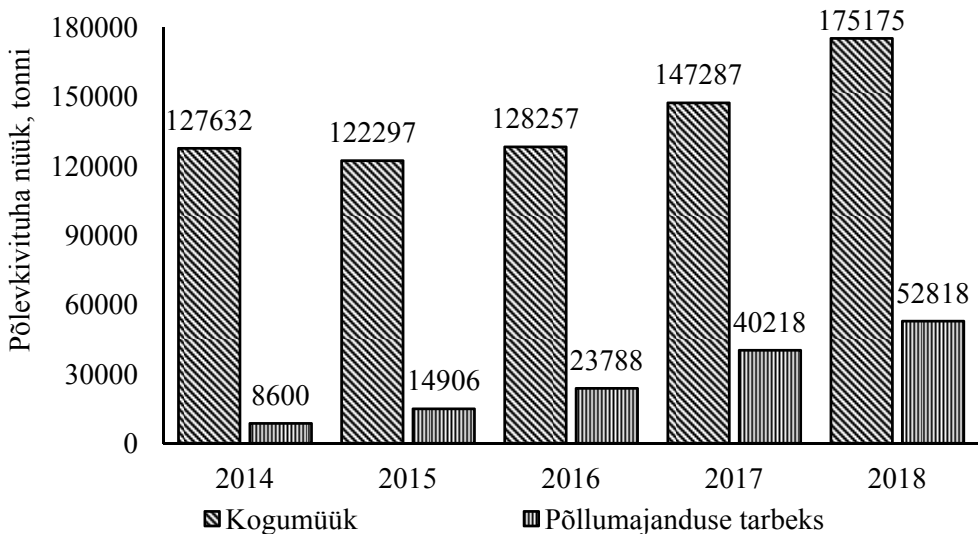
Tuha keemiline ja fraktsiooniline koostis sõltub kasutatavast kütusest, põletamistehnoloogiast ja ka sellest, millisest protsessi osast tuhk pärineb. Lendtuhk ehk tolmpõlevkivituhk eraldatakse põlemisel tekkinud gaasidest tsüklonite ja filtrite abil (Järvan ja Järvan, 2010). Tsüklonite abil eraldatud tuhaosakeste suurus ulatuvad kuni 90 µm-ni. Filtrite abil gaasidest eraldatud tuhaosakesed on aga väiksemad, kuni 40 µm-ni.

Energia tootmisel kasutatakse kaht tüüpi põletustehnoloogiat, tolmpõletamist (PF) ja tsirkuleerivat keevkiht põletust (CFB). Põlevkivi tolmpõletamisel on koldetemperatuurid tunduvalt kõrgemad kui tsirkuleerivas keevkihis. PF teh-

noloogia puhul küündivad temperatuurid põletustsoonis 1400–1500 °C, CFB puhul aga jäävad alla 850 °C (Reinik jt, 2016).

### Põlevkivituha kasutamine

Põlevkivielektrijaamades tekkiv lendtuhk on väärtuslik tooraine, mida on edukalt kasutatud nii ehituses kui ka põllumajanduses. Nõukogude Liidu perioodil kasutati ära kuni pool tekkinud tuhast, viimastel kümnenditel on aga põlevkivituha kasutamine üsna väike (3–6%) (Kuusik jt, 2012). Põllumajanduses on väljundiks happeliste muldade lupjamine. Kaljuvee jt (2017) andmetel vajab lupjamist eelduste kohaselt 350 000 hektarit põllumajanduslikku maad. Kahjuks on aga tuha kasutamine vähenenud, kuna 2000-ndate algul eksisteerinud happeliste põllumuldade lupjamistoetust enam ei maksta. Viimasel paaril aastal on põlevkivituha kasutamine taas kasvanud tänu põlevkivituhal põhineva lupjamisaine Enefix turule toomisega. Elektri tootmisel tekkinud 7,2 miljonist tonnist tuhast taaskasutati 2017. aastal 147 287 tonni, 2018. aastal aga juba 175 175 tonni. Ka suurenes tuha kasutamine põldude lupjamiseks 40 218 tonnilt 2017. aastal 52 818 tonnini 2018. aastal (joonis 1). Võrreldes 2014. aastal kasutatud 8 600 tonniga on viimase nelja aasta juurdekasv kuuekordne.



**Joonis 1.** Eesti Energia poolt müüdud tuha kogused (Romanovitš, 2019)

### Muldade lupjamine

Lupjamist vajavad mullad, mille aluskivimid ja mineraalid sisaldavad suhteliselt vähe kaltsiumi (Ca) ja magneesiumi (Mg). Tagamaks taimede normaalset toitumiskeskkonda, peab muld sisaldama kaltsiumi vähemalt 1500 mg kg<sup>-1</sup>. Hap-

peliste muldade kaltsiumisisaldus on enamasti tunduvalt madalam – keskmiselt 800 mg kg<sup>-1</sup> (Loide, 2017). Lisaks looduslikult kaltsiumivaestele muldadele toimub pidev muldade hapestumisprotsess happeliste sademete, väetiste kasutamise, saakidega toitainete eemaldamise ja orgaanilise aine mineralisatsiooni tagajärjel (Goulding, 2016).

Muldade lupjamist planeerides tuleb ennekõike lähtuda mulla pH väärtusest, kuid kindlasti tuleb arvesse võtta ka magneesiumi sisaldust, sest V. Loide (1996) hinnangul on Eestis haritava maa muldadest 52% vähese Mg-sisaldusega. Seejuures tuleb hinnata mitte otseselt magneesiumi sisaldust vaid Ca:Mg suhet – see ei tohiks olla liialt kitsas ega lai. Kui Ca:Mg suhe on liiga lai, tekib taimedel magneesiumipuudus isegi mulla kõrge magneesiumisisalduse puhul.

Happelistes muldades on toitainete omastamine taimede poolt pärsitud. Optimaalne toiteelementide omastamine mullast toimub pH 6 juures, mil oluliseimate elementide omastatavust hinnatakse 100%-liseks. Mulla pH alanemisega väheneb ka omastatavus. Kui mulla pH on langenud 5,5-ni, suudab taim fosforist omastada vaid 45–50% (Loide, 2018).

Lisaks toiteelementidele mõjutab kasvukoha mulla pH oluliselt ka raskmetallide omastatavust taimede poolt. Üldiselt lahustuvad raskmetallid happelises mullas paremini ja taimed on suutelised neid rohkem omastama (Kärblane, 1996). Seega vähendab happeliste muldade lupjamine taimede raskmetallide sisaldust.

### **Põlevkivituhkade keemiline koostis**

Tuhkade kaltsiumi, kaaliumi ja väevli sisaldus sõltub põletamistemperatuurist ja osakeste suurusest. Kõige kaltsiumirikkamad on PF põletamistehnoloogia kasutamisel tekkivad lendtuhad, eriti just tsüklontuhad (tabel 1). Kuna PF tehnoloogia kasutamisel on temperatuurid kõrgemad, ulatub lendtuhas karbonaatide lagunemisaste 96–98%-ni, CFB lendtuhkade puhul jääb see vahemikku 78–87%. Sellest tulenevalt on ka vaba CaO sisaldus PF tehnoloogia lendtuhkades kõrgem (6–14%) võrreldes CFB tuhkadega (3–8%) (Kuusik jt, 2005). Seetõttu on PF tuhad suurema neutraliseerimisvõimega.

Sarnaselt kaltsiumile on ka magneesiumi sisaldus suurim PF tehnoloogia tsükloni tuhkades. Magneesiumi sisaldus tuhas sõltub oluliselt kasutatavast põletus- ja eraldusmeetodist ning erinevus võib olla kuni kahekordne.

Kaaliumi ja väevli sisaldus on kõrgeim PF tehnoloogia filtertuhkades. Samuti mikroelementide – tsingi ja molübdeeni – sisaldused on kõrgemad just PF tehnoloogia filtertuhkades.

Fosfori sisaldus tuhkades on madal ja kasutatavad tehnoloogiad sellele olulist mõju ei avalda. Boorisaldus on kõige suurem just filtertuhkades. Seda saab seostada osakeste suurusega ehk boorisaldus suureneb tuha peensusastme tõusuga (Kärblane, 1996).



Tuhkade laotamisel on probleemiks tekkiv tolm ja pikemaajalisel säilitamisel paakumine. Tolm häirib ka laadimis- ja transporditöid. Tolmu tekke vähendamise üks võimalus on granuleerimine. Tuha granuleerimise meetodeid on uuritud KBFI-s. Granuleerimisel on sideainena edukalt kasutatud melassi. Saadud granuleeritud materjali keemiline koostis erineb algmaterjali koostisest protsessi käigus lisatud komponentide sisalduse tõttu (tabel 1). Üldreeglina on granuleeritud tuhkade toitainete sisaldused võrreldes pulbriliste algmaterjalidega madalamad. Erandiks on kaalium, mille tase ei muutu, põhjus võib olla granuleerimisel sideainena kasutatud melassi kõrge K-sisaldus.

**Tabel 1.** Põlevkivituhkade ja neist valmistatud graanulite keemiline koostis (*GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH andmetel*)

Element	Pulbriline materjal			Granuleeritud materjal	
	Tolmpõletus		Keevkiht	Tolmpõletus	Keevkiht
	Tsükloni tuhk	Filtrituhk	Filtrituhk	Filtrituhk	Filtrituhk
	$\text{mg kg}^{-1}$				
Kaltsium	330 600	251 900	200 800	234 400	161 500
Magneesium	38 020	20 330	27 490	20 680	23 840
Kaalium	10 880	26 300	18 770	25 870	20 370
Fosfor	640	620	620	590	510
Väävel	11 000	37 000	21 000	33 000	16 000
Tsink	57	114	40	72	40
Mangaan	676	386	459	315	324
Molübdeen	3,8	9,4	5,0	6,2	3,4
Boor	81	162	168	159	125

Lisaks taimekasvu soodustavate lisandite sisaldusele, on väetisainete puhul oluline ka nende keskkonnale ja inimtervisele kahjulike ühendite puudumine või minimaalne sisaldus. Riskifaktor paljude põlemisprotsesside jääkproduktides on nende dioksiinide, PAH (polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud) ja PCB (polüklooritud bifenüülid) sisaldused. Vastavalt GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH poolt 2018. aastal teostatud analüüsidele jäid tsüklontuha dioksiinide ja PAH üldsisaldused alla määramispiiri. PCB-de summaarne sisaldus oli  $1,95 \text{ pg kg}^{-1}$  ehk  $1,95 \cdot 10^{-12} \text{ g kg}^{-1}$ . Tulemustest nähtub, et tuha kasutamisest ei teki ohtu keskkonnale ega elanikkonna tervisele.

## Kokkuvõte ja järeldused

Kõige suurema neutraliseerimisvõimega on tolmpõletuse tuhad. Kõige kõrgema kaltsiumi- ja magneesiumisisaldusega on tolmpõletuse tsükloni tuhad, seevastu enim on väävlit ja kaaliumi tolmpõletuse filtertuhkades. Ka mikroelementide sisaldused on kõrgemad tolmpõletuse gaasidest eraldatud lendtuhas. Võrreldes tolmpõletusel tekkiva tuhaga on keevkiht põletuse tuha neutraliseerimisvõime ja toitainetesisaldused madalamad. Üldiselt vähenevad toitelementide sisaldused ka põlevkivi tuhade granuleerimisel. Erandiks on kaalium, mille sisaldus oluliselt ei muutu. Lisaks neutraliseerivatele omadustele sisaldavad kõik tuhad taimede kasvu soodustavaid makro- ja mikroelemente. Väga madala sisalduse tõttu ei ole ka dioksiinide, PAH ja PCB keskkonnareostuse ohtu.

Eespool toodust tulenevalt on põlevkivituha kasutamine lubiväetisena igati asjakohane, sest lisaks mulla pH tõstmisele lisandub mulda ka taimele vajaminevaid makro- ja mikroelemente.

## Kasutatud kirjandus

- Eesti Põlevkivi aastaraamat 2017. (toim.) M. Beger. Eesti Energia, Viru Keemia Grupp, Kiviõli Keemiatööstus, TTÜ Virumaa Kolledzi Põlevkivi Kompetentsikeskus. 48 lk.  
[https://www.ttu.ee/public/p/polevkivi-kompetentsikeskus/aastaraamat/Polevkivi\\_aastaraamat\\_EST\\_2018-06-27c.pdf](https://www.ttu.ee/public/p/polevkivi-kompetentsikeskus/aastaraamat/Polevkivi_aastaraamat_EST_2018-06-27c.pdf) (12.01.2019)
- Goulding, K.W.T. 2016. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom – *Soil Use and Management* 32, pp. 390–399.
- Järvan, M., Järvan, U. 2010. *Muldade lupjamine*. Saku, 23 lk.
- Kaljuvee, T., Jefimova, J., Loide, V., Uibu, M., Einard, M. 2017. Influence of the post-granulation treatment on the thermal behaviour and leachability characteristics of Estonian oil shale ashes. – *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 132, pp. 47–57.
- Kuusik, R., Uibu M., Kirsimäe K. 2005. Characterization of oil shale ashes formed at industrial scale boilers. – *Oil shale* 22, pp. 407–420.
- Kuusik, R., Meriste, T., Pototski, A. 2012. Põlevkivituha kasutamise laiendamiseks on käivitunud mitu uut projekti. – *Keskkonnatehnika* 3, lk. 8–9.
- Kärblane, H. 1996. *Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat*. Tallinn, 82 lk.
- Lahtvee, V. 2003. *Ohtlikud ained Eesti keskkonnas*. Tartu, 249 lk.
- Loide, V. 1996. Mulla liikuva magneesiumi sisalduse ning kaltsiumi ja magneesiumi suhte mõju põllukultuuride saagile. – *Agraarteadus* VII. lk. 39–53.
- Loide, V. 2017. Muldade lupjamisvajadus kasvab. – *Põllumajandus.ee* 27.02.2017.  
<http://pollumajandus.ee/uudised/2017/02/27/muldade-lupjamisvajadus-kasvab> (07.01.2019)
- Loide, V. 2018. Muldade lupjamine – igipõline teema. – *Maa elu*. 29.03.2018. 4 lk.

- Ots, A. 2004. *Põlevkivi põletustehnoloogiad*. Tallinn, 768 lk.
- Reinik, J., Irha, N., Steinnes, E., Urb, G., Jefimova, J., Piirisalu, E., Loosaar, J. 2016. Changes in trace element contents in ashes of oil shale fueled PF and CFB boilers during operation. – *Fuel Processing Technology* 115, pp. 174–181.
- Romanovitš, G. 2019. Unustatud põlevkivituhk jõuab taas põldudele. – *Põhjarannik*, 24.01.2019  
<https://pohjarannik.postimees.ee/6506409/unustatud-polevkivituhk-jouab-taaspoldudele?> (30.01.2019)

## ***TAIMEKASVATUS***

## **UUS ODRASORT 'TUULI'**

**Ülle Tamm, Ilmar Tamm, Hans Küüts**

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Tamm, Ü., Tamm, I., Küüts, H. 2019. The new barley variety Tuuli. – *Agronomy* 2019.

*The aim of barley breeding in Estonia is to breed out varieties adapted well to local growing conditions and having good grain yield, quality, disease and lodging resistance. The new barley variety Tuuli bred out in the Estonian Crop Research Institute was released in 2018. The new variety was tested in the field trials during 2016–2018 where the characteristics of Tuuli were compared to 9 other more widely cultivated barley varieties in Estonia. Grain yield, lodging resistance and plant height, 1000 grain weight, volume weight, protein content and resistance to diseases of tested varieties were evaluated. Tuuli has high grain yield potential. The variety has high 1000 grain weight and volume weight, medium protein content. The variety is moderately susceptible to major barley diseases. Despite of somewhat longer than average plant height, Tuuli has good resistance to lodging.*

**Keywords:** *barley, variety, grain yield, quality, disease resistance*

### **Sissejuhatus**

Uute odrasortide aretuse eesmärgiks on Eesti kasvutingimustes hästi kohastunud suure terasaagiga, hea seisukindluse ja tera kvaliteediga taimehaigustele vastupidavate sortide loomine. Nendest eesmärkidest lähtuvalt jõudis 2016. a lõpule aretise J 4628 aretustöö ja ta anti riiklikusse sordikatsetusse. 2017.–2018. a läbis aretis majandus- ja registreerimiskatsed ning CPVO/UPOVi eristatavuse, ühtlikkuse ja püsivuse testid. Uus sort võeti katsetulemuste põhjal Eesti sordilehte ja ta sai nimeks 'Tuuli'. Uue sordi omadusi võrreldi Eesti Taimekasvatuse Instituudi põldkatses teiste Eestis kasvatatavate odrasortidega.

### **Metoodika ja katsetingimused**

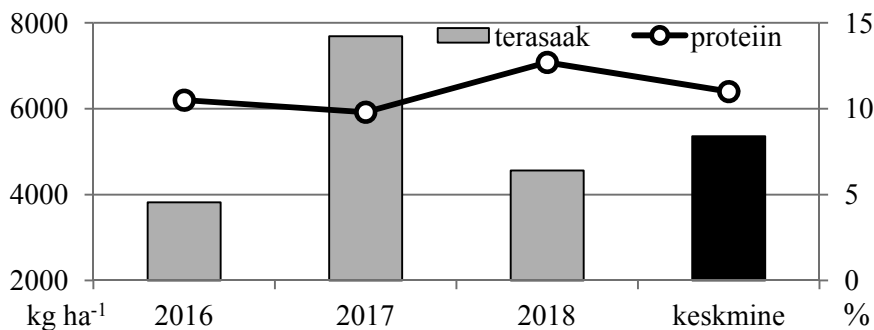
Põldkatse viidi läbi aastatel 2016–18 Jõgeval Eesti Taimekasvatuse Instituudis, kus oli leostunud kamar-karbonaatne liivsavimuld,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,1–6,5 ja fosfori- ning kaaliumitarve väike. Eelvili oli vastavalt külvikorrale talinisu (2016. a), suviraps (2017. a) ja punane ristik (2018. a). Väetiseks kasutati kompleksväetist normiga  $\text{N}_{90} \text{P}_{20} \text{K}_{38} \text{ kg ha}^{-1}$  elementidena. Katses võrreldi uut odrasorti 'Tuuli' üheksa Eestis levinud erineva päritolu sordiga: 'Anni', 'Leeni', 'Maali' (Eesti), 'Hobbs', 'Irina', 'Soldo' (Saksamaa), 'Evergreen', 'Iron' (Taani) ja 'Selene' (Rootsi). Katse külvati randomiseeritult 10 m<sup>2</sup> lappidele kolmes korduses külvisenormiga 500 idanevat tera m<sup>2</sup>. Umbrohutõrje tehti taimede 3.–4. lehe kasvufaasis 2016. a herbitsiidiga Sekator (150 ml ha<sup>-1</sup>), 2017. ja 2018. a herbitsiidide Granstar Preemia (20 g ha<sup>-1</sup>) + Primus (80 ml ha<sup>-1</sup>) seguga. Taimekahjurite tõrjeks kasutati preparaati Proteus (0,6 l ha<sup>-1</sup>).

Põldvaatluste käigus hinnati loomist, küpsust ja seisukindlust ning mõõdeti taimede pikkust. Taimehaigustest määrati ääris-, võrk- ja pruunlaiksust ning hinnati 1–9 palli süsteemis, kus 1 tähistab haiguse puudumist, 9 väga tugevat nakatumist. Seisukindlust hinnati samuti 1–9 palli süsteemis, kus 1 tähistab täiesti lamandunud ja 9 püstist vilja. Laboris määrati terasaak, mahumass, 1000 tera mass, niiskuse- ja proteiinisaldus.

2016. a mai oli väga soe ja kuiv, sademeid oli vaid 3,6 mm. Põud pärssis odrataimede kasvu ja arengut. Juuni vihmad põhjustasid järelvõrsumise ja seetõttu oli pea- ja järelvõrsete küpsemise erinevus ligi nädal. Koristusaeg kujunes erakordselt sajuseks (augustis 204% normist), suur niiskus ja pikale veninud koristusperiood mõjutas saagi kvaliteeti, suurendas saagikadu ning põhjustas peas kasvama minekut. 2017. a kevad ja suvi olid jahedad ning sademeterohked, mistõttu võrsus oder hästi. Kuna soojust ja päikesepaistet nappis, arenes ning valmis vili aeglaselt, 2–3 nädalat keskmisest hiljem. Selline ilmastik soodustas suure terasaagi moodustumist. Saagikamate sortide terasaagid ulatusid üle 8 t ha<sup>-1</sup>. Vilja koristamise aeg oli vihmane ja kuna sellistes tingimustes kombainiga koristada ei saanud, läks osa teri suure niiskuse tõttu peas kasvama. 2018. a kasvuperiood oli erakordselt soe ja põuane ning taimede areng oli kiire. Kasvu ajal sadas ainult 55 mm, s.o 28% normist. Suur osa kõrvalvõrsetest kuivas ära, vili jäi madalaks ja hõredaks ning küpsemine oli väga kiire. Vilja valmimine oli 2–3 nädalat keskmisest varajasem (Keppart, 2016; 2017; 2018).

## Tulemused ja arutelu

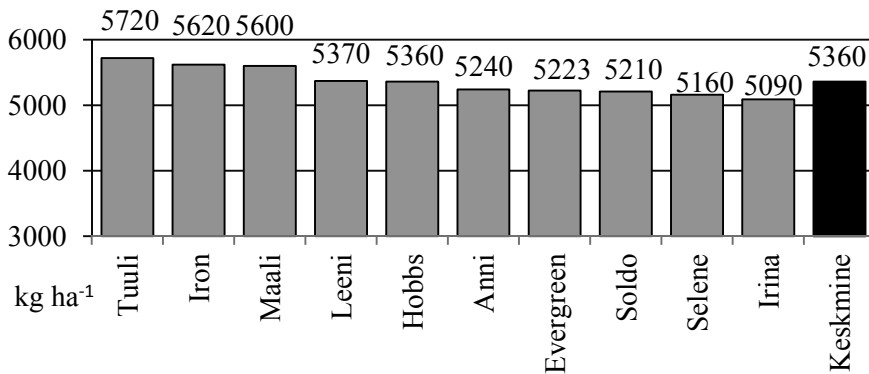
**Terasaak.** Katsetatud sortide kolme katseaasta (2016–2018) keskmine terasaak oli 5360 kg ha<sup>-1</sup>, varieerudes vahemikus 3820–7690 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 1). 2016. a terasaak kujunes vaadeldud katseaastate madalaimaks (3820 kg ha<sup>-1</sup>). Selle põhjuseks oli kevadine põud, mis pärssis võrsumist. Juuni vihmad päästsid küll saagi, kuid põhjustasid järelvõrsumise ja vilja ebaühtlase valmimise.



**Joonis 1.** Katseaastate keskmine terasaak ( $PD_{95\%} = 280 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja proteiin ( $PD_{95\%} = 0,4\%$ ) odra katses Jõgeval 2016.–2018. a

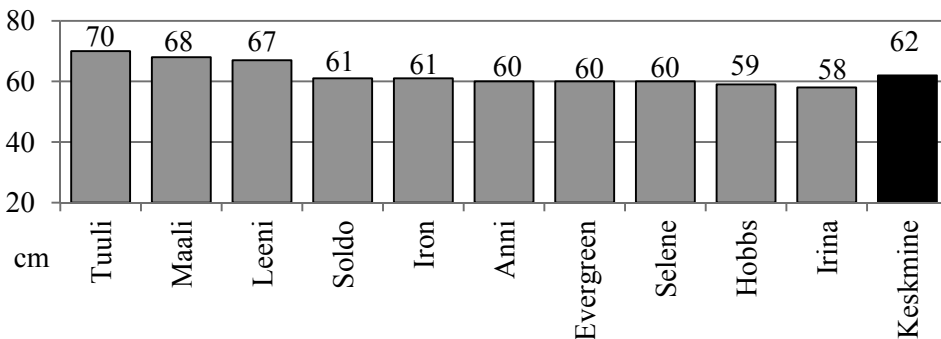
Kõige suurema terasaagi ( $7690 \text{ kg ha}^{-1}$ ) andis oder 2017. a, mil tingimused saagi moodustumiseks olid tänu jahedale ja niiskele ilmastikule head. 2018. a kasvuaeg oli kõrgete õhutemperatuuridega ja põuane. Kevadel moodustunud produktiivvõrsed kuivasid ära. Taimede areng ja vilja valmimine oli väga kiire, mistõttu jäi saagikus suhteliselt madalaks ( $4560 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Katses olnud sortidest andsid kolme aasta keskmisena kõige suurema terasaagi uus sort 'Tuuli' ( $5720 \text{ kg ha}^{-1}$ ), 'Iron' ( $5620 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja 'Maali' ( $5600 \text{ kg ha}^{-1}$ ), ületades usutavalt standardsorti 'Anni' vastavalt 480, 380 ja 360  $\text{kg ha}^{-1}$  (joonis 2). Teistest väiksema terasaagiga olid sordid 'Selene' ja 'Irina', andes kolme aasta keskmisena vastavalt 5160 ja 5090  $\text{kg ha}^{-1}$ .



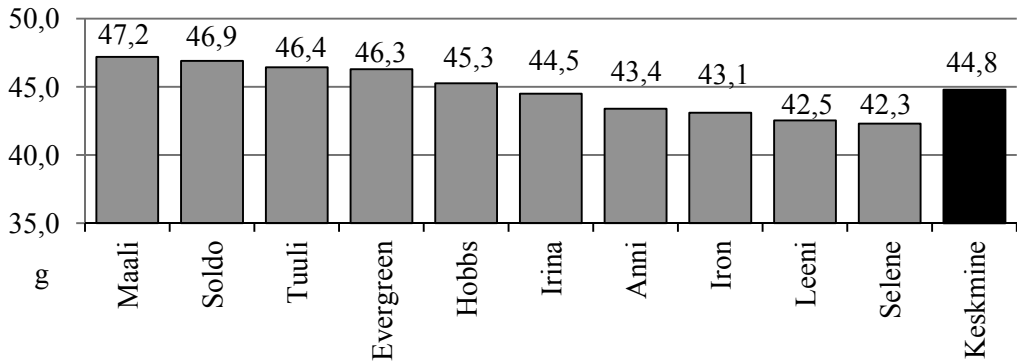
**Joonis 2.** Odrasortide keskmised terasaagid ( $PD_{95\%} = 280 \text{ kg ha}^{-1}$ ) Jõgeval 2016.–2018. a

**Seisukindlus ja taime pikkus.** Kolme katseaasta keskmine taime pikkus oli 62 cm (joonis 3). Sordid erinesid üksteisest taime pikkuselt 12 cm, varieerudes vahemikus 58–70 cm. Uue odrasordi 'Tuuli' taimed olid standardsordist 'Anni' 10 cm pikemad. Kuna kaasajal pööratakse aretuse käigus järjest suuremat tähelepanu sortide heale seisukindlusele, lamanduvad uued sordid harva. Vaatamata katseaastatel esinenud mitmetele äikesega kaasnenud tormidele, ei esinenud lamandumist ühelgi sordil.



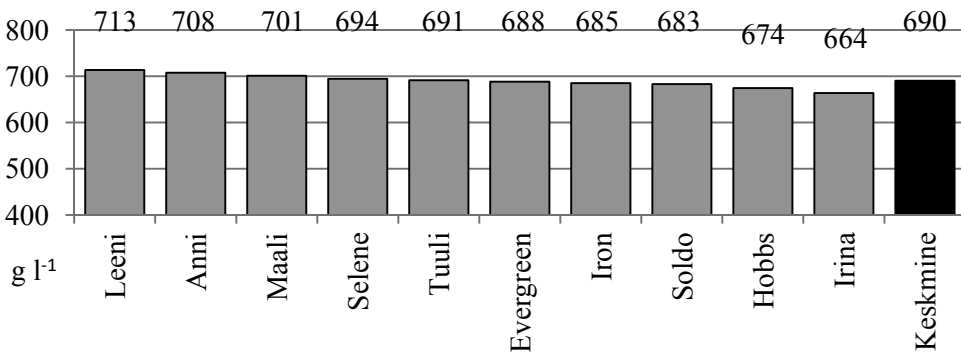
**Joonis 3.** Odrasortide keskmised taime pikkused ( $PD_{95\%} = 3 \text{ cm}$ ) Jõgeval 2016.–2018. a

**Tera kvaliteet. 1000 tera mass.** Sordiaretuses on üheks oluliseks aretuseesmärgiks tera suurus. Uute sortide 1000 tera mass peaks olema vähemalt 41 g, suureteralisteks loetakse sorte alates 44 g. Antud katses olnud odrasortide kolme aasta keskmine 1000 tera mass oli 44,8 g, varieerudes vahemikus 42,3–47,2 g (joonis 4). Kõige suurem oli see näitaja sortidel ‘Maali’ (47,2 g), ‘Soldo’ (46,9 g), ‘Tuuli’ (46,4 g) ja ‘Evergreen’ (46,3 g). Ühegi sordi 1000 tera mass ei jäänud liiga väikeseks.



**Joonis 4.** Odrasortide keskmine 1000 tera mass ( $PD_{95\%} = 1,6$  g) Jõgeval 2016.–2018. a

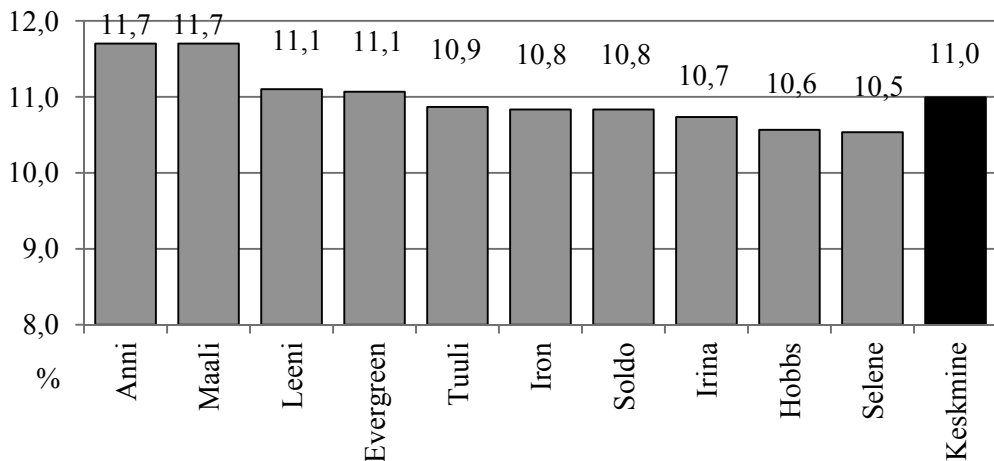
**Mahumass** peaks odral olema vähemalt  $640 \text{ g l}^{-1}$ . Katseaastate sortide keskmine mahumass ületas seda näitajat  $50 \text{ g l}^{-1}$  e 8% (joonis 5). Kõigi katses olnud sortide mahumassid vastasid nõuetele, ainult sortide ‘Hobbs’ ( $634 \text{ g l}^{-1}$ ) ja ‘Irina’ ( $626 \text{ g l}^{-1}$ ) mahumassid jäid 2016. a alla normi. ‘Tuuli’ kuulus suure mahumassiga sortide hulka.



**Joonis 5.** Odrasortide keskmine mahumass ( $PD_{95\%} = 3 \text{ g l}^{-1}$ ) Jõgeval 2016.–2018. a



*Proteiinisisaldus* sõltub oluliselt väetamisest, kasvuperioodi ilmastikust, mullaviljakusest ja sordist. Kõrge temperatuur ja pöud terade täitumise ajal pärsivad tähtsuse sünteesi ning põhjustavad suuremat proteiinisisaldust. Terade madalamat proteiinisisaldust soodustab pikk küpsemisperiood, jahe öö ja mõõdukas temperatuur päeval (Duffus ja Cochrane, 1992). Samas on teada, et suur terasaak ja proteiinisisaldus on omavahel negatiivses korrelatsioonis. Katses oli sortide proteiinisisaldus kõrgem põuastel ja lühikese kasvuperioodiga 2016. ja 2018. aastal (vastavalt 10,5 ja 12,7%) ning madalam jahedal ja niiskel pika kasvuperioodiga 2017. aastal (9,8%) (joonis 1). Kolme aasta keskmine proteiinisisaldus oli 11,0%. Kõrgema proteiinisisaldusega sortide hulka kuulusid ‘Anni’ ja ‘Maali’ (11,7%), madalam oli see sortidel ‘Hobbs’ (10,6%) ja ‘Selene’ (10,5%) (joonis 6). Uus sort ‘Tuuli’ oli keskmise proteiinisisaldusega (10,9%).



**Joonis 6.** Odrasortide keskmine proteiinisisaldus ( $PD_{95\%} = 0,4\%$ ) Jõgeval 2016–2018. a

**Taimehaigused.** Katseaastatel valitsenud ilmastikutingimuste tõttu ei esinenud tugevat taimehaigustesse nakatumist. Äärislaiksuse keskmiseks nakatumise hindeks kujunes 1,2, võrklaiksusel 3,2 ja pruunlaiksusel 3,1 palli. Enamus sorte ei nakatunud äärislaiksusesse, ainult ‘Selene’ ja ‘Soldo’ nakatumist hinnati vastavalt 2,3 ja 1,7 palliga. Võrklaiksusesse nakatus teistest enam sort ‘Selene’ (3,5 palli) ja pruunlaiksusesse ‘Soldo’ (3,5 palli). Uus sort ‘Tuuli’ nakatus võrklaiksusesse 3,3 ja pruunlaiksusesse 3,0 palli ulatuses.

## **Kokkuvõte**

Uus Eesti odrasort 'Tuuli' on katsetulemuste põhjal väga hea saagipotentsiaaliga. Ta kuulub suure tera ja mahumassiga sortide hulka, proteiinisisaldus on keskmisel tasemel. Odra peamistesse taimehaigustesse nakatub 'Tuuli' vähesel määral või mõõdukalt. Sort on keskmisest mõnevõrra pikema kõrrega, kuid hea seisukindlusega.

## **Kasutatud kirjandus**

- Duffus, C.M., Cochrane, M.P. 1992. Grain Structure and Composition. Barley: Genetics, Biochemistry, Molecular Biology and Biotechnology. – *Biotechnology in Agriculture*, No. 5, ed. Shewry, P., R., Oxford, C.A.B. International, pp. 291–317.
- Keppart, L. 2016. 2016. a vegetatsiooniperioodi lühike iseloomustus Jõgeval.  
<https://www.etki.ee/images/pdf/Ilm2016/2016Vegetatsiooniperiood.pdf> (11.01.2019)
- Keppart, L. 2017. 2017. a vegetatsiooniperioodi lühike iseloomustus Jõgeval.  
<https://www.etki.ee/images/pdf/Ilm2017/2017vegetatsiooniperiood.pdf> (11.01.2019)
- Keppart, L. 2018. 2018. a vegetatsiooniperioodi lühike iseloomustus Jõgeval.  
<https://www.etki.ee/images/pdf/Ilm2017/2018Vegetatsiooniperiood.pdf> (11.01.2019)

## **UUS KAERASORT 'KUSTA'**

**Ilmar Tamm, Ülle Tamm**

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Tamm, I., Tamm, Ü., 2019. The new oat variety Kusta. – Agronomy 2019.

*Oat acreage has increased in Estonia reaching 40 thousand hectares in 2018. About half of oat production acreage is covered by organic farms. There is need for the varieties suitable for conventional as well for organic farming. The new oat variety Kusta bred out in the Estonian Crop Research Institute was tested in conventional and organic trials during 2016–2018. The characteristics of Kusta were compared to 12 other oat varieties in conventional and 9 varieties in organic conditions. Grain yield, length of growing period, 1000 grain weight, volume weight, protein content, dehulling ability and resistance to crown rust was evaluated. Kusta showed good yield in both organic and conventional trials. It has short growing period, shorter than average plant height and good resistance to crown rust. Kusta has high 1000 grain weight, medium volume weight and protein content, good dehulling ability.*

**Keywords:** oat, variety, yield, quality

### **Sissejuhatus**

Kaera kasvupind on Eestis viimastel aastatel jõudsalt kasvanud, ulatudes 2018. a 40 tuhande hektarini (Põllukultuuride kasvupind..., 2018). Kaer sobib hästi maheviljelusse. Kaera toitainete (N, P, K) vajadus on väiksem kui nisul ja odral, seetõttu võib ta madalama mullaviljakuse korral anda suuremat saaki kui teised suviteraviljad (Burrows, 1986). Kaer surub hästi alla umbrohtusid ja on hea haiguskindlusega. Eestis moodustab kaer poole kogu mahetootmises kasvatatava teravilja kasvupinnast (Eesti põllumajandusmaast..., 2017). Heade saakide ja kvaliteetse vilja saamiseks on vaja meie tingimustes hästi kohastunud sorte, mis sobiksid kasvatamiseks nii mahe- kui ka tavaviljeluses. Eesti Taimekasvatuse Instituudis (ETKI) pööratakse kaerasortide aretamisel üha rohkem tähelepanu nende sobivusele erinevatesse viljelusviisidesse. 2017. a lõpus võeti sordilehte uus Eestis aretatud kaerasort 'Kusta'. ETKI Jõgeva põldkatsetes võrreldi 'Kusta' omadusi teiste kaerasortidega nii tava- kui ka mahetingimustes.

### **Metoodika ja katsetingimused**

Kaerasortide võrdluskatsed viidi läbi aastatel 2016–2018. Mahekatse külvati kolmes korduses randomiseeritult 5 m<sup>2</sup> lappidele. Külvisenorm oli 500 idanevat tera m<sup>-2</sup>. Eelviljaks oli kõigil katseaastatel punane ristik. Umbrohutõrjeks äestati katsepõldu enne tärkamist ja 3–4 lehe kasvufaasis. Tavakatse külvati sordid randomiseeritult kolmes korduses 9 m<sup>2</sup> katselappidele. Külvisenorm oli sarnaselt mahekatsega 500 idanevat tera m<sup>-2</sup>. Katsepõldu väetati külvieelselt kompleksväetisega koguses N<sub>70</sub> P<sub>15</sub> K<sub>29</sub> elementidena. Eelvili oli 2016. ja 2018. a suviraps,

2017. a kartul. Kasvuajal tehti umbrohutõrjet preparaatidega Ariane S (2 l ha<sup>-1</sup>) 2016. a ja Granstar Preemia (20 g ha<sup>-1</sup>) + Primus (80 ml ha<sup>-1</sup>) 2017. ning 2018. a. Viimasel katseaastal tehti kaera tavakatses ka lehetäide tõrjet insektsiidiga Proteus (0,6 l ha<sup>-1</sup>).

Mahekatses oli 9 ja tavakatses 12 sorti. Mahekatses olid lisaks sordile 'Kusta' veel teine Eesti kaerasort 'Kalle' ja Saksamaa sordid 'Ivory', 'Bison', 'Matty', 'Poseidon', 'Scorpion', 'Apollon' ning 'Symphony'. Tavakatses lisandusid eeltoodud sortidele Austria kaerasort 'Espresso', Rootsi sort 'Nike' ja Saksamaa sort 'Harmony'.

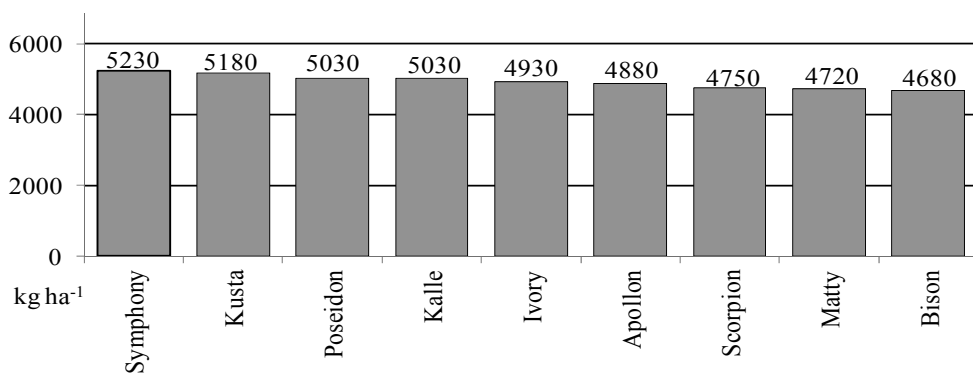
Katsetatud sortidel määrati terasaak, kasvuaeg, taime pikkus ja haiguskindlus. Tera kvaliteediomadustest määrati 1000 tera mass, mahumass ja terade proteiinisaldus. Mahekatses kasvanud viljast tehti Saksamaa toidulaboris koorimiskatsed.

## **Tulemused ja arutelu**

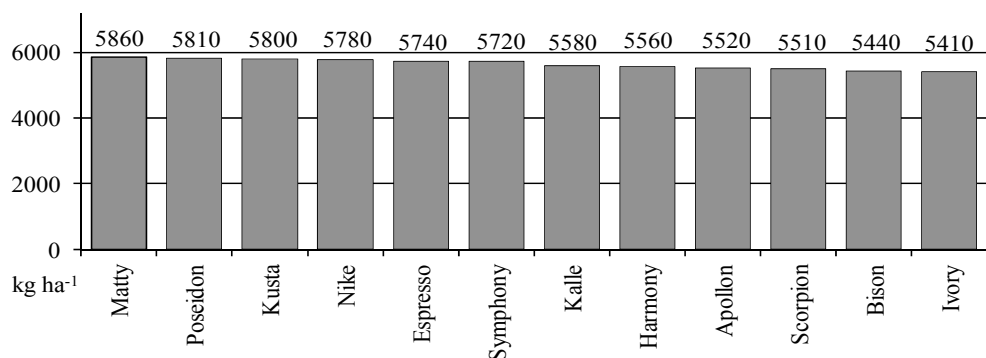
Kaerasortide terasaagid olid nii mahe- kui ka tavaviljeluse tingimustes heal tasemel, jäädes kolme aasta (2016–2018) keskmisena mahekatses vahemikku 4680–5230 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 1) ja tavakatses 5410–5860 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 2). Uus sort 'Kusta' oli kolme katseaasta keskmiste tulemuste põhjal mõlemas katses saagikamate sortide hulgas. Nii mahe- kui ka tavakatses näitas 'Kusta' teiste sortidega võrreldes paremaid tulemusi kaerale soodsate kasvutingimustega 2016. ja 2017. aastal. Põuasel 2018. a järjestus 'Kusta' sortide pingereas saagikusest tahapoole.

Kaerasortide kolme katseaasta keskmised kasvuajad olid nii mahe- kui ka tavakatses 94–98 päeva (tabelid 1 ja 2). 'Kusta' oli mõlemas katses kõige lühema kasvuajaga, valmides teistest sortidest 2–4 päeva varem. Taime pikkuseks mõndeti sordil 'Kusta' mahekatses 83 ja tavakatses 85 cm. Mahekatses oli 'Kusta' kõige lühema kõrrega sort, jäädest teistest katsetatud sortidest 2–13 cm lühemaks. Tavakatses oli vaid sort 'Nike' 2 cm lühem. Ülejäänud tavakatse sortidest oli 'Kusta' 5–18 cm lühema kõrrega.

Kaerasortide 1000 tera massid olid mahekatses 42,3–46,7 g ja tavakatses 36,7–46,3 g. 'Kusta' oli mõlemas katses üks suurema teraga sorte. Mahekatses oli tema 1000 tera mass 45,1 ja tavakatses 44,4 g. Sordist 'Kusta' suurema teraga olid mõlemas katses 'Ivory' ja 'Bison', tavakatses veel ka 'Harmony'. Kaerasortide mahumassid olid mahekatses 481–523 g l<sup>-1</sup> ja tavakatses 490–544 g l<sup>-1</sup>. Kõige suurema mahumassiga oli mõlemas katses Eesti sort 'Kalle'. 'Kusta' mahumass oli keskmisel tasemel. Tema mahumassid olid mahe- ja tavakatses vastavalt 497 ja 491 g l<sup>-1</sup>. Tera proteiinisaldused olid kaerasortidel mahekatses 10,4–11,4% ja tavakatses 10,5–11,2%. 'Kusta' terade proteiinisaldus jäi mõlemas katses keskmisele tasemele. Kooritud terade osakaal kaera terade koorimisel oli mahekatses 67,4–70,9%. Sordil 'Kusta' oli see kvaliteedinäitaja keskmisest mõnevõrra parem (69,2%).



**Joonis 1.** Kaerasortide keskmised terasaagid ( $PD_{95\%} = 356 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ETKI mahe-katses 2016.–2018. a



**Joonis 2.** Kaerasortide keskmised terasaagid ( $PD_{95\%} = 332 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ETKI tavakatses 2016.–2018. a

**Tabel 1.** Kaera sortide agronoomilised ja kvaliteediomadused ETKI mahe-katses 2016.–2018. a keskmistena

Sort	Kasvu-aeg päevi	Taime pikkus cm	1000 tera mass g	Mahu-mass g l <sup>-1</sup>	Proteiin %	Kooritud terade <sup>1</sup> %	Kroon-rooste 1–9 palli*
Kusta	94	83	45,1	491	10,7	69,2	3,1
Kalle	98	96	44,3	523	11,4	69,0	2,8
Ivory	96	90	46,7	498	11,3	68,4	3,9
Bison	97	85	46,1	503	11,0	68,0	4,5
Matty	98	87	42,3	482	10,4	69,2	4,4
Poseidon	98	91	42,6	481	10,5	67,4	3,3
Scorpion	98	91	42,6	484	10,6	69,4	3,3
Apollon	97	90	44,3	482	10,5	70,9	4,2
Symphony	98	92	43,1	488	10,6	68,9	3,6
PD <sub>95%</sub>	1	7	1,2	13	0,5		0,7

<sup>1</sup> – 2017.–2018. a keskmised

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

**Tabel 2.** Kaera sortide agronoomilised ja kvaliteediomadused ETKI tavakatses 2016.–2018. a keskmistena

Sort	Kasvu- aeg päevi	Taime pikkus cm	1000 tera mass g	Mahu- mass g l <sup>-1</sup>	Proteiin %	Kroon- rooste 1–9 palli*
Kusta	94	85	44,4	497	10,8	2,0
Kalle	98	103	43,7	544	11,2	1,1
Ivory	96	90	46,2	495	11,1	1,5
Bison	97	94	45,9	519	10,7	2,3
Matty	97	92	41,7	515	10,7	2,8
Poseidon	97	87	41,7	490	10,5	2,2
Scorpion	98	91	38,9	502	10,6	3,0
Apollon	97	95	43,5	502	10,6	2,8
Symphony	98	92	42,3	505	10,9	2,1
Nike	98	83	36,7	506	10,6	2,1
Espresso	96	93	37,2	516	11,0	1,9
Harmony	97	93	46,3	503	10,7	2,6
PD <sub>95%</sub>	1	6	1,1	11	0,4	0,8

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

Taimahaigusi esines katseperioodil mõlemas katses vähe. Kõige levinumasse kaera haigusesse, kroonroostesse, nakatusid kaerasordid mahekatses 2,8–4,5 palli ja tavakatses 1,1–3,0 palli ulatuses 1–9 pallisel skaalal, kus 1 tähistas haiguse puudumist, 9 väga tugevat nakatumist. ‘Kusta’ oli kroonrooste suhteliselt hea vastupidavusega, nakatudes mahekatses 3,1 ja tavakatses 2,0 palli ulatuses.

### Kokkuvõte

Uus Eesti kaerasort ‘Kusta’ oli hea terasaagiga nii mahe- kui ka tavakatses, andes paremaid tulemusi soodsates kasvutingimustes. Sort on lühikese kasvuaja ja keskmisest lühema kõrrega. ‘Kusta’ on suure teraga, tema mahumass ja proteiinisaldus ei ületa keskmist taset. Mahetingimustes kasvanud vilja koorimise testid näitasid ‘Kusta’ head koorumist. ‘Kusta’ on hea vastupidavusega kaera kroonrooste.

### Kasutatud kirjandus

Burrows, V. D., 1986. Breeding Oats for Food and Feed: Conventional and New Techniques and materials. – *Oats: Chemistry and Technology*. Ed. Webster, F. H. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, pp. 13–46.

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

Põllukultuuride kasvupind, aasta. Statistikaamet <https://www.stat.ee/34222> (11.01.2019)

## **TALINISU SAAK, VÕRSUMISVÕIME, TERA SUURUS, PEENTERA OSAKAAL JA PROTEIINI SISALDUS OLENEVALT KÜLVISENORMIST JA AASTAST**

**Reine Koppel, Mati Koppel**

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Koppel, R., Koppel, M. 2019. Yield, tillering ability, thousand kernel weight, percentages of small seeds and protein content of winter wheat depending on the sowing rate and year. – *Agronomy 2019*.

*Recommendations for wheat sowing rate (SR) in Estonian conditions have been 400–550 seeds per sq m. But also smaller sowing rates have been tested by farmers according to recommendations from other countries. Is there possible to cultivate winter wheat using reduced sowing rate in Estonian conditions?*

*Two different sowing rates 250 and 400 germinated seeds per sq m (SR250 and SR400 accordingly) were tested in Estonian Crop Research Institute in 2015–2018. The yield of reduced SR250 was 97–105% compared with SR400 in years with favourable weather conditions. When the sowing time was late or vegetation period hot or dry, the SR250 had considerably lower yield. The 1000 kernel weight was higher and the proportion of small kernels (< 2,2 mm) bigger of the yield of SR250 in three years out of four. Protein content was higher at reduced sowing rate. Varieties Ada, Ruske, Fredis, and Kallas had better tillering ability. Good tillering ability had no correlation to higher yield.*

**Keywords:** *winter wheat, sowing rate, yield, tillering ability, kernel size, protein content*

### **Sissejuhatus**

Talinisu kasvupind on Eestis pidevalt suurenenud. Viimasel viiel aastal on selle kultuuri all olnud 75–102 tuh ha ([www.stat.ee](http://www.stat.ee)). Talinisu on teraviljadest olnud üks kõige suurema saagipotentsiaaliga kultuure ja vaadates Eesti talinisu keskmist saagikust, on see olnud viimasel viiel aastal 3,4–5,3 t ha<sup>-1</sup> ([www.stat.ee](http://www.stat.ee)). Kuigi talinisu kasvatamise põhitõdesid Eesti tingimustes on juba pikalt uuritud, tuleb seoses kasvatustehnoloogia ja sortide uuenemisega aeg-ajalt mõned seisu- kohad üle vaadata.

1986. a väljaantud taimakasvatuseõpik (Reimets, 1986) soovib taliteraviljadel külvisenormi 500–550 idanevat tera ruutmeetrile. Kuid sordid ja kasvatustehnoloogiad on pidevas muutumises ning uutele sortidele sobilikud külvisenormid tuleks sortide aretajatel ja esindajatel katsetega välja selgitada. Praegusel ajal on soovitatud väiksemaid külvisenorme ning näiteks riikliku majanduskatse metoodika näeb talinisuks ette külvisenormi 400 idanevat tera ruutmeetrile. Scandagra spetsialistid annavad soovitusel külvata talinisu 400–500 idanevat tera ruutmeetrile (Annuk, 2017). Baltic Agro annab oma esindatavate sortide kasvatuse nõuannetes soovitatud külvisenormiks talinisuks 420–450 tera ruutmeetrile

(www.balticagro.ee). Teraviljade külvitehnoloogiat pikaajaliselt uurinud ETKI teadur Peeter Viil soovib talinisu varajasema külvi puhul külvisenormi vähendada ja normaalsest hilisema külviaja puhul suurendada (Viil, 2008).

Peale idanemise ja tärkamise faasi saabub teraviljadel võrsumisfaas, mil taimedel moodustuvad võrsumissõlmest külgvõrsed ja lisajuured. Talinisu võrsub 3. lehe ilmumise perioodil, juured tekivad 4.–5. lehe ilmumisel. Võrsumise lõpuks võib taimel olla ühest seemnest moodustunud mitu ja väga soodsates tingimustes isegi mitukümmend võrset. Võrsumine oleneb kasvutingimustest – mulla niiskusest ja temperatuurist. Kuigi võrsumine algab juba ligi 5 kraadise temperatuuri juures, soodustab võrsumist mõõdukalt soe ilm, mil temperatuur on 10–15 °C (Tääger, 1964). Kui temperatuur on kõrge, arenevad taimed kiiremini ja võrsumiseks jääb liiga lühike aeg ning võrsete arv jääb väikeseks. Võrseid, mis annavad valminud teri, nimetatakse produktiivvõrseteks (Reimets, 1986). Talinisu vajab vegetatiivsest võrsumisfaasist generatiivsesse faasi ehk pea alge moodustumiseks vernalisatsiooni läbimist. See toimub Eesti tingimuses talvitumise vältel. Kõik kõrvalvõrsed, mis moodustuvad peale generatiivse faasi saabumist, jäävad mitteproduktiivseks (Conley, 2009).

Eesti Taimikasvatuse Instituudi (ETKI) Jõgeva Sordiaaretuse osakonnas on talinisu aretuse katsepõldudel mitmel aastal uuritud aretusmaterjali ja mõnede levinud sortide agronoomilisi ja majanduslikke omadusi väiksema külvisenormi kasutamisel. Tuvastamaks erinevate genotüüpide võrsumisvõimet, oleme kasutanud tavapärasest külvisenormi ja rõhutatult väikest külvisenormi, et taime võrsumispotentsiaal esile tulla saaks.

Eestis on viljakasvatavad proovinud ka tavapärasemast laiema reavahega külvi. Kuid vähe on uuritud sellise tehnoloogia puhul kasutatavaid külvisenorme ja kuidas need mõjutavad saaki ning kvaliteeti.

## **Metoodika ja katsematerjal**

ETKI Jõgeva Sordiaaretuse osakonna talinisu külvisenormi katses olid normid 400 idanevat tera ruutmeetrile (KN 400) ja 250 idanevat tera ruutmeetrile (KN 250). Külviridade vahelaisus oli 12,5 cm. Saagiandmete, 1000 tera massi, peentera protsendi (2,2 mm sõela alune) ja proteiinisalduse võrdluse aluseks on erinevatel aastatel (2015–2018) KN 400 ja KN 250 katses olnud kõikide sortide ja aretiste keskmine väärtus. Katsed olid erinevatel aastatel 5–9 ruutmeetristel lappidel ja 3–4 korduses. Saagiandmed on sorteeritud viljast ja arvutatud 14% niiskusesisaldusele. Produktiivvõrsete arv leiti katselappide igast kordusest juhuslikult võetud 10 taime analüüsi ja mõõtmiste kaudu. 2014., 2015., 2016. a oli külviaeg 8–12 september. 2017. a sai pidevate vihmasadude tõttu katsed külvata alles 23. septembril. Kõigil aastatel kasutati künnipõhist maaharimist. Külvieelse põhiväetamisega anti lämmastikku N 21 kg ha<sup>-1</sup>. Kevadine väetis anti kahel korral pealtväetamisega N 80–87 kg ha<sup>-1</sup> + N 40–50 kg ha<sup>-1</sup>.



**Katseaastate ilmastik.** 2014/2015 a talvekahjustust ei olnud, kevad oli niiske ja jahe – toimus aktiivne võrsumine ja jahedad ilmad lasksid taimedel aeglaselt areneda ning lõid eeldused suureks saagiks. 2015/2016 a esines talvekahjustusi, kevadine võrsumisperiood oli põuane. Ilmastikutingimused kevadist võrsumist ei soosinud, kuid talvekahjustusest välja tulevad taimed hakkasid võrsuma hiljem ning moodustus rohkelt hilisvõrseid, mis koristusperioodiks ei valminud. 2016/2017 a talvekahjustusi ei esinenud, hea võrsumine oli nii sügisel kui ka kevadel. Jahe kevad 2017. a soodustas taimede vegetatiivset kasvu. 2017/2018 a külv oli eriti hiline – 23. septembril. Muld oli väga märg. Sügisel ei saanud taimed korralikult võrsuda. 2018. a aprillis olid talinisul suhteliselt head võrsumise võimalused, kuid maikuu oli kuiv ja kuum. Peaalgete loomise ja terade täitumise periood oli kuiv ning kuum.

2015. ja 2018. a olid vastandlike ilmastiku oludega ja seepärast on artiklis neil aastail saadud andmeid detailsemalt analüüsitud. 2015. aastal analüüsiti kolmeteistkümne ja 2018. a kahteistkümne sordi ja aretise saaki ning produktiivvõrsete arvu taimel. 2016. ja 2017. aasta tulemusi artiklis sortide kaupa ei analüüsita, esitatakse kõikide sortide ja aretiste keskmised andmed.

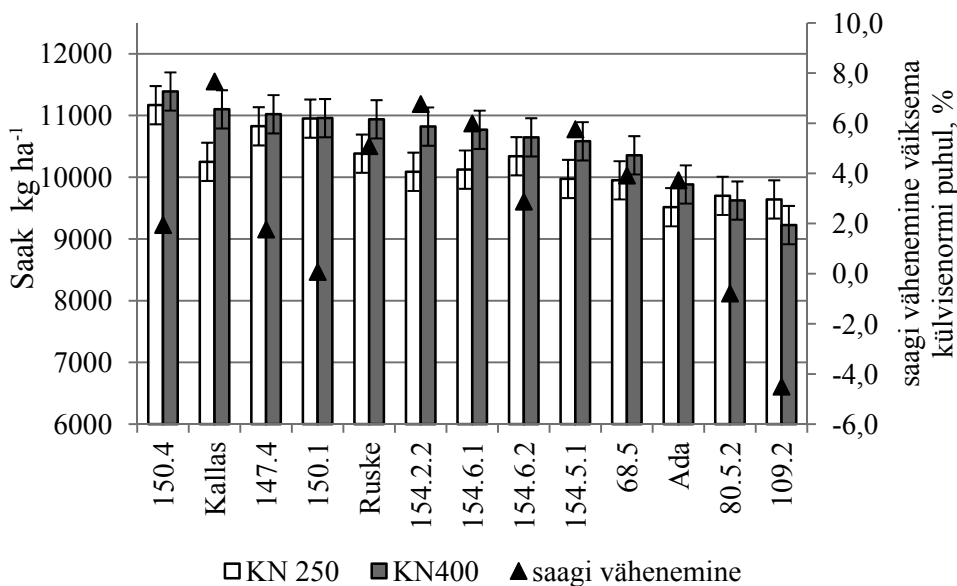
## Tulemused ja arutelu

**Saak.** 2015. aastal oli KN 400 puhul genotüüpide keskmine saak 10,6 t ha<sup>-1</sup> ja KN 250 puhul 10,2 t ha<sup>-1</sup> (tabel 1). Seega moodustas vähendatud külvisenormi puhul keskmine saak 96% täiskülvisenormi saagist. Joonisel 1 on näha, et mõne genotüübi puhul ületas KN 250 variandi saak KN 400 saaki.

**Tabel 1.** Katses olnud genotüüpide keskmised andmed erinevate külvisenormide kasutamisel ETKI Jõgeva katses 2015.–2018. a

	Külvisenorm	2015	2016	2017	2018	Keskmine
Saak, t ha <sup>-1</sup>	KN 250	10,2	3,8	9,1	3,4	6,6
	KN 400	10,6	6,1	8,7	5,6	7,8
Produktiivvõrsed	KN 250	3,4	2,2	3,9	2,6	3,0
	KN 400	2,3	1,7	2,8	2,6	2,3
1000 tera mass, g	KN 250	48,1	43,9	43,3	47,8	45,8
	KN 400	47,3	44,9	41,6	46,2	45,0
Proteiini sisaldus, %	KN 250	12,3	15,4	12,5	13,2	13,4
	KN 400	11,1	14,8	11,8	12,4	12,5
Peentera, %	KN 250	6,6	14,5	3,0	8,1	8,1
	KN 400	4,5	9,9	1,0	8,3	5,9

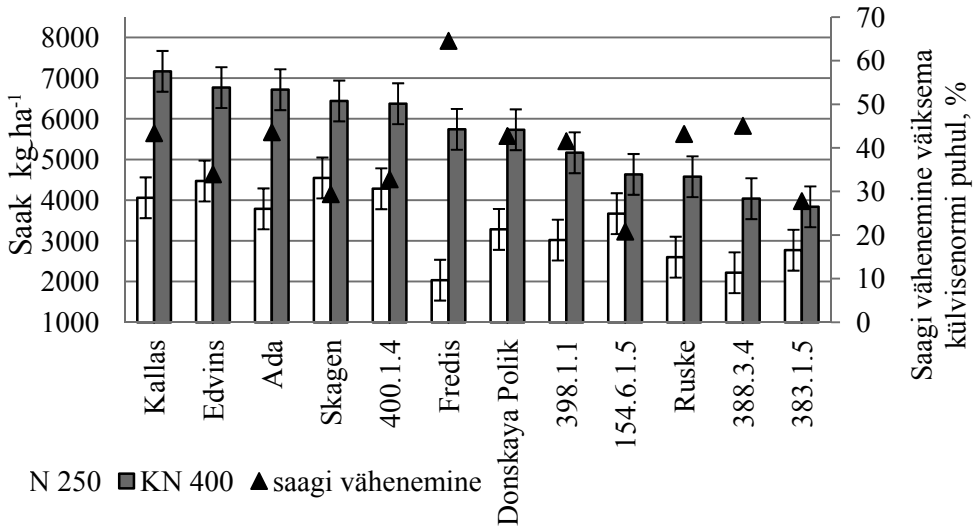
Joonisel 1 on toodud ka saagi vähenemine KN 250 variandis võrreldes saagiga KN 400 variandis. Teistest veidi rohkem vähenes sordi 'Kallas' saak (8%). Kolmel põhivõrdluse aretsel oli aga saak KN 250 variandis kas võrdne või suurem kui KN 400 variandis. 2017. a, mil olid soodsad tingimused talinisu saagi kujunemiseks, oli vähendatud külvisenormi saak tavanormist isegi suurem – 105%.



**Joonis 1.** 2015. a saak (kg ha<sup>-1</sup>) erinevate külvisenormide (KN 250 ja KN 400) puhul ja saagi vähenemine väiksema külvisenormi kasutamisel. I – piirdiferents

2016. a moodustas vähendatud külvisenormiga külvatud sortide keskmine saak 62% ja 2018. aastal 61% täiskülvisenormi saagi tasemest. Eelnimetatud aastate ühiseks omaduseks oli kasvuperioodi alguses esinenud põud ja 2018. a eripäraks oli katse liiga hiline külviaeg – 23. septembril 2017. Normaalne talinisu külviaeg oleks Eesti tingimustes septembri esimesed kümme päeva. Hiljaks jääva talinisu külvi puhul ei ole väiksem külvisenorm soovitatud. Kuna hilisele ja ebasoodsale külviajale järgnes kevadel erakordselt põuane kasvuperiood, siis oligi 2018. a KN 250 puhul saagikus oluliselt väiksem kui KN 400 puhul – genotüüpide keskmine saagikus vastavalt 3,4 ja 5,6 t ha<sup>-1</sup>. Sortidest oli KN 400 puhul parima saagiga ‘Kallas’, ‘Edvins’, ‘Ada’ ja ‘Skagen’ (joonis 2). Külvisenormi vähendamisele reageerisid sordid saagi vähenemisega erinevalt. Kõige rohkem vähenes saak 2018. a KN 250 puhul sordil ‘Fredis’ – 65%. Kõige vähem reageeris külvisenormi vähendamisele perspektiivne aretis 154.6.1.5 – 21%, laiemalt levinud sortidest ‘Skagen’ – 29%. Teiste genotüüpide saagid vähenesid vahemikus 28–45%. Nelja aasta keskmisena moodustas vähendatud külvisenorm KN 250 soovituslikust KN 400 tasemest 85%. Kui aastate lõikes tulemusi analüüsid on näha, et heade ilmastikutingimustega kõrge saagi aastatel annab vähendatud külvisenorm tavapärase külvisenormiga KN 400 võrdse või isegi suurema saagi, siis kehvamate kasvuoludega aastatel jääb saak siiski palju väiksemaks.

ETKI-s korraldati 2015. ja 2016. a ka teine talinisu katse erinevate külvisenormide (200–600 idanevat tera ruutmeetril) ning reavahedega (12,5–37,5 cm) (Koppel, 2017), edaspidi nimetatud “reavahe katse”. Selle katse tulemuste põhjal



**Joonis 2.** 2018. a saak (kg ha<sup>-1</sup>) erinevate külvisenormide (KN 250 ja KN 400) puhul ja saagi vähenemine väiksema külvisenormi kasutamisel. I – piirdiferents

jäi põuasel 2016. a vähendatud külvisenormi saak oluliselt väiksemaks kui tihedama külvi puhul. Saagid varieerusid vahemikus 1,6–5,6 t ha<sup>-1</sup>. Heade kasvuoludega 2015. a oli küll kõige kõrgem saak KN 600 puhul reavahel 12,5 cm (7,7 t ha<sup>-1</sup>), kuid erinevate reavahede ja külvisenormide saagi andmed varieerusid maksimaalsest tulemustest 1 t ha<sup>-1</sup> või väiksemas ulatuses (saagid erinevate variantide puhul vahemikus 6,8–7,5 t ha<sup>-1</sup>).

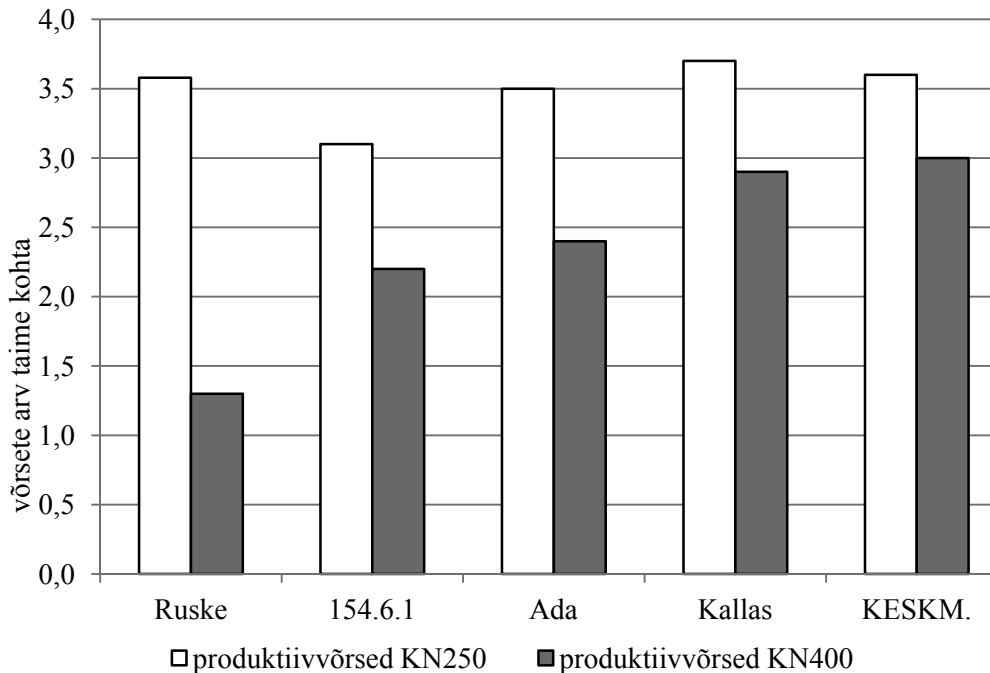
**Produktiivvõrsed.** Tabelis 1 on esitatud 2015–2018. a katses olnud genotüüpide keskmine produktiivvõrsete arv taime kohta KN 250 ja KN 400 puhul. Nelja aasta keskmisena oli KN 400 puhul talinisul 2,3 ja KN 250 puhul 3,0 produktiivvõrset taime kohta. Kuid hea saagitasemega aastatel, mil oli ka hea võrsumine (2015 ja 2017), oli KN 250 puhul 1,1 produktiivvõrset taime kohta rohkem kui KN 400 puhul. 2016. a oli hõredama külvi puhul taimel 0,5 produktiivvõrset taime kohta rohkem. 2018. a oli võrsete arv mõlemas variandis sarnane. Hõredama külvi võrsumispotentsiaali realiseerumata jäämise põhjuseks olid liiga lühike ja ebasobiv võrsumisaeg 2017. a külvi järgselt (hiline külvi ja üliniiske muld) ning taimede liiga kiire areng kevadel.

2015. a võrreldi nelja sordi produktiivvõrsete arvu. KN 400 variandis oli kõige rohkem produktiivvõrseid sordil ‘Kallas’ (3,7) ja kõige vähem sordil ‘Ruske’ (1,3) (joonis 3). Vähendatud külvisenormis võrsusid aga kõik sordid sel aastal väga hästi – kolmel sordil neljast oli produktiivvõrsete arv taime kohta 3,5 või rohkem. Perspektiivne aretis 154.6.1.5 oli küll hea võrsumisega KN 400 variandis, kuid KN 250 puhul võrsumine nii palju kui teistel sortidel ei suurenenud. Kuigi produktiivvõrsumine suurenes hõredama külvi puhul, siis saagi suurenemist see 2015. a kaasa ei toonud ühelgi analüüsis kasutatud genotüübil. Saak vähenes hõredama külvi puhul 3,7–7,7%.

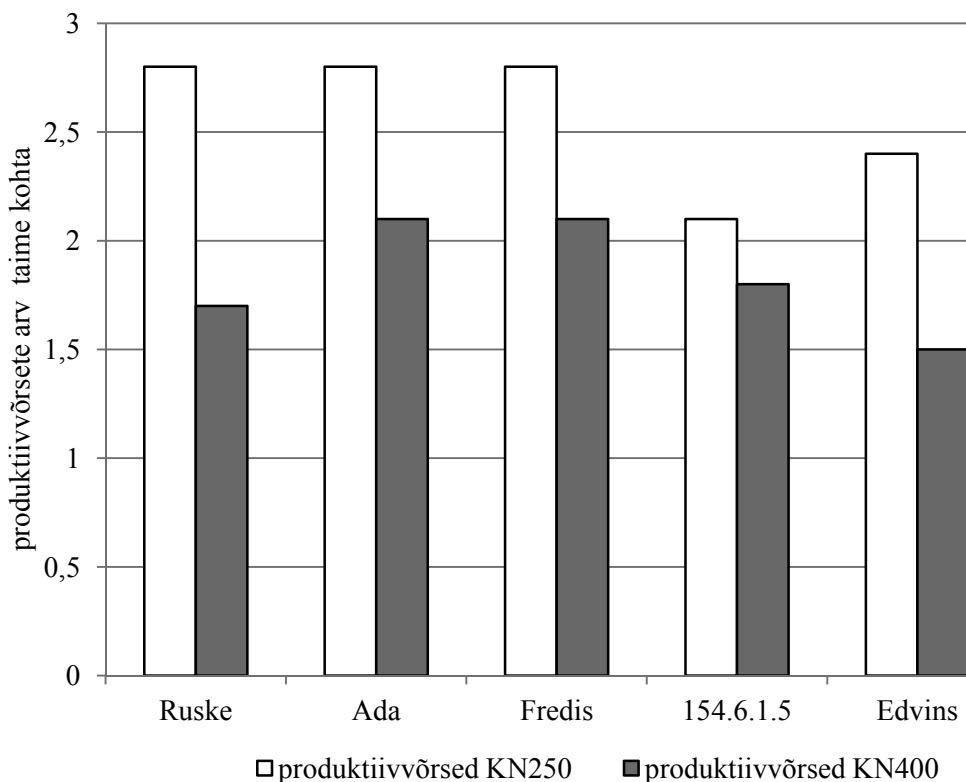
2018. a oli KN 400 variandis parem võrsumine sortidel 'Fredis' ja 'Ada' (2,1 produktiivvõrset) (joonis 4). KN 250 variandis oli parem võrsumine sortidel 'Ruske', 'Ada' ja 'Fredis'. Perspektiivne aretis 154.6.1.5 võrsus sarnaselt 2015. aastaga väiksema külvisenormi puhul teistest sortidest vähem. Kuigi 'Fredis', 'Ada' ja 'Ruske' võrsusid 2018. a teistest sortidest rohkem KN 250 variandis, oli neil võrreldes sordiga 'Edvins' ja aretise 154.6.1.5 saagiga suurem saagilangus väiksema külvisenormi variandis. Siit saab järeldada, et hea võrsumisvõime väiksema külvisenormi puhul ei pruugi kompenseerida teistest saagistruktuuri elementidest (pea pikkus ja tihedus, tera suurus jms) põhjustatud väiksemat saaki.

**1000 tera mass.** Kolmel aastal neljast oli sortide keskmisena tera suurem KN 250 puhul, suurim oli tera suuruse vahe 2017. a (1,7 g). 2016. a oli mõlemas variandis genotüüpide keskmine tera suurus sarnane. Laia reavahe katse andmetel 2015. a külvirea laiusel ja külvisenormil tera suurusele mõju ei olnud, 2016. a oli hõredama külvi korral 1000 tera mass väiksem (Koppel, 2017).

**Peentera protsent.** Väiksema külvisenormi puhul oli kolmel aastal neljast peentera osakaal saagis suurem. Eriti suur oli vahe 2016. a, mil kevad oli põuane ning hilisemad vihmad soodustasid nisul kõrvalvõrsete teket, mis jäid kas peenikese teraga või ei jõudnud koristusajaks valmida. M. Koppeli (2017) andmetel oli laiema reavahega külvi puhul peentera osakaal 2015. a väiksem, kuid 2016. a oli tulemus vastupidine.



Joonis 3. Produktiivvõrsete arv taime kohta 2015. a



**Joonis 4.** Produktiivvõrsete arv taime kohta 2018. a

**Proteiini sisaldus** oli kõigil aastatel suurem KN 250 variandis. Nelja aasta keskmisena oli proteiinisaldus KN 250 variandis 13,4% ja KN 400 variandis 12,5%. Eriti suur oli vahe suure saagi moodustamiseks väga heal 2015. aastal, mil KN 250 puhul oli proteiinisaldus 1,2 protsendiühikut suurem. Teistel aastatel jäi suurenemine vahemikku 0,6–0,8 protsendiühikut. Proteiinisalduse suurenemist hõredamas külvis täheldati ka laia reavahe katses.

### Kokkuvõte

Taimede arenguks soodsatel ja kõrge saagitasemega aastatel võrsus talinisu väiksema külvisenormiga variantides väga hästi ning ka saagi tasemed olid erinevates külvisenormi variantides sarnased. Põuasel aastal või liiga hilise külvi korral moodustas väiksema külvisenormiga külvatud variant keskmiselt 59% täiskülvisenormiga variandi saagist. Sortide võrsumisvõime oli erinev, kuid hea võrsumisvõimega sortidel ei pruukinud olla väga hea saak. Suur saak võib tuleneda teistest saagistruktuuri elementidest, näiteks pea pikkusest, pea tihedusest, pähkute ja terade arvust peas ning terade massist. Katsete saagi analüüsist järeldub, et Eesti tingimustes ei ole väikeste külvisenormide kasutamine alati mõttekas, kuna

võrsumisvõime ja saagikus sõltub väga palju kasvuaasta ilmastikust. Kindlasti tuleks külvisenormi suurendada optimaalsest ajast (talinisu puhul septembri esimene pool) hilisema külvi puhul.

### **Kasutatud kirjandus**

Annuk, T. 2017. Põlluinfo 2017. Nädal 36.

<https://scandagra.ee/polluinfo-2017/nadal-36/> (07.01.2019)

Baltic Agro. Taliteravilja seemned.

<http://balticagro.ee/seemned/taliteravili> (07.01.2019)

Conley, S.P. 2009. Understanding Wheat Growth and Development. [http://coolbean.info/pdf/small\\_grains/early\\_season/Understanding\\_Wheat\\_Growth\\_and\\_Development.pdf](http://coolbean.info/pdf/small_grains/early_season/Understanding_Wheat_Growth_and_Development.pdf) (05.01.2019)

Koppel, M. 2017. Talinisu laia reavahega kasvatamise kogemused. Ettekanne konverentsil „Taimikasvatus 2017”

<http://taim.etki.ee/taim/public/pdf/Ettekanded/29.03.M.Koppel.pdf> (05.01.2019)

PM03 Põllukultuuride kasvupind. <http://stat.ee> (13.01.2019)

PM041 Põllukultuuride saagikus. <http://stat.ee> (13.01.2019)

Reimets, E. 1986. Tera ja kaunviljad. – *Taimikasvatus*. (koost.) E. Reimets. Tallinn, lk. 20–144.

Tääger, A. 1964. Kõrreliste teraviljade kasvamine ja arenemine. – *Taimikasvatus*. (koost.) A. Tääger. Tallinn, lk. 54–62.

Viil, P. 2008. Talikultuuride agrotehnikast. – *Maaleht*. 15.05.2008 <http://maaleht.delfi.ee/news/maamajandus/uudised/talikultuuride-agrotehnikast?id=23960529> (07.01.2019)

## **TALIRUKKI JA KAERA SORTIDE SEGUKÜLVID**

**I. Tupits, I. Tamm**

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Tupits, I., Tamm, I. 2019. Winter rye and oat variety mixture stands. – *Agronomy 2019*.

*Winter rye and oat grow well in areas with low soil fertility; they possess a longer stem and wider leaves, which force weeds down, while the deep root system allows them to draw nutrients and water from the deeper soil layers. Both cereals provide good yields even at moderate temperatures. Modern widespread agricultural practices favour cereal production in pure stands, however more recently popularisation of variety mixtures has started with the aim of avoiding yield and quality drops when growing food and feed crop on less fertile soils or under unstable climatic conditions. The comparison test of varieties and variety mixtures of winter rye and oat was the first of its kind in Estonia and was carried out on the test fields of the Estonian Crop Research Institute. The winter rye tests compared the yield and crop quality of the Estonian variety Elvi, the Polish variety Dankowskie Amber, the Austrian variety Schlägler, and a mixture of the aforementioned varieties. To the oat tests the Estonian variety Kalle, the Czech varieties Atego and Korok, and a mixture of the varieties were included. The tests encompassed three fertilization schemes: unfertilised control plot (N0), 50 kg nitrogen per hectare (N50), and the highest background (N100) – 100 kg N ha<sup>-1</sup>. The yield and yield quality of both cereals formed in the course of the vegetation period and were dependent on the variety, availability and accessibility of nutrients under the weather conditions of the growth period. The average yield of pure winter rye stands remained below the yield of the mixed variety stand. In the case of oat, the mixed stand also exceeded the average yield of the pure stand. Average hectolitre weight and thousand-kernel weight of the three pure stands equalled the relevant values of the mixed stand.*

**Keywords:** winter rye, oat, variety mixture stand, quality

### **Sissejuhatus**

Kaera ja rukist kasvatatakse maailmas võrreldes nisu või odraga marginaalsetes kogustes ([www.millermagazine.com](http://www.millermagazine.com)). Talirukis ja kaer kasvavad hästi madalama mullaviljakusega aladel. Teiste teraviljadega võrreldes on neil pikem kõrs ja laiad lehed, mis suruvad umbrohud alarindesse ning sügavamale tungiv juurestik võimaldab toitaineid ja vett kätte saada alumistest mullakihtidest. Mõlemad kultuurid on saagikad ka mõõdukamates temperatuuritingimustes (Bus-huk, 1976; Forsberg ja Reeves, 1995). Talirukis sisaldab inimestele ja loomadele kergesti omastatavaid kõrge väärtusega kiudained ja antioksidante, liitsuhkruid, proteiini, vitamiine ja mineraale (Weipert, 1995; Åman jt, 2010; Dvořakova jt, 2012), seetõttu on rukkijahu toodete tarbimine tervislik (Brümmer, 2006).

Kaer sisaldab inimorganismile hästi omastatavaid vitamiine, mineraale, proteiini, tärklisi ja  $\beta$ -glükaani. Kaera populaarsus toiduviljana on tingitud tema terade proteiini ja rasva kõrgest kvaliteedist ning lahustuvate kiudainete sisaldusest (Ranhotra ja Gelroth, 1995). Viimased alandavad vere kolesteroolisisaldust,

aitavad reguleerida vere suhkrusisaldust, soodustavad kehamassi ja ainevahetuse normaliseerumist (Geiger ja Ink, 1996; Peterson, 2004). Peale selle sisaldab kaer olulisel hulgal erinevaid mineraale, nagu fosfor, tsink, magneesium, raud, vask ja vitamiin B1 (tiamiin), B3 (niatsiin), B9 (foolhape) (Welch, 1995).

Kaasajal levinud põllumajandustava soodustab teraviljade kasvatamist puhaskultuurina. Siiski on hakatud propageerima ka sortide segusid, vältimaks saagikadusid ja kvaliteedi langust vähem viljakatel muldadel või ebastabiilsetes kliimatingimustes toidu- ja söödavilja kasvatamisel (Ločmele jt, 2016). Paljude teadlaste uurimuste kohaselt soodustab bioloogiline mitmekesisus põllukultuuride saagi ja saagi kvaliteedi stabiilsust (Tracy ja Sanderson, 2004; Frankow-Lindberg jt, 2009). Teraviljasortide segus kasvatamise tulemusena saagikus stabiilsus, sest taimehaiguste levik pidurdus ja toitainete kasutamine paranes (Newton ja Swanston, 1999; Finckh jt, 2000). Teraviljasortide segude mõiste võeti kasutusele eelmise sajandi kaheksakümnendate aastate keskpaiku (Wolfe, 1985). Sortidel, millest segud moodustatakse, peavad olema head agronoomilised omadused, erinev vastupanuvõime taimehaigustele ja -kahjuritele ning looduslikele eripäradele (Finckh jt, 2000; Mundt, 2002).

Teravilja erinevatest sortidest moodustatud segudega läbiviidud katsed tõestasid, et segude saagid olid stabiilsemad kui puhaskülvidel ning tunduvalt vähenes pestitsiidide kasutamise vajadus (Smithson ja Lenne', 1996). Segukülvide saak ületas paljude katseandmete põhjal puhaskülvide keskmisi saake (Finckh jt, 2000; Newton ja Guy, 2009). Sortide segude eelis puhaskülvide ees ilmnes, kui sordid olid erinevad ja nende omadused täiendasid üksteist (Schöb jt, 2015).

Talirukki ja kaera sortide ja sortide segude võrdluskatse oli Eestis esmakordne ja rajati Eesti Taimikasvatuse Instituudi katsepõldudele. Katse oli osa 2013–2018 aastatel Euroopa Liidu 7. raamprogrammist rahastatavast rahvusvahelisest projektist, mille lühipealkiri oli “Tervislikud vähemlevinud teraviljad” (“*Healthy minor cereals*”).

## Materjal ja meetoodika

Talirukki ja kaera sortide ja sortide segu ning väetamise katse viidi läbi aastatel 2015/2016 ja 2016/2017. Sortide valikul katsetesse lähtuti põhimõttest, et nende agronoomilised omadused ja haiguskindlus oleks erinevad. Talirukki ja kaera sortide segude moodustamisel lähtuti sortide tuhande tera massist ja külvisenormist. Talirukki katse külvati 2015. ja 2016. aasta septembri esimestel päevadel. Võrreldi Eesti sordi ‘Elvi’, Poola sordi ‘Dankowskie Amber’, Austria sordi ‘Schlägler’ ning nimetatud sortide baasil koostatud segu saagikust, mahu-massi (MM) ja 1000 tera massi (TTM). Kaera katsed külvati 2016. ja 2017. aasta kevadel. Katsesse külvati Eesti sort ‘Kalle’, Tšehhi sordid ‘Atego’ ja ‘Korok’ ning nimetatud sortide segu. Mõlema kultuuri katses oli neli kordust ja katselapi



suurus 10 m<sup>2</sup> ning ruutmeetritele külvati 500 idanevat tera. Sordid paiknesid katses randomiseeritud. Katses oli kolm väetusvarianti: väetamata ehk kontroll (N0), 50 kg lämmastikku hektarile (N50) ja kõrgeim foon ehk 100 kg N ha<sup>-1</sup> (N100). Taimehaigusi ja -kahjureid ei tõrjutud.

Katseala mulda analüüsiti Põllumajandusuuringute Keskuse laboratooriumis. Analüüsides järgi oli saviliivmulla pH<sub>KCl</sub> 6,0, P 152 mg kg<sup>-1</sup> ja K 212 mg kg<sup>-1</sup> ning N 0,14%. Teisi elemente oli mullas järgmiselt: Ca 1617 mg kg<sup>-1</sup>, Mg 77 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 1,1 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 116 mg kg<sup>-1</sup>, B 0,73 mg kg<sup>-1</sup>. Mulla analüüsimiseks kasutati järgmisi meetodeid: pH – ISO 10390 (International Standard, 2005); P, K, Ca, Mg, Cu, Mn – Mehlich III (Mehlich, 1984); B – Berger&Truorg method (Berger ja Truorg, 1939); N – ISO 11261 (International Standard, 1995).

Talirukki külvi eel 2015. a väetati katsepõldu põhiväetisega N<sub>7</sub> P<sub>12</sub> K<sub>25</sub> 300 kg ha<sup>-1</sup>, 2016. a N<sub>9</sub> P<sub>12</sub> K<sub>25</sub> 250 kg ha<sup>-1</sup>. Mõlema katseaasta külvide eelviili oli põldhernes, mille mass purustati ja künti mulda kolm nädalat enne talirukki külvi. Katseaastate sügisel tõrjuti umbrohtusid preparaadiga Boxer 800EC kulunormiga 2,5 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett esimesel aastal ja järgmisel aastal preparaadiga Komplet kulunormiga 0,5 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett. 2016. a kevadel tõrjuti täiendavalt umbrohtu preparaadiga Atlantis kulunormiga 0,9 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett. 2017. a kevadel katsepõld täiendavat umbrohtu tõrjet ei vajanud. Talirukist väetati ammoniumlämmastikuga kevadel pärast vegetatsiooniperioodi algust.

Kaera katselappe väetati nii 2016. kui ka 2017. a külvi eel kompleksväetisega N<sub>70</sub> P<sub>20</sub> K<sub>37</sub> S<sub>12</sub> elementidena. 2016. a katsepõllu eelviili oli talirüps ja 2017. a kartul. Umbrohtusid tõrjuti esimesel aastal preparaadiga Ariane S kulunormiga 2 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett ja järgmisel aastal preparaatide seguga Granstar Premia kulunormiga 20 g ha<sup>-1</sup> + Primus 80 ml ha<sup>-1</sup> + 200 l vett.

Katsed koristati lapi kaupa, kuivatati ja sorteerimise järel saagid kaaluti ning tulemused arvutati ümber 14% niiskusesisaldusele. Mahumassi ja tuhande tera massi määramiseks võeti igast saagikotist proovid. Katseandmed analüüsiti statistikaprogrammi Agrobases (Agrobases™ 20, 1999) abil. Saagiandmete piirdiferentsid arvutati 95% (PD<sub>0,05</sub>) tõenäosuse juures.

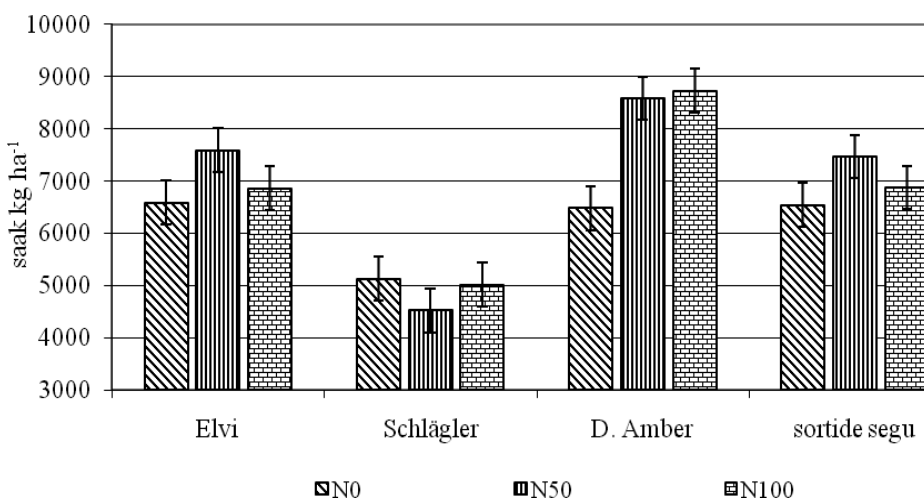
Talirukki 2015. a sügise kasvuperiood oli paljude aastate keskmisele (PAK) lähedase efektiivse soojuse (250 kraadi) ja 50 mm väiksema sademete hulgaga (PAK 189 mm). 2016. a jaanuaris ilm külmenes ja katsepõllud olid kevadeni lumeta. 2016. a sügis oli keskmisest soojem ja sademetevaene ning ka 2017. a talv oli keskmisest soojem.

2016. ja 2017. a maikuud olid erakordselt sademetevaesed. 2016. a juunist koristuse lõpuni sadas keskmisest kaks korda rohkem. 2017. a terade moodustumise ja küpsemise perioodil sadas vihma keskmiselt. 2016. a vegetatsiooniperiood oli normist soojem, 2017. a suvekuud keskmisest madalama temperatuuriga.

## Tulemused ja arutelu

Talirukki katse 2017. a keskmised saagid ületasid 2016. a näitajaid 2998 kg ha<sup>-1</sup> võrra ( $R^2 = 0,82$ ;  $p < 0,001$ ). 2016. a vegetatsiooniperioodi rohkete sademete ja äikesetormide mõjul lamandusid variandis N100 sordid ja sortide segu ning N50 puhul esines lamandumist osaliselt.

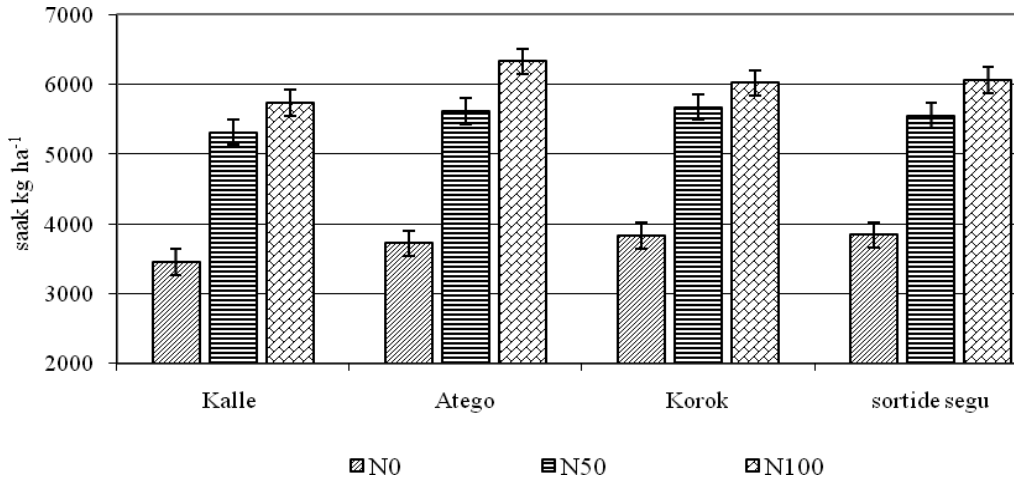
Talirukki sortide 'Elvi' ja 'Dankowskie Amber' ning sortide segu kahe aasta keskmine saagitaseme oli kõrge, sordi 'Schlägler' saagikus keskmine (joonis 1). Puhaskülvide keskmine saak oli 351 kg ha<sup>-1</sup> võrra väiksem kui segukülvi saak. N0 variandis olid 'Elvi' ja 'Dankowskie Amber' ning sortide segu saagid võrdsed. N50 variandis oli statistiliselt usutavalt suurim saak sordil 'Dankowskie Amber', 'Elvi' ja sortide segu saagid olid võrdsed. Variandis N100 sordi 'Dankowskie Amber' saak võrreldes variandiga N50 ei suurenenud, 'Elvi' ja sortide segu saagid olid väiksemad võrreldes N50 variandiga. Sordi 'Schlägler' saak erines statistiliselt usutavalt nii teiste sortide kui ka sortide segu saakidest ning kontrollvariandi ja väetatud variantide saagitasemete vahel usutavus puudus. Sordi 'Schlägler' taimed olid pikemad kui teistel sortidel ja katselapid lamandusid mõlemal katseaastal.



**Joonis 1.** Talirukki sortide ja sortide segu kahe katseaasta (2015/2016, 2016/2017) keskmine saak (kg ha<sup>-1</sup>) kontrollvariandis (N0) ja väetusvariantides (N50, N100) ( $PD_{0,05}$ )

Kaera sortide saagid olid 2017. a samuti suuremad kui 2016. a, vahe 1876 kg ha<sup>-1</sup> ( $R^2 = 0,92$ ;  $p < 0,001$ ). Segukülv ületas kolme puhaskülvi sordi keskmist saaki 76 kg ha<sup>-1</sup>. Väetisekoguse suurenedes kaera saagikus tõusis, oluline saagitaseme tõus oli väetamata ja N50 variantide vahel, sealjuures väetisekoguse suurenemine 100 kg ha<sup>-1</sup> olulist saagilisa kaasa ei toonud (joonis 2). Kaera sortide ja sortide segu suurimad saagid olid variandis N100, statistiliselt usutavalt ületas

teiste sortide ja sortide segu saake sort 'Atego', mille saagitase oli üle 6000 kg ha<sup>-1</sup>. Variandis N50 sortide ja sortide segu saagid usutavalt ei erinenud. Usutavalt ületasid variandis N100 variandi N50 saake sort 'Atego' ja sortide segu. Väetamata variandi saagid jäid väiksemaks kui 4000 kg ha<sup>-1</sup>.



**Joonis 2.** Kaera sortide ja sortide segu kahe katseaasta (2016, 2017) keskmine saak (kg ha<sup>-1</sup>) kontrollvariandis (N0) ja väetusvariantides (N50, N100) (PD<sub>0,05</sub>)

Mõlema kultuuri mahumass (MM) oli taimekasvaks soodsamal 2017. a statistiliselt usutavalt suurem kui 2016. a. Puhaskülvide keskmine MM ja segukülvi MM-id olid võrdsed. Talirukki variantide keskmine MM oli 2017. a 753 ja 2016. a 715 g l<sup>-1</sup> (R<sup>2</sup> = 0,77; p < 0,001) ning kaeral vastavalt 536 ja 509 g l<sup>-1</sup> (R<sup>2</sup> = 0,76; p < 0,001).

Mahumass on sordiomane tunnus, mida mõjutavad mulla toitainetesisaldus, toitainete ja vee omastatavus erinevates arengufaasides ning vegetatsiooniperioodi ilmastikutingimused (Hansen jt, 2004).

Tartu Mill ([www.tartumill.ee](http://www.tartumill.ee)) esitab varutava talirukki kvaliteedinõudes MM suuruseks 720 g l<sup>-1</sup>. Katses oli talirukki sortidest suurim keskmine MM sordil 'Dankowskie Amber' (746 g l<sup>-1</sup>), järgnes 'Elvi' (740 g l<sup>-1</sup>) ja sortide segu (739 g l<sup>-1</sup>). Usutavalt väikseim MM oli sordil 'Schlägler' (711 g l<sup>-1</sup>). Suurim MM oli nii sortidel kui ka sortide segul väetamata variandis ning väetisekoguse suurenedes MM vähenes kõigil katseliikmetel, väikseim MM oli variandis N100. Struktuurianalüüs tuvastas, et väetatud katselappide taimedel oli rohkem võrseid, sealhulgas hilisvõrseid, mille terad koristuse ajaks ei valminud ja olid põhivõrsete teradest peenemad.

Kaera kokkuostjad eelistavad viljapartiid mahumassiga vähemalt 500 g l<sup>-1</sup> ([www.tartumill.ee](http://www.tartumill.ee)). Kaera MM suurust mõjutavad kasvuaegsed ebasoodsad tingimused, põud või lamandumine. Niiskemal ja jahedamal aastal kasvanud

kaera mahumass on suurem (Brower ja Flood, 1995). Katses oli kaera sortidest statistiliselt usutavalt suurim MM sordil 'Kalle' (539 g l<sup>-1</sup>), järgnesid sort 'Korok' (520 g l<sup>-1</sup>) ja sortide segu (521 g l<sup>-1</sup>) ning 'Atego' (507 g l<sup>-1</sup>). Kaera katses oli suurim MM kolmel sordil variandis N50, sortide segul kontrollvariandis. Variantide vahel statistiliselt usutavaid vahesid ei olnud.

Tuhande tera mass on sordiomane näitaja, mida mõjutavad agrotehnilised võtted ja ilmastikutingimused (Hansen jt, 2004). Samuti sõltub TTM lehestiku fotosünteesist terade valmimise ajal (Tupits ja Sooväli, 2010).

Talirukki keskmine TTM oli 2016. a (28,8 g) statistiliselt usutavalt väiksem kui 2017. a (35,7 g) ( $R^2 = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ). Sortide ja sortide segu TTM olid kahe katseaasta keskmisena suured ( $> 28$  g) kuni väga suured ( $> 32$  g). Suurim TTM oli sordil 'Dankowskie Amber' (33,9 g), järgnes sortide segu (33,1 g), 'Elvi' (32,0 g) ja 'Schlägler' (30,0 g). Sarnaselt MM-iga oli ka TTM suurim kontrollvariandis ning vähenes väetisekoguse kasvades statistiliselt usutavalt sortidel ja sortide segul. Väetatud variantide terade hulgas oli palju hilisvõrsete valmimata teri.

Kaera TTM mõjutab kasvuaasta ilmastik, väetusfoon ja sort (Brower ja Flood, 1995). Kaera keskmine TTM oli 2016. a (37,6 g) statistiliselt usutavalt väiksem kui 2017. a (42,7 g) ( $R^2 = 0,92$ ;  $p < 0,001$ ). Usutavalt suurim kahe katseaasta TTM oli sordil 'Kalle' (42,2 g), järgnes 'Korok' (40,5 g), sortide segu (39,5 g) ja 'Atego' (38,5 g). Võrreldes kontrollvariandiga suurendas väetamine TTM-i ainult sordil 'Korok' variandis N 50. Struktuurianalüüsist ilmnes, et väetamise tulemusena suurenes sordil 'Atego' võrreldes teiste sortide ja sortide seguga usutavalt võrsete arv ja vähenes terade arv pöörises.

Faktoriaalne analüüs näitas, et talirukki saagi, MM ja TTM suurust mõjutasid katseaastate ilmastikutingimused vastavalt 58, 56 ja 75% ulatuses. Sort mõjutas saaki 32%, MM-i 27% ja TTM-i 11% ulatuses. Väetusnormi ja väetise ning sordi koosmõju oli saagile 9%, MM-le 17% ja TTM-le 14%. Kaera puhul mõjutas saaki ja saagi kvaliteeti vegetatsiooniperioodide ilmastik 45–75% ulatuses. Väetusnorm ja väetise ning sordi koosmõju oli saagi puhul 54%, MM puhul 4% ja TTM-le 1%. Sordist sõltus saak 1%, MM 40% ja TTM 24%.

## **Kokkuvõte**

Teraviljade saak ja saagi kvaliteet formeerus vegetatsiooniperioodi jooksul ja sõltus sordist, toitainete olemasolust ja kättesaadavusest ning kasvuaja ilmastikutingimustest. Mõlema kultuuri segukülvide keskmised saagid ületasid puhaskülvide keskmisi saake. Mahumassid ja tuhande tera massid olid puhaskülvide keskmisena võrdsed segukülvide näitajatega. Tarbevilja kasvatajatele soovitude andmiseks peab edaspidi uurima nii talirukki kui ka kaera erinevatest sortidest koostatud segude saagikust ja saagi kvaliteeti.

## **Tänuavaldused**

Uurimistööd toetas Euroopa Liidu 7. RP projekt „*Healthy minor cereals*” (grant nr. FP7-613609). Autorid tänavad ka ETKI talirukki ja kaera aretusühmade agronome ja katsetehnikuid kiire ja täpse tehnilise töö eest.

## **Kasutatud kirjandus**

- Agrobase™ 20. 1999. The Software Solution for Plant Breeders. – *Addendum and Instructional Guide*. Winnipeg, Manitoba, 95 p.
- Åman, P., Andersson, A.A.M., Rahka, A., Andersson, R. 2010. Rye, a Healthy Cereal full of Dietary Fiber. – *Cereal Food World*. Vol. 55. NO 5, pp. 231–234.  
<https://www.researchgate.net/publication/283838505> (22.11.2018)
- Berger, K.C., Truog, E. 1939. Boron determination in soils and plants. – *Industrial and Engineering Chemistry*, Analytical Edition 11, pp. 540–545.
- Brouwer, J.B., Flood, R.G. 1995. Aspects of oat physiology. – The oat crop. Production and Utilization. (ed) R.W. Welch. Chapman & Hall, pp. 178–222.
- Brümmer, J.M. 2006. Rye flour. – *Future of flour – a compendium of flour improvement*. (eds) L. Popper, W. Schäfer, W. Freund. Germany, pp. 179–192.
- Bushuk, W. 1976. Rye: Production, Chemistry and Technology. St. Paul, Minnesota, pp. 1–11.
- Dvořáková, P., Burešová, I., Kračmar, S., Hvalíková, R. 2012. Effect of Hagberg Falling Number on Rye Bread Quality. – *Advances in Environment, Biotechnology and Biomedicine*. pp. 257–260.
- Finckh, M.R., Gacek, E.S., Goyeau, H., Lannou, C., Merz, U., Mundt, C.C., Munk, L., Nadziak, J., Newton, A.C., de Vallavieille-Pope, C., Wolfe, M. 2000. Cereal variety and species mixture in practice, with emphasis on disease resistance. – *Agronomie* 20 (2000), pp. 813–837.
- Forsberg, R.A., Reeves, D.L. 1995. Agronomy of oats. – *The Oat Crop. Production and Utilization*. (ed) R.W. Welch. London, pp. 221–251.
- Frankow-Lindberg, B.E., Brophy, C., Collins, R.P., Connolly, J. 2009. Biodiversity effects on yield and unsown species invasion in a temperate forage ecosystem. – *Annals of Botany* 103, pp. 913–921.
- Geiger, C. J., Ink, S. L., 1996. The future of oat and barley as functional foods. – *V International Oat Conference & VII International Barley Genetics Symposium. Proceedings*. Invited papers. (eds) G. Scoles, B. Rossnagel, Canada, pp. 45–49.
- Hansen, H.B., Moller, B., Andersen, S.B., Jorgensen, J.R., Hansen, A. 2004. Grain characteristics, chemical composition, and functional properties of rye (*Secale cereale* L.) as influenced by genotype and harvest year. – *Journal of agricultural and food chemistry* 52, pp. 2282–2291.
- International Standard. 1995. ISO 11261. Soil quality – Determination of total nitrogen – *Modified Kjeldahl method*. 4 p.
- International Standard. 2005. Soil quality – Determination of pH. ISO 10390. – *International Organization for Standardization*. 7 p.

- Ločmele, I., Legzdina, L., Gaile, Z., Kronberga, A. 2016. Cereal variety mixtures and populations for sustainable agriculture: A review. – *Research for Rural Development*. Vol. 1, pp. 7–14.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. – *Communications in Soil Sciences and Plant Analysis* 15, pp. 1409–1416.
- Mundt, C. 2002. Use of multiline cultivars and cultivar mixtures for disease management. – *Annual Review of Phytopathology* 40, pp. 381–410.
- Newton, A.C., Swanston, J.S. 1999. Cereal variety mixture reduce inputs and improve yield and quality – why isn't everybody growing them? – *Cereal variety mixtures*. <https://www.researchgate.net/> (6.11.2018)
- Newton, A.C., Guy, D.C. 2009. The effects of uneven, patchy cultivar mixture on disease control and yield in winter barley. – *Field Crops Research* 110(3), pp. 225–228.
- Peterson, D.M. 2004. Oat – a multifunctional grain. (eds) P.P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi. – *Proceedings 7th International Oat Conference*. Finland, pp 21–25.
- Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., 1995. Food uses of oat. – *The Oat Crop. Production and utilization*. (ed) W. Welch. London, pp. 410–432.
- Schöb, C., Kerle, S., Karley, A.J., Morcollo, L., Pakeman, R.J., Newton, A.C., Brooker, R.W. 2015. Intra-specific genetic and composition modify species-level diversity-productivity relationship. – *New Phytologist* 205, pp. 720–730.
- Smithson, J.B., Lenne, J.M. 1996. Varietal mixtures: a viable strategy for sustainable productivity in subsistence agriculture. – *Annals of Applied Biology* 128, pp. 127–158.
- Tartu Mill AS. <http://www.tartumill.ee> (26.11.2018)
- Tracy B.F., Sanderson M.A. 2004. Productivity and stability relationships in mowed pasture communities of varying species composition. *Crop Science* 44, pp. 2180–2186.
- Tupits, I., Sooväli, P. 2010. The occurrence and severity of rust diseases of winter rye varieties in Estonian conditions. (toim.) R. Koppel, S. Tamm, I. Tupits, A. Ingver, M. Oetjen. – *Agronomy Research*. Vol. 8. Special issue 3. Saku, pp. 735–742.
- Weipert, D. 1995. Processing performance of rye as influenced by sprouting resistance and pentosan contents. – *International Rye Symposium: Technology and Products*. Helsinki, pp. 39–48.
- Welch, R.W. 1995. Oats in human nutrition and health. – *The Oat Crop. Production and utilization*. (ed) W. Welch. London, pp. 433–479.
- Wolfe, M.S. 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease control. – *Annual Review of Phytopathology* 23, pp. 251–273.
- World rye and oat market. 2018. <http://www.millermagazine.com/english/world-rye-and-oat-market>. (28.09.2018)

## TALIRUKKI JA KAERA SORTIDE VÄETAMINE MINERAAL- JA ORGAANILISTE VÄETISTEGA

**Ilme Tupits, Ilmar Tamm**

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Tupits, I., Tamm, I. 2019. Use of mineral and organic fertilizers with winter rye and oat varieties. – Agronomy 2019.

*Organic matter plays a key role in sustaining and improving field soil fertility in the context of both modern intensive farming as well as cereal-based organic management. The Estonian Crop Research Institute carried out a comparison test involving different varieties of winter rye and oat, and four types of fertilizer – farm yard manure, bovine slurry, biogas digestate, and mineral nitrogen. The tests included three fertilization schemes: no fertilizer (the control plot), 50 kg, and 100 kg N ha<sup>-1</sup>. The winter rye test compared the yield and crop quality of the Estonian variety Elvi, the Polish variety Dankowskie Amber, and Austrian varieties Schlägler and Elias. The oat test covered the Estonian variety Kalle, the Czech varieties Atego and Korok, and the naked variety Saul.*

*In the case of winter rye, N50 fertilization increased the yield in comparison with the control plot. Additional increase in the nitrogen quantity triggered no credible yield increase, as the nitrogen contributed towards enhanced vegetative growth. Kernels on the added runners never reached full maturity, bringing down the overall yield. The biggest impact on rye varieties was demonstrated by mineral nitrogen and, among the organic fertilizers, biogas digestate. No credible link emerged between the fertilization scheme, type of fertilizer, and winter rye hectolitre weight or thousand-kernel weight. The yield and its quality were impacted by the weather of the test years.*

*Oat yields demonstrated a credible growth in conjunction with an increase in the nitrogen quantity, the husked varieties produced similar yields, and yield of the naked variety was credibly smaller. Mineral nitrogen had the biggest impact on the yield; organic fertilizers produced equal yields among the husked varieties. Oat hectolitre and thousand-kernel weights were dependent on the specific variety and the weather conditions during the test period.*

### Sissejuhatus

Kaasaja intensiivse tootmise tingimustes, aga ka mahetootmise teravilja-põhises majandamises on orgaanilisel ainel põldude mullaviljakuse säilitamisel ja tõstmisel tähtis roll (Fageria, 2012). Orgaanilise aine allikad on orgaanilised väetised – sõnnikukompost, veiste ja sigade vedelsõnnik, biogaasi digestaat, ning haljasväetised ja vahekultuurid (Järvan jt, 2017; Järvan, 2018; Toom jt, 2017). Mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisel paraneb mullas taimedele vajalike toitainete tasakaal ning hästi arenenud taimede saagikus on suurem (Jate, 2012). Eestis korraldatud katses suurenes sõnniku kasutamisel mulla fosfori, magneesiumi, kaaliumi ja orgaanilise süsiniku sisaldus ning teravilja saagid suurenesid (Järvan jt, 2017). Mineraal- ja orgaaniliste väetiste käitlemisviisid on erinevad. Pikaajaliste katsete põhjal soovitab P. Viil (Viil ja Võsa, 2008) nii sõnniku pindmist segamist mullaga kui ka sügavale mulda viimist. Mineraalse lämmastiku ja vedelsõnniku pindmisel laotamisel võib osa lämmastikust lenduda (Viil,

2012; Huijsmans jt, 2015). Biogaasi digestaadi laotamisel mullale on lämmastiku kadu võrreldes vedelsõnnikuga väiksem, taimedele kergemini omastatav digestaat imendub kiiremini mulda (Birkmose, 2009). Mullapinnale laotatud väetistest on lämmastiku lendumine intensiivsem kõrgema õhutemperatuuri ja kuiva mulla korral (Kadaja, 2012), seetõttu soovitatakse laotamise järel sademete puudumisel mulda kasta (Birkmose, 2009).

Eesti Taimikasvatuse Instituudi (ETKI) katsete eesmärk oli võrrelda mineraalse lämmastiku ja orgaaniliste väetiste, sõnnikukomposti, biogaasi digestaadi ja veise vedelsõnniku, erinevate lämmastikukoguste mõju talirukki ja kaera saagikusele ja saagi kvaliteedile. Katse oli osa Euroopa Liidu 7. RP projektist “*Healthy minor cereals*”.

### Materjal ja meetodika

Talirukki ja kaera sortide väetamise katse viidi läbi aastatel 2014/2015 ja 2015/2016. Mõlema kultuuri sortide valikul katsetesse lähtuti põhimõttest, et nende agronoomilised omadused oleksid erinevad. Talirukki katse külvati 2014. ja 2015. aasta septembri esimestel päevadel. Katsesse külvati Eesti sort ‘Elvi’, Poola sort ‘Dankowskie Amber’ ning Austria sordid ‘Schlägler’ ja ‘Elias’. Kaera katse külvati 2015. ja 2016. aasta maikuu esimestel päevadel. Katsesse külvati Eesti sort ‘Kalle’, Tšehhi sordid ‘Atego’, ‘Korok’ ja ‘Saul’. Viimatinimetatud sort on paljasteraline.

Katse meetodika nägi ette nelja erineva väetiseliigi kasutamist – sõnnikukompost (KOMP), veise vedelsõnnik (VV), biogaasi digestaat (BDIG) ja mineraalne lämmastik (MIN). Väetusnorm arvutati ja kogused kaaluti välja vastavalt lämmastiku sisaldusele kuivaines (KOMP N<sub>2,5%</sub>) (VV N<sub>3,7%</sub>) (BDIG N<sub>2,7%</sub>) ja (MIN N<sub>34,4%</sub>). Katses oli kolm väetusvarianti: väetamata ehk kontroll (N0), (N50) ehk 50 kg lämmastikku ning (N100) ehk 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Mõlema kultuuri katses oli neli kordust, katselapi suurus oli 18 m<sup>2</sup> ning külvisenorm oli talirukkil 400 ja kaeral 500 idanevat tera m<sup>2</sup>. Sordid paiknesid katses randomiseeritult. Sõnnikukompost laotati mõlema kultuuri puhul katselappidele enne külvi ja künti sisse. Talirukki katses laotati veise vedelsõnnik, biogaasi digestaat ja ammoniumnitraat katselappidele kevadel pärast taimikasvu algust. Kaera katses väetati katselappe mineraalse lämmastikuga külvieelselt, veise vedelsõnnik ja biogaasi digestaat laotati juuni algul võrsuva taimiku vahele. Taimihaigusi ja -kahjureid talirukkil ja kaeral katseperioodidel ei esinenud.

Katsed külvati mustkesale. Talirukki katses tõrjuti umbrohte preparaadiga Atlantis OD kulunormiga 0,9 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett ja kaera katses esimesel aastal preparaadiga Ariane S kulunormiga 2 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett ja järgmisel aastal preparaadide seguga Granstar Premia kulunormiga 20 g ha<sup>-1</sup> + Primus 80 ml ha<sup>-1</sup> + 200 l vett.



Mullaproovid võeti üle katseala kolmest sügavusest – 30, 60 ja 90 cm. Proovid analüüsiti Inglismaal Nafferton Ecological Farming Group laboratooriumis. Künnikihi analüüsi järgi oli saviliivmulla  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,0, P 152 mg kg<sup>-1</sup> ja K 212 mg kg<sup>-1</sup> ning N 0,14%. Teisi elemente oli mullas järgmiselt: Ca 1617, Mg 77, Cu 1,1, Mn 116 ja B 0,73 mg kg<sup>-1</sup>.

Talirukki 2014. ja 2015. a sügise kasvuperioodid olid paljude aastate keskmisest (PAK 250 kraadi) soojemad ja kuivemad (PAK 189 mm). 2014/2015 aasta talv oli paljude aastate keskmisest soojem ja saduserohke. Pidev lumikate tekkis põldudele detsembri teises pooles ja sulas lõplikult märtsi lõpuks. 2016. a jaanuaris ilm külmenes ja katsepõllud olid kevadeni lumeta. 2015. aasta vegetatsiooniperioodil oli soojust ja sademeid sarnaselt PAK-le. 2016. a maikuu oli erakordselt sademetevaene. Juunist koristuse lõpuni sadas keskmisest kaks korda rohkem ja kuude keskmine temperatuur oli paljude aastate keskmisele lähedane. Talirukki väetamise ajal VV, BDIG ja MIN-ga aprilli viimases dekaadis oli õhutemperatuur mõlemal katseaastal +10 °C piires, muld niiske ja laotamise järel sadas samal päeval vihma. Kaera sortide väetamise ajal VV ja BDIG-ga oli 2015. a juuni algul ilm soe (14,6 °C) ja muld kuiv. Järgmise aasta juuni algul oli muld mais valitsenud põua tõttu väga kuiv ja õhutemperatuur alla +10 °C.

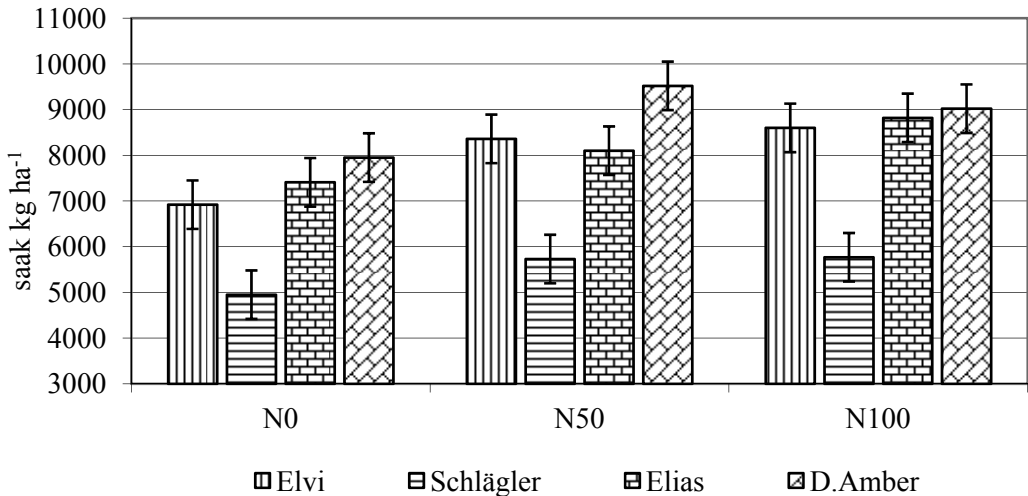
Katsed koristati lapi kaupa, kuivatati ja sorteerimise järel saagid kaaluti ning tulemused arvatati ümber 14% niiskusesisaldusele. Mahumassi ja tuhande tera massi määramiseks võeti igast saagikotist pärast sorteerimist keskmised proovid. Katseandmed analüüsiti statistikaprogrammi Agrobases (Agrobases™ 20, 1999) abil, usalduspiirid arvatati 95% (PD<sub>0,05</sub>) tõenäosusega.

## **Tulemused ja arutelu**

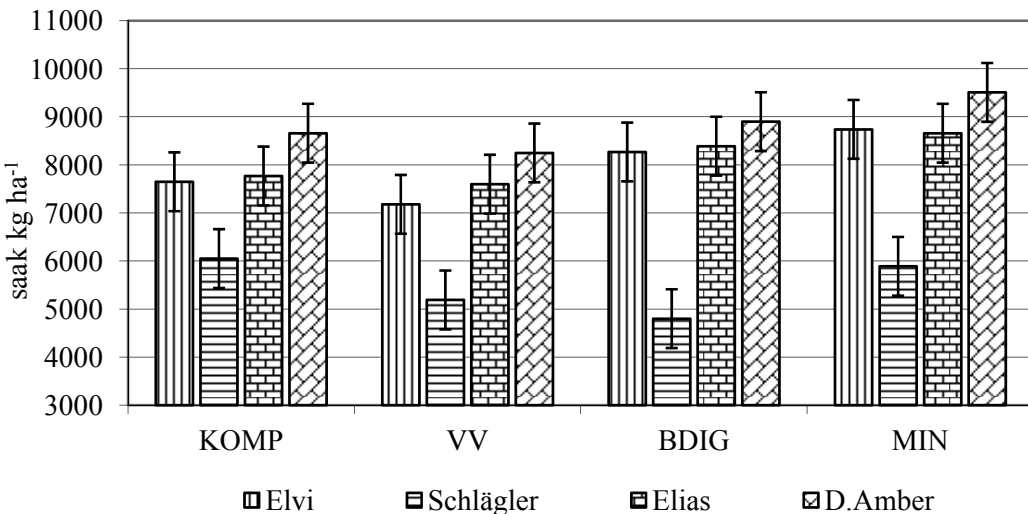
Talirukki katse 2015. a keskmised saagid ületasid 2016. a näitajaid 3230 kg ha<sup>-1</sup> võrra ( $R^2 = 0,54$ ;  $p < 0,001$ ). 2016. a lamandus osa sorte rohkete sademete ja äikesetormide tõttu. 2015. a oli suurim keskmine saak Poolas ja Austrias aretatud sortidel – ‘Dankowskie Amber’ (6820 kg ha<sup>-1</sup>) ja ‘Elias’ (5400 kg ha<sup>-1</sup>). Järgmisel, talirukki kasvuks ebasoodsamal aastal, oli suurim saak Eesti sordil ‘Elvi’ (8340 kg ha<sup>-1</sup>), järgnesid ‘Elias’ (8000 kg ha<sup>-1</sup>) ja ‘Dankowskie Amber’ (7400 kg ha<sup>-1</sup>). Sordi ‘Schlägler’ keskmine saak jäi mõlemal aastal kuue tonni piirisse.

Talirukki katses oli N0 variandis suurim saak sordil ‘Dankowskie Amber’ (7950 kg ha<sup>-1</sup>), järgnesid ‘Elias’ (7400 kg ha<sup>-1</sup>), ‘Elvi’ (6920 kg ha<sup>-1</sup>) ja ‘Schlägler’ (4950 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 1). Variandis N50 oli samuti saagikam ‘Dankowskie Amber’ (9520 kg ha<sup>-1</sup>), järgnes ‘Elvi’ (8360 kg ha<sup>-1</sup>). Väetisekoguse tõus usutavalt saaki ei suurendanud, sest N100 variandis sordid lamandusid. Sordi ‘Dankowskie Amber’ saak oli N100 variandis (9020 kg ha<sup>-1</sup>), järgnesid ‘Elias’ (8820 kg ha<sup>-1</sup>), ‘Elvi’ (8600 kg ha<sup>-1</sup>) ja ‘Schlägler’ (5770 kg ha<sup>-1</sup>). Statistiliselt usutavat vahet kolme esimesena nimetatud sordi saakide vahel ei olnud.

Talirukki katses olid suurimad saagid MIN variandis (joon. 2). Järgnesid BDIG ja KOMP. VV variandis oli sortide keskmine saak väikseim. Katse maksimaalse saagi andis sort 'Dankowskie Amber' (9520 kg ha<sup>-1</sup>) MIN variandis, järgnes 'Elvi' (8740 kg ha<sup>-1</sup>). BDIG variandis oli suurim saak sordil 'Dankowskie Amber', järgnesid 'Elias' ja 'Elvi'.



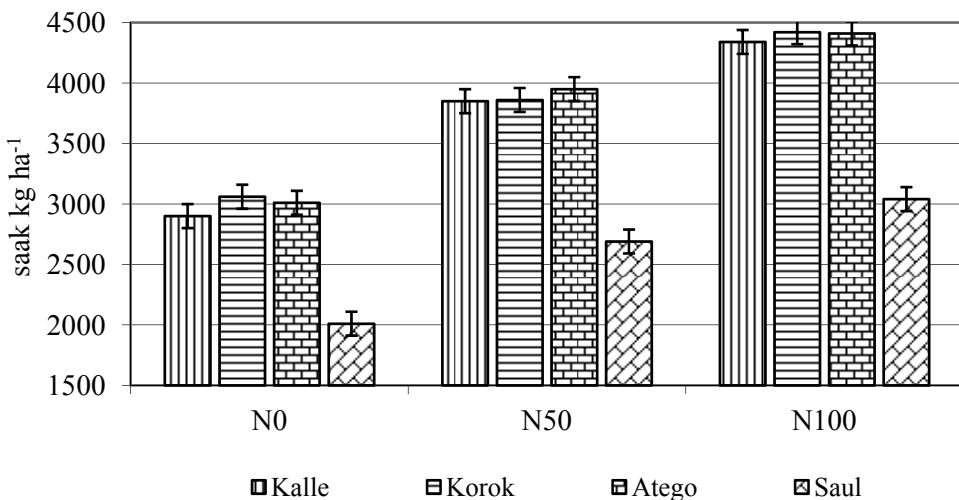
**Joonis 1.** Talirukki sortide kahe katseaasta (2015, 2016) keskmine saak (kg ha<sup>-1</sup>) kontrollvariandis (N0) ja väetusvariantides (N50, N100) (PD<sub>0,05</sub>)



**Joonis 2.** Talirukki sortide saak (kg ha<sup>-1</sup>) sõnnikukomposti (KOMP), veise vedel-sõnniku (VV), biogaasi digestaadi (BDIG) ja mineraalse lämmastikuga (MIN) väetamisel (PD<sub>0,05</sub>)

KOMP kasutamisel oli sortide keskmine saak sarnane, keskmine üle 7500 kg ha<sup>-1</sup>. VV variandis olid sortide saagid väikseimad. Erinevate väetiseliikide siseselt sortide ‘Dankowskie Amber’, ‘Elias’ ja ‘Elvi’ saagitaseme vahel statistiliselt usutavat vahet ei olnud, sordi ‘Schlägler’ saagid olid väiksemad kui teistel sortidel kõikide väetiseliikide puhul.

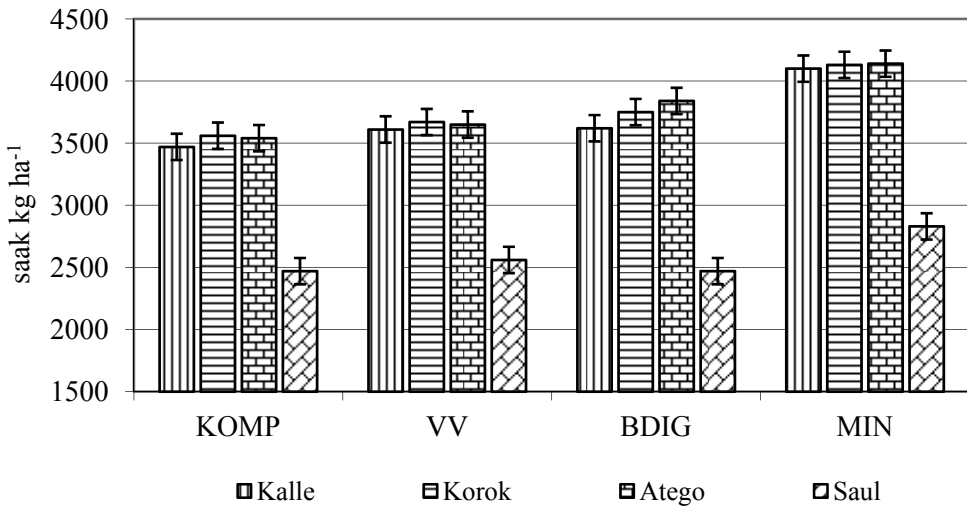
Kaera saagid olid 2015. a soodsamates ilmastikutingimustes suuremad (3640 kg ha<sup>-1</sup>) kui 2016. a (3280 kg ha<sup>-1</sup>) ( $R^2 = 0,78$ ;  $p < 0,001$ ). Suurim saagitus võrreldes kontrollvariandiga oli sordil ‘Kalle’, N50 puhul 950 kg ha<sup>-1</sup> ja N100 puhul 1440 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 3). Tšehhi sordi ‘Atego’ saagitõusud oli vastavalt 940 ja 1400 kg ha<sup>-1</sup>. Sordi ‘Korok’ saak suurenes vastavalt 790 ja 1360 kg ha<sup>-1</sup>. Paljasteralise sordi ‘Saul’ saak suurenes N50 variandis 680 ja N100 variandis 1030 kg ha<sup>-1</sup> võrra.



**Joonis 3.** Kaera sortide kahe katseaasta (2015, 2016) keskmine saak (kg ha<sup>-1</sup>) kontrollvariandis (N0) ja väetusvariantides (N50, N100) ( $PD_{0,05}$ )

Väetise liikidest oli kaera puhul statistiliselt usutavalt suurim saak kõigi sortide puhul MIN variant (joonis 4). Väetise liikide piires sortide ‘Kalle’, ‘Atego’ ja ‘Korok’ saagikus usutavalt ei erinenud. Orgaaniliste väetiste osas olid suurimad saagid BDIG kasutamisel, suurim saak oli sordil ‘Atego’ (3840 kg ha<sup>-1</sup>). Sordi ‘Saul’ saak varieerus KOMP, VV ja BDIG kasutamisel vähe ja suurenes usutavalt MIN variandis (2830 kg ha<sup>-1</sup>).

Mõlema kultuuri mahumassi (MM) suurus sõltus katseaastate ilmast. Tali-rukki MM varieerus 2015. a nii väetamata kui ka väetatud variantides 724–727 g l<sup>-1</sup> ( $R^2 = 0,33$ ;  $p < 0,001$ ). 2016. a oli osaliselt lamandunud talirukki sortide keskmine MM 707 g l<sup>-1</sup>. Väetamine MM usutavalt ei suurendanud. Sortidest oli suurim MM sordil ‘Elias’ (730 g l<sup>-1</sup>), järgnes ‘Elvi’ (722 g l<sup>-1</sup>), ‘Dankowskie Amber’ (715 g l<sup>-1</sup>) ja ‘Schlägler’ (698 g l<sup>-1</sup>). Suurim mahumass oli katseaastatel sortide keskmisena KOMP variandis (722 g l<sup>-1</sup>), järgnes VV (717 g l<sup>-1</sup>), MIN (716 g l<sup>-1</sup>) ja BDIG (712 g l<sup>-1</sup>).



**Joonis 4.** Kaera sortide saak ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) sõnnikukomposti (KOMP), veise vedel-sõnniku (VV), biogaasi digestaadi (BDIG) ja mineraalse lämmastikuga (MIN) väetamisel ( $\text{PD}_{0,05}$ )

Kaerasortide MM oli 2016. a suuremad kui 2015. a, katsete keskmised vastavalt 532 ja 505  $\text{g l}^{-1}$ . MM suurus väetisekogusest ei sõltunud. Suurim MM oli sordil 'Saul', varieerudes vastavalt 578–588  $\text{g l}^{-1}$  ( $R^2 = 0,72$ ;  $p < 0,001$ ). Sordil 'Saul' puudub kest ja peent tera mahub mahuühikusse rohkem kui sõkalteralistel sortidel. Järgnes sort 'Kalle', mille MM varieerus variantide vahel 504–513  $\text{g l}^{-1}$ . Sordi 'Korok' MM varieerus 489–501  $\text{g l}^{-1}$  ja 'Atego' 480–486  $\text{g l}^{-1}$ . KOMP variandis oli sortide keskmine MM 514, VV variandis 518, BDIG kasutamisel 519 ja MM variandis 521  $\text{g l}^{-1}$ .

Talirukki tuhande tera massi (TTM) mõjutas katseaastate ilmastik. Talirukki keskmine TTM oli 2015. a 35,5 g, 2016. a vaid 29,7 g ( $R^2 = 0,51$ ;  $p < 0,001$ ). Väetusnorm sortide TTM-le olulist mõju ei avaldanud. Suurim keskmine TTM oli BDIG väetamisel (33,1 g), VV variandis (32,6 g) ja KOMP ning MIN variantides 32,3 g. Sordi 'Elias' TTM oli suurim BDIG väetamisel (35,4 g) ja väetusnormi N50 puhul (34,9 g). Keskmine TTM variantide üleselt oli sortidel 'Dankowskie Amber' 33,3 g, 'Elvi' 32,5 g ja 'Schlägler' 30,4 g.

Kaera TTM väetusnormid ja väetiseliigid ei mõjutanud. Statistiliselt usutav vahe oli kaera TTM erinevatel katseaastatel. 2015. a. keskmine TTM oli 38,7 g ja järgmisel aastal 36,8 g ( $R^2 = 0,94$ ;  $p < 0,001$ ). Usutavalt suurim TTM oli sordil 'Kalle' (43,2 g). Sortide 'Atego' ja 'Korok' TTM olid sarnased, vastavalt 39,0 ja 40,0 g. Väikseim TTM oli sordil 'Saul' (28,8 g). Erinevad väetiseliigid kaera TTM usutavalt ei mõjutanud.

Talirukki saaki, MM ja TTM mõjutasid faktoriaalse dispersioonanalüüsi põhjal enim katseaastate ilmastikutingimused. Saak sõltus katseaasta ilmast 54%

ulatuses, MM 32% ja TTM 77% ulatuses. Sordi mõju saagile oli 33%, MM-le 52% ja TTM-le 17%. Väetusnormi, väetiseliigi ja sortide koosmõju oli saagile 13%, MM-le 16% ja TTM-le 6%.

Kaera saagi suurust mõjutas katseperioodi ilm 26%, sort 32% ja väetusnorm 36% ulatuses. Kaera MM-i suurus sõltus ilmast 36% ja sordist 62% ning väetusnormist ja väetiseliigist 6% ulatuses. Kaera TTM-i mõjutas ilm 9% ja sordi mõju TTM-le oli 90%.

## **Kokkuvõte**

Talirukki saagid, võrreldes kontrollvariandiga, olid suurimad väetusnormi N50 puhul. Lämmastikukoguse suurenedes saagid usutavalt ei suurenenud, sest lämmastiku mõjul hoogustus vegetatiivne kasv. Lisandunud võrsete terad täisküpsuse faasi ei jõudnud. Suurimat mõju avaldas rukki sortide saagile mineraalne lämmastik ja orgaanilistest väetistest biogaasi digestaat. Sõnnikukomposti ja veise vedelsõnniku mõju saagikusele oli väiksem. Talirukki mahumassid ja tuhande tera massid väetusnormist ja väetiseliikidest usutavalt ei sõltunud. Talirukki saagi suurust ja saagi kvaliteeti mõjutas katseperioodide ilm.

Kaera saagid suurenesid usutavalt lämmastikukoguse suurenedes, sõkalteraliste sortide saagikus oli võrdne, paljasteralise sordi saak usutavalt väiksem. Mineraalse lämmastiku mõjul suurenes saagikus enim, orgaaniliste väetiste variantides sõkalteraliste sortide saakide vahel statistiliselt usutavaid vahesid ei olnud. Paljasteraline sort oli usutavalt väikseima saagiga. Kaera sortide mahu- ja tuhande tera mass sõltusid sordist ja katseperioodi ilmastikutingimustest.

Mõlema kultuuri saagikus suurenes väetamise tulemusena. Talirukkile sobib mõõdukas väetamine, liigne väetamine ei ole majanduslikult otstarbekas. Kaera sordid reageerisid positiivselt katses kasutatud maksimaalsele lämmastikukogusele.

## **Tänuavaldused**

Artikli autorid tänavad Euroopa Liidu 7. RP projekti “*Healthy minor cereals*” (grant nr. FP7-613609) uurimistöö toetamise eest ja ETKI talirukki ja kaera aretusrühmade agronome ja katsetehnikuid tehnilise abi eest.

## **Kasutatud kirjandus**

- Agrobase™ 20. 1999. The Software Solution for Plant Breeders. – *Addendum and Instructional Guide*. Winnipeg, Manitoba, 95 p.
- Birkmose, T. 2009. The contribution of biogas plants to nutrient management planning. [https://landbrugsinfo.dk/Planteavl/...BIO\\_Nurtient\\_manage.DOC](https://landbrugsinfo.dk/Planteavl/...BIO_Nurtient_manage.DOC) (8.01.2019)
- Fageria, N.K. 2012. Role of soil organic matter in maintaining sustainability of cropping systems. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43, pp. 2063–2113.

- Huijsmans, J.F.M., Schröder, J.J., Mosquera, J., Vermeulen, G.D., Ten Berge, H.F.M., Neeteson, J.J. (2015). Ammonia emissions from cattle slurries applied to grassland: should application techniques be reconsidered? – *Soil use and management*. Vol 32, issue 1, pp 1–8. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sum.12201/epdf> (6.12.2018)
- Jate, M. 2012. Impact of mineral fertilizer integration with farmyard manure on crop yield, nutrient use efficiency, and soil fertility in a long-term trial. <https://intechopen.com> (12.12.2018)
- Järvan, M., Vettik, R., Tamm, K. 2017. The importance and profitability of farmyard manure application to an organically managed crop rotation. – *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol 104, No. 4. pp. 321–328.
- Järvan, M. 2018. Sõnniku mõjust maheviljeluslikult majandatavas külvikorras. – *Agraarteadus* XXIX. Nr. 1. lk. 1–12.
- Kadaja, J. 2012. Ilmastiku mõjust ja selle hindamisest saagi kujunemisele. – *Vedelsõnnik ja mullaharimine*. (toim.) J. Siim. Saku, 117–126.
- Toom, M., Lauringson, E., Talgre, L., Narits, L. 2017. Uute vahekultuuride liikide sobivus Eesti oludesse. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Konverentsi „Mahepõllumajandus ja keskkond” toimetised 2017. Tartu, lk. 145–148.
- Viil, P., Võsa, T. 2008. Veisesõnniku efektiivsuse sõltuvus muldaviimise sügavusest. – *Agronomia* 2008. (toim.) J. Jõudu, M. Noormets, R. Viiralt. lk. 88–91.
- Viil, P. 2012. Vedelsõnnik – mõju mullale ja põllukultuuridele. – *Vedelsõnnik ja mullaharimine*. (toim.) J. Siim. Saku, 47–62.

## **KASVUTINGIMUSTE MÕJU SUVINISU MORFOLOOGILISTELE TUNNUSTELE, TERASAAGILE JA PROTEIINISALDUSELE**

**Merlin Haljak, Tiia Kangor, Anne Ingver**

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Haljak, M., Kangor, T., Ingver, A. 2019. The effect of the growing conditions on the morphological characteristics, grain yield and protein content of spring wheat. – *Agronomy 2019*.

*There are several morphological characteristics of spring wheat that depend on the weather and growing conditions such as fertilizer doses and chemical treatment. The purpose of this work was to find out the effect of the growing conditions on the morphological characteristics, grain yield and protein content of spring wheat. There were two spring wheat varieties: Voore and Licamero. Four fertilizer doses ( $N1 = N_{0}P_{0}K_{0}$ ;  $N2 = N_{60}P_{16}K_{36}$ ;  $N3 = N_{100}P_{27}K_{60}$ ;  $N4 = N_{140}P_{37}K_{84}$ ), and two variants (V1 – 2 treatments; V2 – 5 treatments) were utilized. The treatments included herbicides, bio stimulants, growth regulator, leaf fertilizers and fungicides. Morphological characteristics such as the antocyanin coloration of auricles of flag leaf, the width of flag leaf, the frequency of plants with recurved flag leaves were significantly influenced by fertilization. Significant effect of the chemical treatment was on the width of the flag leaf. The glaucosity of sheath of flag leaf, the ear glaucosity, the glaucosity of neck of culm and the awns length are the typical variety characteristics that depend on the variety. The variation of the grain yield and protein content were influenced by fertilization the most. Late variety Licamero performed higher yield and Voore had higher protein content.*

**Keywords:** *spring wheat, morphological characteristics, yield, protein content*

### **Sissejuhatus**

Suvinisul on võimalik määrata mitmeid kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid näitajaid ning samuti ka morfoloogilisi ehk visuaalselt nähtavaid tunnuseid, mida võib oluliselt mõjutada aasta ilmastik ja mitmed teised kasvutingimused nagu väetusfoon ja taimede kasvuäegne keemiline töötlemine (pestitsiidid, leheväetised jms). Kirjanduse andmetel omab näiteks majanduslikku tähtsust see, et tugevamalt glaukosiidsetel sortidel on põuastes tingimustes suurem veekasutuse efektiivsus (Richards jt, 1986). Morfoloogilisi tunnuseid kasutatakse sortide eristamiseks üksteisest (Annus, 1974).

Eestis puuduvad uurimistööd selle kohta, kuidas mõjutab väetamine ja keemiline töötlemine taimede morfoloogilisi tunnuseid. Sellest lähtuvalt oli katse eesmärk välja selgitada, kuidas mõjutab nisutaimede kasvuäegne keemiline töötlemine ja erinevate väetisenormide kasutamine morfoloogiliste tunnuste esinemistugevust, saagikust ja proteiinisaldust.

### **Materjal ja meetodika**

Katse külvati 2018. aastal Eesti Taimakasvatuse Instituudi Jõgeva katsepõlule 9 m<sup>2</sup> lappidele kolmes korduses. Katseala muld oli raske liivsavi lõimisega

leetjas muld (KI), mille  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  oli 6,0; P sisaldus 159–223; K 156–253; Ca 1537–1684; Mg 84–90; Cu 1,3–1,4; Mn 44–47; B 0,55–0,99 mg kg<sup>-1</sup>; C<sub>org</sub> oli 1,9–2,1%. Katses oli kaks varianti: V1 (herbitsiidid + biostimulaator + insektitsiidid) ja V2 (herbitsiidid + insektitsiidid + kasvuregulaator + lehevätised + fungitsiidid + biostimulaatorid). Mõlemas variandis olid järgmised väetusfoolid: N1 – N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> (väetist 0 kg ha<sup>-1</sup>), N2 – N<sub>60</sub>P<sub>16</sub>K<sub>36</sub> (333 kg ha<sup>-1</sup>), N3 – N<sub>100</sub>P<sub>27</sub>K<sub>60</sub> (556 kg ha<sup>-1</sup>) ja N4 – N<sub>140</sub>P<sub>37</sub>K<sub>84</sub> (778 kg ha<sup>-1</sup>). Kompleksväetis Yara Mila (18-11-13) anti külveelselt mulda. Variandis V1 (2 töötlust) töödeldi taimikut 3–4 lehe faasis (BBCH 13–14) (Meier, 2001) seguga, mis koosnes järgmistest komponentidest: herbitsiidid Granstar Preemia 15 g ha<sup>-1</sup> + Primus 0,75 l ha<sup>-1</sup> + mägaja Kemiwett 50 ml 100 l<sup>-1</sup> + biostimulaator Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup> + insektitsiid Proteus OD 0,6 l ha<sup>-1</sup>. Kuna kasvuaja ilm oli soodne kahjurputukate levikuks, siis tehti ka teistkordne tõrje kõrsumise alguses (BBCH 30) insektitsiidiga Danadim 0,5 l ha<sup>-1</sup>. Variandis V2 (5 töötlust) kasutati kõiki eelpool nimetatud preparaate ning lisaks enne kõrsumisfaasi (BBCH 25–29) segu: kasvuregulaator CCC 0,5 l ha<sup>-1</sup>, lehevätis Nutricomplex (18-18-18) 5 kg ha<sup>-1</sup> ning biostimulaator Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup>. Variandi V2 taimikut pritsiti vahetult enne loomist (BBCH 47–49) järgneva seguga: fungitsiid Allegro Super 0,75 l ha<sup>-1</sup> + lehevätis Nutricomplex (18-18-18) 5 kg ha<sup>-1</sup> + biostimulaator Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup>. Loomise keskfaasis (BBCH 55) pritsiti järgmise seguga: fungitsiid Variano XPro 1 l ha<sup>-1</sup> + lehevätis Nutricomplex (18-18-18) 5 kg ha<sup>-1</sup> + biostimulaator Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup>.

Katselapid koristati, saak kuivatati, sorteeriti, kaaluti ning saagid arvestati ümber 14% niiskusele. Terade proteiinisisaldus määrati NIR analüüsiga.

Sorte eristavad morfoloogilised tunnused olid järgmised: lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine, kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus taimikus, lipulehe laius, lehetupe, kõrrekaela ja pea glaukosiidsus, kõrre ülemise sõlme karvasus ning ogateravike pikkus. Morfoloogiliste tunnuste hindamiseks kasutati Ühenduse Sordiameti (CPVO, Community Plant Variety Office) meetodilisi juhendeid (CPVO, 2010; UPOV 2017). Tunnuseid hinnati üheksapallise skaala abil, kus hindepallid jaotusid järgnevalt: 1 – tunnus puudub või väga nõrk, 3 – nõrk, 5 – keskmine, 7 – tugev, 9 – väga tugev. Tunnuste võrdlemisel kasutati juhendites etteantud näitesorte.

Meteoroloogilised tingimused olid 2018. a suvinisu kasvu, arengu ja saagi moodustamiseks ebasoodsad, valitsesid kõrge õhutemperatuuriga kuivad ilmad. Kasvuperioodil (mai II kuni august I dekaad) oli sademete summa kokku 77,5 mm, mis moodustas paljude aastate keskmisest (1922–2017) vaid 36%. Efektiivseid (üle 5 °C) temperatuure kogunes 2018. aastal 1890 °C ehk 379 kraadi võrra normist rohkem. Suvinisu sortide kasvuperiood jäi 2018. aastal lühikeseks. Sortide terakvaliteet oli kõrge.

Katseandmete töötlemisel kasutati andmetöötlusprogrammi AGROBASE II. Katseandmed töödeldi mitmefaktorilise dispersioonanalüüsi abil. Igale mor-



foloogilisele tunnusele arvatati selle varieeruvust näitav standardhälve (s). Determinatsiooni koefitsiendid (%-des) arvatati nii morfoloogilistele tunnustele kui ka terasaagile ja proteiinisisaldusele.

### Katsetulemused ja arutelu

**Lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine.** Taimedes leiduvad antotsüaanid on seotud selliste stressitekitajatega nagu põud ja UVB kiirgus (Gould, 2004). Lipulehe kõrvakesed värvuvad tugevamini kuival ja päikesepaistelisel ning vähem vihmasel ja jahedal suvel (Ulvinen, 1994). Antud tunnuse esinemistugevust mõjutasid suurel määral erinevad väetusfoonid (81%). Sordi 'Voore' hindepallid on esitatud tabelis 1 ja 'Licamerol' tabelis 2.

Hinnatud sortidel oli tunnuse esinemine tugevaim väetamata foonil ja nõrgim kõrgeimal väetusfoonil. Sordil 'Voore' oli lipulehe kõrvakeste värvumine keskmiselt 3,8 hindepalli, mis oli hinnanguliselt nõrga ja keskmise vahepealne. 'Licamerol' anotsüaanset värvumist ei esinenud või oli väljendus nõrk (1,1 palli).

**Lehe laius.** Tunnuse esinemise tugevusele avaldas suurimat mõju väetamine (33%), üsna võrdse mõjuga oli taimede intensiivne keemiline töötlemine (12%) ning sort (19%). Variantide vahel oli mõlemal uuritud sordil usutav erinevus. Mõlemas variandis olid kõige laiemad lehed kõrgeimal väetusfoonil ja lehed jäid kitsaimaks väetamata foonil. See on üldiselt teada, et väetamine suurendab taimede haljasmassi. Lehe laius on sordile omane tunnus, mille alusel on võimalik visuaalselt sorte üksteisest eristada. Sordi 'Voore' leht oli kitsa kuni keskmise laiusega (4,6 palli) ning 'Licamerol' lehed kitsad (3,6 palli).

**Tabel 1.** Sordi 'Voore' morfoloogiliste tunnuste keskmised hindepallid erinevates variantides ja väetusfoonidel ning keskmised standardhälbed (s)

Variant	Foon	Morfoloogilised tunnused		
		Lkv ± s	Ll ± s	Kl ± s
V1	N1	4,7 ± 0,29	3,0 ± 0,00	1,3 ± 0,58
	N2	4,3 ± 0,58	4,3 ± 0,29	3,8 ± 0,76
	N3	4,3 ± 1,15	4,3 ± 0,00	3,8 ± 1,32
	N4	3,2 ± 0,29	5,7 ± 1,15	4,5 ± 0,87
	Keskmine	4,1 ± 0,41	4,3 ± 0,54	3,4 ± 0,32
V2	N1	4,8 ± 0,29	5,0 ± 0,00	2,0 ± 0,00
	N2	3,3 ± 0,29	4,2 ± 1,04	2,5 ± 0,50
	N3	3,3 ± 0,50	4,2 ± 0,00	2,5 ± 0,76
	N4	2,7 ± 0,29	5,8 ± 0,29	4,2 ± 0,76
	Keskmine	3,5 ± 0,11	4,8 ± 0,49	2,8 ± 0,36
Keskmine		3,8 ± 0,21	4,6 ± 0,04	3,1 ± 0,03

V1 – herbitsiidid + biostimulaator + insektitsiidid, V2 – herbitsiidid + insektitsiidid + kasvuregulaator + leheväetised + fungitsiidid + biostimulaatorid; N1 – N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>; N2 – N<sub>60</sub>P<sub>16</sub>K<sub>36</sub>; N3 – N<sub>100</sub>P<sub>27</sub>K<sub>60</sub>; N4 – N<sub>140</sub>P<sub>37</sub>K<sub>84</sub>; Lkv – lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine, Ll – lehe laius, Kl – kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus

**Tabel 2.** Sordi 'Licamero' morfoloogiliste tunnuste keskmised hindepallid erinevates variantides ja väetusfoonidel ning keskmised standardhälbed (s)

Variant	Foon	Morfoloogilised tunnused		
		Lkv ± s	Ll ± s	Kl ± s
V1	N1	1,7 ± 0,58	3,0 ± 0,00	2,3 ± 0,29
	N2	1,0 ± 0,00	3,0 ± 0,00	6,3 ± 0,29
	N3	1,0 ± 0,00	3,0 ± 0,29	6,3 ± 0,00
	N4	1,0 ± 0,00	4,0 ± 0,50	7,0 ± 0,00
	Keskmine	1,2 ± 0,29	3,3 ± 0,24	5,5 ± 0,17
V2	N1	1,3 ± 0,58	3,7 ± 1,15	5,2 ± 0,76
	N2	1,0 ± 0,00	3,3 ± 0,58	6,8 ± 0,29
	N3	1,0 ± 0,00	4,7 ± 0,58	7,0 ± 0,00
	N4	1,0 ± 0,00	4,7 ± 0,29	7,0 ± 0,00
	Keskmine	1,1 ± 0,29	4,1 ± 0,36	6,5 ± 0,36
Keskmine		1,1 ± 0,00	3,6 ± 0,08	5,9 ± 0,13

V1 – herbitsiidid + biostimulaator + insektitsiidid; V2 – herbitsiidid + insektitsiidid + kasvuregulaator+ lehevätised + fungitsiidid + biostimulaatorid; N1 – N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>; N2 – N<sub>60</sub>P<sub>16</sub>K<sub>36</sub>; N3 – N<sub>100</sub>P<sub>27</sub>K<sub>60</sub>; N4 – N<sub>140</sub>P<sub>37</sub>K<sub>84</sub>; Lkv – lipulehe kõrvakeste antotsüaanne värvumine, Ll – lehe laius, Kl – kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus

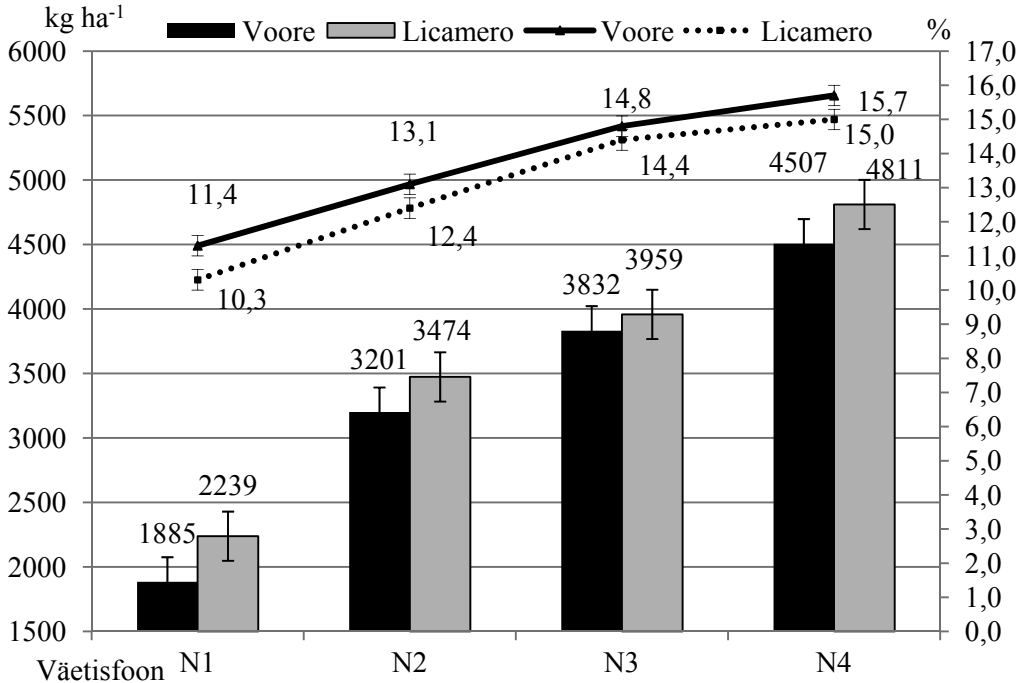
**Kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus.** Lipulehtede kooldumist mõjutas 50% ulatuses sort ja 35% ulatuses väetamine. Kooldunud lipulehtede osatähtsus oli väikseim väetamata foonil ja suurim maksimaalse väetisnormi korral. Sordil 'Voore' oli kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus taimikus nõrk (3,1 palli) ning 'Licamerol' keskmine (5,9 palli).

Sellised morfoloogilised tunnused, nagu lipulehe tupe, pea ja kõrrekaela glaukosiidsus, kõrre ülemise sõlme karvasus ja ogateravike pikkus, olid tunnused, mille esinemistugevust mõjutas peamiselt sort (90–97%), väetamise ja taimiku töötuse mõju oli väike. Sortide üksteisest eristamiseks olid need tunnused sobilikud.

**Terasaak.** Põud algas juba kasvuaja alguses ja taimede areng oli kõrge õhutemperatuuri tõttu kiire. Sellest tulenevalt ei suutnud taimed lühikeseks jäänud kasvuajal kõiki lisatud keemilisi preparaate ja toitaineid kõrgema saagi moodustamiseks ära kasutada. Fotosünteesivat pinda toitev ja säilitav lehevätiste ja biostimulaatorite efekt jäi väikeseks. Suviniisu sortide 'Voore' ja 'Licamero' terasaake mõjutas peamiselt väetamine (82%) (joonis 1). Sordi 'Voore' keskmine terasaak varieerus erinevatel väetusfoonidel 1885–4507 kg ha<sup>-1</sup> ning 'Licamerol' 2239–4811 kg ha<sup>-1</sup> vahemikus. 'Licamero' ületas saagikusest usutavalt varajast sorti 'Voore.'

**Proteiinisaldus.** Tera proteiinisaldus on näitaja, millest sõltub nisu küpsetuskvaliteet. J. Lepajõe (1984) järgi võivad terasaak ja proteiinisaldus olla negatiivses korrelatsioonis. Kuna suvinisu saagid jäid 2018. a kasvuperioodil väikeseks, siis terade proteiinisalduse jaoks oli sadamete vaene suvi soodne.

Proteiin on lämmastikühend. Mitmekordne lehevätise lisamine tõstis katses terade proteiinisaldust. Enne õitsemist sisaldavad lämmastikku lehed ja varred, õitsemise järel transporditakse N teradesse. Küpsemisaja kõrge õhutemperatuur soodustab lehtede kiiremat vananemist ja avaldab mõju proteiinisaldusele terades (Lepajõe, 1984). Loomise eel ja ajal antud lisa lehevätis tõstis proteiinisalduse oluliselt kõrgemaks.



**Joonis 1.** Suvinisu sortide 'Voore' ja 'Licamero' terasaagid ( $PD_{0,05} = 381$ ) ja proteiinisaldused (%) ( $PD_{0,001} = 0,3$ ) erinevatel väetusfoonidel. I – PD

Mõlema sordi terade proteiinisaldused olid väetatud foonidel kõrged ja vastasid toidunisu kvaliteedinõuetele (Tartu Mill, 2019). Sordil 'Voore' varieerus näitaja väetatud foonidel variantide keskmisena vahemikus 13,1–15,7% ja 'Licamerol' 12,4–15,0%. Suurimat mõju avaldas proteiinisaldusele väetusfoon (88%). Usutavad erinevused proteiinisalduses ilmnesid ka variantide ja sortide vahel, 'Voore' proteiinisaldus oli kõrgem. Lehevätiste ja biostimulaatorite kasutamisel suurenes nisuterade proteiinisaldus V2 variandis mõlemal sordil usutavalt.

## Kokkuvõte

Väetamine suurendas lipulehe kõrvakeste antotsüaanset värvumist mõlemal sordil. Sordil 'Voore' oli see oluliselt tugevam kui 'Licamerol'. Sort 'Voore' oli mõnevõrra laiema lehega kui 'Licamero'. Väetamine ja erinevad taimiku kee-

milised töötused ei mõjutanud nisu pea, kõrrekaela ja lipulehe glaukosiidsust, kõrresõlme karvasust ega ogateravike pikkust. Peamine mõju oli sordil. Põua tõttu jäi taimede biomass ning fotosünteesiv pind väikeseks, põhjustades saagilangust. Hiline sort 'Licamero' oli saagikam kui 'Voore'. Väetisenormide suurenemine ja leheväetiste lisalämmastik tõstsid mõlema sordi terade proteiinisisaldust. Varasel sordil 'Voore' oli proteiinisisaldus kõrgem kui 'Licamerol'. Tugev glaukosiidne kiht kaitseb põuastel aastatel taimi ja seega võib pritsitavate keemiliste ühendite toime väheneda.

### Kasutatud kirjandus

- Annus, H. 1974. *Põldtunnustamine seemnekasvatustes*. Tallinn, 435 lk.
- CPVO – TP/003/4 Rev.2, 16.02.2011. Community Plant Variety Office. European Union. – *Protocol for Distinctness, Uniformity and Stability Tests*. Wheat, pp. 8–13.
- Gould S.K. 2004. Nature's Swiss Army Knife: The Diverse Protective Roles of Anthocyanins in Leaves. <http://pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1082902&rel=nofollow/> (17.12.2018)
- Lepajõe, J. 1984. *Nisu*. Tallinn, lk. 40–41.
- Meier, U. 2001. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph 2. – *Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry*, pp. 14–16.
- Richards, R.A., Rawson H.M., Johnson, D.A. 1986. Glaucousness in Wheat: Its development and Effect on Wateruse Efficiency, Gas Exchange and Temperatures. – *Australian Journal of Plant Physiology*, Vol 13 No. 4, pp. 465–473. <http://publish.csiro.au/index.cfm>
- Tartu Mill. Vilja kokkuost. <https://tartumill.ee/et/tarnijale/> (11.01.2019)
- Ulvinen, O. 1994. Vehnäkasvien morfologiaa. – *Vehnälajikkeiden määrittäminen kasveista ja kasvustoista*. 8 s. (soome keeles)
- UPOV (International union for the protection of new varieties of plant) <https://upov.int/edocs/tgdocs/en/tg003.pdf>. (11.01.2019)

## **PÕLDHERNESTE (*PISUM SATIVUM* L.) SORDIVÕRDLUS JÕGEVAL 2016–2018. A**

**Lea Narits**

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Narits, L. 2019. Field pea (*Pisum sativum* L.) variety comparison at Jõgeva during 2016–2018. – *Agronomy 2019*.

*The field pea is a largely known grain legume that is used for food and feed. 19 different varieties were tested in the variety comparison trial at the Estonian Crop Research Institute during 2016–2018. Variety Karita had the best lodging resistance, but also other semi-leafless varieties showed good resistance. Seed yield of tested varieties differed extensively. The highest seed yield had varieties Astronaute and Eso. The protein content was highest of leaved variety Mehis.*

**Keywords:** *field pea, stem length, lodging, seed yield, protein content*

### **Sissejuhatus**

Põldhernes on laialt tuntud kaunvili, mida on juba aastatuhandeid toiduks ja söödaks kasutatud. Tänapäevalgi leitakse metsikut hernest Afganistaani, Iraani ja Etioopia aladelt (Oelke jt, 1991). Põldhernes, nagu kõik liblikõielised, on kasulik ka mullale, ta on väärtuslik eelvili, kuna seob bioloogiliselt õhulämmastikku, mis taimejäänuste lagunedes on toiduks järgnevale kultuurile. Hernes ise kasvamiseks palju lämmastikväetist ei vaja. Ülemäärane lämmastik paneb taimed liigselt vohama, vegetatiivse osa suurenemise korral väheneb korrelatiivselt generatiivosade osakaal – õisi ja kaunu ning seeläbi ka saaki on palju vähem. Samuti on lopsakas taimik kergemini lamanduv.

Hernekasvatus on Eesti põldudel taas oma koha leidnud: 2016. a oli külvipinda 38,9 tuh ha, keskmine saagikus 1859 kg ha<sup>-1</sup>, 2017. a vastavalt 38,7 tuh ha ja 1287 kg ha<sup>-1</sup> ning 2018. a 25,8 tuh ha ja 1710 kg ha<sup>-1</sup> (www.stat.ee/34220). Põhiliselt kasvatatakse poollehetut tüüpi põldherneid, kuna need on lamandumiskindlamad kui lehelist tüüpi.

Sordiaretusega on aegade jooksul loodud väga palju erinevate omadustega hernesorte, mille hulgast sobivaimat konkreetsetes tingimustes kasvatamiseks on üpris keeruline leida. Antud töö eesmärk oli võrrelda erinevaid põldhernesorte, andmaks kasvatajatele teavet, mis aitaks neil oma põldudele parimat sorti valida.

### **Materjal ja meetodika**

Katsed viidi läbi 2016.–2018. a Eesti Taimekasvatuse Instituudi (ETKI) põldudel. Põldude muld oli nõrgalt kuni keskmiselt leetunud kamarkarbonaatne keskmine liivsavi. Eelvili oli kõikidel aastatel suviteravili (suvinisu ja kaer). Põllud künti sügisel, kevadel kultiveeriti kaks korda. Külvi eel anti mulda Yara Mila

NPK väetist, toimeainena N-21, P-18,5 ja K-62,3 kg ha<sup>-1</sup>, lisaks poolmikroelement S-21 kg ha<sup>-1</sup> ja mikroelemendid Fe-6 ja B-0,06 kg ha<sup>-1</sup>. Umbrohitõrjeks pritsiti katseala hernetaimede kolmanda pärislehe faasis Activus 330EC (pendimetaaliin) 3 l ha<sup>-1</sup> + Basagran 480 (bentason) 1,5 l ha<sup>-1</sup> seguga. Taimehaiguste ja -kahjurite tõrjet läbi ei viidud. Katses oli kokku üheksateist põldhernesorti: 'Abarth', 'Astronaute', 'Audit', 'Aurelia', 'Avantgarde', 'Avenger', 'Casablanca', 'Eso', 'Gambit', 'Jura DS', 'Karita', 'Kayanne', 'Kirke', 'Mehis', 'Pinocchio', 'Respect', 'Rocet', 'Salamanca' ja 'Tip'. 'Kirke' ja 'Mehis' on lehelist tüüpi, ülejäänud poollehetut tüüpi sordid. Külvisenorm oli 100 idanevat seemet ruutmeetrile. Külvati mai esimesel nädalal, neljas korduses kümne ruutmeetrisele katselappidele katsekülvikuga Hege-80. Taimiku kõrgus mõõdeti viie sentimeetri täpsusega igas katselapis kahest kohast mõõdulatiga ning arvutati keskmine. Mõõtmise viidi läbi iga sordi kasvufaasis 79 (kõik kaunad on saavutanud täispikkuse). Taimiku lamandumist hinnati igal katselapil enne saagikoristust, arvutati sordi keskmine. Lamandumist hinnati 9 palli süsteemis, kus 1 pall – lamandumist ei esine, 9 palli – täielik lamandumine. Seemnesaak koristati põllult vastavalt valmimisele otse katsekombainiga Hege-125. Saak kuivatati, tuulati ja sorteeriti. Pärast sorteerimist kaaluti saagid ühe grammi täpsusega. Iga korduse saagist võeti kümnegrammine proov, mis jahvatati ning saadeti ETKI laboratooriumisse, kus Kjeldahli meetodil määrati seemnete toorproteiini sisaldus kuivaines (2018. a saagist on analüüsid valmimisel).

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

## **Tulemused ja arutelu**

Põldherne lamandumine on hernekasvatases tõsiseks probleemiks (Schouls ja Langelaan, 1994; Skubisz jt, 2007), sest lamandumine põhjustab olulist saagikadu (Podorska-Lesiak ja Sobkoeicz, 2017). Sõltuvalt kasvuaastate erinevast ilmastikust olid ka katses taimestiku kõrgused ja lamandumised väga erinevad. Kõrge õhutemperatuuri ning rohkete sademetega suvel (2016) kasvasid taimed pikaks, kuid tugevat lamandumist esines vähestel sortidel. Rohkete sademetega jahedal suvel (2017) oli väga tugev lamandumine, kuna vettinud taimik vajus oma raskusega maha. Väheste sademetega ja väga kõrge temperatuuriga suvel (2018) jäid taimed lühikesteks ning lamandumist ei esinenud. Kuigi varasemad uuringud (Skubisz jt, 2007) on näidanud usutavat seost hernetaimede pikkuse ja nende lamandumiskindluse vahel – mida pikem taim, seda tugevam lamandumine –, siis meie katses see seos kinnitust ei leidnud. Katse keskmisena kõrgeima taimikuga sort 'Gambit' lamandus vähe kuni mõõdukalt (tabel 1), ka teised kõrgekasvulised sordid 'Eso' ja 'Salamanca' lamandusid vaid keskmisel määral. Erinevat lehetüüpi hernetel on usutav vahe lamandumises – lehelist tüüpi herved lamanduvad tugevamini (Bilgili jt, 2010). See väide leidis kinnitust ka meie

katses: lehelist tüüpi sort 'Mehis' lamandus täielikult, teine leheline sort 'Kirke' oli pisut parema lamandumiskindlusega. Poollehetutest sortidest oli tugevaim lamandumine sordil 'Aurelia'. Kõige lamandumiskindlam oli katse keskmisena sort 'Karita'.

**Tabel 1.** Põldhernesortide taimiku kõrgus (cm) ja lamandumine (pallides) Jõgeva katsetes 2016–2018. a

Sort	2016		2017		2018		Sordi keskmine	
	cm	palli	cm	palli	cm	palli	cm	palli
Abarth	85	5	80	8	60	1	75	4,7
Astronaute	83	6	75	8	60	1	73	5,0
Audit	105	6	85	8	60	1	83	5,0
Aurelia	80	9	70	8	55	1	38	6,0
Avantgarde	77	5	70	7	55	1	67	4,3
Avanger	100	6	90	7	60	1	83	4,7
Casablanca	80	7	75	8	60	1	72	5,3
Eso	105	3	85	6	85	1	92	3,3
Gambit	120	2	85	6	95	1	100	3,0
Jura DS	80	6	70	8	65	1	72	5,0
Karita	85	1	70	4	50	1	68	2,0
Kayanne	87	2	85	7	65	1	79	3,3
Kirke	105	8	85	9	40	1	77	6,0
Mehis	115	9	90	9	55	1	87	6,3
Pinocchio	100	5	75	7	65	1	80	4,3
Respect	95	1	85	5	70	1	83	2,3
Rocet	85	5	90	8	65	1	80	4,7
Salamanca	83	1	100	5	65	1	86	2,3
Tip	110	5	90	8	60	1	87	4,7
Aasta keskmine	94	4,8	82	7,2	63	1		

1 pall – lamandumist ei esine, 9 palli – täielik lamandumine

Põldhernel on sõltuvalt kasvuaasta ilmastikutingimustest suur saagi varieeruvus (Narits, 2004; Benezit jt, 2017). Katse keskmine saak heal saagiaastal (2016) oli 4209 kg ha<sup>-1</sup>, ebasoodsatel aastatel 39% (2018. a 2556 kg ha<sup>-1</sup>) ja 41% (2017. a 2466 kg ha<sup>-1</sup>) parimast väiksem (tabel 2). Ka varasemad uuringud on näidanud, et ebasobivate tingimuste kokkulangevuse korral võib herne saak langeda poole võrra või täielikult hävida (Grath ja Hakanson, 1997). Hernes on soojustundlik kultuur (Maurer jt, 1968), kuivadel ja kõrge temperatuuriga aastatel on just need mõjurid määravad saagi vähenemisel (Benezit jt, 2017). Katses olid väikseimad saagid siiski vihmasel 2017. aastal, mida võib seostada sellega, et saak on kaalutud peale sorteerimist ning välja on läinud ebakvaliteetsed (idanenud, katkised, haiged, vähearenenud jne) seemned, mida oli sellel aastal väga palju. Kõikidel katseaastatel olid usutavalt suurimate saakidega sordid 'Astronaute' ja

‘Eso’. Kahel katseaastal oli väikseim seemnesaak ‘Pinocchio’, kuid keskmisena jäi madalaimaks ‘Jura DS’ saak. ‘Kirke’ oli halvimal saagiaastal (2017) paremuselt kolmanda saagiga, mis näitab, et leheline sort suudab ebasoodsates kasvutingimustes poollehetute sortidega edukalt konkureerida.

**Tabel 2.** Põldhernesortide seemnesaagid kg ha<sup>-1</sup> Jõgeva katsetes 2016–2018. a

Sort	2016	2017	2018	Sordi keskmine
Abarth	4490	2504	2636	3210
Astronaute	5523	3110	3273	3969
Audit	3732	2100	2211	2681
Aurelia	3969	2522	2655	3049
Avantgarde	4151	2506	2638	3098
Avenger	3527	2232	2349	2703
Casablanca	4245	2910	3063	3406
Eso	5584	3046	320	3945
Gambit	4315	2610	2747	3224
Jura DS	3056	2116	2227	2466
Karita	3744	2238	2356	2779
Kayanne	4715	2432	2560	3236
Kirke	3905	2948	2531	3128
Mehis	3147	2218	2219	2528
Pinocchio	4035	2038	2145	2739
Respect	4418	2144	2194	2919
Rocet	3421	2250	2368	2680
Salamanca	5528	2798	2945	3757
Tip	4468	2134	2246	2949
Aasta keskmine	4209	2466	2556	3077
PD <sub>0,05</sub>	1059	426	410	866

Lisaks saagile on herneste puhul oluline seemnete proteiinisaldus. Atta jt (2004a) katsetulemused on näidanud, et hernestes olev proteiin on seotud nii geneetika ehk sordiomadustega kui ka keskkonnamõjudega, näiteks sademed ja temperatuur võivad avaldada proteiinisaldusele nii negatiivset kui positiivset mõju (Atta jt, 2004b). Usutavalt kõrgemad toorproteiinisaldused olid katses sortidel ‘Jura DS’ – 26,0% kuivaines (KA) ja ‘Tip’ – 26,1% KA (tabel 3). Varasemad uuringud (Narits, 2008) on näidanud, et lehelist tüüpi hernestes on proteiinisaldus kõrgem kui poollehetutes. Sama tulemus oli ka käesolevas uurin-gus – katse parim toorproteiinisaldus oli lehelistel sordil ‘Mehis’ – 26,3% KA. Usutavalt väiksemateks jäid sortide ‘Respect’ ja ‘Rocet’ toorproteiinisaldused. Kahe katseaasta keskmised tulemused erinesid väga vähesel määral, sorditi olid kõikumised mõlemasuunalised, kindlalt ei saa öelda, et ühel aastal oli proteiini-saldus teisest parem.



**Tabel 3.** Põldhernesortide toorproteiinisisaldus (%) kuivaine Jõgeva katsetes 2016. ja 2017. a

Sort	2016	2017	Sordi keskmine
Abarth	22,7	24,1	23,4
Astronaute	25,4	24,0	24,7
Audit	23,2	23,8	23,5
Aurelia	22,9	25,5	24,2
Avantgarde	23,1	24,5	23,8
Avenger	23,1	22,9	23,0
Casablanca	24,8	25,4	25,1
Eso	23,2	22,9	23,1
Gambit	24,4	24,1	24,3
Jura DS	26,3	25,6	26,0
Karita	23,6	21,5	22,6
Kayanne	22,2	24,3	23,3
Kirke	23,9	24,0	24,0
Mehis	25,7	26,8	26,3
Pinocchio	23,4	23,1	23,3
Respect	22,1	23,5	22,8
Rocet	22,4	22,2	22,3
Salamanca	24,8	25,5	25,2
Tip	25,1	27,0	26,1
Aasta keskmine	24,1	24,3	24,2
PD <sub>0,05</sub>	2,0	2,0	1,5

### Kokkuvõte

Põldherne kasvukõrgus sõltub väga palju kasvutingimustest ning võib varieeruda suures ulatuses. Kasvu pärssivalt mõjub pikem niiskusepuudus, samas on sellistes tingimustes kasvanud taimed lamandumisele vastupidavamad. Katses olid lamandumiskindlamad poollehetud sordid, parim neist oli 'Karita'.

Seemnesaagi suurus varieerus katseaastati suurel määral, kõige negatiivsemalt mõjus liigne niiskus 2017. a. Stabiilselt kõrgemate seemnesaakidega olid katses sordid 'Astronaute' ja 'Eso'.

Proteiinisisaldus oli kõikidel katses olnud sortidel hea kuni väga hea, suuri varieeruvusi ei esinenud. Kõrgemad toorproteiinisisaldused olid sortidel 'Jura DS' ja 'Tip', katse parim oli leheline sort 'Mehis'.

Põldherne sordi valikul tuleb vaadata omadusi komplekselt, ideaalis peaksid koos olema nii hea seisukindlus, kui ka kõrge ja stabiilne saak ning head kvaliteedinäitajad.

## Kasutatud kirjandus

- Atta, S., Maltese, S., Cousin, R. 2004a. Protein content and dry weight of seeds from various pea genotypes. – *Agronomie* 24. pp. 257–266.
- Atta, S., Maltese, S., Marget, P., Cousin, R. 2004b. NO<sub>3</sub> assimilation by field pea *Pisum sativum* L. – *Agronomie* 24. pp. 85–92.
- Benezit, M., Biarnes, V., Jeuffroy, M-H. 2017. Impact of climate and diseases on pea yields. *OCL* vol 24, nr 1. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016055> (09.01.2019)
- Bilgili, U., Uzun, A., Sincik, M., Yavuz, M., Audinoglu, B., Cakmakci, S., Geren, H., Avcioglu, R., Nizam, I., Servet Tekeli, A., Gül, I., Anlarsal, E., Yucel, C., Avci, M., Acar, Z., Ayan, I., Üstin, A., Acikgöz, E. 2010. Forage yield and lodging traits in peas (*Pisum sativum* L.) with different leaf types. – *Turkish Journal of Field Crops* 15(1). pp. 50–53.
- Grath, T., Hakansson, I. 1997. Rasked ja niisked mullad ei lase hernel kasvada. – *Mahepõllumajanduse leht* nr 6. lk. 14–16.
- Maurer, A.R., Fletcher, H.F., Ormrod, D.P. 1968. Response of peas to environment: IV. Effect of five soil water regimes on growth and development of peas. – *Canadian Journal of Plant Science* 48(2), pp. 129–137.
- Narits, L. 2004. Ilmastiku mõju erineva lehetüübiga põldherneste saagile ja saagi kvaliteedile. – *Väitekiri põllumajandusteaduse magistrikraadi taotlemiseks taimakasvatuse erialal*.
- Narits, L. 2008. Põldherne saak ja proteiinisaldus. – *Agronomia* 2008. lk. 63–66.
- Oelke, E.A., Oplinger, E.S., Hanson, C.V., Davis, D.W., Putnam, D.H., Fulles, E.I., Rosen, C.J. 1991. *Alternative Field Crops Manual*.  
<https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/drypea.html> (9.01.2019)
- Podgorska-Lesiak, M., Sobkowicz, P. 2017. Prevention of pea lodging by intercropping barley with peas at different nitrogen fertilization levels. – *Field Crops Research* 148, August 2017. pp. 95–104.
- Schouls, J., Langelaan, J.G. 1994. Lodging and Yield of Dry Peas (*Pisum sativum* L.) as Influenced by Various Mixing Ratios of a Conventional and Semi-Leafless Cultivar. – *Journal of Agronomy and Crop Science*, Vol 172, Issue 3. pp. 207–214.
- Skubisz, G., Kravtsova, T. I., Velikanov, L. P. 2007. Analysis of the strenght properties of pea stems. – *International Agrophysics* 21. pp. 189–197.
- Statistikaamet. <https://stat.ee/34220> (4.01.2019)

## KAS HIRSSI (*PANICUM MILIACEUM* L.) VÕIKS KASVATADA EESTIS?

**Peeter Lääniste, Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev,  
Toomas Tõrra, Ülo Niinemets**

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Lääniste, P., Runno-Paurson, E., Eremeev, V., Tõrra, T., Niinemets, Ü. 2019. Can proso millet (*Panicum miliaceum* L.) be cultivated in Estonia? – *Agronomy* 2019.

*Proso millet (Panicum miliaceum L.) is a new field crop for Estonian conditions. The main aim of the study was to find the optimal sowing and fertilization rates for proso millet under Estonian field conditions. The effect of sowing rates of 5, 10, 20, 30, and 40 kg ha<sup>-1</sup> at an fertilization rate of 50 kg ha<sup>-1</sup>, and the effect of fertilization rates of 0 kg N ha<sup>-1</sup> (control), 25, 50, 75 and 100 kg N ha<sup>-1</sup> on proso millet grain yield were tested. The field trial with proso millet was established in 2017 growing season at Eerika, Tartu County. The spring and summer of 2017 were cooler compared to a long-term average, however, these conditions turned out to be favorable for millet cultivation. The highest seed yield of 2,38 t ha<sup>-1</sup> was obtained with the highest sowing rate 40 kg ha<sup>-1</sup>. Analogously, the highest fertilization rate N100 resulted in the highest yield 3,5 t ha<sup>-1</sup>. These results show that proso millet has potential for commercial cultivation in Estonia and with suitable sowing and fertilization rates can provide high yield. However, these results are based on only one-year data, and therefore the millet field trials for optimization of agrotechnology must be repeated in years with different climatic conditions.*

**Keywords:** *proso millet, new crops, fertilization practice, sowing rate, yield*

### Sissejuhatus

Harilik hirss (*Panicum miliaceum* L.) on peeneseemneline suviteravili, mis kuulub kõrreliste sugukonda (Habiyaremye jt, 2016). Kõrge toitainete sisalduse tõttu kasutatakse hirsi seemneid nii inimtoiduks, loomasöödaks kui ka etanooli tootmiseks. Hirss paikneb kuuendal kohal maailma kõige enam kasvatatavate teraviljade hulgas ning on oluliseks toiduaineks ühele kolmandikule maailma populatsioonist (Changmei ja Dorothy, 2014). Aasia ja Aafrika riigid on suuri- mad hirsi tootjad maailmas. Hirss on energiaallikaks miljonitele inimestele Hiinas, Indias, Aafrikas ja Jaapanis ning eriti kuumade ja kuivade piirkondade elanikele (Amadou jt, 2013).

Hirss kuulub selliste kultuuride hulka, mida saab kasvatada jätkusuutlikus põllumajanduses, kuna hirss kasutab kasvuajal efektiivselt niiskust ning talub kasvuajal hästi põuda ja kõrgeid temperatuure (Agdag jt, 2001). Hirss on rahuldava saagikusega põuakartlikel ja happelistel põllumuldadel, kus teised peamised põllukultuurid oleksid sageli madala saagikusega (Amadou jt, 2013).

Eestisse imporditi hirssi 2017. aastal 34 t ja 2018. aastal 36 t (ESA, 2018). Globaalsetes kliimamuutuste tingimustes võib Eestis hirsist saada põllumeestele alternatiivne teraviljakultuur, mis võiks parandada toiduga isevarustatuse taset tuleviku soojemas kliimas. Varasemates töödes on leitud, et külvisenorm ja

lämmastikuga väetamine mõjutab tugevalt hirsi saagikust (Majid jt, 1989; Tan jt, 2016; Turgut jt, 2006), kuid hirsi väetus- ja külvisenormi ei ole Eestis uuritud. Hirss on suure soojavajadusega kultuur ja ta ei pruugi anda Eesti ilmastiku- ja mullastikutingimustes rahuldavat saaki.

Hariliku hirsi katse rajamise peamine eesmärk oli saada teavet selle kohta, kuidas hirss käitub Eesti ilmastikutingimustes, leida millised on optimaalsed väetuse- ja külvisenormid ning seejärel pakkuda välja põllumeestele külvikorda uus kultuur.

## Materjal ja meetodika

Hirsi katse rajati 2017. aastal Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama Eerika katsepõllule (58°22'N, 26°40'E). Katseala mullaliik oli näivleetunud (*Stagnic Luvisol*), WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (Deckers jt, 2002). Mullalõimimis oli kerge liivsavi. Kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksus oli 20–30 cm (Reintam, Köster, 2006).

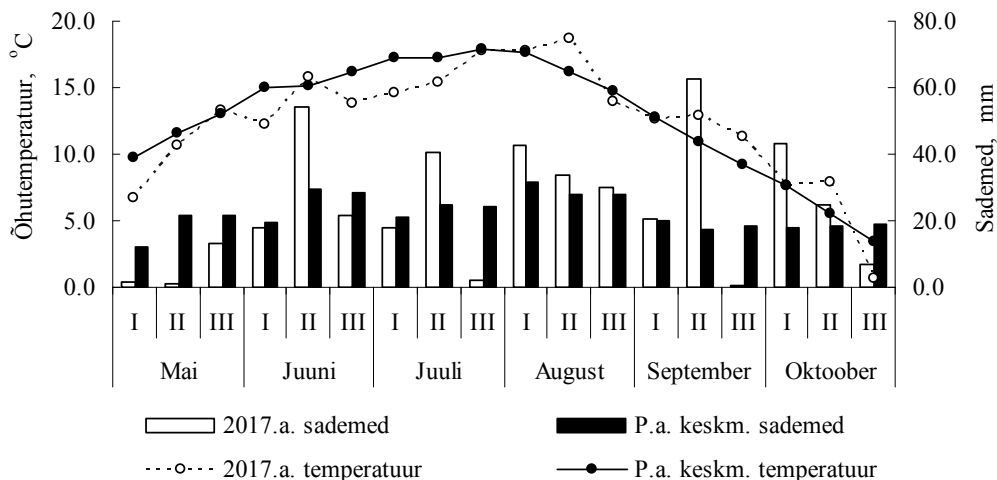
Mullaproovid võeti kevadel vahetult enne hirsi külvamist mai alguses 20 cm sügavuselt. Õhukuivad proovid sõeluti 2 mm avadega sõelaga. Mulla pH määrati 1 M KCl lahuses (mulla : lahuse vahekord 1:2,5), mulla orgaaniline süsinik ( $C_{org}$ ) määrati Tjurini meetodil (Soil Survey Laboratory Staff, 1996). Mulla üldlämmastiku sisaldus ( $N_{üld}$ ) määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for Soil Analysis, 2005). Taimedele omastatavad toiteelemendid (P, K, Ca ja Mg) määrati AL-meetodil (Egnér jt, 1960). Katse alguses iseloomustasid mulla huumushorisonti järgmised näitajad:  $pH_{KCl}$  6,0;  $C_{org}$  1,38%;  $N_{üld}$  0,13%; taimedele omastatavad toiteelemendid P 158 mg kg<sup>-1</sup>; K 104 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 1201 mg kg<sup>-1</sup> ja Mg 92 mg kg<sup>-1</sup>.

Hirsi katse eelvili oli suviuder. Põld künti sügisel, kevadel libistati ja enne külvi freesiti. Katselapid külvati katsekülvikuga 16. mail. Katselapi suurus oli 10 m<sup>2</sup>. Umbrohutõrjeks pritsiti hirsi taimikut võrsumise faasis preparaadiga Secator OD, (0,15 l ha<sup>-1</sup>). Taimihaiguste ja -kahjurite tõrjet ei tehtud, kuna haigusi ja kahjureid ei esinenud. Katselappide väetamiseks kasutati granuleeritud kompleksväetist NPK N<sub>17</sub>P<sub>4,6</sub>K<sub>10</sub>+S+Mg+B. Väetamise normid olid vastavalt: 0 (kontroll), 25, 50 ja 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Väetuskatses oli hirsi külvisenorm 20 kg ha<sup>-1</sup>. Külvisenormi katses olid külvisenormid järgmised: 5, 10, 20, 30 ja 40 kg ha<sup>-1</sup>. Viimati nimetatud osa katsest väetati sama kompleksväetisega, mille norm oli 50 kg N ha<sup>-1</sup>. Külvisenormi katse külvati 17. mail ja seemnesaak koristati 25. oktoobril otse katsekombainiga ning saak kuivatati (30 °C 8 h), tuulati ja sorteeriti. Pärast sorteerimist kaaluti katselapi saagid grammi täpsusega.

Andmed analüüsiti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Eri väetus- ja külvisenormide mõju hirsi seemne saagikusele leiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide võrdluses kasutati Fisher's LSD post-hoc testi (p=0,05).

Kasvuperioodi ilmastik 2017. aastal oli maikuust kuni juuli lõpuni jahe-  
dam kui paljude aastate keskmine ja soojem augusti keskpaigast kuni oktoobri

keskpaigani. Sademete jaotus kasvuperioodil oli küllalt ebahütlane. Terve mai-kuu ja juuni esimene dekaad olid põuased. Augusti I dekaadist kuni septembri II dekaadini oli sademeid tunduvalt rohkem paljude aastate keskmisega võrreldes (joonis 1).



**Joonis 1.** 2017. a keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate (1969–2017) keskmisega

### Uurimistöö tulemused ja arutelu

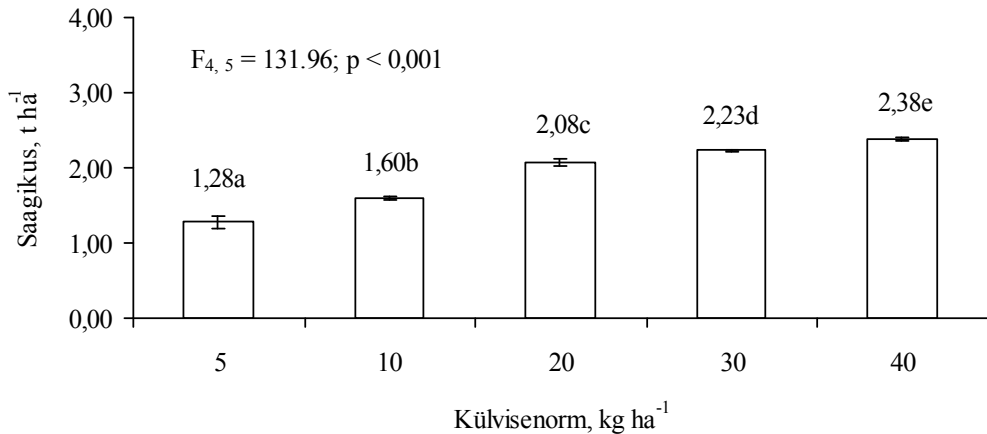
Hirsi seemned külvati mulda 17. mail 2017, kui muld oli piisavalt soojenenud ja taimede tärkamine algas 10 päeva hiljem. Hirsi taimiku areng kasvu alguses oli aeglane võrreldes teiste suviteraviljadega. Taimedele moodustusid võrsed alles 10. juuli paiku. Kiirem vegetatiivne kasv saabus juuli lõpus ja augusti alguses (joonis 2). Saak koristati katselappidelt katsekombainiga 25. oktoobril 2017 a., kui taimed olid saavutanud täisküpsuse.



**Joonis 2.** Hariliku hirsi taimik Rõhu katsekeskuse Eerika katsepõllul.

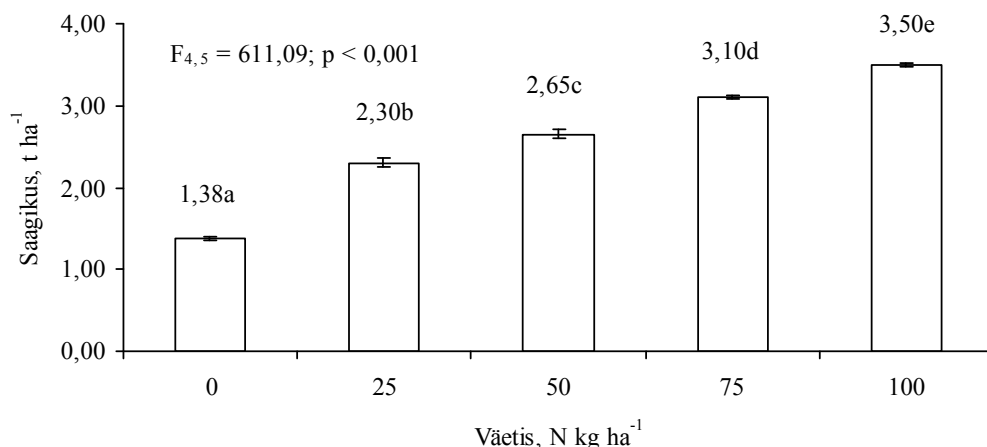
Autor E. Runno-Paurson

Külvisenormi mõju hariliku hirsiga saagikusele on uuritud paljudes maailma riikides ja seetõttu varieeruvad soovituslikud normid külvisele suures ulatuses (8–90 kg ha<sup>-1</sup>) (Majid jt, 1989; Turgut jt, 2006). Erinevad külvisenormid mõjutasid tugevalt hirsiga saagikust ka Eesti tingimustes (joonis 3). Suuremad külvisenormid suurendasid usutavalt saagikust. Saagid varieerusid 1,28–2,38 t ha<sup>-1</sup> vahel. Saak oli väikseim külvisenormi 5 kg ha<sup>-1</sup> ja suurim külvisenormi 40 kg ha<sup>-1</sup> kasutamisel (joonis 3). Antud katse tulemuste põhjal võib Eesti tingimustesse soovitada suuremaid külvisenorme.



**Joonis 3.** Külvisenormi (kg ha<sup>-1</sup>) mõju hirsiga saagikusele (t ha<sup>-1</sup>). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külvisenormide vahel (Turkey HSD test,  $p < 0,001$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

Hariliku hirsiga väetamise kohta on tehtud hulgaliselt katseid üle maailma ja on leitud, et mineraalväetised mõjutavad usutavalt hirsiga taime pikkust, saagikust, võrsumist ning seemnete proteiinisaldust (Tan jt, 2016). Soovituslikud lämmastikunormid (45–225 kg N ha<sup>-1</sup>) varieeruvad suures ulatuses, kuna hirsiga kasvatakse maailma eri piirkondades ja väga erineva kvaliteediga muldadel (Kalaghatagi jt, 2000; Turgut jt, 2006). Kuna katsetulemused hirsiga kohta Eestis puuduvad, siis kasutati katses hirsiga taimiku pealtväetamisel teraviljade väetamiseks sobilikku kompleksväetist (N<sub>17</sub>P<sub>4,6</sub>K<sub>10</sub>+S+Mg+B), kus maksimaalseks lämmastikunormiks võeti 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Suurenevate normide kasutamisel suurenes usutavalt ( $p < 0,001$ ) ka saagikus (joonis 4). Hirsiga taimed reageerisid hästi mineraalväetise erinevatele normidele. Hirsiga saagikus jäi erinevate väetusnormide juures 1,38–3,5 t ha<sup>-1</sup> vahele. Madalaim saagikus (1,38 t ha<sup>-1</sup>) oli kontrollvariandil, lämmastikunormi N50 juures suurenes saagikus peaaegu kaks korda (2,65 t ha<sup>-1</sup>) (joonis 4). Lämmastikunormi N100 juures saavutati kõrgeim saagitase 3,5 t ha<sup>-1</sup>, mis näitab, et hirsiga on piisavalt potentsiaali kasvatamiseks Eesti tingimustes.



**Joonis 4.** Kompleksväetisega pealtväetamise (N kg ha<sup>-1</sup>) mõju hirsiga saagikusele (t ha<sup>-1</sup>). Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust pealtväetamise vahel (Turkey HSD test, p < 0,001). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardvigat.

### Kokkuvõte

Hariliku hirsiga tehtud katses selgus, et suurim seemnesaak (2,38 t ha<sup>-1</sup>) saadi, kui külvisenorm oli 40 kg ha<sup>-1</sup>. Hirsiga taimed reageerisid hästi mineraalväetise erinevatele normidele. Hirsiga saagikus jäi erinevate väetisnormide juures 1,38–3,50 t ha<sup>-1</sup> vahele. Pealtväetamisel kompleksväetisega lämmastikunormil N100 saadi kõrgeim saagikuse (3,5 t ha<sup>-1</sup>), mis näitab et hirsiga on Eesti tingimustes kasvatamiseks piisavalt potentsiaali. Põldkatteid hirsiga tuleks jätkata, et optimeerida agrotehnoloogilisi võtteid ja jagada tootjatele katsepõhiseid soovitusi.

### Tänuavaldused

Uurimustöö viidi läbi Eesti Maaülikooli osalusega projekti „Teadmussiire pikaajaline programm taimekasvatuse tegevusvaldkonnas“ MAK 2014–2020 (8–2/P13001PKTM), Haridus- ja Teadusministeeriumi institutsionaalse uurimisprojekti IUT8–3, Eesti Maaülikooli baasfinantseeritava projekti P180273PKTT ning Euroopa Regionaalarengu fondi poolt finantseeritud Teaduse Tippkeskuse EcolChange toel.

### Kasutatud kirjandus

- Agdag, M., Nelson, L.L., Baltensperger, D., Lyon, D., Kachman, S. 2001. Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32, pp. 2021–2032.
- Amadou, I., Gounga, M.E., Le, G.W. 2013. Millets: nutritional composition, some health benefits and processing – A review. – *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25(7), pp. 501–508.

- Changmei, S., Dorothy, J. 2014. Millet-the frugal grain. – *International Journal of Scientific Research and Reviews* 3(4). pp. 75–90.
- 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, pp. 173–181.
- Egnér, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische bodenanalyse als grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. – *Kungliga Lantbrukhögskolans Annaler* 26, pp. 199–215.
- ESA: Eesti Statistikaamet 2018. www.stat.ee (14.01.2019).
- Habiyaremye, C., Matanguihan, J.B., Guedes, J.D., Ganjyal, G.M., Whiteman, M.R. Kidwell, K.K., Murphy, K.M. 2016. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: A Review. – *Frontiers in Plant Science*. 7, pp. 1961.
- Kalaghatagi, S.B., Jirali, D.I., Wali, S.Y., Nagod, M.S. 2000. Remove from marked records response of foxtail millet (*Setaria italica*) to nitrogen and phosphorus under rainfed conditions of northern dry zone of Karnataka. – *Annals of Arid Zone (India)*, 39(2), pp. 169–171.
- Majid, M.A., Hamid, M.A., Mannujan. 1989. Cropping systems, production technology, pests, diseases, and utilization of small millets in Bangladesh. In *Small millets in global agriculture*, eds. A. Seetharam, K.W. Riley, and G. Harinarayana, Janpath, New Delhi, India: Oxford and IBH Publ. Co. Pvt. Ltd. pp. 271–284.
- Procedures for Soil Analysis. 2005. In LP van Reeuwijk, (Ed.), 5th edn. Wageningen, 112 pp.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* 136, pp. 199–209.
- Soil Survey Laboratory Staff. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. National Soil Survey Center, Lincoln, NE, USA.
- Tan, M., Olak, H., Öztaş, T. 2016. Effects of nitrogen doses on yield and some traits of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in highlands. – *Journal of Advanced Agricultural Technologies* 3(4), pp. 301–304.
- Turgut, I., Duman, A., Wietgreffe, G.W., Acikgoz, E. 2006. Effect of seeding rate and nitrogen fertilization on proso millet under dryland and irrigated conditions. – *Journal of Plant Nutrition*, 29, pp. 2119–2129.



## ÕLIKANEPI KASVATUSTEHNOLOOGIATE OPTIMEERIMINE

**Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Toomas Tõrra,  
Ülo Niinemets, Peeter Lääniste**

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Runno-Paurson, E., Eremeev, V., Tõrra, T., Niinemets, Ü., Lääniste, P. 2019. Optimization of cultivation technologies for industrial hemp (*Cannabis sativa*) cv. Finola. – *Agronomy 2019*.

*Industrial hemp cultivation restarted in Estonia in mid 2000s and the hemp cultivation area has increased very fast in recent years. The main aims of this study were to find the optimal sowing time, sowing rates and fertilization rates for top dressing and band application for hemp cultivation in Estonia. A field trial with the cultivar Finola was established in the growing season 2017 at Eerika, Tartu County, and the effects of different sowing times (May 9, May 16 and May 23), top dressing with different fertilization rates (0 kg N ha<sup>-1</sup>, N0; 50 kg N ha<sup>-1</sup>, N50; 100 kg N ha<sup>-1</sup>, N100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> N, N150), band application (fertilization rates 0 kg ha<sup>-1</sup> N, N0; 10 kg ha<sup>-1</sup> N, N10 and 20 kg ha<sup>-1</sup> N, N20) and seed sowing rates (20 kg ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup> and 40 kg ha<sup>-1</sup>) on the yield of hemp seed were tested. The spring and summer of 2017 was cooler compared to long-term average, however, these conditions turned out to be favourable for hemp cultivation. The highest seed yield with 1,73 t ha<sup>-1</sup> (1,2 t ha<sup>-1</sup> higher than in unfertilized plots) was obtained in the treatment with top dressing with highest fertilization rate. Sowing time had no effect on seed yield, except for the lowest sowing rate (20 kg ha<sup>-1</sup>) where seed yield was notably higher for the earliest sowing time (9<sup>th</sup> of May). The top dressing with fertilization rates N0, N50 and N100 did not influence the yield. However, the highest rate of top dressing N150 had a higher yield in the latest sowing time (23<sup>rd</sup> of May). As this study is based on only one-year data, further work is needed to define the conditions for optimum hemp yield in temperate to hemi boreal agriculture.*

**Keywords:** *industrial hemp, cultivation technologies, fertilization practice, sowing date, yield*

### Sissejuhatus

Harilik kanep (*Cannabis sativa* L.) on Eestis varasemalt olnud oluline kiutaime kultuur. Kanepi kasvatamisest hakati taas rohkem rääkima kui Kalju Paalman alustas 2005. aastal toonases Jõgeva Sordiaretuse Instituudi (praegune Eesti Taimekasvatuse Instituut) Mooste Katsejaamas õlikanepi katsetamisega. Õlikanep on saanud Eestis suhteliselt lühikese ajaga populaarseks põllukultuuriks ning tema külvipind laieneb pidevalt. 2016. aasta seisuga kasvab õlikanepi sorti 'Finola' Eestis juba 6000 hektaril ja kasvatajaid on poolesaja ringis (Efert, 2017). Kohaliku õlikanepi tootarendus on üsna rikkalik: esindatud on kanepiõli, kanepipähklid, kanepijahu, kanepiseemne ja kanepiproteiini tooted. Enamus Eestis toodetud õlikanepi seemnetest eksporditakse Euroopasse ja vaid 10% jääb kohalikule turule (Efert, 2017).

Euroopas kasvatatakse kanepit kokku 42 500 hektaril (EU Hemp Cultivation Area 2017). Enim kasvatatakse kanepit Prantsusmaal, Itaalias, Eestis, Hollandis,

Leedus ja Saksamaal (EU Hemp Cultivation Area 2017). Kanadas on kanepi kasvupind üle 55 000 hektari (Statistics, Reports and Fact Sheets on Hemp, 2017). Kanadas on viimastel aastatel suurt tähelepanu pööranud õlikanepi kasvatamisele, selle koristustehnoloogia väljatöötamisele ja töötlemisele; selle tulemusel on õlikanepi kasutamine toiduainetööstuses ja kosmeetikas märgatavalt tõusnud (Cherney ja Small, 2016).

Õlikanep on tüüpiline parasvöötme kultuur, mille optimaalne kasvutemperatuur on 20–25 °C (Heinsoo, 1986). Kanep on külvikorras väga hea kultuur, kuna on suure juurekavaga sammasjuurne taim. Suur ja sügavale ulatuv juurekava kompenseerib mõningase sademete puuduse (Apazhev, 2005). Samuti ei esine kanepitaimedel olulisi haigusi ega kahjureid. Kanepiseemned on kõrge toiteväärtusega ning kõrge oomega-3, -6 ja -9 rasvhapete sisaldusega. Seemnetes leidub kõrge väärtusega kergesti seeduvat proteiini, vitamiine ja mineraale (Small ja Marcus, 2002; Callaway, 2004). Õlikanepi sordi 'Finola' seemned sisaldavad keskmiselt 33–35% õli ja 25% proteiini (Callaway, 2004).

Nii kiu- kui õlikanepil on pikk kasvuaeg, mis võib kesta lõunapoolsete maade sortidel (Poola, Prantsusmaa, Ungari, Itaalia, Rumeenia, jt) alates külvist kuni seemnete valmimiseni 240–275 päeva (Perfect plant, 2018a). Pikk kasvuaeg võib olla takistuseks paljude lõunapoolsete õlikanepi sortide viljelemiseks Eestis. Samas on Soomes, Kuopio Ülikoolis (praegune Ida-Soome Ülikool), aretatud õlikanepi sort 'Finola' tunduvamalt lühema kasvuajaga (130–145 päeva), mis tõttu sobib hästi meie põhjamaisesse kliimasse. Kanepi külviaeg on suhteliselt hiline, sest noored taimed on külmakartlikud. Sordi 'Finola' aretaja soovib külvata kanepi seemet kui mulla temperatuur on 12 °C, mis on meie tingimustes mai lõpus. Siiski võiks üritada õlikanepit varem külvata, sest vaatamata sellele, et sordi 'Finola' kasvuaeg on lühem võrreldes teiste sortidega, on Eesti oludes selle kultuuri kasvuaeg siiski üsna pikk ja mõnel kasvuaastal ei pruugi seemned valmida. Seega on vaja uurida, kas on võimalik sellel sordil tuua valmimis- ja koristusaega ettepoole, optimeerides seda varajasema külviajaga.

Kanep on üsna vähenõudlik põllukultuur, kuid õlikanepi seemnesaak sõltub lämmastiku, fosfori, kaaliumi ning väävlil kättesaadavusest mullast. Sordi 'Finola' aretajapoolne soovitatav optimaalne lämmastiku väetusnorm jääb vahemikku 80–90 kg ha<sup>-1</sup>, fosforil 50–60 kg ha<sup>-1</sup>, kaaliumil 67 kg ha<sup>-1</sup> ning väävlil 17 kg ha<sup>-1</sup> (Basic information on Finola agronomy for 2017). Eesti tingimustes ei ole õlikanepi väetusnorme uuritud. Seega on vaja selgitada, kas väetusnormide optimeerimine võimaldaks Eestis õlikanepi seemne saagikust sordil 'Finola' tõsta.

Õlikanepi väetamise juures peab arvestama sellega, et seemne külvil ei ole soovitatav anda lämmastik- ega fosforväetist, kuna väetamine vähendab märgatavalt taimede tärkamist (Small ja Marcus, 2002; Callaway, 2004). Seega peaks taimi varustama toitainetega ainult kasvuaegse pealväetamisega. Eesmärgiks ei ole lihtsalt saada kõrgemaid saake, vaid optimaalse väetiste sisendi korral kõrgeimat võimalikku saaki.

Sõltuvalt mulla temperatuurist ja niiskusest tärkavad kanepi taimed 4–7 päeva jooksul pärast külvamist. Eestis soovitatakse õlikanepit külvata külvisenormiga 250 idanevat seemet m<sup>2</sup> (30 kg ha<sup>-1</sup>) (Perfect plant, 2018b). Suurem külvisenorm ja väiksem reavahe vähendavad umbrohtumist. Kiire kanepi taimede tärkamine tagab efektiivse suviumbrohtude allasurumise, kuna tärkav kanep moodustab kiiresti suure lehepinna juba esimese kasvukuu jooksul. Probleemsemad umbrohud on põldsinep, raps, põld-konnatatar, metsikud kaeraliigid, valge hanemalts jt. Umbrohupuhas põld on ainuke viis kvaliteetse saagi saamiseks, sest herbitsiidid, mis sobiksid umbrohtude tõrjumiseks õlikanepi taimikust, praegu puuduvad (Callaway, 2004). Seega on vaja välja selgitada, kas soovituslik külvisenorm on optimaalseim umbrohtumise vähendamiseks ja kõrge seemnesaagi saamiseks.

Õlikanepi põldkatse rajamise vajadus põhines huvigrupi olemasolul ja soovil. Eestis läbi viidud õlikanepi põldkatsete tulemusi on vähe, kuid samas kultuuri kasvupind üha suureneb. Seega oli vaja testida erinevaid külviaja, väetamise ja külvitiheduse variante, et leida neist optimaalseim.

Püstitasime järgmised hüpoteesid: a) varasem külviaeg ei vähenda õlikanepi seemne saagikust; b) soovitatud külvisenorm tagab kõrgeima õlikanepi seemnesaagi; c) kõrgemad väetusnormid tõstavad õlikanepi saagikust; d) pealtväetamisel on eelis külvieelse väetamise ees.

## **Materjal ja meetodika**

Õlikanepi katse sordiga 'Finola' rajati 2017. aastal Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama Eerika põllule (58°22'N, 26°40'E). Katseala mullaliik oli näivleettunud (*Stagnic Luvisol*) WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (Deckers jt, 2002), mullalõimis oli kerge liivsavi ja kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksus 27–30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

Mullaproovid võeti kevadel vahetult enne õlikanepi külvamist mai alguses 20 cm sügavuselt. Õhkkuivad proovid sõeluti läbi 2 mm avadega sõela. Mulla pH määrati 1 M KCl lahuses (vahekord (1:2,5), mulla orgaaniline süsinik (C<sub>org</sub>) määrati Tjurini meetodil (Soil Survey Laboratory Staff, 1996). Mulla üldlämmastiku sisaldus (N<sub>üld</sub>) määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for Soil Analysis, 2005). Taimedele omastatavad toiteelemendid (P, K, Ca ja Mg) määrati AL-meetodil (Egnér jt, 1960). Katse alguses iseloomustasid mulla huumushorizonti järgmised näitajad: pH<sub>KCl</sub> 5,8; C<sub>org</sub> 1,40%; N<sub>üld</sub> 0,10%; taimedele omastatavad toiteelemendid P 158 mg kg<sup>-1</sup>; K 104 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 1201 mg kg<sup>-1</sup> ja Mg 92 mg kg<sup>-1</sup>.

Katse rajati kolmel erineval külviajal: 9. mail, 16. mail ja 23. mail. Kanepi katse eelviil oli suvioder. Kõigil kolmel külviajal olid järgmised katsevariantid: a) külviaegne väetamine ammoniumsalpeetriga (lämmastikunormidega 0, 10 ja 20 kg ha<sup>-1</sup>); b) kasvuaegne pealtväetamine kompleksväetisega järgmiste lämmastiku normidega: 0, 50, 100 ja 150 kg ha<sup>-1</sup> (kompleksväetis YaraMila N<sub>21</sub>P<sub>4</sub>K<sub>16</sub>S<sub>4</sub>); c) külvisenormid: 20, 30 ja 40 kg ha<sup>-1</sup> – väetati kompleksväetisega N<sub>21</sub>P<sub>4</sub>K<sub>16</sub>S<sub>4</sub>, 19. juunil 50 kg N ha<sup>-1</sup> ja 10. juulil 50 kg N ha<sup>-1</sup>). Igal väetusringil anti

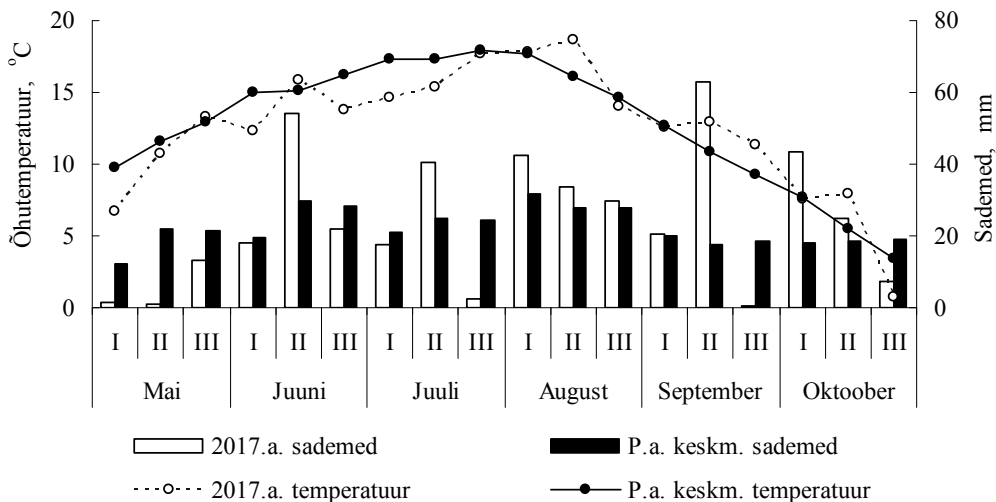
50 kg N ha<sup>-1</sup> kompleksväetist. Õlikanepi esimene pealtväetamine 50 kg N ha<sup>-1</sup> kompleksväetisega tehti 13. juunil kui taimede lehestik hakkas kokku kasvama, teine väetuskord tehti 19. juunil (100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup> väetisnorm) ja kolmas väetuskord 10. juulil (ainult 150 kg N ha<sup>-1</sup> väetisnorm). Pealtväetamise ja külvil väetamise külvisenormid olid 30 kg ha<sup>-1</sup>. Katselapi suurus oli 10 m<sup>2</sup>. Taimekaitse töid katses ei teostatud kuna selleks puudus vajadus. Saak koristati teraviljakombainiga kõikide katsevariantide katselappidelt 28. septembril.

Kogutud andmete statistiline analüüs tehti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Eri külviaegade, väetus- ja külvisenormide mõju õlikanepi seemne saagikusele leiti ühefaktorilise ja mitmefaktorilise ANOVA abil, variantide võrdluses kasutati Fisher's LSD post-hoc testi (p = 0,05).

### Tulemused ja arutelu

2017. aasta kasvuperioodil olid ilmastikutingimused mõne aia- ja põllukultuuri jaoks ebasoodsad, sest jaheda kevade ja hilise suve alguse tõttu nihkus saagivalmimine ca kuu aega hilisemaks, sealhulgas kaunviljadel jäi saagikus keskmiselt 42% väiksemaks võrrelduna 2016. aastaga (Valdmaa, 2018). Üldiselt sobis 2017. aasta jahedapoolne mai, juuni ja juuli ilmastik väga hästi õlikanepi kasvatamiseks (joonis 1). Kevad oli kuiv: terve maikuu jooksul sadas vihma vaid 20 mm. Hiljem tuli sademeid võrreldes paljude aastate keskmisega samaväärselt või enamgi, v.a juuli ja septembri kolmandal dekaadil.

Varasel külvil (9. mai) moodustus kasvupäevi alates külvist kuni saagikoristuseni 142 päeva, keskmisel külviajal (16. mai) 135 ja hilisel külvil (23. mai)



**Joonis 1.** Keskmise õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate (p. a.) 1969–2017 keskmisega

128 päeva. Katses selgus, et külviaeg ei mõjutanud oluliselt külvisenormi variantide saagikust ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $p = 0,71$  ja  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ;  $p = 0,39$ ), välja arvatud väikseima külvisenormi ( $20 \text{ kg ha}^{-1}$ ) puhul, kus varajasema külviaja (9. mai) saagikus oli oluliselt kõrgem võrreldes hilisemate külvidega ( $p = 0,049$ ) (tabel 1). Pealtväetamise variantidel N0, N50 ja N100 külviaeg saagikust ei mõjutanud ( $p > 0,05$ ). Kõrgeima väetusnormiga variandil (N150) saadi oluliselt suuremat saaki ( $p = 0,027$ ) hilisemal külvil (23. mai) (tabel 2). Külvi väetamisel ei mõjutanud külviaeg saagikust variantidel N0 ja N10 ( $p > 0,05$ ), kuid enim väetatud variandil N20 saadi oluliselt suurem saak just keskmisel külviajal 16. mail ( $p = 0,035$ ) (tabel 3). Katses selgus, et külvil väetamine, kuni N20, ei pärssinud seemnete idanemist mullas ja taimed täiskasid ühtlaselt ning taimede arvukus nendel katsevariantidel võrrelduna kontrollvariandiga ei vähenenud.

Erinevad külvisenormi variandid kanepi saagikust oluliselt ei mõjutanud ( $p > 0,05$ ). Selle katse tulemuste põhjal on võimalik väiksema külvisenormi juures saada samaväärset saaki kui suuremate külvisenormide puhul. Kuna kanepi seeme on kallis, võimaldab vähendatud külvisenorm hoida sisenditelt oluliselt kokku. Katse tulemustest selgus, et soovitud hilisem külviaeg ei taganud suurimat seemnesaaki enamuses katsetatud variantides. Seega võime selle katse põhjal väita, et Eesti tingimustes võib sordi 'Finola' seemet külvata nädal kuni kaks soovitatust varem. See on oluline teadmine, sest annab võimaluse saaki põldudel varem koristada.

**Tabel 1.** Külvisenormi ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) mõju kanepi seemnesaagile erinevatel külviaegadel

Külviaeg	Külvisenorm, $\text{kg ha}^{-1}$		
	20	30	40
09 mai	$1,18^{\text{B}1\text{a}2} \pm 0,03^*$	$1,18^{\text{Aa}} \pm 0,03$	$1,18^{\text{Aa}} \pm 0,03$
16 mai	$1,00^{\text{ABa}} \pm 0,00$	$1,10^{\text{Aa}} \pm 0,10$	$1,08^{\text{Aa}} \pm 0,08$
23 mai	$0,90^{\text{Aa}} \pm 0,10$	$1,13^{\text{Aa}} \pm 0,03$	$1,10^{\text{Aa}} \pm 0,00$

<sup>1</sup>Erinevad suured tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust külviaegade vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ); <sup>2</sup>Erinevad väikesed tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust külvisenormi vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ); \*  $\pm$  standardviga

**Tabel 2.** Pealtväetamise ( $\text{N kg ka}^{-1}$ ) mõju kanepi seemnesaagile erinevatel külviaegadel

Külviaeg	Pealtväetamine, $\text{N kg ha}^{-1}$			
	0	50	100	150
09 mai	$0,60^{\text{A}1\text{a}2} \pm 0,00$	$1,00^{\text{Ab}} \pm 0,00$	$1,18^{\text{Ac}} \pm 0,03$	$1,50^{\text{Ad}} \pm 0,05$
16 mai	$0,50^{\text{Aa}} \pm 0,00$	$0,90^{\text{Ab}} \pm 0,00$	$1,28^{\text{Ac}} \pm 0,03$	$1,48^{\text{Ad}} \pm 0,03$
23 mai	$0,50^{\text{Aa}} \pm 0,00$	$0,70^{\text{Ab}} \pm 0,00$	$1,23^{\text{Ac}} \pm 0,03$	$1,73^{\text{Bd}} \pm 0,03$

<sup>1</sup>Erinevad suured tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust külviaegade vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ); <sup>2</sup>Erinevad väikesed tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust pealtväetamise vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ); \*  $\pm$  standardviga

**Tabel 3.** Külvil väetamise (N kg ka<sup>-1</sup>) mõju kanepi seemnesaagile erinevatel külviaegadel

Külviaeg	Väetamine külvil, N kg ha <sup>-1</sup>		
	0	10	20
09 mai	0,60 <sup>A1a2</sup> ± 0,00	0,73 <sup>Ab</sup> ± 0,03	0,73 <sup>Ab</sup> ± 0,03
16 mai	0,50 <sup>Aa</sup> ± 0,00	0,75 <sup>Ab</sup> ± 0,05	0,85 <sup>Bb</sup> ± 0,00
23 mai	0,50 <sup>Aa</sup> ± 0,00	0,60 <sup>Aab</sup> ± 0,03	0,73 <sup>Ab</sup> ± 0,03

<sup>1</sup>Erinevad suured tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külviaegade vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ); <sup>2</sup>Erinevad väiksed tähed tähistavad statistilist olulist erinevust külvil väetamise vahel (Fisher LSD test;  $p < 0,05$ ). \* ± standardviga

Pealtväetamisel saadi suurim saak kõrgeima väetusnormiga variandi N150 puhul, seda nii varajase, keskmise ja hilise külviaja puhul ( $p = 0,027$ ). Kõrgeima väetisnormi puhul oli saak väetamata variandist 0,9–1,2 t ha<sup>-1</sup> suurem (tabel 2). Katses oli pealtväetamisega saadud saakide tase üsna kõrge, varieerudes N100 variandil 1,2–1,3 t ha<sup>-1</sup> ja N150 variandil 1,5–1,7 t ha<sup>-1</sup>. Euroopa keskmine saagikus õlikanepil on 1 t ha<sup>-1</sup>. Kanadas on suurimad saagikused küündinud 1,5 t ha<sup>-1</sup>, kuid keskmiselt saadakse 0,9 t ha<sup>-1</sup> (Small ja Marcus, 2002). Samas jääb meie katses õlikanepi seemnete saagitase oluliselt maha Mooste katsejaamas 2005–2007. aastal saadud saagikustele, mis varieerusid erinevatel kasvuaastatel väetusnormil N90 vahemikus 2,6–3,2 t ha<sup>-1</sup> (Paalman ja Mäeorg, 2007; 2008).

Külviaeg ei mõjuta pealtväetamisel saagikust ( $p = 0,102$ ), kuid külvisenorm ( $p = 0,034$ ) ja külvil väetamine ( $p = 0,006$ ) mõjutavad oluliselt õlikanepi seemnete saagikust (tabel 4). Külviaja ja külvisenormi koosmõju ei avalda saagikusele usutavat mõju ( $p = 0,36$ ). Külviaja ja pealtväetamise koosmõju ( $p < 0,001$ ) ning külviaja ja külvil väetamise koosmõju ( $p = 0,02$ ) mõjutavad usutavalt õlikanepi seemne saaki.

**Table 4.** Erinevate faktorite mõju õlikanepi seemnesaagile, t ha<sup>-1</sup>

Faktor	Saagikus, t ha <sup>-1</sup>		
	Külvisenorm	Pealtväetamine	Külvil väetamine
Külviaeg (ka)	$p = 0,034^*$	$p = 0,102$	$p = 0,006^*$
Külvisenorm (kn)	$p = 0,086$		
Pealtväetamine (pv)		$p < 0,001^*$	
Külvil väetamine (kv)			$p < 0,001^*$
ka x kn	$p = 0,360$		
ka x pv		$p < 0,001^*$	
ka x kv			$p = 0,020^*$

\* –  $p < 0,05$

## **Kokkuvõte**

2017. aasta jahedamapoolne vegetatsiooniperiood sobis igati õlikanepi viljelemiseks ning moodustunud seemnesaak oli suurem võrrelduna teiste Euroopa riikide põldudelt saadud keskmiste saakidega. Suurim seemnesaak saadi pealtväetamise kõrgeima väetusrežiimi (N150) korral – 1,73 t ha<sup>-1</sup>, mis on 1,2 tonni rohkem kui väetamata variandil (N0). Katsesest selgus, et külviaeg ei mõjutanud oluliselt külvisenormi variantide saagikust, välja arvatud madalaima külvisenormi puhul, kus varase külviaja saagikus oli oluliselt kõrgem hilisemate külviaegadega võrreldes. Pealtväetamise variantidel N0, N50 ja N100 ei mõjutanud külviaeg saagikuse taset. Kõrgeima väetusnormiga variandil saadi siiski olulisemalt suuremat saaki hilisema külviaja korral (23. mail). Samuti leiti, et erinevad külvisenormid ei mõjuta oluliselt õlikanepi saagikust. Kuna tegemist on ühe kasvuaasta tulemustega, on kindlasti vaja jätkata põldkatseid optimaalsete külviaegade, külvise- ja väetusnormide väljaselgitamiseks.

## **Tänuavaldused**

Uurimustöö viidi läbi Eesti Maaülikooli osalusega projekti „Teadmussiirde pikaajaline programm taimekasvatuse tegevusvaldkonnas“ MAK 2014–2020 (8–2/P13001PKTM), Haridus- ja Teadusministeeriumi institutsionaalse uurimisprojekti IUT8–3, Eesti Maaülikooli baasfinantseeritava projekti P180273PKTT ning Euroopa Regionaalarengu fondi poolt finantseeritud Teaduse Tippkeskuse EcolChange toel.

## **Kasutatud kirjandus**

- Arazhev, R. M.: Апажев Р. М. 2005. Обоснование параметров самоходного рулонного пресса для сбора растений культурной конопли и сеносоломистых материалов. – *Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук.* Москва, 194 стр. (vene keeles)
- Basic information on Finola agronomy for 2017. [http://finola.fi/wp-content/uploads/2017/10/Finola\\_basic\\_farming\\_info\\_2017.pdf](http://finola.fi/wp-content/uploads/2017/10/Finola_basic_farming_info_2017.pdf) (07.01.19).
- Callaway, J.C. 2004. Hempseed as a Nutritional Resource: An Overview. – *Euphytica*, 140, pp. 65–72.
- Cherney, J.H., Small, E. 2016. Industrial hemp in North America: production, politics and potential. – *Agronomy* 6, 58.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. (eds) E. Micheli, F.O. Nachtergaele, R.J.A. Jones, L. Montanarella. – *Soil Classification 2001*. European Soil Bureau Research Report No. 7, EUR 20398 EN, pp. 173–181.
- Efert, T. 2017. Eesti on suuruselt teine kanepikasvataja Euroopas. <https://maaelu.postimees.ee/4161461/eesti-on-suuruselt-teine-kanepikasvataja-euroopas/> (19.12.2018)

- Egnér, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische bodenanalyse als grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. – *Kungha Lantbrukhögskolans Annaler* 26, pp. 199–215.
- EU Hemp Cultivation Area 2017. 2018. European Industrial Hemp Association. [http://eiha.org/media/2018/06/18-06-11\\_EIHA\\_hempcultivationarea.png](http://eiha.org/media/2018/06/18-06-11_EIHA_hempcultivationarea.png) (14.06.18).
- Heinsoo, J. 1986. Kiukultuurid. – *Taimikasvatus*. (koost.) E. Reimets. Tallinn, lk 172–282.
- Paalman, K., Mäeorg, E. 2007. Tööstusliku kanepi arengud Euroopas ja põldkatsetest Moostes. – *Eestis kasvatatavate põllukultuuride sordid, nende omadused ja kasvatamise iseärasused*. Jõgeva Sordiaretuse Instituut, 2007. lk. 52–57.
- Paalman, K., Mäeorg, E. 2008. Kiu- ja õlikanepi saagikus, saagikvaliteet ning sobivus erinevate toodete lähtematerjalina kasutamisel. – *Põllukultuuride uuemad sordid, nende omadused ja kasvatamise omapära*. Jõgeva Sordiaretuse Instituut, 2008. lk. 59–63.
- Perfect plant. 2018a. Tööstuskanepi sordid. <https://www.perfectplant.ee/toostuskanepi-sordid> (28.12.18).
- Perfect plant. 2018b. Kanepi külvamine. <https://www.perfectplant.ee/toostuskanepi-sordid> (28.12.18).
- Procedures for Soil Analysis. 2005. (ed) L.P. van Reeuwijk, 5<sup>th</sup> edn. Wageningen, 112 pp.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* 136, pp. 199–209.
- Small, E., Marcus, D. 2002. Hemp: a new crop with new uses for North America. (eds) J. Janick and A. Whipkeys. – *Trends in new crops and new uses*. Alexandria, VA. pp. 284–326.
- Soil Survey Laboratory Staff 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. National Soil Survey Center, Lincoln, NE, USA.
- Statistics, Reports and Fact Sheets on Hemp. 2017. <https://canada.ca/en/health-canada/services/drugs-medication/cannabis/producing/selling-hemp/about-hemp-canada-hemp-industry/statistics-reports-fact-sheets-hemp.html> (07.01.2019).
- Statsoft, 2005. Statistica 7,0. Copyright 1984–2005. Tulka, OK, USA, 716 p.
- Valdmaa, U. 2018. Põllumajandussektori 2017. aasta ülevaade. – *Maaeluministerium*, 13. märts 2018, Tallinn, 99 lk.



## ILMASTIKU MÕJUST EESTIS ENAMKASVATATAVATELE KARTULISORTIDELE

**Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv**

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2019. The effect of weather to more cultivated potato varieties in Estonia. – *Agronomy 2019*.

*Potato is a very adaptable crop, but nevertheless it demands certain ecological conditions. Tuber yield and quality may be affected by the precipitation and air temperature of the vegetation period. It is important to maximize potato yield and quality under different growing conditions. It is generally accepted that locally bred varieties are better suited to local growing conditions.*

*The trial was carried out at the Estonian Crop Research Institute in 2017–2018. Fourteen potato varieties were included in the trial. The aim was to study the tuber yield of potato varieties in different weather conditions. According to the results the highest tuber yield had the domestic variety Teele in both trial years, despite of very different weather conditions. There were enough precipitations in 2017, but was very dry in 2018. The tuber yield was half or one-third lower in 2018 than in 2017. Varieties Constance and Teele had similar high tuber yield in 2017, but in 2018 the variety Toscana produced also significantly high tuber yield.*

**Keywords:** *potato variety, weather conditions*

### Sissejuhatus

Kuigi kartul on kasvutingimuste suhtes väga kohanemisvõimeline ja teda peetakse kultuuriks, mida saab kasvatada peaaegu igasugustes agrokliima- ja mullastikutingimustes, on tal, nagu igal kultuuril, fülogeneetiliselt kujunenud kindlad nõudmised ökoloogiliste tingimuste suhtes (Jõudu, 2002). Suur tähtsus on sordi omaduste stabiilsusel ja kvaliteedi säilitamisel erinevates kasvutingimustes ning mugulasaak ja kvaliteet on tugevalt seotud sordiga ning kasvukohaga (Crop Monitor, 2003; Tomasiewicz jt, 2003; Haase jt, 2005).

On teada, et Eestis aretatud kartulisordid on kohanenud ja sobilikud siinsete kasvutingimustega, kuid ka kohalikud mullastiku- ja ilmastikutingimused võivad olla erinevad. Kartuli mugulasaaki ja selle kvaliteeti võivad mõjutada peale sordi veel vegetatsiooniperioodi pikkus ja ilmastik, mullatüüp ja -lõimis. Ilmastikuteguritest mõjutavad saaki kõige enam sademed ja õhutemperatuur (Zarzyńska ja Pietraszko, 2015). Genotüübi x keskkonna vastastikune mõju on ilmnenud enamike saagi komponentide vahel, nagu nt mugulate arvuga taime kohta, mugulamassiga, saagikusega, kuivainesisaldusega ja krõpsu värvusega (Augustin jt, 2012).

Kirjanduse andmetel (Van der Zaag, 1992) võib kartulisortide parematest mullastikutingimustest viimine kehvematesse (näit. raskemasse lõimisesse) tekitada stressi (juurte areng saab pärsitud), mis omakorda võib esile kutsuda saagi- või kvaliteedilanguse.

Kartul eelistab kobedat ja õhurikast mulda. Kõige rohkem sobivad kartulile huumusrikkad saviliiv- ja liivsavimullad (Vesik, 1966). Liivmuldades on vähem orgaanilist ainet ja niiskust kui savimuldades. Sademetega suureneb mulla niiskus, mis omakorda suurendab mulla mikrobioloogilist aktiivsust (Haluschak jt, 2003).

Sordi nõuetele ja mulla omadustele vastav sademete hulk ning jagunemine vegetatsiooniperioodil avaldab suurt mõju nii mugulasaagi suurusele kui ka kvaliteedile (Vesik, 1996). Kartuli veevajadused rahuldaks aktiivsel kasvuperioodil umbes 300 mm sademeid, mis saviliivmuldadel oleks 370–390 mm ja liivsavidel 300–320 mm (Tartlan, 2005). Kirjanduse andmeil jaotuvad sademed liivsavi muldadel järgmiselt: juunis 70 mm, juulis 120 mm, augustis 90 mm (Jõudu, 2002).

### **Materjal ja meetodika**

Uurimistöös võeti vaatluse alla 14 Eestis enamkasvatatavat kartulisorti. Katsed viidi läbi 2017. ja 2018. aastal Jõgeval ETKI katsepõldudel. Eelviili oli mõlemal aastal talinisu. Katsed rajati kolmes korduses NNA (Nearest Neighbours Analyses) meetodi järgi. Katsepõld sai 500 kg ha<sup>-1</sup> kloorivaba kompleksväetist (Cropcare 12:11:18) enne kultiveerimist ja vagude ajamisel 420 kg ha<sup>-1</sup> (Cropcare 8:11:23). Kartuli mahapanek toimus 2017. a 18.05. ja 2018. a 16.05. Kasvuaegse hooldamisena mullati 2 korda ja äestati 1 kord. Umbrohutõrjet tehti 19.06.2017 ja 14.06.2018 Titus TF 25 50 g ha<sup>-1</sup>. Katsed koristati 04.09.2017 ja 04.09.2018.

Katseandmed analüüsiti ühefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil (ANOVA, Fisher'i LSD test) statistikaprogrammi Agrobase (Agrobase 20<sup>TM</sup>, 1999) abil, usalduspiirid 95% (PD<sub>0,05</sub>) tõenäosusega.

### **Tulemused ja arutelu**

2017. katseaasta tulemustest nähtub, et sortidel 'Teele' ja 'Constance' oli mugulasaak kõige kõrgem (~65 t ha<sup>-1</sup>). Usutavalt madalam saagikus oli sortidel 'Carolus', 'Laura', 'Marabel', 'Red Lady', 'Red Sonia' ja 'Tiina' (joonis 1). Ülejäänud katsesortide vahel usutavat erinevust ei esinenud.

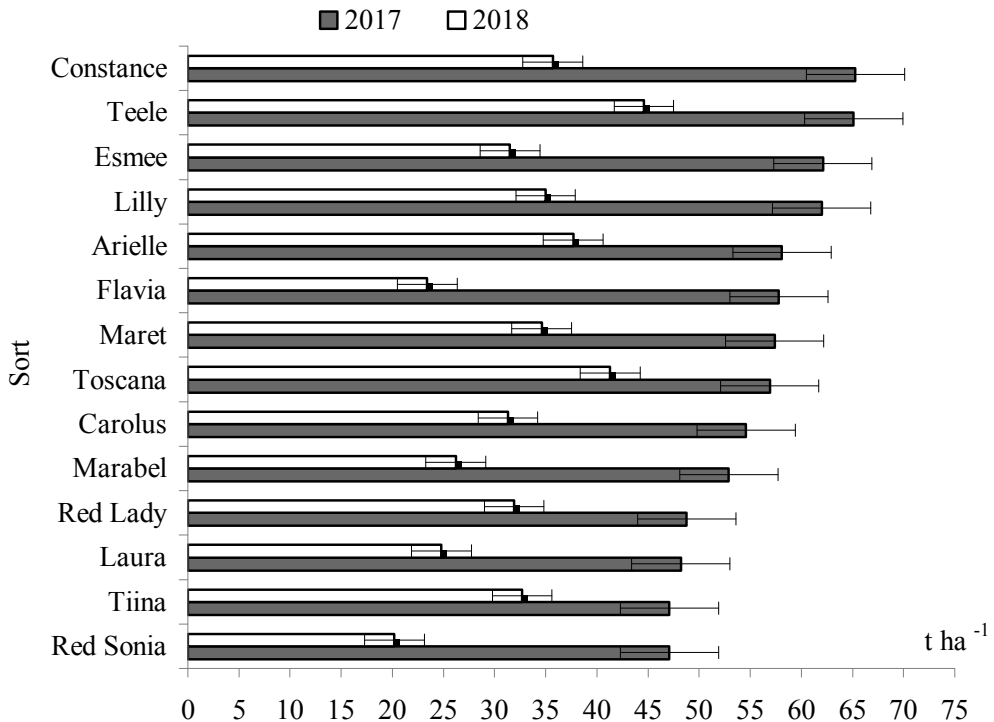
2018. aastal olid mugulasaagid põuase suve tõttu 1/3–1/2 võrra madalamad kui 2017. aastal. Ka saagikuse erinevused sortide vahel olid 2018. aastal väiksemad. Usutavalt kõrgeima saagikusega olid sordid 'Teele' (44,6 t ha<sup>-1</sup>) ja 'Toscana' (41,3 t ha<sup>-1</sup>). Usutavalt väiksema mugulasaagikusega olid kõik ülejäänud sordid.

Kui 2017. aastal oli sortide keskmine mugulasaak statistilise analüüsi põhjal 56,0 t ha<sup>-1</sup> ja 2018. aastal 32,2 t ha<sup>-1</sup>, siis seda erinevust võib selgitada ilmastikuga. Kui 2017. aastal tuli Jõgeval sademeid kartuli kasvuperioodil 312 mm (mis ongi kartuli vajadus), siis 2018. aastal vaid 159 mm, mis on ½ vähem normist (tabel 1). Kartuli saagikust mõjutasid faktoriaalse dispersioonanalüüsi põhjal enim katseaastate ilmastikutingimused 69,2% ulatuses, sordi mõju saagile oli 16,1% ja 14,7% jäi ülejäänud saaki mõjutavatele teguritele.

**Tabel 1.** Ilmastik kartuli kasvuperioodil (Jõgeva ETKi andmed)

Kuu	Dekaad	Keskmine õhutemperatuur, °C			Sademete summa, mm			Mulla produktiivne veevaru mm	
		2017	2018	Keskm.*	2017	2018	Keskm.*	2017	2018
Mai	I	5,7	11,1	8,4	4	9	13	-	-
	II	9,5	16,1	10,6	1	3	17	-	-
	III	13,2	16,2	11,9	4	5	19	-	-
Juuni	I	11,9	13,4	13,5	25	5	15	-	-
	II	14,8	16,8	14,4	20	7	26	-	-
	III	13,4	14,8	15,4	33	11	28	-	14,6
Juuli	I	13,8	15,6	16,4	8	10	23	30	4,9
	II	14,8	21,7	16,9	45	5	26	34,9	1,3
	III	16,1	23,2	17,0	4	0,5	30	19,8	0,0
August	I	17,3	21,1	16,6	22	31	30	24,7	20,8
	II	17,5	17,3	15,5	35	29	29	22,1	18,4
	III	13,1	15,6	14,1	26	16	30	-	-
Sept	I	12,4	17,2	12,4	14	1	21	-	-
	II	12,5	14,1	10,6	71	26	21	-	-
Summa	-	-	-	-	312	159	328	-	-

\*Aastate 1922–2017 keskmine

**Joonis 1.** Kartulisortide saagikus 2017. ja 2018. aastal (2017. a I – PD<sub>0,05</sub> = 9,62, p < 0,05; 2018. a I – PD<sub>0,05</sub> = 5,84, p < 0,05)

## Kokkuvõte

Mõlema katseaasta väga erinevates ilmastikuoludes oli kõrgeima mugula-  
saagiga kodumaine sort 'Teele', mis näitab sordi saagikuse stabiilsust. 2017.  
aastal oli kõrge saagikusega sort 'Constance' ja 2018. aastal 'Toscana'. Mugula-  
saaki mõjutab ilmastikunäitajatest kõige rohkem sademete hulk vegetatsiooni-  
perioodil.

## Kasutatud kirjandus

- Augustin, L., Milach, S., Bisogin, D.A., Suzin, M. 2012. Genotype x environment in-  
teraction of agronomic and processing quality traits in potato. – *Horticultura Bra-  
sileira* 30, pp. 84–90.
- Haase, T., Krause, T., Haase, N.U., Böhm, H., Loges, R., Heß, J. 2005. Effect of loca-  
tion and cultivar on yield and quality of organic potatoes for processing to crisps.  
– *Abstracts of Papers and Posters II of 16th Triennial conference of the EAPR*, pp.  
699–703.
- Jõudu, J. 2002. Kartuli kasvu mõjutavad tegurid ja mugulate moodustamine. – *Kartuli-  
kasvatus*. (koost.) J. Jõudu. Tartu, lk. 69–97.
- Potato Variety Agronomy Profile. – *Crop Monitor*. 2003. College of Agriculture, Food  
and Rural Enterprise. I. 8, pp. 1–8.
- 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, pp. 511–517.
- Vesik, E. 1996. Kartulikasvatus. – *Agronomiline teatmik*. Tallinn, lk. 80.
- Van der Zaag, D.E. 1992. Potatoes and their cultivation in the Netherlands. Haag, 76 p.
- Tomasiewicz, D., Harland, M., Moons, B. 2003. Irrigation. – *Guide to Commercial Po-  
tato Production on the Canadian Prairies*. Western Potato Council of Canada,  
pp. 55–60.
- Haluschak, P., McKenzie, C., Panchun, K. 2003. Field selection Soil Management and  
Fertility. – *Guide to Commercial Potato Production on the Canadian Prairies*.  
Western Potato Council of Canada, pp. 23–29.

## ESIMESED KATSETUSED BATAADI KASVATAMISEL EESTI PÕLLUL

Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Pille Meinson, Tiina Tosens,  
Siim Kõre, Rainis Sikk, Ülo Niinemets

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Runno-Paurson, E., Eremeev, V., Meinson, P., Tosens, T., Kõre, S., Sikk, R., Niinemets, Ü. 2019. First steps on sweet potato cultivation in Estonia. – *Agronomy* 2019.

*With warmer summers, sweet potato (*Ipomoea batatas*) could become a new field crop for Estonia. In this study, sweet potato was cultivated first time in Estonian field conditions in 2018. The summer of 2018 was 3.1 °C warmer than long-term average (average growing period temperature of 16.5±4.7 °C vs. 30 yr average ± SD temperature of 13.4±4.1). Two sweet potato cultivars Evangeline (Louisiana, USA) and Covington (North Carolina, USA) with two different fertilization regimes of fertilization (0 kg N ha<sup>-1</sup>, N0 and 100 kg N ha<sup>-1</sup>, N100), and different precultivation practices (pregrown sweet potato slips, entire or sliced tubers) were tested. The growth period lasted 123 days and only the cultivation using pregrown slips was successful, resulting in yields comparable to those in sweet potato traditional cultivation areas. For the slip-grown plants, significant differences in tuber yield were observed between the cultivars [15.2±1.6 (average ± SE) t ha<sup>-1</sup> for Evangeline and 11.4±1.2 t ha<sup>-1</sup> for Covington] and fertilisation treatments. The highest yield was obtained for N100 treatment in the cultivar Evangeline (17.5±2.1 t ha<sup>-1</sup>). The lowest yield was obtained in the cultivar Covington N100 treatment (9.9±0.7 t ha<sup>-1</sup>). The results of this field trial demonstrate that in warmer summers as predicted in the future, sweet potato is a promising new crop for Estonian field conditions. Future studies are needed to optimize the planting and harvesting times and fertilization protocols as well as analyse more cultivars with different climatic requirements.*

**Keywords:** novel cultures, cultivation methods, sweet potato, fertilisation, yield, cultivar

### Sissejuhatus

Bataat ehk maguskartul (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) on Eestis kauge külaline, pärinedes arvatavasti troopilistest ja subtroopilistest Kesk- ja Lõuna-Ameerika piirkondadest. Võiks arvata, et bataat on kartuli lähisugulane, kuid ta kuulub hoopis perekonda lehtertapp ja sugukonda kassitapulised (*Convolvulaceae*). Küll on kartul ja bataat sugulased seltsi tasemel: maavitsalaadsete (*Solanales*) seltsi kuuluvad nii maavitsaliste (*Solanaceae*) sugukond kui kassitapuliste sugukond. Miks bataati kasvatada? Bataat on tervisele väga kasulik, sisaldades rikkalikult retinoide ja karotenoide (vitamiin A prekursorid) ja askorbiinhapet (vitamiin C) ja on äärmiselt kiudaineterikas (Ishida jt, 2000; Bovell-Benjamin, 2007). Just β-karoteeni suur sisaldus annab bataadile oranžika värvuse. Rohke kaaliumi sisaldus teeb bataadi kasulikuks põllukultuuriks just südamertervisele (Olaofe ja Sanni, 1988). Bataat sisaldab märkimisväärselt mangaani, mis on oluline komponent aju ja närvide normaalseks funktsioneerimiseks. Bataadil on võrreldes kartuliga madalam glükeemiline indeks (Atkinson jt, 2008), kuna bataadis

sisalduv tärkelis on kartulitärklisega võrreldes keerulisema struktuuriga. See on oluline näitaja diabeetikutele, kuna keeruliste polüsahhariidide lagundamine on aeganõudvam, hoides ära järsu vere glükoosisialduse tõusu. Lisaks sisaldab bataat ka teisi polüsahhariide, millel võib olla antioksüdatiivseid, vähi- ja põletikuvastaseid mõjusid (Zhao jt, 2005; Yuan jt, 2017).

Selle juurvilja kasumlikkuse pärast on teda proovitud viljeleda ka epitsentrist väljaspool ja üsna edukalt. Juhtivad bataadi kasvatusmaad on Hiina, Aafrika ja Lõuna-Ameerika riigid, jmt (FAO, 2018). Samas kasvatatakse bataati üsna laialdel pindadel ka USA-s. Bataadi puhul ei ole tegemist väga kõrget väetusfooni vajava põllukultuuriga ning ta saab väga hästi hakkama ka põuastes tingimustes (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2011).

Kuidas siis põhjapoolsetes regioonides selle kultuuri kasvatamisega hakka- ma saada? Kindlasti tulevad siinkohal appi kliimamuutused. Järjest enam on kasvanud Põhja-Euroopas keskmisest kõrgemate temperatuuridega suvede arv ja selle kasvu prognoositakse veelgi (Kocmánková jt, 2010; Pulatov jt, 2015). Soojeneva kliima kontekstis, kus kevaded ja varasügised on põuasemad ja Põhja-Euroopas on hüppeliselt kasvanud nende suvepäevade arv, mil temperatuur on kõrgem kui 20 °C, esinevad kuumalained (Kim jt, 2018), ning öökülmad on hilisema algusega, on bataadikasvatus Eestis täiesti võimalik. Samas bataadi kasvuperiood troopilistel sortidel on 4–5 kuud (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2011), kuid meie kliimas sellest ei piisa. Meie laiuskraadidel tuleks kindlasti viljeleda selliseid sorte, mille kasvuaeg on lühem, näiteks 90 kuni 100 päeva.

Bataati on Eestis kasvatatud kodustes tingimustes nii kasvuhoonetes, kasvulavatsites kui ka tuulevaiksetes aiasoppides. Meie pilootkatse põhieesmärk oli uurida bataadi kasvatus võimalikkust Eestis just avamaa põllutingimustes. Testisime hüpoteese, et a) bataadi saagikus sõltub mahapaneku viisist (ettekavatatud võrsed vs mugulad), b) bataat jõuab viljuda, c) saagikus on suurem jahedama piirkonna (USA Põhja-Carolina osariik) sordil 'Govington' võrreldes kuumema piirkonna (USA, Louisiana osariik) sordiga 'Evangeline' ja (d) väetamise mõju saagile on kuival ja kuumal suvel tagasihoidlik.

## **Materjal ja meetodika**

Bataadi katse rajati Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama Eerika põllule 2018. aastal. Põllu eelviljad olid 2016. aastal kartul ja 2017. aastal teravili. Katses kasvatati kahte USAs aretatud sorti, 'Evangeline' (Louisiana Põllumajanduse Katsekeskus) ja 'Govington' (Põhja-Carolina Riiklik Ülikool). Sordi 'Evangeline' mugulad olid imporditud Egiptusest ja sordi 'Govington' mugulad USAst. Bataat istutati põllule kolmes eri variandis 6. juunil: terve mugul, poolitatud mugul ja ettekasvatatud võrsed. Ettekasvatamine toimus Biolan aiamaa mustmullaga (12–14–24 + Mg sisaldav lubjakivipulber 4 kg m<sup>3</sup>, pH 6,0) täidetud

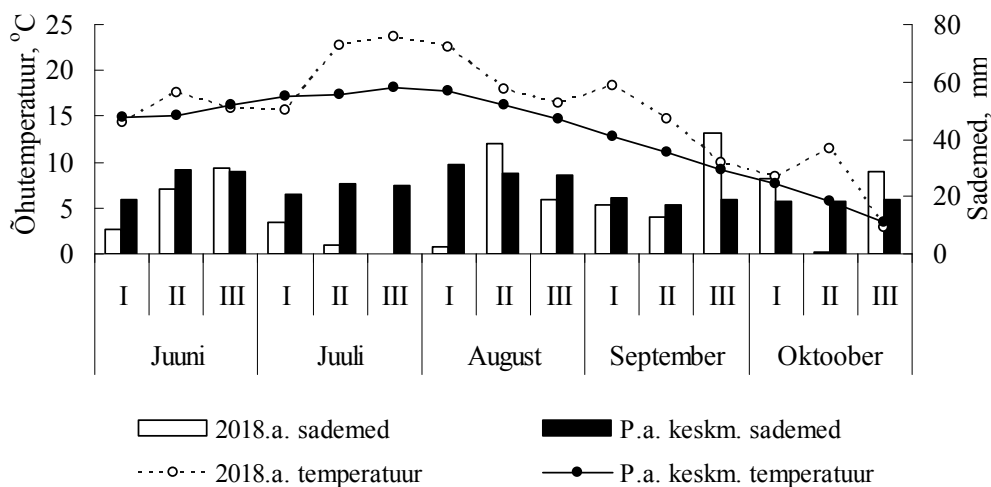
kastides, järgmistel tingimustel: temperatuur 22 °C, niiskustase 65% ja valgus 700  $\mu\text{mol m}^2$ . Võrsete ettekasvatamine võttis aega 40–45 päeva. Kõikidel juhtudel istutati katsematerjal 50 cm vahekaugusega. Igas katsevariandis oli 6 mugulat, katselapi suurus oli 2,1  $\text{m}^2$ . Väetusvariante oli kaks N0 ja N100. Väetati YaraBela Axan 27 + 4S kahes jaos, 8. juunil anti 50  $\text{kg ha}^{-1}$  ja 15. juunil veel 50  $\text{kg ha}^{-1}$  väetist. Taimekaitse töid ei teostatud ja umbrohi eemaldati kasvuperioodi jooksul mehaaniliselt kahel korral. Kuna tegemist oli erakordselt kuuma ja kuiva kasvuaastaga (joonis 1), siis kasteti bataati vajaduspõhiselt, kokku kaheksa korda vegetatsiooniperioodi jooksul intervalliga 7–9 päeva ja igal kastmiskorral anti taimetele ligikaudu 500 ml vett. Saak koristati kõikidelt katselappidelt 15. oktoobril.

Katseala mullastik oli näivleeturunud (*Stagnic Luvisol*) WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (Deckers jt, 2002), lõimise kerge liivsavi ja kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksus 27–30 cm (Reintam ja Köster, 2006). Mullaproovid koguti kevadel 20 cm sügavuselt vahetult enne bataadi istutamist põllule 6. juunil. Õhukuivad proovid sõeluti läbi 2 mm avadega sõela. Mulla pH määrati 1M KCl lahuses (vahekord (1:2,5), mulla orgaaniline süsinik ( $C_{\text{org}}$ ) määrati Tjurini meetodil (Soil Survey Laboratory Staff, 1996). Mulla üldlämmastiku sisaldus  $N_{\text{uld}}$  määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for Soil Analysis, 2005). Taimedele omastatavad toiteelemendid (P, K, Ca ja Mg) määrati AL-meetodil (Egnér jt, 1960). Katse alguses iseloomustasid mulla huumushorisonti järgmised näitajad:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,6,  $C_{\text{org}}$  1,41%,  $N_{\text{uld}}$  0,10%, taimedele omastatavad toiteelemendid P 86,3  $\text{mg kg}^{-1}$ , K 149,6  $\text{mg kg}^{-1}$ , Ca 1122  $\text{mg kg}^{-1}$ , Mg 154  $\text{mg kg}^{-1}$ .

Statistiline analüüs tehti Statistica 13 programmiga. Erinevused katsevariantide bataadi mugulate saagikuses ja mugulate arvukuses leiti ühe ja mitmekordse ANOVA abil, variantide võrdluses kasutati Fisher'i LSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ).

## Tulemused ja arutelu

2018. aasta kasvuaastal olid ilmastikutingimused bataadi kasvuseks väga soodsad (joonis 1) ning kasvuaeg vältas neli kuud. Mõlemad sordid, 'Covington' ja 'Evangeline', jõudsid ettekasvatatud variantides moodustada mugulad (joonis 2). Täielikult ebaõnnestus mugulast mahapanek, kus sordil 'Evangeline' tärkas vaid 8% ja sordil 'Covington' 6% mugulatest. Kindlasti sellist mahapaneku viisi me soovitada ei saa, kuigi juurdunud mugulatükiga mahapaneku varianti mujal kasutatakse (Coolong jt, 2012). Kuna tegemist ei olnud spetsiaalselt seemnemugulatega, vaid kaubandusvõrgust soetatutega, kus mugulaid töödeldakse tärkamist pärssivate vahenditega, siis tõenäoliselt oli see põhjuseks, miks ette kasvatamata mugulate mahapanek ebaõnnestus. Lisaks on meie kliimas kevadsuvised mulla-temperatuurid üldjuhul madalad ja sellele lisaks kuiv kevad, ei loonud soodsaid olusid mugulate idanemiseks.



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

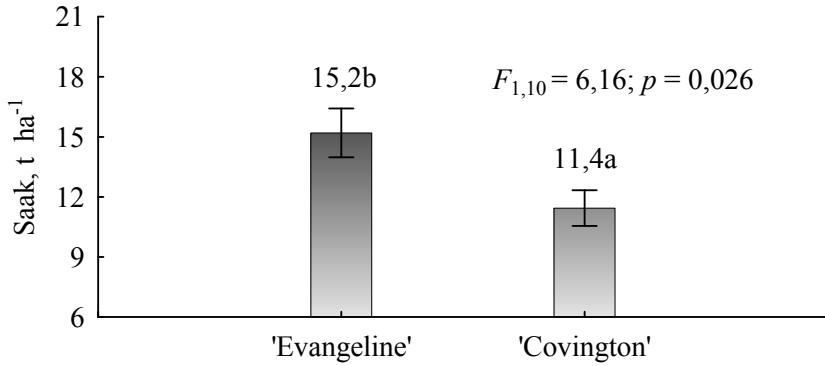


**Joonis 2.** Mõlema sordi, nii ‘Covington’ kui ‘Evangeline’, väetamata variandid moodustasid arvestatava saagi Eesti põllutingimustes (autor E. Runno-Paurson)

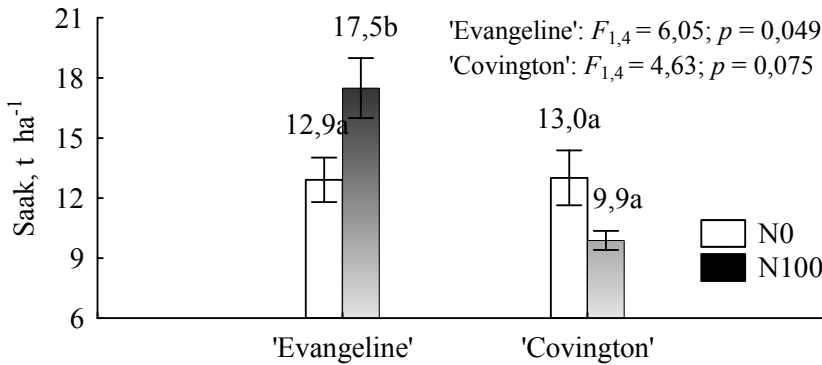
Erinevalt hüpoteesist, oli lõunapoolsema päritoluga sordi ‘Evangeline’ mugulate keskmine saagikus oluliselt kõrgem (15,2 t ha<sup>-1</sup>) kui sordil ‘Covington’ (11,4 t ha<sup>-1</sup>) ( $p = 0,026$ ) (joonis 3). Sordil ‘Evangeline’ oli mugulate saagikus oluliselt kõrgem väetatud variandis N100 kui väetamata variandis N0 ( $p = 0,049$ ) (joonis 4). Sordil ‘Covington’ seevastu väetamise mõju statistiliselt oluline ei olnud ( $p = 0,075$ ) (joonis 4).

Keskmine mugulate arv taime kohta oli üsna sarnane mõlemal sordil, olles sordil ‘Evangeline’ keskmiselt 10,3 mugulat ja sordil ‘Covington’ 8,2 mugulat taime kohta ( $p = 0,069$ ) (joonis 5). Sarnaselt ei leitud olulist erinevust mõlema sordi mugulate arvus väetusvariantide vahel ( $p = 0,236$  ja  $p = 0,085$ ) (joonis 6).

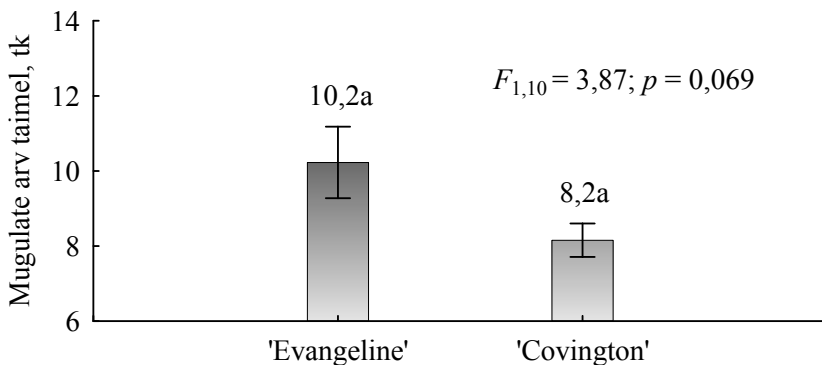




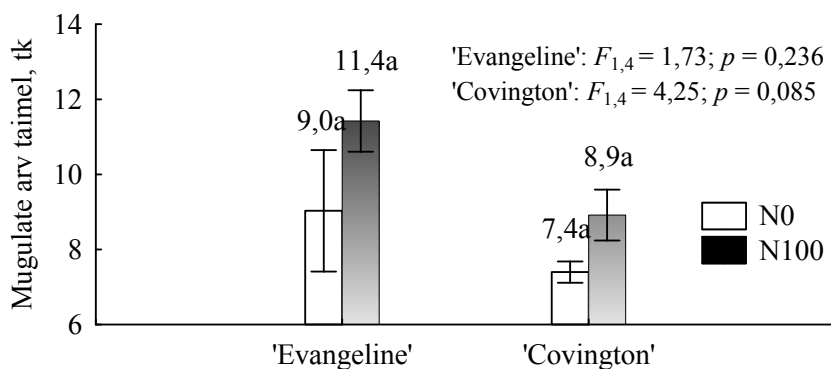
**Joonis 3.** Bataadi mugulate keskmine saak (t ha<sup>-1</sup>) sortidel 'Evangeline' ja 'Covington' ettekasvatatud variandis. Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviiga



**Joonis 4.** Bataadi mugulate keskmine saak (t ha<sup>-1</sup>) sõltuvalt väetusviisist ettekasvatatud variandis. Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviiga



**Joonis 5.** Keskmine mugulate arv taimel koht sortidel 'Evangeline' ja 'Covington' ettekasvatatud variandis. Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviiga



**Joonis 6.** Mugulate keskmine arv taime kohta sõltuvalt väetusviisist ettekasvatatud variandis. Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

Sordi 'Covington' väetatud variant andis katses kõige madalama saagi, samas kui sordi 'Evangeline' väetatud variant oli põldkatses kõige kõrgema saagiga. Ilmselt on sordi 'Covington' algareng aeglasem kui sordil 'Evangeline' ja lisaks reageeris sort väetamisele kasvu pärssivalt. Katsetulemuste põhjal võime soovitada teha teine väetuskord hiljem, siis kui taim on juurdunud. Yenchon jt, (2008) on leidnud, et sordil 'Covington' tuleks anda väetis kahes jaos, esimene kord 10 päeva pärast istutamist ja teine kord 28 päeva pärast.

Katses täheldati juuli keskel lehtedel mulgustusi ehk kahjurite kahjustust. Olulist taime kasvu pärssivat efekti siiski ei täheldatud ja hiljem kahjustate rünnak ei olnud intensiivne ning keemilist tõrjet ei teostatud. Kasvuaegseid taimehaigusi ei täheldatud.

Sellest katses saadud bataadi saak oli tasemelt sarnane Malaisias viie sordiga läbi viidud põldkatses, mis varieerus 9,8–13,3 t ha<sup>-1</sup> (Vosawai jt, 2015). Iisraelis oli keskmine bataadi saagikus põldudel 15 t ha<sup>-1</sup> (Loebenstein ja Thottappilly, 2009). Saksamaal läbiviidud bataadi katsetes varieerusid saagikused sorditi 16,0–34,0 t ha<sup>-1</sup> (Kell ja Jaksch, 2014). Kuid katses saadud saagitase jääb tugevasti alla USAs korraldatud põldkatsete tulemustele, kus sordi 'Covington' saagikus oli vahemikus 45–48 t ha<sup>-1</sup> (Yenchon jt, 2008) ja sordil 'Evangeline' 17,5–30 t ha<sup>-1</sup> (La Bonte ja Wilson, 2008). Kindlasti annab bataadi saagikust tõsta täpsemalt planeeritud väetamisega, nii sobivama väetise kui dooside osas, samuti on vajalik optimeerida ettekasvatamise tingimusi. Uurida tuleks ka erinevate istutusaegade ja tingimuste mõju saagikusele.

## Kokkuvõte

Eerika 2018. aasta põldkatses oli bataadi kasvuaja pikkus neli kuud ja mõlemad sordid moodustasid mugulad. Katses saadud saak ei jää alla Euroopas saadud katsete tulemustele. Seega saab 2018. aastal läbiviidud katse põhjal väita, et keskmisest soojema suve korral saab Eesti põllutingimustes edukalt

bataati kasvatada. Bataadi saagikust aitab kindlasti tõsta täpsemalt planeeritud väetamisega, nii sobivama väetise kui dooside osas, samuti on vajalik optimeerida ettekasvatamise tingimusi. Seetõttu tuleks katsetada erinevate väetiste, istutusaegade ja tingimuste mõju saagikusele. Edaspidi on plaanis fotosünteesi mõõtmised bataadi kuivastressi mõjude hindamiseks erinevates kasvufaasides ja taimekahjustajate analüüs.

## **Tänuavaldused**

Täname väga Hille Lassi ja Helina Nassarit katsetöödel osalemise eest! Uurimustöö viidi läbi projektide IUT8–3, EcolChange (8F160018PKTF) ja Haridus- ja Teadusministeeriumi baasfinantseeritava projekti P180273PKTT toel.

## **Kasutatud kirjandus**

- Atkinson, D.S., Foster-Powell, K., Brand-Miller, J.C. 2008. International tables of glycaemic index and glycaemic load values: 2008. – *Diabetes Care* 31(12), pp. 2281–2283.
- Bovell-Benjamin, A.C. 2007. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. – *Advances in Food and Nutrition Research* 52, pp. 1–59.
- Coolong, T., Bessin, R., Fannin, S. 2012. Sweetpotato production for Kentucky. – *Cooperative Extension Service*, University of Kentucky College of Agriculture, Lexington, KY, 16 p.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. (eds) E. Micheli, F.O. Nachtergaele, R.J.A. Jones, L. Montanarella – *Soil Classification 2001*. European Soil Bureau Research Report No. 7, EUR 20398 EN, pp. 173–181.
- Egnér, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische bodenanalyse als grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. – *Kunliga Lantbrukhögskolans Annaler* 26, pp. 199–215. (saksa keeles).
- FAO, 2018. Review of CGIAR priorities and Strategies. Sweet potato. <http://fao.org/wairdocs/tac/x5756e/x5756e08.htm> (04.12.18).
- Ishida, H., Suzuno, H., Sugiyama, N., Innami, S., Tadokoro, T., and Maekawa, A. 2000. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* poir). – *Food Chemistry* 68, pp. 359–367.
- Ipomoea batatas* (sweet potato) ‘Evangeline’. <http://hishtil.com/our-products/concepts-specialties/special-products/ipomoea-batatas-sweet-potato-evangeline-pbr> (08.11.2018).
- Kell, K., Jaksch, T. 2014. Süßkartoffeln im Freiland: Anzuchtverfahren und Sorten. 6 lk. <https://hortigate.de/Apps/WebObjects/Hortigate.woa/spider/meta?infometa=63300> (04.12.2018).

- 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. – *International Journal of Climatology* 38, pp. 1393–1408.
- Kocmánková, E., Trnka, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Dubrovský, M., Semerádová, D., Žalud, Z., Juroch, J., Možný, M. 2010. Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central European region. – *Climate Research* 44, pp. 95–105.
- La Bonte, D.R., Wilson, P.W. 2008. ‘Evangeline’ Sweetpotato. – *HortScience* 43(1), pp. 258–259.
- Loebenstein, G., Thottappilly, G. 2009. *The Sweetpotato*. Springer Science+Business Media B.V, 522 p.
- Procedures for Soil Analysis. 2005. (ed) L.P. van Reeuwijk, 5th edn. Wageningen, 112 p.
- Olaofe, O., Sanni, O.C. 1988. Mineral contents of agricultural products. – *Food chemistry* 30(1), pp. 73–77.
- Pulatov, B., Linderson, M.L., Hall, K., Jönsson, A.M. 2015. Modeling climate change impact on potato crop phenology, and risk of frost damage and heat stress in northern Europe. – *Agricultural and Forest Meteorology* 214–215, pp. 281–292.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* 136, pp. 199–209.
- Soil Survey Laboratory Staff 1996. Soil survey laboratory methods manual. – Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. National Soil Survey Center, Lincoln, NE, USA.
- Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. 2011. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) production. Printed and published by Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of South Africa, 20. p.
- Vosawai, P., Halim, R.A., Shukor, A.R. 2015. Yield and nutritive quality of five sweet potato varieties in response to nitrogen levels. – *Advances in Plants & Agriculture Research* 2(5), pp. 231–237.
- Yencho, G.C., Pecota, K.V., Schultheis, J.R., VanEsbroeck, Z-P., Little, B.E., Thornton, A.C., Truong, V-D. 2008. ‘Covington’ sweetpotato. – *HortsScience* 43(6), pp. 1911–1914.
- Yuan, B., Yang, X.Q., Kou, M., Lu, C.Y., Wang, Y.Y., Peng, J., Jiang, J.H. 2017. Selenylation of polysaccharide from the sweet potato and evaluation of antioxidant, antitumor, and antidiabetic activities. – *Journal of agricultural and food chemistry* 65, pp. 605–617.
- Zhao, G., Kan, J., Li, Z., Chen, Z. 2005. Characterization and immunostimulatory activity of an (1 → 6)-a-D-glucan from the root of *Ipomoea batatas*. – *Int. Immunopharmacol.* 5, pp. 1436–1445.

## ***TAIMEKAITSE***

## MÜKOTOKSIINID JA FUSARIUM SEENED TERAVILJADES – ÜLEVAADE TINGIMUSTEST

Elina Akk<sup>1</sup>, Liina Edesi<sup>1</sup>, Tiina Talve<sup>1</sup>, Bulat Islamov<sup>1</sup>, Mary-Liis Kütt<sup>3</sup>,  
Enn Lauringson<sup>2</sup>, Ene Ilumäe<sup>1</sup>, Kalvi Tamm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eesti Taimakasvatuse Instituut, <sup>2</sup>Eesti Maaülikool, <sup>3</sup>Tartu Ülikool

**Abstract.** Akk, E., Edesi, L., Talve, T., Islamov, B., Kütt, M. L., Lauringson, E., Ilumäe, E., Tamm, K. 2019. Mycotoxins and *Fusarium* fungi in cereals – overview of conditions. – *Agronomy* 2019.

*In this short review weather and agronomic aspects, what influenced the incidence of Fusarium fungi and mycotoxins in the cereals yield, are described. The results of review are additionally summarized in the tables.*

**Keywords:** *mycotoxins, cereals, agronomic aspects, Fusarium spp., weather conditions*

### Sissejuhatus

Teravilja kasutatakse nii kodumaise toidu tootmise toormena kui ka eksporditakse. Teraviljatoodangu üheks kvaliteedinäitajaks on mikrobioloogiline ja toksikoloogiline puhtus ehk toidu- ja söödaohutus. Mükotoksiinid on väikesed molekulid ja hallitusseente ainevahetuse saadused. Neid toodetakse seeneniidistiku ja eoste arenemise ajal ning ka spooride levimisel (Fox ja Howlett, 2008). Mükotoksiinide sisaldust kontrollitakse regulaarselt teravilja töötleva tööstuse ja kogumisterritoriaalide laborites. Miks on mükotoksiinide esinemine teraviljas halb? Sellepärast, et mükotoksiinid põhjustavad inimestele toidus ja loomadele söödas tervisehäireid. Nimetatud ühendid tekitavad kahjustusi vereloome-, ainevahetuse- ja närvisüsteemis. Mürgistuse sümptomid võivad olla inimestel näiteks kõhuvalu ja -lahtisus, nahalööve, oksendamine, hingamisraskused, peavalu ja -ringlus. Loomade ja lindude puhul on mürgistuse tunnused isutus, loidus, oksendamine, hingeldamine ja hingamisraskused, kõhulahtisus, viljatus, vigased noorloomad või tibud. Eriti tundlikud on hobused ja sead, mürgistusnähtuste ilmnemisel võib järgneda kiire surm (Rocha jt, 2014). Inimeste ja loomade mükotoksiinidest põhjustatud mürgistust nimetatakse mükotoksikoosiks. Võrdluseks võib tuua, et mükotoksiinid on taimekaitsevahenditest 50–1000 korda mürgisemad. Terasaagi mürgiseks muutumist põhjustavad hallitusseened perekondadest *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* ja *Penicillium*, kes elavad mikroobses koosluses taimsel materjalil. Mükotoksiine teatakse üle 400 keemilise ühendi (Betina, 1984). Enam mükotoksikoos põhjustavad toksiinid: DON – deoksünivalenool, ZEN/ZON – zearalenoon, NIV – nivalenool, T2 ja HT2 toksiinid ja MON – moniliformiin. Eelnimetatud toksiiine toodavad hallitusseened perekonnast *Fusarium* spp. Hallitusseened *Penicillium* spp. ja *Aspergillus* spp. põhjustavad teravilja saastumist

mükotoksiiniga ohratoksiin (OTA), *Aspergillus* spp. seened ka aflatoksiinidega (AFL) (Paterson ja Lima, 2011). *Fusarium* mükotoksiine teatakse üle 140 ühendi. *Fusarium* seened teevad läbi kaks olulist elutsükli: kasvufaasi (mütseeli areng) ja paljunemise, nii lülieostega kui ka spooridega. Üleminekuid arengufaaside vahel reguleerivad keskkonnategurid, niiskus ja temperatuur. Sademete hulk, õhuniiskus ja -temperatuur soodustavad või pärsvivad teraviljade õitsemise ajal *Fusarium* seente levimist teradesse (Vánova jt, 2009b). Ka Eestis tehtud uurin-gutes sõltus *Fusarium* seente esinemissagedus terades just ilmastikust (projektid “Vähetuntud toksiidid tekitavate hallitusseente nomenklatuuri täpsustamine, tok-siidide tekkimise tingimuste ja riskide vältimise selgitamine odral” ja “Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülv) rakenduslik kompleksuuring”).

Deoksünivalenool (DON, teise nimega vomitoksiin), nivalenool ja T2/HT2 on enim teravilja toodangus esinevad *Fusarium* seente poolt toodetud ühen-did. DON ehk deoksünivalenooli leidub teraviljades kõige enam. Samuti on ta põhiliseks indikaatoriks teravilja ohutuse kohta teravilja turustamise sektoris.

Käesoleva töö eesmärk on esitada kokkuvõtte mõnede mükotoksiinide maksimaalsete lubatud piirmäärade kohta, kuidas agronoomilised ja keskkonna-tingimused mõjutavad *Fusarium* seente levikut ning mükotoksiinide (DON näi-tel) teket teravilja saagis.

## **Materjal ja meetodika**

Artiklis kasutatakse Eesti Taimekasvatuse Insituudis tehtud uurimistööde tulemusi ja kirjanduse analüüsi.

## **Tulemused ja arutelu**

Mükotoksiinide mürgisus sõltub nende liigist ja kogusest, seetõttu on nende sisaldusele teraviljas ja teraviljatoodetes Euroopa Komisjoni määruses kehtestatud piirmäärad. Need on kehtestatud pikaajaliste uuringute ja loomkatsete tulemuste põhjal. Näitena esitame deoksünivalenooli, zearalenooli ja ohratoksiini luba-tud maksimaalsed sisaldused teraviljas ja teraviljatoodetes. Lubatud piirmäärade sisaldused erinevad toidu- ja söödaviljas, teravilja liikide ja loomaliikide puhul (tabel 1). Tööstuslikuks otstarbeks (bioetanool, biopolümeeride tootmine) tera-viljade kasutamisel mükotoksiinide piirmäärasid kehtestatud pole. Mükotok-siinide HT2 ja T2 maksimaalsed piirmäärad toiduteraviljas ja söötades on aga soovituslikuks jälgimiseks (tabel 2) ja nende sisaldusi teraviljades ei kontrollita. Tühjad kohad tabelites näitavad, et numbrilist piirmäära ei ole kehtestatud.

Eesti teraviljas levinud *Fusarium* liigid on *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium poae* jt. *Fusarium* seened põhjustavad teraviljade peades valgepähiksust, mille sümptomiteks on pähikute tühjaks jäämine, samuti krimp-sus ja punaka kirmega terad. Peades on näha heledad kohad või roosakaspruunid laigud (Lõiveke, 2008; Lõiveke jt, 2004). *Fusarium* seente arenemist põllu-

tingimustes mõjutavad ilmastik, mullastik ja argonoomilised tingimused (Parikka jt, 2012).

**Tabel 1.** Mükotoksiinide lubatud maksimaalsed piirmäärad töötlemata teraviljas, teraviljatoodetes ja söödas, kogus  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (Euroopa Komisjoni määrus 2006/1881)

Töötlemata teravili ja teraviljatooted toiduks	DON <sup>a</sup>	ZEA <sup>a</sup>	OTA <sup>a</sup>
Töötlemata teravili (v.a. durum nisu, kaer)	1250	100	5
Töötlemata kaer, durum nisu	1750	100	5
Teraviljajahud, kliid, idud, pastad	750	75	3
Leivad, pagaritooted, küpsised, hommikuhelbed, pudrud, kondiitritooted	500	50	0
Teraviljapõhised imiku ja väikelaste toidud	200	20	0
<b>Söödad</b>			
Teravili ja teraviljapõhised söödad	8000	2000	250
Täiend- ja täissöödad	5000		
Täiend- ja täissöödad sigadele	900		
Emistele ja nuumsigadele	2000	250	50
Pörsastele ja noortele emistele		100	50
Täiend- ja täissöödad vasikatele (alla 4 kuu vanused), lammastele ja kitsedele	2000		
Vasikatele, lüpsilehmadele, lammastele ja kitsedele		500	
Kodulindudele			100

a – DON-deoksüinivalenool, ZEA-zearalenool, OTA-ohratoksiin

**Tabel 2.** Mükotoksiinide HT2 ja T2 summaarsed soovituslikud maksimaalsed piirmäärad toiduteraviljas ja söötades, HT2 ja T2 kokku  $\mu\text{g/kg}$  (Euroopa Liidu Teataja, 2013/165/EL)

Toiduvili	HT2 <sup>a</sup> ja T2 <sup>a</sup> kokku	Söödavili	HT2 <sup>a</sup> ja T2 <sup>a</sup> kokku
Kaer (koos kestaga)	1000	Kaera jahvatatud toode koos kestadega	2000
Nisu, rukis ja teised teraviljad	100	Teiste teraviljade tooted	500
Oder (ka õlleoder)	200	Segasööt	250
Kaer otsetarbimiseks	200		
Teised teraviljad otsetarbimiseks	50		

a – HT2-HT2 toksiin, T2-T2 toksiin



**Ilm.** Teraviljad nakatuvad *Fusarium* spp. eostga teraviljade õitsemise ajal. Põllul on õhuniiskusel ja -temperatuuril otsene mõju mükotoksiinide tekkimisel terades. Erinevad uurimistulemused näitavad, et suurim võimalus nakatumiseks on sõltuvalt ilmastikust, nii õitsemise aeg, kaks nädalat enne koristamist kui ka koristamise aeg (Scarpino jt, 2015; Schaafsma jt, 2005; Vánova jt, 2009b). Üle 80% õhuniiskus nimetatud kasvuperioodidel soodustab hallitusseente levimist ja mükotoksiinide tekkimist terades (Van der Fels-Klerx jt, 2013). Meie katsetes põllul tekkis toksiin DON odra teradesse üle 13 °C õhutemperatuuri juures ning vihmasel koristusperioodil (projekt “Vähetuntud toksiine tekitavate hallitusseente nomenklatuuri täpsustamine, toksiinide tekkimise tingimuste ja riskide vältimise selgitamine odral”). Kliima muutustega seoses ennustatakse mükotoksiinidega saastunud teraviljatoodangu osa suurenemist (Kriss jt, 2012; Parikka jt, 2012; Paterson ja Lima, 2011).

**Mulla omadused.** Happelistel muldadel on toitainete omastamine väiksem ja taimed on vastuvõtlikumad haigustele. Mükotoksiinide tekkimisele terades on soodsamad tingimused glei-, toorhuumuslikel ja suure savisisaldusega muldadel. Seda põhjustab aeglasem orgaanilise aine lagunemine võrreldes kerge lõimisega muldadega. *Fusarium* seeni esineb rohkem just suurema orgaanilise aine kogusega muldadel (Elmholt, 2008).

**Viljelusviis.** Tava- ja maheviljeluslikult kasvatatud saakide võrdluses on leitud, et tavaviljelusest pärit kaeras esines sagedamini toksiine HT2 ja T2, kuid maheviljelusest pärit kaeras toksiini DON (Twaruzek jt, 2013). Tavaviljeluslikult kasvatatud nisu sisaldas toksiini DON rohkem võrreldes maheviljeluslikult kasvatatud nisuga (Vánova jt, 2009a). Brodal jt (2013) analüüsisid 33 tava- ja maheviljeluse uuringu tulemust ning neist 16 uuringus leiti mükotoksiini DON vähem maheviljeluslikult kasvatatud viljas ja neljas uuringus tavaviljeluslikult kasvatatud viljas. Ülejäänud viljelusviisi uuringutes erinevused DON sisalduste ja koguste suhtes terades puudusid. Eestis tehtud uuringu tulemused näitasid, et viljelusviisi mõju teraviljades DON toksiini tekkimisele puudus. Ka *Fusarium* seeni esines nii mahe- kui tavaviljeluslikult kasvatatud teraviljas sarnaselt (projekt “Vähetuntud toksiine tekitavate hallitusseente nomenklatuuri täpsustamine, toksiinide tekkimise tingimuste ja riskide vältimise selgitamine odral”).

**Harimistehnoloogia.** Mitmete uuringute tulemused näitavad, et otsekülvi tehnoloogia loob soodsad tingimused *Fusarium* seentega vilja saastumiseks võrreldes minimeeritud ja künnipõhise harimisega. Põhjusena tuuakse välja, et otsekülvi puhul tekib maapinnale paksem kiht taimset materjali kui teiste tehnoloogiate puhul (Parikka jt, 2012). Eestis tehtud harimistehnoloogiate uuringus selgus, et harimistehnoloogia ei mõjutanud toksiini DON tekkimist terades. Toksiine sisaldasid teraviljaproovid, mis olid võetud lamandunud, koristamisega hilinenud ja allakülvidega viljast [projekt “Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülvi) rakenduslik kompleksuuring”].

**Eelvilja mõju.** Maisi ja nisu puhul on leitud, et nad soodustavad järgneva teravilja liigi suuremat nakatumist *Fusarium* seentega. Piisava õhuniiskuse puhul on suurem risk teradesse mükotoksiinide tekkimisele (Parikka jt, 2012; Schaafsma jt, 2005).

**Teravilja liik.** Teraviljade liigid on lähtuvalt liigi bioloogiast (tali- või suvi-teravili) *Fusarium* seente suhtes erineva vastuvõtlikkusega ja risk mükotoksiinide tekkimisele on samuti erinev. Meie katsetes esines taliviljade terades vähem *Fusarium* seeni kui suviviljadel (projekt “Taimekahjustajate monitooring 2015–2018“). Põldkatsetes on selgunud, et kaer ja suvioder olid *Fusarium* seente suhtes vastuvõtlikumad kui suvinisu (Semaškiene jt, 2006).

**Sordi valik.** Paljud uuringud on tõestanud, et suviteraviljade puhul on varajased sordid *Fusarium* seente ja ka mükotoksiinide tekkimise suhtes vähem vastuvõtlikud kui hilised sordid (Chrpová jt, 2007; Schaafsma jt, 2005, Lõiveke jt, 2004). Nakatumist mõjutavad taimede pikkus ja õitsemine kinnise või avatud pähikuga (Wegulo jt, 2015; Yoshida jt, 2005).

**Taimede kasvuaegne hooldamine.** Eestis ei ole teraviljade kasvuaegsete hooldustööde mõju, nagu äestamine, mikroelementide, biopreparaatide ja humiinhapetega pritsimine, *Fusarium* seente levimise ja mükotoksiinide tekkimise suhtes uuritud. Mujal tehtud katsete tulemused viitavad mõnede bakterite *Fusarium* seeni pärssivale toimele (Gilbert ja Fernando, 2004).

**Väetamine.** Vähene toitainete sisaldus mullas soodustab nii mükotoksiinide tekkimist kui ka saagi taimehaigustesse nakatumist. Näiteks kaaliumi (K) on vaja terades proteiini ja tärklise moodustamiseks, lisaks tugevdab ta taimedes rakkude seinu. Fosfor (P) on vajalik fosfolipiidide koostises. See tugevdab taimede vastupanu juurehaigustele, nagu juure- ja juurekaelamädanik. Kaltsium (Ca) moodustab taimedes rakuseinu, seega loob kaitse taimehaiguste suhtes, tugevdab taimeosi säilitamise või ladustamise ajal (Dordas, 2008). Lämmastikuga väetamisel tuleks arvestada taimede optimaalseid vajadusi. Põldkatsed on näidanud, et mükotoksiin DON tekkis teravilja teradesse madalatel lämmastiku (N) foonidel (N40 ja N80) ja kõrgel (N160) foonil (projekt “Vähetuntud toksiine tekitavate hallitussente nomenklatuuri täpsustamine, toksiinide tekkimise tingimuste ja riskide vältimise selgitamine odral“).

**Fungitsiidide kasutamine.** Mükotoksiinide tekkimisele soodsatel aastatel on teraviljade pritsimine fungitsiididega õigustatud. Siinjuures paremaid tulemusi on saadud mitme toimeainega fungitsiidi kasutamisel teraviljade loomise lõpp/õitsemise faasis (Haidukowski jt, 2012; Yoshida jt, 2008) (projekt “Vähetuntud toksiine tekitavate hallitussente nomenklatuuri täpsustamine, toksiinide tekkimise tingimuste ja riskide vältimise selgitamine odral“).

**Lamandumine.** Vilja lamandumine valmimise ajal soodustab mükotoksiinide tekkimist terades. Põldkatsetes on selgunud, et juba 5 päeva lamandunud viljas tekivad mükotoksiinid (Nakajima jt, 2008).

**Koristamine.** Koristamise planeerimisel võiks kombainimise, kuivatamise ja sorteerimise vaheline periood olla võimalikult lühike, tuleks vältida koristatud vilja kuhjades hoidmist. Kombain soovitatakse seadistada nii, et kõlujaid, krimp-sus ja purustatud terasid, umbrohuseemneid ja muud prahti satub koristatud vilja võimalikult vähe. Sellega saab eemaldada 80% DON-i sisaldavaid ja *Fusariumiga* nakatunud teri (Salgado jt, 2011). Seejuures tuleks jälgida, et kombain ei purustaks/muljuks terveid teri, sest vigastatud terades tekivad mükotoksiinid kiiresti. Koristuskõrgus tuleks valida selliselt, et võimalikult vähe haarata valmimata või tühjade peadega järelevõrseid. Kui koristustingimused on keerulised (liigniiskus, palju sajupäevi, kõrge õhuniiskus ja vili põllul ei kuiva), võiks mõelda vilja niiskust põllu eri kohtadest. Kaaluda võiks põllu koristamist valikuliselt. Esmalt kvaliteetsem ja kuivem vili, seejärel lamandunud ja tumenenud vili. Kehvema kvaliteediga vilja võiks sorteerida, kuivatada ja hoiustada eraldi kvaliteetsemast viljast.

**Hoiustamine.** Teravilja hoiustamisel peaks õhutemperatuur ja -niiskus olema võimalikult stabiilsed, sest nende muutumisel intensiivistub vilja hingamine, tõuseb niiskusesisaldus ning terades tekivad mükotoksiinid (Zvicevičius jt, 2006). Eesti Taimekasvatuse Instituudi laos tehtud katses suviodraga selgus, et hoiustamise ajal teravilja niiskus suurenes 1,7% võrra. Mükotoksiin DON tekkis terades juba novembris ja püsis viljas kuni märtsini. Terade sisetemperatuur oli kõrgem ja õhutemperatuur madalam (varieerudes +12 °C kuni -6 °C) ning terade pinnale tekkis kondensvesi, mis tõstis terade niiskusesisaldust. Soodsates niiskusingimustes alustasid kasvamist mikroseedid. Terade hingamise intensiivsus võis suurenedagi veelgi ja see tõstis vilja niiskust (Akk jt, 2017). 14,0–15,5% niiskusesisaldusega ehk keskmise kuivusega vili hingab 2–4 korda intensiivsemalt võrreldes 13% vilja niiskusesisaldusega, 17–18% niiskusega viljas toimub terade hingamine 20 korda intensiivsemalt kui kuivas viljas (Kallas jt, 1999; Magan ja Aldred, 2007). Õhutemperatuur on oluline ka jahvatatud teravilja hoiustamisel. Meie uuringust selgus, et jahvatatud teravilja (niiskus alla 13%) säilitamisel kaks nädalat toatemperatuuril (20 °C) muutus see toksiliseks, kuid jahvatatud teravilja säilitamisel 14 °C juures sellist protsessi ei toimunud (Lõiveke jt, 2009). *Fusarium* seente levimist teradele soodustavad paljud tegurid on esitatud kokkuvõtvalt tabelis 3. Mükotoksiinide tekkimist mõjutavad tingimused on esitatud tabelis 4.

**Tabel 3.** Tingimused, mis mõjutavad *Fusarium* seente levimist põllul

Tingimus	Soodne	Vähendav	Otsest mõju pole
Mulla lõimimis			
raske, savisisaldus suur	x		
kerge, liivsavid		x	
Mulla happesus			
pH 3–5,5	x		
pH 5,8–7		x	
Orgaaniline aine mullas, %			
üle 3,0	x		
alla 3,0		x	
Viljelusviis			
mahe			x
tava			x
Harimistehnoloogia			
otsekülv			x
minimeeritud			x
küünd			x
Eelvilid			
teravili	x		
mais	x		
raps		x	
hernes, uba, vikk			x
kanep		x	
põldhein		x	
rohumaa		x	
Vahekultuurid			
liblikõielised vahekultuurid	x		
ristõielised ja muu perekonna taimed vahekultuuris		x	
Taliteravili			
	x		
Suviteravili			
		x	
Teravilja valmimisaeg			
varane		x	
hiline	x		

Tabel 3 järg

Tingimus	Soodne	Vähendav	Otsest mõju pole
Taime pikkus			
60 cm ja pikem		x	
60 cm madalam	x		
Taime õitsemine			
lahtise õiega	x		
kinnise õiega		x	
Külvisenorm			
600			x
400			x
200			x
Väetamine			
Orgaanilised väetised	x	x	
vedelsõnnik	x		x
tahke sõnnik		x	
kompostid		x	
bakterpreparaadid			x
Mineraalväetised		x	
lämmastiku kogused	x	x	
N 40–99	x		
N 100–149		x	
N üle 150	x		
Pestitsiidid			
herbitsiidid, v.a toimeaine glüfosaat			x
glüfosaat	x		
insektitsiidid			x
fungitsiidid ühe toimeainega	x		
mitme toimeainega		x	
Biopreparaadid (aminohapped, vetika- ekstrakt, bakterpreparaadid)			
		x	x
Lamandumine	x		
Kõrre murdumine küpsemise ajal	x		
Koristamine			
enne täisvalmimist	x		
täisküpsuses		x	
koristamisega hiline mine	x		

**Tabel 4.** Tingimused, mis soodustavad mükotoksiinide tekkimist terades põllul ja koristamise järel

Tingimus	Soodne	Vähendav
Ilm teravilja õitsemise ajal (10 päeva)		
sademed	x	
kuiv		x
õhuniiskus, %		
100–90	x	
alla 90		x
õhutemperatuur, °C		
alla 10		x
10–27	x	
üle 28		x
Ilm koristamise ajal		
sademed	x	
kuiv		x
õhuniiskus, %		
100–90	x	
alla 90		x
õhutemperatuur, °C		
alla 10		x
10–27	x	
üle 28		x
Teravilja niiskus koristamise ajal, %		
Põllul, punkris, koormas, veo ajal		
35–25	x	
25–20	x	
alla 20		x
Käitlemine		
eelsorteerimine		x
kohene kuivatamine		x
ladustamine stabiilstes tingimustes		x
Teravilja hoistamise niiskus, %		
20	x	
15	x	
14	x	
13		x

## **Kokkuvõte**

Mükotoksiinide tekkimine terades nii põllul, käitlemisel kui ka hoiustamise ajal, on otseselt põhjustatud niiskusest ja temperatuuride muutustest viljas ja ümbritsevas keskkonnas.

*Fusarium* seente levimist põllul mõjutavad veel mulla omadused ja agroomiliste võtete valikud. Parema ülevaate andmiseks koondati nimetatud tingimused tabelisse 3 ja 4.

## **Tänuavaldused**

Täname Eesti Maaeluministeeriumi uuringute “Vähetuntud toksiid tekivate hallitusseente nomenklatuuri täpsustamine, toksiidide tekkimise tingimuste ja riskide vältimise selgitamine odral 2012–2014.a.” (projekti juht Heino Lõiveke) ja “Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülv) rakenduslik kompleksuuring” (projekti juht Kalvi Tamm) rahastamise eest.

## **Kasutatud kirjandus**

- Akk, E, Lõiveke, H, Edesi, L, Tamm, Ü, Ilumäe, E. 2017. Mükotoksiini DON sisalduse dünaamika ladustatavas suviodras. – *Taimakasvatuse alased uuringud*. lk. 152–155.
- Betina, V. 1984. Mycotoxins: production, isolation, separation and purification. Amsterdam, 528 p.
- Brodal, G, Hofgaard, I.S., Eriksen, G.S-, Bernhoft, A, Sundheim, L. 2016. Mycotoxins in organically versus conventionally produced cereal grains and some other crops in temperate regions. – *World Mycotoxin Journal* 9(5), pp. 755–770.
- Chrpová, J., Šip, V., Mátejová, E., Sýkorová, S. 2007. Resistance of Winter Wheat Varieties Registered in the Czech Republic to Mycotoxin Accumulation in Grain Following Inoculation with *Fusarium culmorum*. – *Czech Journal of Plant Breeding* 43 (2), pp. 44–52.
- Dordas, C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. – *Agronomy for Sustainable Development* 28, pp. 33–46.
- Elmholt, S. 2008. Mycotoxins in Soil Environment. – *Secondary Metabolites in Soil Ecology. Soil Biology* 14. (ed) P. Karlovsky, Springer-Verlag. pp. 167–203.
- Euroopa Komisjoni määrus 1881/2006  
<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1881/2008-07-23/est/pdf> (15.01.2018)  
Euroopa Liidu Teataja 2013/165/EL
- Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülv) rakendusteaduslik kompleksuuring. RUP  
[https://pikk.ee/upload/files/K\\_Tamm\\_RUP\\_2012\\_2014\\_lopparuanne.pdf](https://pikk.ee/upload/files/K_Tamm_RUP_2012_2014_lopparuanne.pdf) (15.01.19)
- Fox, E., M, Howlett, B.J. 2008. Secondary metabolism: regulation and role in fungal biology. – *Current Opinion in Microbiology* 11, pp. 481–487.
- Gilbert, J, Fernando, W.G.D. 2004. Epidemiology and biological control of *Gibberella zae/Fusarium graminearum*. – *Canadian Journal of Plant Pathology* 6, pp. 464–472.

- Haidukowski, M., Visconti, A., Perrone, G., Vanada, S., Pancaldi, S., Covarelli, L., Balestrazzi, R., Pascale, M. 2012. Effect of prothioconazole-based fungicides on *Fusarium* head blight, grain yield and deoxynivalenol accumulation in wheat under field conditions. – *Phytopathologia Mediterranea* 51(1), pp. 236–246.
- Kallas, A., Kiisk, T., Lättemäe, P. 1999. Teravilja koristusjärgne töötlemine. – *Teraviljakasvatuse käsiraamat*. (koost.) H. Older, Saku, lk. 236–269.
- Kriss, A.B., Paul, P.A., Xu, X., Nicholson, P., Doohan, M., F. Hornok., L. Rietini, A., Edwards, S.G., Madden, L.V. 2012. Quantification of the relationship between the environment and *Fusarium* head blight, *Fusarium* pathogen density and mycotoxins in winter wheat in Europe. – *European Journal of Plant Pathology* 133(4), pp. 975–993.
- Lõiveke, H., Ilumäe, E., Laitamm, H. 2004. Microfungi in grain and grain feeds and their potential toxicity. – *Agronomy Research* 2(2), pp. 195–205.
- Lõiveke, H. 2008. Teraviljade fusarioosid Eestis. 78 lk.
- Lõiveke, H., Akk, E., Ilumäe, E. 2009. Säilitustingimuste mõju jahvatatud söödateravilja ohutusele. – *Agronoomia* 2009, lk. 232–235.
- Magan, N., Aldred, D. 2007. Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. – *International Journal of Food Microbiology* 119, pp. 131–139.
- Nakajima, T., Yoshida, M., Tomimurs, K. 2008. Effect of lodging on the level of mycotoxins in wheat, barley, and rice infected with *Fusarium graminearum* species complex. – *Journal of Genetic Plant Pathology* 74, pp. 289–295.
- Parikka, P., Hakala, K., Tiilikkala, K. 2012. Expected shifts in *Fusarium* species composition on cereal grain in Northern Europe due to climate change. – *Food Additives and Contaminants, Part A* 29(10), pp. 1543–1555.
- Paterson, R.P.M., Lima, N. 2011. Further mycotoxin effects from climate change. – *Food Research International* 44, 2555–2566.
- Popovski, S., Celar, F.A. 2013. The impact of agro-environmental factors on the infection of cereals with *Fusarium* species and mycotoxin production - a review. – *Acta Agriculturae Slovenica* 101, lk. 105–116.
- Rocha, M.E., Bde, Freire, F, daC, O, Maia, F.E.F., Guedes, M.I.F., Rondina, D. 2014. Mycotoxins and their effects on human and animal health. – *Food Control* 36, pp. 159–165.
- Salgado, J.D., Wallhead, M., Madden, L.L., Paul, P.A. 2011. Grain Harvest Strategies to Minimize Grain Quality Losses Due to *Fusarium* Head Blight in Wheat. – *Plant Diseases* 96, pp. 1448–1457.
- Semaškiene, R., Mankevičiene, A., Dabkevičius, Z., Suproniene, S. 2006. Effect of fungicides on *Fusarium* infestation and production of deoxynivalenol in spring cereals. – *Agronomy Research* 4 (Special Issue), pp. 363–366.
- Schaafsma, A.W., Hooker, D.C., Miller, J.D. 2005. Progress and limitation with respect to pre-harvest forecasting of *Fusarium* toxins in grain. – *Phytopathology* 95, pp 123.
- Scarpino, V., Reyneri, A., Sulyok, M., Krska, R., Blandino, M. 2015. Effect of fungicide application to control *Fusarium* head blight and 20 *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). – *World Mycotoxin Journal* 8(4), pp. 499–510.



- Twaruzek, M., Błajet-Kosicka, A., Wenda-Piesik, A., Pałubicki, J. 2013. Statistical comparison of *Fusarium* mycotoxins content in oat grain and related products from two agricultural systems. – *Food Control* 34, pp. 291–295.
- Vánova, M., Klem, M., Miša, P., Matušinsky, P., Hajšlova, J., Lancová. 2009a. The content of *Fusarium* mycotoxins, grain yield and quality of winter wheat cultivars under organic and conventional cropping systems. – *Plant, Soil and Environment* 54(9), 395–402.
- Vánova, M., Klem, K., Matušinsky, P., Trnka, M. 2009b. Prediction Model for Deoxynivalenol in Wheat Grain Based on Weather Conditions. – *Plant Protection Science* 45, pp. 33–37.
- Van der Fels-Klerx, H.J., Van Asselt, E.D., Madsen, M.S., Olesen, J.E. 2013. Impact of climate change effects on contamination of cereal grains with deoxynivalenol. – *PlosONE* 8, pp. 1–10.
- Vähätuntud toksine tekitavate hallituseente nomenklatuuri täpsustamine, toksiinide tekkimise tingimuste ja riskide vältimise selgitamine odral. RUP.  
[http://www.maheklubi.ee/upload/Editor/teravilja%20toksiinide%20uuring\\_2015\\_lopparuande\\_vorm-2m.pdf](http://www.maheklubi.ee/upload/Editor/teravilja%20toksiinide%20uuring_2015_lopparuande_vorm-2m.pdf) (16.01.2018)
- Wegulo, S.N., Baenziger, P.S., Nopsa, J.H., Bockus, W.W., Hallen-Adams, H. 2015. Management of *Fusarium* head blight of wheat and barley. – *Crop Protection*, 73, pp. 100–107.
- Yoshida, M., Kawada, N., Tohnooka, T. 2005. Effect of row type, flowering type and several other spike characters on resistance to *Fusarium* head blight in barley. – *Euphytica* 141(3), pp. 217–227.
- Yoshida, M., Nakajima, T., Arai, M., Suzuki, F., Tomimura, K. 2008. Effect of the timing of fungicide application on *Fusarium* head blight and mycotoxin accumulation in closed-flowering barley. – *Plant Disease* 92, pp. 1164–1170.
- Zvicevičius, E., Raila, A., Novošinskas, H., Krasauskas, A. 2006. Mycotoxin producers in grain layer. – *Ecologija* 3, pp. 105–111.

## MUTATSIOONID, MIS PÕHJUSTAVAD FUNGITSIIDIRESISTENTSUSE NISU HELELAIKSUSELE

Andres Mäe, Pille Sooväli

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Mäe, A., Sooväli, P. Role of mutations in the sensitivity response of Septoria leaf spot to fungicides. – Agronomy 2019.

Currently, three groups of fungicide are registered for disease control in winter wheat: sterol 14 $\alpha$ -demethylation inhibitors (DMIs), quinone outer side inhibitors (QoI), and succinate dehydrogenase inhibitors (SDHI). Significantly, this widespread use continues despite of many reports of fungicide resistant fungal strains. The recent evolution towards resistance to fungicides in European populations of the wheat pathogen *Zymoseptoria tritici* has been caused by the progressive accumulation of mutations in target-site genes of these fungicides. The most important mechanism leading to reduced DMI sensitivity is based on the accumulation of mutations (the most frequent mutations D134G, V136A, G379A, I381V, S524T) in the CYP51 gene; reduced QoI sensitivity is based on the accumulation of mutations (the most frequent mutations F129L, G137R, G143A) in the SDH gene, and reduced SDHI sensitivity is based on the accumulation of mutations in the CytB gene (the most frequent mutations B-T268I, C-N86S, C-T79N ja C-H152R).

Further detailed monitoring of the prevalence of resistant phenotypes in the field and cross-resistance studies will aid the implementation of anti-resistance strategies to prolong the cost-effectiveness and lifetime of the fungicides.

**Keywords:** pathogen, fungicide, mutation, resistance

### Sissejuhatus

Funditsiidiresistentsus tekitab muret paljude põllumajanduslikult oluliste fütopatogeensete seente tõrjel. Valdav enamus fungitsiide töötati välja 19. sajandi lõpus, 20. sajandi alguses (Morton ja Staub, 2008). Kuid juba varsti peale fungitsiidide kasutuselevõttu täheldati ka resistentsuse teket. Esimene suurem probleem kerkis esile 1980-ndate aastate lõpus, mil avastati mitme levinud fütopatoogeense seene (*Botrytis cinerea*, *Blumeria graminis* jt) resistentsus neile seni mõjunud fungitsiidide suhtes (Deising jt, 1987). Esiialgu probleemi ei tekkinud, kuna resistentsuse patogeeni puhul oli tõrjeks mitmeid alternatiive. Ohumärgiks oli aga see, et sageli ei põhjustanud mutatsioonid resistentsust mitte ainult ühe fungitsiidi vaid mitme või sageli isegi fungitsiidide rühma suhtes. Need probleemid on viinud üldisele mõistmisele, et fütopatogeensete seente populatsioonide pidev monitooring on vajalik, et õigeaegselt avastada resistentsust põhjustavate mutatsioonide ilmumist ja teha vajalikke korrekture fungitsiidide kasutamisel.

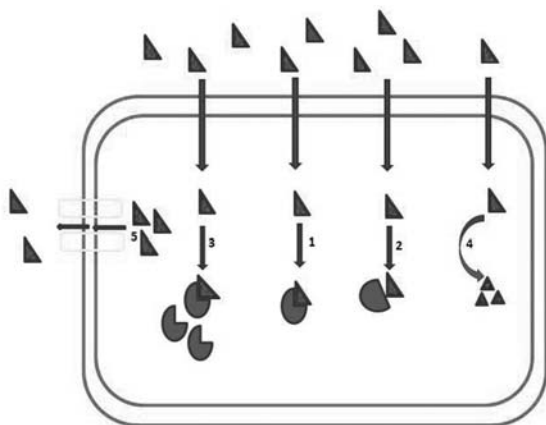
Paljudes Euroopa riikides on helelaiksust põhjustava seene *Zymoseptoria tritici* fungitsiidiresistentsus muutunud tõsiseks probleemiks (Cools jt, 2013; Fraaije jt, 2005). Tänapäeva fungitsiidides kombineeritakse peamiselt kolme

keemilise rühma ühendeid – asoole (DMI rühm), strobiluriine (QoI rühm) ja suktsinaat-dehüdrogenaasi inhibiitoreid (SDHI rühm). Alljärgnevalt on püütudki anda lühiülevaade enamlevinud mutatsioonidest, mis põhjustavad kõrreliste heelaiksuse tekitaja *Zymoseptoria tritici* populatsioonides resistentsuse levikut kõigi kolme fungitsiidirühma preparaatide suhtes. Eestis on senini olnud fungitsiidi resistentsuse tase madal võrreldes enamiku EL-i riikidega. Arvestades maailma geopoliitilist olukorda, järjest suurenevat põllumajandussaaduste kaubavahetust, sarnaste taimekaitsevahendite kasutamist, tuleb muuhulgas olla valmis resistentsete tüvede tekkeks ja levikuks ning ka sissetoomiseks teistes riikidest.

***Fungitsiidiresistentsuse tekkepõhjused.*** Seente omandatud resistentsus on tegelikult loomulik evolutsiooniline nähtus, mis aitab neil kohaneda ja ellu jääda keskkonningimuste muutudes, kuid selle osakaal on hakanud järsult tõusma. Tegemist on universaalse protsessiga, mis on levinud kõigi fütopatogeensete seente hulgas. Üldtuntud on fakt, et fungitsiidiresistentsus sõltub otseselt fungitsiidi kasutamise intensiivsusest, toimub looduslik valik. Kuna resistentsuse teke on seente evolutsiooni üks osa, on resistentsuse likvideerimine kaheldav. Seega ei saa me mutatsioonide teket vältida, küll aga saame erineva toimeviisiga fungitsiidide kombineerimisel fungitsiidiresistentsuse teket maksimaalselt aeglustada.

Peamisteks fungitsiidiresistentsuse kasvu põhjusteks loetakse fungitsiidide kergekäelist kasutamist, sh ennetava tõrjena, aga ka fungitsiidijääkide sattumist keskkonda (Brent ja Hollomon, 2007). Resistentsete mutantide akumulatsiooni soodustavad kindlasti ka patogeeni populatsiooni suurus enne tõrjet, spooride produktsioon, samuti ka patogeeni generatsiooniaeg.

***Resistentsuse tekkemehhanismid.*** Resistentsus erinevate taimekaitsevahendite suhtes võib tuleneda erinevatest biokeemilistest mehhanismidest, mis kujundavad pestitsiiditundlikkuse muutusi. Vastavalt nende kujunemise füsioloogilis-biokeemilistele mehhanismidele eristatakse mitmeid erinevaid resistentsuse tüüpe. Seentel on kirjeldatud erinevaid fungitsiidiresistentsuse mehhanisme: 1. toimekoha resistentsus (mutatsioon muudab märklaudvalgu tundetuks fungitsiidi suhtes), 2. metaboolne resistentsus (toimub märklaudvalgu üleproduktioon), 3. transportsüsteemide aktivatsioon (fungitsiid transporditakse rakust välja enne, kui ta jõuab seonduda märklaudvalguga) ja 4. fungitsiidi detoksifikatsioon (olemasolevate ensüümide aktiivsus tõuseb või kujundatakse uus mutantne ensüüm, mis lagundab rakku sattunud fungitsiidi) (joonis 1). Kuna paljud fungitsiidid kuuluvad “koht-spetsiifiliste” fungitsiidide hulka, on enam levinud mutatsioonideks punktmutatsioonid, mis põhjustavad ühe aminohappelisi muutusi märklaudvalgus. Nii põhjustab mutatsioon G143A (glütsiin asendatakse alaniiniga) tsütokroom b valgu resistentsuse strobiluriini rühma fungitsiidide suhtes (Fernández-Ortuño jt, 2008).



**Joonis 1.** Fungitsiidiresistentsuse tekkemehhanismid. 1. Fungitsiidi interaktsioon märklaudvalguga (põjustab valgu inaktivatsiooni ja patogeeni surma), 2. toimekoha resistentsus (mutatsioon põhjustab muutuse märklaudvalgu konformatsioonis), 3. metaboolne resistentsus (märklaudvalgu üleproduktsoon), 4. fungitsiidi detoksifikatsioon (fungitsiidi ensümaatiline lagundamine), 5. transportsüsteemide aktivatsioon (fungitsiid transporditakse rakust välja).

### **Asoolid – DMI rühma fungitsiidid**

Ligikaudu 30 aastat on helelaiksuse tõrjes kasutatud DMI rühma fungitsiide. Selline pikaajaline kasutamine on vähendanud patogeeni tundlikkust nimetatud rühma fungitsiididele, kuid vaatamata sellele on mitmed selle rühma toimeained (tebukonasool, epoksikonasool) endiselt efektiivsed kõrreliste helelaiksuse tõrjeks (Cools jt, 2013). Põhiliseks resistentsuse tekke põhjuseks on mutatsioonid, mis muudavad märklaudvalgu CYP51 tundetuks fungitsiidi suhtes. Esimesed kirjeldatud mutatsioonid olid punktmutatsioon Y137F (Leroux jt, 2007) ja asendus piirkonnas Del459/Del461 (Stammlier jt, 2008). Fungitsiidide pidev ja tugev surve patogeeni populatsioonile on kiirendanud mutatsioonide teket ja akumulereerumist. Tänapäevaseks isoleeritud mutatsioonide hulgas mõjutavad DMI tundlikkust kõige rohkem CYP51 mutatsioonid D134G, V136A/C/G, A379G, I381V, S524T ja asendus piirkonnas Del459/Del461 (Wieczorek jt, 2015). Samas on ka tähelestatud, et näiteks mutatsioonide V136A ja I381V mõju tebukonasooli (Folicur, Orius, Tilmor, Zantara, Falcon Forte) ja prokloraasi (Mirage, Bumper Super, Kantik) tundlikkusele on erinev. Huvitav on veel see, et mutatsioon V136A vähendab tundlikkust epoksikonasooli (Adexar, Allegro Super, Bell, Bell Super, Capalo, Ceriax, Duett Ultra, Opera N, Osiris, Osiris Star, Tango Super, Viverda), protiokonasooli (Proline, Prosaro, Ascra Xpro, Elatus Era, Fandango, Input, Siltra Xpro, Variano Xpro) ja propikonasooli (Archer Turbo, Artea, Bumper),

kuid mitte tebukonasooli ning difenokonasooli (Amistar Gold, puhised Celest Trio, Maxim Extra) suhtes (Cools jt, 2011). Erilist väljatoomist väärib viimastel aastatel levima hakanud mutatsioon S524T, mis vähendab tundlikkust kõigi DMI rühma fungitsiidide, sealhulgas ka protiokonasooli ja epoksikonasooli suhtes (Cools jt, 2011). Selle mutatsiooni esinemissagedus on väike, sest ilmselt mõjub mutatsioon patogeeni elumusele negatiivselt.

Siiski tuleb silmas pidada ka seda, et erinevates maades on erinevate mutatsioonide esinemise sagedus erinev ja võib varieeruda ka aastate lõikes. 2016. aastal tehtud uuringud näitasid, et levinumad mutatsioonid Ida- ja Kesk-Euroopa maades olid D134G, V136A ja I381V, kuid peaaegu puudusid Inglismaal, Hollandis ja Iirimaal. Samuti on mutatsioon S524T Hollandis, Poolas, Saksamaal ja Taanis, kuid puudub siiani Rootsis ning Tsehhis (Huf jt, 2018). Eri piirkondade CYP51 mutatsioonide muster/jagunemine on ilmselt tingitud erinevustest haigustekitaja survest ja fungitsiidide kasutamise strateegiast. Kokkuvõtteks võib öelda, et praegu on Euroopas kõige levinumad viis DMI rühma fungitsiidide suhtes resistentsust põhjustavat punktmutatsiooni – L50S, D134G, V136A, I381V ja Y461H (Huf jt, 2018).

Viimastel aastatel on mutatsioonide sagedus selgelt näidanud tõusutrendi, kuigi patogeeni tundlikkus nii DMI kui ka teiste rühmade fungitsiidide suhtes sõltub mutatsioonide kombinatsioonist, mis rakkudesse stabiilselt püsima jääb. Selle kohta annab väärtuslikku informatsiooni üksikute mutatsioonide spektri analüüs, näidates, milliste mutatsioonide teket antud keskkond ja ka agrotehniliste võtete kompleks soodustab. Veel tuleb meeles pidada, et mutatsioonid, mis annavad resistentsuse ühe või teise fungitsiidi suhtes, võivad oluliselt mõjutada ka organismi konkurentsivõimet kasvukeskkonnas. Näiteks, kuigi mutatsioon S524T annab resistentsuse enamiku DMI rühma fungitsiididele, on seda mutatsiooni leitud ainult 5% *Zymoseptoria tritici* isolaatidel. Põhjuseks arvatakse olevat selle mutatsiooni negatiivne mõju patogeeni elumusele/konkurentsivõimele, sellepärast esineb mutatsioon S524T alati kombinatsioonis teiste DMI resistentsust andvate mutatsioonidega, millede hulka kuulub alati V136A (Huf jt, 2018; Cools jt, 2011).

Lisaks CYP51 geenis toimuvatele mutatsioonidele mõjutavad patogeeni tundlikkust ka märklaudvalgu hulk rakus ja transportsüsteemide aktiivsus, mis transpordivad rakku sattunud fungitsiidi toimeaine sealt välja. Mõned aastad tagasi isoleeriti *Zymoseptoria tritici* mutant MgCYP51, mille tundlikkus oli vähenenud 7–12 korda enamiku kasutatavate DMI rühma fungitsiidide suhtes. Selle põhjuseks oli 120 bp suurune insertioon geeni CYP51 promootor piirkonnas (Cools ja Fraaije, 2013). Kui 2014. a oli sellist mutatsiooni kandvate mutante analüüsitud proovide hulgas umbes 1%, siis 2017. a oli see tõusnud 12%-ni.

Vaatamata järjest suurenevale mutatsioonide arvule *Zymoseptoria tritici* genoomis (CYP51 geen, jt), mis vähendavad patogeeni tundlikust DMI rühma fungitsiididele, on protiokonasooli ja/või tebukonasooli sisaldavad fungitsiidid siiani olulised nisu helelaiksuse tõrjes.

### **SDHI rühma fungitsiidid**

Teine oluline rühm fungitsiide, mida ka kasutatakse nisu helelaiksuse tõrjes, on suksinaatdehüdrogenaasi inhibiitorid (SDHI). Esimene selle rühma uutest toimeainetest oli boskaliid, mis võeti helelaiksuse tõrjeks laialdaselt kasutusele 2003. aastal (Rehfus jt, 2018). SDHI rühma fungitsiidid inhibeerivad suksinaatdehüdrogenaasi ensüümi (SDH). Esimesed selle rühma fungitsiidid kuulusid nn karboksamiid-fungitsiidide gruppi, millele praeguseks on lisandunud uue põlvkonna esindajad nagu biksafeen (Ascar Xpro, Siltra Xpro, Variano Xpro, Zantara), fluksapüroksaad (Adexar, Librax, Priaxor, Xemium), isopürasaam (Ceriax), pentiopüraad jt. Nagu paljude teiste fungitsiidide juures, nõrgendavad patogeeni märklaudvalkudes SdhB, SdhC ja SdhD toimuvad mutatsioonid SDHI fungitsiidide toimet. Esimesed mutatsioonid, C-T79N (Prantsusmaal) ja C-W805 (Inglismaal) avastati 2012. a. Järgnevatel aastatel see loetelu täienes kiiresti – C-N86S (Saksamaal) 2013. a, B-N225T (Iirimaal) ja C-T79N (Saksamaal) 2014. a. C-V166M, B-T268I, C-N86S, C-T79N ja C-H152R (Inglismaal, Prantsusmaal ja Iirimaal) 2015. a. (FRAC, 2016). Seega toimub pidevalt uute mutatsioonide teke, mis SDHI kasutamisel soodustab resistentsete populatsioonide teket ja levikut. Nimetatud mutatsioonidest kõige levinumad on C-N86S ja C-T79N. Mutatsioonidest C-V166M, B-T268I, C-N86S, C-T79N ja C-H152R kõige tugevam mõju fungitsiidi resistentsuse tekkimisele oli mutatsioonil C-H152R, mis andis peaaegu 100% resistentsuse kõigi testitud fungitsiidide suhtes (Dooley jt, 2016). Sageli kaasneb mutatsioonidega nn ristresistentsuse teke, mis muudab patogeeni resistentsuks mitme erineva fungitsiidi suhtes. Mutatsioone B-T268I, C-N86S, C-T79N ja C-H152R annavad ristresistentsuse bensovindiflupüüri (Elatas Era), biksafeeni (Ascar Xpro, Variano Xpro), fluopüraami (Propulse), fluksapüroksaadi, isopürasaami ja pentiopüraadi suhtes (Rehfus jt, 2018).

Lisaks mutatsioonidele märklaudvalkudes, põhjustab resistentsust fungitsiidide SDHI suhtes ka MgMFS1 valgu (valk, mis osaleb fungitsiidi transpordil rakust välja) üleekspressioon, mis on tingitud 519 bp pikkuse DNA fragmendi insertioonis geeni promootorpiirkonda. Omarne koos kaastöötajatega isoleeris mitmeid sellist insertiooni kandvat *Zymoseptoria tritici* ja näitas, et kõigil neil oli suurenenud resistentsus fluopüraami (Ascar Xpro, puhis Baytan Trio) ja isofetamiidi suhtes (Omarne jt, 2015). Nimetatud mutatsioon annab resistentsuse ka DMI rühma fungitsiidide suhtes (Yamashitaa ja Fraaije, 2018).

## **Strobiluriinid – QoI rühma fungitsiidid**

QoI rühma fungitsiidid võeti esmakordselt kasutusele 1990-ndate aastate keskel. Strobiluriinid takistavad rakkude hingamist põhjustades seene elutsükli katkemise. Taimerakke strobiluriinid ei kahjusta. Esimese kümne aasta jooksul olid strobiluriinid väga efektiivsed, nende osakaal fungitsiidide turul oli ligi 20%. Peagi selgus, et nende spetsiifiline toimemehhanism on ka nende nõrkuseks. Strobiluriinide resistentsus on tingitud suhteliselt vähestest mutatsioonidest CytB valgus, kuid kuna sarnaseid mutatsioone on leitud eri maades, siis viitab see sellele, et mutatsioonid tekivad kergesti ja on stabiilsed ning ilmselt ei mõjuta need ka peremeesorganismi/seene elumust. Praeguseks kogunenud andmete põhjal on selgunud, et kaks enamlevinud mutatsiooni *Zymoseptoria tritici* CytB valgus, mis annavad resistentsuse strobiluriinide suhtes, on G143A (glütsiin on asendunudalaniiniga) ja F129L (fenüülalaniin on asendunud leutsiiniga). Mutatsiooni G143A kandvad populatsioonid on peaaegu 100% resistentsed. Kuigi mutatsioon G143A on levinud nii kottseente kui ka munasseente rühma kuuluvate patogeenide hulgas, ei ole nimetatud mutatsiooni leitud roosteseente (*Puccinia*) perekonna esindajatel ja võrklaiksust põhjustava *Pyrenophora teres* populatsioonides. Viimasel juhul on põhjuseks see, et 143 koodon paikneb täpselt eksoni ja introni piiril ning DNA järjestuse muutus häiriks splaisigu normaalset toimumist, mis oleks organismile letaalne. Mutatsioonid F129L ja G137R annavad osalise resistentsuse ja neid kandvaid populatsioone on võimalik tõrjuda, suurendades fungitsiidi kontsentratsiooni. Kõik strobiluriinid sisaldavad oma struktuuris ühte ja sama funktsionaalset rühma (toksofoori), mis on vajalik nende seondumiseks märklaudvalguga. See ongi põhjuseks, miks seondumiskohas toimuvad mutatsioonid annavad resistentsuse kõigi selle rühma fungitsiidide suhtes.

Lisaks mutatsioonidele märklaudvalkudes, põhjustab resistentsust QoI rühma fungitsiidide suhtes ka MgMFS1 valgu (valk, mis osaleb fungitsiidi transpordil rakust välja) üleekspressioon. Selle mutatsiooni seos strobiluriinide resistentsusega ei ole siiski selge, sest vastavaid mutatsioone kandvate patogeenide genomis on alati leitud ka mutatsioon G143A.

Seega tuleb strobiluriinide kasutamisel väga täpselt järgida kasutusjuhendit, mitte pritsida rohkem kui kaks korda kasvuperioodi vältel ja alati kombineerida mõne teise rühma fungitsiidiga.

Igal riigil võivad olla individuaalsed, teistest erinevad resistentsusprobleemid. Õeldu valguses on üheselt raske vastata, milline on olukord resistentsusega Eestis. Olulisem probleem on vastavasisulise kõikehõlmava seiresüsteemi puudumine Eestis.

## Kasutatud kirjandus

- Brent, K.J, Hollomon, D.W. 2007. Fungicide resistance: The assessment of risk. – *FRAC monograph* No. 2.
- Cools, H.J., Fraaije, B.A. 2013. Update on mechanisms of azole resistance in *Mycosphaerella graminicola* and implications for future control. – *Pest Management Science* 69, pp. 150–155.
- Cools, H.J., Hawkins, H.J., Fraaije, B.A. 2013. Constraints on the evolution of azole resistance in plant pathogenic fungi. – *Plant Pathology* 62, pp. 36–42.
- Cools, H.J., Mullins, J.G.L., Fraaije, B.A., Parker, J.E., Kelly, D.E., Lucas, J.A. 2011. Impact of recently emerged sterol 14 $\alpha$ -demethylase (CYP51) variants of *Mycosphaerella graminicola* on azole fungicide sensitivity. – *Applied and Environmental Microbiology* 77, pp. 3830–3837.
- Dooley, H., Shaw, M.W., Mehenni-Ciz, J., Spink, J., Kildea, S. 2016. Detection of *Zymoseptoria tritici* SDHI-insensitive field isolates carrying the SdhC-H152R and SdhD-R47W substitutions. – *Pest Management Science* 72, pp. 2203–2207.
- Fernández-Ortuño, D., Torés, J.A., Vicente A., Pérez-García, A. 2008. Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. – *International Microbiology* 11, pp. 1–9.
- Fraaije, B.A., Cools, H.J, Fountaine, J., Lovell, D.J, Motteram, J., West, J.S. 2005. Role of ascospores in further spread of QoI-resistant cytochrome b alleles (G143A) in field populations of *Mycosphaerella graminicola*. – *Phytopathology* 95, pp. 933–941.
- Fraaije, B.A., Lucas, J.A., Clark, W.S., Burnett, F.J. 2003. QoI resistance development in populations of cereal pathogens in the UK. – *Proc. BCPC International Congress Crop Science Technology*. The British Crop Protection Council. UK, pp. 689–694.
- FRAC. 2016. Fungicide Resistance Action Committee. <http://frac.info/> (22.10.2016)
- Hufa, A., Rehfusa, A., Lorenza, K.A., Brysona, R., Voegelb, R.T., Stamm, G. 2018. Proposal for a new nomenclature for CYP51 haplotypes in *Zymoseptoria tritici* and analysis of their distribution in Europe. – *Plant Pathology* 67, pp. 1706–1712.
- Leroux, P., Albertini, C., Gautier, A., Gredt, M., Walker, A.S. 2007. Mutations in the CYP51 gene correlated with changes in sensitivity to sterol 14 $\alpha$ -demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*. – *Pest Management Science* 63, pp. 688–698.
- Morton, V., Staub, T. 2008. A Short History of Fungicides. – *Online, APSnet Features*. [http://doi: 10.1094/APSnetFeature](http://doi:10.1094/APSnetFeature).
- Omrane, S., Sghyer, H., Audeon, C., Lanen, C., Duplaix, C., Walker, A.S. 2015. Fungicide efflux and the MgMFS1 transporter contribute to the MDR phenotype in *Zymoseptoria tritici* field isolates. – *Environmental Microbiology* 17, pp. 2805–2823.



- Stammler, G., Carstensen, M., Koch, A., Semar, M., Strobel, D., Schlehuber, S. 2008. Frequency of different CYP51-haplotypes of *Mycosphaerella graminicola* and their impact on epoxiconazole-sensitivity and -field efficacy. – *Crop Protection* 27, pp. 1448–1456.
- Wieczorek, T.M., Berg, G., Semaškienė, R., Mehl, A., Sierotzki, H., Stammler, G., Justesen, A.F., Jørgensen, L.N. 2015. Impact of DMI and SDHI fungicides on disease control and CYP51 mutations in populations of *Zymoseptoria tritici* from Northern Europe. – *European Journal of Plant Pathology* 143, pp. 861-871.
- Yamashitaa, M., Fraaijea, B. 2018. Non-target site SDHI resistance is present as standing genetic variation in field populations of *Zymoseptoria tritici*. – *Pest Management Science* 74, pp. 72–681.

## SEENHAIGUSTE ESINEMINE EESTIS KASVATATAVATEL SUVINISU SORTIDEL

**Bulat Islamov, Anne Ingver**

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Islamov, B., Ingver, A. 2019. Incidence of fungal diseases in spring wheat cultivars grown in Estonia. – Agronomy 2019.

*Spring wheat is one of the most important field crops in Estonia. Widespread wheat cultivation favours development and spread of fungal diseases. Most common wheat diseases that affect spring wheat production in Estonia are tan spot caused by *Pyrenophora tritici-repentis*, septoria leaf blotch caused by *Zymoseptoria tritici* and *Parastagonospora nodorum*, powdery mildew caused by *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* and yellow rust caused by *Puccinia striiformis*. To identify the levels of resistance to most common fungal diseases 31 cultivated spring wheat varieties were screened for two successive growing seasons (2017 and 2018) in the Estonian Crop Research Institute. Wet and cool growth conditions in the season 2017 were favourable for spring wheat development and spread of fungal diseases, 2018 growing season, however, was dry and warm and overall fungal disease levels were low. Tan spot was present in all cultivars in 2017 and 2018. In 2017 the lowest disease score was detected in cultivars Cornetto and Uffo. In 2018 the lowest tan spot levels had the varieties Amulett, Arabella, Cornetto, Happy, Harenda, Licamero and Sorbas. Septoria leaf blotch in 2017 infected all the cultivars, disease score was the lowest in Amulett. In 2018 septoria leaf blotch was only detected in Licamero, Manu, Specifik and Triso. Powdery mildew was present in all cultivars in 2017, disease score was the lowest in Amulett, Cornetto, Happy and KWS Collada. In 2018 powdery mildew was only found in susceptible cultivars Hamlet and Mooni. Generally yellow rust incidence was low in 2017 and 2018. In 2017 yellow rust was detected in cultivars Buddy, Cornetto, Granny and Wanamo. In 2018 yellow rust was observed in cultivars Buddy, Granny and KWS Collada. A number of spring wheat cultivars with low disease scores for major fungal diseases under natural infection were identified in this study.*

**Keywords:** spring wheat, powdery mildew, tan spot, septoria leaf blotch

### Sissejuhatus

Suvinisu on Eestis enim kasvatatav põllukultuur. Nisu kasvatamine võimaldab ka nisuga seotud kahjustavate organismide ellujäämist põllul. Lisaks sellele on viimastel aastatel nisu kasvupind suurenenud ja nisupõldude tihe paiknemine soodustab nisuga seotud seenhaiguste takistamatut kasvu ja levikut. Suurema kahju nisu kasvatases toovadki seenhaigused.

Eesti Taimekasvatuse Instituut (ETKI) teeb taimekahjustajate monitooringut peamistel põllukultuuridel taimekaitseperioodil kord nädalas mai keskelt juuli keskpaigani. Nisul enam levinud seenhaiguste hulka kuuluvad nisu-pruunlaikus, helelaikus, kõrreliste jahukaste, kollane rooste, leherooste, kõrrerooste ja fusarioosid (Sooväli ja Koppel, 2017). Lehti kahjustavad seened muundavad normaalse taimede metabolismi ja vähendavad taimede lehtede fotosünteesilist pindala, avaldades mõju saagile ja saagi kvaliteedile. Uurimuse eesmärk oli hinnata Ees-

tis kasvatatavate suvinisu sortide haigusekindlust nelja enamlevinud seenhaiguse suhtes.

**Nisu-pruunlaikus.** Haigustekitaja *Pyrenophora tritici-repentis* tekitab vastuvõtlike taimede lehtedele väikese tumepruuni täpiga kollased laigud. Kui haiguse surve on põllul suur, siis nakatuvad ka nisu pähikud. *P. tritici-repentis* produtseerib peremees-spetsiifilised toksiidid ja nende mõjul tekivad taimel iseloomulikud sümptomid – taime koe surm ehk nekroos ja klorofüllis sisalduse langus ehk kloroos (Moreno jt, 2012). Haigustekitaja talvitub põhiliselt nakatunud taimejäänustel, kuid võib talvituda ka külvisemnel ja levida eostega nisu põllule. Esimesed haiguse sümptomid on nähtavad nisu võrsumise faasis. Patogeen tekitab sümptomeid laias temperatuurivahemikus. Haiguse arengut soodustab kõrge õhuniiskus ja vaba vee olemasolu lehe pinnal pika aja jooksul (Sah, 1994).

**Nisu helelaikus.** Haigustekitajad *Zymoseptoria tritici* ja *Parastagonospora nodorum* põhjustavad varasematel infektsiooni staadiumitel klorootiliste laikude teket. Hilisematel staadiumitel muutuvad laigud pruuniks, nekrootiliseks. Nisu helelaikus eristub nisu-pruunlaikusel selle poolest, et haiguse algstaadiumis ei teki nakatunud taimeosadele pruunikaid täppe. Helelaikusel hilisemas staadiumis aga tekivad kahjustatud koel palja silmaga nähtavad pruunid pükniidid, millest väljuvad roosakad eoste kogumikud (Solomon jt, 2006). Haigustekitajad talvituvad taimejäänustel ja nakatunud seemnetel. Seene arengut soodustav temperatuur on *Z. tritici* jaoks 15–20 °C, *P. nodorum* puhul 20–27 °C (Sooväli ja Kann, 2018). Eosed levivad veepiiskade kaasabil ja nakatumisele aitavad kaasa vihmad (Bathgate ja Loughman, 2001).

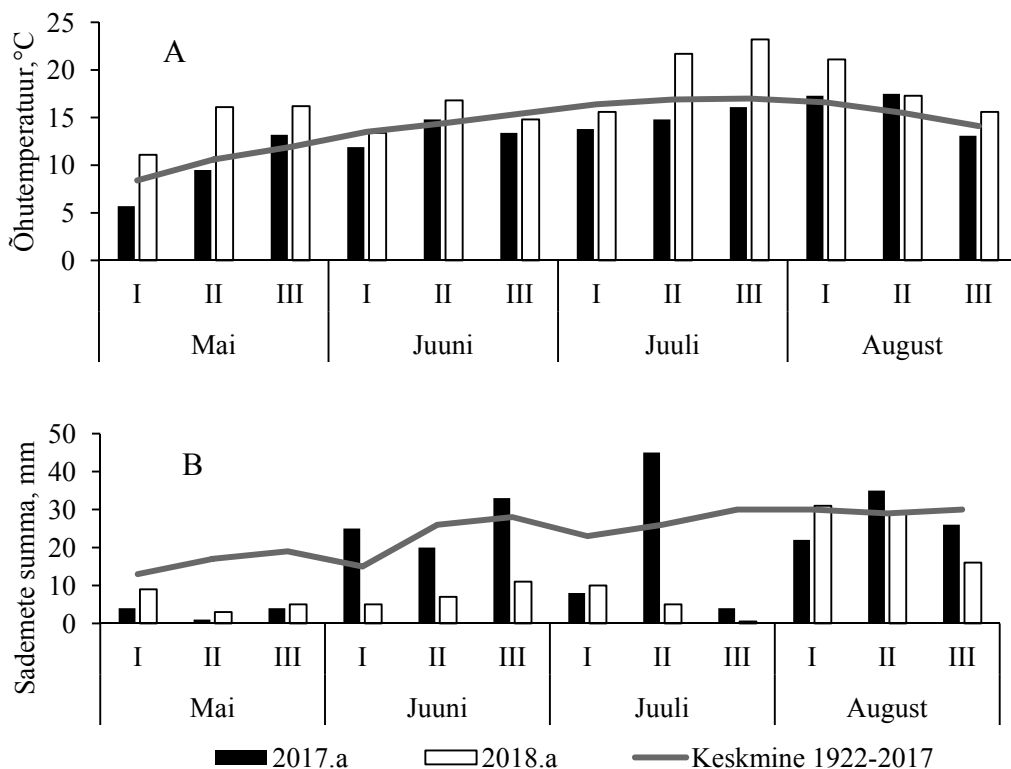
**Nisu jahukaste.** Haigustekitaja *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* on optimaalsetes tingimustes võimeline moodustama seeneniidistikku kõikide taime maa-pealsete organite pinnal. Nakkuse varasemates staadiumites sümptomeid ei ole, kuid hilisemates staadiumites on haigustekitaja seeneniidistik ja koniidid palja silmaga nähtavad. Lisaks tekivad nakatunud lehe tagaküljel klorootilised laigud, nekroosi esineb aga harva. Esmane nakatumine toimub kas taliviljal seeneniidistikus moodustunud koniididega või taimejäänustel seene viljakehades kotteostega. Haiguse arengut soodustavad suhteliselt madalad temperatuurid (18–22 °C) ja niiskete ning kuivade perioodide vaheldumine (Mehta, 2014).

**Kollane rooste.** Nakatunud taimedel tekivad piki leherootsusid kollakas-oranžid triibud. Triipude sees olevad seene eosed on järgmise nakatumise allikaks. Kollase rooste tekitajal *Puccinia striiformis* ei ole Eestis vaheperemeestaime, seega uus nakatumine toimub ainult nakatunud taimel talvitunud seeneniidistiku poolt moodustunud eostega. Eoste idanemiseks on vajalikud madalad temperatuurid (10–15 °C) ja kõrge õhuniiskus (Sooväli ja Kann, 2018).

## Materjal ja meetodika

Haiguskindluse määramiseks valiti 31 Eestis kasvatatavat suvinisu sorti. Katselapid olid 9 m<sup>2</sup> suurused ja paiknesid randomiseeritult neljas korduses ning ruutmeetrile külvati 600 idanevat tera. Külvieelselt oli katsepõld väetatud kompleksväetisega (N90 P20 K38 S + Mg + B). Katsed viidi läbi ETKI katsepõllul Jõgevamaal. Kasvuperiood määrati päevades külvist küpsuseni. Aastatel 2017 ja 2018 hinnati taimehaigusi kahes korduses. Haigused hinnati riiklike majanduskatsete meetodika järgi (Loper, 2018) 1–9 palli skaalas, kusjuures 1 tähendas haigusvaba ja 9 tugevalt nakatunud taime. Kumulatiivne haiguste indeks arvutati nelja haiguse hindamisballide keskmiste summana.

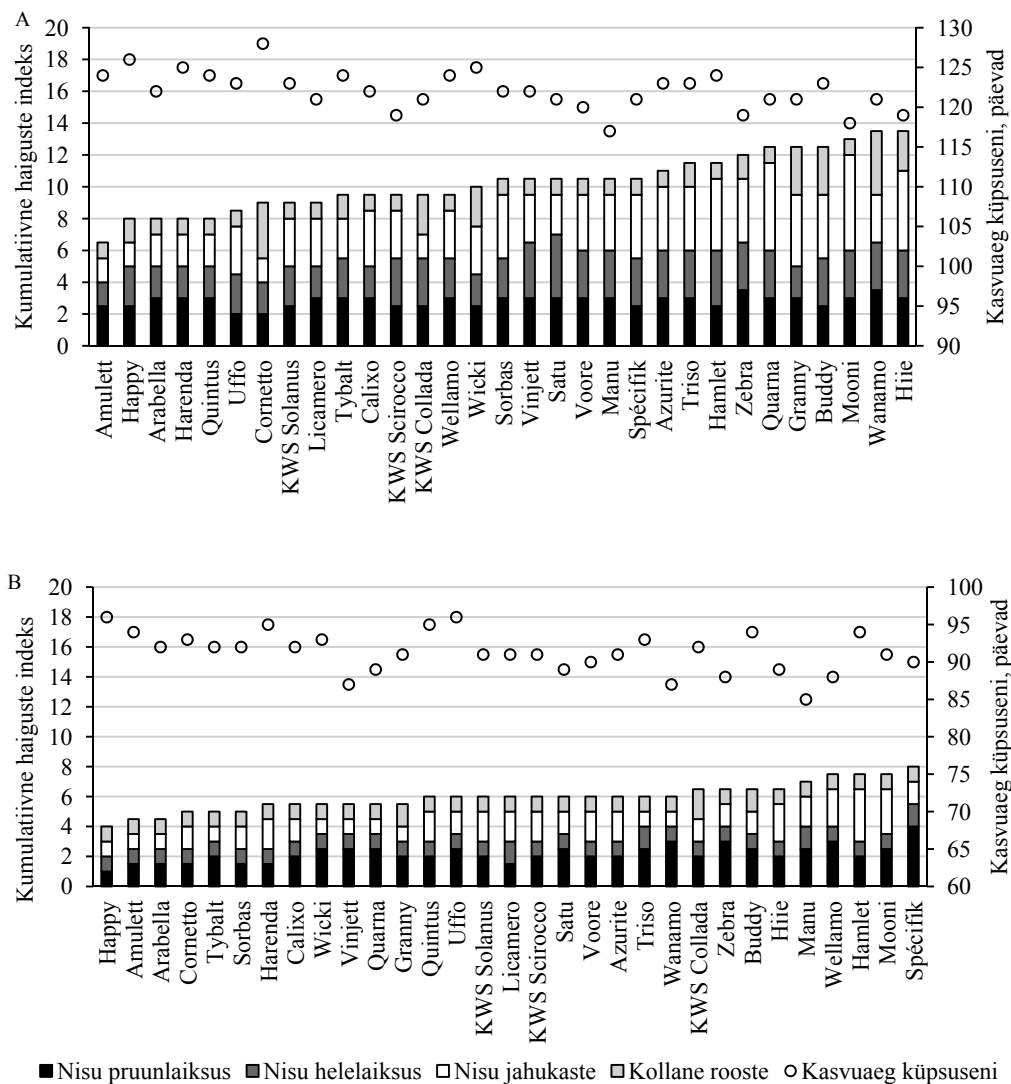
2017. a taimekasvuperioodil mai algusest juuli lõpuni domineerunud madalad temperatuurid (joonis 1, A) ja keskmisest suurem sademete hulk (joonis 1, B) põhjustasid taime aeglasemat arengut ja suuremat maapealse biomassi moodustumist. Suhteliselt madalad temperatuurid ja sagedased vihmajärgid mõjusid seenhaiguste arengule positiivselt. Keskmisest kõrgemate temperatuuridega ja kuiv kasvuperiood 2018. aastal oli taimekasvule ja seenhaiguste arengule ebasoodne.



**Joonis 1.** Vegetatsiooniperioodi ilmastiku tingimused 2017. ja 2018. aastal: (A) õhutemperatuur, (B) sademete summa

## Tulemused ja arutelu

Katseaastate kasvutingimused mõjutasid oluliselt katses olnud sortide kasvu-  
aega. 2017. a oli keskmine kasvu-aeg vilja küpsuseni 122 päeva, kõige varaja-  
semal sordil 'Manu' 117 päeva, kõige hilisemal sordil 'Cornetto' aga 128 päeva  
(joonis 2, A). 2018. a oli keskmine kasvu-aeg tunduvalt lühem ja kestis 91 päeva,  
kõige varajasem sort 'Manu' sai valmis 85 päevaga ja kõige hilisemad sordid  
'Happy' ja 'Uffo' küpsesid 96 päevaga (joonis 2, B).



**Joonis 2.** Suvinisu sortide seenhaiguste kumulatiivne haiguste indeks ja kasvu-aeg aastal 2017 (A) ja 2018 (B). Haigused hinnati 1–9 palli skaalas kahes korduses. Kumulatiivne haiguste indeks on arvutatud nelja haiguse hindamis-pallide keskmiste summana

Nisu-pruunlaiksusesse nakatumine oli 2017. aastal vahemikus 2–3,5 palli. Madalaim nakatumine oli sortidel ‘Cornetto’ ja ‘Uffo’ (2 palli), kõrgeim aga sortidel ‘Zebra’ ja ‘Wanamo’ (joonis 2, A). 2018. aastal oli nakatumine vahemikus 1–4 palli. Kõrgeim nakatumine oli sortidel ‘Specifik’, ‘Zebra’, ‘Wellamo’ ja ‘Wanamo’, kuid see oli madal või puudus sortidel ‘Amulett’, ‘Arabella’, ‘Cornetto’, ‘Happy’, ‘Harenda’, ‘Licamero’ ja ‘Sorbas’ (joonis 2, B).

Nisu helelaiksusesse nakatumine oli 2017. aastal vahemikus 1,5–4 palli. Tugevamalt nakatusid sordid ‘Hamlet’, ‘Vinjett’ ja ‘Satu’ (3,5–4 palli), helelaiksuse suhtes resistentseimaks sordiks osutus ‘Amulett’ (1,5 palli) (joonis 2, A). 2018. aastal vaheldusid vähesed vihmasajud pikemate kuivade perioodidega mais-juulis ja see ei võimaldanud helelaiksuse levikut. Üksikutel lehtedel tekkisid helelaiksuse sümptomid sortidel ‘Licamero’, ‘Manu’, ‘Specifik’ ja ‘Triso’ (joonis 2, B).

Nisu jahukastesse nakatumine oli 2017. aastal vahemikus 1,5–6 palli. Madalaim nakatumine oli sortidel ‘Amulett’, ‘Cornetto’, ‘Happy’ ja ‘KWS Collada’. Sordid ‘Granny’, ‘Hamlet’, ‘Hiie’, ‘Mooni’ ja ‘Quarna’ nakatusid jahukastesse enam (4–6 palli). 2018. aastal olid tingimused jahukaste arenguks ebasoodsad ja nakatusid vaid vastuvõtlikumad sordid ‘Hamlet’ ja ‘Mooni’ (3–3,5 palli).

Eestis ei ole kollane rooste igal aastal levinud, seetõttu on ka haiguskindlust raskem hinnata, kuid 2017. aasta ilmastik võimaldas haigusel levida. Sel aastal jäi kollasesse roostesse nakatumine vahemikku 1–4 palli. Enam nakatusid sordid ‘Buddy’, ‘Cornetto’, ‘Granny’ ja ‘Wanamo’ (3–4 palli). 2018. aasta oli kollase rooste arenguks ebasoodne ja üksikud haiguse sümptomid esinesid vaid sortidel ‘Buddy’, ‘Granny’ ja ‘KWS Collada’. Kõrrerooste ja leherooste haigestumise tase jäi uuritud katselappidel madalaks.

Osad suvinisu sordid näitasid kompleksset resistentsust neljale nisuhai-gusele. Parim haigusekindlus oli pigem hilisematel sortidel ‘Amulett’, ‘Arabella’, ‘Happy’, ‘Harenda’, ‘Quintus’, ‘Uffo’, ‘KWS Solanus’, ‘Licamero’, ‘KWS Col-lada’, ‘KWS Scirocco’, ‘Tybalt’, ‘Wellamo’ ja ‘Wicki’. Nende kumulatiivne haiguste indeks oli alla 10 palli haiguste arenguks soodsal 2017. aastal. Sordid ‘Buddy’, ‘Hiie’, ‘Hamlet’, ‘Manu’, ‘Mooni’, ‘Specifik’, ‘Wanamo’ ja ‘Zebra’ olid mõnevõrra vastuvõtlikumad haigustele mõlemal aastal. Enamus neist on kas varajased või keskvalmivad sordid.

## **Kokkuvõte**

Soodsates kasvutingimustes nakatub suvinisu mitmetesse seenhaigustesse. Seetõttu on sordiaretuse prioriteediks kompleksresistentsusega sortide loomine. Antud uurimustöös tuvastati põllutingimustes seenhaigustele resistentsemad ja vastuvõtlikumad sordid Eestis. Põldkatse tulemused annavad võimaluse põllu-majandusettevõtetes paremini planeerida haigustõrje programmi.

## Kasutatud kirjandus

- Bathgate, J.A., Loughman, R. 2001. Ascospores are a source of inoculum of *Phaeosphaeria nodorum*, *P. avenaria* f. sp. *avenaria* and *Mycosphaerella graminicola* in Western Australia. – *Australasian Plant Pathology* 30(4), pp. 317–322.
- Loper, I. 2018. Riiklike majanduskatsete katsemetoodika. Teravili. PMA Mahepõllumajanduse ja seemne osakond.  
<https://pma.agri.ee/download.php?getfile2=9581> (15.01.2019).
- Mehta, Y.R. 2014. Wheat diseases and their management. – New York: Springer. 256 pp.
- Moreno, M.V., Stenglein, S.A., Perello, A.E. 2012. *Pyrenophora tritici-repentis*, causal agent of tan spot: a review of intraspecific genetic diversity. – *The molecular basis of plant genetic diversity*.  
[http://cdn.intechopen.com/pdfs/33928/InTechPyrenophora\\_tritici\\_repentis\\_causal\\_agent\\_of\\_tan\\_spot\\_a\\_review\\_of\\_intraspecific\\_genetic\\_diversity.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/33928/InTechPyrenophora_tritici_repentis_causal_agent_of_tan_spot_a_review_of_intraspecific_genetic_diversity.pdf) (10.01.2019).
- Sah, D.N. 1994. Effects of leaf wetness duration and inoculum level on resistance of wheat genotypes to *Pyrenophora tritici-repentis*. – *J. Phytopathol.* 142, pp. 324–330.
- Solomon, P.S., Lowe, R.G., Tan, K.C., Waters, O.D., Oliver, R.P. 2006. *Stagonospora nodorum*: cause of stagonospora nodorum blotch of wheat. – *Molecular plant pathology* 7(3), pp. 147–156.
- Sooväli, P., Kann, L. 2018. Põllukultuuride kahjustajad ja nende tõrje. – Jõgeva, 55 lk.
- Sooväli, P., Koppel, M. 2017. Taimehaiguste monitooringu tulemused 2014.–2016. a. – *Taimekasvatuse alased uuringud Eestis 2017*. (toim) I. Tupits, S. Tamm, Ü. Tamm, A. Toe. Jõgeva, lk. 139–146.

## BIOSTIMULAATORIGA PUHTIMISE MÕJU TALINISU JUURESTIKULE

Pille Sooväli

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Sooväli, P. 2019. Impact of treatment with biostimulants on development of winter wheat roots. – Agronomy 2019.

*In order to investigate the impact of seed treatment with biostimulants and fungicides on development of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) root growth a laboratory trial was conducted at the Estonian Crop Research Institute. For seed treatments of the variety Kallas fungicide Bariton Ultra (a.i. fludioxonil and cyproconazole), biostimulants Panoramix (*Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Endomycorrhiza*, vitamins, fulvic and humic acid etc.), Prolis (L- $\alpha$  proline), BIOORG VH (micro and macro elements, fulvic and humic acid, phyto vitamins etc.) were used either singly or in mixtures. Untreated seeds were evaluated as a control. Seeds were grown on moistened germination paper rolls for 20 days. Primary and secondary roots and the first true leaf emerged from coleoptiles were measured. For every treatment the root system of the 100 viable seeds were assessed. Results showed that all treatments increased the root length compared to untreated once. The growth of roots and shoots was highest when winter wheat seeds were treated with biostimulants. By using the mixture of Bariton Ultra with Panoramix, and BIOORG VH the growth effect of the first leaf was moderate. The results suggested that the application of biostimulants for seed treatment influenced positively the winter wheat early development and growth of radicles.*

**Keywords:** wheat, seed treatment, biostimulant, root growth

### Sissejuhatus

Taimed koguvad toitaineid juurte ja võrsete abil. Kuna makroelemente on vaja suurtes kogustes, võtab taim neid peamiselt juurte kaudu mullast. Juured on olulise tähtsusega taime arenemisele ja saagi kujunemisele, seega suurema juurestikuga taimed peaks olema ka saagikamad. Kuid mitte alati ei ole teravilja-idandite juurte suurus korrelatsioonis taime maapealse osa arenemise intensiivsusega. Mullas niiskuse puudujäägi korral sõltub taime veega varustamine juurte jaotusest ja sügavusest (Dardanelli jt, 2004). Idujuurtel on oluline osa taime varustamisel vee ja toitainetega sügavamatest kihtidest, kuhu lisajuured ei ulatu (Atta jt, 2013).

Biostimulaatorid on ained või mikroorganismid, mille toime taimele või taime juurtele koos ümbritseva mullakihiga on stimuleerida looduslikke protsesse, et suurendada toitainete kogust ja mõju, parandada keskkonna mõjudest põhjustatud stressi talumist ja kultuuri kvaliteeti (EBIC, 2014). Biostimulaatorid on toodete kategooria, mis määratluse järgi suurendavad taimede tootlikkust ja ebasoodsates tingimustes parandavad taime suutlikkust stressiga toime tulla. Biostimulaatoritel ei ole otsest mõju kahjustajate vastu ning seepärast ei kuulu nad pestitsiidide hulka (du Jardin, 2015). Biostimulaatorid sisaldavad aineid, mis juba



väga madalates kontsentratsioonides parandavad biokeemilisi protsesse ja tekitavad mullas taimedele soodsama keskkonna ning toetavad seeläbi taime kasvu ja arengut (Calvo jt, 2014). Enamikke biostimulaatoreid tohib segada puhtimisel ja kasvu ajal kasutatavate keemiliste taimekaitsevahenditega. Fungitsiidide ja biostimulaatorite seguga taliteraviljade seemnete puhtimine on kasulik vähem soodsates keskkonnatingimustes.

Katsete eesmärk oli võrrelda biostimulaatori ja fungitsiidiga puhtimise mõju talinisu külvisseemne idujuurtele ja esimese lehe kasvule.

## Materjal ja meetodika

Katsed toimusid Eesti Taimekasvatuse Instituudi laboris 2016. ja 2017. aastal. Talinisu 'Kallas' seeme pärines samadel aastatel koristatud viljast. Külvisseeme puhiti nädal enne külvamist laboratoorse puhtimismasinaga Hege 11. Katsetes kasutatud puhised on esitatud tabelis 1. Keemilist puhist Bariton Ultra (fluoksastrobiin 112,5 g l<sup>-1</sup>, protiokonasool 112,5 g l<sup>-1</sup>) võrreldi järgmiste bioloogilist päritolu toodetega: mikroorganisme sisaldav Panoramix (*Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Endomycorrhiza*, vitamiinid, fulvo- ja humiinhape jm), vermiuumuse vedel kontsentraat BIOORG VH (mikro- ja makroelemendid, humiini- ja fulvohape, füto vitamiinid jm) ja asendamatu aminohape Prolis (99,5% L- $\alpha$  proliin). Katsetes oli ka töötlemata kontrollvariant. Laboritingimustes selgitati puhiste mõju juurte ja tõusme kasvule tärgamise arengujärgus, kasvufaasis 11 (Zadoks jt, 1974). Selleks hoiti teri niiskuskambris filterpaberi rullis 20 päeva, kuni lisajuurte arenemise alguseni, seejärel mõõdeti idanenud teradel idujuurte ja esimese lehe pikkused, igast variandist hinnati 100 tera (International ..., 1996).

**Tabel 1.** Talinisu puhtimisel kasutatud puhised ja kulunormid

Puhis	Kulunorm	
	2016	l/t, g/t 2017
Kontroll	-	-
Bariton Ultra	0,5	0,5
Panoramix	4	
Panoramix + BIOORG VH	4 + 3	
Panoramix + Bariton Ultra	0,5 + 4	0,5 + 4
Prolis	5	
Prolis + Bariton Ultra	0,5 + 5	0,5 + 5
BIOORG VH	3	3
BIOORG VH + Bariton Ultra	0,5 + 3	0,5 + 3

Statistiline analüüs tehti MS Exelis. Kasutades t-testi, leiti paariviisilisel võrdlemisel usutavused ( $p \leq 0,05$ ) erinevate puhistega variantide vahel. Kõikidele mõõdetavatele suurustele arvutati keskmine ja standardviga (SE).

## Tulemused ja arutelu

2016. a kasvasid talinisu 'Kallas' puhtimata seemnetel juured keskmiselt 18 cm pikkuseks ja puhitud variantides oli juurte pikkus vahemikus 24,4–43,8 cm (tabel 2). Katsetatud toodetest olid kõige pikemad juured (keskmiselt 41,2–43,8 cm) biostimulaatorite BIOORG VH ja Panoramix variantides, nii eraldi kui ka segus kasutamisel. Sarnane tulemus oli ka BIOORG VH ja keemilise puhise Bariton Ultra segus kasutamisel (40,1 cm). Panoramixi ja Bariton Ultra puhtimine talinisu juure pikkust ei suurendanud (24,6 cm). Biostimulaatori Prolis kasutamisel või koos keemilise puhisega jäi juure pikkus sarnaseks, vastavalt 24,4 ja 25,4 cm. Sordi 'Kallas' 100st idanema pandud terast oli arenemata juurteta teri oluliselt vähem (25–27), kui puhtimine sisaldas biostimulaatorit BIOORG VH. Puhtimata kontrollvariandis oli juurteta teri enim (53 tera).

Talinisu 'Kallas' puhtimata teradel arenes esimese lehega tõuse keskmiselt 4,6 cm pikkuseks 20 päevaga, jäädes puhitud variantidega võrreldes lühemaks (tabel 2). Kõige pikemaks kasvas esimene leht BIOORG VH ja BIOORG VH + Panoramix variantides, vastavalt 9,7 ja 9,1 cm. Sarnaselt juurte pikkusele olid lühemad ka Prolise ja Bariton Ultra variantide keskmised lehe pikkused, jäädes vahemikku 5,2–5,9 cm.

**Tabel 2.** Talinisu algarengut iseloomustavad näitajad (keskmine ± standardviga SE) laboritingimustes 2016. a

Puhis	Juure pikkus, cm	Tõusme pikkus, cm
Kontroll	18,2 ± 2,52 <sup>bc</sup>	4,6 ± 0,70 <sup>b</sup>
Bariton Ultra	26,6 ± 3,18 <sup>c</sup>	5,8 ± 0,75 <sup>b</sup>
Panoramix	41,2 ± 3,24 <sup>ab</sup>	8,2 ± 0,68 <sup>a</sup>
Panoramix + BIOORG VH	43,8 ± 3,25 <sup>a</sup>	9,1 ± 0,67 <sup>a</sup>
Panoramix + Bariton Ultra	24,6 ± 3,13 <sup>c</sup>	5,2 ± 0,70 <sup>b</sup>
Prolis	24,4 ± 3,06 <sup>c</sup>	5,9 ± 0,80 <sup>b</sup>
Prolis + Bariton Ultra	25,4 ± 3,16 <sup>c</sup>	5,5 ± 0,72 <sup>b</sup>
BIOORG VH	43,6 ± 3,13 <sup>a</sup>	9,7 ± 0,74 <sup>a</sup>
BIOORG VH + Bariton Ultra	40,1 ± 3,16 <sup>a</sup>	7,5 ± 0,62 <sup>abc</sup>

Erinevad tähed näitavad erinevaid usutavusi  $p \leq 0,05$  (t-test)

2017. a saagist võetud talinisu 'Kallas' teradel arenesid juured ja esimene leht eelneva aastaga võrreldes tunduvalt pikemaks (tabel 3). Puhtimata variandis oli keskmine juure pikkus 54,5 ja lehe pikkus 14,9 cm. Puhtimine Prolise ja Bariton Ultra kasvatades juured kõige pikemaks, vastavalt 63,5 ja 62,1 cm. Üle 60 cm kasvasid juured ka biostimulaatoriga BIOORG VH puhtimisel (61,5 cm). Võrreldes biostimulaatorite Panoramix või BIOORG VH lisamisega keemilisele puhisele, jäi juure pikkus samaks (56,5 ja 56,1 cm). 100st idanema pandud terast oli kõige rohkem arenemata teri Panoramix + Bariton Ultra (25 tera) ja BIOORG VH +

Bariton Ultra (21 tera) variandis. Puhtimata kontrollvariandis jäid idujuured ja tõusme leht arenemata 13 teral, kõige vähem oli arenemata teri, kui puhiti segus Prolis + Bariton Ultra (3 tera).

**Tabel 3.** Talinisu algarengut iseloomustavad näitajad (keskmine  $\pm$  standardviga SE) laboritingimustes 2017. a

Puhis	Juure pikkus, cm	Tõusme pikkus, cm
Kontroll	54,5 $\pm$ 2,56 <sup>b</sup>	14,9 $\pm$ 0,80 <sup>a</sup>
Bariton Ultra	62,1 $\pm$ 2,98 <sup>a</sup>	14,9 $\pm$ 0,81 <sup>ac</sup>
Panoramix + Bariton Ultra	56,5 $\pm$ 4,76 <sup>c</sup>	15,1 $\pm$ 1,09 <sup>ad</sup>
BIOORG VH	61,5 $\pm$ 2,86 <sup>a</sup>	16,9 $\pm$ 0,71 <sup>a</sup>
Prolis + Bariton Ultra	63,5 $\pm$ 1,94 <sup>ab</sup>	19,2 $\pm$ 0,76 <sup>b</sup>
BIOORG VH + Bariton Ultra	56,1 $\pm$ 3,33 <sup>d</sup>	15,5 $\pm$ 1,06 <sup>ac</sup>

Erinevad tähed näitavad erinevaid usutavusi  $p \leq 0,05$  (t-test)

Võrreldes puhtimata kontrolliga (14,9 cm) kasvas talinisel 20 päevaga esimene leht teistest pikemaks Prolis + Bariton Ultra (19,2 cm) ja BIOORG VH (16,9 cm) variantides. Bariton Ultrale lisatud biostimulaatorid Panoramix ja BIOORG VH esimese lehe kasvu oluliselt ei mõjutanud.

Katsetest ilmnes, et sama sordi kahe kasvuhooaja saagist võetud seemnetel erinesid juurte ja esimese lehega tõusme pikkused (tabelid 2 ja 3). 2017. a kasvasid puhtimata kontrollvariandi seemnete juured kolm korda pikemaks võrreldes 2016. a samal sordil ja variandis. 2016. a saagist võetud seemnetel olid biostimulaatoriga puhtimisel juured poole pikemad võrreldes puhtimata või bioloogilise + keemilise puhise seguga seemnetel. Sama kinnitab ka Hodgkinson jt (2017) uuring, kus talinisu sortide juurte pikkused ja lehe suurused erinesid erinevate kasvuaastate seemnetel.

Mõlema aasta tulemused näitasid biostimulaatori variantides suuremat juurestikku. Pruszynski (2008) järgi paranes biostimulaatori mõjul lisaks juurestiku suurenemisele ka vee omastamise võime. Sellepärast oleme põldkatsetes täheldanud kuival aastal biostimulaatoriga puhtimisel saagile positiivsemat mõju. Kuival aastal korreleerub terasaak idujuurte ja märjal aastal külguurte arenemisega (Singh jt, 2010). Biostimulaatoriga puhtimise tulemusena oli täheldatav juurestiku kiirem kasv. Põllul kasvades arenevad idujuurtest peajuured, mis ulatuvad sügavamale mulda, kuhu külgujuured ei ulatu, tagades saagikuse ka kuivadel aastatel. Talinisu idujuured talve jooksul ei hävi vaid püsivad elujõulisena kuni saagi koristuseni ja võivad tungida väga sügavatesse mullakihtidesse. Taime võrsumise ajal kasvanud külgujuured jäävad peamiselt künnikihti (Manschadi jt, 2008). Mikrotasandil hõlmab see juurekarvakesi, mis suurendavad juurestiku pinda, aidates kaasa vee- ja toitainete kogumisele. Uuringud on näidanud seost nitraaditaseme ja juurestiku ehituse vahel mullas: madala nitraadi kontsentrat-

siooni korral pidurdub külguurte kasv, samas nitraadirikkad mullad soodustavad külguurte pikenemist, et taim saaks lämmastikku omastada (Smith ja De Smet, 2012). Positiivne seos on ka talinisu juurestiku ja talvitumise vahel. Talvekindlus suureneb suurema juurestikuga taimel, kuna suhkrusisaldus on suurem ja talveperioodil toimub juurekasv sügisel kogutud süsivesikute varude arvelt ning hingamiseks kulunud suhkrute hulk on väiksem (Bingham ja Stevenson, 1993).

Sarnaselt Michalskile (2008), näitasid meie katsed biostimulaatoriga puhtimisel tera algarengus esimese lehe kiiremat kasvu. Katsete tulemused näitavad vastastikust positiivset suhet juurestiku arenemise ja taimede võrsumise vahel (Yang jt, 2012). Võib järeldada, et biostimulaatorite toimel kiiremini arenenud taimedel on võrseid rohkem ja saagikus suurem.

## Kokkuvõte

Talinisu puhtimisel biostimulaatoriga oli tera algarengus positiivne seos idujuurte ja tõusme esimese lehe kasvu vahel, mis võib oluliselt kaasa aidata nisutaime arengule ja saagikusele. Katsed näitasid, et biostimulaatorites sisalduvad looduslikud ühendid soodustavad talinisu arengut esimestes kasvufaasides.

## Kasutatud kirjandus

- Atta, B.M., Mahmood, T., Trethowan, R.M. 2013. Relationship between root morphology and grain yield of wheat in north-western NSW, Australia. – *Australian Journal of Crop Science* 7 (13), pp. 2108–2115.
- Bingham, I.J., Stevenson, E.A. 1993. Control of root-growth – effects of carbohydrates on the extension, branching and rate of respiration of different fractions of wheat roots. – *Physiologia Plantarum* 88, pp. 149–158.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. – *Plant Soil* 383, pp. 3–41.
- Dardanelli, J.L., Ritchie, J.T., Calmon, M., Andriani, J.M., Collino, D.J. 2004. An empirical model for root water uptake. – *Field Crops Research* 87, pp. 59–71.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. – *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 3–14.
- EBIC. 2014. European Biostimulants Industry Council. <http://biostimulants.eu/> (26.11.2018)
- Hodgkinson, L., Dodd, I.C., Binley, A., Ashton, R.W., White, R.P., Watts, C.W., Whalley, W.R. 2017. Root growth in field-grown winter wheat: Some effects of soil conditions, season and genotype. – *European Journal of Agronomy* 19, pp. 74–83.
- International Rules for Seed Testing (ISTA) 1996. The Germination Test – International Seed Testing Association (1996). – *Seed Science & Technology* 24, pp. 29–34.
- Yang, J., Zhang, H., Zhang, J. 2012. Root Morphology and Physiology in Relation to the Yield Formation of Rice. – *Journal of Integrative Agriculture* 11 (6), pp. 920–926.
- Manschadi, A., Hammer, G.L., Christopher, J., DeVoi, P. 2008. Genotypic variation in seedling root architectural traits and implications for drought adaptation in wheat (*Triticum aestivum* L.) – *Plant Soil* 303, pp. 115–129.

- Michalski, T. 2008. Possibilities of maize production increase using non-conventional technologies. Biostimulators in modern agriculture. – *General Aspects* (ed) H. Gavronska. Warsaw, pp. 30–53.
- Pruszyński, S. 2008. Biostimulator in plant protection. – Biostimulators in modern agriculture. – *General Aspects* (ed) H. Gavronska. Warsaw, pp. 18–23.
- Singh, V., van Oosterom, E.J., Jordan, D.R., Messina, C.D., Cooper, M., Hammer, G.L. 2010. Morphological and architectural development of root systems in sorghum and maize. – *Plant Soil* 333, pp. 287–299.
- Smith, S., De Smet, I. 2012. Root system architecture: insights from *Arabidopsis* and cereal crops. – *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences* 367 (1595), pp. 1441–1452.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. 1974. A decimal codes for the growth stages of cereals. – *Weed Research* 14, pp. 415–421.

## BIOSTIMULAATORI JA FUNGITSIIDI MÕJU ÕLLEODRALE

Tiia Kangor, Ülle Tamm, Pille Sooväli

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Kangor, T., Tamm, Ü., Sooväli, P. 2019. The effect of biostimulants and fungicide treatment on malting barley. – Agronomy 2019.

*The objective of this study was to evaluate the effect of fungicide alone and together with biostimulants on grain yield of malting barley, yield components (number of productive tillers per m<sup>2</sup>, number and weight of kernels per ear), length of growing period and barley diseases (*Pyrenophora teres*, *Cochliobolus sativus*). The trials were arranged on 5 m<sup>2</sup> plots in three replications at the Estonian Crop Research Institute in 2015–2017. Nine genotypes and three treatments were used – V2 (fungicide in BBCH 37–39); V3 (biostimulant in BBCH 23–25 + fungicide in BBCH 37–39); V1 (untreated control). The grain yield, the number and weight of grains per ear were the highest in 2017. Yield and the values of yield components were low due to early drought in May of 2016. Followed rains in June caused late tillering and the number of productive tillers was high. The yield of V3 was significantly the highest in 2015 and 2017. Cool and humid weather and use of fungicide and biostimulants prolonged the growing period. In general, the weather conditions influenced the period from sowing to heading more than the treatment and the genotype. Drought decreased disease infection in 2016. The both, fungicide and fungicide+biostimulant suppressed the barley diseases better than the untreated control.*

**Keywords:** malting barley, biostimulants, fungicide treatment

### Sissejuhatus

Biostimulaatoreid hakati kasutama seoses nn taime stressiga. Stressi võivad põhjustada äärmuslikud kasvutingimused, pestitsiididega töötlemised ning sellega kaasnev saagi kadu võib olla küllalt suur (Fahad jt, 2017). Biostimulaatorid mõjutavad taime füsioloogilisi protsesse aidates taimikul kohaneda muutustega ja vähendada abiootilist stressi (Le Mire jt, 2016). Need preparaadid võivad sisaldada mitmeid baktereid, seeni jt elusorganisme, kuid ka erinevaid toiteelemente, orgaanilisi aineid, humiin- ja fulvohappeid, vitamiine, aminohappeid, fütohormoone jms (Calvo jt, 2014).

Seoses biostimulaatorite kasutamisega on vähem käsitletud nende koostoimet fungitsiididega. Mõnede fungitsiidide kasutamine võib pikendada teraviljade kasvuaega (Bartlett jt, 2002), kuid vähem on kirjeldatud, kuidas fungitsiidide ja biostimulaatoritega koos kasutamine mõjutab kasvuaja pikkust. Õlleodra kvaliteedi tagamiseks on oluline lühem kasvuaeg.

Eestis enamlevinud odra lehehaigused on odra võrklaiksus (haigustekitaja *Pyrenophora teres*) ja kõrreliste pruunlaiksus (haigustekitaja *Cochliobolus sativus*). Antud töö eesmärgiks oli uurida õlleodra terasaagi ja saagikomponentide (produktiivvõrsete arv m<sup>2</sup>-l, terade arv ja kaal peas), kasvuaja pikkuse ning odral enamlevinud taimehaiguste (võrk- ja pruunlaiksuse) muutusi seoses kasvuaegsete fungitsiidide ja biostimulaatorite kasutamisega erinevates ilmastikutingimustes.

## **Materjal ja meetodika**

Katse viidi läbi aastatel 2015–2017 Eesti Taimekasvatuse Instituudi Jõgeva katsepõllul. Katseala asus kõigil aastatel raske liivsavi lõimisega leostunud mullal (Ko), mille näitajad olid järgmised:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,7–6,0;  $\text{C}_{\text{org}}$  1,5–1,9%; P 148–173 mg kg<sup>-1</sup>; K 139–206 mg kg<sup>-1</sup> ja Ca 1406–1422 mg kg<sup>-1</sup>.

Odrasortide ‘Quench’, ‘Grace’, ‘Iron’, ‘Propino’, ‘Carambole’, ‘Conchita’, ‘Evergreen’, ‘KWS Irina’ ja ‘Soldo’ seeme töödeldi puhisega Maxim Star 025 FS (1,5 l t<sup>-1</sup>), milleks kasutati laboratoorset puhtimisseadet Hege 11. Seeme külvati 5 m<sup>2</sup> randomiseeritud katselappidele kolmes korduses. Enne seemne külvi anti mulda NPK väetist (N 22; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7; K<sub>2</sub>O 12) normiga 409 kg ha<sup>-1</sup> (N90 P13 K41 elementidena). Külvisenorm oli 500 idanevat tera ruutmeetritele.

Katses oli kolm varianti: V1 – töötlemata kontroll; V2 – fungitsiid Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> kõrsumisfaasi lõpus (37–39); V3 – biostimulaatorid Ruter AA 3 l ha<sup>-1</sup> võrsumisfaasis (23–25) ja Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup> koos fungitsiidiga Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> kõrsumisfaasi lõpus (37–39). Ruter AA sisaldas järgmisi elemente ja aineid: N 5,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5,0; K<sub>2</sub>O 3,5; Fe EDDHA 0,036; Mn EDTA 0,05; Zn EDTA 0,07; Mo 0,1; vabad aminohapped 7,0; orgaaniline aine 15,0 ja CaO 8,7%. Delfan Plusi koostisse kuulusid vabad aminohapped 24; üld N 9; proteiini N 5; orgaaniline aine 37 ja orgaaniline C 23%. Mõlemat preparaati soovitab müügifirma kui taimestressi leevendajaid ebasobivate kasvutingimuste, taimahaigustesse nakatumise jms puhul. Ülejäänud taimekaitsetööd herbitsiidide ja insektitsiididega tehti vastavalt vajadusele ning õlleodrale sobivate preparaatide ja normidega.

Taimahaigustesse nakatumist hinnati visuaalselt sajabrotsendilise skaala alusel igalt lapilt viiest kohast juhuslikult valitud kolme produktiivvõrse kolmel ülemisel lehel. Haigused hinnati vahetult enne ja kaks nädalat pärast pritsimist. Viimane hindamine tehti piimküpsuse kasvufaasis (71–73).

Kasvuperioodiks loeti päevade arvu külvist hilisvahaküpsuseni. Loomine ja hilisvahaküpsus märgiti siis, kui vähemalt 50% odra peadest olid jõudnud sellesse kasvufaasi. Lapisaagid koristati, kuivatati, sorteeriti ja arvatati 14% niiskuse sisaldusele. Produktiivvõrseid loeti iga lapi mõlemast otsast 1 m kauguselt 0,25 m<sup>2</sup> pinnaühikult. Õlleodra saagikomponentidest arvatati pea terade kaal ja arv.

Ilmastikuandmed saadi Eesti Taimekasvatuse Instituudi katsepõllule paigaldatud agrometeoroloogilise automaattilmajaama Metos Compact abil. Ilmastik oli katseaastati erinev. 2015. aastal olid keskmised õhutemperatuurid ja sademete summad taimede kasvuperioodil maist kuni augustini lähedased paljude aastate (alates aastast 1922) keskmisele, ainult juuni esimeses ja teises dekaadis sadas vähem ja augustis esines lühiajalist põuda. Nii 2016. kui ka 2017. aasta maikuud olid sarnased, sest sademeid tuli kuu jooksul vähe, vastavalt 4 mm (2016) ja 9 mm (2017). Keskmise õhutemperatuur oli samal ajal 2016. aastal tunduvalt kõrgem võrreldes 2017. aastaga ja ka paljude aastate keskmisega. 2016. aasta paistis silma kogu odra kasvuperioodi jooksul kõrgema keskmise õhutemperatuuri poolest. Samas esinesid ka äärmuslikud sademete hulgad: sadas korraga palju või

väga vähe võrreldes paljude aastate keskmisega. 2017. a oli tunduvalt jahedam võrreldes 2015. ja 2016. aasta sama ajaga. Seejuures oli vegetatsiooniperiood sademeterohke ja vili sai koristusküpseks ligi kaks nädalat tavapärasest hiljem.

Katseandmed töödeldi statistiliselt, variantide vahelised usutavad erinevused 95% usalduspiiri juures ( $p \leq 0,05$ ) leiti mitmefaktorilisel dispersioonanalüüsil kasutades andmetöötlusprogrammi Agrobases<sup>TM</sup> 20. Saagikomponentidele arvutati standardhälbed (s).

## Tulemused ja arutelu

**Terasaak ja saagikomponendid.** Variantide keskmine saagitase (tabel 1) varieerus aastati vahemikus 5122 (2016. a) kuni 7742 kg ha<sup>-1</sup> (2017. a). Odra terasaak jäi 2016. aastal madalamaks kogu kasvuajal olnud kõrgema keskmise temperatuuri ja väheste sademete tõttu kasvuperioodi alguses (võrsumine kuni kõrsumise algus) ning tera täitumise ajal. Suurim saak oli 2017. aastal, mil tingimused olid odra kasvuks väga soodsad. 2015. aastal olid samuti tingimused odra kasvuks ja arenguks soodsad ning keskmine saagitase oli hea – 7145 kg ha<sup>-1</sup>.

Fungitsiidiga töödeldud variandi V2 ja fungitsiidi + biostimulaatori variandi V3 vahel esines kahel aastal kolmest (2015., 2017. a) terasaagis usutav erinevus. 2016. a usutavad erinevused terasaagis nende kahe variandi vahel puudusid, sest saagikomponentide vahel ei olnud märkimisväärseid erinevusi. Statistiliselt olulised erinevused olid saagikuses kõikidel aastatel töödeldud variantide ja tööt-

**Tabel 1.** Õlleodra keskmine terasaak ja saagi komponendid erinevates variantides 2015.–2017. a

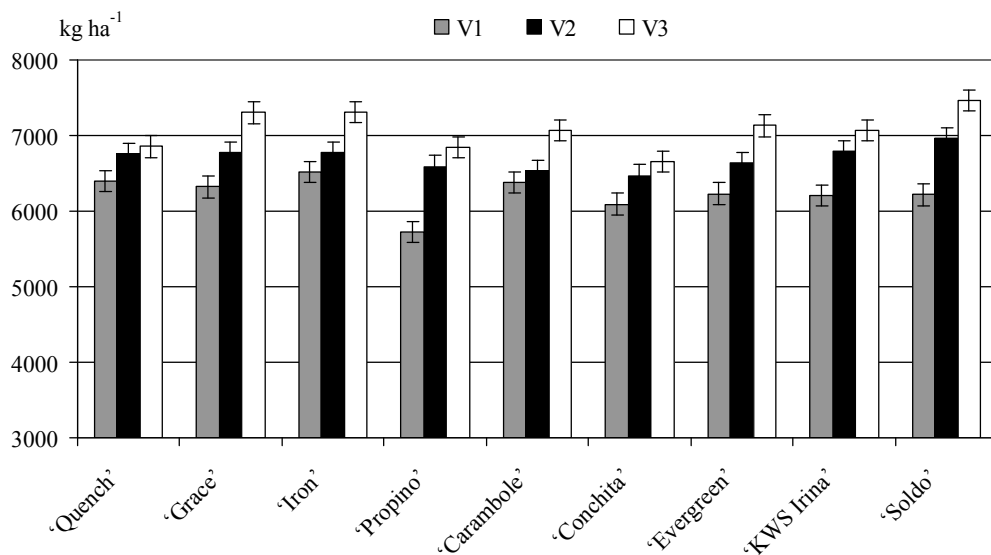
Aasta	Variant	Näitaja			
		Terasaak, kg ha <sup>-1</sup>	Produktiivvõrsed, tk m <sup>-2</sup>	Terade arv peas ± s, tk	Terade kaal peas ± s, g
2015	V1	6700 <sup>c</sup>	828 <sup>a</sup>	16,9 ± 1,16	0,82 ± 0,052
	V2	7103 <sup>b</sup>	804 <sup>b</sup>	17,4 ± 1,54	0,89 ± 0,086
	V3	7633 <sup>a</sup>	789 <sup>b</sup>	19,0 ± 1,29	0,97 ± 0,058
	PD <sub>0,05</sub>	154	22	–	–
	keskmine	7145	807	17,8 ± 1,33	0,89 ± 0,065
2016	V1	4584 <sup>b</sup>	1091 <sup>b</sup>	10,5 ± 0,63	0,42 ± 0,03
	V2	5403 <sup>a</sup>	1193 <sup>a</sup>	10,5 ± 1,41	0,46 ± 0,07
	V3	5379 <sup>a</sup>	1176 <sup>a</sup>	10,7 ± 0,70	0,46 ± 0,02
	PD <sub>0,05</sub>	192	29	–	–
	keskmine	5122	1153	10,6 ± 1,12	0,45 ± 0,040
2017	V1	7412 <sup>b</sup>	763 <sup>b</sup>	18,9 ± 1,32	0,98 ± 0,064
	V2	7592 <sup>b</sup>	764 <sup>b</sup>	18,3 ± 1,44	1,01 ± 0,084
	V3	8224 <sup>a</sup>	799 <sup>a</sup>	19,0 ± 1,33	1,04 ± 0,075
	PD <sub>0,05</sub>	160	26	–	–
	keskmine	7742	776	18,7 ± 1,03	1,01 ± 0,066

V1 kontroll; V2 Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> f. 37–39; V3 Ruter AA 3 l ha<sup>-1</sup> f. 23–25; Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup> + Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> f. 37–39; s – standardhälve



lemata kontrollvariandi vahel, kuigi kõigi saagikomponentide osas see alati nii ei olnud.

Katses olnud sortide aastate keskmine terasaak erinevates variantides oli vahemikus 5720–7464 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 1). Enamus õlleodra sortidest andsid fungitsiidi + biostimulaatori koos kasutamisel usutava enamsaagi võrreldes ainult fungitsiidi kasutamisega, v.a ‘Quench’, ‘Propino’ ja ‘Conchita’. Samuti andis usutava enamsaagi fungitsiidi kasutamine võrreldes kontrolliga, v.a ‘Iron’ ja ‘Carambole’.

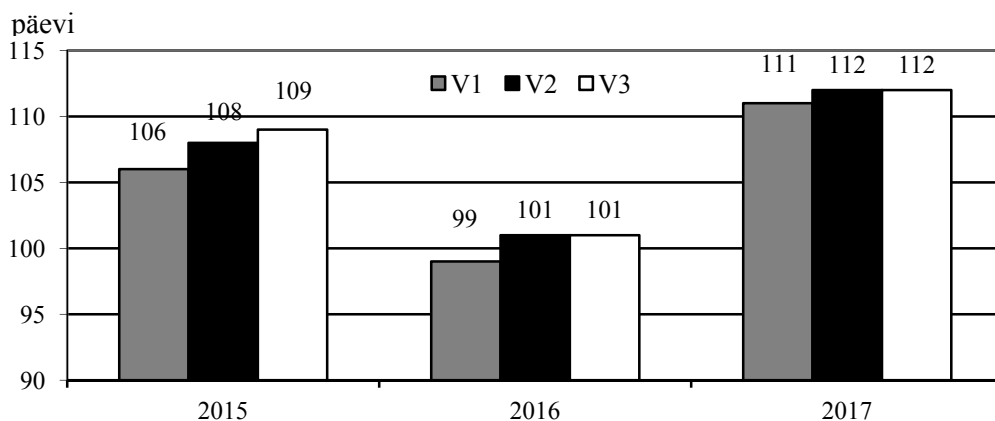


V1 kontroll; V2 Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> f. 37–39; V3 Ruter AA 3 l ha<sup>-1</sup> f. 23–25; Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup> + Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> f. 37–39;  $\bar{\text{I}}$  – PD<sub>0,05</sub> = 283

**Joonis 1.** Õlleodra sortide keskmine terasaak erinevates variantides 2015.–2017. a

**Kasvuaja pikkus.** Kuna kasvutingimused olid aastati erinevad, siis kujunes ka odra kasvuaja pikkus erinevaks. Kõrgema õhutemperatuuriga ja kuivemal 2016. aastal jäi õlleodra sortide keskmine kasvuaeg 100 päeva pikkuseks, 2015. aastal oli see 107 päeva ning jahedamal 2017. aastal 112 päeva (joonis 2).

Mõlema töötamise korral, nii fungitsiidiga kui ka fungitsiidi + biostimulaatori koos kasutamisel jäid kasvuaja pikkused kõigil aastatel sarnaseks ja usutavad erinevused puudusid. 2015. aastal oli kasvuaeg V2 variandis 108 ja V3 variandis 109 päeva; 2016. aastal V2 ja V3 mõlemad 101 päeva ja 2017. aastal mõlemad V2 ja V3 töötlemised 112 päeva. Samal ajal kontrollvariandis V1 valmis vili kiiremini, kuna taimehaigused hävitasid fotosünteesiva lehepinna ja lõpetasid toitainete liikumise. Seetõttu jäi kasvuaeg kontrollvariandis kõigil aastatel lühemaks, vastavalt 106 (2015. a), 99 (2016. a) ja 111 päeva (2017. a). Sordi ‘Quench’ kasvuaeg kujunes aastate keskmisena teistest sortidest pikemaks (109 päeva) ja sordil ‘Grace’ oli see teistest lühem (104 päeva).

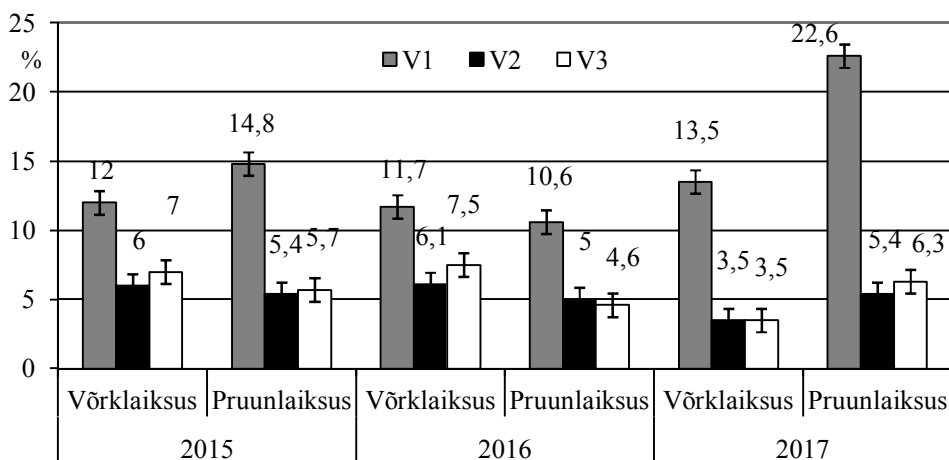


V1 kontroll; V2 Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> f. 37–39; V3 Ruter AA 3 l ha<sup>-1</sup> f. 23–25; Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup> + Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> f. 37–39

**Joonis 2.** Õlleodra keskmine kasvuaja pikkus erinevates variantides 2015.–2017. a

Kasvuaja pikkus jagati kaheks, s.t kasvuaeg külvist loomiseni ja loomisest küpsuseni. Külvist loomiseni oli kasvuaja pikkus aastati erinev, vastavalt 61 (2015. a), 56 (2016. a) ja 63 päeva (2017. a). Kasvuaeg loomisest küpsuseni oli 46 (2015. a), 44 (2016. a) ja 48 päeva (2017. a). Kuna suurem osa odra arengust jäi loomiseelsesse perioodi, siis oli see enam mõjutatud kasvuaasta tingimustest. Kasvuaja pikkusele loomisest küpsuseni avaldas suuremat mõju lisaks ka sort ja töötlus.

**Odra nakatumine võrklaiksusesse ja pruunlaiksusesse.** Õlleodra sordid nakatusid mõlemasse lehelaiksusesse kõigil katseaastatel (joonis 3). Võrreldes teiste aastatega ei olnud 2016. aasta haiguste levikuks põua tõttu soodne, seepärast jäi



V1 kontroll; V2 Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> f. 37–39; V3 Ruter AA 3 l ha<sup>-1</sup> f. 23–25; Delfan Plus 1 l ha<sup>-1</sup> + Bell 1,5 l ha<sup>-1</sup> f. 37–39;  $\bar{I}$  – PD<sub>0,05</sub>

**Joonis 3.** Õlleodra lehepinna keskmine nakatumine võrklaiksusesse (PD<sub>0,05</sub> = 1,7) ja kõrreliste pruunlaiksusesse (PD<sub>0,05</sub> = 1,7) erinevates variantides 2015.–2017. a

kontrollvariandis haigustesse nakatumine kõige madalamaks, võrklaiksus 11,7% ja pruunlaiksus 10,6%. Seevastu 2017. aasta oli mõlema haiguse levikuks soodsam. Kontrollvariandis (V1) oli võrklaiksusesse ja pruunlaiksusesse nakatumine vastavalt 13,5% ja 22,6%. Võrklaiksuse intensiivsus oli 2015. ja 2017. aastal väiksem võrreldes pruunlaiksusega. Nii fungitsiidi (V2) kui ka fungitsiidi + biostimulaatori koos kasutamine (V3) vähendas kõigil aastatel nakatumist taimehaigustesse, kuid kõige efektiivsem oli see 2017. aastal. Kõigil katseaastatel puudusid usutavad erinevused V2 ja V3 vahel, kuid selged usutavad erinevused olid kontrollvariandi ja teiste variantide vahel.

## **Kokkuvõte**

Õlleodra terasaak ja saagikomponendid (v.a produktiivvõrsete arv) olid suuremad jahedamal ja niiskemal aastal kui põuase ilma tingimustes. Produktiivvõrsumine oli küll 2016. aastal suurem, kuid põua tõttu jäid teised saagikomponendid tagasihoidlikumaks ja terasaak kujunes antud katseperioodi väiksemaks. Seevastu 2017. aastal oli odra produktiivvõrsumine suhteliselt hea, kuid see jäi teistest katseaastatest väiksemaks. Usutava ja suure terasaagi tagasid antud aastal terade arv ja kaal peas.

Õlleodra kasvuaeg oli pikem jahedamal ja niiskemal aastal ning lühem põuasel kasvuaastal. Fungitsiidi ja fungitsiidi + biostimulaatori kasutamine pikendas kasvuaega võrreldes kontrollvariandiga kahe päeva võrra.

Kasvuaasta tingimused mõjutasid perioodi külvist loomiseni enam kui loomisest küpsuseni. Samas oli sordil ja töötlusel suurem mõju kasvuaaja pikkusele loomisest küpsuseni.

Odrasortidel levisid võrk- ja pruunlaiksus enam niiskemal aastal ja vähem haigestusid taimed kuivemal ning põuasemal kasvuajal. Fungitsiidi kasutamine üksinda või koos biostimulaatoriga tõrjusid edukalt odra haigusi võrreldes kontrollvariandiga.

## **Kasutatud kirjandus**

- Bartlett, D.W., Clough, J.M., Godwin, J.R., Hall, A.A., Hamer, M., Parr-Dobrzanski, B. 2002. The strobilurin fungicides. – *Pest Management Science* 58 (7), pp. 649–662.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383, pp. 3–41.
- Fahad, S., Bajwa, A.A., Nazir, U., Anjum, S.A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., Saud, S., Ihsan, M.Z., Alharby, H., Wu, C., Wang, D., Huang, J. 2017. Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers Plant Sci* 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147> (12.12.2018)
- Le Mire, G., Nguyen, M.L., Fassotte, B., du Jardin, P., Verheggen, F., Delaplace, P., Jijakli, M.H. 2016. Implementing plant biostimulants and biocontrol strategies in the agroecological management of cultivated ecosystems. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 20 (S1), pp. 299–313.

## RISTÕIELISE KATTEKULTUURI MÕJU LEHEMÄDANIKU LEVIKULE MAHETINGIMUSTES

Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Runno-Paurson, E., Eremeev, V. 2019. Winter cover crop effect to potato late blight development. – Agronomy 2019.

*The effects of winter cover crop (Org I) and its combination with composted cattle manure (Org II) on potato late blight development and crop yield were investigated in a five-field crop rotation in three organic cropping systems. The control system (Org 0) followed the rotation. In the Org I and Org II systems winter cover crops were used as follows: after pea – winter oilseed rape and after potato – winter rye. In the Org II system composted cattle manure was also applied. Our hypothesis that cover crop could be possible control strategy against potato late blight in organic potato cultivation in this research only partly confirmed. Org CC treatment had notable less foliar late blight damage on potato foliage, compared to other treatments, however significant increase of tuber yield not achieved. Adding cattle manure to Org CC treatment favoured late blight development and damage was significantly more severe compare to other variants and therefore tuber yield remained lower, however not significantly. Even the late blight pressure was high the disease developed significantly slower on Org CC plots at the beginning of disease development. Based on our results, in regions, where oospores are one of the primary infection sources, and having irregular crop rotation, a cover crop technology could be promising sustainable control strategy for late blight control, is worth to proceed further.*

**Keywords:** late blight, winter oilseed rape, tuber yield

### Sissejuhatus

Kartuli-lehemädanik (*Phytophthora infestans*) on kartulikasvatajatele ülemaailmselt suur probleem, mis põhjustab olulist majanduslikku kahju. Lehemädanikutekitaja uued isolaadid on erakordselt virulentsed ja kohanemisvõimelised (Cooke jt, 2012; Mariette jt, 2016), olles läbi teinud kiired ja järsud geneetilised muutused. Viimastel aastatel on toimunud genotüüpide vahetus nii Euroopa populatsioonides kui ka globaalselt (Dey jt, 2018; EuroBlight 2018; Zhu jt, 2016). Mõlema paarumistüübi A1 ja A2 olemasolu võimaldab patogeenil suguliselt paljuneda ja põhjustada *P. infestans* populatsioonide kõrge geneetilise mitmekesisuse. Veelgi enam, see on viinud lehemädaniku patogeeni suurenenud kohastumuseni laiemate niiskuse ja temperatuuri intervallide suhtes (Sjöholm jt, 2013; Mariette jt, 2016). See kõik mõjutab omakorda lehemädaniku tõrjestrategiaid, sest efektiivseks haiguse tõrjeks tuleb teha rohkem tõrjekordi ja kasutada erinevatel toimeainetel põhinevaid fungitsiide, sest patogeeni tüved on muutunud resistentseteks kasutuses olevatele tõrjepreparaatidele (Cooke jt, 2011).

Mahe kartulikasvatases on lehemädanikutõrje veelgi komplitseeritum teema, sest efektiivsed lahendused haiguse tõrjeks on piiratud. Mitmed katsed on näidanud, et vasel põhinev fungitsiidide kasutamine pikendab kartuli kasvuaega 2–4

nädalat võrreldes töötlemata alaga (McGrath, 2010). Samas ei ole vasel põhinevate fungitsiidide kasutamine Eestis lubatud (Runno-Paurson, 2010). Seega on kattekultuuride kasvatamise rakendamine haiguste tõrjeks keskkonnasõbralik lähenemine, pärssides mitmete mullapatogeenide arengut (Larkin ja Halloran, 2014; Larkin, 2017). Enamus mullas levivaid patogeene suudavad ka taimed alla suruda, kuid lehestiku haiguste puhul on loomulik pärssimine keerulisem (Van Bruggen jt, 2016).

Efektiivsed lehemädaniku tõrjemeetmed on mahe kartulikasvatuses piiratud, olles seetõttu haavatavam võrreldes tava kartulitootjatega, kes võivad kasutada keemilisi fungitsiidide haiguse tõrjeks. Seetõttu oli selle katse eesmärk testida talirapsi kasvatamist kattekultuurina enne kartulit, kui üht võimalikku kasvatustehnoloogiat lehemädaniku tõrjeks. Seadsime hüpoteesi, et a) talirapsil kattekultuurina on positiivne mõju lehemädaniku arengu allasurumiseks, b) ning seeläbi suurendab kattekultuuri kasvatamine kartuli saagikust.

## **Materjal ja meetodika**

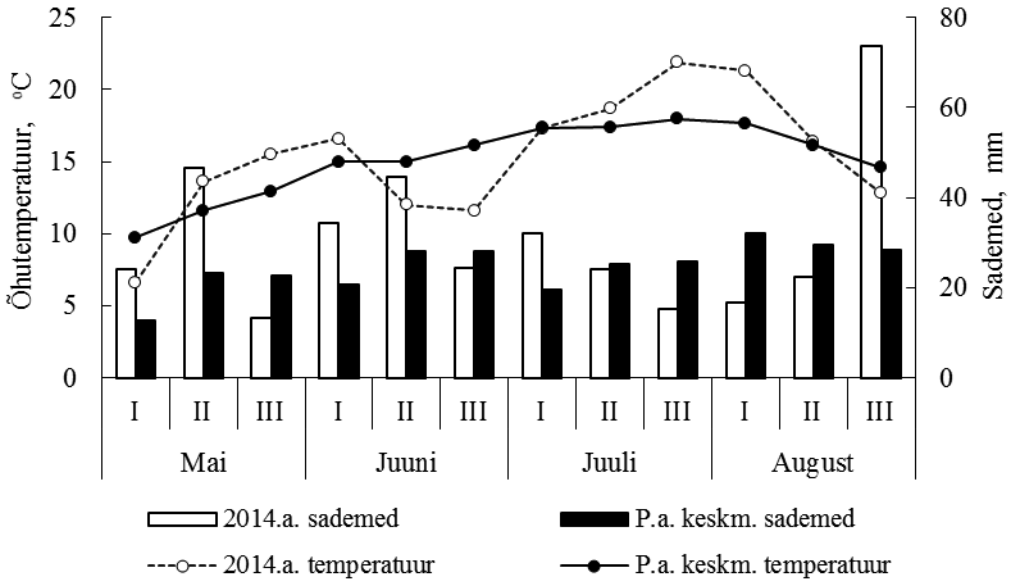
Kartuli-lehemädaniku kahjustust hinnati mahekartuli viljelemiseks soovitatud sordil 'Teele' 2014. aasta kasvuperioodil Eerikal, Eesti Maaülikooli Taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli viieväljalise külvikorra katses (oder ristiku allakülviga, ristik, nisu, hernes, kartul). Maheviljeluses katsetati kolme erinevat kasvatussüsteemi, kus ühes talvine vahekultuur puudub (Mahe 0), teises kasutati talirapsi talvise kattekultuurina (Mahe I) haljasväetiseks ning kolmandas maheviljelussüsteemis (Mahe II) lisati talvisele kattekultuurile veel veise sõnnikut (20 t ha<sup>-1</sup>). Katsed viidi läbi neljas korduses ja iga katselapi suurus oli 60 m<sup>2</sup>.

Kartuli lehemädaniku kahjustust hinnati loodusliku nakkuse tingimustes alates nakatumisest kuni saagi koristamiseni, sagedusega üks kord nädalas. Lehemädaniku hindamisel kasutati 0–100% hindamisskaalat. Katseala mullastik oli näivleetunud (*Stagnic Luvisol*) WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (Deckers jt, 2002) kerge liivsavi lõimise ja kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksusega 27–30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

Kogutud andmetest moodustati andmebaas, milleks kasutati arvutiprogrammi Microsoft Excel 2003. Statistiline analüüs tehti Statistica 13 programmiga. Erinevused katsevariantide kartuli-lehemädaniku arengu intensiivsuses ja mugulate saagikuses leiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide võrdluses kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ) (Statsoft, 2005).

## **Tulemused ja arutelu**

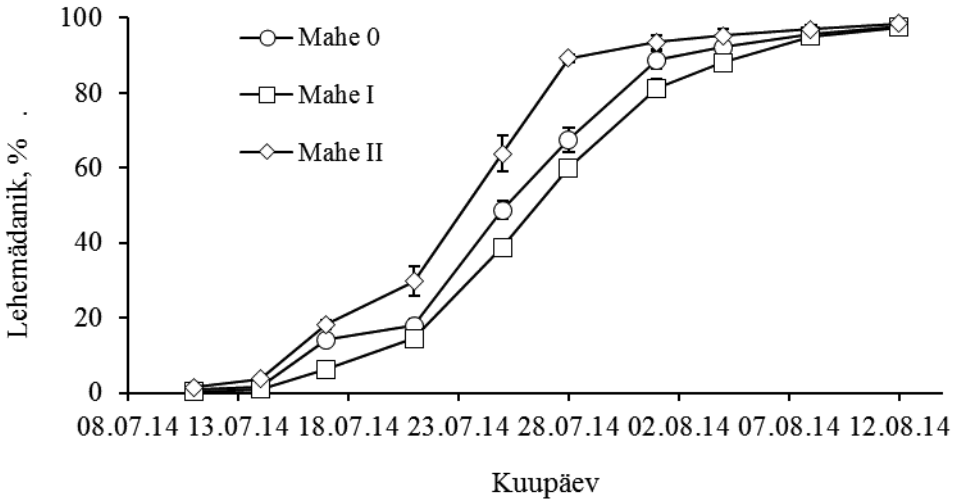
Ilmastikutingimused olid katseaastal väga soodsad kartuli-lehemädaniku lööbimiseks ja levikuks juunis ja juulis (I–II dekaad) (joonis 1). Esimesed haigus-sümtomid leiti katsest juba 7. juulil kattekultuuri ja sõnniku (Mahe II) variandi taimedelt. Lehemädaniku nakkust leiti esmakordselt teistel kasvatussüsteemidel



**Joonis 1.** Keskmise õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate 1969–2014 keskmisega

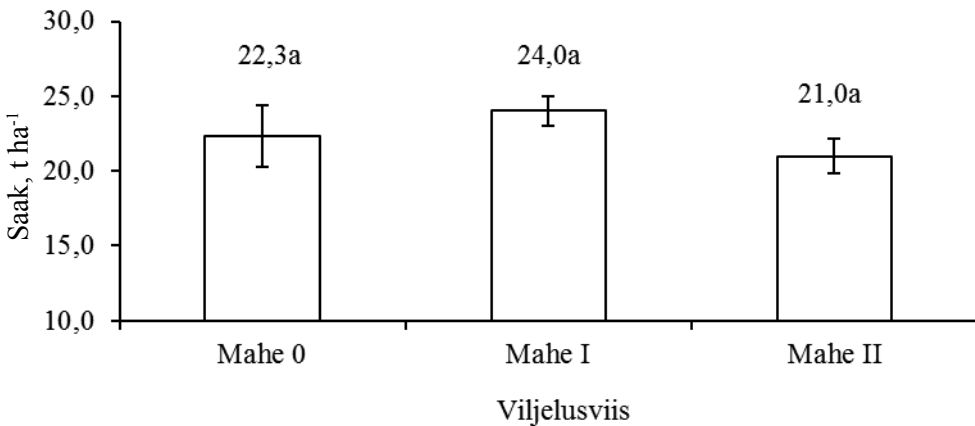
(Mahe 0 ja Mahe I) neli päeva hiljem, 11. juulil. Alates vaatlusperioodi algusest arenes lehemädanik oluliselt aeglasemalt kattekultuuri (Mahe I) ja Mahe 0 variandi katselappidel võrreldes kattekultuuri ja sõnniku (Mahe II) variandi katselappidega (11. juulil,  $p = 0,05$ ; 14.–17. juulil,  $p < 0,01$ ). Haiguse areng kulges katsealal eriti intensiivselt alates 21. juulist, mil lehemädaniku nakkus arenes oluliselt kiiremini Mahe II variandi katselappidel võrreldes teiste variantidega (21.–28. juulil,  $p < 0,001$ ). Väheste sademete ja kõrgemate temperatuuride (joonis 1) tõttu lehemädaniku areng peaaegu seiskus alates 29. juulist (joonis 2) ning edasine haiguse areng jäigi tagasihoidlikuks. Alates 8. augustist ei esinenud enam statistiliselt olulisi vahesid erinevate variantide vahel ( $p = 0,48$ ) ning jätkuva mõõduka arengutempoga oli lehemädanik hävitanud 15. augustiks lehestiku kõigil kolmel kasvatussüsteemi variandi katselappidel.

Meie hüpotees, et talirapsi kasvatamist kattekuultuurina võiks rakendada mahe kartuli kasvatuses alternatiivse lehemädaniku tõrjestrategiana, leidis vaid osaliselt kinnitust. Ehkki kattekultuuri (Mahe I) variandi taimedel arenes lehemädanik aeglasemalt ja kahjustus oli väiksem võrreldes teiste variantidega, siiski kõrgemat saagikust selle arvelt ei saavutatud. Saadud tulemused on väga olulised, sest katses selgus, et kattekultuuriga (Mahe I) variandi taimed suutsid lehemädaniku alla suruda, seda just haiguse varajases arengufaasis. Sarnaselt on leitud Olanya jt (2014) ja Volz jt (2014) poolt, et ristõielised kultuurid kattekultuuridena vähendasid oluliselt kartuli lehestiku nakatumist kuivlaiksusesse.



**Joonis 2.** Kartuli-lehemädaniku arengu intensiivsus (%) maheviljeluskatses 2014. aastal. Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

Keskmine kartuli saagikus oli katses 22,0 t ha<sup>-1</sup> (joonis 3). Mugula saak ei erinenud oluliselt erinevate katsevariantide vahel ( $p = 0,40$ ). Saagitase jäi katses väga madalaks ennekõike lehemädaniku väga varajase lööbimise tõttu. Alates juulikuul lõpust ilmaolud lehemädanikule enam nii soodsad ei olnud, mistõttu lehemädaniku areng aeglustus. Siiski oli enamus kartuli lehestikust juba selleks ajaks hävinenud. Lehemädanikule mittersoodsal 2012. aastal saadi sordilt ‘Maret’ mahekatses 35,0 t ha<sup>-1</sup> saaki, mis on 37% kõrgem (Eremeev jt, 2018). Seega võivad kartuli-lehemädaniku põhjustatud saagikaod olla üsna märkimisväärsed.



**Joonis 3.** Kartuli mugulasaak (t ha<sup>-1</sup>) sõltuvalt mahe kasvatussüsteemist. Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

Veise sõnniku lisamine kattekultuuri (Mahe II) variandile ei anna eelist teiste katsevariantide ees, sest ei tõsta mugula saagikust võrreldes mahe kontroll ja kattekultuuri variandiga. Vastupidiselt, suurim lehemädaniku kahjustus oli Mahe II variandis, mistõttu jäi ka saagikus madalaimaks, ehkki see ei olnud statistiliselt oluline. Analoogiline mahekatse keskvalmiva sordiga 'Reet' on andnud vastupidiseid tulemusi, kus kõrgeima saagi moodustasid just sõnnikuga väetatud katselapid, ehkki lehestik oli enim nakatunud kuivlaiksusest (Runno-Paurson jt, 2014).

## Kokkuvõte

Kartuli-lehemädanik tekitab kartulikasvatuses suurt majanduslikku kahju. Kahtlemata on kartuli lehemädaniku tõrje mahetingimustes suur väljakutse. Läbiviidud katses jäi kartulimugula saak väga väikeseks ja seda just lehemädaniku väga varajase lööbimise tõttu. Vaatamata olulisele lehemädaniku kahjustusele, selgus et kattekultuuri (Mahe I) variandi taimedel arenes lehemädanik oluliselt aeglasemalt kui Mahe 0 ja kattekultuuri ja sõnniku (Mahe II) variandi katselappidel. Ehkki kattekultuuriga variandi kahjustus oli väiksem võrreldes teiste variantidega, siiski kõrgemat saagikust selle arvelt ei saavutatud. Kindlasti väärivad ristõielised kultuurid talvise kattekultuurina edasist katsetamist haiguste alternatiivsel tõrjel maheviljeluses.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud ETF grant 9432 ja projektid RESIST 3.2.0701.11-0003, Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange “Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes“), IUT36–2 ja Haridus- ja Teadusministeeriumi baasfinantseeritav projekt P180273PKTT.

## Kasutatud kirjandus

- Cooke, D.E.L., Cano, L.M., Raffaele, S., Bain, R.A., Cookem L.R., Etherington, G.J. 2012. Genome analyses of an aggressive and invasive lineage of the Irish potato famine pathogen. – *PLoS Pathog* 8(10):e1002940.
- Cooke, L.R., Schepers, H.T.M., Hermansen, A., Bain, R.A., Bradshaw, N.J., Ritchie, F., Shaw, D.S., Evenhuis, A., Kessel, G.J.T., Wander, J.G.N., Anderson, B., Hansen, J.G., Hannukkala, A., Nærstad, R., Nielsen, B.J. 2011. Epidemiology and integrated control of potato late blight in Europe. – *Potato Res.* 54, pp. 183–222.
- Dey, T., Saville, A., Myers, K., Tewari, S., Cooke, D.E.L., Tripathy, S., Fry, W.E., Ristaino, J.B., Roy, S.G. 2018. Large sub-clonal variation in *Phytophthora infestans* from recent severe late blight epidemics in India. – *Sci Rep.* 8:4429.
- Eremeev, V., Talgre, L., Alaru, M., Kuht, J., Loit, E., Luik, A. 2018. Viljelusviiside mõju kartuli saagile, saagi kvaliteedile ning mulla toiteelementide sisaldusele. (toim.) M. Alaru. – *Agronoomia* 2018. lk. 53–58.



- EuroBlight. 2018. – A potato late blight network for Europe. <https://euroblight.net> (desember 2018)
- Larkin, R.P., Halloran, J.M. 2014. Management effects of disease-suppressive rotation crops on potato yield and soilborne disease and their economic implications in potato production. – *Am J Potato Res.* 91, pp. 429–439.
- Larkin, R.P. 2017. Incorporating disease-suppressive rotation crops and organic amendments into improved potato cropping systems. – *Phytopathology.* 107, pp. 48–48.
- Mariette, N., Androdias, A., Mabon, R. 2016. Local adaptation to temperature in populations and clonal lineages of the Irish potato famine pathogen *Phytophthora infestans*. – *Ecol Evol.* 6, pp. 6320–6331.
- McGrath, M.T. 2010. Managing late blight in organically produced tomato. [http://vegetablemendonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tom\\_LB\\_Org-anicMgt10.pdf](http://vegetablemendonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tom_LB_Org-anicMgt10.pdf) (22.06.2018)
- Olanya, O.M., Larkin, R.P., Halloran, J.M. 2014. Relationships of crop and soil management systems to meteorological variables and potato diseases on a Russet Burbank cultivar. – *J Agric Meteorol.* 70, pp. 91–104.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* 136, pp. 199–209.
- Runno-Paurson, E. 2010. Phenotypic and genotypic characterisation of potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* in Estonian populations. – PhD thesis, Estonian University of Life Sciences, Jõgeva Plant Breeding Institute. [https://etis.ee/CV/Eve\\_Runno-Paurson/est?tabId=Publications](https://etis.ee/CV/Eve_Runno-Paurson/est?tabId=Publications)
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Tein, B., Loit, K., Luik, A., Metspalu, L., Ereemeev, V., Williams, I.H., Mänd, M. 2014. Cultivation technology influences the occurrence of potato early blight in an organic farming system. – *Zemdirbyste.* 101(2), pp. 199–204.
- Sjöholm, L., Andersson, B., Högberg, N., Widmark, A.K., Yuen, J. 2013. Genotypic diversity and migration patterns of *Phytophthora infestans* in the Nordic countries. – *Fung Biol.* 117, pp. 722–730.
- Van Bruggen, A.H.C., Gamliel, A., Finckh, M.R. 2016. Plant disease management in organic farming systems. – *Pest Management Sci.* 72, pp. 30–44.
- Volz, A., Tongle, H., Hausladen, H. 2014. An integrated concept for early blight control in potatoes. – *Proceedings of the Fourteenth EuroBlight Workshop 2013*, PPO Spec Rep. 16. Cyprus, p. 181–188.
- Zhu, W., Shen, L.L., Fang, Z.G., Zhang, J.F., Sun, D.L., Zhan, J. 2016. Increased frequency of self-fertile isolates in *Phytophthora infestans* may attribute to their higher fitness relative to the A1 isolates. – *Sci Reop.* 6:29428.

# **MITMESUGUST**

## **2017/2018. AASTA ILMASTIKU OMAPÄRAST JÕGEVAL JA SELLE MÕJUST TAIMEKASVATUSELE**

**Laine Keppart**

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Keppart, L. 2019. Peculiarities of weather conditions and the influence to crops during vegetation period of 2017/18 at Jõgeva. – Agronomy 2019.

*Winter of 2017/18 was warmer and shorter than the average. During the winter the coldest period was last third of February (average temperature  $-16,0$  °C, minimum  $-24,3$  °C). Winter crops were protected by deep snow cover at that time and did not get winter damages.*

*The vegetation period of 2018 was 16 days longer than the average, with extremely high temperature regime and very dry. Some new extremes of the last 97 years were registered in 2018: the highest average air temperature and the longest duration of sunshine in May, the biggest totals of effective (above 5 °C) temperatures and active (above 10 °C) temperatures of the year.*

*The precipitation during the period from April, 1 to October, 31 was 332 mm, which is 112 mm less than the average. The growing period of spring cereals was extremely dry. The precipitation of that period was 55 mm (28% of average).*

*The growth of plants was extremely fast and harvesting time began early in 2018 — for winter turnip rape in the middle of July and for winter cereals at the beginning of last third of July, for spring cereals at the end of July. Extremely high temperatures and drought caused downfall of harvests.*

**Keywords:** *weather conditions, air temperature, precipitation*

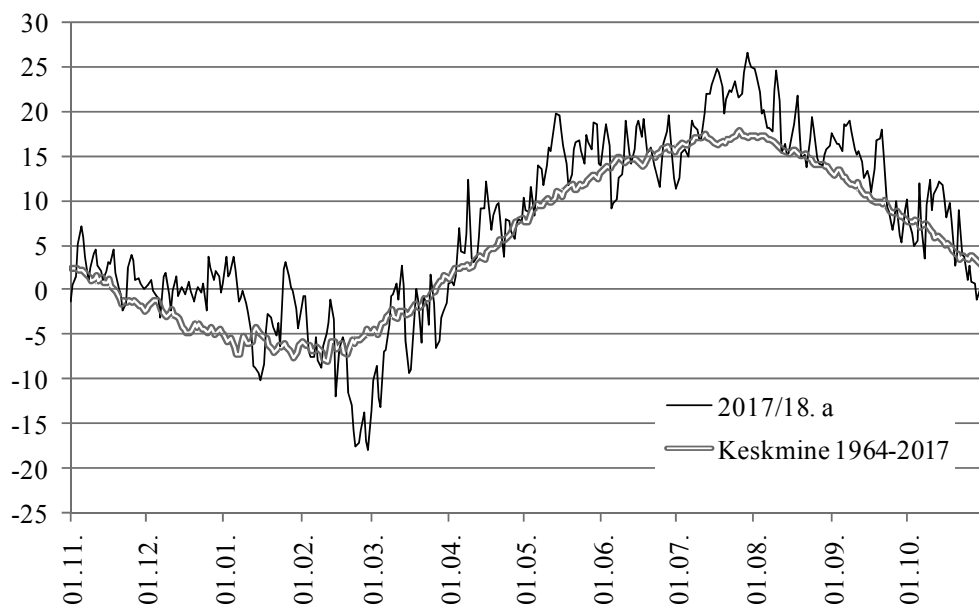
### **Sissejuhatus**

Artikli kirjutamisel on kasutatud Jõgeva meteoroloogiajaama 1922. aastast alanud ilmavaatluste ja 1964–2001. a agrometeoroloogilisi andmeid. 2002. aastast viidi agrometeoroloogilised vaatlused üle Jõgeva Sordiaretuse Instituuti, mis praeguseks kannab Eesti Taimekasvatuse Instituudi (ETKI) nime. 2018. a erakordselt soojal suvel kujunes Jõgeva ümbrus üheks kõige kuivemaks piirkonnaks Eestimaa piires (Keppart, 2018), mistõttu siinsed põllukultuuride kasvu-tingimused iseloomustavad antud aasta põuaste piirkondade taimekasvu tingimusi.

### **Temperatuurirežiim**

2018. a taimekasvuperioodile eelnes tavalisest lühem ja soojem talv. Ööpäeva keskmine õhutemperatuur langes püsivalt alla 0 °C 7. jaanuaril ja tõusis uuesti nimetatud piirist kõrgemale 1. aprillil (joonis 1). 2017/18. a talve alla-null-kraadine periood jäi võrreldes 1922. aastast algava vaatlusrea keskmisega võrreldes 37 päeva lühemaks. Talvisel poolaastal kogunes negatiivsed temperatuure  $-501$  °C, mis on vaatlusrea keskmisest 221 miinuskraadi võrra vähem. Talve kestel kujunesid väga külmaks veebruari viimane kolmandik ja märtsi esimesed päevad, kui minimaalne õhutemperatuur langes Jõgeval kaheksal ööl alla  $-20$  kraadi. Veebruari viimane kolmandik on Jõgeval olnud keskmise õhutemperatuuri ( $-16,0$  °C)

järgi veelgi külmem ainult 1942. aastal (-17,3 °C). 2017/18. a talve minimaalne õhutemperatuur mõõdeti Jõgeval, -24,3 °C, kohati Ida- ja Kagu-Eestis ka -27 kuni -28 °C. Põllud olid sel ajal kaetud enam kui 10 cm paksuse lumekihiga ja kolme sentimeetri sügavusel (s.o taliviljade võrsumissõlme sügavusel) temperatuur kriitiliselt madalale ei langenud. Madalaim mullatemperatuur mõõdeti talve jooksul Jõgeval (-3 kuni -6 °C).



**Joonis 1.** 2017/18. aasta keskmine õhutemperatuur (°C) Jõgeval võrreldes 1964–2017. aastate keskmisega

Kevadel läks ilm väga järsku soojaks. Ööpäeva keskmine õhutemperatuur tõusis püsivalt üle 5 °C juba 8. aprillil, mis on keskmisest kaks nädalalt varem. Aprillikuu keskmine õhutemperatuur ületas tavapäraselt 2,4 kraadi võrra. Järgneval maikuu oli erakordselt soe ja päikesepaisteline. Maikuu keskmine õhutemperatuur (Jõgeval 14,5 °C) ületas keskmist 4,1 kraadi võrra ja andis uue rekordi senisesse vaatlusritta. Päike paistis mais 418 tundi, mis oli samuti uus rekord senises vaatlusreas. Aktiivne vegetatsiooniperiood (ööpäeva keskmine õhutemperatuur püsivalt > 10 °C) algas keskmisest ajast kaheksa päeva varem – 8. mail. Juba kaks päeva hiljem (10. mail) algas kliimaatiline suvi (ööpäeva keskmine õhutemperatuur > 13 °C), mis on enam kui kolm nädalat tavalisest varem. Öökülmad õhus lõppesid Jõgeval keskmisele lähedasel ajal, 23. mail. Efektiivseid (üle 5 °C) temperatuure kogunes 31. mai seisuga Jõgeval 371 °C, mis on uus rekord 1922. aastast algavas vaatlusreas. Keskmisena on selline efektiivsete temperatuuride summa kogunenud alles 16. juuniks. Aktiivseid (> 10 °C) temperatuure kogunes mai lõpuks 449 °C, mis ületab keskmist 192 °C võrra ja millest suurem

summa on registreeritud samaks ajaks ainult 1993. aastal.

Ka juuni oli keskmisest soojem (ainult 0,5 kraadi võrra) ja väga muutliku temperatuurirežiimiga. Juuni esimesel dekaadil esines maapinnale lähedases õhukihis korduvalt öökülma. Kõige tugevam öökülm oli 7. juunil, kui Jõgeval mõõdeti õhus 0,9 plusskraadi, kuid kahe sentimeetri kõrgusel mulla pinnast langes termomeetrinäit  $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja rohu kohal  $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kohati Ida-Eestis esines sel ööl külma ka õhus. Muutlik temperatuurirežiim püsis juuli esimese dekaadi lõpuni. 10. juuli seisuga oli kogunenud efektiivseid (üle  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) temperatuure  $778\text{ }^{\circ}\text{C}$ , keskmist 149 kraadi võrra rohkem ja mida ületab vaid senise vaatlusrea seitsme varasema aasta summa. Keskmisena on kogunenud nii suur efektiivsete temperatuuride summa 23. juuliks. Aktiivseid temperatuure kogunes jahedama perioodi lõpuks (10. juuliks)  $1037\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mis on keskmisest 198 kraadi võrra rohkem.

Alates 12. juulist muutus ilm palavaks ja väga kõrge temperatuurirežiim jäi püsima kuuks ajaks. Maksimaalne õhutemperatuur tõusis üle 30 kraadi 12 päeval, mida ületab ainult kogu 2010. a suve vastav näitaja. Uue rekordi vaatlusritta andis juuli kolmanda dekaadi keskmine õhutemperatuur ( $23,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Juuli teise ja augusti esimese dekaadi keskmised temperatuurid jäid vaatlusreas vastavalt kolmandale ja teisele kohale.

12. augustist ilm mõnevõrra jahenes. Kuigi jätkuvalt esines veel üksikuid palavaid päevi, maksimaalne õhutemperatuur enam 30 kraadini ei küündinud. Augusti lõpuks oli Jõgeval kogunenud efektiivseid temperatuure  $1546\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja aktiivseid temperatuure  $2066\text{ }^{\circ}\text{C}$  ehk suuremad summad, kui koguneb tavaliselt aasta jooksul.

Suvine soojus jätkus kuni 23. septembrini. Sel päeval lõppes nii suvi kui ka aktiivne vegetatsiooniperiood. Klimatoloogiline suvi vältas Jõgeval 136 päeva, mis on keskmisest 44 päeva võrra kauem ning viimase 97 aasta rekord. Aktiivse vegetatsiooniperioodi pikkus oli 140 päeva, s.o 10 päeva võrra keskmisest pikem.

Septembri viimane nädal ja oktoober olid muutliku temperatuurirežiimiga. Keskmisest kõrgem õhutemperatuur oli 9. kuni 19. oktoobrini, mil maksimaalsed õhutemperatuurid tõusid 16–19 kraadini.

Esimene öökülm oli maapinnal 28. septembril ja õhus 29. septembril. Ööpäeva keskmine õhutemperatuur langes püsivalt alla  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  23. oktoobril, mis on keskmisele lähedane aeg. Üldine vegetatsiooniperiood (ööpäeva keskmine õhutemperatuur püsivalt  $> 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) vältas 198 päeva, mis on tänu varasele algusele kevadel keskmisest 16 päeva pikem.

2018. a efektiivsete temperatuuride summaks arvutati Jõgeval  $1909\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mis ületab keskmist 465 kraadi võrra ja on uus rekord senises vaatlusreas. Taliteraviljade jaoks kogunes alates 1. septembrist efektiivseid temperatuure  $362\text{ }^{\circ}\text{C}$ , s.o keskmist 116 kraadi võrra rohkem.

Aktiivseid temperatuure kogunes 2018. aastal  $2491\text{ }^{\circ}\text{C}$ , see on uus rekord ja ületab keskmist 545 kraadi võrra. Aktiivsel vegetatsiooniperioodil kogunes üle  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatuure  $2365\text{ }^{\circ}\text{C}$ , s.o keskmisest 513 kraadi võrra rohkem.

## Lume- ja sademete režiim

Esimene lumikate tekkis 2017. a sügisel 26. oktoobril ja püsis kolm päeva. Novembris esines Jõgeval kuus, detsembris 22 ja jaanuaris 21 lumikattega päeva. Püsivalt jäi lumi maha alles 21. jaanuarist ja sulas hilja – 5. aprilliks. Püsiv lumikate vältas 67 päeva ehk keskmisest kuu aega vähem. Kõige paksem oli lumikate veebruari viimasel dekaadil, mil keskmine lume paksus tõusis Jõgeva ümbruse põldudel 16–20 sentimeetrini. Perioodil 1. novembrist 31. märtsini kogunes sademeid 207 mm, mis on keskmisele lähedane summa. Kõige sajusem oli talvekuudest detsember (80 mm).

Kasvuperioodi algus oli kuni 5. maini sajune. Aprillis kogunes Jõgeval sademeid 52 mm, mis on 142% keskmisest. Kuigi temperatuurirežiim oli kõrge, said mullad harimisküpseks tavalisele lähedasel ajal – jüripäeva eel. Lisaks vihmale takistas põldude taहनemist kelta püsimine mulla sügavamates kihtides aprilli keskpaigani.

Kolme kuu jooksul ei kastnud vihm kordagi korralikult põllukultuure. Mais sadas Jõgeval 17, juunis 23 ja juulis 15 mm ehk kokku 55 mm, s.o 28% keskmisest. Maksimaalne ööpäevane sajuhulk ei ületanud 5 mm. Augusti algul tekkisid tõusvatest õhuvooludest põldudel suured tolmukeerised, mis koristatud ja haritud põldudelt kuiva mulda ära kandsid.

Esimene suurem äikesevihm (ööpäevaga 24 mm) jõudis Jõgevale alles 4. augustil. Kuu jooksul esines korduvalt äikest, kuid siiski jäi augustikuu sademete summa (76 mm) keskmisest 14 mm võrra väiksemaks.

Septembri esimene kolmandik oli peaaegu vihmata. Ilm läks uuesti sajuseks alates 11. septembrist. Septembri sajusummaks kogunes 76 mm (116% keskmisest), millest enam kui pool sadas viimasel dekaadil. Rohkesti tuli vihma ka oktoobri esimesel dekaadil, kuid teine dekaad oli peaaegu sajuta.

Kokku sadas taimekasvuperioodil, 1. aprillist kuni 31. oktoobrini, 332 mm ehk keskmisest 122 mm võrra vähem.

## Ilmastiku mõjust taimede kasvule

Taliteraviljad talvitusid valdavalt hästi. Kahjustada said eeltalvisel ja kevadtalvisel perioodil lumest välja ulatunud taimelehtede tipud. Sügisel hilja külvatud nisupõldudel oli taimik sula järel tekkinud veeloikude või pikka aega püsinud jääkooriku tõttu laiguti hõrenenud. Kevadist järsku õhusoojust ei suutnud taimed kohe ära kasutada, kuna muld oli veel külm. Orased alustasid uut massilist kasvu 14. aprillil, mis on keskmisest mõned päevad hiljem. Edasine areng oli väga kiire. Talirukis lõi massiliselt pead mai kolmanda dekaadi alguses ja hakkas õitsema sama kuu lõpuks, mis on vaatlusrea varasema tähtaja kordus. Talinisu hakkas samuti pead looma ja õitsema rekordiliselt vara – talinisu 'Ada' moodustas pead mai-juunikuu vahetusel ja õitses juuni esimese dekaadi lõpus. Teraviljade koristusperiood algas erakordselt vara – Jõgeval juuli kolmanda dekaadi alguses. Tänu sügavale juurekavale suutsid taliteraviljad talvist ja aprillikuu sadudest täienenud

veevaru mullas hästi ära kasutada ning viljad kasvasid üsna kõrgeks, pead olid normaalse pikkusega. Niiskust nappis taimede arenguks alates juunikuust, s.o tera moodustumise ja küpsemise ajal, mistõttu jäid terad peeneks ja saagid keskmisest väiksemaks.

Uute külvatud taliviljade jaoks oli esialgu (septembri esimesel dekaadil) mullas niiskust napilt, kuid septembri teise poole sadudest kasvutingimused paranesid. Soojust oli oraste kasvuks sügisel rohkesti ja veel septembri keskpaigas külvatud talinisu jõudis sügise jooksul areneda võrsumise faasini.

Suviteraviljad külvati põhiliselt mai esimesel dekaadil. Idanemise ja võrsumise ajal maikuus jätkus mullas niiskust. Soojuse mõjul arenesid suviteraviljad kiiresti. Vaatamata suhteliselt hilisele külviajale algas mai lõpus juba külgvõrsete moodustumine. Põud hakkas tunda andma juunis. 8. juuniks oli mulla produktiivne veevaru poolemeetrisel pindmises mullakihi ETKI odrapõllul langenud ebarahuldavale tasemele. 11. juuniks olid oraste alumised lehed muutunud kollaseks. Järgneva kuu jooksul ja juulis põud süvenes. Vee puudusest kängus ja kuivas osa moodustunud kõrvalvõrseid. Suviteraviljad jäid hõredaks ja madalaks, viljapead olid lühikesed. Tera täitumise ja küpsemise ajal niiskust nappis, temperatuurid olid kõrged. Toimus nn hädavalmimine ja tera jäi peeneks. Kõige rohkem kannatas kuumusest ja vee puudusest kaer. Suviteraviljad said täisküpseks juuli viimastel päevadel, augusti esimesel nädalal. Veelgi varem on suviteraviljad täisküpseks saanud ainult 2011. aastal, kuid sel aastal külvati juba aprillis.

Talirüps talvitus suhteliselt hästi. Taimik oli kevadeks madalamates kohtades, kus vesi jäi varakevadel pikemaks ajaks püsima, hõrenenud. Esines külma poolt mullast väljakergitatud taimi. Kevadine kasv algas aprilli keskpaigas ja areng oli kiire. Kuivus hakkas tunda andma juunis. Taimik kasvas tavalisest madalam, külgharusid moodustus vähe ja viljumine oli häiritud. Seemned jäid peeneks ja saak väikeseks. Uute külvide eel oli kuiva mulla tõttu raske maad harida ja talirüpsi külviaeg nihkus augusti teise poole. Idanemise ja tärkamise ajal niiskust jätkus. Kuivus andis tunda septembri esimesel dekaadil, kuid hiljem kasvutingimused paranesid.

Suviraps tärkas kuivuse tõttu aeglaselt ja ebaühtlaselt. Põua tõttu jäi taimik madalaks ja hõredaks, viljumine oli häiritud ning saak väike.

Kartul pandi Jõgeval maha mai teisel dekaadil. Taimed tärkasid juuni teisel viispäevakul. 7. juulil esines maapinnal öökülm, mis kahjustas vähesel määral tärganud kartulipealseid. Öitsemise ajaks juuni lõpus, mil kartulil hakkasid moodustuma mugulad, oli produktiivne veevaru langenud kartulisordi 'Ants' põllul alla optimaalse piiri. Juulikuu jooksul produktiivne veevaru vähenes veelgi ja oli kuu teisel poolel ebarahuldav. Päevasel ajal olid kartulilehed närbunud. Kasvu- perioodi maksimaalsed temperatuurid tõusid sageli üle optimaalse piiri ja niiskust nappis. Augusti sajud parandasid mõnevõrra kasvutingimusi, kuid veevaru jäi kartulipõldudel optimaalsest väiksemaks. Tänu kuivusele kartuli lehemädanik massiliselt ei levinud. Kartuli saagid jäid valdavalt keskmisest väiksemaks. Koristus-

perioodi ilmastik oli kuni 11. septembrini soodne, hiljem takistasid kartulivõttu vihmad.

Põldheinad alustasid kasvu aprilli keskel. Soojade ilmadega oli kasv ja areng kiire. Mai teisel poolel hakkas kuivus tunda andma ja edaspidi põud süvenes, mistõttu esimese niite saak jäi väikeseks. Heinaaeg saabus varakult. Mai lõpuks oli juba enamik kõrrelisi pea loonud ja hiline punane ristik alustas õisiku moodustumist jaanipäevaks. Ädalakasvu takistas sademete nappus ja sellest tingitud vee puudus mullas.

Herne ja oa taimed jäid põua tõttu väga lühikeseks. Põua ning kõrge õhutemperatuuri tõttu oli viljumine häiritud, saagid jäid väikeseks.

### **Kokkuvõte**

2017/18. a talv oli keskmisest lühem ja soojem. Veebruari viimase dekaadi külmade ajal olid põllud piisavalt paksu lumega kaetud ja taimed külma eest kaitstud. Talve jooksul olulisi talvekahjustusi ei tekkinud.

Üldine taimekasvuperiood oli 2018. aastal keskmisest 16 päeva pikem, kõrge temperatuurirežiimiga ja põuane. Vaatlusridadesse registreeriti mitmeid uusi äärmusnäitajaid: maikuu kõrgeim keskmine õhutemperatuur (14,5 °C) ja päikese-  
paiste kestuse rekord (418 tundi) ning juuli viimase dekaadi kõrgeim keskmine õhutemperatuur (23,2 °C). Klimatoloogiline suvi vältas rekordiliselt kaua – 136 päeva, s.o keskmisest 44 päeva kauem. 2018. aastal kogunes efektiivseid (üle 5 °C) temperatuure 1909 kraadi ja aktiivseid (üle 10 °C) 2465 kraadi, mis on viimase 97 aasta rekordid.

Perioodil 1. aprillist kuni 31. oktoobrini sadas 332 mm ehk keskmisest 122 mm võrra vähem. Erakordselt kuivaks jäi kolme kuu pikkune periood, 1. maist kuni 31. juulini, mil sadas ainult 55 mm vihma e 28% keskmisest.

Kõrge temperatuurirežiimi tõttu oli taimede areng erakordselt kiire, kuid samas takistas kuumus ja sademete nappus normaalset taimede kasvu, arengut ja viljumist, mistõttu põllukultuuride saagid jäid väikesteks.

### **Kasutatud kirjandus**

Keppart, L. 2018. 2018. a vegetatsiooniperioodi lühike iseloomustus Jõgeval. – Eesti Taimekasvatuse Instituut.  
<https://etki.ee/images/pdf/Ilm2017/2018Vegetatsiooniperiood.pdf> (13.01.2019)



## VALGE RISTIKU SEEMNEPÕLLU EELNIITMISEST

**Ants Bender**

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Bender, A. 2019. Pre-mowing of white clover cultivated for seed. – Agronomy 2019.

*A trial was performed at the Estonian Crop Research Institute in 2016–2018 on a seed production field of white clover. The aim was to examine the effect of timing and height of pre-mowing and used type of mower onto further formation of the stand, seed yield and quality. The data approved that pre-mowing leads to decrease in biomass on the field and increase of the harvest index that results in higher seed yield. Among the range of timings, the postponed pre-mowing decreases more the amount of biomass at seed harvest. Compared with taller mowing height, clover depends on weather after anthesis, and not on timing and height of pre-mowing and type of mower.*

**Keywords:** *pre-mowing of seed field, timing of mowing, mowing height, seed yield, seed quality*

### Sissejuhatus

Valge ristik alustab meie oludes õitsemist juuni keskpaigas, saavutab õitsemise maksimumi juuli alguses, kuid indeterminantse liigina jätkab tegelikult õitsemist sügiseni. Nii nagu õitsemine venib pikale perioodile, nii ka seemnete valmimine. Optimaalset koristusaega on seetõttu raske määrata. Kogu suve jooksul moodustunud seemnekogust kätte saada ei ole võimalik. Seemnekasvatuses taotletakse maksimaalset võimalikku saaki, mida saadakse nendest õienuttidest mis õitsevad ajal, mil nende arvukus pinnaühikul on maksimumis.

Valge ristiku seemnesaagi määravadki suures osas samaaegselt õitsvate õienuttide arv pinnaühikul ja seemnete arv (või kaal) nutis (Woodfield jt, 2004). Tolmeldamisest seemne küpsemiseni kulub valgel ristikul 26 (+5) päeva (The biology ..., 2008). 30 päeva pärast fikseeritud õitsemise kõrgpunkti koristatakse seeme (loomulikult, kui ilm seda võimaldab). Kuna vegetatiivne ja reproduktiivne kasvuprotsess toimuvad samaaegselt, sõltub ühe või teise protsessi domineerimine mulla niiskusesoludest. Õitsemisaegsed ja -järgsed sademed soodustavad valge ristiku vegetatiivset kasvu, mille domineerimisel areneb vähe õienutte. Moodustunud õienuttidest kasvab leherinne üle, taimik lamandub, ei kuiva enam sademete järel ning valminud seeme idaneb ja rikneb. Ülekasvanud seemnetaimiku koristamisel võivad koristuskaod ulatuda 60%-ni bioloogilisest saagist (Шаршунов, Ракуть, 1997). Esineb aastaid, kus ilmastikust tingituna ei ole üldse võimalik valge ristiku seemnesaaki kombainiga koristada.

Uus-Meremaal, Austraalias ja USA-s, Oregoni osariigis, toodetakse valge ristiku seemet suurtel vihmutatavatel pindadel. Seal pidurdatakse vegetatiivkasv vihmutamise katkestamisega seemnetaimiku täisõitsemisel (Oliva jt, 1994;

De Barro, 2014). Katsetega on kindlaks tehtud, et mõõdukas vee defitsiit suurendab valgel ristikul õienuttide moodustumist, takistab seemnete täiskasvamise ajal valge ristiku vegetatiivset kasvu ning suurendab seemnesaaki (Turner, 1993).

Eestis määravad valge ristiku seemnesaagi juulikuised sademed. Põuase juuliga aastatel on võimalik valgelt ristikult saada hea seemnesaak.

Piirkondades, kus mulla niiskusesolusid ei ole võimalik reguleerida, tehakse vegetatiivkasvu pidurdamiseks valge ristiku seemnepõldudel eelniitmine. Kasutatud on ka esmakasvu karjatamist veiste või lammastega (Marshall jt, 1989; Marshall ja Hides, 1990; Pederson ja Brink, 2000). Kevadise lumesulamisvee arvelt kasvanud lopsakas esmakasv defolieeritakse, seemnesaaki taotletakse ädalalt, mille arenguks mulla südasuvine veevaru enam nii soodne ei ole. Niitmisaaja (karjatamisaja) suhtes on autoritel eriarvamused. Rootsisis läbiviidud katsetes saadi suurim seemnesaak katsevariandis, kus eelniitmine tehti õienuttide varase moodustumise faasis (Wallenhammar, 2007). Venemaal soovitatakse niita esimeste värvunud õienuttide ilmumisel (Смирнов, 2001), Valgevenes aga õitsemise varases faasis (Палагутин, 2001). Uus-Meremaal on just hilisem eelniitmine andnud positiivse tulemuse: võrreldes varem niidetuga moodustus 10% rohkem õienutte, saadi usutavalt suurem seemnesaak (Clifford, 1985). Inglismaal korraldatud katsetes moodustus niitmisejärgselt kõige rohkem õienutte pinnaühiku kohta siis, kui eelniitmine tehti 2–3 nädalat pärast esimeste värvunud kroonlehtedega õienuttide ilmumist (Marshall jt, 1993a, 1993b). Eelniitmisel on seemnesaagile mitmetine positiivne mõju:

1) vegetatiivne kasv aeglustub, mistõttu koristusaegne biomass põllul on väiksem ja koristusindeks kombainile seemne väljapeksuks soodsam, koristuskadu väiksem;

2) eelniitmise järel pääseb rohkem päikese otsekiirgust valge ristiku lamavate varteni, mis mõjub soodsalt õienuttide moodustumisele ja väljakasvamisele;

3) eelniitmisega nihutatakse õitsemise maksimum õite viljastumiseks soodsamale ajale, mil päev on pikim, õhutemperatuur kõrgem, õites nektarieritus rikkalikum, tingimused tolmeldajate tööks soodsamad;

4) umbrohtude lehemass taimikus väheneb.

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli selgitada eelniitmise aja, niitmiskõrguse ja niidukitüübi mõju valge ristiku taimiku niitmisejärgsele kujunemisele, hilisemale seemnesaagile ja selle kvaliteedile. Kõrvalhuvina püüti selgitada, kas esimese niite aega on võimalik siduda efektiivsete temperatuuride kasvava summaga.

## Materjal ja meetoodika

Põldkatse rajati valge ristiku sordiga 'Tooma' juulis 2016, külvisenormiga 4 kg ha<sup>-1</sup>, külvikuga Hege 80. Katselappide mõõtmed 1,5 x 5,0 m neljas korduses. Uurimistöö toimus kahel järgneval katseaastal: 2017. ja 2018.

Katse paiknes leostunud kamar-karbonaatsel liivsavi mullal, mille agrokee-

milised näitajad olid järgmised:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,4, P 90, K 113, Ca 2041, Mg 116 mg kg<sup>-1</sup>,  $\text{C}_{\text{org}}$  1,7%. Katseala sai külvieelse mullaharimise eel fosfor-kaali väetist normidega P 19 ja K 67 kg ha<sup>-1</sup>. Hiljem katseala ei väetatud.

Katses uuriti seemnetaimikut ja -saaki mõjutada võivaid järgmisi faktoreid:

a) eelniitmise aeg:

variant 1 – niitmine esimeste õienuttide värvumisel;

variant 2 – esimese variandiga võrreldes 7 päeva hiljem;

b) eelniitmise kõrgus:

variant 1 – niitmine 3 cm kõrguselt;

variant 2 – niitmine 6 cm kõrguselt;

c) niidumasina tüüp:

variant 1 – rootortüüpi niiduk koos niidetud massi purustamisega ja ühtlase laotamisega katsealale;

variant 2 – niitmine lattniidukiga, millele järgnes niidetud massi kokku riisumine ja äravedu.

Ristikunirplase tõrjeks pritsiti katseala mõlemal aastal üks kord, enne taimiku õide puhkemist preparaadiga Decis Mega, norm 0,150 l ha<sup>-1</sup>.

Katses uuriti eelniitmisaaja ja -viisi mõju õitsemise dünaamikale, milleks rakendati Chynoweth ja Rolstoni (2010) poolt kirjeldatud meetodikat. Selleks loendati igal nädalal värvunud kroonlehtedega õienutid 0,5 x 0,5 m suuruselt pinnalt neljas korduses. Saadud andmete põhjal selgitati maksimaalse õitsemise aeg. Taimiku täisõitsemisel mõõdeti katselappidel lehtede ja õienuttide kõrgused mullapinnalt. Seemnesaagi valmimist hinnati visuaalselt. Igalt lapilt võeti koristamise eel 30 küpsenud seemnetega nutti, mis kuivatati ja poetati hiljem käsitsi, eesmärgiga selgitada variantide mõju seemnete kaalule nuti tasandil. Koristamisel niideti katselappidelt kogu biomass 4 cm kõrguselt, kaaluti ja kuivatati kunstlikult dinesenkuivatis. Seeme peksti välja katsekombainiga Hege 140 ja puhastati laboratoorse seadmega Kamas Westrup LALS. Koristusindeks arvutati seemnesaagi ja põllul kasvanud biomassi suhtena. Koristuseelselt ei kasutatud desikante. Kolm kuud pärast koristamist määrati seemnete idanevus (sh kõvade seemnete sisaldus) ja 1000 seemne mass.

Katseandmed töödeldi statistikatarkvara Agrobases ühefaktorilise dispersioonanalüüsi abil (Agrobases™ 20, 1999).

Ilmastikutingimustelt olid mõlemad valge ristiku seemnesaagi aastad ebasoodsad (tabel 1). 2017. aasta mai, juuni ja juuli olid normist jahedama õhutemperatuuriga, juuni, juuli ning august samas sademeterohked, mis soodustas taimede vegetatiivkasvu sel määral, et koristamine otsekombainimisega polnud võimalik. Biomass niideti, koguti ja kaaluti haljasmassi kombainiga Hege 212. 2018. aasta oli vastupidine – mai, juuni ja juuli olid erakordselt sademetevaesed, samas paljude aastate keskmisest kõrgema õhutemperatuuriga. Kestva põua tingimustes valge ristiku ädalakasv pidurdus ning jäi kuni seemnete valmimiseni sedavõrd

madalaks, et kombainiga koristamine oli jälle võimatu. Vähene biomass niideti ja koguti muruniidukiga ning pärast kuivatamist toimiti nagu eelmisel aastal.

**Tabel 1.** Aktiivse taimekasvu aegse perioodi ilmastiku andmed

	Mai			Juuni			Juuli			August		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Õhutemperatuur; °C												
2017	5,7	9,5	13,2	11,9	14,8	13,4	13,8	14,8	16,1	17,3	17,5	13,1
2018	11,1	16,1	16,2	13,4	16,8	14,8	15,6	21,7	23,2	21,1	17,3	15,6
Norm 1981–2010	9,6	10,7	12,4	14	14,2	15,5	16,7	17,4	17,2	17,1	15,6	14,3
Sademed, mm												
2017	2	2	4	34	35	30	15	48	10	27	37	34
2018	10	1	4	4	8	12	11	4	0	19	27	15
Norm 1981–2010	12	18	19	17	34	29	22	27	27	34	26	32

## Tulemused

**Valge ristiku kasvu ja arengu seosed efektiivsete temperatuuride kasvava summaga.** 2017. aastal toimus katses varasem eelniitmine 6. juunil (efektiivsete temperatuuride kasvav summa 219 °C) ja hilisem eelniitmine 13. juunil (ef. temp. summa 296 °C). Mõlemas niitmisaja variandis saabus täisõitsemise maksimum 4. juuliks (ef. temp. summa 478 °C), seeme valmis kõigis variantides samaaegselt ja koristati 40 päeva pärast taimiku täisõitsemist 14. augustil (ef. temp. summa 922 °C). 2018. aastal arenes valge ristik eelmise aastaga võrreldes kevadel kiiremini, mistõttu varasem eelniitmine tehti 28. mail (ef. temp. summa 248 °C), hilisem eelniitmine aga 5. juunil (ef. temp. summa 416 °C). Esimese eelniitmise variantides fikseeriti õitsemise maksimum 25. juunil (ef. temp. summa 608 °C), hilisema eelniitmise variantides aga nädal hiljem – 2. juulil (ef. temp. summa 678 °C). Seeme koristati kõigist variantidest samaaegselt 27. juulil (ef. temp. summa 1048 °C). Fikseeritud õitsemise maksimumist oli möödunud varem niidetud variantides 32 päeva, hiljem niidetud variantides 26 päeva.

Heintaimede kasvatamisel söodatootmise eesmärgil võib esimese niiteaja valikul lähtuda efektiivsete temperatuuride kasvavast summast, sest rohusööda toiteväärtuse ja ef. temp. summa vahel on väga tihe seos (Tamm, 2017). Kontrollides võimalust seostada ka valge ristiku seemnepõllu eelniitmise, täisõitsemise ja koristusaja määramist ef. temp. summaga, selgus kahe katseaasta andmeid võrreldes, et sama meetod ei ole siin rakendatav. Aastate vahel olid erinevused väga ulatuslikud.

**Eelniitmise ja niitmisaja mõju.** Mõlemal katseaastal ületas maksimaalse õitsemise ajal õienuttide arv pinnaühikul kõigis niidetud variantides kontrollvariandi, millel eelniitmist ei tehtud (tabel 2).

Mõlemal katseaastal oli eelniidetud katsevariantides ädala kasvukõrgus kontrollvariandi esmakasvuga võrreldes madalam. Suurenes vahe õienuttide ja lehtede kõrguses, mis vähendab (kuid ei välista) lehtede nuttidest ülekasvamise riski. Hilisema eelniitmise variantides jäid õienuttide raod ja lehtede rootsud lühemaks kui variantides, millel eelniitmine tehti varem. Selle tulemusena oli ka koristusaegne biomass neil katselappidel väiksem, koristusindeks aga suurem.

2017. aastal õnnestus tänu kogu biomassi kunstlikule kuivatamisele saada väga hea seemnesaak (tabel 3). Tootmispõldudel jäid juuli- ja augustikuiste sagedaste sadude tõttu valge ristiku seemnepõllud sel aastal üldse koristamata. Kõikides eelniidetud variantides saadi kontrollvariandist suurem seemnesaak. Ületamine oli statistiliselt usutav hilise madala eelniitmise korral niidukitüübist sõltumata. Selle katseaasta seemne kvaliteet oli laitmatu: idanevus skarifitseerimata seemnel kõigis katsevariantides 96–98%, kõvu seemneid esines minimaalselt (0–3%), 1000 seemne mass oli vahemikus 0,663–0,671 g. Katsevariantide vahel seemnete kvaliteedinäitajates erinevusi ei tuvastatud.

Võrreldes esimese kasutusaastaga oli teise kasutusaasta valge ristiku taimiku seemnesaagi võime kõigil juhtudel madalam. Lisaks sellele takistas 2018. aastal kestev põud valge ristiku kasvu ja arengut, mille tulemusena jäi seemnesaak eriti tagasihoidlikuks. Õienutte arenes esimese kasutusaastaga võrreldes pinnaühiku kohta mitu korda vähem, kuid katseandmed näitasid, et ka seemneid oli ühe nuti kohta kaaluliselt vähem (tabel 3). Varasema eelniitmise variantides saadi kontrollvariandiga võrreldes suuremaid seemnesaake, kuid ületamine jäi katsevea piiresse. Hilisema eelniitmisega variandid andsid kolmel juhul neljast kontrollvariandist madalama seemnesaagi. Skarifitseerimata seemnete tegelik idanevus katsevariantides oli 2018. a vahemikus 22–37%, kõvade seemnete hulk samal ajal kõrge – 55–75%. Kõvade seemnete suurt osatähtsust seemnepartiis peetakse valmimisaegse niiskusepuuduse tagajärjeks (The Biology..., 2004). Võrreldes eelmise aastaga oli märgatavalt madalam ka 1000 seemne mass – 0,495–0,593 g.

2017. aastal saadi hilisema eelniitmisega variantidest mõnevõrra suurem seemnesaak, põuasel 2018. aastal olid tulemused vastupidised.

**Niitmiskõrguse mõju.** Eelniitmise kõrgus mõjutas õienuttide arvukust õitsemise maksimumil. Madalam eelniit tagas üldjuhul rikkalikuma õitsemise mõlemal katseaastal, kuid erinevused jäid katsevea piiresse. Niites taimikut kõrgemalt jääb taimedele assimileerivat pinda rohkem alles, mistõttu taastumine kulgeb kiiremini. Kõrgema eelniitmise variantides olid hiljem ädalas leherootsud ja nutiraod kõrgemad, mistõttu ka kogu taimik maksimaalse õitsemise ajal kõrgem, kuid koristamisaegse biomassi kogustes madalama eelniitmisega võrreldes enam statistiliselt usutavat vahet ei tuvastatud.



Tabel 3. Katse aastate seemnesaagid ja seemne kvaliteet

	Eelniitmise variant										
	Ilma eel- niitmise ta (Kontroll)	Varane madal massi	Varane kõrgem massi	Varane madal massi	Varane kõrgem massi	Varane madal massi	Hilise purustam. eemaldam.	Hilise purustam. eemaldam.	Hilise purustam. eemaldam.	Hilise purustam. eemaldam.	PD
<b>2017. a.</b>											
Seemnesaak, kg/ha	412	530	655	566	492	624	521	613	538	76	
Seemneid nutsis, g	0,153	1,144	0,162	0,161	0,158	0,139	0,164	0,135	0,155	0,027	
Seemnete kvaliteet											
1000 seemne mass, g	0,669	0,667	0,687	0,671	0,669	0,663	0,667	0,665	0,673		
Idanevus, %	96	96	97	98	97	96	96	98	97		
Kõvad seemned, %	3	1	1	0	1	2	2	1	2		
<b>2018. a.</b>											
Seemnesaak, kg/ha	77	92	87	86	78	68	67	83	71	20	
Seemneid nutsis, g	0,039	0,029	0,040	0,036	0,045	0,044	0,047	0,048	0,053	0,007	
Seemnete kvaliteet											
1000 seemne mass, g	0,544	0,593	0,562	0,551	0,549	0,544	0,565	0,555	0,543		
Idanevus, %	24	37	27	24	27	22	36	21	30		
Kõvad seemned, %	73	55	66	75	68	73	64	63	68		

Kõrgema eelniitmise variantides oli seemnete kaal nuti kohta suurem kui madalama eelniitmise variantides. Kõrgema eelniitmise võrreldes tagas aga just madalam eelniitmine üldjuhul suurema seemnesaagi. Ka koristusindeks oli neis variantides kõrgem.

Valgel ristikul areneb külviaastal sügavale ulatuv peajuur, mille eluiga on kaks aastat, seejärel juur sureb. Edaspidi, alates seemnepõllu teisest kasutus-aastast, toituvad valge ristiku taimed peamiselt mullapinnal paiknevate varte sõlmekohtadest väljakasvavate pindmiste juurtega (Thomas, 1987). Sellest tulenevalt on vanem valge ristiku seemnetaimik esimese kasutusaasta taimikuga võrreldes põua suhtes tundlikum. Kui eelniitmise ajal napib mullas niiskust ja ilmaprognoos ei luba lähiajal sademeid, tuleks sellest loogikast lähtudes vanemaid seemnepõlde niita kõrgemalt. Põuase, 2018. aasta katseandmed seda põhimõtet ei kinnitanud.

**Niidukitüübi mõju.** Eelniitmisel kasutatud niiduki tüüp enamikku uuritud näitajaid ei mõjutanud. Lattniidukiga niites jäi taimikule visuaalse hinnangu järgi otsustades rohkem lehti (assimileerivat pinda) alles. Rootorniiduki töö järel säilisid taimedel vaid rohelised leherootsud. Hiljem, koristusaegsetes biomassi ja tegelikult saadud seemnesaagi andmetes, see paremus kinnitust ei leidnud.

Nagu meie katseandmed näitavad, on valge ristiku seemnesaak väga sõltuv kasvuaasta ilmast. Enamasti on seemnesaaki vähendavaks faktoriks õitsemise ja seemnete valmimisaegne sagedane vihm, mis paneb taimede vegetatiivkasvu vohama. 2018. aasta andis seemnekasvatajale aga aimu, et Eesti oludes võib valge ristiku seemnekasvatus saada tagasilöögi ka varakult alanud ja kaua kestva põua tagajärjel.

## **Kokkuvõte**

Valge ristiku seemnepõllu eelniitmine võimaldab vähendada koristusaegset biomassi põllul, suurendada koristusindeksit ja saada suuremat seemnesaaki. Eelniitmisel kasutatud niidukitüüp seemnesaaki ei mõjutanud. Kui seemnekasvataja loomasööta ei vaja võib eelniitmisel kasutada niidukit, mis purustab ja laotab niidetu ühtlaselt põllule.

Katses võrreldud eelniitmise aegadest vähendab hilisem niitmine koristamis-aegset biomassi kogust rohkem ja suurendab koristusindeksit. Madalalt tehtud eelniitmine loob eelduse kõrgema seemnesaagi saamiseks.

Valge ristiku seemne kvaliteet oli sõltuvuses õitsemisjärgsest ilmastikust ega sõltunud eelniitmise ajast, niitmiskõrgusest ega kasutatud niidukitüübist.

Eelpool toodud katseandmed on kogutud lühikese katseperioodi jooksul, kus katseaastad erinesid ilmastikutingimustelt kardinaalselt. Seetõttu on artiklis toodud andmed ja kokkuvõttes esitatud järeldused esialgsed. Vajalikud on edaspidised jätkukatsed.



## **Tänuavaldus**

Täna agrometeoroloog Laine Keppartit abi eest efektiivsete temperatuuride kasvava summa arvutamisel.

## **Kasutatud kirjandus**

- De Barro, J.E. 2014. Irrigating for white clover seed production. *Rural Industries Research and Development Corporation. Publication No. 14/086*. 25 p. <https://.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/14-086.pdf> (22.12.2018)
- Chynoweth, R.J., Rolston, M.P. 2010. Determination of optimum desiccation timing white clover seed crops. – *Proceedings of the 7th International Herbage Seed Conference*. Dallas, Texas 11–13 April 2010, pp. 172–176.
- Clifford, P.T.P. 1985. Effects of cultural practice on potential seed yield components of Grasslands Huia and Grassland Pitau white clover. – *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. Vol 13, pp. 301–306.
- Marshall, A.H., Hides, D.H. 1990. White clover seed production from mixed swards: effect of sheep grazing on stolon density and on seed yield components of two contrasting white clover varieties. – *Grass and Forage Science*. Vol 45, Issue 1, pp. 35–42.
- Marshall, A.H., Hollington, P.A., Hides, D.H. 1989. Effect of seed crop management on the potential seed yield of contrasting white clover varieties. I Inflorescence production. – *Grass and Forage Science*, Vol 44, Issue 2, pp. 181–188.
- Marshall, A.H., Hollington, P.A., Hides, D.H. 1993a. Spring defoliation of white clover seed crops. I. Inflorescence production of contrasting white clover cultivars. – *Grass and Forage Science*. Vol 48, Issue 3, pp. 301–309.
- Marshall, A.H., Hollington, P.A., Hides, D.H. 1993b. Spring defoliation of white clover seed crops. II. Potential harvestable seed yield and seed yield components of contrasting white clover cultivars. – *Grass and Forage Science*. Vol 48, Issue 3, pp. 310–316.
- Oliva, R.N., Steiner, J.J., Young, W.C. III. 1994. White clover seed production: II Soil and plant water status on yield and yield components. – *Crop Science*. Vol 34, pp. 768–774.
- Палагутин, А. Н. 2001. Семенная продуктивность клевера ползучего в зависимости от приёмов возделывания в одновидовом посеве и совместно с райграсом пастбищным в лесостепи ЦЧР. *Диссертация*. 138 с.
- Peterson, G.A., Brink, G.E. 2000. Seed production of white clover cultivars and naturalized populations when grown in a pasture. – . Vol 40(4), pp. 1109–1114.
- Смирнов, А. М. 2001. Разработка элементов технологий возделывания клевера ползучего на корм и семена в западной части Нечернозёмной зоны России. *Автореферат диссертации канд. с. х. наук*. Москва, 16 с.
- Шаршунов, В. А., Ракуть, Н. Н. 1997. Возделывание и уборка семенных посевов клевера белого. – *Известия Академии Аграрных Наук Республики Велорусь*, ном. 2, 4с.

- Tamm, U. 2017. Parema toiteväärtusega rohusööt. Saku, 57 lk.  
<https://etki.ee/taim/public/pdf/Trukised/Parema-toiteväärtusega-rohust-Tamm.pdf>  
(5.01.2019)
- The Biology and Ecology of White Clover (*Trifolium repens* L.) in Australia. 2004, 25 p.  
<https://health.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/.../biologwclover2rtf> (5.01.2019)
- The biology of *Trifolium repens* L. (White clover). 2008. 35 p.  
<https://ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.../biologywclover2008.pdf> (5.01.2019)
- Thomas, R.G. 1987. Vegetative growth and development. – *White Clover*. (eds) M.J. Baker, W.M. Williams. CAB International Wallingford, UK, pp. 31–50.
- Turner, L.B. 1993. The effect of water stress on floral characters, pollination and seed set in white clover (*Trifolium repens* L.). – *Journal of Experimental Botany*. Vol 44, No 264, pp. 1155–1160.
- Wallenhammar, A.Ch., Stahl, P., Christiansson, B., Andersson, L. 2007. Weed regulation by cutting in organic seed crops of *Trifolium pratense* L. and *Trifolium repens* L. – *Seed production in the northern light*. Proceedings of the sixth international herbage seed conference, Gjønnestad, Norway 18–20 June 2007. (ed) T.S. Aamlid, L.T. Havstad, B. Boelt. Grimstad, pp. 156–159.
- Woodfield, D.R., Baird, I.J., Clifford, P.T.P. 2004. Genetic control of white clover seed yield potential.  
[http://grassland.org.nz/publications/nzgrassland.publication\\_424.pdf](http://grassland.org.nz/publications/nzgrassland.publication_424.pdf) (5.11.2017)

## ALASKA LUSTE JA ROOG-ARUHEINA ERINEVAD VILJELUSVIISID

Uno Tamm, Heli Meripõld, Silvi Tamm, Sirje Tamm

Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Tamm, U., Meripõld, H., Tamm, S., Tamm, S. Organic vs. conventional management of alaska brome and tall fescue. – Agronomy 2019.

*New cultivars of alaska brome (*Bromus sitchensis* Trin) and tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb) have gained attention by producers because of their winterhardiness, high yielding ability and fast growth. Alaska brome cv. Hakari and tall fescue cv. Barelite were grown in field tests during the years 2016, 2017 and 2018 using mixture with red clover (*Trifolium pratense* L.) cv. Varte. The plots were cut three times during the summer. The average dry matter (DM) yield of pure grass stands in three years in the case of organic farming was 5,3 t ha<sup>-1</sup> for Barelite and 5,0 t ha<sup>-1</sup> for Hakari. In the mixture with red clover the respective DM yields were 12,0 and 12,7 t ha<sup>-1</sup>. Nitrogen fertiliser used in the conventional farming (N200) increased the DM yield and the protein content of the forage. The forage with the highest nutritive value was obtained when the grasses were grown in the organic mixture with red clover: digestibility 642–701 g kg<sup>-1</sup> DM, concentrations of crude protein 119–211 g kg<sup>-1</sup> DM and metabolisable energy 9,9–10,8 MJ kg<sup>-1</sup> DM. Among all species tested, tall fescue showed better results in respect to alaska brome.*

**Keywords:** Alaska brome, tall fescue, grass mixtures, dry matter yield, forage nutritive value

### Sissejuhatus

Täisväärtuslik rohusööt veiste söödaratsioonis peab olema hea söömuse, kõrge seeduvuse ja mõõduka proteiinisaldusega. Liblikõieliste-kõrreliste segukülvide rajamisel on oluline optimaalne heintaimede liikide valik, et saada kõrge saagikus ja bioloogilise lämmastiku efektiivne kasutus (Elgersma ja Søgaard, 2015). Punane ristik (*Trifolium pratense* L.) on liblikõieliste hulgas üks olulisemaid liike, mis tagab kõrge kuivainesaagiga kvaliteetse sööda (Frame jt, 1997). Liblikõieliste-kõrreliste segukülvide koostamisel tuleb arvestada liikide arengu kiirust, püsivust ja toiteväärtust. Varasemad uuringud on näidanud, et punase ristiku kasvatamine segudes koos kõrrelistega parandab toiteväärtust, seeduvust ja söömust. Segukülvidega pikendame samuti rohusööda optimaalset koristusaega (Tamm, 2017). Kiirekasvulistest, suure saagivõimega ja talvekindlatest kõrrelistest on kasvatajate tähelepanu pälvinud alaska luste (*Bromus sitchensis* Trin.) ja roog-aruheina (*Festuca arundinacea* Schreb.) uued sordid. Uurimistöö eesmärk oli selgitada erinevate viljelusviiside (mahe ja tava) mõju alaska luste ja roog-aruheina saagile ning sööda toiteväärtusele.

### Materjal ja meetodika

Uurimus viidi läbi aastatel 2016–2018. Katsed rajati Sakus tüüpilisele kamar-karbonaatmullale, mille agrookeemilised näitajad olid järgmised: pH<sub>KCl</sub> 7,1

(ISO 10390),  $C_{\text{org}}$  5,0% (Tjurini method), P ja K sisaldus vastavalt 247 ja 228 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich III meetod).

Mahevilteluse variandis (N0) olid alaska luste sort 'Hakari', roog-aruheina sort 'Barelite' ja mõlemad segus tetraploidse punase ristiku sordiga 'Varte'. Tavavilteluse variandis (N200) kasvatati sorte 'Hakari' ja 'Barelite' puhaskülvis väetusfoonil N200 kg ha<sup>-1</sup>. Väetis anti jaotatult kolmes osas (N80+60+60) peale igat niidet.

Külvisenormid olid: alaska luste sordil 'Hakari' 28, roog-aruheina sordil 'Barelite' 30 ja tetraploidse punase ristiku sordil 'Varte' 10 kg ha<sup>-1</sup>. Katsed rajati *split-plot* asetusega kolmes korduses, koristuslapi suurus oli 14 m<sup>2</sup>.

Katsed niideti motoblokiga MF 70. Rohuproovid analüüsiti Van Soesti skeemi järgi PMK Söötade ja teravilja laboris. Taimikut niideti suve jooksul kolm korda. Esimene niide tehti maikuu lõpul juuni algul, teine juuli lõpul ja kolmas septembri algul.

Efektiivseid (üle 5 °C) temperatuure kogunes katseaastatel esimeseks niiteks erinevalt: 290 °C (2016), 257 °C (2017) ja 349 °C (2018). Katses määrati kuivaine saak (KA), toorproteiin (TP), neutraalkuid (NDF), happekiud (ADF), metaboliseeruv energia (ME) ja kuivaine seeduvus (DDM). Artiklis on kasutatud ka aastatel 2016–2018 PMK-ga koostöös läbiviidud siloseire materjale. Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Agrobases™ 20.

## Tulemused ja arutelu

Tavavilteluse tingimustes (N200) saadi kolme aasta keskmisena usutavalt kõrgemad kuivaine saagid: alaska luste sordil 'Hakari' 14,1 ja roog-aruheina sordil 'Barelite' 13,1 t ha<sup>-1</sup> (tabel 1). Kolme aasta keskmine kuivaine saak oli mahevilteluse (N0) puhaskülvis sortidel 'Hakari' ja 'Barelite' vastavalt 5,0 ja 5,3 t ha<sup>-1</sup>.

Punase ristiku segukülvide kolme aasta keskmine KA saak oli sortidel 'Barelite' ja 'Hakari' vastavalt 12,0 ja 12,7 t ha<sup>-1</sup>. Roog-aruheina sordi 'Barelite' N0

**Tabel 1.** Alaska luste ja roog-aruheina puhas- ja segukülvide kuivainesaadid (t ha<sup>-1</sup>) erinevates viljelusviisides 2016–2018. a

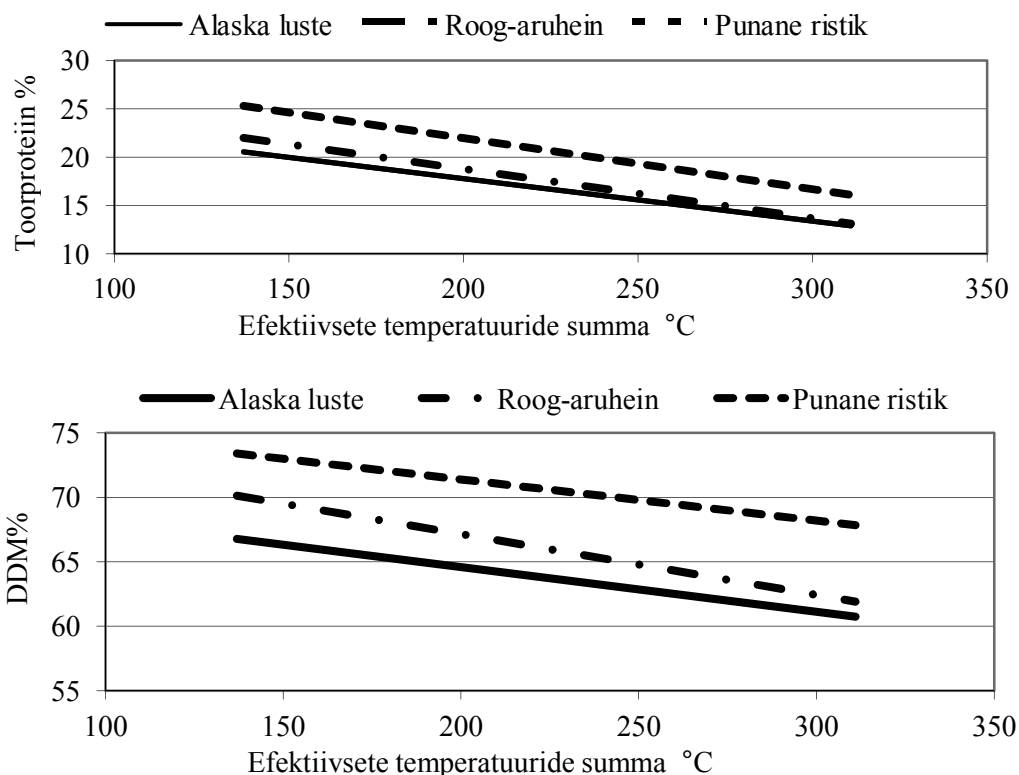
Liik	Variant	2016	2017	2018	Keskmine
Alaska luste 'Hakari'	N0	7,4	4,4	3,3	5,0
	segus ristikuga 'Varte'	15,0	14,0	9,1	12,7
	N200	16,4	14,8	10,9	14,1
Roog-aruhein 'Barelite'	N0	6,4	5,0	4,5	5,3
	segus ristikuga 'Varte'	15,5	12,1	8,4	12,0
	N200	14,4	13,1	11,9	13,1
PD 95%		0,69	0,38	0,53	0,25

Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ( $p < 0,05$ ; ANOVA)

variandi KA saagi väikesele tõusule võrreldes alaska luste sordi 'Hakari' N0 variandiga, aitas kaasa 2017. aasta vihmasel suvel taimikusse kasvama hakanud valge ristik. Loodusliku valge ristiku lisandumine taimikusse võis olla ka roogaruheina rohu toorproteiini sisalduse tõusu põhjuseks. Alaska luste sordi N200 puhaskülvi kuivaine saak oli usutavalt suurem sortide 'Hakari'-'Varte' segukülvi KA saagist. Sama tendents kehtis ka roogaruheinal.

Rohusööda keemilise koostise kujunemisel ja suurema energeetilise väärtusega sööda varumisel on oluline teha I niite optimaalsel ajal. Üldiselt on I niite efektiivsete temperatuuride summa positiivses korrelatsioonis punase ristiku ja kõrreliste I niite KA saagiga ( $r = 0,75$  ja  $r = 0,86$ ,  $P < 0,01$  vastavalt punane ristik ja kõrrelised) ning negatiivses korrelatsioonis KA seeduvusega ( $r = 0,90$  ja  $r = 0,89$ ,  $P < 0,01$  vastavalt punane ristik ja kõrreline). Päevane DDM langus peale I niite optimaalse aja möödumist on kõrrelistel 0,49 ja punasel ristikul 0,30 g kg<sup>-1</sup> KA. Punase ristiku toorproteiinisaldus ja KA seeduvus oli I niites silioseire 2016. ja 2017. a andmete alusel kõrreliste omast kõrgem (joonis 1).

2016. aastal saabus optimaalne niiteaeg sortidel 'Hakari' ja 'Barelite' maikuu lõpus. Sel ajal suurenes kõrreliste NDF sisaldus päevas 0,63 ('Barelite') ja 0,89% ('Hakari') võrra. Rohumassi kiire juurdekasvuga kaasnes toiteväärtuse vähenemine.



**Joonis 1.** Efektiivsete temperatuuride mõju toorproteiini (TP) sisaldusele ja kuivaine seeduvusele (DDM)

Kõrreliste kiuisaldus NDF ületas I niites (3.06.2016, ef temp 290 °C) N200 variandis mõlemal kõrrelisel soovitud piirväärtust (550 g kg<sup>-1</sup> KA). Keemilise analüüsi andmetel oli sortide 'Hakari' ja 'Barelite' NDF vastavalt 592 ja 596 g kg<sup>-1</sup> KA (Tamm jt, 2018).

Heintaimede ADF ja NDF muutused liigiti arengufaaside lõikes olid erinevad. Kõige kiirem muutus oli alaska luste sordil 'Hakari' (tabel 2). I niites, generatiivsete taimeosade kasvu ajal, olid saagi kvaliteedi muutused kiiremad kui ädalas. Tavaviljeluse II ja III niites oli roog-aruheina sordi 'Barelite' ADF ja NDF väiksem kui alaska lustel 'Hakari'. Roog-aruhein 'Barelite' on suvetüübiline kõrreline ja seetõttu on tal kõrsi II ja III niites vähem kui I niites.

**Tabel 2.** Heintaimede ADF ja NDF (g kg<sup>-1</sup> KA) muutused I niites

Sort	Kõrsumine/varsumine		Loomise algus /nuppumine		Loomine/õitsemine	
	ADF	NDF	ADF	NDF	ADF	NDF
'Hakari'	282	536	303	563	352	627
'Barelite'	244	454	300	529	339	574
'Varte'	237	337	267	380	297	412

Segukülvide I niide tehti puhaskülvidest 12 päeva hiljem (kõrrelised olid loomise ja punane ristik nuppumise faasis).

Nii mahe- kui ka tavaviljeluses oli rohusööda DDM ja ME sisaldus segukülvides suurem kui sortide puhaskülvis (tabel 3), kuna üldiselt on liblikõielised parema seeduvuse ja suurema energiasisaldusega (Lüscher jt, 2013).

2017. a kevad oli jahe ja öökülmadega, 22. kalendrinädalal olid kõrrelised kõrsumise faasis. Jaheda ilma tõttu lükkusid NDF ja ADF suurenemise maksimumid vahemikku 5.–12. juuni, vastavalt 0,8 ja 0,6% võrra päevas. 5. juuni rohuproovides oli kõrreliste DDM 650 ('Barelite') ja 700 ('Hakari') g kg<sup>-1</sup> KA. I niiteks (15.06.2017, ef temp 257 °C) oli DDM langenud 625 g kg<sup>-1</sup> KA, ainult segukülvi 'Barelite'-'Varte' rohuproovi seeduvus oli 657 g kg<sup>-1</sup> KA.

N0 variandi II niite saak oli väike jahedama juunikuu (juuni temperatuur oli aastate keskmisest 1,6 kraadi madalam) ning suhteliselt põuase juulikuu tõttu (sademeid oli vaid 17% paljude aastate keskmisest). 'Hakari' N0 ja 'Barelite' N0 rohusööda ME sisaldus rahuldaks loomakasvatajat, kuid sellise väikese saagiga rohumaad sobivad ainult karjatamiseks.

2018. aasta oli soe ja põuane. See aasta näitas selgelt alaska luste N200 variandi varasema koristamise vajadust võrreldes roog-aruheinaga. Alaska luste 'Hakari' ADF ja NDF kõige suuremad päevased juurdekasvud olid 21–28. mai (ADF 0,62% ja NDF suurenes 1,04% päevas), 'Barelite' juurdekasvud 28. mai kuni 4. juuni (ADF ja NDF suurenes vastavalt 0,73% ja 0,97% päevas). I niide

**Tabel 3.** KA keskmine toiteväärtus alaska luste, roog-aruheina ja kõrrelise ning punase ristiku segukülvide viljelusviisides 2016–2018. a

Liik		Variant	2016–2018			
			TP g kg <sup>-1</sup>	NDF g kg <sup>-1</sup>	ME MJ kg <sup>-1</sup>	DDM g kg <sup>-1</sup>
<b>I niide</b>	N0		91	569	9,8	634
Alaska luste	segus ristikuga ‘Varte’		119	505	9,9	642
‘Hakari’	N200		137	601	9,6	619
Roog-aruhein	N0		96	558	10,1	646
‘Barelite’	segus ristikuga ‘Varte’		129	463	10,2	662
	N200		130	575	9,9	631
<b>II niide</b>	N0		87	603	9,7	625
Alaska luste	segus ristikuga ‘Varte’		170	449	10,1	656
‘Hakari’	N200		130	625	9,6	619
Roog-aruhein	N0		100	532	10,3	666
‘Barelite’	segus ristikuga ‘Varte’		174	431	10,3	668
	N200		148	511	10,5	674
<b>III niide</b>	N0		134	511	10,3	659
Alaska luste	segus ristikuga ‘Varte’		211	426	10,5	676
‘Hakari’	N200		193	589	9,9	635
Roog-aruhein	N0		131	474	10,4	664
‘Barelite’	segus ristikuga ‘Varte’		208	368	10,8	701
	N200		163	492	10,5	670

tehti 5. juunil (ef temp 349 °C). Suviste kõrgete temperatuuride ja põua tõttu jäid mahetootjatest loomakasvatavad II niitest ilma. Ka viljakate muldade kõrreliste ja libliköielistega segukülvide saak oli väike. III niite kasvuks olid ilmastikutingimused soodsad. Selline oli pilt ka katsepõldudel. Juuni- ja juulikuu (II niide) sademete hulk Sakus moodustas 2018. aastal paljude aastate keskmisest 31%.

Kõige suurema toiteväärtusega rohusööt saadi maheviljeluses kõrreliste kasvatamisel segus punase ristikuga (DDM 642–701 g kg<sup>-1</sup> KA, 9,9–10,8 ME MJ KA), kusjuures suurema toiteväärtusega rohusööda andis roog-aruhein ‘Barelite’. Maheviljeluse puhaskülvide toiteväärtus oli roog-aruheinal ja alaska lustel hea kuni rahuldav (‘Barelite’ DDM 646–664 g kg<sup>-1</sup>, ME 10,1–10,4 MJ ja ‘Hakari’ DDM 625–659 g kg<sup>-1</sup>, ME 9,7–10,3 MJ KA), kuid selle viljelusviisi puuduseks oli väike II ja III niite KA saak. ‘Barelite’ segukülvid olid suurema ME võrreldes ‘Hakari’ segukülvidega, sest ‘Hakari’ on ‘Barelitest’ liigimaselt kõrgema kiussaldusega.

Kõige väiksema TP sisaldusega olid N0 variandi I, II, III niite kõrrelised (91–134 g kg<sup>-1</sup> DM). N200 ja maheviljeluse segukülv andsid II ja III niites piir-

väärtuse lähedase (TP = 150 g kg<sup>-1</sup> KA) või sellest suurema proteiinisisaldusega rohusööda.

Segukülvide NDF oli kõigis niidetes madalam võrreldes puhaskülviga. Põua- sel 2018. aastal oli II niite kasvuaeg 51 päeva. Seetõttu oli 'Hakari' puhaskülvi NDF väga kõrge mõlemas viljelusviisis (N0 – 603 ja N200 – 625 g kg<sup>-1</sup> KA).

## Kokkuvõte

Katses saadi erineva suurusega kuivaine saagid sõltuvalt viljelusviisist, see- juures rohusööda toiteväärtus varieerus suurtes piirides. Kõrgeima kuivaine saagi (14,1 t ha<sup>-1</sup>) andis kolme aasta keskmisena alaska luste 'Hakari' tavaviljeluse tingimustes (N200).

Maheviljeluse tingimustes (N0) jäid ristiku-kõrreliste segukülvid saagitase- melt viimasele veidi alla, kuid saadud rohusööda toiteväärtus oli kõrge. Kõr- reliste puhaskülvis kasutatud väetusfoon (N200) suurendas rohusööda saaki ja tõstis toorproteiini sisaldust.

Roog-aruheina ('Barelite') puhaskylv andis alaska lustest ('Hakari') parema seeduvuse ja suurema energeetilise väärtusega rohusööda.

Segukülvides oli suurema konkurentsivõimega alaska luste 'Hakari'. Selle sordi kiiremast arengust tingituna oli segukülvide samaaegsel koristamisel 'Hakari'-'Varte' taimik madalama TP sisaldusega ja kõrgema NDF-sisaldusega kui 'Barelite'-'Varte' segu.

Söödavarumise perioodi pikendamiseks tuleks valida sobiv viljelusviis. Kõr- reliste DDM langus I niites peale optimaalset koristamisaega näitas, kui tähtis on leida igal aastal kvaliteetse rohusööda varumiseks optimaalne koristusaeg. Punane ristiku kasutamine segukülvides võimaldas koristamist alustada pärast puhaskülve, kuna punane ristik aeglustab rohusaagi kiufraktsiooni suurenemist.

## Kasutatud kirjandus

- Frame, J., Charlton, J.F.L., Laidlaw, A.S. 1997. Red clover. In: Frame J., Charlton, J.F.L., Laidlaw, A.S. (toim) *Temperate forage legumes*. CAB International, Wallingford, UK, pp.181–224.
- Elgersma, A., Søegaard, K. 2015. Productivity and herbage quality in two-species grass- legume mixtures under cutting. *Grassland Science in Europe*, Vol. 20, Wageningen, Netherlands, pp. 401–403.
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J.F., Rees, R.M., Peyraud, J.L. 2013. Potent- ial of legume-based grassland-livestock systems in Europe. *Grassland Science in Europe*, Vol. 18, Iceland, Akureyri, pp. 8–28.
- Tamm, U. 2017. Parema toiteväärtusega rohusööt. <http://taim.etki.ee/taim/public/pdf/Trukised/Siloseire.U.Tamm.pdf> (15.11.2018)
- Tamm, U., Meripõld, H., Tamm, S., Edesi, L. 2018. The nutritive value of alaska brome and tall fescue forage using different growing technologies. *Grassland Science in Europe*, Vol. 23, Ireland, Cork, pp. 363–365.



## **KAPSA VAHELE KÜLVATUD VAHEKULTUURI MÕJU PÕHIKULTUURI SAAGILE JA UMBROHTUMUSELE MAHEVILJELUSES**

**Ingrid Bender**

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Bender, I. 2019. The influence of in stripes living mulches to the cabbage yield and weeds in organic farms. – *Agronomy* 2019.

*Living mulches (rye, rye + hairy vetch, crimson clover, white clover + berseem clover) were sown in stripes between cabbage rows two months after the cabbage planting in two organic farms. The highest biomass was produced by crimson clover and the lowest by rye. Weeds were suppressed by living mulches and density of weeds was the lowest in rye and rye + hairy vetch variants. Therefore the number of weed species was also diminished. Living mulches between rows of cabbage did not influence the yield.*

**Keywords:** *biomass, living mulch, weed density, weed species*

### **Sissejuhatus**

Vahekultuuridel on oluline osa põllukülvikorras, kuna need parandavad mulla omadusi, vähendavad umbrohtumust, tagavad elurikkuse kasvu põllul ja soodustavad kestliku tootmise arengut (Hartwig, 2002; Kołota jt, 2013). Vahekultuure kasvatatakse põhikultuuridest vabal perioodil, eesmärgiga suurendada mulla kaetust. Traditsioonilised vahekultuuride külviajad on kevad ja hilissuvi. Käesolevas artiklis leiab käsitlemist aga vahekultuuri kasvatamine põhikultuuri ridade vahel samaaegselt põhikultuuriga. Varasemate uuringute põhjal on teada, et vahekultuuride kasvatamine põhikultuuri ridade vahel põhjustab põhikultuuri saagi vähenemist, kui vahekultuur on külvatud köögiviljakultuuri istutamiseks samaaegselt või mõni nädal hiljem (Hamid jt, 2006; Kołota jt, 2013). Köögiviljakultuuri saagikao vähendamiseks külvati kahe talu katsetes aga vahekultuurid alles kaks kuud pärast saagikultuuri istutamist. Vahekultuuride valikul on oluline kiire tärkamine ja mulla katvus, madal kasv, vähene vee ja toitainete tarbimine (Kołota jt, 2013).

Katsete eesmärk oli välja selgitada kapsa reavahedes kasvatatava vahekultuuri mõju põllu umbrohtumusele ja põhikultuuri saagile mahevilmeluse tingimustes.

### **Materjal ja meetodika**

Katsed rajati mahetalude, Erto talu ja Kiltsimäe talu, põldudele kolmes korduses 2017. aastal. Põhikultuur oli hiline valge peakapsas, mis istutati kapsaistutusmasinaga vagude harjale mai esimeses pooles. Vagude vahekaugus Erto talus oli 90 cm ja Kiltsimäe talus 75 cm, istutusskeemid vastavalt 90 x 50 cm ja 75 x 35 cm. Kapsa istutuse järel hariti reavahesid kaks korda. Vahekultuurid külvati vao külgedele käsitsi. Erto talus külvati kõik vahekultuurid ühel päeval, s.o

12. juulil, enne järgmise päeva vihmasadu. Kiltsimäe talus külvati inkarnaatristik 3. juulil, valge ja aлександria ristik 6. juulil ja rukki variandid 14. juulil. Külvide ajal oli mullapind umbrohupuhas, mis aitas kaasa tärkava vahekultuuri edukale kasvule ja arengule. Kapsasaak koristati oktoobri keskel. Pärast saagikoristust jäid vahekultuurid edasi kasvama ja esimene maaharimine tehti alles järgmisel kevadel.

Vahekultuurid olid alljärgnevad kultuurid ja kultuuride segud (lisatud külvisenormid):

- talirukis 100% (200 kg ha<sup>-1</sup>)
- talirukis 50% + talivikk e põld-hiirehernes 50% (100 kg ha<sup>-1</sup> + 25 kg ha<sup>-1</sup>)
- inkarnaatristik e kahkjaspunane ristik 100% (26 kg ha<sup>-1</sup>)
- valge ristik (65%) + aлександria ristik (35%) (16,9 kg ha<sup>-1</sup> + 9,1 kg ha<sup>-1</sup>; kokku 26 kg ha<sup>-1</sup>)

Vahekultuuride ja umbrohtude biomassi ning umbrohtude tiheduse (taimi m<sup>-2</sup>) ja liigilise koostise määramiseks võeti proovid oktoobri keskel, s.o 3 kuud pärast vahekultuuride külvi.

## Tulemused ja arutelu

2017. aasta suvi oli sademeterohke ja tänu sellele tärkasid vahekultuuride külvid hästi. Kultuuride ühtlast tärkamist soodustas ka külvidele järgnenud mõõdukate sademetega periood. Suured vihmavalingud oleks võinud põhjustada seemnete vagude nõlvadelt vao põhja uhtumise. Tabelis 1 on esitatud vahekultuuride märke ja kuivad biomassid, millest selgub, et inkarnaatristik andis suurima

**Tabel 1.** Vahekultuuride keskmised märke ja kuivad biomassid (t ha<sup>-1</sup>) vahekultuuri reavahedes kasvatamise katses mahetaludes 2017. aastal

Katsetalu	Vahekultuur	Keskmine märg biomass	Keskmine kuiv biomass
Erto talu	Rukis	9,79 a	3,03 ab
	Rukis + talivikk	12,82 a	2,69 a
	Inkarnaatristik	30,57 b	6,47 b
	Valge ristik + aлександria ristik	13,96 a	4,4 ab
Kiltsimäe talu	Rukis	1,97 a	0,51 a
	Rukis + talivikk	8,68 b	1,59 b
	Inkarnaatristik	14,30 c	2,99 c
	Valge ristik + aлександria ristik	8,56 b	1,85 bc

Tulpades erinevate tähtedega tähistatud arväärtused on usutavalt erinevad talukatse piires (p<0,05)

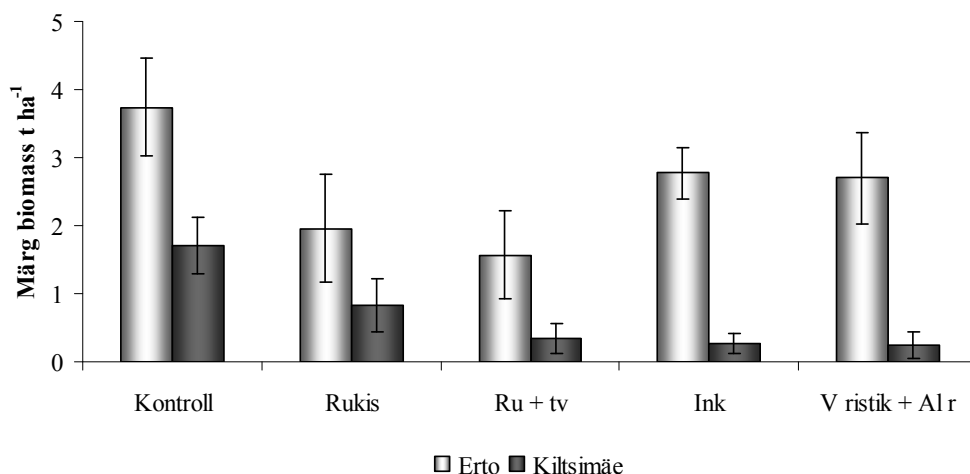
biomassi ja rukis väikseima märja biomassi mõlemas talus. Kiltsimäe talus andsid ka rukis + talvikk ja valge ristik + aleksandria ristik hea tulemuse. Erto talu katses oli vahekultuuride nii märg- kui ka kuiv biomass kõikide vahekultuuri variantide puhul suurem kui Kiltsimäe talu katses. Tõenäoliselt oli Erto talu külv väga hästi ajastatud (enne vihmaadu).

Erto talus oli liigiti kõige suurem osatähtsus suviumbrohtudel (41%), aga Kiltsimäe talus mitmeaastastel umbrohtudel (47%) (tabel 2).

**Tabel 2.** Umbrohuliikide arv agrobioloogilistes rühmades ja rühmade osatähtsus (%) liikide koguarvust vahekultuuri reavahedes kasvatamise katses mahetaludes 2017. aastal

Umbrohtude rühmad	Liikide arv Osatähtsus		Liikide arv Osatähtsus	
	Erto talu		Kiltsimäe talu	
Suviumbrohud	15	41	7	23
Kaheaastased umbrohud	2	5	1	3
Talvituvad ja taliumbrohud	9	24	8	27
Mitmeaastased umbrohud	11	30	14	47
Kokku liike/osatähtsus	37	100	30	100

Umbrohtude märjad biomassid olid suuremad e katsepõld oli rohkem umbrohtunud Erto talus (joonis 1). Samas talus esines ka umbrohuliike katsealal rohkem (37 liiki) kui Kiltsimäe talus (30 liiki) (tabel 2). Vahekultuurid vähendasid umbrohtumust mõlemas katsetalus. Ka varasemate uuringute põhjal vähendavad vahekultuurid umbrohtude arvukust (Liebman ja Dyck, 1993; Paine jt, 1995;



**Joonis 1.** Umbrohtude märjad biomassid vahekultuuri reavahedes kasvatamise katses mahetaludes 2017. aastal. I tähistab standardhälvet. Ru + tv – rukis + talvikk; Ink – inkarnaatristik; V ristik + Al r – valge ristik + aleksandria ristik

Bärberi, 2001; Brainard jt, 2012). Kiltsimäe talus oli umbrohtude märg biomass usutavalt suurem vahekultuurita kontrollvariandis.

Vaatamata sellele, et Erto talus olid ristikuga variantides suuremad vahekultuuride biomassid kui rukkiga variantides, oli samades variantides ka umbrohtude biomass suurem. Kuna Erto talus külvati kõik vahekultuurid üheaegselt, siis ristiku aeglasema tärkamise tõttu võisid umbrohud saada kasvus edumaa ja kasvada piisavalt suureks, et võistelda vahekultuuri taimedega. Rukki kiire tärkamine ja areng surus umbrohtusid paremini alla.

Umbrohtudest esines Erto talu katsealal kõige rohkem põldmailast, vesiheina, harilikku puju ja harilikku hiirekõrva, Kiltsimäe talu katsealal aga harilikku nurmikat, harilikku orasheina, harilikku liivkanni ja põldmailast (tabel 3).

**Tabel 3.** Umbrohtude tihedus (taime m<sup>-2</sup>) kümnel enim esinenud umbrohuliigil vahekultuuri reavahedes kasvatamise katses mahetaludes 2017. aastal

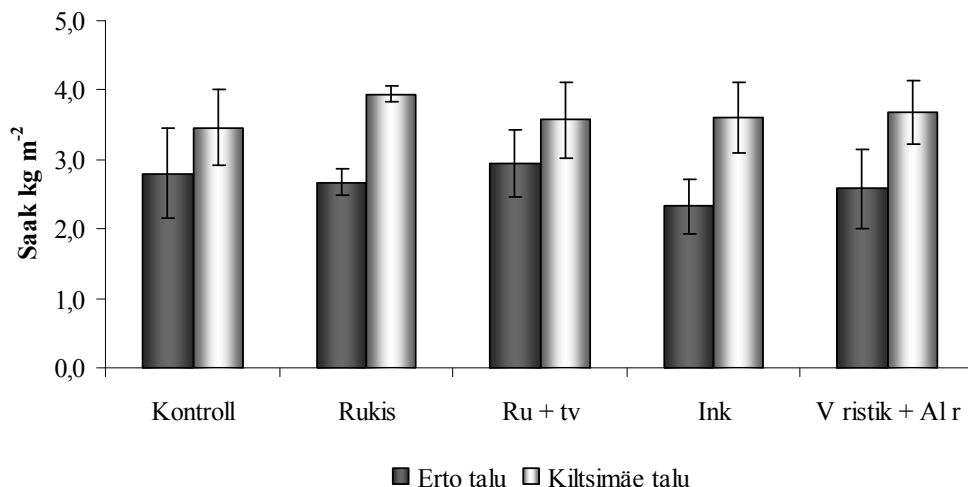
Jrk nr	Umbrohu nimi	Umbrohu tüüp	Tihedus
<b>Erto talu</b>			
1	Põldmailane	suviumbrohi	13,5
2	Vesihein	talvituv ja taliumbrohi	12,4
3	Harilik puju	mitmeaastane umbrohi	12,2
4	Harilik hiirekõrv	talvituv ja taliumbrohi	12,2
5	Harilik võilill	mitmeaastane umbrohi	9,0
6	Põldohakas	Mitmeaastane umbrohi	6,5
7	Roomav madar	suviumbrohi	5,5
8	Harilik kesalill	talvituv ja taliumbrohi	5,3
9	Konnatatar	suviumbrohi	4,9
10	Suur teeleht	mitmeaastane umbrohi	4,8
<b>Kiltsimäe talu</b>			
1	Harilik nurmikas	mitmeaastane umbrohi	14,9
2	Harilik orashein	mitmeaastane umbrohi	8,0
3	Harilik liivkann	suviumbrohi	6,2
4	Põldmailane	suviumbrohi	5,5
5	Harilik kadakkaer	mitmeaastane umbrohi	3,6
6	Põldlõosilm	talvituv ja taliumbrohi	2,3
7	Harilik hiirekõrv	talvituv ja taliumbrohi	2,3
8	Harilik võilill	mitmeaastane umbrohi	2,0
9	Põldkannike	talvituv ja taliumbrohi	1,8
10	Harilik puju	mitmeaastane umbrohi	1,4

Umbrohtude tihedus oli suurim mõlema talu katse kontrollvariandis (Erto – 169 taime m<sup>-2</sup>, Kiltsimäe – 49 taime m<sup>-2</sup>) (tabel 4). Erto talus oli väikseim umbrohtude tihedus rukki (69 taime m<sup>-2</sup>), aga Kiltsimäe talus rukis + talivikk variandis (15 taime m<sup>-2</sup>). Kõige enam umbrohuliike oli kontrollvariandis (Erto – 30 tk, Kiltsimäe – 22 tk) ja kõige vähem Erto talus rukis + talivikk variandis (25 tk), aga Kiltsimäel valge ristik + aleksandria ristik variandis (11 tk) (tabel 4). Kui vaadata liikide arvu suurimat vähenemist, siis Erto talus vähendasid vahekultuurid kõige enam suviumbrohtude esinemist rukki variandis, kus ka umbrohtude tihedus oli kõige väiksem (tabel 2). Kiltsimäe talus vähendasid vahekultuurid kõige enam aga mitmeaastaste umbrohtude esinemist kõikides vahekultuuri variantides. Ka Tzortzi jt (2015) katsete põhjal vähenes vahekultuuride kasvatamisel nii üheaastaste kui ka mitmeaastaste umbrohtude liikide arv.

**Tabel 4.** Umbrohtude tihedus (taim m<sup>-2</sup>) katsevariantides ja umbrohtude liikide arv (tk) tüübirühmiti vahekultuuri reavahedes kasvatamise katses mahetaludes 2017. aastal. Ru + tv – rukis + talivikk; Ink – inkarnaatristik; V ristik + Al r – valge ristik + aleksandria ristik

Variant	Umbrohtude tihedus	Umbrohuliike kokku	Suviumbrohud	Talvituvad ja taliumbrohud	Kaheaastased	Mitmeaastased
<b>Erto talu</b>						
Kontroll	169	30	12	8	2	8
Rukis	69	26	9	6	2	9
Ru + tv	91	25	12	6	1	6
Ink	108	32	14	8	1	9
V ristik + Al r	74	27	11	7	1	8
<b>Kiltsimäe talu</b>						
Kontroll	49	22	4	6	1	11
Rukis	41	19	4	7	0	8
Ru + tv	15	12	3	3	0	6
Ink	20	12	3	3	0	6
V ristik + Al r	18	11	3	2	0	6

Kapsasaaki vahekultuuride kasvatamine kapsaridade vahedes statistiliselt usutavalt ei mõjutanud (joonis 2). Kiltsimäe talus oli kapsasaak suurem peamiselt seetõttu, et kapsataimed olid tihedamalt istutatud. Kapsapeade keskmist massi samuti vahekultuuride reavahedes kasvatamine ei mõjutanud (andmed ei ole esitatud).



**Joonis 2.** Valge peakapsa kaubanduslik saak vahekultuuri reavahedes kasvatamise katses mahetaludes 2017. aastal

### Kokkuvõte

Vahekultuuridest andis inkarnaatristik suurima märja ja kuiva biomassi, rukis aga kõige väiksema märja biomassi mõlemas katsetalus.

Erto talu katsealal oli suviumbrohtude ja Kiltsimäe talus mitmeaastaste umbrohtude osatähtsus suurimad umbrohuliikide koguarvust (vastavalt 41 % ja 47 %).

Kiltsimäe talus oli umbrohtude märg biomass usutavalt suurim vahekultuurita kontrollvariandis. Rukis surus umbrohtusid rohkem alla kui ristikud, ehkki ristikud moodustasid suurema biomassi.

Umbrohtudest esines Erto talu katsealal kõige rohkem suviumbrohtude agrobioloogilisse rühma kuuluvat põldmailast ja Kiltsimäe talu katsealal mitmeaastast harilikku aruheina.

Umbrohtude tihedus oli suurim vahekultuurita kontrollvariantides. Erto talus oli väiksem umbrohtude tihedus rukki, aga Kiltsimäe talus rukis + talivikk variandis.

Vahekultuurid vähendasid umbrohuliikide arvu. Kõige vähem umbrohuliike oli Erto talus rukis + talivikk variandis, Kiltsimäe talus valge ristik + aleksandria ristik variandis. Umbrohuliikide arvu suurim vähenemine toimus Erto talus suviumbrohtude agrobioloogilises rühmas rukki variandis, Kiltsimäe talus aga mitmeaastaste umbrohtude agrobioloogilises rühmas kõikides vahekultuuri variantides.

Kapsa saaki vahekultuuride kasvatamine kapsaridade vahedes statistiliselt usutavalt ei mõjutanud.

## **Kasutatud kirjandus**

- Bàrberi, P. 2001. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. – *Weed Science* 49, pp. 491–499.
- Brainard, D.C., Bakker, J., Noyes, D.C., Myers, N. 2012. Rye living mulches effects on soil moisture and weeds in asparagus. – *HortScience* 47, pp. 58–63.
- Hamid, H.A., Monta, L.D., Battisti, A. 2006. Undersowing cruciferous vegetables with clover: the effect of sowing time on flea beetles and diamondback moth. – *Bulletin of Insectology* 59, pp. 121–127.
- Hartwig, N.L. 2002. Cover crops and living mulches. – *Weed Science* 50, pp. 688–699.
- Kołota, E., Adamczewska-Sowinska, K. 2013. Living mulches in vegetable crops production: perspectives and limitations (A review). – *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 12, pp. 127–142.
- Liebman, M., Dyck, E. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. – *Ecological Applications* 3, pp. 92–122.
- Paine, L., Harrison, H.C., Newenhouse A.C. 1995. Establishment of asparagus with living mulch. – *Journal of Production Agriculture* 8, pp. 1–2.
- Tzortzi, M., Roberts, H., Tatnell, L.V., Atwood J. 2015. The suppression of weeds by cover crops grown as living mulches in perennial fruit crops. – *Aspects of Applied Biology* 129, pp. 57–64.

## KURDLEHISE ROOSI (*ROSA RUGOSA* THUNB.) VILJADE KEEMILINE KOOSTIS SÕLTUVALT KASVUKOHA MULLAST

Elve Üksik, Tõnu Tõnutare, Kadri Karp

Eesti Maaülikooli põllumajanduse ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Üksik, E., Tõnutare, T., Karp, K. 2019. The chemical composition of *Rosa rugosa* fruits depend on the soil habitat. – Agronomy 2019.

*Plants convert mineral elements from the soil into organic molecules, which makes them a major entry point of these elements into the food web and ultimately impacts human nutrition. The maturity stage affects the bioactive compounds as well as the antioxidant capacity in the fruit. What is the relationship between the mineral nutrients in the soil and the concentrations of certain metabolites in plants? Rosa rugosa is noted for its high concentrations of ascorbic acid and other bioactive compounds. This study was designed to identify and quantify the soil macro- and micronutrients, the fruit chemical composition and to find the relationship between those. Soil samples and R. rugosa fruits were collected in wild R. rugosa habitats in Estonia - from Hiiumaa and Harjumaa (Kloogaranna). The contents of carbon, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, zinc, iron, manganese, and the pH were analyzed for the soil samples. The antioxidant activity and contents of ascorbic acid, total phenolic compounds, vitamin B<sub>2</sub> and the levels of macro- and micronutrients in the fruits were also analyzed. The results show that there is a correlation between R. rugosa fruits' chemical composition and soil plant available nutrients.*

**Keywords:** soil-plant available nutrients, ascorbic acid, riboflavin, antioxidant activity, total phenolic compounds

### Sissejuhatus

Kibuvitsa (sugukond *Rosaceae*, perekond *Rosa*) viljade tarvitamisel toitumises ja meditsiinis on pikk ajalugu (Nybom ja Werlemark, 2017). Looduslikult kasvavate taimede vilju on traditsiooniliselt kasutatud värskelt või kuivatatult maitstva tee, mahla, moosi, marmelaadi, probiootiliste jookide jms tootmiseks (Nybom ja Werlemark, 2017).

Kibuvitsa viljad on rahvameditsiinis tuntud oma raviomaduste poolest külmetuse, gripi, seede-, neeru- ja urinaaltrakti häirete, diabeedi, artriidi ja kopsuhaiguste puhul ning immuunsüsteemi tugevdajana (Nybom ja Werlemark, 2017). Laialdase spektriga bioloogiline toime võib olla tingitud kibuvitsa viljade rikkalikust fütokeemilisest koostisest, mis ei piirdu ainult kõrge askorbiinhappe (C-vitamiini) sisaldusega, vaid ka teiste bioaktiivsete komponentide nagu näiteks fenoolsete ühendite, orgaaniliste hapete ja mineraalidega (Barros jt, 2010; Cunja jt, 2016; Demir jt, 2014; Ercisli, 2007; Nowak, 2006a).

Uurimustöös toidu toiteväärtuse ja põllumajandussüsteemide tootlikkuse kohta kinnitas Welch (2016), et askorbiinhappe sisaldus on mitmete liikide viljades mõjutatud mulla taimetoitelementide sisaldusest.

Lähtudes eelnevast püstitati hüpotees: kibuvitsa viljade keemiline koostis



sõltub kasvukoha mullast. Uurimistöö eesmärk oli määrata seos askorbiinhappe (C-vitamiini), üldfenoolide, riboflaviini (B<sub>2</sub>-vitamiini), mõningate makro- ja mikrotoitainete sisalduse ning antioksidatiivse aktiivsuse ja mullas leiduvate taimetoiteelementide vahel looduslikult kasvava kurdlehise roosi (*Rosa rugosa* Thunb.) viljades.

## Materjal ja meetodika

Kasvukoha mõju selgitamise aluseks võeti seos mulla liikuvate taimetoiteelementide sisalduse ja kibuvitsa viljade keemilise koostise vahel. Lisaks taimetoiteelementidele oli vaatluse all ka mulla pH ja süsiniku sisalduse mõju viljade keemilisele koostisele.

*Rosa rugosa* viljad koguti 2018. aasta septembris erinevatest looduslikest esinemispaikadest Hiiumaal (6) ja Harjumaal Kloogarannas (4). Kogutud viljad külmutati ja säilitati kuni analüüside teostamiseni -23 °C juures. Proovide ettevalmistamisel viljad sulatati, puhastati seemnetest ja homogeniseeriti.

Viljade makro- ja mikroelementide sisalduse määramiseks mineraliseeriti homogeniseeritud proov HNO<sub>3</sub> keskkonnas kasutades mikrolaine mineralisatsiooni seadet Berghof Speedway Entry. Mineraliseeritud proovidest määrati kaltsiumi, magneesiumi, kaaliumi, fosfori, raua, mangaani ja tsingi (Ca, Mg, K, P, Fe, Mn, Zn) sisaldused MP-AES spektromeetriga Agilent MP4200. Tulemused esitati elementide sisaldusena mg kg<sup>-1</sup> värske materjali kohta.

Fenoolsete ühendite üldsisaldus määrati homogeniseeritud proovist Folin-Ciocalteu meetodiga. Proovide optiline tihedus mõõdeti spektromeetriliselt lainepikkusel 765 nm ning tulemused esitati gallushappe sisaldusena mg 100 g<sup>-1</sup> värske massi kohta.

C-vitamiini sisaldus määrati proovidest vahetult peale homogeniseerimist redoks-tiitrimetriliselt, kasutades DPI (diklorofenoolindofenool) meetodit titraatoril Mettler-Toledo DL50 (Mettler Toledo AG, Šveits). C-vitamiini sisaldus esitati mg 100 g<sup>-1</sup> värske materjali kohta.

Antioksidatiivne aktiivsus määrati DPPH meetodil kasutades homogeniseeritud proovi: 70% etanooli ekstraktiga (1:10, w:v). Ühe määramise jaoks pipeteeriti tsentrifuugitopsist 0,1 ml ekstrakti ja lisati 27 ml DPPH-d (2,2-difenüül-1-pikrüülhüdrarüül) lahust. Võrdluslahusena kasutati 70%-list C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (0,1 ml) ja DPPH (27,0 ml) lahuste segu.

Antioksidatiivse aktiivsuse määramiseks mõõdeti spektrofotomeetriga lainepikkusel 515 nm nii ekstraktide (a<sub>60</sub>) kui ka võrdluslahuse (b<sub>60</sub>) optiline tihedus. Tulemused esitati reageerinud DPPH %-na vastavalt võrrandile:

$$\text{DPPH jääk \%} = [(b_{60}-a_{60})/b_{60}] * 100$$

B<sub>2</sub>-vitamiini sisalduse määramiseks kasutati leeliselises keskkonnas reagee-

rimisel  $K_3Fe(CN)_6$ -ga tekkivat tiokroomi, mille sisaldus määrati spektromeetriselt lainepikkusel 445nm.

Uurimistöös kasutatud mullad pärinesid samadest *Rosa rugosa* looduslikest kasvukohtadest Hiiumaal ja Harjumaal (Kloogarannas), kust korjati ka uurimistöös kasutatud viljad. Mullaproovid võeti juunis 2018. aastal ja kuivatati vahetult peale proovide võtmist ning sõeluti läbi 2 mm avadega sõela.

Mulla pH määrati mulla ja 1M KCl suspensioonist pH meetriga Mettler Toledo Seven Easy kasutades elektroodi Inlab ExpertPro.

Mulla liikuvate elementide sisalduse määramiseks kasutati Mehlich 3 meetodit. Mehlich 3 meetodil saadud ekstraktist määrati MP-AES spektromeetriga Agilent MP4200 Ca, Mg, K, P, Fe, Mn, Zn, Al sisaldused, mis esitati  $mg\ kg^{-1}$  kuiva mulla kohta (Mehlich, 1984). Mulla lämmastiku (N) ja süsiniku (C) sisaldus määrati Dumas' meetodil kasutades elementanalüsaatorit Elementar Max ja esitati %-sisaldusena kuivas mullas.

Statistiliseks analüüsiks kasutati vabavara R, millega teostati korrelatsioonanalüüsid erinevate parameetrite (kõik pidevad tunnused) omavaheliste seoste leidmiseks. Seoste tugevust hinnati Pearson'i korrelatsioonikordaja  $r$  väärtuse järgi vastavalt: 0,4–0,7 keskmine, 0,7–0,9 tugev ja 0,9–1,0 väga tugev (Astover, 2006).

## Tulemused ja arutelu

Töö käigus teostatud keemiliste analüüsides tulemuste statistilise andmetöötluse alusel koostatud korrelatsioonimaatriksist (tabel 1) selgub, et mullas sisalduvate taimedele omastatavate toiteelementide ja viljade elementide sisalduse vahel on erineva tugevusega korrelatsioone. Mulla makrotoiteelementidest on keskmine positiivne seos sama elemendi sisaldusega viljades fosfori (P\_Muld vs P) puhul. Väga tugev positiivne seos on mulla kaaliumi (K\_Muld) sisalduse ja viljade tsingi (Zn) sisalduse vahel ning tugev positiivne seos mangaaniga (Mn). Mulla mikroelementidest on väga tugev positiivne seos mulla raua (Fe\_Muld) sisalduse ja viljade kaltsiumi (Ca) sisalduse vahel, tugev positiivne seos mangaaniga (Mn) ja keskmine positiivne seos tsingiga (Zn). Mulla tsingil (Zn\_Muld) on väga tugev positiivne seos viljade tsingi (Zn) ja mangaani (Mn) sisaldusega, tugev positiivne seos aga viljade kaltsiumiga (Ca). Tugev positiivne seos eksisteerib ka mulla mangaani (Mn\_Muld) ja viljade tsingi (Zn) sisalduse vahel, samal ajal on seos viljade raua (Fe) sisaldusega negatiivne. Mulla alumiiniumil (Al\_Muld) on väga tugev positiivne seos viljade tsingi (Zn) ja mangaaniga (Mn) ning tugev positiivne seos viljade kaltsiumiga (Ca). Mulla lämmastiku (N\_Muld) ja süsiniku (C\_Muld) sisaldusel ning pH (pH\_Muld) väärtustel olulist seost viljade keemilise koostisega ei ilmne.

**Tabel 1.** *Rosa rugosa* viljades sisalduvate elementide korrelatsioonikoefitsendid vastavate kasvukohtade muldade pH ja Mehlich 3 meetodil määratud elementide sisalduste vahel

	Viljades sisalduvad elemendid						
	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
P_Muld	0,642*	-0,000	0,332	-0,07	0,223	0,426	0,613
K_Muld	0,050	0,577	0,598	0,025	-0,541	0,934*	0,820*
Ca_Muld	0,096	0,007	-0,218	0,253	-0,367	-0,050	-0,226
Mg_Muld	0,076	0,007	-0,108	0,240	-0,491	0,206	0,034
Fe_Muld	0,072	-0,030	0,906*	0,096	-0,084	0,686*	0,762*
Zn_Muld	0,086	0,417	0,755*	-0,04	-0,236	0,931*	0,982*
Mn_Muld	-0,034	0,387	0,417	0,073	-0,66*	0,742*	0,579
Al_Muld	0,103	0,498	0,729*	-0,13	-0,240	0,919*	0,959*
N_Muld	0,333	-0,030	0,388	0,044	-0,243	0,312	0,368
C_Muld	0,223	-0,005	0,283	0,212	-0,348	0,284	0,247
pH_Muld	-0,624	-0,185	-0,262	0,072	-0,309	-0,455	-0,616

\*  $p < 0,05$ 

Uuritavate viljade biokeemiliste parameetrite korrelatsioonanalüüsi tulemustest selgub, et usutavaid seoseid mulla liikuvate taimetoiteelementide sisalduste vahel ei ole (tabel 2).

**Tabel 2.** *Rosa rugosa* viljade C-vitamiini (AA), antioksidatiivse aktiivsuse (AOX), fenoolsete ühendite kogusisalduse (TP) ja B<sub>2</sub>-vitamiini (B<sub>2</sub>) korrelatsioonikoefitsendid ja vastavate kasvukohtade muldade pH ja Mehlich 3 meetodil määratud elementide sisalduste vahel

	Viljade biokeemilised parameetrid			
	AA	AOX	TP	B <sub>2</sub>
P_Muld	0,003	-0,206	-0,194	-0,499
K_Muld	0,131	0,411	-0,122	-0,125
Ca_Muld	-0,474	0,135	-0,062	0,153
Mg_Muld	-0,563	0,134	-0,086	0,024
Fe_Muld	-0,299	-0,097	-0,340	-0,433
Zn_Muld	-0,133	0,163	-0,139	-0,365
Mn_Muld	-0,319	0,377	-0,185	-0,043
Al_Muld	0,049	0,239	-0,160	-0,322
N_Muld	-0,444	0,083	-0,306	-0,328
C_Muld	-0,542	0,135	-0,171	-0,151
pH_Muld	-0,018	0,227	0,164	0,432

\*  $p < 0,05$

## Kokkuvõte ja järeldused

Antud töö tulemused näitavad seoseid mulla omaduste ja kurdlehise roosi viljade keemilise koostise vahel. Eksisteerivad seosed mulla taimetoiteelementide sisalduse ja viljade keemiliste elementide sisalduse vahel kinnitavad hüpoteesi, et kurdlehise roosi viljade keemiline koostis sõltub kasvukoha mullast ehk täpsemalt mulla taimedele omastatavate taimetoiteelementide sisaldusest.

## Tänuavaldused

Käesolev artikkel põhineb Elve Üksiku valmiva magistritöö raames tehtud praktilistel mulla ja taime makro- ja mikroelementide sisalduse ning taime askorbiinhappe (C-vitamiini), antioksidatiivse aktiivsuse, üldfenoolide ja riboflaviini (B<sub>2</sub>-vitamiini) analüüsidel. Autorid tänavad Eesti Maaülikooli mullateaduse õppetooli laboratooriumi ja Immanuel Kanti nimelise Balti Föderaalse Ülikooli Looduslike Antioksidantide laboratooriumi kollektiive abi eest analüüside teostamisel, SA Archimedest riboflaviini ja üldfenoolide analüüside rahastamise eest ning Nataliya Choupakhinat ja Pavel Feduraevit koostööprojekti koordineerimise eest.

## Kasutatud kirjandus

- Barros, L., Carvalho, A.M., Morais, J.S., Ferreira, I.C.F.R. 2010. Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterization in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties. – *Food Chemistry* 120, pp. 247–254.
- Cunja, V., Mikulic-Petkovsek, M., Weber, N., Jakopic, J., Zupan, A., Veberic, R., Schmitzer, V. 2016. Fresh from the ornamental garden: Hips of selected rose cultivars rich in phytonutrients. – *Journal of Food Science* 81, pp. 369–379.
- Deliorman Orhan, D., Hartevioglu, A., Küpeli, E., & Yesilada, E. 2007. *In vivo* anti-inflammatory and antinociceptive activity of the crude extract and fractions from *Rosa canina* L. fruits. – *Journal of Ethnopharmacology* 112, pp. 394–400.
- Demir, N., Yildiz, O., Alpaslan, M., & Hayaloglu, A. A. 2014. Evaluation of volatiles, phenolic compounds and antioxidant activities of rose hip (*Rosa* L.) fruits in Turkey. – *LWT – Food Science and Technology* 57, pp. 126–133.
- Ercisli, S. 2007. Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. – *Food Chemistry* 104, pp. 1379–1384.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil extractant: A modification of the Mehlich 2 extractant. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15, 1409–1416.
- Nowak, R. 2006a. Comparative study of phenolic acids in pseudofruits of some species of roses. – *Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research* 63, pp. 281–288.
- Nybohm, H., & Werlemark, G. 2017. Realizing the potential of health-promoting rosehips from dogroses (*Rosa* sect. *Caninae*). – *Current Bioactive Compounds* 13, pp. 3–17.
- Welch, R.M. 2016. Micronutrients, Agriculture and Nutrition: Linkages for Improved health and wellbeing. Plant, Soil and Nutrition Laboratory, USDA-ARS, US <http://www.css.cornell.edu/FoodSystems/Micros%26AgriManIref.html> (14.01.2019)

## LED LAMPIDE MÕJU SALATKRESSI KASVULE

**Margit Olle**

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Olle, M. 2019. The effect of LED lighting on the growth of cress. – Agronomy 2019.

*Light emitting diodes (LEDs) represent a promising technology for the greenhouse industry. LEDs technology has technical advantages, while are only recently being tested for horticultural applications. The problem for cress (*Lepidium sativum* L.) growers was that cress grown under natural lighting conditions results in elongated stems and elongated, narrow leaves. Therefore, the purpose of the experiments was to assess the effect of LEDs to the growth of cress. Treatments were: 1. LED strip [1 cold light (6250K) + 3 warm light (2700K); total power 36W; total intensity ca. 5000 lm]; 2. Natural light (control), plants were grown on window sill. By using LEDs cress growth parameters were as follows: The height of plants decreased, the length of roots decreased, the length of leaves increased and the width of leaves increased. It can be summarized that LED lighting improved the growth of cress. The shorter the plant is, the quicker the nutrients flow to the top of the plant by water flow of transpiration. Therefore, cress plants had larger leaves growing under LEDs compared to the control treatment.*

**Keywords:** *cress, growth, LED, light*

### Sissejuhatus

Valgusel on oluline roll toiduks kasutatavate taimede kasvatamisel: valgus juhib fotosünteesi, mis on vajalik taimede kasvuks (D'Souza jt, 2015). 1990ndate aastate lõpus võrdles Kleemann (1999) päevavalgus-, kõrgsurve-elavhõbedaja kõrgsurve-naatriumlampe ja leidis, et kõigil neil on taimedele erinev mõju. Päevavalguslampide all olevad taimed olid lühemad kui kõrgsurve elavhõbedaja kõrgsurve naatriumlampide all kasvades (Kleemann, 1999). Päevavalguslamp on ühtlaselt hajutatud valguseallikas. Selle lambi all kasvades on fotosünteesi aktiivse kiirguse (lainepikkusel 350–750 nm) tase kõrge ja vastab taimede kasvunõuetele. Päevavalguslampidel on loodusliku valguse lähedane kiirgus, mis võib olla põhjuseks, et selle lambitüübi puhul kasvasid lühemad taimed. Kõrgsurve-elavhõbedalampidel on kiirgus sinises ja kollases osas nähtavast spektrist, kuid suur osa nähtavast spektrist, mis on normaalseks taimekasvuks oluline, jääb välja. Kõrgsurve-naatriumlampidel esineb kiirgus peamiselt lainepikkustel 550–650 nm (nähtava spektri kollane ja kollakasoranž). Neil puudub 400–500 nm laine kiirgus, mis on vajalik taimede teatavate morfogeensete reaktsioonide jaoks.

Uute lambitüüpidega on valgusdiodid (LED-id) kasvuhoonetes taimede viljelemisel perspektiivikad (Olle ja Virsile, 2013).

Valgusdiodide eelised (Morrow, 2008):

- Valgusdiod on esimene valgusallikas, mille valgusspektrit saab kontrollida ja ise kokku panna. See võimaldab lainepikkustel sobituda taimede fotoret-

septoritega ja tagab taimede optimaalse saagi ja keemilise koostise.

- LED-id on kergesti integreeritavad digitaalsesse juhtimissüsteemi, mis võimaldab rakendada spetsiaalseid valgustusprogramme.

- LED-idega töötamine on turvalisem, kuna neil puudub klaasist ümbris. Neil on madal puutetemperatuur ja nad ei sisalda elavhõbedat.

- Valgustugevus suureneb aja jooksul ja samaaegselt väheneb seadme kulu, muutes uued rakendused majanduslikult kasulikeks.

Salatkressi (*Lepidium sativum* L.) taimede kasvatajad otsivad võimalusi, kuidas valgust muutes oleksid taimel lühemad varred ja laiema lehed. Katse eesmärgiks oli hinnata LED-ide mõju salatkressi taimede kasvule.

### Materjal ja meetodika

Katsed salatkressi sordiga 'Fine Curled' viidi läbi K.Compos OÜ (kaubamärk USSIMO) kasvahoones ajavahemikul 4.–13.01.2017.

Katsed viidi läbi kaks korda, mõlemal korral 4 korduses. Variantid olid:

- LED-riba [1 külm valgus (6250K) + 3 soe valgus (2700K); koguvõimsus 36W; üldine intensiivsus ca 5000 lm];

- Looduslik valgus (kontroll), taimed kasvatati aknalaual.

Kõik taimed kasvatati substraadis, mis sisaldas vermikomposti. Substraadil olid järgmised näitajad:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,6, P 2689 mg kg<sup>-1</sup>, K 5029 mg kg<sup>-1</sup>, Ca 2656 mg kg<sup>-1</sup> ja Mg 2193 mg kg<sup>-1</sup>; orgaaniline aine 29,6%. Salatkressi taimed kasvatati seemnest kuni saagikoristuseni ühesuguses substraadis, kastides mõõtmetega 12 x 12 x 6 cm. Kasti kohta külvati 1 g seemneid. Katses mõõdeti taimede ja juurte pikkus (cm) ning lehtede pikkus ja laius (mm). Esimese variandi valgustusperiood kestis 17 tundi (6.00–23.00). Päevane ja öine temperatuur oli 22–23 °C.

Statistiliseks analüüsiks kasutati tarkvara Agrobases™ 20. Variantide vaheline võrdlus viidi läbi Fisheri LSD meetodil. Kasutatud märgid: PD – kõige väiksem usutav erinevus. LED – LED valgustuses kasvanud taimed, K – kontrolltaimed, \*\*\* p < 0,001; \*\* p = 0,001–0,01; \* p = 0,01–0,05; NS ei ole usutav, p > 0,05.

### Tulemused

LED-id mõjutasid kõiki tabelis 1 toodud taimede parameetreid. LED-ide all kasvanud taime pikkus oli võrreldes kontrollvariandiga 21% väiksem. Võrreldes kontrolliga olid LED-ide variandis ka taime juured 48% lühemad (tabel 1). LED-ide all kasvanud taimede lehtede pikkus ja laius suurenesid märkimisväärselt, vastavalt 56 ja 59% võrreldes kontrollvariandiga.

**Tabel 1.** LED-ide mõju salatkressi taimede, juurte ja lehtede pikkusele ning lehtede laiusele

Variant	Taime pikkus, cm	Juure pikkus, cm	Lehe pikkus, mm	Lehe laius, mm
LED*	5,10	2,03	11,75	5,20
K**	6,45	3,88	5,18	2,15
p	***	***	***	***
PD	0,47	0,22	0,75	0,40

\* LED – LED valgustusega; \*\* Kontrollvariant

## Arutelu

LED-valgustid parandasid salatkresside kasvu. Mida lühem on taim, seda kiiremini liiguvad toitained taime võrse tippu. Seepärast olid LED-ide all kasvanud taimedel suuremad lehed võrreldes kontrollvariandiga. See suurendas ka kaltsiumi (Ca) sisaldust. Ca on lehtsalatile oluline element. Kui taimes ei ole seda piisavalt, areneb välja kaltsiumipuudus. See on lehtsalatil kõige sagedamini esinev haigus (Kleemann, 2001). Ca sisalduse suurenemine taimes mõjutab järgnevaid protsesse (Olle, Bender, 2009; Olle, 2015):

- Haiguste ja putukate esinemissagedus oli suurem väiksema Ca sisaldusega taimedes;
- Taimed taluvad transporti ja säilivad paremini, kui nad sisaldavad rohkem kaltsiumi.

Katses kasutatud LED-id olid külma ja sooja valgusega, mis oli lähedane loodusliku päikesevalguse spektrile. Antud uurimistöös olid taimed, mida kasvatati LED-valguse all, lühemad. Samamoodi leidis Kleemann (1999), et taimed on lühemad päeva valguslampide all, mille kiirgus läheneb looduslikule valgusele.

Lisaks võivad erinevad heledad värvid mõjutada kasvu erinevalt. Külma ja sooja valguse LED-idel on suurim valguse emissioon väga olulistes valguse spektri osades: sinine-punane, ka roheline-kollane ja oranž, lisaks väga väike kogus kaugpunast.

Kaugpunane valgustus suurendab tavaliselt salati taime pikkust (Lee jt, 2016; Pinho jt, 2016). See valgus põhjustab lehtede väljavenimise ka beebisalatil (Li ja Kubota, 2009), punasel salatil (Lee jt, 2015) ja punaselehelisel salatil (Stutte jt, 2009) ning tulemuseks on pikemad taimed (Brown jt, 1995).

Antud uurimistöös vähendas punane valgus väljavenimist, mistõttu taimed tundusid lühemad. Punane valgus suurendas ka tomati saaki (Lu jt, 2012) ja soodustas viljade arengut taimel (Li jt, 2012). Seepärast ei pruugi nende uurinute alusel valgusevärvus mõjutada salatkressi taimi oluliselt, kuid selle valguse toimel võisid nad lüheneda.

Brazaityte jt (2009) andmetel kiirendas oranž valgus kurkide kasvu. Antud uurimistöös oli lampide spektris ka oranž valgus, kuid salatkressi taimed jäid

lühikeseks ja see ei mõjutanud neid palju. Täiendav roheline valgus kiirendas salatilehtede kasvu (Johkan jt, 2012; Son ja Oh, 2015) ja suurendas ka kurgi istikute kasvu (Brazaityte jt, 2009; Novickovas jt, 2012; Samuoliene jt, 2012) ning tomati- ja paprikaistikute kasvu (Samuoliene jt, 2012). Antud uurimistöös jäid salatkressi taimed rohelise valguse tõttu lühikeseks ja ilmselgelt ei mõjutanud see valgus taimi palju.

Johkan jt (2010) andmetel muutis sinine valgus salati istikud lühikeseks, kuid kapsaistikud pikenesid (Mizuno jt, 2011). Paljud uurijad (Hernandez ja Kubota, 2016; Novickovas jt, 2012; Samuoliene jt, 2012; Stutte jt, 2009) on leidnud, et sinine valgus soodustas lehtede pikenemist salatitel, tomati-, kurgi- ja paprikaistikutel. Samal ajal on mitmed uurimised näidanud, et kurgi varre pikkus vähenes (Hernandez jt, 2016; Hernandez ja Kubota, 2016; Novickovas jt, 2012). Tomati istikutel oli vars lühem sinise valguse all kasvades (Nanya jt, 2012). Kui hiina kapsas ei moodusta ühtegi pead, suurendas sinine valgus kasvu, kuid sinine valgus koos punase valgusega soodustas viljade arengut (Li jt, 2012). Sarnaselt salati ja tomati istikutele leiti antud uurimuses, et salatkressidel oli vars lühem.

## Järeldused

LED-ide all kasvanud salatkressi eelised kontrollvariandi taimede ees:

- taimede ja juurte pikkus vähenes.
- lehtede pikkus ja laius suurenes.

Kokkuvõtlikult võib öelda, et LED-valgustid parandasid salatkressi kasvu, sest taimed jäid lühemaks ja neil olid suuremad lehed.

## Tänu sõnad

Uurimistööd toetas K.Compos OÜ kaubamärgi all USSIMO.

## Kasutatud kirjandus

- Brazaitytė, A., Duchovskis, P., Urbonavičiūtė, A., Samuolienė, G., Jankauskienė, J., Kasiulevičiūtė-Bonakėrė, A., Bliznikas, Z., Novičkovas, A., Breivė, K., Žukauskas, A. 2009. The effect of light-emitting diodes lighting on cucumber transplants and after-effect on yield. – *Zemdirbyste-Agriculture* 96(3), pp. 102–118.
- Brown, C.S., Schuerger, A.C., Sager, J.C. 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. – *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120(5), pp. 808–813.
- D'Souza, C., Yuk, H.G., Khoo, G.H., Zhou, W. 2015. Application of Light-Emitting Diodes in Food Production, Postharvest Preservation, and Microbiological Food Safety. – *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14, pp. 719–740.
- Hernández, R., Eguchi, T., Kubota, C. 2016. Growth and morphology of vegetable seedlings under different blue and red photon flux ratios using light-emitting diodes as sole-source lighting. – *Acta Horticulturae* 1134, pp. 195–200.



- Hernández, R., Kubota, C. 2016. Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios using LEDs. – *Environmental and Experimental Botany* 121, pp. 66–74.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hahida, S. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. – *HortScience* 45, pp. 1809–1814.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hahida, S. N., Yoshihara, T. 2012. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. – *Environmental and Experimental Botany* 75, pp. 128–133.
- Kleemann, M. 1999. Physiological calcium deficiency in chervil (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.) and curled parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. convar. *crispum*) (= Fysiologisk kalsiummangel i kjørvel (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.) og kruspersille (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. convar. *crispum*)). (Norges Landbrukshogskole.; Institutt for Plantefag.; ). Aas: Norges Landbrukshogskole.
- Kleemann, M. 2001. Effect of photo selective plastics on the quality of lettuce. – *Proceedings of NJF-seminar New sights in vegetable production*, Sagadi, Estonia, 05–08.09.2001. pp. 30–34.
- Lee, M.J., Park, S.Y., Oh, M. M. 2015. Growth and cell division of lettuce plants under various ratios of red to far-red light-emitting diodes. – *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 56(2), pp. 186–194.
- Lee, M.J., Son, K.H., Oh, M. M. 2016. Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light. – *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 57(2), pp. 139–147.
- Li, Q., Kubota, C. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. – *Environmental and Experimental Botany* 67(1), pp. 59–64.
- Li, H., Tang, C., Xu, Z., Liu, X., Han, X. 2012. Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). – *Journal of Agricultural Science* 4(4), pp. 262–273.
- Lu, N., Maruo, T., Johkan, M., Hohjo, M., Tsukagoshi, S., Ito, Y., Ichimura, T., Shinohara, Y. 2012. Effects of supplemental lighting with light-emitting diodes (LEDs) on tomato yield and quality of single-truss tomato plants grown at high planting density. – *Environmental Control in Biology* 50(1), pp. 63–74.
- Mizuno, T., Amaki, W., Watanabe, H. 2011. Effects of monochromatic light irradiation by LED on the growth and anthocyanin contents in leaves of cabbage seedlings. – *Acta Horticulture* 907, pp. 179–184.
- Morrow, R. C. 2008. LED lighting in horticulture. – *HortScience* 43, pp. 1947–1950.
- Nanya, K., Ishigami, Y., Hikosaka, S., Goto, E. 2012. Effects of blue and red light on stem elongation and flowering of tomato seedlings. – *Acta Horticulture* 956, pp. 261–266.
- Novičkovas, A., Brazaitytė, A., Duchovskis, P., Jankauskienė, J., Samuolienė, G., Virsilė, A., Sirtautas, R., Bliznikas, Z., Zukauskas, A. 2012. Solid-state lamps (LEDs) for the short-wavelength supplementary lighting in greenhouses: experimental results with cucumber. – *Acta Horticulture* 927, pp. 723–730.

- Olle, M.; Bender, I. 2009. Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables: a review. – *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 84(6), pp. 577–584.
- Olle, M.; Viršile, A. 2013. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. – *Agricultural and Food Science* 22, pp. 223–234.
- Olle, M. 2015. Methods to avoid Calcium deficiency on greenhouse grown leafy crops. *LAP LAMBERT Academic Publishing*. 88 pp.
- Pinho, P., Jokinen, K., Halonen, L. 2017. The influence of the LED light spectrum on the growth and nutrient uptake of hydroponically grown lettuce. – *Lighting Research and Technology* 49(7), pp. 866–881.
- Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Duchovskis, P., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sirtautas, R., Novičkovas, A., Sakalauskienė, S., Sakalauskaitė, J. 2012. Cultivation of vegetable transplants using solid-state lamps for the short-wavelength supplementary lighting in greenhouses. – *Acta Horticulture* 952, pp. 885–892.
- Son, K.H., Oh, M. M. 2015. Growth, photosynthetic and antioxidant parameters of two lettuce cultivars as affected by red, green, and blue light-emitting diodes. – *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 56(5), pp. 639–653.
- Stutte, G.W., Edney, S., Skerritt, T. 2009. Photoregulation of bioprotectant content of red leaf lettuce with light-emitting diodes. – *HortScience* 44(1), pp. 79–82.

## **NUTITELEFONI KASUTAMISEST MULLA TAIMEDELE OMASTATAVA FOSFORI SISALDUSE HINDAMISEKS**

**Tõnis Tõnutare, Aldo Oras, Tõnu Tõnutare**

Eesti Maaülikooli põllumajanduse ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Tõnutare, T., Oras, A., Tõnutare, T. 2019. About the usage of smartphone for the estimation of plant available phosphorus in soil. – *Agronomy* 2019.

*Based on the results, it turns out that smartphones can be used to determine the soil phosphorus content by the Mehlich 3 method. According to the current work, the method is not sufficiently precise to determine accurately the soil phosphorus content and is not suitable for laboratory precision for analyzes. The results of this work prove that it is possible to use the smartphone camera to determine the class of soil P content in the outdoor environment. The data obtained in this work allows for further development of the soil phosphorus content determination method using the smartphone.*

**Keywords:** *plant available phosphorus, Mehlich 3, smartphone*

### **Sissejuhatus**

Intensiivses põllumajanduses on väga oluline roll taimede varustatusel toiteelementidega. Väetisena mulda viidavate toiteelementide kogus peaks olema optimaalne nii agronoomiliselt kui ka majanduslikult. Optimeerimaks majanduslike kulutusi ja minimeerimaks keskkonna riske on oluline mulla toiteelementide sisalduse määramine.

Kuna taimekasvataja vajab vegetatsiooniperioodil kiiresti usaldusväärset infot mulla toitainetega varustatuse kohta, siis on vajalikud piisava täpsusega ja lihtsalt teostatavad ekspressanalüüsi meetodid vältimaks laborianalüüsidega kaasnevat ajakulu.

Taimedele omastatava fosfori analüüsides läbiviimiseks on kogu maailmas kasutusel ekstraktsioonimeetodid, mille puhul lisatakse analüüsitava muldaproovile ekstraheeriv lahus, loksutatakse saadud segu kindla aja vältel ning filtreeritakse. Saadud filtraadis määratakse instrumentaalsete meetodite abil fosfori kontsentratsioon ja sellest lähtuvalt arvutatakse ka sisaldus mullas. Eestis on praegu kasutusel Mehlich 3 (M3) meetod, aga varem on kasutatud AL (ehk atsetaatlaktaat- ehk Egner-Riehm-Domingo) ja DL (ehk topeltlaktaat- ehk Egner-Riehm'i) meetodeid.

Ekstrakti fosfori sisalduse määramiseks on kasutusel spektroskoopilised meetodid. Valdavaks on seni olnud nähtava valguse neeldumise mõõtmisel põhinev spektromeetria tänu kasutatava aparatuuri suhtelisele lihtsusele ja odavusele. Viimastel kümnenditel on kasvanud ICP (induktiivsidestatud plasma) spektromeetria osatähtsus.

Tänapäeval on toimumas revolutsiooniline nutitelefonide kasutuselevõtt erinevate protsesside kontrollijate ja juhtijatena. Nutitelefonid on leidnud kasutust nii laboratoorsete kui ka ekspress analüüside teostamisel ning juba on teaduskirjandusse tekkinud termin “*lab in phone*” (McGonigle jt, 2018). Nutitelefoni on õnnestunud edukalt kasutada mikroplaadilugejana (Su jt, 2015), fluorestsentspektromeetrina (Wang jt, 2018) seleeni määramiseks juurviljades (Xiong jt, 2018). Mulla fosfori sisalduse laboratoorseks määramiseks on lahenduse välja pakkunud Moorungsee jt (2015) ja välitingimustes teostatava lahenduse Campbell jt (2015).

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida, kas nutitelefoni kaamerat on võimalik kasutada ekspressmeetodil mulla liikuva fosfori sisalduse määramiseks ja millise täpsusega oleks võimalik analüüsi teostada.

## Materjal ja meetodika

Töös kasutati erinevatelt Eesti põldudelt kogutud mullaproove, mis kuivatati toatemperatuuril ja sõeluti läbi 2 mm avadega sõela. Mullaproovidest määrati  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  üldlämmastiku ja -süsiniku sisaldused (tabel 1).

Muldade P sisalduse määramiseks kasutati M3 meetodit. Ekstraheerimiseks valmistati mulla ja ekstraheeriva lahuse segu vahekorras 1:10 (w/v) ja loksutati seda 10 minuti vältel, kohe seejärel filtreeriti. Fosfaatse fosfori sisalduse määramiseks kasutati happelise molübdaadi lahuse lisamisel tekkinud kompleksühendi sinist värvust.

**Tabel 1.** Muldade üldiseloostus

	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	$C_{\text{üld}}$ , %	$N_{\text{üld}}$ , %	K, ppm	P, ppm
Vähim	3,9	0,94	0,01	49,9	9
Suurim	7,5	3,54	0,26	190,7	315
Keskmine	6,3	2,2	0,1	104,6	83,8

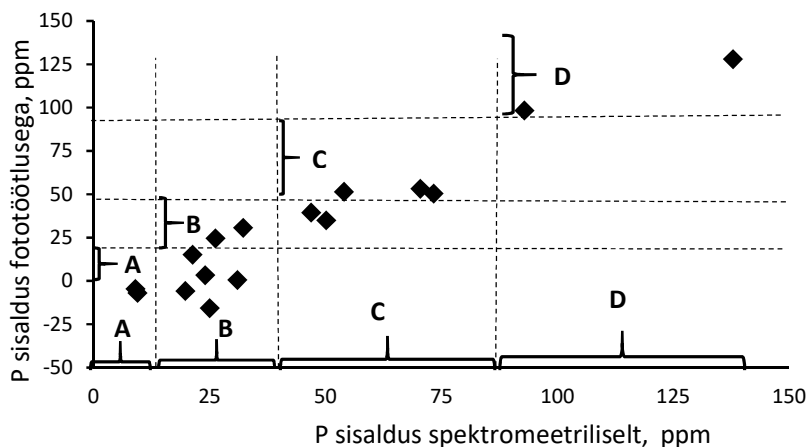
Iga proovi ekstraktist valmistati paralleelselt kuus sinise värvusega analüüsitavaid lahust, millest kolme kasutati spektromeetriliseks analüüsiks ning kolme digifotograafia-fototötluse jaoks. Mõõtmised teostati samaaegselt mõlema meetodiga. Spektromeetrilised mõõtmised tehti spektromeetriga *Thermo Scientific Helios Omega* kasutades 10 mm kihipaksusega läbivooluküvetti ning lainepikkust 882 nm. Vastavalt spektromeetrilise määramise tulemustele jaotati mullad viide P sisalduse klassi võttes aluseks Mehlich 3 meetodi P väetustarbe gradatsioon (Kanger jt, 2014). Digifotode tegemiseks kasutati nutitelefoni Samsung Galaxy S4 19505 kaamerat (13 megapiksli). Digifotode tötluseks kasutati vabavaralist tarkvara *ImageJ* (*Wayne Rasband*) ning värvide määratlemiseks kasutati RGB värvimudelit. Andmed töödeldi statistikapaketiga R (R Core Team, 2018).

## Tulemused ja arutelu

Nutitelefoni võimalikuks kasutamiseks ekspressmeetodil tehti võrdlus spektromeetrilisel analüüsil saadud tulemuste ja fototötlusest saadud andmete vahel. Uuriti kõigi kolme kanali (R, G ja B) sobivust eraldi. Saadud andmed näitasid, et signaali muutuse ulatus kasutatud kalibratsioonilahuste kontsentratsiooni vahemikus (0–25 mg P l<sup>-1</sup>) on kõige suurem punase värvikanali puhul – 84,4 ühikut ja kõige väiksem sinisel värvikanalil – 24,9. Seega on sinise kanali puhul analüütilise signaali diapsoon rohkem kui kolm korda lühem ja tulemuste standardhälve ( $\sigma$ ) suurem võrreldes punase kanali andmetega. Sellest tulenevalt peab parimate analüüsitulemuste saamiseks kasutama R kanali andmeid.

Punase kanali andmetel saadud analüüsitulemused korreleeruvad väga hästi spektromeetrilise analüüsi tulemustega, kuigi on kõik mõnevõrra madalamad (joonis 1 ja tabel 1). Kuna punase kanali kasutamisel on kasutatavas kontsentratsioonide vahemikus intensiivsuse muutus kõige suurem, siis on analüüsi teostamiseks kõige õigem valida just see kanal.

Käesoleva töö eesmärgiks oli meetodi sobilikkuse hindamine mulla P sisalduse klassi määramiseks, seetõttu võrreldi proovide jaotust erinevatesse P sisalduse klassidesse (tabel 1 ja joonis 1). Katses kasutatud muldadest olid ainult kolm väga kõrge P sisaldusega ja fototötluse andmetel jäid nad kõik väga kõrge P sisaldusega muldade klassi (E) (tabel 2). Kõrge P sisaldusega klassi (D) kuulus analüüsitud muldadest ainult kaks ja ka punase kanali andmetel jäid need mullad samasse ehk kõrge P sisaldusega muldade klassi (joonis 1).



**Joonis 1.** Kasutatud muldade jaotus erinevatesse mulla P sisalduse klassidesse R kanali andmetel võrreldes spektromeetrilisel analüüsil saadutega

**Tabel 2.** Spektromeetri ja fototöötuse tulemuste (R kanal) võrdlus mulla fosfori määramisel Mehlich 3 meetodil

Jrk nr	Mulla P sisaldus				P sisalduse klass <sup>a</sup>		Erinevus spektromeetri ja fototöötuse vahel
	spektromeetriliselt		fototöötusega		spektromeetriliselt	fototöötusega	
	ppm	$\sigma^b$	ppm <sup>c</sup>	$\sigma$			
1	93	1	94,5	1,29	D	D	EI
2	54	0,31	53,3	1,47	C	C	EI
3	9	0,91	1,9	0,75	A	A	EI
4	21	0,72	20	0,13	B	A/B	JAH
5	9	1,02	<0	0,11	A	A	EI
6	32	0,6	34,4	1,53	B	B	EI
7	26	0,68	28,7	0,72	B	B	EI
8	251	0,38	229	2,19	E	E	EI
9	73	2,32	52,1	0,34	C	C	EI
10	25	0,48	<0	1,12	B	A	JAH
11	305	10,32	250	0,42	E	E	EI
12	138	0,21	122	0,31	D	D	EI
13	31	0,76	6,3	0,39	B	A	JAH
14	20	0,93	0,6	0,1	B	A	JAH
15	70	0,28	54,6	0,17	C	C	EI
16	47	0,56	41,5	0,59	C	B	JAH
17	50	0,34	37,7	0,77	C	B	JAH
18	315	12,4	267	1,47	E	E	EI
19	24	1,01	9,1	0,81	B	A	JAH

<sup>a</sup> mulla P sisalduse klassid: A – väga madal (kuni 20 ppm), B – madal (20 – 45 ppm), C – keskmine (45 – 90 ppm), D – kõrge (90 – 145 ppm), E – väga kõrge (üle 145 ppm)

<sup>b</sup>  $\sigma$  – standardhälve

<sup>c</sup> ppm – miljondik, kontsentratsiooni mõõtühik miljondikes, arvuliselt on ppm = mg kg<sup>-1</sup>

Keskmise P sisaldusega muldade klassi (C) kuulus viis mulda. Punase kanali intensiivsuse andmeid kasutades jääb neist ainult kolm samasse klassi, kuid kaks langeb madala P sisaldusega klassi (joonis 1 ja tabel 2). Madala P sisaldusega klassi (B) kuulus seitse mulda. Fototöötuse järgi jäid samasse klassi punase kanali intensiivsuste järgi ainult kaks mulda (joonis 1), enamuse ega kukkus madalamasse klassi. Arvutuslikult olid punase kanali intensiivsuste järgi kaks proovi koguni negatiivse P sisaldusega. Kõige madalamasse ehk väga väikese P sisaldusega muldade klassi (A) kuulus kaks mulda. Fototöötus annab mõlema proovi jaoks negatiivse väärtusega P sisalduse (joonis 1).

## **Kokkuvõte ja järeldused**

Uurimistöö tulemustele tuginedes selgub, et nutitelefone on võimalik kasutada mulla fosfori sisalduse klassi määramiseks Mehlich 3 meetodil. Senise töö andmeil ei ole meetod piisavalt täpne mulla fosfori sisalduse täpseks määramiseks ja ei sobi labori täpsust nõudvate analüüside teostamiseks. Kõige täpsemaid tulemusi võrreldes spektromeetrilise analüüsi tulemustega on võimalik saada, kasutades värvimudeli RGB punast ehk R kanalit.

## **Tänuavaldused**

Käesolev artikkel põhineb Tõnis Tõnutare bakalaureuse töö tulemustel. Autorid tänavad Eesti Maaülikooli mullateaduse õppetooli laboratooriumi kollektiivi abi eest analüüside teostamisel.

## **Kasutatud kirjandus**

- Campbell, E.R., Warsko, K., Davidson, A.-M., Campbell, W.H.B. 2015. Determination of phosphate in soil extracts in the field: A green chemistry enzymatic method. – *MethodsX*. Vol 2, pp. 211–218.
- Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H., Astover, A., Ilumäe, E., Lauringson, E., Loide, V., Penu, P., Rooma, L., Sepp, K., Talgre, L., Tamm, U. 2014. *Väetamise ABC*. Saku, lk 7 – 12.
- McGonigle, A.J.S., Wilkes, T.C., Pering, T.D., Willmott, J.R., Cook, J.M., Mims III, F.M., Parisi, A.V. 2017. Smartphone Spectrometers. – *Sensors*. Vol. 18, p. 15.
- Moonrungssee N., Pencharee S., Jakmunee J. 2015. Colorimetric analyzer based on mobile phone camera for determination of available phosphorus in soil. – *Talanta*. Vol. 136, pp. 204–209.
- R Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>. (11.01.2019)
- Su, K., Zou, Q., Zhou, J., Zou, L., Li, H., Wang, T., Hu, N., Wang, P. 2015. High-sensitive and high-efficient biochemical analysis method using a bionic electronic eye in combination with a smartphone-based colorimetric reader system. – *Sensors and Actuators B: Chemical*. Vol 216, pp. 134–140.
- Wang, H., Sun, Y., Yue, W., Kang, Q., Li, H., Shen, D. 2018. A smartphone-based double-channel fluorescence setup for immunoassay of a carcinoembryonic antigen using CuS nanoparticles for signal amplification. – *Analyst*. Vol. 143, pp. 1670–1678.
- Xiong, Y., Li, F., Wang, J., Huang, A., Wu, M., Zhang, Z., Zhu, D., Xie, W., Duan, Z., Su, L. 2018. Simple multimodal detection of selenium in water and vegetable samples by a catalytic chromogenic method. – *Analytical Methods*. Vol. 10, pp. 2102–2107.

