

**Eesti Maaülikool**  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut  
**Maaelu Teadmuskeskus**

**Estonian University Of Life Sciences**  
Institute of Agricultural and Environmental Sciences  
**Centre of Estonian Rural Research and Knowledge**

# **Agronoomia**

# Agronomy

**2024**

**Eesti Maaülikool**  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut  
**Maaelu Teadmuskus**

**Estonian University Of Life Sciences**  
Institute of Agricultural and Environmental Sciences  
**Centre of Estonian Rural Research and Knowledge**

# AGRONOOMIA 2024

## Agronomy 2024



Maaelu Arengu Euroopa  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeringud  
maapiirkondadesse

**Tartu 2024**

Toimetajad: Maarika Alaru, Mailiis Korge

Kogumik ilmub teaduskonverentsiks Agronoomia 2024  
The present book is published for the conference Agronomy 2024

Toimetajad tänavad artiklite retsensente nende suurepärase töö eest  
Editors would like to thank all reviewers for their excellent work

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

© 2024 Eesti Maaülikool / Estonian University of Life Sciences  
Maaelu Teadmuskeskus /Centre of Estonian Rural Research and Knowledge

Trükitud trükikojas Vali Press / Printed by Vali Press

ISSN 1736-6275

# Sisukord

## MULLATEADUS

- 8 **Mulla keemilised ja mikrobioloogilised näitajad erinevates väetamisvariantides**  
Elina Karron, Tiina Talve, Merili Toom, Liina Edesi, Tiia Kangor
- 19 **Muldkate kui ökosüsteemi seisundi ja rohetootmisvõime määraja**  
Raimo Kölli
- 31 **Eesti põllumuldade tallatusest**  
Tiina Köster, Priit Penu, Elsa Putku
- 40 **Orgaaniline süsinik mullas – kuidas seda arvutada?**  
Elsa Putku, Priit Penu, Evelin Pihlap

## TAIMEKASVATUS

- 50 **Tera- ja kaunviljade puhas- ning segukülvide võrdluskatse esialgsed tulemused**  
Maarika Alaru, Mailis Korge, Helen Vesik, Kaidi Möll, Indrek Keres, Radwa Mohamed El Emam El Shawi, Stefania Tomasiello, Evelin Loit-Harro
- 60 **Kink-aruheina seemnekasvatus**  
Ants Bender
- 68 **Niitmisrežiimi mõju Jõgeval aretatud lutserni sortide ja perspektiivsete aretusnumbrite kuivainesaagile, mis toorproteiinisisalduselt vastab heinatehase kvaliteedinõuetele**  
Ants Bender
- 79 **Põldherne seemne- ja proteiinisaak ning proteiini sisaldus tava- ja maheviljeluse tingimustes**  
Tiia Kangor, Lea Narits
- 87 **Fütaat meie teraviljades**  
Mailis Korge, Maarika Alaru, Indrek Keres, Kert Kits, Kaidi Möll, Evelin Loit-Harro
- 96 **Viljelusviiside mõju hooghännaliste arvukusele ja liigilisele mitmekesisusele**  
Helena Madsen, Vyacheslav Eremeev, Karl-Egert Sepp, Evelin Loit-Harro, Anne Luik, Liina Talgre
- 103 **Talirukki koristusjärgne idanemine**  
Kadri Sohar
- 109 **Biostimulaatorite kasutamine suviteraviljadel**  
Pille Sooväli

- 115 **Kartuli sortide võrdluskatsete tulemused 2022.–2023. aastal**  
Terje Tähtjärv, Sirje Tamm
- 121 **Lämmastikubilansi erinevad arvestusmeetodid, sisendid ja väljundid ning nende maht liblikõielisterikkas külvikorras**  
Ivo Voor, Evelin Loit-Harro

#### **TAIMETERVIS**

- 132 **Invasiivsed võõrnäikjad Eestis**  
Eha Kruus, Angela Ploomi, Luule Metspalu
- 139 **Hariliku varreleediku (*Ostrinia nubilalis*) esinemine ja kahjustused õlikanepil**  
Erkki Mäeorg, Peeter Lääniste, Olavi Kurina, Erki Õunap, Astrid Kännaste, Ülo Niinemets, Eve Runno-Paurson

#### **AIANDUS**

- 149 **Osoneeritud vee ja fungitsiididega pritsimise mõju viinapuude (*Vitis* spp.) saagi kvaliteedile**  
Mariana Maante-Kuljus, Kaire Loit, Reelika Rätsep, Kadri Karp
- 158 **Õunapuude kasv ja saagikus kandeealises renoveeritud istandikus**  
Toivo Univer

#### **MITMESUGUST**

- 165 **Ühe kateedri lugu. 2. Rohumaaviljeluse kateedri esimesed aastad. Õppe- ja teadustöö**  
Rein Lillak
- 178 **Kuulus ja tundmatu Harald Johann Perten – I**  
Rein Lillak
- 183 **Tass kohvi, palun! Aga mida sa kohvipaksuga teed?**  
Tõnu Tõnutare, Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare, Kadri Krestein, Kersti Vennik

# Contents

	<b>SOIL SCIENCE</b>
8	<b>Soil chemical and microbiological parameters on different mineral fertilization treatments</b> Elina Karron, Tiina Talve, Merili Toom, Liina Edesi, Tiia Kangor
19	<b>Soil cover as determiner of ecosystem's state and green productivity's capacity</b> Raimo Kõlli
31	<b>About soil compaction in Estonian arable soils</b> Tiina Köster, Priit Penu, Elsa Putku
40	<b>Soil organic carbon – how to calculate?</b> Elsa Putku, Priit Penu, Evelin Pihlap
	<b>CROP PRODUCTION</b>
50	<b>Preliminary results of an experiment of pure and mixed seeding of cereal and legumes</b> Maarika Alaru, Mailiis Korge, Helen Vesik, Kaidi Möll, Indrek Keres, Radwa Mohamed El Emam El Shawi, Stefania Tomasiello, Evelin Loit-Harro
60	<b>Seed production of hard fescue</b> Ants Bender
68	<b>Effect of harvest time on dry matter yield of alfalfa varieties and perspective breeds bred in Jõgeva, which meet the crude protein requirements of a hay factory</b> Ants Bender
79	<b>The seed and protein yield, and protein content of field peas in conventional and organic farming conditions</b> Tiia Kangor, Lea Narits
87	<b>Phytate in Estonian cereal grains</b> Mailiis Korge, Maarika Alaru, Indrek Keres, Kert Kits, Kaidi Möll, Evelin Loit-Harro
96	<b>Effect of different crop management practices on soil Collembola abundance and species diversity</b> Helena Madsen, Vyacheslav Eremeev, Karl-Egert Sepp, Evelin Loit-Harro, Anne Luik, Liina Talgre
103	<b>Post-harvest winter rye germination</b> Kadri Sohar

- 109 **The effect of biostimulators on spring cereals**  
Pille Sooväli
- 115 **Results of comparison of potato varieties in 2022–2023**  
Terje Tähtjärv, Sirje Tamm
- 121 **Different calculation methods, inputs, and outputs of nitrogen balance, and their magnitude in a legume supported cropping systems**  
Ivo Voor, Evelin Loit-Harro

## **PLANT HEALTH**

- 132 **Invasive slugs in Estonia**  
Eha Kruus, Angela Ploomi, Luule Metspalu
- 139 **The occurrence and damage of European corn borer on industrial hemp**  
Erkki Mäeorg, Peeter Lääniste, Olavi Kurina, Erki Õunap, Astrid Kännaste, Ülo Niinemets, Eve Runno-Paurson

## **HORTICULTURE**

- 149 **Effect of spraying grapevines with ozonated water and fungicides on grapevine (*Vitis* spp.) yield quality**  
Mariana Maante-Kuljus, Kaire Loit, Reelika Rätsep, Kadri Karp
- 158 **Vegetative growth and fruit bearing of mature apple trees in a renovated apple orchard**  
Toivo Univer

## **MISCELLANEOUS**

- 165 **The story of one department. 2. The first years of existence of the Department of Grassland Husbandry. Study and research work**  
Rein Lillak
- 178 **The famous yet unknown Harald Johann Perten – I**  
Rein Lillak
- 183 **A cup of coffee, please! But what you do with spent coffee ground?**  
Tõnu Tõnutare, Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare, Kadri Krebstein, Kersti Vennik

# Mullateadus

Soil science



# Mulla keemilised ja mikrobioloogilised näitajad erinevates väetamisvariantides

Elina Karron, Tiina Talve, Merili Toom, Liina Edesi, Tiia Kangor

Maaelu Teadmuskeskus

---

**Abstract.** E. Karron, T. Talve, M. Toom, L. Edesi, T. Kangor. 2024. Soil chemical and microbiological parameters on different mineral fertilization treatments. – *Agronomy* 2024.

A long-term fertilization experiment with mineral fertilizers on a heavy sandy loam soil showed that long-term fertilization with mineral fertilizers led to increase the content of phosphorus, potassium and organic carbon in the soil. In the unfertilized treatment, these indicators remained significantly lower, and the soil poverty. A similar trend occurred in the soil microbial community, where the amount of microbes in the soil increased as the fertilization background increased. Without fertilizing, the content of both nutrients and microbes in the soil decreased. This experiment has been in monoculture for a long time and has lacked proper crop rotation; therefore these results are valid under these conditions.

**Keywords:** soil, fertilization, microbiology, nutrient elements

---

## Sissejuhatus

Mineraalväetistega väetamise eesmärgiks on varustada põllukultuure vajalike toiteelementidega, et saada neilt võimalikult väheste kulutustega suuri saake mullast liigselt toiteelemente eemaldamata. Pikaajalise väetamise tulemusena peaks mulla toitainete muutus olema selline, kus väetise kasutatav kogus väheneb kuna mulda akumuleerub piisavalt toitaineid. Alates 2005. aastast on mineraalväetiste kasutamine olnud tõusutrendis. Kui 2005. aastal kasutati Eestis 36501 tonni väetisi, siis 2022. aastal 60464 tonni (Statistikaamet, väetised). Samamoodi on kasvanud ka teraviljade saagikus. 2005. aasta keskmiselt saagikuselt 2694 kg ha<sup>-1</sup> on jõutud 2022. aastaks 4225 kg ha<sup>-1</sup> kohta. Levinumad mineraalsed kompleksväetised põhinevad tavaliselt makro-toiteelementidel, nagu lämmastik, fosfor ja kaaliumi, kuid sisaldavad mõnikord ka magneesiumi, väävlit või mõningaid mikroelemente, nagu näiteks boori.

Põllumuldade seiret on teostatud 80ndatel aastatel ja taas alates 2007.a. 2022. aasta mulla seiretulemused, tehtud Keskkonnaagentuuri poolt, näitasid põllumuldade suurenenud fosfori- ja vähenenud kaaliumisisaldust (Keskkonnaagentuur).

Samas on Eestis läbi viidud mitmeid pikaajalisi väetamise katseid. Nende katsete tulemused on näidanud, et ainuüksi mineraalväetise kasutamisega toimub mullas toitainete vähenemine ning mulla hapestumine (Toomsoo jt, 2006; Järvan, Vettik, 2018).

Käesoleva töö eesmärgiks on: 1) koostada ülevaade mullaviljakust iseloomustavate näitajate (mulla happesus, üldise lämmastiku, fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja orgaanilise süsiniku sisaldus) muutustest pärast pikaajalist erinevate mineraalsete kompleksväetistega väetamist ning korraliku viljavahelduseta Jõgeva katseala leet-

jal mullal; 2) teada saada samal alal pikaajalise mineraalväetistega väetamise mõju mulla mikrobioloogilisele kooslusele.

## Materjal ja meetodika

Käesoleva töö jaoks võeti mullaproovid keemilise ja mikrobioloogilise analüüsi jaoks pikajalisest väetuskatsesst Maaelu Teadmuskeskuse Jõgeva katsealalt. Katset on tehtud koostöös ettevõttega Baltic Agro AS. Pikaajaline katse rajati 1997. aastal ning 2022. aastal sai katse läbiviimisest 25 aastat. Katses kasvatati monokultuuris ainult suviteravilju (nisu, oder, kaer). Põhk jäeti põllule, vaid aastatel 2021–2022 see eemaldati. Katse oli künnipõhise harimisega, igal sügisel künti u 25 cm sügavuselt. Katseala asus raske liivsavi lõimisega ( $I_{s_3}$ ) leetjal mullal ( $K_p$ ) (*Calcaric Cambisoil*). Katsel on 25 aasta jooksul kasutatud väetamiseks erinevaid mineraalseid kompleksväetisi, alati lähtutudes katsevariantide erinevast lämmastikunormist. Katsevariante on olnud neli: väetamata variant e. kontroll ( $N_0$ ) ja kolm suureneva N-normiga varianti. Aastati on lämmastikukogused katsevariantides pisut varieerunud (tabel 1) ja seega ka fosfori ja kaaliumi kogused, lisaks väetiste PK-sisaldusest tingitud erinevusele. Katset on 2007. ja 2017. aastal lubjatud dolokivi-ja lubjakivijahuga (mõlemal aastal kokku 3 t ha<sup>-1</sup>). Aastatel 1997–1999 väetati katset järgmise skeemiga: 1)  $N_0 P_0 K_0$  (variandi nimi  $N_0$ ); 2)  $N_{60} P_6 K_{19}$  ( $N_{60}$ ); 3)  $N_{90} P_9 K_{29}$  ( $N_{90}$ ) ja 4)  $N_{120} P_{12} K_{39}$  ( $N_{120}$  kg ha<sup>-1</sup>), kasutades väetist Kemira Power 18-4-7. Aastatel 2000–2002 olid katses variandid: 1)  $N_0$ ; 2)  $N_{80}$ ; 3)  $N_{100}$  ja  $N_{120}$  ( $N_{120}$  kg ha<sup>-1</sup>), väetiseks kasutati Kemira Power 20. Aastast 2003 kuni aastani 2022 olid väetamisvariandid järgmised: 1)  $N_0 P_0 K_0$  ( $N_0$ ), 2)  $N_{60}$ , 3)  $N_{100}$  ja 4)  $N_{140}$  kg ha<sup>-1</sup>. Väetise füüsilised ja toiteelementide kogused on esitatud tabelis 1.

**Tabel 1.** Väetise füüsiline kogus ja mulda antud toiteelementide kogused pikaajalises väetamiskatses Jõgeval aastatel 1997–2022

Aasta	Lämmastiku variant/ kogus kg ha <sup>-1</sup>	Väetise füüsiline kogus kg ha <sup>-1</sup>	Fosfori (P) ja kaaliumi (K) kogus, kg ha <sup>-1</sup>	Kasutatud väetised
1997–1999	N0, N60, N90, N120	0, 333, 500, 667	P0 ja K0; P6 ja K19; P9 ja K29; P12 ja K39	Kemira Power 18-4-7
2000–2002	N0, N80, N100, N120	0, 400, 500, 600		Kemira Power 20
2003–2009	N0, N60, N100, N140	0, 333, 556, 778	P0 ja K0; P6 ja K19; P10 ja K32; P14 ja K45	Kemira Power 18-4-7
2010–2011	N0, N60, N100, N140	0, 333, 556, 778	P0 ja K0; P13 ja K25; P22 ja K42; P31 ja K58	Yara Mila 18-9-9(S5)
2012–2017	N0, N60, N100, N140	0, 333, 556, 778	P0 ja K0; P12 ja K44; P19 ja K74; P27 ja K103	Yara Mila 18-8-16
2018–2020	N0, N60, N100, N140	0, 333, 556, 778	P0 ja K0; P16 ja K36; P27 ja K60; P37 ja K84	Yara Mila 18-11-13 (B0,02; S3,9)
2021–2022	N0, N60, N100, N140	0, 300, 500, 700	P0 ja K0; P7 ja K37; P11 ja K62; P15 ja K87	Yara Mila 20-5-15(S8)

2022. aasta mullaproovid võeti kolm nädalat peale suviadra koristamist (15. septembril) igast väetusvariandist 20 cm tusedusest mullakihist kolmest kordusest. Mullaproovid jagati kaheks, osa saadeti Yara laborisse toitainete analüüsi ning teine osa külmuivatati ja nendest teostati mulla mikrobioloogiline analüüs. Mulla mikroobikoosluste struktuuri hindamiseks kasutati fosfolipiidsete rasvhapete määramist (PLFA) (Frostegård, Bååth, 1996). Analüüsid teostati Maaelu Teadmuskeskuse agrotehnoloogia valdkonna laboratooriumis. 1997. ja 2022. aasta mulla keemilisi näitajaid omavahel võrrelda ei saanud, sest labori analüüsimeetodid olid mulla keemilise koostise analüüsimisel erinevad (tabel 2).

**Tabel 2.** Väetistarbe hinnang fosfori ja kaaliumi sisaldusele mullas erinevate analüüsimeetodite võrdluses (Taimede toitumise ja .., 1996; Kanger jt, 2014)

Toiteelement	Egnér-Riehm topeltlaktaat (DL)		MehlichIII	
	Sisaldus mullas, mg kg <sup>-1</sup>	Sisalduse hinnang	Sisaldus mullas, mg kg <sup>-1</sup>	Sisalduse vajadus
Fosfor (P)	<7	väga madal	<20	väga suur
	7–19	madal	20–45	suur
	20–48	keskmine	46–90	keskmine
	49–105	kõrge	91–145	väike
	>105	väga kõrge	>145	väga väike
Kaalium (K)	<40	väga madal	<75	väga suur
	40–80	madal	75–130	suur
	90–170	keskmine	131–195	keskmine
	>170	kõrge	196–360	väike
			>360	väga väike

Seetõttu kirjeldati 1997. aasta mulla agrokeemilisi näitajaid lähtudes 1996. aastal soovitatud taimetoiteelementide hinnangust (Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat, 1996; tabel 2). Samuti olid 1997 aasta mullaproovid võetud ainult ühes korduses iga variandi keskmise proovina. Mulla toiteelementide muutuste võrdluses võeti aluseks 2005. aasta näitajad, mida analüüsiti Põllumajandusuuringute Keskkuse laboris järgmiselt: pH<sub>KCl</sub> – ISO 10390; P, K, Ca – *Mehlich III*; C<sub>org</sub> – NIRS. 2022. aastal Yara laboris tehtud mulla toitelementide meetodika oli sarnane 2005. aasta mulla analüüsi meetodikaga. Hindamiseks erinevate väetusfoonide mõju mulla keemilistele parameetritele ning PLFA tulemustele, analüüsiti tulemusi dispersioonanalüüsiga (*ANOVA*). Statistiliselt olulisi erinevusi väetusfoonide ja aastate vahel hinnati *Tukey-Kramer* (HSD) testiga. Kõik analüüsid teostati programmiga *Rstudio*, versioon 1.2.5033 (*R Foundation of Statistical Computing*, Austria).

### Tulemused ja arutelu

1997. aastal oli katse muld kõikides väetamisvariantides mõõdukalt happeline (4,6–5,5), laktaatlahustuva fosfori ja kaaliumi sisaldus keskmine, vastavalt P 49–66 mg kg<sup>-1</sup> ja K 140–185 mg kg<sup>-1</sup> (tabel 3; Taimede toitumise ja väetamise..., 1996). Mõõdukalt happelises mullas on häiritud toiteelementide omastamine taimede poolt. 1997. aastal ei analüüsitud mullas kaltsiumi ja orgaanilise süsiniku sisaldust. 2005. aastal oli muld mõõdukalt happeline (5,3–5,6), suure fosfori (184–220 mg kg<sup>-1</sup>) ja kaaliumi sisaldusega (200–281 mg kg<sup>-1</sup>), kaltsium oli madal (1550–1697 mg kg<sup>-1</sup>), orgaanilise süsiniku sisaldus kõrge (1,73–2,13%) (tabel 4).

**Tabel 3.** Mulla agrokeemilised näitajad 1997. aastal erinevates variantides

Variant	pH <sub>KCl</sub>	N <sub>üld</sub> , %	P mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>
N0	5,5	0,18	66	185
N60	5,0	0,18	57	142
N90	4,9	0,18	49	140
N120	4,6	0,18	65	142
keskmine	5,0	0,18	59	152

pH<sub>KCl</sub>-määrati ISO 10390; P ja K-topeltlaktaat (DL) meetodil

Mulla üldlämmastiku (N<sub>üld</sub>, %) sisaldust võrreldi 2022. aasta väetamisvariantide vahel. Siin joonistus välja statistiliselt oluline seos väetamisvariantidega, mil üldlämmastiku sisaldus N0 variandis oli 18% võrra madalam kui N140 variandis (tabel 4). See tulemus on väga loogiline, sest kui mulda ei viida toiteelemente, siis taimed kasvavad ja annavad saaki mullas oleva varu arvelt.

Fosfori sisaldus (P, mg kg<sup>-1</sup>) mullas püsis sarnane nii 2005. kui 2022. aastal. Kuid mulla fosforisisalduses joonistus välja trend väetamisvariantide vahel, kus suuremate mineraalväetise koguste kasutamisel suurenes mulla fosfori sisaldus (tabel 4, joonis 1). Fosfor on meie muldades üks kõige püsivamaid elemente, sest vabana olles see seotakse kiiresti mulla neelava kompleksiga ja muutub taimedele raskesti kätte saadavaks.

Kui võrrelda mulla kaaliumi sisaldust aastate 2005 ja 2022 vahel, siis usutavaid erinevusi ei olnud. Siiski esines trend, kus N0 variandis oli 2022. aastal võrreldes aastaga 2005 mulla kaaliumi sisaldus vähenenud 16% võrra. Samas variantides N60 ja N100 oli see aastaks 2022 pigem kasvanud, vastavalt 11 ja 19% võrra. Variandis N140 püsis kaaliumi sisaldus mõlemal aastal sarnane (tabel 4, joonis 1). Sarnased suundumused joonistusid välja ka varasemas Maaülikooli pikaajalise väetamiskatse mulla uuringus, kus mulla üldlämmastiku sisaldus N0 variandis vähenes kümne aastaga kuni 34%. Samuti alanesid fosfori ja kaaliumi sisaldus. Mulla fosfori sisaldus tõusis, kui suurenesid väetise kogused (Alaru jt, 2018). Keemiliste elementide hulk mullas on sageli seotud erinevate protsessidega (leostumine, keemilised reaktsioonid, toiteelementide bilanss jms). Taimede optimaalsel väetamisel ei viida saagiga kõiki toiteelemente ära, vaid mulda jääb teatud kogus toiteelemente, mis seotakse mulla neelava kompleksiga ja mida kasutavad mulla mikroorganismid. Suuremate saagi kogustega viiakse mullast ära ka rohkem toiteelemente. Samas, kui väetatakse suuremate normidega, kuid mingil põhjusel ei suuda taimed kõiki toiteelemente ära kasutada (näiteks põud), siis suureks ohuks on elementide nn ülejääk, mis võib leostuda ja põhjustada keskkonna reostuse.

Mulla kaltsiumi sisaldus näitas nii 2005. kui ka 2022. aastal N140 variandis vähenemise trendi. Variandis N100 oli see kõrgem kui teistes väetamisvariantides. Siiski statistiliselt olulised erinevused puudusid nii aastate kui ka väetamise variantide võrdluses (tabel 4, joonis 1).

**Tabel 4.** Mulla keemilised näitajad Jõgeva pikaajalises väetamiskatses 2005. ja 2022. aastal

Aasta	Variant	pH <sub>KCl</sub>	C <sub>org</sub>	N <sub>üld</sub> %	P mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	Ca mg kg <sup>-1</sup>
2005	N0	5,6 <sup>Ba</sup>	1,73 <sup>Aa</sup>	-	184 <sup>Aabcd</sup>	200 <sup>Ac</sup>	1613 <sup>Aa</sup>
	N60	5,4 <sup>Ba</sup>	1,80 <sup>Aa</sup>	-	205 <sup>Aabcd</sup>	201 <sup>Abc</sup>	1620 <sup>Aa</sup>
	N90	5,5 <sup>Ba</sup>	1,83 <sup>Aa</sup>	-	213 <sup>Aabc</sup>	218 <sup>Ab</sup>	1697 <sup>Aa</sup>
	N140	5,3 <sup>Ba</sup>	2,13 <sup>Aa</sup>	-	220 <sup>Aab</sup>	281 <sup>Aa</sup>	1550 <sup>Ba</sup>
2022	N0	6,0 <sup>Aa</sup>	1,70 <sup>Ac</sup>	0,15 <sup>c</sup>	175 <sup>Ad</sup>	168 <sup>Bd</sup>	1590 <sup>Aa</sup>
	N60	6,1 <sup>Aa</sup>	1,83 <sup>Ab</sup>	0,16 <sup>b</sup>	198 <sup>Ac</sup>	222 <sup>Ab</sup>	1660 <sup>Aa</sup>
	N100	6,0 <sup>Aa</sup>	1,93 <sup>Ab</sup>	0,17 <sup>ab</sup>	215 <sup>Ab</sup>	259 <sup>Aab</sup>	1699 <sup>Aa</sup>
	N140	5,9 <sup>Aa</sup>	2,03 <sup>Aa</sup>	0,18 <sup>a</sup>	232 <sup>Aa</sup>	293 <sup>Aa</sup>	1662 <sup>Aa</sup>

A-suur täht näitab aastate vahelist erinevust ( $p \leq 0,05$ ); a-väike täht näitab väetamisvariantide vahelist erinevust ( $p \leq 0,05$ ); erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ( $p \leq 0,05$ ); "-" andmed puuduvad

Järvan ja Vettik (2016) järeldasid peale seitsmeaastast mulla toitainete uuringut Olustvere näivleeturunud mullal, et orgaanilise süsiniku ja kaltsiumi sisaldused ei muutud, fosfori sisaldus näitas kõrgemates väetamisvariantides suurenemise trendi ning kaaliumi sisaldus vähenes kui mulda väetist ei antud.

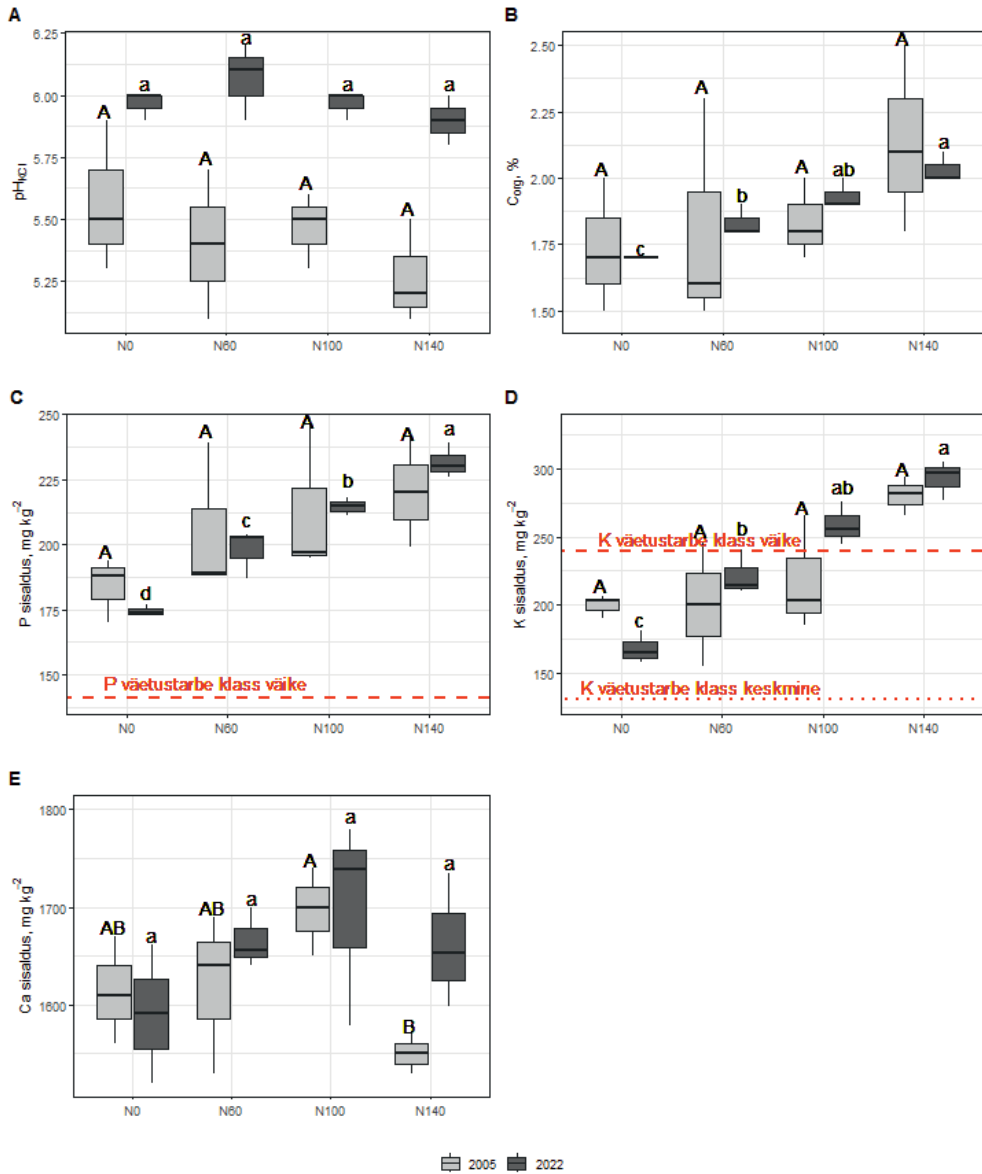
On teada, et mulla mikroobikooslused on tugevalt mõjutatud mulla pH ja orgaanilise süsiniku sisaldusest (Francioli jt, 2016). Mulla mikroorganismid lagundavad orgaanilist ainet muutes selles sisalduvad toitained taimedele kättesaadavaks (Sharma jt, 2019; Raza jt, 2023). 2022 aastaks oli muld nõrgalt happeline võrreldes 2005 aastaga kui muld oli mõõdukalt happeline. Võrreldes 2005. aastaga vähenes mulla happesus (pH) 2022. aastaks kogu katses keskmisena 10,1% võrra, erinevus aastate vahel oli statistiliselt usutav. Mulla happelisemaks muutumist mineraalväetiste kasutamisel tavaviiljeluses on näidanud varasemad uuringud (Järvan, Vettik, 2016). Kuigi mulla hapestumise trendi oli näha nii 2005. kui ka 2022. aastal väetamisvariantis N140, siis statistiliselt usutav see meie katses polnud (tabel 4). Meie tulemused näitasid, et mulla pH oli väetusvariantide vahel suhteliselt sarnane. Oluline erinevus oli väetamisvariantide vahel vaid orgaanilise süsiniku sisalduses (joonis 1). Kuigi mulla orgaanilise süsiniku sisaldus ( $C_{org}$ , %) püsis 2005. aastal võrreldes 2022. aastaga sarnane (tabel 4, joonis 1), siis mõlemal aastal erines see näitaja erinevate väetisvariantide vahel. Kõige madalam orgaanilise süsiniku sisaldus oli mullas N0 variantis, sest saagiga eemaldati mullast toiteelemente. Samas väetist seal ei kasutatud, mistõttu taimejäänuseid, mis on mulla mikroobidele toiduks, tekkis antud variantis võrreldes teistega vähem. Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus muutub väga aeglaselt. Antslas leetunud liivsavi mullal läbiviidud pikaajalises katses hinnati mulla huumuse sisalduse muudatusi 12 aasta jooksul ning mineraalväetistega väetamisel selle seisund ei muutunud (Kanger jt, 2002). Siit võime järeldada, et optimaalse väetise koguse kasutamisel, jääb mulda enam taime jäänuseid (juured,

tüü, aganad jms), mis siis mulla mikroorganismide abil lagundatakse ja muudetakse mulla orgaanikaks, mistõttu orgaanilise süsiniku sisaldus mullas ei muutu.

Kui me vaatleme antud pikaajalise katse ühte peamist faktorit, väetamist, siis paljud uuringud on näidanud mineraalväetiste kaustamise negatiivset mõju mulla mikroorganismidele võrreldes orgaaniliste väetistega (Francioli jt, 2016; Morugán-Coronado jt, 2022). Kirjanduses on võrreldud mineraalväetiste kasutamist variantidega, kus väetusaineid pole üldse kasutatud ja on leitud, et mikroobikoosluseid oli rohkem väetatud variantides (Talve jt, 2022). Antud tulemus on selgitatav läbi mulda jääva suurema biomassi ning see toetab mulla orgaanilise süsiniku sisaldust.

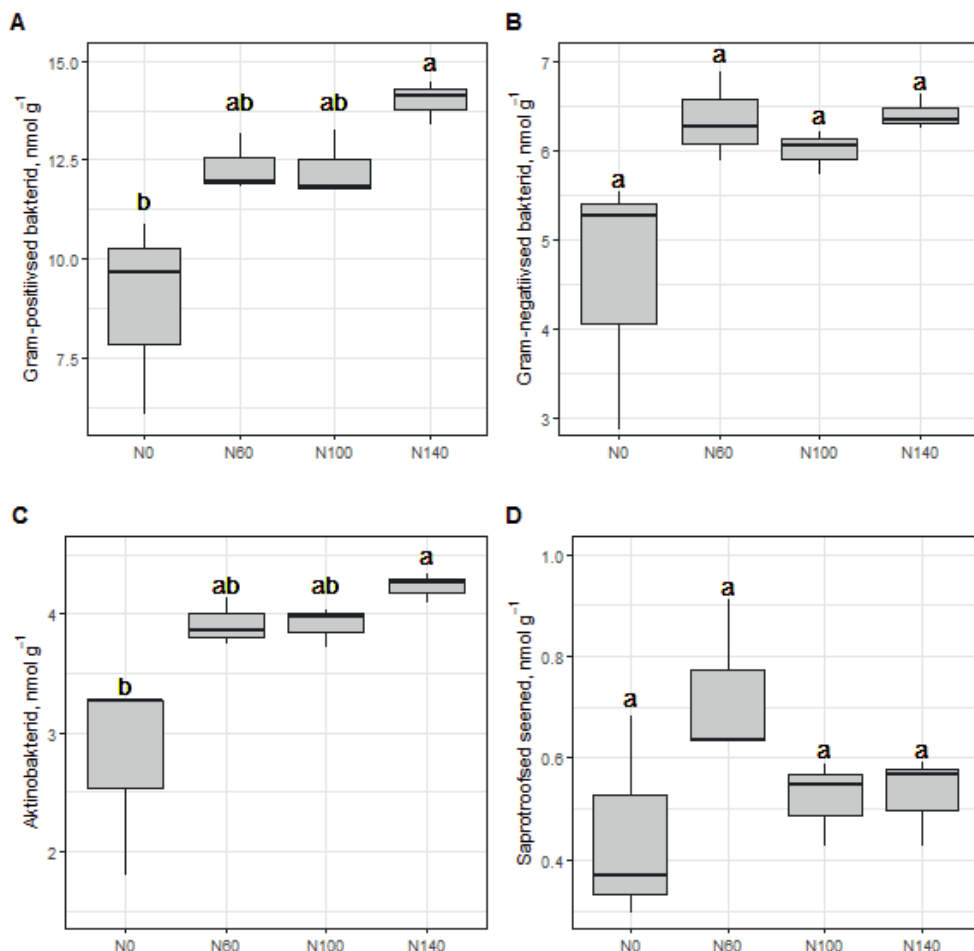
Antud katsetulemused uuritud mikroobikoosluste gruppide kaupa (Gram+, Gram-, Aktinobakterid, saprotroofsed seened) näitasid, et väetusvariantide mõju erinevatele mikroobigruppidele on erinev (joonis 2). Statistiliselt olulised suurenemised toimusid gruppides Gram-positiivsed bakterid ja aktinobakterid. Samas Gram-negatiivsete bakterite ning saprotroofsete seente biomass erinevates mulla väetusvariantides statistiliselt oluliselt ei erinenud. Üldine tendents oli, et mineraalväetiste koguse suurenemisega suurenes ka mikroobikoosluste biomass. Kõigi uuritud mikroobikoosluste gruppide biomassid (Gram+, Gram-, aktinobakterid, saprotroofsed seened) olid kõige madalamad N0 variandis, kus mineraalväetisi ei antud.

Pikaajaline ainult mineraalväetistega väetamine ei ole mulla ja majanduslikest aspektidest lähtudes väga jätkusuutlik. Ainult mineraalväetistega väetamisel hakkab muld hapestuma ja vajab lupjamist. Meie katset lubjati 25 aastasel perioodil kaks korda. Samuti kasutati suures koguses mineraalväetisi ( $667\text{--}778\text{ kg ha}^{-1}$ ) kõrgemates väetamisvariantides. Lisaks näitasid selle katse tulemused, et teatud toitainete (fosfor ja kaalium) kogus mullas suurenes tasemeni, kus väetamisvajadus on väike, seega väetamistehnoloogiat tuleks muuta. Kaasaegsed taimekasvatustehnoloogiad lähtuvad mulla jätkusuutlikust majandamisest ja rakendavad saagikuse tõstmiseks lisaks mineraalväetistele nii orgaanilisi väetisi, alternatiivseid väetusaineid või muid agronoomilisi võtteid (mullaharimistehnoloogiad, külvikord, vahekultuurid).



**Joonis 1.** Mulla happesuse, orgaanilise süsiniku, fosfori-, kaaliumi- ja kaltsiumi sisalduse muutused 2005. ja 2022. aastal erinevate väetamisvariantide võrdlemisel (A – suur täht näitab 2005. aasta erinevust väetamisvariantide vahel; a – väike täht näitab 2022. aasta erinevust väetamisvariantide vahel; erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust  $p \leq 0,05$ ).





**Joonis 2.** Mulla mikroobikoosluste biomass 2022. a erinevates väetusvariantides. (tähed tähistavad olulist erinevust variantide vahel, *Tukey test*  $p < 0,05$ ).

### Kokkuvõte

Pikaajaline mineraalväetistega väetamine tõstis antud katse mullas fosfori, kaaliumi ja orgaanilise süsiniku sisaldust. Väetamata variandis jäid need näitajad oluliselt väiksemaks ja muld vaesus. Sarnane suundumus esines ka mulla mikroobikoosluse osas, kus väetamisfooni suurenedes kasvas mullas mikroobide hulk. Mulla väetamata jätmisega vähenes selles nii toiteelementide kui ka mikroobide sisaldus. Antud katse on olnud pikka aega monokultuuris ja on puudunud korralik viljavaheldus, mistõttu need tulemused kehtivadki nende tingimuste juures.

Katse näitas, et suuremad väetise kogused võivad pikema aja jooksul muuta mulla happesust, millega võib kaasneda ka mikroobide vähenemine. Seetõttu tuleks selliseid muldi lubjata.

## Tänuavaldused

Pikaajalise katset on teinud väga mitmed inimesed. Siinjuures palju tänu Ilmar Tamm, Merlin Haljak, Jõgeva katsekeskuse töötajatele. Palju tänu ettevõttele Baltic Agro AS ja Margus Ameerikas ning ettevõttele Yara Eesti AS ja Marek Linnutaja.

## Kasutatud kirjandus

- Alaru, M., Luik, A., Eremeev, V., Talgre, L., Loit, E. 2018. Erinevate viljelusviiside pikaajalise kasutamise mõju mulla toitainete sisaldusele. – *Agronoomia* 2018, lk 46–52.
- Postegård A., Bååth E. 1996. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. – *Biology and Fertility of Soils* 22, lk 59–65.
- Francioli, D., Schulz, E., Lentendu, G., Wubet, T., Buscot, F., & Reitz, T. 2016. Mineral vs. organic amendments: Microbial community structure, activity and abundance of agriculturally relevant microbes are driven by long-term fertilization strategies. – *Frontiers in Microbiology* 7(SEP). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01446>
- Järvan, M., Vettik, R. 2016. Toiteelementide dünaamika mullas sõltuvalt viljelusviisidest ja analüüsimeetoditest. – *Agraarteadus* 2 XXVII, lk 55–64.
- Kanger, J., Kärblane, H., Kevvai, L., Püssa, A. 2002. Väetamise mõju mulla humusseisundile. – *Agraarteadus* 5 XIII, LK 287–292.
- 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. Põllumajandusüritingute Keskus, 49 lk.
- Keskonnaagentuur. Top 10 tulemust 2022 aasta põllumuldade seirest. <https://keskkonnaagentuur.ee/node/1283> (12.12.2023)
- Morugán-Coronado, A., Pérez-Rodríguez, P., Insolia, E., Soto-Gómez, D., Fernández-Calviño, D., Zornoza, R. 2022. The impact of crop diversification, tillage and fertilization type on soil total microbial, fungal and bacterial abundance: A worldwide meta-analysis of agricultural sites. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 329. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107867>
- Raza, T., Qadir, M.F., Khan, K.S., Eash, N.S., Yousuf, M., Chatterjee, S., Manzoor, R., Rehman, S., Oetting, J.N. 2023. Unrevealing the potential of microbes in decomposition of organic matter and release of carbon in the ecosystem. *Journal of Environmental Management*. 344, 118529. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118529>
- Sharma, B., Vaish, B., Singh, U.K., Singh, P., Singh, R.P. 2019. Recycling of organic wastes in agriculture: an environmental perspective. *International Journal of Environmental Research*, 13, lk 409–429. <https://doi.org/10.1007/s41742-019-00175-y>
- Statistikaamet, väetised. [https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_pellumajandus\\_\\_pellumajandussaaduste-tootmine\\_\\_taimekasvatussaaduste-tootmine/PM065](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM065) (6.12.2023)
- Statistikaamet, saagikus. [https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_\\_pellumajandus\\_\\_pellumajandussaaduste-tootmine\\_\\_taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281) (12.12.2023)

- Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. 1996. Koostanud Heino Kärblane. Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium, 285 lk.
- Talve, T., Talgre, L., Toom, M., Edesi, L., Karron, E., Koll, B., Eremeev, V., Luik, A., Loit, E., Börjesson, G. 2022. Composition of the microbial community in long-term organic and conventional farmin systems. – *Zembyrbyste-Agriculture*, 109, lk 99–106.
- Toomsoo, A., Kuldkepp, P., Laidvee, T., Leedu, E., Teesalu, T. 2006. Väetamise mõju olulisematele mullaviljakust iseloomustavatele näitajatele pikaajalises põldkatses. – *Agronoomia* 2006, lk 38–43.

# Muldkate kui ökosüsteemi seisundi ja rohetootmisvõime määraja

Raimo Kõlli

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

---

**Abstract.** Kõlli, R. 2024. Soil cover as determiner of ecosystem's state and green productivity's capacity. – Agronomy 2024.

Inseparable constituent of each terrestrial ecosystem is a soil cover, which determines the fabric and functioning peculiarities of plant cover and via its the development of most other components of ecosystems and as well the functioning of whole ecosystem. In actual work the role of arable, forest and grassland ecosystems' mineral soil covers are treated in the light of European Green Deal. It seems to us, that the importance of soil cover in the further harmonized natural development plans have been up to actual day clearly underestimated. For precisising the role of soils in ecosystems' functioning, the soils' influence was analysed in following diminishing levels as – soil-plant subsystem -> soil cover -> humus cover, where each following is the constituent of previous. The discussion part enfolds more than dozen problems, among them recommendations of European Commission, availability of information on Estonian soil resources, management of soil organic carbon, soil quality and protection, species richness, restoration of soil-plant systems, innovation in soil science and others.

**Keywords:** pedocentric approach, Green Deal, terrestrial ecosystem, soil cover, humus status, restoration

---

## Sissejuhatus

Maismaaökosüsteemide looduslike tingimustega kooskõlalise kestliku talitlemise ja rohepöördeliste muutuste edukuse võtmeks on iga maismaa-ökosüsteemi lahutamatu osa – muldkate. Koos muldkattele sobitunud taimkattega moodustub muld-taim (ala)süsteem (Loit Reintami määrang), kus determineeriv roll kuulub muldkattele. Samas suunab muld-taim süsteemi arengut olulisel määral muldkatte ülemisele osale ulatuv taimkatte tagasimõju, mille tagajärjel moodustuvad huumuskatted ehk humipetonid (Zanella jt, 2018).

Rohetootlikud (päikeseenergia abil fütomassi tootvad) muld-taim süsteemid, kui ökosüsteemi koostisosad, võivad olla kujunenud erineva taimekasvatuse potentsiaali ja hüdroloogilise režiimiga (põuakartlikud, parasniisked, ajutiselt liigniisked, märjad) muldadel. Kultuuristatud ökosüsteemide algselt niisked ja märjad muldkatted võivad olla valdavalt kuivendatud. Muldkatete omadustest sõltuvalt katavad neid erineva morfoloogia ja taimekasvatuse potentsiaaliga huumuskatted, millised on looduslikel aladel omakorda kaetud varise/kõdu kihiga.

Erinevat tüüpi huumuskatetega muld-taim süsteemid mõjutavad erineval viisil rohetootmise kulgu ja tootlikkust, olles seega paljude teiste ökosüsteemi koostisosade talitlemise käivitumise eeldus. Meie arvates peaks rohepöördeliste maakasvatuse muutuste tegemisel senisest enam arvestama muldkesksuse (*pedocentric*) printsiibiga, mille järgi determineerib muldkate mitte ainult muld-taim süsteemi, vaid kogu ökosüsteemi ülesehituse ja talitlemise. Kuna ökosüsteemide rohetootmise tõhusus sõltub muld- ja taimkatete koosseisudest, inimese toetavast majandusli-

kust tegevusest ning ettenägematutest häiringutest, oleks vajalik elurikkusekeskse (-põhise) looduskasutuse alternatiivina või vähemalt selle täiendusena rakendada muldkatte omadustest lähtuvat metsa-, põllu- ja rohumaaökosüsteemide loodusega harmoniseeritud rohetootmist ja kaitse korraldamist.

Euroopa Liidu (EL) ambitsioonikad, peasõnumina kliimamuutustega võitlevad, aga samas ka loodetavalt looduse seisundit parandavate meetmete hulgas on nii muldlastiku rolli arvesse võtvaid, kui seda eiravaid ettepanekuid (EK, 2019; 2022; EC, 2020). EL-s vastuvõetud ühise seisukoha järgi peaksid kõik liikmesriigid koostama algatuse üldistatud teesidele vastavad loodusressursside (sh muldkatete) majandamise kavad, et lõppeesmärgina viia maakasutus aastaks 2050 vastavaks süsiniku-neutraalse käitlemise põhimõtetele.

Paistab silma, et rohepöördeks soovitatud meetmete hulgas ei ole piisaval määral tähtsustatud seni kasutatud traditsiooniliste metsa- ja põllumajandusliku tootmise heade kogemuste olulisust, ega ka maavaldajate osalemise vajalikkust otsustuste tegemisel. Näib nagu soovitaks valitsuste määrustega kultiveerida looduskaitseametnike ülimuslikkust põllu- ja metsamajanduse toimimisel, kuigi loogiline oleks pariteetsuse saavutamine looduskaitseametnike ja praktiliste kogemustega maaomanikest tootjate vahel. Loodushoiualdid on vaieldamatult ju mõlemad osapooled. Maaomanikud on mõistetavalt teadlikumad nende muldkattes esinevate muldade omadustest. Mullaliikide ja -erimite tasemel teatakse nende käitlemise iseärasusi ja esinevaid puudeid ning sellest sõltuvat sobivust erinevatele kultuuridele. Taoline teave on vajalik muldkatte ressursitõhusa majandamise korraldamisel. Looduskaitsejad, kes näevad loodusega seotud probleeme laiemalt, saavad maaomanikke nõustada laiemat üldsust või kogu riiki huvitavate probleemidele lahenduste leidmise osas.

Seega on meie arvates põllu- ja metsamajanduse kestlikult hea keskkonnaseisundi, ökosüsteemide harmoonilise talitlemise ja ühiskonna rohetoodanguga varustamise huvides vaja arvesse võtta (lisaks maksimaalse elurikkuse strateegiale) ka muldkeskuse printsiibist tulenevad tõekspidamised. Lähtuvalt sellest, on käesoleva töö ülesandeks: (a) tõsta fookusse maismaaökosüsteemide muldkattega seotud koostisosad ning analüüsida nende talitlemine iseärasusi ja osalust kogu ökosüsteemi talitlemises ja (b) näidata mullastiku kohta kogutud andmestike kasutuse võimalusi ja vajalikkust riigi rohepöördeliste muutuste läbiviimisel. Euroopa Komisjoni (EK) dokumentides kajastatud maismaa-ökosüsteemide muldkatete seisundi parandamiseks ja taastamiseks soovitatud meetmete hulgast on arutellu võetud ennekõike Eesti pedo-ökoloogilistes tingimustes olulist rolli etendavad meetmed.

## **Käsitluse objektid, aines ja metodoloogilised märkused**

Käsitlus on suunatud Eesti geograafilistes ja pedo-ökoloogilistes tingimustes kujunenud põllu-, metsa- ja rohumaaökosüsteemidele. Arutelu ei hõlma aia- ja linnamuldadele rajatud ökosüsteeme, kus inimese ökosüsteemi ülesehitust ja talitlemist reguleeriv tegevus on mitmekordselt varjutanud muldkatte loodusliku päritoluga mõjude kompleksi. Töö arutelu objektideks on ökosüsteemi kui terviku tuumikuks

olevad muld-taim süsteemid, ökosüsteemi seaduspärasest arengut determineerivad muldkatted, muldade omadusi oluliselt mõjutavad huumuskatted ehk humipendonid ja looduslikke muldi katvad kõdu horisondid. Uurimisobjektide reas – ökosüsteem -> muld-taim süsteem -> muldkate -> huumuskate -> (metsa- või rohumaa-) kõdu – on iga järgnev süsteem eelneva süsteemi osa.

Käsitluse aineks on rohepöörde elluviimiseks EK poolt väljapakutud meetmed ökosüsteemide ja nende all-süsteemide ülesehituse ja talitlemise sobivamaks muutmise ning nende eksisteerimiseks vajaliku roheenergia tootmise ja süsteemi sisestatud süsinikuvoo reguleerimisvõimaluste kohta. Paistab selgesti silma muldade kohta käiva info alakäsitlus rohepöördega seotud dokumentides. Tõsiselt võetavad ei ole siin-seal antud seletused, et mullastikuga seotud probleeme ei ole eraldi terviklikult käsitletud kuna need on integreeritud mitmete teiste teemade käsitlusse. Kuid nagu analüüsist selgub, on see kaasa toonud hoopiski muldkatte ignoreerimise paljudel juhtudel. Õeldust lähtuvalt peame vajalikuks tutvustada rohepöörde edukaks läbiviimiseks vajatava mullaressursside alase teabe olemasolu Eestis.

Käesolev töö on sisuliselt jätk meie hiljuti avaldatud artiklile kogumikus „Põllumajandus ja keskkond“ (Kõlli, 2023), kus arutus on fokuseeritud agro-, rohumaa- ja metsaökosüsteemidele kui tervikutele ja nende muld-taim alaosüsteemidele kui ökosüsteemide rohetoodangut produtseerivatele tuumikutele. Erinevalt eelnevas artiklis sünteetilise käsitluse põhimõttel ökosüsteemide kohta saadud tulemustest ja näidikute, põhineb antud artikkel analüütilisel käsitlusel.

## **Refereeringud, arutelud ja kommentaarid**

### **Rohepöörde elluviimise eeldused ja arendamisvajadused**

Euroopa Komisjoni suuniste järgi eeldab rohepoliitika elluviimine rohepöörde eesmärkide tundmist ja kohalikele oludele sobivate meetmete väljaselgitamist. Vajalike teadmisi võimaldavad kaasajastada täiendkoolitused, teadusuuringud, interdistsiplinaarne teadus-arendustegevus ja rahvusvaheline koostöö. Edasiarendamist vajaksid kliima- ja keskkonna-alased nõuandeteenistused ning rajamist rohepöörde rakendusuuringute keskused ja laboratooriumid. Suureneb vajadus innovatsiooni ja investeringute järele. Samas on leitud, et mõjuhindangute andmestik on üldjoontes ebapiisav, palju ebaselgust on sihttasemete osas, tegevusi ja aruandlust häirib asjakohaste mõõdikute puudumine ning ka uute loodussäästlike taimekaitsevahendite olemasolu.

### **Euroopa komisjoni soovitusel loodusressursside kasutuse tõhustamiseks**

Ökosüsteemide talitlemiskoormus tuleks viia vastavusse muldkatete potentsiaaliga. Arvesse oleks vaja võtta kohalikel eripäradel kujunenud muldkatete majandamise head tavad, tagades väärtusliku põllumajandusmaa, kultuuristatud turvasmuldade ja erosiooni-ala muldade kaitse. Samas tuleks taastada degradeerunud muldade normaalne seisund, korrastada saastunud, rikutud või risustatud maade huumuskatted ning muuta endised tööstusalad ja karjäärid loodusaladeks (EK, 2019; 2022).

Nii agro- kui metsaökosüsteemide mineraalsete muldkatete puhul on oluline talitlemist käigus kulutanud orgaanilise aine varude järjepidev taastamine. Agro-ökosüsteemides on see saavutatav mullaerimi tasemel valitud sobiva põllumajanduspraktika rakendamise kaudu, metsaökosüsteemides teaduslikel alustel põhinevate majandamisvõtetega. Maastikke kui tervikute mitmekesisemaks kujundamist oleks õige teha kooskõlas mullastiku, reljeefi ja taimkatete vastastikuste toimete seaduspärasustega.

Jääksoode taastamise enim toetamist väärivaks meetmeks tuleks pidada märgviljelust, mille kohta on olemas piisavalt uurimusi õiges suunas tegutsemiseks (MSS jt, 2019). Igati õigustatud on see, et rohepoliitika peaks juhinduma loodushoiu osas põhimõttest – saastaja maksab.

### **Eesti varustus mullaressursside alase teabega**

Muldadel on oluline roll loodusliku keskkonnaga harmoonilisse seisundisse juhtiva rohemajanduse elluviimisel (Montanarella, Panagos, 2021; Reyes-Sánchez jt, 2022). Viimaste aastakümnete uurimistöö tulemusena on Eestil avanenud võimalus, lisaks liikide ja erimite tasemel käsitletavate muldkatete andmetele, arvesse võtta ka andmed huumuskatete kohta ning eristada looduslikud mullad haritavatest maapealsest varisest tekkinud (metsa- või rohumaa-) kõdutüüpide alusel.

Mullaressurssidega seotud rohepöördelised otsused peaksid põhinema mullastiku kaartidel (1:10000) ja kaardistamise käigus moodustatud andmebaasidel (EPP, 1978; 1983; 1985). Nende allikate teabe täpsus ja näidikute nomenklatuur (püsiomaduste ja pedo-ökoloogiliste näitajate kohtpaikne andmestik mullaliikide ja/või mullaerimite tasemel) on üldjuhul praegustes oludes toimetamiseks piisav. Mullastiku kaartide täpsem üleriigiline edasiarendus ei ole praegusel ajal otstarbekas, kuna erinevatel põhjustel vajalikke täppislähendeid (kuivendussüsteemide rajamine, täppisviljelus) saab teha valikuliselt erimetoodikate alusel.

Kaardistamisel kogutud üksikprofiilide üldistamisel on koostatud 50 põllumulla- ja 27 metsamullaerimi mudelprofiilid, mis kajastavad mullaerimite keskmisi (mudel)näitajaid ja sobivad reeperiks aegade jooksul toimunud muutuste määra hindamisel. Otstarbekamat piirkondlikku maakasutuse korraldamist ja maakasutuse muutuste vajadusi aitab selgitada mullastiku regionaalseid erinevusi kajastav agro-mullastiku mikrorajoonide skemaatiline kaart (EPP, 1974).

### **Mulla osalus vajab iseseisvat käsitlust**

Mulla osalus on selgepiirilisemalt tajutav looduslikes ökosüsteemides, kuna kultuurökosüsteemides võib mulla toime olla varjutatud inimese nii muld- kui taimkatete talitlemisi reguleeriva tegevuse, lisatud ainete subsideerimise või huumuskatteid rikkuva-risustava mõjuga. Muldkatte rolli mistahes territooriumil toimuvates bioloogilistes protsessides (sh rohetoodangu produtseerimises) on keerukas mõista, kui mulla toime näidikud on integreeritud kogu ökosüsteemi talitlemist iseloomustavasse koondnäitajasse. Meie arvates, ei piisa muldkatte rolli käsitlemisest üksnes ühe (anonüümse) osana teiste mõjurite koosseisus. Kuna lähtuvalt muldkesksuse

printsipiibist determineerib muldkate suures osas kogu ökosüsteemi talitlemise, tuleks muldkatte osaluse detailsema määranu huvides, selgitada mulla roll mitte ainult muld-taim süsteemi, vaid ka muldkatete (liigid, erimid) ja huumuskatete (erinevate tüüpide) tasemetel.

Eestis on olemas põhjalikke analüüse erinevate maakasutusviisidega seotud ökosüsteemiteenuste kohta (Projekt ELME). Rohepöordeliste maakasutusmuutuste otstarbekuse selgitamisel oleks aga vaja aru saada muldade talitlemise iseärasustest lokaalsete pedo-ökoloogiliste ja kliimatiliste tingimuste suhtes ning teada muldkatete ja huumuskatete poolt osutatavaid teenuseid. Meie uurimused muldkatte poolt osutatavate kasulike teenuste osas ümbritseva keskkonna seisundile ja rohetootangu kaudu inimesele, on aidanud paremini mõista mullaga seoses olevaid olulisi nähte või ohupunkte ökosüsteemi kui terviku talitlemises. Nende teenuste loetelu ja toime olemused on meie poolt selgitatud mitte ainult muldkatete tasemel vaid veelgi detailsemalt, nii huumuskatete kui ka huumuse ehk mulla orgaanilise aine erinevate fraktsioonide osas. Samas oleme selgitanud nende toimete mõju erinevused, mitte ainult olenevalt mulla liigist, vaid ka sõltuvalt maakasutuse viisist (põld, mets, rohumaa) ja tehnoloogiast (tava, mahe).

## Muldade huumusseisund

Muldade huumusseisundi ehk muldade orgaanilise aine majandamise toetuseks on olemas teave kõigi Eesti domineerivate parasniiskete ja niiskete põllumullaerimite orgaanilise süsiniku (ja/või orgaanilise aine) sisalduste erinevate astmestike (vajak kuni küllastatus) kohta. Kättesaadavad on süsteemsed andmed nii põllumajandusmaana kasutatavate märgade muldade, kui ka kõigi mullaliikide pealis ja alusmuldade orgaanilise süsiniku ja orgaanilise aine varude kohta. Muldade klassifikatsioonile lisaks välja töötatud huumuskatete klassifikatsioonid, aitavad prognoosida maakasutuse muutusega seotud huumusseisundi näitajate kvalitatiivseid (ülesehitus) ja kvantitatiivseid (kontsentratsioonid ja varud) muutusi.

Kuna mulla orgaaniline aine on ka toiteelementide allikas, võib tekkida oht, et intensiivse toiteelementide vabanemise periood ei lange kokku taimkatte toitainete tarbimise perioodiga, mistõttu võib tekkida toiteelementide kaotsimineku oht. Taolise asünkroonsuse vältimiseks on võimalik kasutada lagunemist pidurdavaid (reguleerivaid) inhibiitoreid. Üha sagedamini kasutatavaks reguleerimise võtteks on vahe- ja järel kultuuride kasvatamine, mille (kui bioloogilise kontrolli) abil välditakse vabanenud toiteelementide kaotsimineku muld-taim süsteemist ja samas tagatakse uue orgaanilise aine juurde tulek süsteemi. Vahe- ja järel kultuuride andmestiku genereerimisega on heas mõttes silma paistnud EMÜ PKI maaviljeluse eriala teadlased.

Segadust tekitavad või vastuolulised on EK poolt pakutavates soovitudes mõningad huumusseisundi näidikute määramise meetodilised aspektid. Meie arvates ei ole otstarbekaks metsaökosüsteemide muldkatete orgaanilise süsiniku varude määramist teha kokkuleppeliselt ühesuguse tusedusega (0–30 cm) mullakihi kohta, mis ei võta arvesse erinevaid humipedoni tüüpe ega huumuskatte tegelikke tusedusi.



Kahjuks esineb ka soovitudes mitteadekvaatseid huumusseisundi hinnanguid seoses mullaliigi maakasutuse muutusega, ja seda peamiselt juhtudel, kui soovitud on tehtud vaid mulla orgaanilise süsiniku kontsentratsiooni järgi ehk arvestamata nende varusid. Meie uurimused on tõestanud, et adekvaatse hinnangu mullaliigi huumusseisundi muutuste kohta annab ikkagi vaid varude võrdlus.

### Muldade süsinikumajandusest

Muldkatete või nendes olevate mullaerimite süsinikumajanduse analüüsi on otstarbekas teha huumuskatete tasemel, kasutades süsinikuringe mahu mõõdikuna mulla orgaanilises aines oleva süsiniku varude pindtihedust ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ ,  $\text{kg C m}^{-2}$ ), käibe mõõdikuna aastate keskmisi sisend- ja väljundvoogusid ( $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ,  $\text{kg C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) ning süsiniku neutraalsuse mõõdikuna süsinikuvoogude keskmist aastabilanssi ( $\pm \text{Mg C ha}^{-1}$ ,  $\pm \text{kg C m}^{-2}$ ).

Meie arvates väljendub muldkatte osalus süsinikuringes adekvaatsemalt kasutades sünteetilise mõõdiku (nn komplektse ehk erinevaid tegureid arvestava summaarse süsiniku jalajälje) asemel detailseid, üksnes süsiniku voogu iseloomustavaid näitajaid. Nii näiteks on otstarbekas mullaliikide võrdlev süsinikumajanduse analüüs teha hõlmamata lämmastiku osalust, mida peetakse teatavasti vajalikuks atmosfääri soojenemise potentsiaali ligikaudsel prognoosimisel. Nii näiteks peab Rattan Lal (2022) õigeks eelnevalt sünteetilise (ökoloogilise) jalajälje kalkuleerimisele, erinevate teiste mõjutegurite (sh lämmastik jt) jalajälgede eraldi välja toomist. Lisaks sellele esineb praeguse aja jalajälje kalkuleerimise meetodikas palju hüpotetilist (kokkuleppelised koefitsiendid) ja ebatäiuslikkust (puudub veeauru mõju).

Mulda sisenenud orgaanilise süsiniku voo iseärasusi läbi muldkatte iseloomustavad mulla orgaanilise aine fraktsioonilise koostise andmed. Erinevate omadustega orgaanilise aine koostisosade esinemine mulla orgaanilises aines peegeldab orgaanilise aine muundumise etappe, mida on põhjustanud läbi huumuskatte toimunud ainete voog alates värske varise või taimeeritiste sattumisest mulda või mulla pinnale kuni nende täieliku mineraliseerumiseni või muutumiseni stabiilseks huumuseks. Taoline orgaanilise süsiniku voog läbi muldkatte on otseselt seotud mulla elustiku koostisega. Mulla orgaanilise aine ja elurikkuse taastamisel tuleks arvestada orgaanilise aine labiilse ja stabiilse osa erinevate rollidega ning põhimõttelise vastuoluga stabiilse huumuse akumulatsiooni ja orgaanilist ainet energiana kasutavate organismide arvukuse vahel. Mida rikkalikum on laguahelas toimetatav mulla elustik, seda vähem jääb mulda materjali stabiilse huumuse moodustumiseks. Samas tuleks arvestada, et huumuse koostisse akumuleerub ka mõne protsendi jagu lämmastikku.

### Muldade kvaliteedist

Eesti muldkatte otstarbeka kasutamise ja kõrge väärtusega põllumajandusmaade eristamise olulisimaks mõõdikuks on ligemale 70 aasta kestel olnud mullaerimite olemasolevad ja perspektiivboniteedid ning viljakuse klassid. Otstarbekat maakasutust aitab planeerida kuivendamata ja kuivendatud mullaerimite 10 palline kasutus-sobivuse hinnang kõigi peamiste põllu- ja söödakultuuride kohta.

Muldade metsakasvatustalike omadusi on hinnatud puistute boniteedi alusel, võttes samas arvesse ka mullaerimite sobivuse metsa peapuuliikidele. Looduslike rohumaamuldade viljakust on hinnatud aga heina saagikuse ja mullaomaduste alusel määratud perspektiivboniteedi järgi. Heas seisundis muldkatetega ökosüsteemide tagavad atmosfääri CO<sub>2</sub>-st pärineva süsiniku tõhusa sidumise esialgu taimkatesse ja sealt mulda. Heas seisus muldkattega agro-ökosüsteemid on ühiskonna toidukindluse garantiks. Samas on haritavate muldkatete laguahelad liikide poolest rikkamad võrreldes looduslike muldade laguahelatega (Labouyrie jt, 2023).

## Mullakaitse

Detailse analüüsi huvides on eraldiseisvalt esile tõstetud ka Eesti pedo-ökoloogilistes ja kliimaatilistes tingimustes mullaliikide optimaalset talitlemist pärssivad puuded. Nende puuete nomenklatuur ja esinemise määr on vajalikud ka rohepöördele maakasutusmuutuste otstarbekuse selgitamisel. Lisaks puuete loetelule oleme andnud hinnangu nende esinemise määrale ja arutlenud nende pärssiva mõju leevendamisevõimaluste üle (Kõlli jt, 2006). Taoline teave näitab degradeerumishäirete riski ja annab oskusi halvas seisus olevate degradeerunud muldkatete viimiseks erinevate võtete abil nende püsiomadustele vastavasse normaalsesse seisusse.

Analüüsidest muldade kaitset, muldade kaitse korraldamise võtteid ja kaitse pedo-ökoloogilisi aspekte, oleme jõudnud selgusele, et tingitult muldade füüsikalistest, keemilistest ja bioloogilistest omadustest, mulla koostisosade talitlemistest ja muldade poolt erinevatel tasemetel osutatavatest teenustest, saab muldkatteid käsitleda hoopiski looduslike kehadena, millised tagavad keskkonna hea ja stabiilse seisundi. Seega, tänu muldkatte erinevate komponentide koostoimele tagab muld meile osutatavate suure hulga teenuste kõrval ka ümbritseva keskkonna kestlikult hea seisundi. Muldade summaarne keskkonnakaitsevõime tuleneb neljast vastastikku seotud aspektist, millisteks on muldkatte (a) bioloogiline ehk aktiivne komponent, (b) mineraalne (lõimis, mullaplasma) ehk passiivne komponent, (c) mullakliima (erinevad režiimid) ja (d) lähtekivim ehk mullatekkeprotsessidest mõjutamata muldkatte alused kihid (Kõlli jt, 2008).

## Elurikkust ei oleks ehk otstarbekas igal võimalikul viisil ületähtsustada

Elurikkuse tõstmine eri staatusse tuleb eriti selgelt esile looduse taastamise määruses, kus paljude teiste tegevuste ülesandeks on peamiselt peateele tõstetud EL elurikkuse strateegia eesmärkide saavutamise kindlustamine. Teatavasti on looduse taastamise määruse „Euroopa Liidu elurikkuse strateegias aastani 2030“ eesmärgiks suure elurikkusega looduslike ja poollooduslike elupaikade seisundi ulatuslik parandamine ja laiendamine liikide populatsioonide taastamise abil. Ohustatud liikide ja elupaigatüüpide soodsa seisundi taastamine loodetakse ellu viia aastaks 2050. Rõhutatatakse põlis- ja vanade metsade range kaitse alla võtmise vajadust. Leitakse, et metsaökosüsteemide elurikkust näitab rohke seisva ja lamava lagupuidu olemasolu ja puistute vanuseline ebahühtlus. Kutsutakse isegi üles loobuma põlismetsade ja küpsete puistute raiumisest.

Huvigruppide aktiivset lobitööd seadusloomes kajastavad kujukalt ka agro-ökosüsteemide rohumaaliblikate ja metsaökosüsteemide metsalindude elurikkuse indeksid. Kahtlemata on need indeksid asjakohased ennekõike liikide mitmekesisuse suurendamise seisukohalt. Kahjuks puudub neis aga põllumajandusliku tootmise (rohetootmise) vajadusi käsitlev mõõde. Teisiti öeldes, on kaldutud keskteelt ühe poole kasuks kõrvale ehk ei ole arvestatud kohapeal tegutseva maaharijaga, kui muldkatte otstarbeka kasutaja ja looduse hoidjaga.

Rohepöörde tuultes ja elurikkuse kilbi taha varjudes on „looduskaitstajate leer“ muutunud järjest enam põllu- ja metsamajandust ahistavamaks. Põllumeest kutsutakse üles lõpetama või miinimumi viima keemiliste pestitsiidide ja väetiste ning isegi loomasõnniku kasutamine. Soovitatakse loobuda ümberkünni abil tootlike seemnesegudega rohumaade rajamisest. Otstarbekaks peetakse ekstensiivset karjatamist või rohumaade jätmist hoopiski looduslikku seisule. Metsiku looduse ennistamise huvides soovitatakse loobuda toodangu kogumisest, et suunata ökosüsteemid loodusliku arengu teele. Sellest lähtudes on liigirikkuse apologetide loosungiks maade ekstensiivne majandamine, mille puhul liigirikkus tõenäoliselt teatud määral suureneb. Seega eksisteerib kahjuks põhimõtteline huvide vastuolu tootmise ja loodushoiu suundumiste vahel. Kaasaja heale keskkonnasäästliku põllumajandusliku tootmise tasemele eelistatakse maastike looduslikku seisule viimist, mis on karjuvas vastuolus põllu- ja metsamajandusliku tootmistegevusega.

### **Kuivendatud turvasmuldade looduslikkuse taastamine**

Teatavasti on mõõdikud põllumajanduses kasutatava kuivendatud turvasmulla kohta Euroopa tasemel antud üldistatuna taastatava ala protsentidele. Nii tuleks 2030-ndaks aastaks taastada 30%, 2040-ndaks 50% ning aastaks 2050 70% põllumajanduses kasutatavatest kuivendatud turbaaladest. Samas on lisatud nõue – taassoostada nende pindalast 50%.

Kuigi Eestis on taassoostamise katsealasid mitmetel erinevate omadustega jääk-turvastel ja hüdroloogilistes tingimustes, ei ole siiski veel küllaldaselt tulemuslikke edulugusid erineva turbaliigiga jääkturbasoodele moodustunud kestva talitlusega nn uudisturvast tootvaid märgalasid. Taassoostamise teeb keerukaks ühelt poolt jääkturbasoodesse järelejäänud pindmiste kihtide turbaliikide suur mitmekesisus, toitvate vete koostise erinevused ja hilistes aeroobsetes tingimustes toimunud muutuste erisused. Teiselt poolt aga see, et stabiilsuse saavutamiseks kulub aastakümneid ning, et taassoostatud alade esialgne süsinikuakumulatsioon aasta kohta on ülimalt tagasihoidlik.

Meie uurimuste järgi võiks taastatava turvas-muldkatte lähtekivimiks pidada 50 cm ja huumuskatte (epipedoni) osaks sellest 30 cm tusedust pindmist kihti. Määrava tähtsusega on siinjuures uue turbamulla lähtematerjaliks saava jääkkihi koostis, mis võib koosneda alates mineraalsest mullast (täielikult ammendatud turbaalade puhul), järvemudast, klassikalisest madalsoo turbast kuni rabaturbani. Lähtuvalt turvaste koostisest ja toitvate vete iseloomust erinevad ka soode taastamise tehnoloogiad.

Meie arvates tuleks Eestis, kui alaliselt liigniiskete muldkatete suure osalusega aladel, kus kevadine muldkatete muutumine taimekasvuks sobivaks on hiline ning samas vegetatsiooniperiood suhteliselt lühike võrreldes Kesk-Euroopaga, suhtuda ettevaatusega kardinaalselt loodust ümberkujundavatesse ettevõtmistesse. On üldteada, et kui rikutud muld-taim süsteemi taastumine troopikas toimub vaid mõne nädalaga, siis arktilistes tingimustes kulub selleks aastaid. Geograafiliselt asub Eesti põllumajanduse edendamisevõimaluste poolest aga üsna lähedal põhjapoolsele kriitilisele piirile.

Vältima peaks kas spontaanselt või istutamise abil turbaaladele moodustunud taimkatete raadamist ning neile uuesti moodustunud turvasmulla kasvukihi rikkimist. Taimkatte arengule kaasaaitamist tuleks teha vältides kujunema hakanud turba kasvukihti mehaanilist segamist. Taassoostamise asemel tuleks eelistada märgviljeluse rohkemat arendamist.

### **Mineraalmuldade kuivendamise osas levitatavad põhjendamata seisukohad**

Ligemale veerandi Eesti muldkattest moodustavad turvasmullad ja umbes kolmveerandi mineraalmullad. Tähelepanu vääriv on fakt, et mineraalmuldadest moodustavad ligemale poole (ca 47%) glei- ja turvastunud gleimullad ehk märjad mullad ning veidi üle viiendiku (~21%) niisked ehk ajutiselt liigniisked mullad. Kaasajaks väljakujunenud haritavate maade hulgas on kuivendamise abil kasutusse võetud ca 22% algselt märgi muldi. Samas on haritavate muldade hulgas veerandi ulatuses niiskeid muldasid, mis on vajanud efektiivse kasutuse tagamiseks korralikku kuivendamist. Eesti mineraalsete metsamuldade hulgas on märgade muldade osakaal ~62%.

Maade kuivendamise eesmärk on Eestis ja Eestile sarnaste pedo-ökoloogiliste tingimustega regioonides elavatele inimestele olnud ja on nähtavasti ka edaspidi arenguvõimaluste loomine kaasaegsele efektiivsele põllumajandusele. Olles ülioluline regionaalpoliitilisest aspektist, väldib see meede Eesti mõistes oluliselt suurte regioonide muutumise inimese poolt asustamata kõnnumaaks. Suure tõenäosusega võib väita, et nimetatud tingimustega regioonides jääb tahes-tahtmata piisavalt ruumi ka muldkatetele omase loodusliku elurikkuse jaoks, mis peaks vältima kuivendatud maade endisse seisu viimise soovid.

### **Looduslikkuse taastamise otstarbekusest üldistatult**

Põhjendatud otstarbekuse hinnangut vajavad muldkatete looduslikkuse taastamise ehk muld-taim (kultuur)süsteemi looduslikku seisu (tagasi)viimisega seotud ettevõtmised. Suhteliselt kaua aega kestva loodusliku arengu (suktsessiooni) printsiipide järgi toimuva looduslikkuse taastamise käigus moodustuvad erinevate omadustega muldkatetele nii metsavööndile kui mullaliigile omased muld-taim süsteemidega metsaökosüsteemid. Raskesti metsastuvates ökoloogilistes tingimustes (lammid, alvarid jms) aga mullaomadustele sobivate taimekooslustega looduslikud rohumaad. Rohumaade looduslikkuse taastamisel suureneb enamikul juhtudel elurikkus, kuid samas väheneb kordades rohetoodangu saagikus.

Haritavate maade metsastamisel (või looduslikul metsastumisel) kujunevad reeglina mullaliigispetsiifilised ehk mulla kui kasvukoha metsakasvatustelele omadustele vastavad puistud koos neile omase alusmetsa ja alustaimestikuga. Taolised metsaökosüsteemid muutuvad ajapikku üha sarnasemaks regioonile ja mullale omaste kasvukohatüüpi metsadega. Tähelepanu väärib on asjaolu, et agro-ökosüsteemidesse subsideeritud väetiste toiteelemendid on metsaökosüsteemides rohkemate aastate jooksul korduvkasutusena ringluses, kuna toiteelementide kontsentratsioonid on seaduspäraselt kõrgemad puuvõrde perifeersetes (peened oksad, lehed, okkad) kui ka kõrgis teistes rohelistes osades. Kuna nimetatud fütomassi osad jäävad kas peale vegetatsiooniperioodi või elutegevuse lõppu valdavas osas kasvukohale, siis lülitatakse nad reeglina järgmistesse ringetesse seni kui nende varud on ammendunud

Väga sarnane nõukaaja „looduse ümberkujundamisega“ tundub olevat soovitus eemaldada istandikud varem dünaamilistelt sisemaaluitestikelt, et taastada tuule loomulik dünaamika avatud elupaikadele. Sisuliselt on see loodusliku suktsessiooni tagasipaiskamine varasemale arengujale. Algab ju luite moodustumine taimkatteta maismaaluite kuhjumisega ja lõpeb kliimaksi saabumisega so geograafilise võõndipõhise taimkatte (Eestis metsad) moodustumisega.

Ökosüsteemide hea seisundi taastamist on aegade jooksul käsitletud lähtuvalt erinevatest aspektidest. Hea põllumajandustava (kui põllupidamise klassikaliste reeglite) järgi taastatakse järjekindlalt iga-aastased saagiga muldkattest ära viidud taimetoiteelementide kogused, kas igal aastal või mõne lähema järgneva aasta jooksul. Sisuliselt on see põllumajanduslike ökosüsteemide taimekasvatustliku potentsiaali taastamine. Taastamise vajadus (eemaldatud ainete nomenklatuur ja kogused) sõltub saagi suuruselt ja erinevate elementide kontsentratsioonist selles. Siia kuulub ka happeliste muldade perioodiline lupjamine, mille kaudu ennistatakse kultuuridele sobiv happesus ja kaltsiumiseisund.

Looduse taastamise määrase järgi oleks taastamisprotsessi käigus vaja kaasa aidata ökosüsteemi optimaalse talitlemise kujunemisele ning saavutada elupaikatüübi võimalikult parim kvaliteet ja kvantiteet seal kohastunud liikide populatsioonidele, et suurendada elurikkust ja säilitada ökosüsteemi vastupanuvõimet keskkonnamuutuste suhtes.

## **Innovatsioonist muldade kasutamise alal**

Viimaste aastakümnete jooksul on aeg-ajalt erinevate nimetuste all esile kerkinud maaomanikele ja ala asjatundjatele suunatud innovatiivseid maakasutuse kogemusi propageerivaid programme. Ligemale tosina taoliste erineva nimetusega tegevuste ühine nimi on olnud põllumajandus, mida on täpsustatud sõltuvalt meetmete iseloomust erinevate eesliideteaga nagu – kliimanutikas, loodussäästlik, integreeritud, süsinik-, agro-ökoloogiline, regeneratiivne jt. Viimaste aastate jooksul on populaarsust võitnud taastav põllumajandus. Kõik need erinevate meetmete kombinatsioonidega programmid sisaldavad ka innovatiivse maakasutuse meetmeid ja on, sõltuvalt

regiooni pedo-ökoloogilistest tingimustest, erineval määral praktilises põllumajanduses kasutamist leidnud.

Nii näiteks korraldas EPMÜ Agronoomiateaduskond oma 50. aastapäeva puhul konverentsi teemal „Efektiivne keskkonda säästev põllumajandus“, publitseerides aastal 2001 sama tiitliga teadustööde kogumiku nr 212 (Efektiivne..., 2001). Aastatel 2004–2006 osales EMÜ PKI mullateaduse õppetool EK projektis KASSA (Knowledge Assessment and Sharing on Sustainable Agriculture). Koostöö tulemusena on koostatud vastastikku kättesaadavaid aruandeid, esinetud ühisettekannetega konverentsidel ja avaldatud artikleid (Lahmar jt, 2006).

### **Arutelust tulenevad seisukohad**

Võttes arvesse eelnevalt käsitletud rohepöörde või rohepöördeliste muudatuste head ja vead, loeme taolist ühiskonna loodusega seotud majanduse põhjalikku inventuuri igati positiivseks, mis on loodetavasti oma edaspidises arengus võimekam arvestama nii looduse seaduspärasusi ja lokaalseid tingimusi, kui ka ühiskonna materiaalset vajadusi säilitades samas meid ümbritseva keskkonna kestvalt hea seisundi.

Möödapääsmatult oluliseks peame muldkatete, kui ökosüsteemide ülesehitust ja talitlemist determineerivate tegurite, integreerimist muldkeskuse printsiibi põhimõtetele rohepöördeliste muutuste elluviimise meetmetesse. Muldkeskuse printsiibi rakendamisel tuleks ennekõike lähtuda muldkatte püsiomaduste potentsiaalset, korrigeerides talitlemise tõhusust muutmist võimaldavate mullaomaduste ja režiimide osas. Lisaks üldistatud maksimaalse liigirikkuse näitajatele tuleks enam kasutada kasvukoha-spetsiifilisi liigirikkuse näitajaid, mis iseloomustavad adekvaatsemalt nii talitlemise tõhusust kui ka harmoonilise arengu kulgemist.

Taunimist vääriv on varem tehtu alavääristamise, samas peaks uute meetmete propageerimine olema piisaval määral katsetatud ehk olema nn vettpidav. Vältima peaks üksnes ettevaatuspõhimõttele toetavaid põhjendamata arvamusi looduskaitse osas nn majandamise keelamist igaks juhuks.

On kahetsusväärne, et elurikkuse parandamise huvides soovitatakse juurutada ekstsensivset põllumajandust, kuna seda peetakse oluliseks liikide ja elupaikade säilimise aspektist. Ka enamik looduse taastamise põhimõtteid tulenevad üksnes elurikkuse suurendamise vajadusest, arvestamata selle tagajärjel toimuvat tootlikkuse vähenemist. Pidades silmas käesoleva aja puudulikku isevarustatust omatoodetud toiduainetega, ei saa pidada õigustatuks nn ülemäärast popsliku lillelõhnalise maa-majanduse propageerimist. Kahtlema panevad ka rohepöördega seotud dokumentides leiduvad nii naiivsed lootused, kui põhjendamata soovitused. Näiteks loodetakse taastamise määruuses (art 49), et elurikkad agro-ökosüsteemid aitavad luua maapiirkondades uusi mahepõllumajanduse ning maaturismi ja vaba aja veetmisega seotud töökohti.

## Kasutatud kirjandus

- Eesti Põllumajandusprojekt [EPP] 1974; 1978; 1983; 1985. – Eesti NSV mullastik arvudes, osad: 1974, I 3–73; 1978, II 3–66; 1983, III 3–25; 1985, IV 39–52. Tallinn.
- Efektiivne keskkonda säästev põllumajandus, 2001. EPMÜ teadustööde kogumik 212, Tartu, 191 lk.
- Euroopa komisjon [EK] 2019. Euroopa roheline kokkulepe. Brüssel, 24 lk.
- Euroopa komisjon [EK] 2022. Ettepanek: Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus looduse taastamise kohta. Brüssel
- European Commission [EC] 2020. Strategic Plan 2020–2024. DG AGRI, 55 p.
- Kõlli, R. 2023. Eesti maismaa-ökosüsteemid rohepöörde tõmbetuultes. – Põllumajandus ja keskkond 2023. Eesti Maaülikool, lk. 7–17.
- Kõlli, R., Ellermäe, O., Rannik, K. 2006. Soil cover constraints and degradation in Nordic rural areas. – Archives of Agronomy and Soil Science 52 (2), 139–147.
- Kõlli, R., Ellermäe, O., Soosaar, K. 2004. Soil cover as a factor influencing the status of the environment. – Polish J. Soil Science 37, I, 65–75.
- Labouyrie, M., Ballabio, C., Romero, F., Panagos, P., Jones, A., Schmid, M.W., Mikryukov, V., Dulya, O., Tedersoo, L., Bahram, M., Lugato, E., van der Heijden, M.G.A., Orgiazzi, A. 2023. Patterns in soil microbial diversity across Europe. – Nature Communications 14, 3311, pp 1–21.
- Lahmar, R., de Tourdonnet, S., Barz, P., Düring, R.-A., Frielinghaus, M., Kõlli, R., Kubat, J., Medvedev, V., Netland, J., Picard, D. 2006. Prospects for conservation agriculture in northern and eastern European countries, lessons of KASSA. In: Book of proceedings: IX ESA Congress, Warszawa, pp 77–88.
- Lal, R. 2022. Reducing carbon footprints of agriculture and food systems. – Carbon Footprints 1, 3, 19 pp.
- Michael Succowi Sihtasutus (MSS, Saksamaa), Eestimaa Looduse Fond (ELF, Eesti), Leedu Looduse Fond (LLF, Leedu), Järvede ja Turbamaade Uuringute Keskus (JTUK, Läti) [MSS, ELF, LLF, JTUK] 2019. Märgalaviljeluse rakendamine Baltimaades. Teostatavusuuring. Tartu
- Montanarella, L., Panagos, P. 2021. The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal. – Land Use Policy 100, 104950, pp 1–6.
- Projekt ELME. Elurikkuse sotsiaal-majanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid. <http://www.keskkonnaagentuur.ee/elme> (27.12.2023)
- Reyes-Sánchez, L.B., Horn, R., Costantini, E.A.C. (eds.) 2022. Sustainable soil management as a key to preserving soil biodiversity and stopping its degradation. IUSS. Vienna,
- Zanella, A., Ponge, J.-F., Jabiol, B., Sartori, G., Kolb, E., Le Bayon, C., De Waal R., Van Delft, B., Vacca, A., Gobat, J.M., Serra, G., Chersich, S., Andreetta, A., Kõlli, R., Brun, J.J., Cools, N., Englisch, M., Hager, H., Katzensteiner, K., Brethes, A., Broll, G., Graefe, U., Wolf, U., Juilleret, J., Garlato, A., Galvan, P., Zampedri, R., Frizzera, L., Baritz, R., Banas, D., Kemmers, R., Tatti, D., Fontanella, F., Menard, R., Filoso, C., Dibona, R., Cattaneo, D., Viola, F. 2018. Humusica 1, article 5: Terrestrial humus systems and forms – Keys of classification of terrestrial humus systems and forms. – Applied Soil Ecology 122P1, pp 75–86.



# Eesti põllumuldade tallatusest

Tiina Köster, Priit Penu, Elsa Putku

Maaelu Teadmuskeskus

---

**Abstract.** Köster, T., Penu, P., Putku, E. 2024. About soil compaction in Estonian arable soils. – *Agronomy* 2024.

Soil compaction is considered as a major threat to soils. Compaction has many direct and indirect effects on soil properties and agricultural yields. The main problem is the reduced rate of water infiltration and drainage resulting in restricted root growth, decrease in nutrient accessibility and increase in leaching of nutrient and erosion. Therefore, a monitoring study was undertaken to assess soil compaction in mineral soils of Estonia. The study sites were located in 15 fields distributed in different regions of Estonia. All the sites were under crop rotation with mainly well-drained automorphic soils and with few sites on gleyic or gleysols. Soil texture ranged from sandy loam to loam. Sites were sampled three times: 2008, 2013 and 2022. Samples were collected from 5 randomly selected places from each field from 5–10 cm and 20–25 cm depths in two replications. Samples were analysed for texture, bulk density, porosity and organic carbon concentration.

The results revealed high soil compaction in most of the sites but the situation improved during the years. However, still in 2022 half of the fields are in high compaction status (bulk density > 1.45 g cm<sup>-3</sup> for sandy loam and < 1,5 g cm<sup>-3</sup> for loam). The most changeable parameter was the air-filled porosity showing remarkable increase in 2013 compared to 2008 and then decreased again in some extent by 2022. Soils with higher soil organic carbon concentration distinct from other sites with better soil bulk density, total porosity and air-filled porosity. Soil compaction is a problem in investigated fields because bulk density exceeded recommended values for plant growing, also supported by the low aeration porosity in many sites.

**Keywords:** soil compaction, arable fields, crop rotation

---

## Sissejuhatus

Muldade tallamisel on mitmeid otseseid ja kaudseid mõjusid nii põllumajanduskultuuride kasvule ja saagile, aga ka muldade omadustele ja harimisvõimalustele (Shaheb jt, 2021). Tihedaks tallatud muldades halveneb vee- ja õhurežiim, võib suureneda erosioonioht kuna vesi ei imbu mulda vaid liigub mööda kallakut alla haarates kaasa mullaosakesi. Samuti halveneb neis muldades sageli mullastruktuur ja mullaosakesed moodustavad suuremaid panku, mistõttu väheneb nende mullaosakeste pind, kuhu toitained saavad kinnituda. See omakorda soodustab osade toitainete leostumist, mille tagajärjel jääb mulda vähem toitaineid, mis põhjustab madalama saagikuse, teiselt poolt võib seetõttu suureneda keskkonnamisk (Colombi, Keller, 2019). Tihenenud muldade harimine on keerulisem, ettevalmistatud mullapind on ebahütlane ja külvi- ning idanemistingimused halvemad, mistõttu tärgamine võib olla ebahütlane ja taimikus tekivad tühikud, mis on heaks pinnaseks umbrohtude levikule. Samuti on tihenenud mullas peamiselt narmasjuurte levik takistatud, eriti kui mullas on harimissügavusele tekkinud tihes, mille läbimine on taimedel raskendatud (Colombi jt, 2018).



Mulla hea seisundiga, kaasa arvatud sobiva mulla tihedusega saab tagada ökosüsteemi erinevaid teenuseid nagu vee mulda infiltreerumine, taimede normaalne kasv ja areng, taimetoitainete omastamine, sobilikud vee ja õhustatuse tingimused nii taimedele kui mullaelustikule. Muldade vastupanuvõime tallamisele oleneb mitmetest teguritest, millest olulisemad on muldade orgaanilise aine sisaldus, mullaniiskus ja lõimis.

Töö eesmärgiks oli Eesti tootmispõldudel läbiviidava pikaajalise mullauuringu kaudu hinnata muldade tallamise probleemi ulatust ja muutust ajas ning seda mõjuvaid tegureid.

## Materjal ja meetodika

Põllumuldade tihenemise ehk tallamise uuringuga alustati Põllumajandusuuringute Keskuses (PMK) aastal 2008, mil peamiselt Kesk- ja Lõuna-Eestis paiknevatelt tootmispõldudelt asuvatelt uurimisaladelt võeti mullaproovid. Järgmised proovivõturingid toimusid 2013. (va Tuuleveski ala) ning 2022. aastal.

Mulla mahukaalu proovid võeti igal uurimisalal viiest juhuslikult määratud kohast kahest sügavusest (5–10 cm ja 20–25 cm) arvestusega, et ülemine kiht kajastab mulla aktiivse ehk haritava kihi parameetreid ja alumine harimissügavusest allpool oleva kihi omadusi. Vähemalt üks prooviala asukoht valiti selliselt, et see asuks tallamisest enam mõjutatud põllu servas või tehnorajal. Lasuvustiheduse proovid võeti terassilindritega suunaga üleval alla, st sügavuse suunas. Proovide võtmisel tasandati muld silindris servani ning suleti hermeetiliselt plasttopsi. Kogutud proovidest määrati mulla mahuline niiskusesisaldus proovivõtuhetkel, (kuiva mulla) lasuvustihedus, üldpoorsus ning õhuga täidetud pooride maht  $pF_{1,8}$  juures (väliveemahutavuse juures) Eesti Maaülikooli mullateaduse õppetooli Mullafüüsika laboratooriumis ning orgaanilise süsiniku sisaldus (*Dumas* meetodil) määrati PMK Agrokeemia laboris. Uuringu esimesel aastal määrati kõikidelt aladelt mulla lõimise fraktsioonid pipettmeetodil. Tulemusi analüüsiti mitmefaktorilise ANOVaga ja *Tukey post-hoc* testiga.

## Tulemused ja arutelu

Euroopa muldade seisundi kaardirakendusest selgub, et Eesti mullad on ühed kõige riskialtimate tallamise suhtes - Eesti muldadest on 55% hinnatud kõrge tallamisriskiga. Selle hindamise jaoks kasutati erinevaid mullaparameetreid nagu mulla liik, lõimis ja veerežiim. Samas tuleb arvestada, et kõik need mullad ei ole tihenunud, vaid neil on tihenemise oht juhul, kui kasutatakse liiga raskeid põllu- või metsatöö masinaid, samuti suurt karjatamiskoormust (EUSO Soil Health Dashboard, 2024).

Probleem tallamisest tingitud muldade tihenemisega võib tekkida ebasoodsate asjaolude kokkulangemisel, kus rasked koristusmasinad ja näiteks sagedased vihmajärgsed masinad kujundavad olukorra, kus muld tallatakse ja seetõttu rikutakse mulla veere-

žiim. Muld on kõige tundlikum tallamise suhtes peamiselt kõrge niiskusesisalduse korral. Selline olukord tekkis näiteks Läänemaal suvel 2023 (foto 1) ja pildil toodud põllul jäigi põllu servas uus külv teostamata, kuna kinni tallatud roobastes püsis vesi pikka aega.



**Foto 1.** Tallamisest mõjutatud põlluserv Läänemaal.

Muldade tallamise uuringu 15 põllu mullastiku põhjalikud kirjeldused esitati 2008. a aruandes (Reintam, Penu, 2009). Veerežiim oli põldudel valdavalt parasniiske, va Ilmatsalu ja Sakala 3 kus on kuivendatud hüdro-morfseid mullad. Uurimisalade muldade lõimised olid peamiselt kerge ja keskmine liivsavi, erandiks tolmlas liivsavi Võhandu alal. Sakala ala ülemises kihis esines kerge liivsavi ja alumises keskmine liivsavi, seevastu Tuuleveski lõimised olid vastupidised.

Uuringu käigus vaadeldi ka kasvatatavate kultuuride ning külvikorra võimaliku mõju muldade tallamisele. Külvikord, mis hõlmab erinevaid kultuure nagu liblikõielised, heintaimed, raps ja rups samuti erinevad järel- ja vahekultuurid, võivad mulla füüsikalisi omadusi mõjutada positiivselt, sest oma ulatuslikuma juurekavaga mõjutavad muldade struktuuri ja tihedust erinevatel sügavustel. Katsetes on leitud, et tugevate jämedate juurtega kultuurid nagu näiteks raps ja söödaredis vahekultuurina on mõjutanud tihenend muldade omadusi positiivses suunas. Paranesid nii muldade vee- kui õhurežiimi iseloomustavad näitajad (Chen jt, 2014).

Uurimisalad olid teraviljakallakuga külvikorra vaheldumisi liblikõieliste heintaimede või lühiajaliste liblikõieliste kultuuridega välja arvatud Laiuse 2 ala, kus liblikõielisi uuritud perioodil ei kasvatatud (tabel 1).

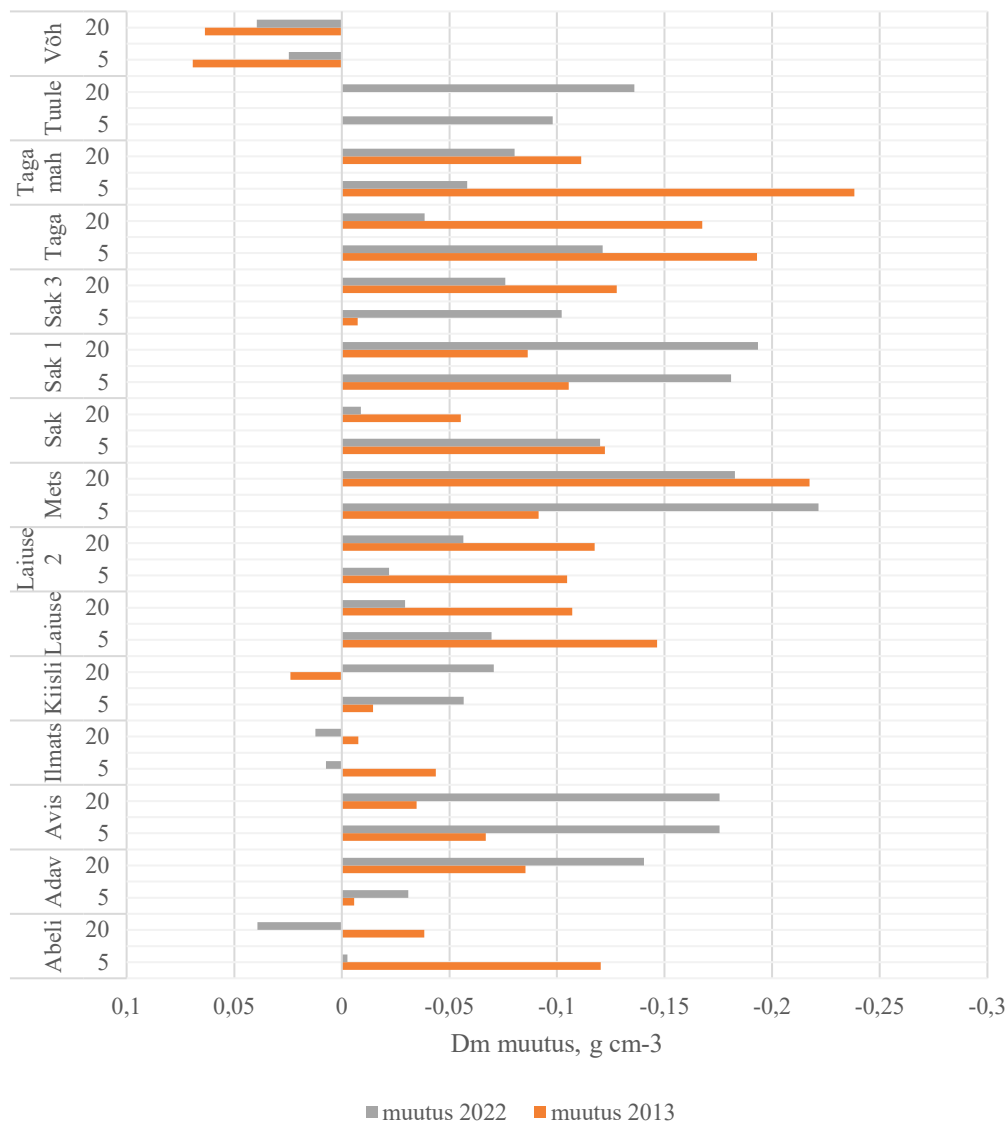
**Tabel 1.** Alade viljavaheldus 2014-2022

Ala	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Abeli	Lõ_h	tR	Mais	Mais	Tv+lõak	Tv	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h
Adavere	Tv	Tv	tR	Tv	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h	Tv	tR
Avispea	Tv	Lõ	Tv	Tv	Tv	Lõ	Tv	tR	Tv
Ilmatsalu	sR	Tv	Tv	Mais	Tv	Tv	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h
Kiislimõisa	Tv	Tv	Tv	Lõ	Tv	tR	Tv	Lõ	Tv
Laiuse	Tv	Tv+lõak	Tv	sR	Tv	Tv	Tv+lõak	tR	Tv
Laiuse 2	Tv	Tv	tR	Tv	Tv	Tv	tR	Tv	Tv
Metstaguse	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h	tR	Tv	Tv	Tv	tR
Sakala	Tv	tR	Tv	Tv	Lõ	Tv	tR	Tv	Tv
Sakala 1	tR	Tv	Tv	Tv	Lõ	Tv	Tv	Lõ_h	Lõ_h
Sakala 3	Tv	Lõ	sR	Tv	Lõ	Tv	Lõ	Tv	Tv
Taga- kaasiku		Tv	Tv	Tv	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h
Taga- kaasiku mahe	Tv	Lõ_h	Lõ_h	Tv	Tv	Tv	tatar	Tv+lõak	Lõ_h
Tuule- veski	tR	Tv	Tv	Tv	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h	tR
Võhandu	Tv	Tv	Tv	tR	Tv	Lõ_h	Lõ_h	Lõ_h	Tv

Lõ\_h – liblikõieline heintaim; tR – taliraps; sR – suviraps, Tv – teravili; Tv+lõak – teravili liblikõielise allakülviga; Lõ - kaunvili

Külvikorra mõju põhjalikumaks hindamiseks tuleks täiendavalt analüüsida ka mullaharimisviise, selgitada millised külvikorras olevad kultuurid ja harimisviisid mõjusid soodsalt muldade olukorra paranemisele. Arvestades mitmete näitajate positiivset muutust aastate jooksul võime väita, et ka külvikord ja viljavaheldus iseenesest aitasid kaasa olukorra paranemisele.

Muldade füüsikalistest omadustest on lasuvustihedus ehk mahukaal üks põhilisi näitajaid, mille abil iseloomustatakse muldade tihenemist. Lasuvustiheduse muutusi aastate lõikes analüüsides selgus, et enamikel uuritud aladel mõlemas sügavuses mahukaal üldiselt vähenes (joonis 1) ehk muldade seisund tallatuse seisukohast paranes. Erandiks on Võhandu uurimisala, kus mahukaalud on võrreldes algaastaga mõlemas kihis suurenenud. Muutused ei ole alati ühesuunalised, sest näiteks Tagakaasiku ja Laiuse alade mõlemal sügavusel vahepealsel proovivõtuaastal (2013 a.) lasuvustihedused oluliselt vähenesid, kuid 2022. aasta tulemused jällegi suurenesid. Tagakaasiku alal põhjustas seda ilmselt asjaolu, et lühiajalise rohumaa tingimustes mulda ei haritud.



**Joonis 1.** Uurimisalade lasuvustiheduse muutus võrreldes uuringu esimese ehk 2008. aastaga

Lasuvustiheduse ja teiste uuritud näitajate varieeruvused korduste vahel olid küllaltki suured ja sellest tulenevalt oli statistiliselt usutavaid erinevusi vähe. 2013. aastal oli statistiliselt usutavalt madalam Metstaguse sügavama kihi mahukaal võrreldes 2008. aasta näitajaga ning usutavalt madalamad olid Tagakaa-siku mahe põldude ülemise kihi mahukaalud. 2022 aasta tulemustest olid usutavate muutustega Metstaguse ala ülemise kihi ja Sakala 1 ala alumise kihi mahukaalu vähenemine võrreldes 2008. aastaga.

Mulla füüsikaliste näitajate, eeskätt mahukaalu aga ka poorsuste määramisel mängib olulist rolli mulla niiskus seisund, sest liigniisked mullad on tallamise suhtes tundlikud, samas töötava kuivendussüsteemi olemasolul esineb muldade tihenemise probleemi oluliselt vähem (Sakala 3 ja Ilmatsalu aladel). Teisalt on tihenendunud liigniisketel muldadel pinnavee kogunemise oht tunduvalt suurem kuna vesi ei infiltreeru mulda. Tuuleveski ala rähkne muld oma kõrge Ca-sisaldusega on hea struktuuriga ja vastupidav tallamisele. Samas tuleb arvestada seda, et rohke korese esinemine mullas võib mõjutada ka lasuvustiheduse määramist, sest sellisest mullast on keeruline homogeenseid proove võtta rähkade tõttu. Samuti mõjutab lasuvustihedust orgaaniliste väetiste lisamine mulda.

Lasuvustiheduse ja lõimise kaudu on määratletud taimede kasvuks kriitilised piirväärtused nii mullale kui taimedele. Nugise ja Lehtveeri (1991) andmetel jääb kriitiline lasuvustihedus mullale kerge ja keskmise liivsavi puhul 1,3-1,5 g cm<sup>-3</sup> piiresse. Eelkriitiline lasuvustihedus taimedele samadel lõimistel on vahemikus 1,5-1,55 g cm<sup>-3</sup>. Keskmistel lõimistel loetakse taimede kasvuks kriitiliseks piiriks 1,6-1,65 g cm<sup>-3</sup>. See on piir millest alates taimede kasvuvõime järsult halveneb (Reintam, 2006). Seega ei ole tihenendunud mullas probleemiks üksnes raskendatud masintööd või kaua seisev pinnavesi, vaid ka taimede juurte läbitungimise võime, juurte kasv ja vee ning toitainete omastamine

Hinnates muldade füüsikalisi näitajaid aastate lõikes näeme, et üldiselt on muldade seisund tihenemist iseloomustavate näitajate osas enamasti paranenud (tabel 2). Uuritud alade muldade mahukaaludest olid proovide võtmise algaastal 74% juhtudel ülemises kihis ja 87% alumises kihis mullale kriitilises seisundis, mis tähendab, et mullad olid tihenendunud, nende struktuursus ja veehoiuvõime vähenenud. Vahepealsel proovivõtmise perioodil toimus selle näitaja osas olukorra paranemine paljudel aladel kuid viimane proovivõtmine näitas jälle mõnedel aladel olukorra halvenemist. Viimasel perioodil oli ülemises kihis 46% ja alumises kihis 53% kriitilises seisundis, kuid positiivsena oli 2 ala ehk 13% alade ülemise kihi seisund hea.

**Tabel 2.** Mulla füüsikalise seisundi ja poorsuse hinnangutabel teraviljakultuuridele valgusfoori süsteemis (aluseks Nugis, Lehtveer, 1991 ja Reintam, Penu, 2009) uurimisaladel mõlemas sügavuses aastate lõikes

Ala, lõimis	Sügavus, cm	Kriitiline mahukaal (Dm) mullale			Kriitiline üldpoorsus mullale			Õhuga täidetud pooride ruumala klassid		
		2008/2013/2022	2008/2013/2022	2008/2013/2022	2008/2013/2022	2008/2013/2022	2008/2013/2022			
Abeli, ls <sub>1</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Adavere, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Avispea, ls <sub>1</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Ilmatsalu, ls <sub>1</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Kiislimõisa, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Laiuse, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Laiuse 2, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Metstaguse, ls <sub>1</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Sakala, ls <sub>1</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	ls <sub>2</sub> 20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Sakala 1, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Sakala 3, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Tagakaasiku, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Tagakaasiku mahe, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	ls <sub>1</sub> 20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Tuuleveski, ls <sub>2</sub>	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
Võhandu, tls	5	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			
	20	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			

Punane ring tähistab kriitilist väärtust parameetri lõikes:  $Dm > 1,5 \text{ g cm}^{-3}$  ( $ls_1$ ) või  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  ( $ls_2$ ); Püld  $< 39$  ( $ls_1$ ) või  $< 41$  ( $ls_2$ ); õhuga täidetud poorid  $< 4\%$ . Kollane ring tähistab keskmist seisundit:  $Dm 1,35\text{-}1,5 \text{ g cm}^{-3}$  ( $ls_1$ ) või  $1,3\text{-}1,45 \text{ g cm}^{-3}$  ( $ls_2$ ); õhuga täidetud poorid 4-12%. Roheline ring näitab head seisundit:  $Dm < 1,35 \text{ g cm}^{-3}$  ( $ls_1$ ) või  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$  ( $ls_2$ ); Püld  $> 39$  ( $ls_1$ ) või  $> 41$  ( $ls_2$ ); õhuga täidetud poorid  $> 12\%$ .

Künnikihi optimaalse mahukaalu saab tagada kõrgema huumuse ehk orgaanilise aine sisaldusega (Põllumuldade seire, 1995). Seda iseloomustab mitmete uurimislade (Adavere, Ilmatsalu, Sakala 3 ja Tuuleveski) parem seisund uuringu algaastal ja enamasti ka olukorra pidev paranemine järgnevatel aastatel. Nendel aladel oli Corg sisaldus 1,2-1,8 korda kõrgem kõikide alade keskmisest näitajast, mis ongi iseloomulik hüdro-morfsetele ja rähksetele parasniisketele muldadele.

Uuritud muldade üldpoorsuse seisund oli üldjuhul positiivsem kui lasuvustiheiduse hinnang ja muutused toimusid enamasti poorsuse suurenemise suunas. Samas esines ka üldpoorsuse vähenemist ülemises kihis Võhandu alal ja alumises kihis Kiislimõisa ja Tagakaasiku aladel. 2022. aastal oli kõikide alade ülemises kihis üldpoorsuse näitaja hea ja alumises kihis mahtus vastavasse klassi 80% aladest. Õhuga täidetud pooride ruumala ehk aeratsioonipoorsuse klass paranes 2013. aasta proovides enamikul uuritud aladel, kuid muutus sageli jällegi kehvemaks 2022. aastal. Samas võib öelda, et võrreldes algaastaga olid kõik uurimisalad aeratsioonipoorsuse osas sarnases või paremas seisus. 2022. aastal oli kõikide alade mõlemas kihis aeratsioonipoorsuse näitaja heas või keskmises klassis.

Lisaks määratud mulla füüsikalistele näitajatele tuleks edaspidistes uuringutes hinnata ka muldade struktuursust, sest mullastruktuur mängib olulist rolli muldade orgaanilise aine dünaamika kujunemisel, samuti mikroobikoosluse struktuuri, veerežiimi ja toitainetega varustatuse tagamisel. Mulla seisundi terviklikumaks hindamiseks on vajalik ka mullabakterite ja seente koosluse, arvukuse ja suhte määramine, sest muldade elustiku hindamine võimaldab ühelt poolt hinnata seda, kas muldade seisund nende majandamise käigus muutub ja teiselt poolt annab ülevaate ka mulla struktuurist ning toitainete liikumisest ja omastamisest (Rashid jt, 2016).

## Kokkuvõte

Pikaajalise uuringu tulemused valitud tootmispõldudel näitasid paljudel aladel muldade mahukaalu vähenemist, kuid paraku on ainult kahe ala ülemises mullakihis mahukaal uuringu viimasel aastal heas seisundis. Seega on kokkuvõttes uuringu põllud siiski jätkuvalt kriitiliselt tihenenud ja kasutatavad külvikorrad leevendasid seda aastate jooksul ent oluliselt ei parandanud. Siiski on muldade seisund üldpoorsuse ja aeratsioonipoorsuse osas pigem rahuldav ja hea. Samas tuleb ka välja tuua, et kuna muldade omadused on erinevad ning varieeruvad nii ilmastiku kui harimiste ja kasvatatavate kultuuride mõjud, siis mõõdetud näitajad varieerusid nii laiades piirides ja enamusi neist ei saa statistiliselt usutavaks lugeda.

Muldade seisundi parandamiseks võiks vältida liiga märgade muldade tallamist raskete põllutöömashinatega, samuti oleks soovitatav juba tihenenud muldade omaduste parandamiseks kasvatada külvikorras heintaimi või sügavajuurelisi järele- või vahekultuure, mille mulda viimine suurendaks ühtlasi ka mulla orgaanilise süsiniku sisaldust, mis omakorda parandab ka muldade omadusi.

**Kasutatud kirjandus**

- Chen, G., Weil, R.R., Hill, R.L. 2014. Effects of compaction and cover crops on soil least limiting water range and air permeability. – *Soil and Tillage Research* 136, pp 61-69.
- Colombi, T., Keller, T. 2019. Developing strategies to recover crop productivity after soil compaction – A plant eco-physiological perspective. – *Soil and Tillage Research* 191, pp 156-161.
- Colombi, T., Torres, L.C., Walter, A., Keller, T. 2018. Feedbacks between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth – A vicious circle. – *Science of the Total Environment* 626, pp 1026-1035.
- EUSO Soil Health Dashboard EU SOIL OBSERVATORY (europa.eu) (23.01.2024)
- Nugis, E., Lehtveer, R. 1991. Eesti muldade masindegardatsiooni ulatusest. Mullakaitseprobleeme Eestis. Tallinn „Valgus“, lk 63-75.
- Põllumuldade seire. 1995. Ülevaade 1983-1992 tehtud uurimustest. Tallinn. Käsikiri. RE Eesti Maaüringud.
- Rashid, M.I., Mujavar, L.H., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, I.M.I., Oves, M. 2016. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. – *Microbiological Research* 183, pp 26-41.
- Reintam, E. 2006. Changes in soil properties, spring barley (*Hordeum vulgare L.*) and weed nutrition and community due to soil compaction and fertilization on sandy loam Stagnic-luvisol. Doktoritöö, Eesti Maaülikool, Tartu, 159 lk.
- Reintam, E., Penu, P. 2009. Eesti põllumuldade tallatuse seire 2008. aastal. Aruanne. Eesti Maaülikool, Põllumajandusuuringute Keskus, Tartu-Saku, 65 lk.
- Shaheb, Md R., Venkatesh, R., Shearer, S.A. 2021. A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production. – *Journal of Biosystems Engineering* 46, pp 417-439.



## Orgaaniline süsinik mullas – kuidas seda arvutada?

Elsa Putku<sup>1</sup>, Priit Penu<sup>1</sup>, Evelin Pihlap<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Maaelu Teadmuskeskus, põllumajandusuuringute osakond, <sup>2</sup>Rootsi Põllumajandusülikool, mullastiku ja keskkonna osakond

---

**Abstract.** Putku, E., Penu, P., Pihlap, E. 2024. Soil organic carbon – how to calculate? – Agronomy 2024.

Soil organic carbon (SOC) is one of the key parameters in determining soil fertility, improving soil structure, regulating water regimes and nutrient-holding capacity. SOC is characterized by soil organic carbon stock, which is calculated for a land area using SOC concentration and bulk density (BD). Traditionally, SOC stock calculation is based on a fixed depth (FD) approach; however, it has been argued to give misleading results. The problem lies in the assumption of constant BD within the depth profile, but it increases or decreases with time due to disturbances, changes in land management, moisture and tilling practices. When BD is taken as a fixed measure, it promotes errors in the estimates of SOC stock when comparisons between land management or time-series analysis are applied. Therefore, several approaches have been proposed to consider the soil mass differences at different time points or land uses, in which, one of the commonly used methods is the equivalent soil mass (ESM) approach. This correction is required when SOC stock evaluations are used as benchmark for the emerging carbon market. The objective of this study was to calculate SOC stocks for no-till and conventional farming sites in Estonia to demonstrate the differences between FD and ESM methodologies. Study sites were sampled at two different time intervals: first sampling, referred to year 0 (Y0), and ten years later (Y10) from three different sampling depths (0–5 cm, 5–15 cm, 15–25 cm) with two field replicates. To calculate the SOC stock for the FD and ESM approaches we used following variables: upper and bottom soil layer depth (cm), SOC concentration (%) and bulk density ( $\text{g cm}^{-3}$ ). The results indicate differences in SOC stock values between the FD and ESM methods when there are significant changes in soil mass over time, which can result in considerable gain or loss in money in the carbon credit context. The current analysis evaluated a small dataset; however, it underlined the need to apply these SOC stock methodologies to a larger and comprehensive dataset.

**Keywords:** SOC stocks, equivalent soil mass, carbon credit, soil reference mass

---

### Sissejuhatus

Mulla orgaaniline aine (MOA) on üks olulisemaid komponente mulla koostises pak- kudes elutegevuseks keskkonda mullaelustikule ning olles otseseks reservuaariks taime toiteelementidele. MOA parandab mulla struktuursust, veehoiuvõimet, taime toiteelementide neelamisvõimet ja puhverduisvõimet (Astover, Leedu, 2017). Täna- päeval aset leidev intensiivne põlluharimine, kus orgaanilise aine mineraliseeru- mine on suurem kui mulda tagastamine, on oluliselt vähendanud mulla orgaanilise süsiniku ( $C_{\text{org}}$ ) sisaldust. Kuna MOA on oluline indikaator mulla seisundi kirjelda- miseks, on välja töötatud lahendusi nagu süsinikuprogrammid, mis motiveeriksid tootjaid rakendama kestlikke mullamajandamistavasid suurendamaks MOA sisal- dust ja toiteelementide tagastust. Eestis on süsinikuprogrammide põhieesmärgiks maksta tootjatele rahalist tasu  $C_{\text{org}}$  sidumise eest mullaprofili, mis nõuab regulaar- set ja usaldusväärset mulla  $C_{\text{org}}$  varu määramist ja seiret. See on aga teadusmaasti-

kul muutnud aktuaalseks mulla orgaanilise süsiniku varu hindamise meetodikad ja nende kitsaskohad (Ellert, Bettany, 1995; Lee jt, 2009; Gross, Harrison, 2018; von Haden jt, 2020; Don jt, 2024).

Mulla orgaanilise aine kontsentratsiooni hinnatakse läbi  $C_{\text{org}}$  sisalduse, mis moodustab ca 58% (40–71%) orgaanilisest ainest (Pribyl, 2010). Kompleksnäitajana kasutatakse mulla orgaanilise süsiniku varu ( $C_{\text{org}}$  varu), mis hindab mulla orgaanilise süsiniku kogust ruumala ühiku kohta (valem 1).  $C_{\text{org}}$  varu ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) arvutatakse traditsioonilise valemiga:

$$C_{\text{org}} \text{ varu} = C_{\text{org}} (\%) * D_m * D, \quad (1)$$

kus  $C_{\text{org}}$  on mulla orgaanilise süsiniku sisaldus (%),  $D_m$  on mulla lasuvustihedus ( $\text{g cm}^{-3}$ ) ja  $D$  on mullakihi tüsedus (cm).

$C_{\text{org}}$  varu hindamisel ja arvutamisel keskendutakse puhtale orgaanilise süsiniku kogusele, kuid muld on kompleksne keskkond sisaldades materjale, mis suurendavad  $C_{\text{org}}$  varu arvutamise viga. Standardselt määratakse mulla  $C_{\text{org}}$  sisaldus mulla peenest (<2 mm osakesest), mistõttu nõuab  $C_{\text{org}}$  varu arvutamine korese massi ja mahu korrektuuri kasutamist (Poeplau jt, 2017). Sõltuvalt uurimisala lähtematerjalist ja mullaliigist, võivad ka karbonaadid moodustuda olulise osa mineraalosa massist. Selle tõttu on karbonaatsetel muldadel puhta mineraalmassi arvutamiseks oluline eemaldada mineraalosas karbonaatide mass, mis suure sisalduse korral võib näiteks Põhja-Eestis suurendada  $C_{\text{org}}$  varu arvutamise viga.

Traditsioonilise  $C_{\text{org}}$  varu arvutamise meetodi (valem 1) käigus arvutatakse varu kindlale mullakihihile, mida nimetatakse „fikseeritud sügavusega“ lähenemiseks ehk *fixed depth approach* (FD). Ka Eestis on kasutatud sama meetodit võttes reeglina arvesse huumushorisoni (Ahor) tüsedust ning vajadusel ümberarvutades muule mulla kihi tüsedusele. FD meetodiga arvutatud  $C_{\text{org}}$  varu kirjeldab uurimisala hetkeseisu ehk süsiniku kogust proovivõtu hetkel olnud ruumala ühiku kohta, mis on lihtne meetod üksikala kirjeldamiseks. Mulla lasuvustihedus ( $\text{g cm}^{-3}$ ) ehk mulla mass ruumala ühiku kohta on aga dünaamiline näitaja, mis reageerib koheselt nii ilmastikutingimustele (kuiv muld vs märg muld) kui ka mulla majandamise muutustele (sügav künd, minimeeritud harimine, otsekülv) peegeldades seda kas mullakihi tihenemisega (kõrge lasuvustihedus), mullakihi suurema kobestatusesega (madal lasuvustihedus) või kultuuri mõjuga (nt rohumaa) (Koga jt, 2020; Li jt, 2020; Topa jt, 2021; Strock jt, 2022). Kuna lasuvustihedusel on  $C_{\text{org}}$  varu arvutamisel oluline roll, siis erinevus mulla massis mõjutab otseselt  $C_{\text{org}}$  varu väärtusi (valem 1). FD arvutuskäik on palju kriitikat saanud (Ellert, Bettany, 1995; Wendt, Hauser, 2013), kui seda rakendatakse aegrea  $C_{\text{org}}$  varu hindamisel ja erinevate majandamisviiside võrdlemisel, kuna FD meetodi puhul ei arvestata mulla massis toimunud muutusi, sest lasuvustihedus on FD valemis staatiline parameeter. See on toonud erinevaid täiendusi  $C_{\text{org}}$  varu arvutamisse, millest kõige tuntum on standardse mulla massi ehk *equivalent soil mass* (ESM) meetod (Ellert, Bettany, 1995). Selle meetodika põhiselt arvutatakse mulla kumulatiivne mineraalmass ruumalaühiku kohta ja defineeritakse referentsmass, mille alusel korrigeeritakse uurimisala mineraalmassi korduvmõõtmisel (Ellert, Bettany, 1995; von Haden jt, 2020). Taoline korrigeerimine tagab, et

$C_{org}$  varu oleks arvatud samaväärse ruumalaühiku kohta, mis võimaldab andme-rea võrdlusi teha samaväärsetel alustel. MOA muutus mõjutab kogu mullamassi, mistõttu on eelistatud kasutada just mulla mineraalmassi. ESM meetodit soovitakse kasutada nii IPCC kui ka FAO poolt (IPCC, 2019; FAO, 2019) ning viimasel aastatel leiab ka üha rohkem näiteid kirjandusest (Meurer jt, 2018; Krauss jt, 2022; Fowler jt, 2023). Samuti on ESM meetodi laialdasemaks kasutusele võtuks koostatud statistika tarkvara R kood (von Haden jt, 2020; Ferchaud jt, 2023) ja ka Exceli põhised (Fowler jt, 2023) töölehti, et muuta meetodi kasutamine võimalikult mugavaks ja lihtsaks.

Eestis ei ole ESM meetodit katsetatud  $C_{org}$  varu ega teiste mulla karakteristikute-ega, mistõttu on artikli eesmärk esimest korda tutvustada ja hinnata nii FD kui ESM meetodit Eesti põllumuldadel otsekülvi uuringu alade näitel. Otsekülvi ja tavaharimise võrdlemisel on eriti oluline jälgida  $C_{org}$  varu arvutamise meetodit, sest lasuvustihedus ja selle muutused aegreas võivad olla erisuunalised nii sügavuskihtide kui tehnoloogiate võrdluses.

## Materjal ja meetodika

$C_{org}$  varu arvutamise meetodite võrdlemiseks kasutati Maaelu Teadmuskeskuse (METK) otsekülvi uuringu vaatluspõlde: kaks otsekülvi ala (O1 ja O6) ning kaks tavaharimisega põldu (K1 ja K3) (METK, 2023). Põldudel kasutatud agrotehnoloogia oli tootjate valitud ja seetõttu otseselt mõjutatud tootjate otsustest ehk tegemist ei olnud katsepõldudega. Põldudelt võeti proovid aastal 0 (Y0) ja 10 aastat hiljem (Y10). Uuringu raames koguti proovid kahes korduses kolmelt sügavuselt (0–5 cm, 5–15 cm ja 15–25 cm). Võetud proovidest määrati  $C_{org}$  (%) kontsentratsioon kuivpõletamise meetodil (*Dumas*’ meetod, ISO 10694:1995) ja lasuvustihedus ( $g\ cm^{-3}$ ). Lasuvustihedus määrati 100  $cm^3$  silindriga kogutud mullaproovidest, mida kuivatati 48 h 105 °C juures ja antud mulla massi alusel arvutati lasuvustihedus (ISO 11272:2017, silindrite meetod). K1 ja O1 põldudel olid teraviljakülvikorrad ning K3 ja O6 põldudel olid vahetult enne kordusproove lühiajalised rohumaad. Põldudel oli parasniiske muld kerge ja keskmise liivsavi lõimisega, huumushorisoni (Ahor) tusedust Y0 ei mõõdetud aga viimasel mõõtmisel (Y10) olid tusedust ~30 cm kõiki-del aladel (tabel 1).

**Tabel 1.** Uurimisalade kirjeldus

Põld	Siffer <sup>1</sup>	Lõimis <sup>2</sup>	Tehnoloogia	Maakond	Ahor (Y10), cm
O1	Ko	ls <sub>2</sub>	otsekülv	Viljandi	30
O6	LP	sl/ls <sub>1</sub>	künd	Tartu	32
K1	Ko(g)	ls <sub>2</sub> /ls <sub>1</sub>	otsekülv	Viljandi	29
K3	LP; LkIg	ls <sub>1</sub>	künd	Valga	31

<sup>1</sup> Ko – leostunud muld, LP – näivleetunud muld, LkIg – gleistunud nõrgalt leetunud muld (mullastiku kaardi alusel)

<sup>2</sup> lõimised on O6 põllul mullastiku kaardi alusel, teistel määratud laboratoorselt pipettmeetodil (ISO 11277:1998) 2012 a. ls<sub>1</sub> – kerge liivsavi, ls<sub>2</sub> – keskmine liivsavi, sl – saviliiv

$C_{\text{org}}$  varu arvutamiseks nii FD kui ka ESM meetodil kasutati von Haden jt, (2020) koostatud R (vabavaraline programmeerimiskeel) koodi, milles kasutatud valemid ja mudelid koos R koodiga on kirjeldatud detailselt von Haden jt, (2020) artikli lisas. Sisuliselt põhines andmeanalüüs järgneval selgitusel. Sisendandmed, mille alusel arvutati  $C_{\text{org}}$  varu nii FD kui ka ESM meetodeid kasutades, olid ülemine ja alumine mullakihi sügavus (cm), lasuvustihedus ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $C_{\text{org}}$  massiprotsent ( $\text{g } C_{\text{org}} / 100\text{g}$  mulla kohta), MOA massiprotsent ( $\text{g MOA} / 100\text{g}$  mulla kohta). ESM metoodika aluseks on võtta referentsmassiks mulla mineraalmass. Seetõttu tehti igal uuritava sügavusel MOA massiprotsendi korrigeerimine, kus mulla massist ( $\text{g}$  mulda  $\text{cm}^{-2}$ ) lahutati MOA mass ( $\text{g MOA cm}^{-2}$ ). Haden jt, (2020) kasutavad kuubikplainide interpolatsiooni ja mulla mineraalmassi, et arvutada kumulatiivset ESM  $C_{\text{org}}$  varu. Käesolevas artiklis võeti  $C_{\text{org}}$  varu ESM meetodi arvutamiseks 0 aasta alade mullakihtide mineraalmass referentsmassiks, mis on aluseks 10 aasta kordusmõõtmiste  $C_{\text{org}}$  varude arvutamisel.

## Tulemused ja arutelu

Harimisviiside võrdluses oli otsekülvaladel  $C_{\text{org}}$  sisaldus ülemises 5 cm kihis suurem kui alumistes proovivõtu kihtides ning 10 aasta jooksul suurenes pindmise kihi  $C_{\text{org}}$  sisaldus 0,3–0,6% (tabel 2). Alumistes kihtides püsis  $C_{\text{org}}$  sisaldus stabiilne väikeste kõikumistega. Lasuvustihedus O6 alal alumistes kihtides 10 a möödudes suurenes oluliselt uuringu alguse 1,44  $\text{g cm}^{-3}$  väärtusest 1,57  $\text{g cm}^{-3}$  lasuvustiheduseni ning O1 alal oli pigem stabiilne. Viimast saab seletada asjaoluga, et põllul kasutatakse otsekülvi juba pikemat aega ja esmane lasuvustiheduse suurenemine on juba toimunud ning saavutatud teatud tasakaaluseisund. Taoline  $C_{\text{org}}$  sisalduse erinevus erinevates kihtides ja alumiste proovivõtukihtide tihenemine otsekülvi aladel on tavapärane, kuna sügavama harimise puudumisel ei toimu mullakihtide homogeniseerimist ja omavahelist segunemist ning taimne materjal kuhjub pindmisesse kihti ja suurendab ülemises kihis  $C_{\text{org}}$  sisaldust (Wander jt, 1998; Yang<sup>a</sup> jt, 2008).

**Tabel 2.** Alade  $C_{\text{org}}$  sisaldus ja lasuvustihedus (Dm) kolmes eri sügavuses (n=2) algaastal (Y0) ning 10 a pärast (Y10) (keskmine  $\pm$  standardhälve)

Ala	Kiht	$C_{\text{org}}$ (%)		Dm ( $\text{g cm}^{-3}$ )	
		Y0	Y10	Y0	Y10
O1	0–5 cm	2,0 $\pm$ 0,16	2,3 $\pm$ 0,21	1,48 $\pm$ 0,03	1,30 $\pm$ 0,10
	5–15 cm	1,7 $\pm$ 0,23	1,6 $\pm$ 0,14	1,50 $\pm$ 0,06	1,50 $\pm$ 0,04
	15–25 cm	1,6 $\pm$ 0,18	1,5 $\pm$ 0,21	1,51 $\pm$ 0,05	1,48 $\pm$ 0,01
O6	0–5 cm	2,0 $\pm$ 0,04	2,6 $\pm$ 0,21	1,28 $\pm$ 0,16	1,32 $\pm$ 0,04
	5–15 cm	1,7 $\pm$ 0,34	1,5 $\pm$ 0,28	1,44 $\pm$ 0,09	1,55 $\pm$ 0,20
	15–25 cm	1,2 $\pm$ 0,11	1,2 $\pm$ 0,28	1,44 $\pm$ 0,04	1,57 $\pm$ 0,10
K1	0–5 cm	2,4 $\pm$ 0,75	2,9 $\pm$ 0,21	1,30 $\pm$ 0,10	1,29 $\pm$ 0,02
	5–15 cm	2,4 $\pm$ 0,50	2,9 $\pm$ 0,21	1,26 $\pm$ 0,00	1,32 $\pm$ 0,04
	15–25 cm	2,2 $\pm$ 0,51	2,5 $\pm$ 0,21	1,33 $\pm$ 0,10	1,34 $\pm$ 0,14
K3	0–5 cm	1,2 $\pm$ 0,08	1,3 $\pm$ 0,14	1,24 $\pm$ 0,12	1,47 $\pm$ 0,07
	5–15 cm	1,1 $\pm$ 0,13	1,3 $\pm$ 0,14	1,31 $\pm$ 0,08	1,51 $\pm$ 0,01
	15–25 cm	1,2 $\pm$ 0,15	1,2 $\pm$ 0,07	1,44 $\pm$ 0,08	1,48 $\pm$ 0,06

Otsekülvi alade alumiste kihtide peamiseks  $C_{org}$  allikaks on põllukultuuri juurte poolt toodetud orgaanilised ühendid ja juurte lagunemine (Pausch jt, 2018; Kuzyakov jt, 2000; Huang jt, 2021), mis O1 ja O6 alade tulemuste põhjal ei olnud piisavaks allikaks, et suurendada alumiste kihtide  $C_{org}$  sisaldust (tabel 1). Seda ei kompenseerinud O6 põllu puhul ka rohumaakultuuride juurekava, põhjustades alumiste kihtide tihenemist ja seetõttu ka mulla mineraalmassi muutusi ruumalaihiku kohta. Taoline mullamassi muutumine alal O6 põhjustas  $C_{org}$  varu arvutamisel FD meetodil 10 aasta möödudes  $C_{org}$  varu ülehindamise mulla kõikides sügavuskihtides. Kõige suurem oli erinevus alumises kihis, kus näitaja suurenes lausa 10,8% võrra (joonis 1, tabel 3).

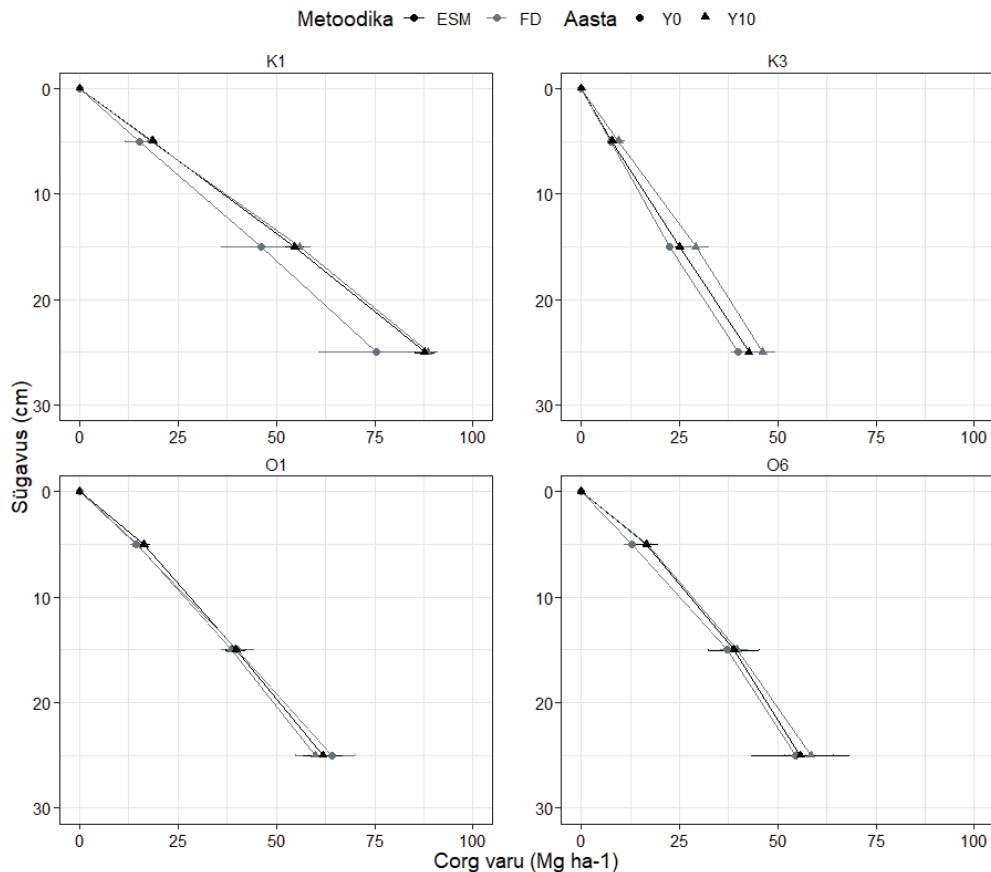
**Tabel 3.** Keskmise  $C_{org}$  varu ( $Mg\ ha^{-1}$ ,  $n=2$ ) mulla sügavuskihtides ESM ja FD meetodiga arvutades ja tulemuste erinevused

Ala	Kiht	$C_{org}$ varu, FD		$C_{org}$ varu, ESM	Erinevus, FD-ESM	Erinevus, % FD-ESM
		Y0	Y10	Y10		
O1	0–5 cm	14,4	14,56	16,41	-1,85	-12,61
	5–15 cm	25,6	23,90	23,30	+0,60	+2,43
	15–25 cm	24,1	21,44	22,19	-0,75	-3,73
O6	0–5 cm	12,9	16,79	16,60	+0,18	+1,44
	5–15 cm	24,2	22,94	22,26	+0,68	+3,24
	15–25 cm	17,5	18,69	16,95	1,75	+10,85
K1	0–5 cm	15,3	18,4	18,6	-0,2	-1,3
	5–15 cm	30,7	37,6	36,1	+1,4	+3,8
	15–25 cm	29,2	32,6	33,0	-0,4	-1,3
K3	0–5 cm	7,6	9,6	8,0	+1,6	+15,6
	5–15 cm	14,7	19,6	17,1	+2,5	+12,6
	15–25 cm	17,7	17,0	17,5	-0,6	-3,3

Tavaharimisega põldudel (K1 ja K3 uurimisalad) jaotus  $C_{org}$  sisaldus ühtlaselt kogu uuritud profiilis, mis on tavaharimise põldudele omane (Yang<sup>b</sup> jt, 2008), ning K3 alal aastate vahelises võrdluses ka suurenes (tabel 2). Lasuvustiheduse järgi oli K1 alal seisund hea ning suuri muutuseid perioodi jooksul ei toimunud, kuid seevastu K3 alal kõikides kihtides muld tihenes, mis oluliselt mõjutas ka FD ja ESM  $C_{org}$  varu tulemuste erinevusi (joonis 1, tabel 3). K3 uurimisalal toimunud lasuvustiheduse muutused olid 10 aasta jooksul kõige suuremad, mis tingis ka suurima  $C_{org}$  varu ülehindamise juhul kui mineraalmassi korrektoori FD meetodil ei rakendata. Mulla pindmises kihis oli vastav näitaja 15,6% ja 5–15 cm kihis 12,6%. FD ja ESM tulemuste võrdlemisel selgus, et K3 alal 0–25 cm mullakihi ilma korrektooriga 3,5  $Mg\ ha^{-1}$   $C_{org}$  varu hinnati üle. Süsinikukrediidi kontekstis tähendab see näiteks antud juhul 12,8 tonni  $CO_2$  ja seega rahalises arvestuses märkimisväärset erinevust ca 380 EUR  $ha^{-1}$  ( $CO_2$  hind 30 EUR  $t^{-1}$ ). FD arvutuse puhul oleks  $C_{org}$  varu muutusest tulenev süsinikukrediidi hind 680 EUR  $ha^{-1}$  ja ESM puhul vastavalt 300 EUR  $ha^{-1}$ .

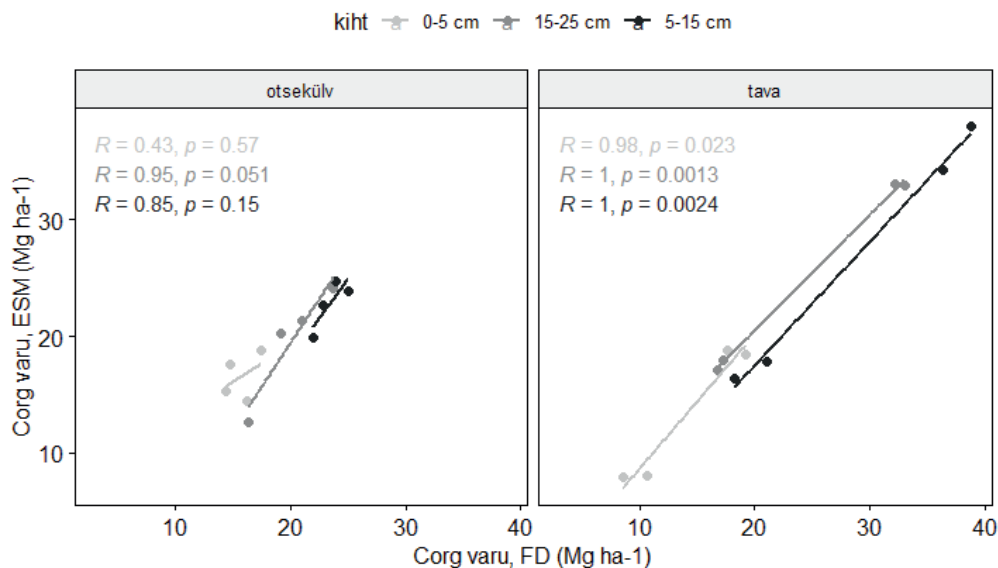
Kui lasuvustiheduse muutused aegreas olid väiksemad, olid  $C_{org}$  varu erinevused erinevate meetodikate võrdluses ka tagasihoidlikumad (K1). Taolised  $C_{org}$  varu tulemuste sõltuvused lasuvustihedusest tõstavad esile ESM meetodika rakendamise

olulisuse, et minimeerida nii positiivset kui ka negatiivset  $C_{\text{org}}$  varu muutuste ülevõti alahindamist (joonis 1).



**Joonis 1.** Keskmine kumulatiivne  $C_{\text{org}}$  varu 0–25 cm sügavusel kasutades FD ja ESM meetodeid. Vurrud kirjeldavad keskmiste tulemuste ( $n=2$ ) standardhälvet

Otsekülvi alade  $C_{\text{org}}$  varud kihtide kaupa ei korreleeru statistiliselt usutavalt kahe erineva meetodiga arvatud lähenemistes kordusmõõtmisel (Y10) (joonis 2). Eriti suur erinevus ilmneb loogiliselt ülemises kihis, kus toimused ka suurimad muutused nii  $C_{\text{org}}$  sisalduses kui ka lasuvustiheduses ning see näitab hästi selle kihi mullaomaduste erinevust võrreldes alumiste kihtidega. Seevastu tavaharimisega variantides oli statistiliselt usutav seos kahe meetodi vahel kõikides kihtides. Seega saab konkreetsete põldude näitel väita, et tavaharimisega põldudel pigem ei sõltu  $C_{\text{org}}$  varu kasutatud arvutusmeetodist, ent otsekülvi puhul võib oluliselt erineda ja neil põldudel tuleks kasutada eelistatult ESM meetodit.



**Joonis 2.** Korrelatsioonanalüüs aastal 10 arvutatud  $C_{org}$  varudele kihtide kaupa kasutatades ESM ja FD meetodeid

## Kokkuvõte

Mulla orgaanilise süsiniku tähtsust nii mullaomaduste mõjutajana kui ka kliimaku- simuste kontekstis on võimatu alahinnata. Sageli on siiski probleeme  $C_{org}$  seisundi ja muutuste hindamisega ja sellega kaasnevad erinevad riskid ehk meetodilised probleemid. Enamasti ei piisa  $C_{org}$  seisundi adekvaatseks hindamiseks ainult  $C_{org}$  sisalduse määramisest mulla ülemises kihis, vaid seda tuleb hinnata kompleksnäitajate kaudu. Käesolevas artiklis esitatud andmetest selgus, et hea näitaja on  $C_{org}$  varu, kuid sellegi näitaja arvutamisel tuleb kriitiliselt jälgida erinevaid alusparameetreid ja kasutada meetodeid, mis vähendaksid andmevigade riske. Vastavate mullaomaduste ajaliseks hindamiseks tuleb kasutada kindlasti sama meetodit. Kuivõrd  $C_{org}$  varu sõltub lisaks  $C_{org}$  sisaldusele (%) ka mulla lasuvustihedusest ehk mulla massist, mis omakorda on mõjutatud ajutistest mõjuteguritest (harimisviis, mullaniiskus jne), siis on laialdaselt kasutama hakatud nn ESM ehk standardse mullamassi meetodit. Traditsiooniline  $C_{org}$  varu arvutamise meetod ehk FD meetod on kasutusel ka Eestis: tüüpiliselt on mullakihiks, millele  $C_{org}$  varu arvutatakse, kasutatud huumushorizonti. Käesolevas artiklis toodud andmetele tuginedes saame väita, et kuigi kogu valimi osas kahe meetodi vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei ilmnenud, siis konkreetsel alal võisid kahe meetodi erinevused olla suhteliselt suured. Meetodite vahel olid suuremad lahknevused otsekülvi põldudel ja kus oli kasutatud külvikorras lühiajalisi rohumaid. Kasutades näiteks süsinikukrediidi süsteemides rakendatud  $C_{org}$  hindu, siis võib samal põllul erinevate meetodite rahaline erinevus ulatuda kuni 380 EUR ha<sup>-1</sup>.



## Kasutatud kirjandus

- Astover, A., Leedu, E. 2017. Mulla ABC II osa. Mulla orgaaniline süsinik. Eesti Maaülikool. Tartu
- Don, A., Seidel, F., Leifeld, J., Kätterer, T., Martin, M., Pellerin, S., Emde, D., Seitz, D., Chenu, C., 2024. Carbon sequestration in soils and climate change mitigation—Definitions and pitfalls. – *Global Change Biology* 30, e16983.
- Ellert, B.H., Bettany, J.R., 1995. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. – *Canadian Journal of Soil Science* 75, 529–538.
- FAO. 2019. Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems – A scoping analysis for the LEAP work stream on soil carbon stock changes. Rome. 84 pp
- Ferchaud, F., Chlebowski, F., Mary, B. 2023. SimpleESM: R script to calculate soil organic carbon and nitrogen stocks at Equivalent Soil Mass. Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement (INRAE).
- Fowler, A.F., Basso, B., Millar, N., Brinton, W.F. 2023. A simple soil mass correction for a more accurate determination of soil carbon stock changes. – *Scientific Reports* 13, 2242.
- Gross, C.D., Harrison, R.B. 2018. Quantifying and Comparing Soil Carbon Stocks: Underestimation with the Core Sampling Method. – *Soil Science Society of America Journal* 82, 949–959.
- Huang, J., Liu, W., Yang, S., Yang, L., Peng, Z., Deng, M., Xu, S., Zhang, B., Ahirwal, J., Liu, L. 2021. Plant carbon inputs through shoot, root, and mycorrhizal pathways affect soil organic carbon turnover differently. – *Soil Biology and Biochemistry* 160, 108322.
- IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland
- ISO 10694:1995. Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis)
- ISO 11272:2017. Soil quality – Determination of dry bulk density
- ISO 11277:1998. Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation
- Koga, N., Shimoda, S., Shirato, Y., Kusaba, T., Shima, T., Niimi, H., Yamane, T., Wakabayashi, K., Niwa, K., Kohyama, K., Obara, H., Takata, Y., Kanda, T., Inoue, H., Ishizuka, S., Kaneko, S., Tsuruta, K., Hashimoto, S., Shinomiya, Y., Aizawa, S., Ito, E., Hashimoto, T., Morishita, T., Noguchi, K., Ono, K., Katayanagi, N., Atsumi, K. 2020. Assessing changes in soil carbon stocks after land use conversion from forest land to agricultural land in Japan. – *Geoderma* 377, 114487.
- Krauss, M., Wiesmeier, M., Don, A., Cuperus, F., Gattinger, A., Gruber, S., Haagsma, W.K., Peigné, J., Palazzoli, M.C., Schulz, F., van der Heijden, M.G.A., Vincent-Caboud, L., Wittwer, R.A., Zikeli, S., Steffens, M. 2022. Reduced tillage in organic farming affects soil organic carbon stocks in temperate Europe. – *Soil and Tillage Research* 216, 105262.
- Kuzyakov, Y., Domanski, G. 2000. Carbon input by plants into the soil. Review. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163, 421–431.
- Lee, J., Hopmans, J.W., Rolston, D.E., Baer, S.G., Six, J. 2009. Determining soil carbon stock changes: Simple bulk density corrections fail. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 134, 251–256.



- Li, Y., Li, Z., Cui, S., Zhang, Q. 2020. Trade-off between soil pH, bulk density and other soil physical properties under global no-tillage agriculture. – *Geoderma* 361, 114099.
- METK. 2023. Minimeeritud harimise ja otsekülvi mõju muldade omadustele ja keskkonnaseisundile. Uuringu aruanded. [https://metk.agri.ee/mullastik/mullastiku-uuring?view\\_instance=7&current\\_page=1#otsekulvi-minimeeri](https://metk.agri.ee/mullastik/mullastiku-uuring?view_instance=7&current_page=1#otsekulvi-minimeeri) (05.01.2023)
- Meurer, K.H.E., Haddaway, N.R., Bolinder, M.A., Kätterer, T. 2018. Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil—A systematic review using an ESM approach. – *Earth-Science Reviews* 177, 613–622.
- Pausch, J., Kuzyakov, Y. 2018. Carbon input by roots into the soil: Quantification of rhizodeposition from root to ecosystem scale. – *Global Change Biology* 24, 1–12.
- Poepflau, C., Vos, C., Don, A. 2017. Soil organic carbon stocks are systematically overestimated by misuse of the parameters bulk density and rock fragment content. – *SOIL* 3, 61–66.
- Pribyl, D.W. 2010. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. – *Geoderma* 156, 75–83.
- Strock, J.S., Johnson, J.M.F., Tollefson, D., Ranaivoson, A. 2022. Rapid change in soil properties after converting grasslands to crop production. – *Agronomy Journal* 114, 1642–1654.
- Topa, D., Cara, I.G., Jitäreanu, G. 2021. Long term impact of different tillage systems on carbon pools and stocks, soil bulk density, aggregation and nutrients: A field meta-analysis. – *CATENA* 199, 105102.
- Wander, M.M., Bidart, M.G., Aref, S. 1998. Tillage Impacts on Depth Distribution of Total and Particulate Organic Matter in Three Illinois Soils. – *Soil Science Society of America Journal* 62, 1704–1711.
- Wendt, J.W., Hauser, S. 2013. An equivalent soil mass procedure for monitoring soil organic carbon in multiple soil layers. – *European Journal of Soil Science* 64, 58–65.
- von Haden, A.C., Yang, W.H., DeLucia, E.H. 2020. Soils' dirty little secret: Depth-based comparisons can be inadequate for quantifying changes in soil organic carbon and other mineral soil properties. – *Global Change Biology* 26, 3759–3770.
- Yang, X.M.<sup>a</sup>, Drury, C.F., Reynolds, W.D., Tan, C.S. 2008. Impacts of long-term and recently imposed tillage practices on the vertical distribution of soil organic carbon. – *Soil and Tillage Research* 100, 120–124.
- Yang, X.M.<sup>b</sup>, Drury, C.F., Wander, M.M., Kay, B.D. 2008. Evaluating the Effect of Tillage on Carbon Sequestration Using the Minimum Detectable Difference Concept. – *Pedosphere* 18, 421–430.

# Taimikasvatus

Crop production

# Tera- ja kaunviljade puhas- ning segukülvide võrdluskatse esialgsed tulemused

Maarika Alaru<sup>1</sup>, Mailis Korge<sup>1</sup>, Helen Vesik<sup>1</sup>, Kaidi Möll<sup>1</sup>, Indrek Keres<sup>1</sup>, Radwa Mohamed El Emam El Shawi<sup>2</sup>, Stefania Tomasiello<sup>3</sup>, Evelin Loit-Harro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut, <sup>2</sup>Tartu Ülikool, arvutiteaduse instituut,

<sup>3</sup>Salerno Ülikool, tööstustehnoloogia teaduskond, Itaalia

---

**Abstract.** Alaru, M., Korge, M., Vesik, H., Möll, K., Keres, I., El Shawi R., Tomasiello, S., Loit-Harro, E. 2024. Preliminary results of an experiment of pure and mixed seeding of cereal and legumes. – *Agronomy* 2024.

Mixed crops, i.e. growing two or more crops together on the same land simultaneously is becoming more common in Europe in recent years, especially in organic farming or in production systems with fewer inputs. Cultivation of legumes together with cereals in mixed seeding allows to alleviate the latter's nitrogen requirement with nitrogen biologically bound by leguminous plants and at the same time reduces expenses on nitrogen fertilizers. Compared to pure seeding of cereals, mixed seedings are more adaptable and resistant to changing weather conditions, which ensures yield stability and higher protein yield.

In 2022, a field experiment with different seed mixtures was established at the Eerika test field of the Estonian University of Life Sciences, where oats (variety 'Symphony'), barley (variety 'Laureate'), peas (variety 'Casablanca') and vetch (variety 'Hanka') were grown. Mixed crops were oat + pea and barley + vetch. There were two fertilizer variants - the control variant (N0), without fertilizer (N0P0K0) and the variant fertilized with complex fertilizer (N1), where the amounts of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) were respectively 23, 30 and 63 kg ha<sup>-1</sup> (N23P30K63) in four replications.

The maximum grain yield was obtained from pure seeding of both cereals. The weather of the year had a great influence on the results of the experiment, which caused uneven sprouting of legumes, gaps in the herbage, high weeds and low grain yield of pure seeding of peas and vetch. The assumption that the protein yield of mixed seeding is higher than that of pure seeding of cereals was not proven in this experiment. When preparing seed mixtures, the compatibility, competitiveness and ratio of the seeds in the mixture must be carefully observed. The inappropriate ratio of cereals to legumes in the seed mixtures and the interaction of unfavorable weather conditions caused a very small proportion of legumes in the herbage in this experiment and their extremely low yield in both mixed seeding.

**Keywords:** oat, barley, field pea, vetch, protein yield

---

## Sissejuhatus

Segukülvide, st kahe või enama põllukultuuri koos kasvatamine on viimastel aastatel Euroopas ühe enam levinud, seda eelkõige mahepõllumajanduses või väiksema sisendite hulgaga tootmises (Lauk, E., Lauk, R., 2008; Lauk, R., Lauk, E., 2008; Księżak jt, 2023). Kasvatades kaunvilju koos teraviljadega segukülvides võimaldab see leevendada viimaste lämmastikuvajadust liblikõieliste poolt bioloogiliselt seotud lämmastikuga ning aitab seeläbi vähendada lämmastikväetistele tehtavaid

kulutusi. Segukülvide saagikus sõltub suures ulatuses kooskasvatatavate liikide konkurentsivõimest. Kirjanduses leiduvate andmete põhjal võivad kaunviljad (vikk, hernes) avaldada teraviljade (nisu, kaer, oder) terasaagi potentsiaalile väga tugevat mõju (Quiroz, Mulas, 2005). Teraviljadest on kõige suurema konkurentsivõimega kaer, talle järgneb nisu ning kõige väiksema konkurentsitaluvusega on oder (Hauggaard–Nielsen jt, 2001; Rauber jt, 2001; Matveeko jt, 2021). Segukülvid on võrreldes teraviljade puhaskülviga kohanemisvõimelisemad ja vastupidavamad muutlikele ilmastiku tingimustele, aidates tagada stabiilsema saagikuse ja suurema proteiinisaaagi (Hauggaard–Nielsen jt, 2003, 2006; Pużynska jt, 2021)).

Samas võib kaunviljade ja teraviljade segus kasvatamine tõsta teravilja terade proteiinisaldust (Hauggaard–Nielsen jt, 2001) ning vähendada ka haiguste ja kahjurite riski (Księżak jt, 2023). Segukülvid on ka konkurentsivõimelisemad umbrohtude suhtes (Talgre jt, 2005; Hauggaard–Nielsen jt, 2006).

Tulenevalt väetiste hinna tõusust ning ebastabiilsetest ilmaoludest taimekasvatuperioodil vajame võimalusi stabiilse kvaliteediga suure teraviljasaagi tootmiseks. Katse eesmärk oli uurida kaera-herne (K+H) ja odra-viki (O+V) segukülvide tera- ja proteiinisaaagi kujunemist ning vastupanu umbrohtumusele. Uurimuse hüpoteesiks on, et tera- ja kaunvilja segukülvi proteiinisaaik on suurem kui vastava teravilja puhaskülvi proteiinisaaik.

## Materjal ja meetodika

2022. aastal rajati Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllule erinevate seemnesegudega põldkatse, kus kasvatati kaera (sort 'Symphony'), otra (sort 'Laureate'), hernest (sort 'Casablanca') ja vikki (sort 'Hanka'). Segukülvideks olid kaer + hernes ja oder + vikk. Uuritud puhas- ja segukülvide külvisenormid on esitatud tabelis 1. Katseala muld oli *Stagnic Luvisol*; katselapi suurus oli 30 m<sup>2</sup>, sealjuures arvestuslapp saagi suuruse määramiseks oli 20 m<sup>2</sup>. Väetisvariante oli kaks – kontrollvariant (tabelites märgitud N0), ilma väetiseta ja kompleksväetisega väetatud variant (tabelites märgitud N1), kus lämmastiku (N), fosfori (P) ja kaaliumi (K) kogused olid vastavalt 23, 30 ja 63 kg ha<sup>-1</sup> (N23P30K63); kõik katsevariandid olid neljas korduses.

**Tabel 1.** Põldkatse külvised, kasutatud sordid ja nende külvisenormid

Külvis	Sordi nimetus	Külvisenorm	
		id. seemnete arv m <sup>-2</sup>	liikide osakaal, %
Kaer	'Symphony'	500	100
Oder	'Laureate'	500	100
Hernes	'Casablanca'	100	100
Vikk	'Hanka'	ca 290*	100
Kaer + hernes (K+H)	'Symphony', 'Casablanca'	250 + 50	83 : 17
Oder + vikk (O+V)	'Laureate', 'Hanka'	250 + ca 145	64 : 36

\* viki idanevate seemnete arv m<sup>-2</sup> kohta on arvatud tema 1000 tera massi kaudu (viki külvisenorm puhaskülvis ja segus oli vastavalt 120 ja 60 kg ha<sup>-1</sup>).

Puhas- ja segukülvide terasaagid arvatati arvestuslapi saagi alusel  $\text{kg ha}^{-1}$ , terade üldlämmastiku (üldN) sisaldus määrati kuivpõlemismeetodil *varioMAX CNS* elemendianalüsaatoriga (*Elementar*, Saksamaa) ja proteiinisisalduse arutamisel kasutati valemit  $\text{üldN}(\%) \times 6,25$ . Segus olnud kultuuride proteiinisagid arvatati eraldi ja segukülvi kogu proteiinisagid (kaer + hernes e K+H ja oder + vikk e O+V) on nende summa.

Põhikultuuride ja umbrohtude maapealsed biomassid võeti 28. juulil, kui teravili oli piimküpsuses ja kaunvili õitsemisfaasis; proovilapi suurus oli  $0,25 \text{ m}^2$ . Proovid kuivatati  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  juures 5 ööpäeva ja seejärel kaaluti põhikultuuri ja umbrohtude õhukuivad massid eraldi ning arvatati umbrohtude biomassi suurus  $\text{g m}^{-2}$  ja % kogu pinnauhiku biomassist.

Katse külvati 25. mail ja koristati 29. augustil; vikk koristati nii puhaskülvis kui ka segus pärast koristusküpsuse saabumist 21. septembril, seega oli viki kasvuperiood 119 päeva, mis on Poolas aretatud sordi 'Hanka' normaalne kasvuperiood ([www.agrolitpa.lt](http://www.agrolitpa.lt))

Info põldkatse (tabel 2) ilmastikutingimuste kohta koguti ilmajaamast *iMETOS 3.3 (Pessl Instruments GmbH, Austria)* Eerika katsepõllu läheduses. Tulemuste statistilisel analüüsil kasutati Microsoft Excel *ANOVA* korrelatsioon-, dispersioon- ja kirjeldavat analüüsi. Tulemuste usutavus määramisel kasutati *Tukey* testi 95, 99 ja 99,9% tõenäosuse juures, vastavalt  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  ja  $p < 0,001$ . Keskmised näitajad on esitatud koos standardveaga ( $\pm \text{S.E.}$ ).

**Tabel 2.** Keskmised õhutemperatuurid ( $^\circ\text{C}$ ) ja sademete summad (mm) katseperioodil

Kuu	Temperatuur, $^\circ\text{C}$		Sademete summa, mm	
	2022. a.	1964–2022 keskmine	2022. a.	1964–2022 keskmine
Mai	10,3	11,3	46	52
Juuni	17,5	15,5	58	71
Juuli	18,1	17,4	145	69
August	20,2	16,1	60	79
September	9,3	11,0	59	59
<b>Perioodi keskmine/summa</b>	<b>15,1</b>	<b>14,3</b>	<b>368</b>	<b>330</b>

### Tulemused ja arutelu

Puhas- ja segukülvide terasaakide suurus sõltus peamiselt külvisest e külvatud seemnesegust (88% ulatuses kogumõjust), kusjuures väetamine seda usutaval määral ei mõjutanud (põhjuseks arvatavasti liiga väike lämmastikunorm).

### Puhaskülvide terasaak

Maksimaalne terasaak saadi mõlema teravilja puhul puhaskülvidest: odra terasaak varieerus erinevatel väetisvariantidel  $1623\text{--}2320 \text{ kg ha}^{-1}$  vahel, sama näitaja kaera puhaskülvil oli  $1593\text{--}2220 \text{ kg ha}^{-1}$  (tabel 3, joonis 1). Herne ja viki puhaskülvi saa-

gid jäid erinevatel väetisvariantidel vahemikku vastavalt 208–1040 ja 263–720 kg ha<sup>-1</sup>. Kõige stabiilsema terasaagiga oli kaer puhaskülvis (VK 11,6%). Kõige ebaühtlasema saagikusega oli hernes puhaskylvina, mille terasaagi variatsioonikoefitsient (VK; varieeruvus korduste vahel) oli 46%. Ebaühtluselt järgmine oli viki puhaskülvi terasaak (VK 28,6%).

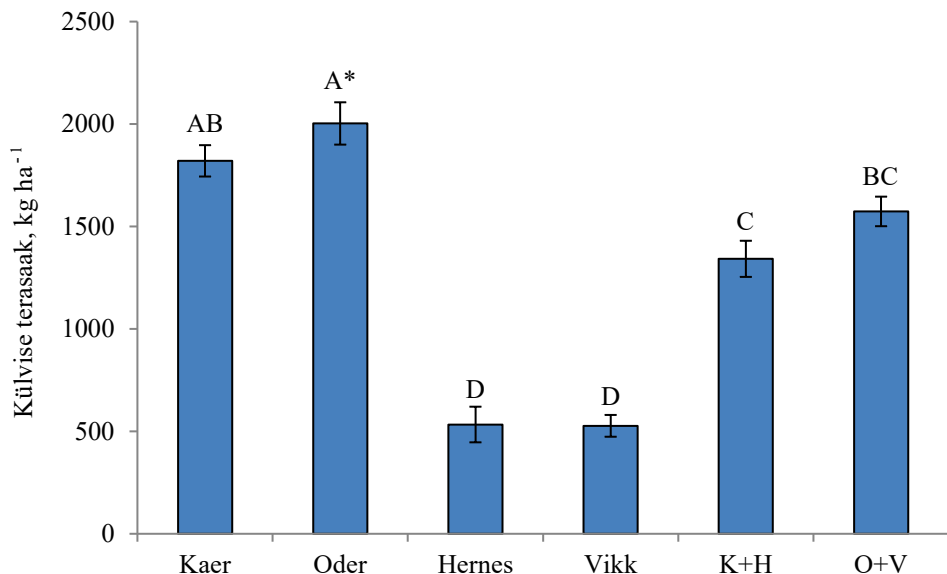
Matveeko jt (2021) leidsid oma uurimuses, et optimaalne aktiivsete temperatuuride (baastemperatuur 10 °C) summa tera koristusküpsuse saavutamiseks on viki jaoks 2000–2200 °C. Poolas aretatud viki sordi kasvuperioodiks on märgitud 120 päeva (www.agrolitpa.lt). Meie katses kogunes aktiivseid temperatuure üksnes 1834 °C.

Kaunviljade, eelkõige herne ebastabiilse terasaagi tingis väga ebaühtlane tärkamine, mis põhjustas taimikus tühimikke ja suure varieeruvuse korduste vahel. Herne ja viki ebaühtlase tärkamise üheks põhjuseks võis olla 2022.a. maikuu madalam temperatuur ja väiksem sademete kogus mais-juunis, st herne ja viki algarengu perioodil. Vähene sademete kogus herne ja viki õitsemise ajal võis samuti vähendada saagikust, sest sellel ajal on nende veevajadus eriti suur ja puudus vähendab saagikust märgatavalt. Viki sordi 'Hanka' pikk kasvuperiood ja hiline koristusküpsus võib saada põhjuseks, miks ta ei sobi Eesti kliimas kasvatamiseks. Näiteks aastal 2023 samas põldkatses jäid viki katselapid liiga hilise koristusküpsuse saabumises tõttu koristamata (tulemused avaldamata). Kui Matveeko jt (2021) uurimuses varieerus viki puhaskülvi terasaak (külvisenormiga 240 idanevat seemet m<sup>-2</sup>) kuivemal ja soojemal aastal 2290 ja sademeterohkemal aastal 3380 kg ha<sup>-1</sup> vahel, siis meie katses varieerus viki saak erinevatel kordustel ja väetisvariantidel 263–720 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabel 3.** Külvise keskmised terasaagid (kg ha<sup>-1</sup>) ja umbrohtumus (g m<sup>-2</sup>) väetatud ja väetamata variantidel aastal 2022

Külvis	N0*	N1
	Terasaak, kg ha <sup>-1</sup>	
Kaer	1708 ± 47 a**	1932 ± 130 a
Kaer_1 (segus hernega)	975 ± 41 b	1218 ± 76 b
Oder	1994 ± 179 a	2112 ± 133 a
Oder_1 (segus vikiga)	1205 ± 64 b	1426 ± 54 a
Hernes	599 ± 156 bc	468 ± 89 bc
Hernes_1 (segus kaeraga)	259 ± 41 c	232 ± 38 c
Vikk	548 ± 74 b	506 ± 86 bc
Vikk_1 (segus odraga)	264 ± 24 c	252 ± 22 c
Kaer + hernes (kokku)	1234 ± 103 a	1450 ± 130 a
Oder + vikk (kokku)	1469 ± 96 a	1678 ± 88 a
	Umbrohtumus, g m <sup>-2</sup>	
Kaer	27 ± 10,0 ab	36 ± 7,6 b
Oder	1 ± 0,5 a	6 ± 1,4 a
Hernes	144 ± 18,3 c	266 ± 23,6 c
Vikk	61 ± 22,3 c	53 ± 8,7 b
Kaer + hernes	42 ± 12,3 bc	64 ± 18,3 ab
Oder + vikk	6 ± 2,8 ab	12 ± 4,7 ab

\* N0 – kontrollvariant, N1 – väetatud variant; \*\* erinevad tähed tulbas tähistavad usutatavat erinevust



**Joonis 1.** Tera- ja kaunviljade puhaskülvi ning segukülvi terasaagid väetisvariantide keskmisena;

\* Erinevad tähed tulpage kohal täistavad usutavat erinevust; K+H - kaer + hernes; O+V – oder + vikk

### Segukülvide terasaak

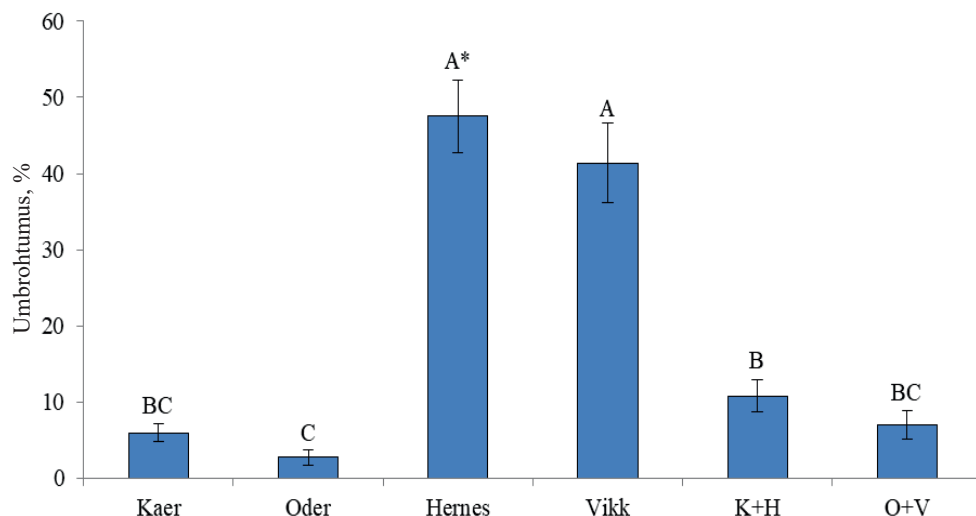
Tera- ja kaunviljade segukülvides toimub tugev liikidevaheline konkurents, kus agressiivsemaks pooleks loetakse kaunvilja (Hauggaard–Nielsen jt, 2001; Lauk, E, ja Lauk, R. 2008), eelkõige nende suurema mullaniiskuse vajaduse ja maapealse biomassi tõttu. Antud katse mõlemas teravilja-kaunvilja segukülvis oli seemnete arv 50% nende puhaskülvide omast, mille tulemusena oli terade vahekord K+H segukülvis 83 : 17 ja O+V segukülvis 64 : 36. Kummagi segukülvi terasaak ei ületanud nende teraviljade puhaskülvi terasaaki varieerudes erinevatel väetisvariantidel K+H ja O+V puhul vastavalt 1088–1718 ja 1460–1840 kg ha<sup>-1</sup> vahel. Lauk, R. ja Lauk, E. (2008) soovivad kaera-herne segu puhul suurema terasaagi saamiseks külvisenormi 250+75 idanevat tera m<sup>-2</sup>, st terade vahekorda vastavalt 77 : 33. Meie katse väiksem herne seemnete osakaal külvisenormis koosmõjus ebasoodsate ilmaoludega viis herne taimede osakaalu pinnaühiku kohta (biomasside suurus määratud herne õitsemisfaasis) väetisvariantide keskmisena vaid 11%. K+H segukülvi terasaagis moodustas herne osa N0 ja N1 väetisvariantides vastavalt 21 ja 16%, mis omakorda põhjustas väiksema segukülvi terasaagi.

O+V segukülvis soovitatakse külvisenormis terade vahekorda 71 : 29 (Matveeko jt, 2021). Antud katse O+V segukülvis oli viki seemnete osakaal võrreldes soovitatuga tunduvalt suurem, kuid terasaagis oli viki osakaal märgatavalt vähenenud moodustades N0 ja N1 väetisvariantidel vastavalt 18 ja 15% kogu segukülvi terasaagist. Nagu eespool öeldud, võis viki 'Hanka' väikse osakaalu põhjuseks segu

terasaagis olla antud sordi jaoks liiga väike aktiivsete temperatuuride summa ja seetõttu hiline koristusküpsus ehk Eesti kliima liiga lühike vegetatsiooniperiood.

## Umbrohtumus

Hõre kaunviljade taimik põhjustas lisaks väga madalale saagikusele ka katselappide suure umbrohtumuse. Umbrohtumuse puhul määratud umbrohu maapealse biomassi suurusel ja umbrohtude arvukuses mõjutab põhikultuuri saagi suurust siiski eelkõige umbrohu biomass. Seetõttu on antud artiklis käsitletud ainult umbrohu biomassi mõju terasaagile (tabel 3; joonis 2). Katse väetisvariantidel kasutatud madal N kogus ei mõjutanud lisaks terasaagile usutaval määral ka umbrohtumust. Samas tendentsina peab märkima, et väetatud variantidel suurenes umbrohtumus 3% (odra puhaskülvis) kuni 13% ja 15% (vastavalt viki ja herne puhaskülvis) võrra.



**Joonis 2.** Tera- ja kaunviljade puhaskülvi ning segukülvi umbrohtumus (% kogu biomassist pinnahikul) väetisvariantide keskmisena;

\* Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad usutavat erinevust; K+H - kaer + hernes; O+V – oder + vikk

Umbrohtude suurem osakaal kaunviljade puhaskülvides võis olla tingitud sellest, et sademetevaene kevad aeglustas herne ja viki algarengut ja lisatud väetis soodustas pigem varaste umbrohtude kasvu. Segukülvide umbrohtumus oli statistiliselt võrdne teraviljade puhaskülvide omaga, sest taimikus domineerisid hea võrsumisvõimega teraviljad.

Kaunviljade taimiku umbrohtumust mõjutas ka sademete ebahütlane jaotus. Tabelist 2 on näha, et juulikuu sademete summa oli aastal 2022 tunduvalt suurem vastavast pikaajalisest keskmisest näitajast (tabel 2). Samas tuli see kogus sade- meid väga lühikese perioodi jooksul, juuli teisel dekaadil, enne mida oli 20 päevane periood, kui sademeid tuli vaid 6,2 mm, millele järgnes taas suhteliselt väikse sade-



mete kogusega (11 mm) 10-päevane periood. Kaunviljade õitsemise ajal on nende niiskusvajadus maksimaalne ja arvatavasti selline ebaühtlane sademete jaotus ei rahuldanud nende vajadusi.

### Proteiinisisaldused ja –saagid

Mineraalse lämmastikuga väetamise mõju antud katses oli nii tera- kui ka kaunviljade proteiinisisaldusele statistiliselt ebausutav ( $p > 0,05$ ), mis võis olla tingitud katses kasutatud madalast lämmastikunormist (tabel 4). Pużyńska jt. (2021) leidsid oma töös, et segu herne proteiinisisaldus on madalam kui tema puhaskülvi omas. Meie katses proteiinisisalduses usutavat erinevust tera- ja kaunviljade puhas- ja segukülvide ning ka väetisvariantide vahel ei olnud. Tera- ja kaunviljade proteiinisisaldus erinevatel väetisvariantidel ja kordustel varieerus vastavalt 11,4–14,2% ja 20,0–23,8% vahel. Kui teraviljade proteiinisisaldus terades oli üldiselt nende liigi kohta rahuldav, siis herne ja viki proteiinisisaldused olid madalad. Vikki peetakse kõrge proteiinisisaldusega kaunviljaks, mille terade toorproteiinisisaldus on 24–32% (Nguyen jt, 2020; www.agrolitpa.lt). Meie katses sort 'Hanka' proteiinisisaldus ei ulatunud nii kõrgele ühelgi katselapil varieerudes viki puhaskülvides 22,7–23,8% vahel.

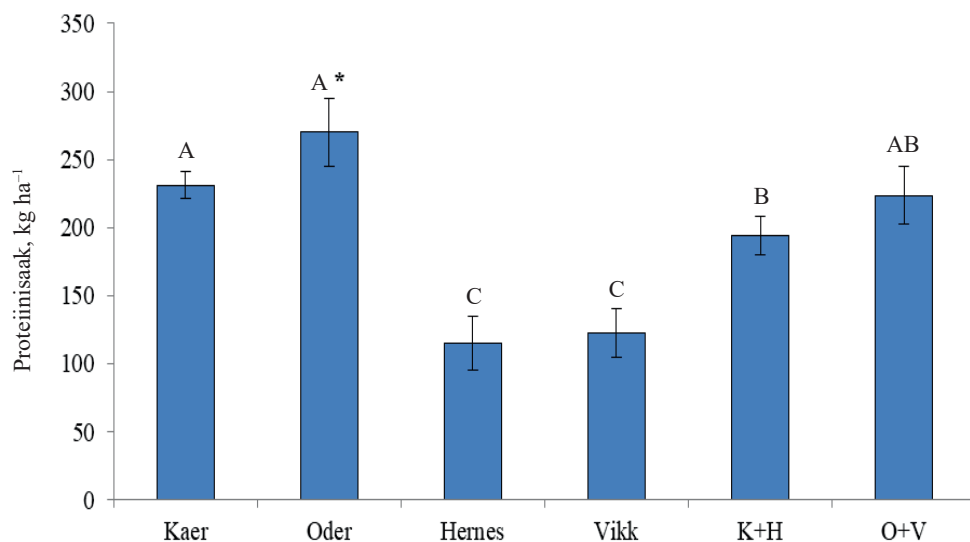
Proteiinisaak sõltub eelkõige terasaagi suuruselt ja vähem proteiinisisaldusest. Katses saadud väiksed tera- ja kaunviljade terasaagid andsid ka nii puhas- kui ka segukülvides väiksed proteiinisaagid (tabel 4, joonis 3). Segukülvide viljelemise eelduseks on nende kõrgem proteiinisaak kui teraviljade puhaskülvidel (Lauk, R., Lauk, E., 2008). Selle katse segukülvides, kus mõlema segupoole külvisenorm oli 50% puhaskülvist, vähenes K+H puhul kaera proteiinisaak väetisvariantide keskmisena 38 ja herne oma 60% võrra; samad näitajad O+V segukülvi korral olid vastavalt 39 ja 59%. Eeldus, et segukülvide proteiinisaak on teraviljade puhaskülvide omast suurem, ei leidnud selles katses tõestust. Suurema proteiinisaagi saamiseks segukülvides on väga oluline valida sobiv tera- ja kaunvilja seemnete vahkord, nende vastasikuse konkurentsivõimega arvestamine ning õigeaegne külv.

K+H segukülvi keskmine proteiinisaak oli kaera puhaskülvi keskmisest proteiinisaagist usutavalt väiksem, O+V segukülvi proteiinisaak oli odra puhaskülvi omaga statistiliselt võrdne. Põhjuseks oli kaunviljade väike arvukus taimikus ja sellest tulenevalt ka äärmiselt madal saagikus mõlemas segukülvis. Lauk, R. ja Lauk, E. (2006), kes on varasemalt samal põllul teinud mitmeid katseid vikiga, soovivad proteiinisaagi seisukohalt viki optimaalseks külvisenormiks 70 idanevat seemet  $m^{-2}$ , sest suurema külvisenormi korral hakkas segukülvides teraviljade saak intensiivselt langema. Meie katses vähenes segukülvide proteiinisaak siiski kaunviljade osatähtsuse märgatava vähenemise tõttu, kui et teraviljade saagikuse vähenemise tõttu.

**Tabel 4.** Külvise proteiinisaldused (%) ja proteiinsaagid erinevatel väetisvariantidel aastal 2022

Külvis	N0*	N1
Proteiinisaldus, %		
Kaer	12,8 ± 0,25 b**	12,6 ± 0,57 b
Kaer_1 (segus hernega)	12,71 ± 0,19 b	12,75 ± 0,30 b
Oder	13,22 ± 0,38 b	13,65 ± 0,21 b
Oder_1 (segus vikiga)	12,14 ± 0,13 b	12,84 ± 0,04 b
Hernes	21,6 ± 0,24 a	21,7 ± 0,22 a
Hernes_1 (segus kaeraga)	20,99 ± 0,44 a	21,01 ± 0,23 a
Vikk	23,30 ± 0,23 a	22,90 ± 0,29 a
Vikk_1 (segus odraga)	22,92 ± 0,27 a	22,60 ± 0,32 a
Proteiinsaak, kg ha <sup>-1</sup>		
Kaer	219 ± 3,5 a	243 ± 18,6 a
Kaer_1 (segus hernega)	124 ± 6,5 c	162 ± 8,5 bc
Oder	265 ± 30,6 ab	275 ± 20,6 a
Oder_1 (segus vikiga)	146 ± 7,1 c	183 ± 7,1 b
Hernes	129 ± 33,7 ab	101 ± 18,7 c
Hernes_1 (segus kaeraga)	54 ± 8,0 d	49 ± 7,8 d
Vikk	127 ± 17,2 b	118 ± 19,5 c
Vikk_1 (segus odraga)	61 ± 5,4 d	58 ± 5,1 d
Kaer + hernes (kokku)	178 ± 1,5 b	210 ± 4,2 a
Oder + vikk (kokku)	207 ± 2,1 a	241 ± 0,4 a

\* N0 – kontrollvariant, N1 – väetatud variant; \*\* erinevad tähed tulbas tähistavad usutatavat erinevust

**Joonis 3.** Tera- ja kaunviljade puhaskülvi ning segukülvi proteiinsaagid väetisvariantide keskmisena

\* Erinevad tähed tulpade kohal täistavad usutatavat erinevust; K+H - kaer + hernes; O+V – oder + vikk

## Järeldused

Maksimaalne terasaak saadi mõlema teravilja puhaskülvidest. Katse tulemustele avaldas väga suurt mõju aasta ilmastik, mis põhjustas kaunviljade ebaühtlase tärkamise, tühimikke taimikus, suure umbrohtumuse ja madala herne ning viki puhaskülvide terasaagi. Eeldus, et segukülvide proteiinisaak on teraviljade puhaskülvide omast suurem, ei leidnud selles katses tõestust. Seemnesegude koostamisel tuleb hoolikalt jälgida segusolevate tera- ja kaunviljade omavahelist sobivust, konkurentsiõimet ja nende seemnete suhet segus. Ebasobiv tera- ja kaunviljade vahekord seemnesegudes ja ebasoodsate ilmaolude koostoime põhjustas antud katses kaunviljade väga väikese osakaalu taimikus ning nende äärmiselt madala saagikuse mõlemas segukülvis.

## Tänuavaldused

Katse viidi läbi projekti “Connecting sustainable agroecosystems and farming with circular bioeconomy and new technologies (ConnectFarm)” raames. Seda uuringut rahastas Eesti Teadusagentuur läbi SusAn, FACCE ERA-GAS, ICT-AGRI-FOOD ja SusCrop ERA-NETi ühise programmi. Täname Rõhu katsejaama.

## Kasutatud kirjandus

- Hauggaard–Nielsen, H., Ambus, P., Jensen, E. S., 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea–barley intercropping. – *Field Crops Research* 70, pp 101–109.
- Hauggaard–Nielsen, H., Ambus, P., Jensen, E. S. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64, pp 289–300.
- Hauggaard–Nielsen, H., Andersen, M. K., Jørnsgaard, B., Jensen, E. S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in peab barley intercrops. – *Field Crops Research* 95, pp 256–267.
- Księżak, J., Staniak, M., Stalenga, J. 2023. Restoring the Importance of Cereal–Grain Legume Mixtures in Low–Input Farming Systems. – *Agriculture* 2023, 13, 341. doi.org/10.3390/agriculture13020341
- Lauk, E., Lauk, R. 2008. Viki–nisu ja viki–kaera segukülvide saakidest. – *Agronomiam* 2008. Tartu, lk 51–54.
- Lauk, R., Lauk, E. 2006. Yields in vetch–wheat mixed crops and sole crops of wheat. – *Agronomy Research*, 4 (1), pp 37–44.
- Lauk, R., Lauk, E. 2008. Pea–oat intercrops are superior to pea–wheat and pea–barley intercrops. – *Acta Agriculturae Scandinavica – Section B, Soil and Plant Science* Volume 58, (2), pp 139–144.
- Matveenko, K.A., Goncharov, A.V., Mednov, A.V., Volpe, A.A., Kruk, E.S., Abramkina, L.P. 2021. Spring vetch Mega mixed crops productivity at different seeding rates. doi:10.1088/1755-1315/843/1/012009
- Nguyen, V., Riley, S., Nagel, S., Fisk, I., Searle, I.R. 2020. Common Vetch: A Drought Tolerant, High Protein Neglected Leguminous Crop With Potential as a Sustainable Food Source. – *Frontiers in Plant Science* 11:818. doi: 10.3389/fpls.2020.00818

- Pużyńska, K., Pużyński, S., Synowiec, A., Bocianowski, J., Lepiarczyk, A. 2021. Grain Yield and Total Protein Content of Organically Grown Oats–Vetch Mixtures Depending on Soil Type and Oats' Cultivar. – *Agriculture* 2021, 11, 79. doi.org/10.3390/agriculture11010079
- Quiroz, A. I., Mulas, R., 2005. N, P and K accumulation and use efficiency in a wheat (*Triticum aestivum*) and pea (*Pisum sativum*) intercropping system. – *Bioagro* 17 (2), pp 99–108.
- Rauber, R., Schmidtke, K., Kimpel-Freund, H. 2001. The performance of pea and its role in determining yield advantages in mixed stands of pea and oat. – *Agronomy & Crop Science* 187, pp 137–144.
- Talgre, L., Lauringson, E., Lauk, E., Lauk, R., 2005. Weediness of Mixed Crops Depending on Weather Conditions and Sowing Rate of Leguminous. – *Latvian Journal of Agronomy* 8, Jelgava, pp 243–247.
- <https://www.agrolitpa.lt/Product/seeds/fodder-crops/common-vetch/HANKA/> (24.01.2024)

## Kink-aruheina seemnekasvatus

Ants Bender

Maaelu Teadmuskus

---

**Abstract.** Bender, A. 2024. Seed production of hard fescue. – Agronomy 2024.

A field trial was accomplished at Estonian Crop Research Institute in 2018–2022, in which seed production agrotechnics of hard fescue cv. ‘Ruhnu’ were explored. The effects exerted by drill space (15, 30, 45 cm), seeding rate (9 and 12 kg ha<sup>-1</sup>) and post-harvest application of nitrogen fertilizer (35 and 70 kg ha<sup>-1</sup>) on seed yield and quality were researched. Seedling rate of 12 kg ha<sup>-1</sup> and post-harvest application of nitrogen fertilizer equal to N 70 kg ha<sup>-1</sup> suffice for hard fescue. Drill space had a minor effect on the seed yields of hard fescue harvested throughout four years. The treatments did not affect germination percentage of seeds, yet had some influence on the 1000 seed weight. The latter was more dependent on the year’s than on the treatment’s effect.

**Keywords:** hard fescue, row spacing, seeding rate, nitrogen fertilizer rate, seed yield, seed quality

---

### Sissejuhatus

Viimastel aastakümnetel on Jõgeval söodatootmiseks vajalike heintaimede kõrval tegeldud ka haljastuses kasutatavate liikide sordiaretusega. Tulenevalt kliima arvatavast soojenemisest ja energia kokkuhoiu vajadusest on seejuures pööratud tähelepanu taimeliikidele, mis on vähem nõudlikud kasvukoha mullaviljakuse suhtes, ei nõua suuri kulutusi väetistele, taimekaitsele ega kastmise korraldamiseks. Niisugustele tingimustele (*low input*) vastavad kõige paremini kitsalehelised aruheinad.

Euroopas arvatakse leiduvat umbes 90 looduslikku liiki kitsalehelisi aruheinu (Braun jt, 2020). Seda arvu peetakse üle pakutuks. Kuna liigid on väga varieeruvad ja vormirohked, on see andnud taimesüstemaatikutele alust anda vormidele väliste, ka mikrotunnuste põhjal, ladinakeelne nimetus ja käsitleda vorme omaette liigina. Tänapäeva taimesüstemaatikud, kasutades uusimaid uurimismeetodeid ja vahendeid, leiavad ikka ja jälle, et varem liigina määratu on tegelikult siiski põhiliigi alamliik või vorm. Vahepeal on käibele tulnud hulgaliselt liigi nimesid, mida loetakse nüüd sünonüümideks. Nii on kink-aruheinal nimetuse *Festuca trachyphylla* kõrval maailmakirjanduses sünonüümidenä käibel ladinakeelsed nimetused *F. duriuscula*, *F. longifolia*, *F. previpila* ning *F. ovina* var. *duriuscula*. Liiginimel *F. longifolia* on omakorda käibel 14 nimetust või nime vormi, mida kõiki loetakse sünonüümideks (The Plant List, 2021). Segadus kink-aruheina nimedega raskendab erialakirjanduses orienteerumist. Kitsaleheliste aruheinte tundmaõppimine ja keerukas süstemaatika selguse loomine on andnud ainest koguni kaheks doktoritööks (Stukonis, 2009; Ma, 2012).

Suur autorite kollektiiv (Braun jt, 2020) on eristanud 5 haljastuses ja spordimurudel praktilist kasutust leidvat kitsalehelise aruheina liiki (või alamliiki). Nad jagavad punase aruheina kolmeks alamliigiks: võsundiliseks (*F. rubra* L. ssp. *rubra*, 2n=56), lühivõsundiliseks (*F. rubra* L. ssp. *littoralis*, 2n=42) ja tihedapuhmikuliseks (e puhmikuliseks) punaseks aruheinaks (*F. rubra* L. ssp. *commutata*, 2n=42),

Neile kolmele punase aruheina alamliigile lisanduvad loetelus kink-aruhein (*F. trachyphylla* (Hack.),  $2n=42$ ) ja lamba-aruhein (*F. ovina* L.,  $2n=28$ ).

Varem on Jõgeval peenelehelistest aruheintest aretatud ja praktilisse kasutusse jõudnud murusordid: 'Kauni', mis on olemuselt võsundiline punane aruhein (*F. rubra ssp. rubra*), 'Herbert' – puhmikuline punane aruhein (*F. rubra ssp. commutata*), 'Ave' ja 'Kihnu' – mõlemad lamba aruhein (*F. ovina*). 2018. aastal esitati riiklikku katsetusse kink-aruheina sort 'Ruhnu' (*F. trachyphylla*).

Liigi väärtuslikeks omadusteks loetakse põua-, soolsuse- ja varjataluvust, talve-, tallamis- ja haiguskindlust ning leplikkust toitainete nappuse ja sagedase madala (3–4 cm) niitmise suhtes. Taime lehed on hallikas rohelised sinaka varjundiga – teistest murukõrrelistest tumedama lehestuga. Ei levi võsunditega, ei ole kaasliikide suhtes agressiivne. Sobib seetõttu ka liigirohketesse lillemurudesse. Nagu kõigi peeneleheliste aruheinte puhul, nii ka kink-aruheina juures loetakse puuduseks aeglast algarengut – seemnete idanemiseks soodsais tingimustes kulub 14–20 päeva. Nende lehed on peened ja sitked, mistõttu hea niitmiskvaliteedi saavutamiseks peavad niiduki lõiketerad olema eeskujulikult teritatud.

Pole andmeid, et seda liiki oleks varem söödatootmises või murudel Eestis katsetatud või kasutada soovitatud. Aastal 2018 Jõgevale rajatud katse kink-aruheina seemnekasvatuse agrotehnika selgitamiseks on teadaolevalt esimene Eestis. Käesolevas kirjatöös võetakse katseaastate 2018–2022 tulemused kokku.

## Katsematerjal ja meetodika

8. mail 2018 rajati Eesti Taimekasvatuse Instituudis põldkatse eesmärgiga selgitada reavahe laiuse, külvisenormi ja suve II poolel antava lämmastikväetise normi mõju kink-aruheina seemnesaagile. Katse rajati eelnevalt aasta mustkesana haritud põllule, leostunud mullale ( $K_0$ ), mille agrokeemilised näitajad olid järgmised:  $\text{pH}_{\text{KCL}}$  6,5, P 115, K 123, Ca 2663, Mg 142, Cu 2,2, Mn 79, B 0,98 mg  $\text{kg}^{-1}$ , C org 2,3%. Külvieelse mullaharimise alla külvati 300 kg  $\text{ha}^{-1}$  kompleksväetist EU Fertilizer NPK 21-6-11+S, hiljem PK väetisi ei lisatud. Saagiaastate kevadel, pärast taimekasvu algust väetati katselappe ammooniumsalpeetriga, norm N 35 kg  $\text{ha}^{-1}$ . Katses oli kink-aruheina sort 'Ruhnu', 3 reavahe (15, 30 ja 45 cm), 2 külvisenormi (9 ja 12 kg  $\text{ha}^{-1}$ ) ning 2 suve II poolel antava lämmastikväetise normi varianti (N 35 ja 70 kg  $\text{ha}^{-1}$ ). Katselapid (1,5 x 5,0 m) neljas korduses külvati kasutades külvikuid Hege 80 (reavahe 15 cm) ja Hege 90-1 (reavahed 30 ja 45 cm). Külvi sügavus 1–1,5 cm. Põld oli eelnevalt rullitud ja seejärel markeeriga joonitud. Reavahede 30 ja 45 cm puhul rulliti read külvijärgselt täiendavalt käsirulliga üle. Lühiealiste laialeheliste umbrohtude tõrjeks pritsiti katsepõldu üks kord (juulis) preparaadiga MCPA 750, norm 1,5 l  $\text{ha}^{-1}$ . Pritsimisest alles jäänud laialehelised umbrohu taimed ja üheaastase nurmika taimed kõrvaldati hiljem kõplamisega. Seemnesaagi aastatel tehti kõrsumise alguses kahjurite tõrje valgepähisuse ärahoidmiseks. Kasutati preparaati Decis Mega 150 ml  $\text{ha}^{-1}$ . Seeme koristati katsekombainiga Hege 140 ühefaasiliselt. Seemnemassi ventileeriti kolm ööpäeva välisõhuga ja kuivatati seejärel dineesenkuivatis. Katselappide seemnekogused sarjati käsisarjaga ja lõpp-puhastati Kamas-Westrupi laboratoorse

sorteeriga LALS. Saavutati 99%-line puhtus. Kolm kuud pärast kombainimist ja puhastamist määrati laboratooriumis seemnetel 1000 seemne mass ja idanevus.

Neljast katseaastast oli rajamisaasta (2018) mai, juuni ja juuli erandlikult sademete vaene, samas kliimanormist oluliselt kõrgema õhutemperatuuriga (tabel 1). Suve kestel tõusis Jõgeval maksimaalne õhutemperatuur üle 25 °C koguni 47 päeval ja üle 30 °C 12 päeval. Kuu sademete summa moodustas vastava kuu vaatlusaastate keskmisest hulgast mais 34%, juunis 33% ja juulis vaid 19%.

**Tabel 1.** Katseaastate ilmastikutingimused

	Apr.	Mai	Juuni	Juuli	Aug.	Sept.	Okt.
Õhutemperatuur, °C							
2018	6,6	14,5	15	20,3	17,9	13,6	6,5
2019	6,6	10,6	17,8	15,9	15,7	11,1	6,4
2020	4,2	9,1	17,9	15,7	16,1	13,4	8,4
2021	4,7	10,4	19,0	21,1	15,3	9,7	7,2
2022	3,8	9,7	16,9	17,4	18,9	8,8	7,5
Norm*	5,1	10,9	15,0	17,5	16,0	11,3	5,6
Sademed, mm							
2018	52	17	23	15	76	72	78
2019	4	50	54	34	49	67	87
2020	47	28	136	101	83	74	58
2021	15	88	11	42	105	55	46
2022	34	55	47	50	54	58	51
Norm*	34	45	84	65	89	52	68

\* kliimanorm = aastate 1991–2020 keskmine

Erakordselt kõrge õhutemperatuuri ja väheste sademetega juunis ja juulis pais-tis silma ka 2021. aasta, mil maksimaalne õhutemperatuur tõusis Jõgeval üle 25 °C 39 päeval ja üle 30 °C 11 päeval. Mulda jäänud lumesulamisvee ja maikuu sademete varal andis kink-aruhein sel aastal siiski hea seemnesaagi. Ka 2022. aastal oli seemnete täitumise ajal (juunis) paljude aastate keskmisest kõrgema õhutemperatuuriga pikem periood.

2020. katseaasta juuni eristus ülejäänud katseaastatest rohkete sademetega, seemnete täiskasvamise faasis. Tugeva tuule ja vihma tõttu taimikud kohati lamen-dusid, mis aga ei olnud hiljem takistuseks kombainiga seemnesaagi koristamisel.

## Katsetulemused ja arutelu

### Reavahe laiuse mõju

Meie katses uuriti 15, 30 ja 45 sentimeetrise reavahe laiuse mõju kink-aruheina seemnesaagile. Katseandmed näitasid, et vahe seemnesaagis ilmnes vaid esimesel kasutusaastal (tabel 2). Korrektsed katseandmed võimaldavad võrrelda 2019. aasta seemnesaake, mis saadud vaid 30 ja 45 cm-se reavahega lappidelt. Külv reavahega 30 cm andis suurema seemnesaagi, kui saadi lappidelt reavahega 45 cm. Madalama külvinormi variandis oli seemnesaagi ületamine ka statistiliselt usutav. Hilisematel kasutusaastatel seemnesaagid võrdsustusid. Oletus, et laiema reavahega rajatud seemnepõllu majanduslikult tasuv kasutuskestvus on pikem, ei leidnud kinnitust.

Külvikuga Hege 80 külvatud kitsarealine (15 cm) katsevariant jäi rajamisaastal (2018) kestva põua tõttu tühikuliseks, mistõttu peeti õigeaks rajamist korrata free-siga üle kobestatud katselappidele sama tehnika ja sama külvinormiga järgmisel, so 2019. aastal. Seekordne rajamine õnnestus hästi, mis leidis kinnitust ka 2020. aasta seemnesaakides. Kuigi tabelis 2 on toodud 15 cm reavahega lappidelt saadud katseandmed, ei ole need otseselt võrreldavad andmetega, mis saadud 30 ja 45 cm-se reavahega, aasta varem, rajatud katsevariantidelt. Seemnesaaki mõjutasid reavahe-laiusest enam erinevused rajamisaasta ja seemnesaagiaasta ilmastikuoludes. Küll võib katseandmete põhjal väita, et kink-aruheina seemnepõlde võib edukalt rajada ka kitsarealiselt.



**Tabel 2.** Kink-aruheina seemnesaak kg ha<sup>-1</sup> ja seemnete 1000 seemne mass, g

Reavahe	Saagiaasta				Keskmine				
	2019	2020	2021	2022	2020-22	2020-22	2020-22	2020-22	
cm	N35+N35	N35+N35	N35+N35	N35+N35	N35+N70	N35+N35	N35+N70	N35+N35	N35+N70
<b>Seemnesaak</b>									
Külvisenorm rajamisel 9 kg ha <sup>-1</sup>									
15	0	896	1013	736	819	425	453	685	762
30	361	1147	1231	514	777	446	466	702	824
45	311	1216	1290	554	610	434	423	734	774
<i>PD 0,05</i>	41	56	66	92	81	54	47	52	47
Külvisenorm rajamisel 12 kg ha <sup>-1</sup>									
15	0	873	714	720	780	446	621	679	705
30	312	1252	1321	581	794	508	653	780	923
45	300	1296	1243	800	847	507	758	876	950
<i>PD 0,05</i>	25	66	62	62	60	76	63	67	74
<b>1000 seemne mass</b>									
Külvisenorm rajamisel 9 kg ha <sup>-1</sup>									
15		0,875	0,837	0,906	0,893	0,781	0,708	0,854	0,813
30		0,862	0,814	0,916	0,821	0,736	0,765	0,838	0,833
45		0,837	0,837	0,914	0,931	0,756	0,710	0,836	0,826
Keskmine		0,858	0,829	0,912	0,882	0,758	0,728	0,843	0,824
Külvisenorm rajamisel 12 kg ha <sup>-1</sup>									
15		0,872	0,878	0,907	0,884	0,783	0,680	0,854	0,814
30		0,791	0,800	0,907	0,878	0,732	0,736	0,810	0,805
45		0,810	0,857	0,884	0,931	0,764	0,761	0,819	0,849
Keskmine		0,824	0,845	0,899	0,898	0,760	0,726	0,828	0,823

Meiega analoogsesse olukorda sattusid katse läbiviijad USA-s Minnesota Ülikoolis, kus taolise katse rajamisaasta (2012) juhtus olema samuti põuane. Sealgi jäi rajamisaastal kink-aruheina (sort 'MNHD') taimik hõredaks. Kitsarealiselt külvatud katselappe ei uuendatud seal korduskülviga. Seemnesaagid järgnevatel kasutusaastatel olid 77, 1359 ja 276 kg ha<sup>-1</sup> (Herrera jt, 2018). Saaginumbrate põhjal peetakse seal kink-aruheina sordi 'MNHD' seemnepõllu majanduslikult tasuvaks kasutusketuseks vaid 2 saagiaastat. Ka meie katses langes saagitase pärast teist saagiaastat, kuid langus ei olnud nii drastiline kui USA-s. Koristades kink-aruheina kolmel saagiaastal (meil 2020–2022) võib sort 'Ruhnu' puhul arvestada keskmise seemnesaagiga 750–800 kg ha<sup>-1</sup>. Kirjanduse andmeil on USA-s Oregoni osariigis punase ja kink-aruheina seemnesaagid võrdsed ja küünevad aastate keskmisena 1300 kg-ni ha<sup>-1</sup> (Oregon seed..., 2018). Viimaste aastakümnetega on USA-s peeneleheliste aruheinte seemnesaak tõusnud rohkem kui 200% (Bonos, Huff, 2013). Edu on saavutatud tänu uurimistulemuste rakendamisele seemnekasvatuse agrotehnikas ja sordiaretuse edenedemises. Meie katses saadud seemnesaagid tõestavad, et töö Jõgeval kink-aruheina aretusaedades on korda läinud. Kuna artiklis käsitletud katse oli Eestis alles esimene, võib USA eeskujul oletada, et kink-aruheina seemnekasvatuse agrotehnika täpsustamise järel on perspektiivi tabelis 2 toodud seemnesaakidest kõrgemaidki saada.

Kink- ja lamba-aruheina seemnepõllud soovitatakse välismaal rajada laiarealiselt reavahega 24 või 36 tolli, so 60 või 90 cm (Plant Guide, 2020). Eestis 90 sentimeetrist reavahet ei ole heinaseemne kasvatustes kunagi kasutatud. Reavahe 60 cm oli võsundiliste alusheinte puhul kasutusel ajal, mil keemiline umbrohtutõrje oli veel vähe levinud. Umbrohtude kasvu takistati siis reavahede harimisega. Kaasajal rajatakse meil Eestis enamik heinaseemne põlde kitsarealiselt (reavahe 12–15 cm) või reavahega 45 cm. Meie katse saagiandmed näitavad, et nii võiks toimida ka kink-aruheina seemnepõlde rajades.

### **Külvinormi mõju**

Sõltumata reavahe laiuselt võrreldi katses kink-aruheina külvisenorme 9 kg ha<sup>-1</sup> (800 idanevat seemet m<sup>2</sup>-le) ja 12 kg ha<sup>-1</sup> (1060 idanevat seemet m<sup>2</sup>-le). Põuasel rajamisaastal ei mõjutanud külvisenormi suurendamine järgmise aasta seemnesaaki. Suurem külvisenorm tagas suurema seemnesaagi teisel kasutusaastal. Edasistel aastatel oli suurema külvisenormi jätkuv positiivne mõju neis laia reavahega külvatud variantides, mis said suve II poolel kahekordse annuse lämmastikväetist (tabel 2).

### **Suve teise poole lämmastikväetise mõju**

Kink-aruhein on talve tüüpi kõrreline, millel generatiivvõrsed arenevad vaid eelmisel sügisel arenenud ja talve jooksul vernaliseerumisprotsessi läbinud lühivõrsetest. Seemnesaagi määravad seega suve teise poole võrsumisaegne ilmastik (peamiselt sademed) ja taimede toitumisolud. Ilmaolusid ei saa me muuta, küll on võimalik väetamisega võrsumist ergutada. Katses kontrolliti suve II poolel lämmastiku norme N 35 ja N 70 kg ha<sup>-1</sup>. Katseandmed näitasid, et kink-aruheina seemnepõldu on otsustavaks väetada suurema lämmastikväetise normiga. Selgemini tuli see välja neil

katselappidel, mis olid külvatud laiema reavahega ja suurema külvinormiga (tabel 2). Kolme aasta (2020–2022) keskmine kink-aruheina seemnesaak ulatus siis 950 kg-ni hektari kohta.

### Seemnete kvaliteet

Seemnete lõpp-puhastusel Kamas-Westrupi firma laboratoorsel sorteeril õigustas kink-aruheina seemnete puhul sõelte komplekt: eelpuhastuseks ümar-auk sõel  $\varnothing$  3 mm, ülemine pikliku avaga sõel 1,0 mm ja alumine pikliku avaga sõel 0,45 mm. Tagatud oli seemnete puhtus 99,5%.

Kink-aruheina seemnete idanevus oli kõigil katseaastatel kõrge: 2020. aastal 93–98%, 2021. a 93–97% ning 2022. a 90–95%. Reavahelaius, kasutatud külvinorm ja lämmastikväärtise norm seemnete idanevust ei mõjutanud, mistõttu detailseid andmeid idanevuse kohta artiklis ei esitata.

Katsevariantid ei mõjutanud kindlasuunaliselt ka seemnete 1000 seemne massi (tabel 2). Näitaja kõikus katsevariantides katseaastati vahemikus 0,700–0,900 g ja oli kolme aasta keskmisena vahemikus 0,810–0,854 g. Katseaasta mõju 1000 seemne massile oli suurem kui katsevariantidest tuleneda võiv mõju. Vastu ootusi oli kink-aruheina seemnete 1000 seemne mass kõrgeim põuase suvega 2021. aastal.

### Kokkuvõte ja soovitused tootmisele

Kink-aruhein on aeglase algarenguga liik, mille seemnepõld tuleks rajada kevadel esimesel võimalusel. Põllu võib rajada nii kitsa kui laia (kuni 45 cm) reavahega, külvisenorm 9–12 kg ha<sup>-1</sup>, külvi sügavus 1–1,5 cm. Kuni taimed alustavad võrsumist, tuleks umbrohtude surve vähendamiseks ja valgustingimuste parandamiseks teha 2 madalat üle niitmist, edasi saab laialehelisi umbrohte tõrjuda herbitsiididega. PK väetised võiks anda mullaharimise eel enne külvi, lämmastikku anda rajamisaastal normiga N 70 kg ha<sup>-1</sup> – seda kahes osas: N 35 kg külvi eel, teist korda N 35 pärast keemilist umbrohtutõrjet. Seemnesaagi aastal väetada nädal pärast taimekasvu algust normiga N 35 kg ja suvel pärast seemnesaagi koristamist normiga N 70 kg ha<sup>-1</sup>. Nagu lamba-aruheina, nii ka kink-aruheina seemnepõllul tuleb seemnesaagi aastal valgepähisuse vältimiseks teha kõrsumise algfaasis kahjuritõrje. Kink-aruheina seemnesaak valmib juuli esimestel päevadel, enamikust kõrrelistest heintaimedest varem. Sordi 'Ruhnu' seemnesaagi võime on hea ulatudes üle 1000 kg hektari kohta. Seemnepõllu majanduslikult tasuv kasutuskestus on 3 saagiaastat. Seemnete 1000 seemne mass kõigub sõltuvalt saagiaasta ilmastikust vahemikus 0,700–0,900, seemnesaak valmib ühtlaselt, seemnete idanevus 90% ja enamgi.

Kink-aruheina seemnekasvatases on probleemiks üheaastase ja hariliku nurmika tõrje küsimus. Lahenduseks annavad lootust mujal tehtud uurimistööd, milles on selgunud lamba- ja kink-aruheina tolerantsus glüfosaati sisaldavate herbitsiidide suhtes (Hart jt, 2005; Mc Cullough jt, 2015; Askew jt, 2019). Küsimuse selgitamiseks rajati 2023. aastal Jõgeval uus põldkatse kuue variandiga. Esimesed katseandmed laekuvad 2024. aastal.

**Viidatud kirjandus**

- Askew S. D., Askew W. B., Goatley J. M. 2019. Fineleaf fescue species and variety tolerance to glyphosate. – *Weed Technology*, 33, pp. 185–191.
- Bonos S. A., Huff D. R. 2013. Cool-season grasses: biology and breeding. – In *Agronomy Monograph 56 Turfgrass: biology, use and management* (eds: Stier, J. C., Horgan, B. P., Bonos, S. A.). – Madison Wisconsin, pp. 591–660.
- Braun R. C., Patton A. J., Watkins E., Koch P., Anderson N. P., Bonos S. A., Brilman L. A. 2020. Fine fescues: a review of the species, their improvement, production, establishment and management. – *Crop Science*, 2020, Volume 60, Issue 3, pp. 1142–1187.
- Hart S. E., Derr J. F., Lycan D. W., Rose-Fricer C., Meyer W. A. 2005. Increased glyphosate tolerance in ‘Aurora Cold’ hard fescue (*Festuca longifolia*). – *Weed Technology*, 19, pp. 640–646.
- Herrera D. R. 2019. Can fine fescue seed be produced in Minnesota? – [turf.umn.edu/news/can-fine-fescue-seed-be-produced-minnesota](https://turf.umn.edu/news/can-fine-fescue-seed-be-produced-minnesota) (23.11.2022).
- Ma Y. 2012. Genetic characterization of fine-leaved *Festuca valesiaca* germplasm and evaluation of their relationship to the *Festuca ovina* complex. – Thesis of master of science in plant science. Utah State University, 128 p.
- Mc Cullough P. E., Yu J., Schilling D. G., Czarnota M. A. 2015. Physiological basis for glyphosate tolerance in hard fescue and perennial ryegrass cultivars. – *Crop Science*, 55, pp. 2352–2358.
- Oregon Seed Certification Service 2018. Oregon Certification Activity summary 2018. Oregon State University Extension Service special report 002. – [https://seedcert.oregonstate.edu/sites/seedcert.oregonstate.edu/files/2018\\_activity\\_summary.pdf](https://seedcert.oregonstate.edu/sites/seedcert.oregonstate.edu/files/2018_activity_summary.pdf) (16.10.2023).
- Plant Guide 2020. Sheep fescue. United States Department of Agriculture. – [nrcs.usda.gov/plantmaterials/idpmspg9624pdf](https://nrcs.usda.gov/plantmaterials/idpmspg9624pdf) (16.10.2023).
- Stukonis V. 2009. Narrow-leaved species of genus *Festuca* in Lithuania and their suitability for turf. Summary of doctoral dissertation. Dotnuvo, 23 p.
- The Plant List. A working list of all plant species. 2021. – [theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-415599](https://theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-415599) (16.10.2023).

# Niitmisrežiimi mõju Jõgeval aretatud lutserni sortide ja perspektiivsete aretusnumbrite kuivainesaagile, mis toorproteiinisisalduselt vastab heinatehase kvaliteedinõuetele

**Ants Bender**

Maaelu Teadmuskeskus

---

**Abstract.** Bender, A. 2024. Effect of harvest time on dry matter yield of alfalfa varieties and perspective breeds bred in Jõgeva, which meet the crude protein requirements of a hay factory. – *Agronomy* 2024.

In a field experiment conducted in Jõgeva in 2019–2022, the effect of mowing times on the dry matter and crude protein yield of four alfalfa varieties and two perspective breeds bred in Jõgeva were investigated. On the basis of the crude protein content, the yield was divided into the quality classis of the hay factory. The effect of harvest regime of the variety on the monetary value of the produce was calculated. The best economic results were shown by the members of the experiment when the first cut was harvested in the phase of flower bud formation. Of the varieties 'Heiti' showed the best results, of the breeding numbers J 415.

**Keywords:** alfalfa, cultivar, harvest regime, dry matter yield, crude protein yield

---

## Sissejuhatus

Lutserni peetakse söödataimede kuningaks (Small, 2011) ja on enim kasvatatav söödakultuur maailmas (Frame jt, 1998). Teiste liblikõielistega võrreldes on lutsernil rida eeliseid: kõrge proteiinisaak, hea proteiini kvaliteet, palju makro- ja mikrotoitaineid, vitamiine ja aminohappeid (Thers jt, 2022). Et proteiinisaagilt hektari kohta ületab lutsern isegi sojauba, on see avanud liigile uue võimaluse olla tooraineks leheproteiini tootmisele (Bals jt, 2012). Mäletsejaliste (veised, kitsed, lambad) kõrval on lutsern võetud kasutusele ka sigade ja kodulindude söödaratsioonides (Liebhardt jt, 2019; Damborg jt, 2020; Suwignyo jt, 2020; Ma jt, 2022) ning on mõte kasutada lutserni lehevalgukontsentraati valgulisandina inimtoiduks (Jørgensen jt, 2022).

Lutserni söödaks kasvatades on võtmeküsimuseks sobiva niiterežiimi valik. Sellega määratakse kuivainesaak, saagi kvaliteet ja taimiku produktiivne kasutuskestus. Kõigi kolme eesmärgi saavutamine ühe valitud niiterežiimiga on ebatõenäoline. Taotledes saagi ja saagi kvaliteedi optimaalset suhet, tuleb teha esimene niide ajal, mil taimik on vegetatiivkasvult üle minemas reproduktiivkasvule. Põllul visuaalselt määrates on see periood õiepungade moodustumisest täisõitsemiseni (Barnhart, 2010).

Eestis leiab lutsern laialdast kasutamist silokultuurina, aidates proteiini osas tasakaalustada piimalehmade maisisilol baseeruvat söödaratsiooni. Lutsernist heina tegemine on meie ettearvamatuses ilmaoludes keerukas. Pikaajaseks säilitamiseks tuleb lutserni haljasmass kuivatada vähemalt 15%-lise niiskusesisalduseni, milleks on vaja 4–5 järjestikust sademetevaba sooja päeva. Lutserni põllul kuivatades lan-

geb saagi kvaliteet: väheneb proteiinisaldus, langevad vees lahustuvate süsivesi- kute sisaldus ja seeduvus, kaasneb bakteriaalne saastatuse oht (Rotz, 2005; Deroche jt, 2022a; Deroche jt 2022b).

Kirjeldatud ohte on võimalik vältida haljasmassi kunstliku kuivatamisega, mis välistab ilmastikuriski, tagab kõrge toiteväärtuse säilimise ja muudab kogu protsessi kontrollitavaks. Dehüdratsiooniprotsess ei mõjuta lutserni toiteväärtust kalorsuse ja valgusisalduse osas. Taanis on ehitatud ja töös ettevõtte, mis osutab põllumeestele rohusööda kunstliku kuivatamise teenust. Ettevõtte niidab saagi, veab kuivatisse, kuivatab, pakib ja tagastab toodangu 24 tunni jooksul kas heinana pallides või graa- nulitena kottides ([hartog-lucerne.com/en/contact](http://hartog-lucerne.com/en/contact)).

Põllumeeste ühistu KEVILI on Rakvere lähedale ehitanud heinatehase, mis toodab lutserni (ja teiste heintaimede) toorest massist kuiva heina ekspordiks. Ümbruskonna põllumeestelt ostetakse kindlatele nõuetele vastavat tooret kokku. Taimekasvatusele spetsialiseerunud tootjale on see hea võimalus oma külvikorda liblikõielise kultuuriga rikastada ja täiendavat tulu teenida. Oma sügavale ulatuva tugeva juurekava tõttu on lutsernisaak stabiilne ka arvatava kliima soojenemise ja suviste põuaperioodide sagenemise tingimustes (Bhandari, Picasso, 2022).

Aastatel 2019-2022 korraldati põldkatse, selgitamaks Jõgeval aretatud lut- sernisortide ja perspektiivsete aretusnumbrite kuivaine- ja toorproteiinisaaki ning niiterežiimi, mis kindlustaks heinatehase poolt esitatud kvaliteedinõuetele vastava toorme, kuid tagaks samas taimiku püsivuse ja saagikuse.

## Katsematerjal ja meetodika

2. juulil 2019. a rajati Jõgeval, endises Eesti Taimekasvatuse Instituudis, katteviljata põldkatse, mille eesmärgiks oli võrrelda hariliku lutserni (*Medicago sativa* L.) nelja sorti ('Jõgeva 118', 'Karlu', 'Juurlu' ja 'Heiti') ning kaht perspektiivset aretusnumb- rit (J 412 ja J 415) saagivõime ja saagi kvaliteedi osas erinevatel niitmisaegadel. Katse teiseks eesmärgiks oli selgitada optimaalne niiterežiim, mille puhul korista- tud lutserni kuivaine toorproteiinisaldus vastaks kunstlikule kuivatamisele spet- sialiseerunud heinatehase nõuetele. Katse rajati eelnevalt aasta mustkesana haritud leostunud mullale ( $K_0$ ), mille agrokeemilised näitajad olid järgmised:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,5, P 115, K 123, Ca 2663, Mg 142, Cu 2,2, Mn 79, B 0,98 mg  $\text{kg}^{-1}$ . Külvieelse mullaha- rimise alla külvati fosfor- ja kaaliumväetisi normidega P 19 ja K 67 kg  $\text{ha}^{-1}$ , hiljem katset ei väetatud. Katselapid (1,5 x 5,0 m) külvati neljas korduses külvikuga Hege 80, külvisenormiga 20 kg  $\text{ha}^{-1}$ . Umbrohud (peamiselt harilik kesalill, suur teeleht, harilik võilill) eemaldati käsitsi tasemeni, et nad ei moodustanud saagist enam kui 2–3%. Katse vältas neli aastat. Saak määrati rajamisaastal ja taimiku kolmel järgne- val kasutusaastal.

Katses oli kolm esimese niiteaja varianti. Variandis A tehti esimene niide õie- pungade moodustumise faasis, variandis B õitsemise algul ning variandis C täisõit- semisel. Kõikides variantides järgnes 33–35 päeva pärast esimest teine niide ajal, mil standardsordil 'Jõgeva 118' näitas esimene õiekobar värvi. Kolmas niide tehti vegetatsiooniperioodi lõpu eel. Erakordselt kõrge õhutemperatuuriga 2021. aasta

juunis ja juulis arenesid taimed kiiremini, mistõttu I ja II niite vaheline periood oli lühem – vaid 24–28 päeva. Traditsiooniliste meetoditega määrati katses kuivainesaak ja ETKI laboratooriumis kuivaine toorproteiinisaldus. 90%-lise kuivainesaldusega heinasaak leiti arvutuslikult.

Saagiaastatest oli 2020 juuni paljude aastate keskmisest kõrgema õhutemperatuuriga ja sademeterohke (161,9 % normist), juuli jätkuvalt sademete rohke (155,4% normist), kuid paljude aastate keskmisest jahedam (tabel 1). Saagiaasta 2021 eristus väga sademetevaese juuli ja augustiga

**Tabel 1.** Katseaastate ilmastikutingimused

Aasta	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Okt.
Õhutemperatuur, °C							
2020	4,2	9,1	17,9	15,7	16,1	13,4	8,4
2021	4,7	10,4	19,0	21,1	15,3	9,7	7,2
2022	3,8	9,7	16,9	17,4	18,9	8,8	7,5
Norm*	5,1	10,9	15,0	17,5	16,0	11,3	5,6
Sademed, mm							
2020	47	28	136	101	83	74	58
2021	15	88	11	42	105	55	46
2022	34	55	47	50	54	58	51
Norm*	34	45	84	65	89	52	68

\* kliimanorm - aastate 1991–2020 keskmine

(sademeid vastavalt vaid 13,0 ja 64,5% paljude aastate keskmisest), keskmine kuu õhutemperatuur ületas neil kuudel aga paljude aastate keskmist koguni 4 °C võrra. Maksimaalne õhutemperatuur tõusis Jõgeval üle 25 °C 39 päeval ja üle 30 °C 12 päeval. 2022. saagiaasta juuni, juuli ja august olid samuti sademetevaesed, juuni ja august samas paljude aastate keskmisest soojemad.

Katseandmete statistilisel töötlemisel kasutati arvutiprogrammi *AGROBASE 20tm*.

## Katsetulemused

Katsevariant A, kus niidetega alustati õiepungade moodustumise faasis, andis katseliikmete kolme saagiaasta keskmise summaarse kuivainesaagi 33,70 t ha<sup>-1</sup> ja toorproteiinisaagi 7,02 t ha<sup>-1</sup>. Esimese niite edasi lükkamine õitsemise alguseni (variant B) andis 12,1% kuivainesaagi lisa, kuid toorproteiinisaak suurenes vaid 1,3%. Kui esimene niide tehti täisõitsemisel (variant C), saadi maksimaalne katseliikmete keskmine kolme aasta summaarne kuivainesaak 39,28 t ha<sup>-1</sup>, ehk 17,1% enam võrreldes variandiga A. Toorproteiini kogusaak (7,05 t ha<sup>-1</sup>, 100,4%) variandiga A võrreldes nimetamisväärselt ei suurenenud.

Katseliikmetest paistsid kuivaine- ja toorproteiinisaagi poolest silma sort 'Heiti' ja aretusnumbrid J 415 ja J 412 (tabel 2). Esimesel kasutusaastal ei olnud enamsaagid standardsordiga võrreldes statistiliselt usutavad, teisel ja kolmandal saagiaastal aga küll. Variandis A oli ületamine kuivainesaagis 6,9–14,7%, variandis B 6,6–11,5% ja variandis C 7,2–17,1%. Toorproteiinisaagilt ületasid sort 'Heiti' ja katses olnud aretusnumbrid standardsorti 'Jõgeva 118' variandis A 7,9–12,6%, variandis B 5,8–9,6% ja variandis C 5,1–18,8%.

Esimese niite aeg mõjutas saagi laekumist suve jooksul (tabel 3). Tehes niite õiepungade moodustumise faasis (juuni II dekaad), laekus 46,4–50,7% e *ca* pool vegetatsiooniperioodi kuivainesaagist esimese niitega. II niite ajal juuli II dekaadis laekus *ca* 30% kuivainesaagist. III niite sai siis teha augusti lõpus - septembri esimestel päevadel kuivainesaagiga *ca* 20% kogu suve saagist. Septembrit loetakse lutsernile kalendrikuuks, mil taimedel toimub talvevarude moodustamine. Kui sügis on pikk ja soe, võib kasvada veel korralik ädal, mida võiks siis IV niitena koristada vahetult enne külmade saabumist. Meie katses seda võimalust ei kasutatud.

Niitmine õitsemise algul (juuni III dekaad) andis 59,5–64,7% ja niites esimest korda täisõitsemisel (juuli I dekaad), 61,9–71,5% aasta kuivainesaagist. Varem tehtud esimene niite suurendab II ja III niite osa aasta kuivainesaagis ja toob niiteajad kalendaarselt ettepoole. Kui esimene niite tehti täisõitsemisel, jäi kolmanda niite rohusaagi formeerumise aeg lühemaks ja kuivainesaak madalamaks, seda eriti Jõgeval aretatud vanematel sortidel 'Jõgeva 118', 'Karlu' ja 'Juurlu', millel kolmas niite andis vaid 7,1–8,5% aasta saagist. Koristatava rohu kogus oli neil sortidel siis 0,83–1,05 t kuivainet hektari kohta (tabel 3), mis võib seada tootja küsimuse ette, kas nii väikese saagi koristamine on majanduslikult üldse õigustatud.

Saagitase kolme kasutusaasta jooksul püsis ühtlaselt kõrge kõigis kolmes niitmisaegade variandis, millest võib järeldada, et rakendatud taimikute kasutuskorraldus ei vähendanud nende talvekindlust ega produktsioonivõimet.

Heinatehasele lutserni haljasmassi müües määravad hinna umbrohtude sisaldus (määratakse ülevaataja poolt põllul) ja toorproteiinisisaldus. Hinna skaala algab 17%-st. Kõrgema toorproteiinisisalduse korral hind kord-korralt tõuseb (tabel 5). Erinevatel niitmisaegadel saadud lutserni kuivaine toorproteiinisisalduse andmed meie katses on toodud tabelis 4.

Tehes I niite õiepungade moodustumise faasis, ületas kõikide katseliikmete kuivaine toorproteiini sisaldus 17%, v.a erandina sort 'Jõgeva 118', mille näit oli 2021. aastal 16,5%. Õitsemise algul tehtud esimese niite saagi toorproteiinisisaldused ületasid kõikidel sortidel veel napilt nõutavat piiri. 2022. aasta oli katses erandlik, sest haljasmassi koristamine hilines kombaini tehnilise rikke tõttu umbes nädala võrra. Nädalane koristamisega hilinemine viis näidud umbes 2% võrra alla.

Täisõitsemisel tehtud esimene niite annab kindlasti toorme, mis toorproteiinisisalduselt ei vasta tehase nõuetele (seda saaki on võimalik müüa vaid eelneval kokkuleppel madalama hinnaga).



**Tabel 2.** Lutsernisortide kuivaine (KA)- ja toorproteiiniisaak (TP), t ha<sup>-1</sup>

Sort	2020			2021			2022			Kokku		%
	KA	TP	KA	KA	TP	KA	KA	TP	KA	TP		
Jõgeva 118 St	11,94	2,59	10,74	2,07	2,06	9,70	32,38	2,06	100	6,72	100	
Karlu	12,07	2,51	10,72	2,10	2,04	10,06	32,84	2,04	101,4	6,64	98,8	
Juurlu	10,80	2,43	9,51	2,10	2,01	9,35	29,66	2,01	91,6	6,54	97,3	
Heiti	12,07	2,62	11,36	2,30	2,49	11,19	34,63	2,49	106,9	7,40	110,2	
J 415	12,92	2,62	12,73	2,55	2,40	11,49	37,14	2,40	114,7	7,57	112,6	
J 412	12,77	2,65	11,61	2,37	2,23	11,17	35,55	2,23	109,8	7,25	107,9	
PD 0.05	1,29	0,27	1,28	0,27	0,13	0,61	1,73	0,13		0,37		
Jõgeva 118 St	13,36	2,58	11,27	2,10	2,24	12,54	37,17	2,24	100	6,92	100	
Karlu	12,83	2,60	10,35	2,13	2,19	11,89	35,07	2,19	94,4	6,91	99,9	
Juurlu	8,98	2,09	10,90	2,20	2,31	12,36	32,24	2,31	86,7	6,59	95,3	
Heiti	14,10	2,67	12,23	2,30	2,36	13,28	39,61	2,36	106,6	7,32	105,8	
J 415	14,69	2,78	12,74	2,40	2,41	14,00	41,44	2,41	111,5	7,58	109,6	
J 412	14,65	2,69	12,30	2,40	2,27	13,09	40,04	2,27	107,7	7,35	106,3	
PD 0.05	1,13	0,21	0,75	0,14	0,14	0,78	1,89	0,14		0,34		
Jõgeva 118 St	14,68	2,51	11,24	2,13	2,08	11,67	37,59	2,08	100	6,72	100	
Karlu	14,17	2,44	10,76	2,03	2,28	13,00	37,93	2,28	100,9	6,75	100,4	
Juurlu	13,30	2,13	9,51	1,82	2,30	11,99	34,81	2,30	92,6	6,24	92,8	
Heiti	14,73	2,54	12,35	2,47	2,50	13,93	41,01	2,50	109,1	7,51	111,7	
J 415	15,51	2,66	13,94	2,64	2,70	14,58	44,02	2,70	117,1	7,99	118,8	
J 412	15,21	2,47	12,30	2,29	2,31	12,80	40,31	2,31	107,2	7,06	105,1	
PD 0.05	1,10	0,20	0,73	0,14	0,19	0,83	1,38	0,19		0,31		

**Tabel 3.** Kuivainesaagi jaotus niidete vahel (%) ja viimase niite kuivainesaak kolme katseaasta keskmisena

Sort	Variant	I niide	II niide	III niide	III niite KA saak, t ha <sup>-1</sup>
Jõgeva 118	A	50,7	30,5	18,8	2,03
	B	64,7	21,4	13,9	1,72
	C	69,2	22,3	8,5	1,05
Karlu	A	48,5	31,7	19,8	2,17
	B	61,5	25,1	13,4	1,57
	C	68,4	24,3	7,3	0,92
Juurlu	A	49,4	31,7	18,9	1,87
	B	63,8	21,7	14,5	1,74
	C	71,5	21,4	7,1	0,83
Heiti	A	47,0	32,6	20,4	2,36
	B	59,9	24,2	15,8	2,09
	C	64,0	24,8	11,2	1,53
J 415	A	46,4	31,5	22,1	2,73
	B	59,5	24,7	15,8	2,18
	C	61,9	25,9	12,1	1,78
J 412	A	47,0	31,7	21,3	2,52
	B	61,5	23,0	15,4	2,06
	C	65,9	23,9	10,2	1,38

Lutserni II niite saagi toorproteiinisaldused ületasid kõik 17% piiri ja seda sõltumata katsevariandist. Sortide keskmine jäi 20–21% piiresse.

III niite saak sisaldas samuti toorproteiini üle 20% ja küündis üksikutel juhtudel 29%-ni. Saagi toorproteiinisaldus III niites sõltus niiterežiimist. Variandis A oli see 22–24% ja sortide vahel arvestatavad ja reeglipärased erinevused puudusid. Need ilmsid variantides B ja C. Seal ületasid Jõgeval aretatud vanemad sordid 'Jõgeva 118', 'Karlu' ja 'Juurlu' ülejäänud katseliikmeid toorproteiini sisalduselt märgatavalt. Sort 'Heiti' ja aretusnumbrid J 415 ja J 412 on aretatud kiirema ädalakasvu suunas ja olid koristusajaks arengus vanematest sortidest ees, millega kaasnes toorproteiinisalduse vähenemine.

Võttes arvesse ainult heinatehase hinnaklassidesse mahtuva toodangu, oleme arvutanud lutsernisortidele ja niitmisvariantidele võimaliku sissetuleku, realiseerides hektarisel pinnal kasvanud toodangu tehase väravas. Toodangu realiseerimisel makstakse mitte kuivaine, vaid kuiva heina (kuivaine sisaldus 90%) koguse eest.

**Tabel 4.** Toorproteiinisaldus kuivaines katseaastati sõltuvalt niiterežiimist, %

Sort	I niide			II niide			III niide			
	Niite aeg	14.06.2020	14.06.2021	16.06.2022	16.07.2020	12.07.2021	21.07.2022	24.08.2020	18.08.2021	22.08.2022
Variant A										
Jõgeva 118	23,2	16,5	19,8	18,8	22,3	21,4	23,8	24,9	25,9	
Karlu	22,9	18,4	20,0	18,2	19,1	19,8	21,2	24,2	21,7	
Juurlu	25,3	20,5	19,5	18,2	22,5	22,7	24,9	26,9	25,9	
Heiti	23,4	18,6	21,7	19,7	20,8	22,3	22,2	24,2	23,8	
J 415	22,3	18,2	19,8	17,5	20,5	20,6	21,1	25,1	24,0	
J 412	22,3	18,8	18,9	18,5	21,6	20,6	21,6	23,2	21,9	
Keskmine	23,2	18,5	20,0	18,5	21,1	21,2	22,5	24,8	23,9	
Variant B										
Niite aeg	25.06.2020	21.06.2021	04.07.2022	28.07.2020	15.07.2021	08.08.2022	04.09.2020	25.08.2021	30.09.2022	
Jõgeva 118	17,3	15,6	15,4	20,2	22,2	24,2	25,1	25,3	25,4	
Karlu	18,7	17,1	15,5	20,2	19,7	23,1	26,7	26,5	24,2	
Juurlu	17,7	18,0	16,8	23,0	20,7	22,6	27,4	26,2	25,1	
Heiti	17,4	17,3	15,6	19,7	18,8	21,2	22,8	23,1	23,0	
J 415	16,9	17,6	15,4	20,5	19,0	19,0	22,4	22,9	22,7	
J 412	17,2	17,8	15,5	18,1	20,6	19,6	23,2	24,9	24,2	
Keskmine	17,5	17,2	15,7	20,3	20,2	21,6	24,6	24,8	24,1	
Variant C										
Niite aeg	03.07.2020	28.06.2021	08.07.2022	10.08.2020	26.07.2021	12.08.2022	01.10.2020	02.09.2021	30.09.2022	
Jõgeva 118	15,4	16,2	15,7	19,5	21,3	22,8	27,4	29,5	25,8	
Karlu	14,5	16,2	15,4	22,4	21,8	21,3	28,5	29,3	26,6	
Juurlu	13,7	16,5	17,5	20,1	22,6	22,3	27,4	25,0	27,4	
Heiti	14,5	18,3	16,9	20,7	20,2	21,5	27,2	25,1	26,7	
J 415	15,7	16,4	17,0	17,7	21,0	19,1	26,2	24,7	24,0	
J 412	13,9	16,1	15,8	18,9	20,9	21,7	25,8	26,4	26,1	
Keskmine	14,6	16,6	16,4	19,9	21,3	21,4	27,1	26,7	26,1	

**Table 5.** Kolme katseaasta kuiva heina (90% KA) saagi jagunemine hinnaklassidesse (t ha<sup>-1</sup>) ja väärtus eurodes

Hinna klassid	Hind € t <sup>-1</sup>	J 118	€	Karlu	€	Juurlu	€	Heiti	€	J 415	€	J 412	€
<b>Variant A</b>													
TP alla 17%	Kokkuleppel	7,10											
TP 17–19,99%	170	10,62	1805	18,23	3099	10,10	1716	11,88	2020	18,87	3208	18,05	3068
TP 20–20,99%	180	0	0	5,59	1006	6,15	1107	3,38	609	7,77	1399	3,99	717
TP 21–21,99%	185	3,24	600	5,18	958	0	0	6,20	1146	3,93	726	9,28	1716
TP 22–22,99%	190	2,81	533	5,15	979	5,80	1101	7,48	1421	5,19	986	5,31	1008
TP 23 ja + %	195	11,86	2313	1,98	386	10,59	2065	9,15	1784	5,09	993	2,51	489
Summa		35,62	<b>5250</b>	36,13	<b>6429</b>	32,63	<b>5989</b>	38,09	<b>6981</b>	40,85	<b>7313</b>	39,12	<b>6999</b>
<b>Variant B</b>													
TP Alla 17%	Kokkuleppel	17,81		9,02		9,76		9,50		18,73		9,82	
TP 17–19,99%	170	8,63	1467	17,54	2982	15,37	2613	23,74	4036	15,29	2599	24,51	4167
TP 20–20,99%	180	3,65	657	3,71	667	2,67	481	0	0	4,36	784	2,89	520
TP 21–21,99%	185	0	0	0	0	0	0	3,44	637	0	0	0	0
TP 22–22,99%	190	2,48	472	0	0	2,76	525	4,25	807	7,18	1364	0	0
TP 23 ja + %	195	8,30	1618	8,256	1610	8,85	1726	2,65	516	0	0	6,80	1326
Summa		40,87	<b>4214</b>	38,525	<b>5259</b>	39,42	<b>5345</b>	43,57	<b>5995</b>	45,55	<b>4747</b>	44,02	<b>6013</b>
<b>Variant C</b>													
TP Alla 17%	Kokkuleppel	28,73		28,51		17,56		20,45		29,91		29,13	
TP 17–19,99%	170	4,28	727	0	0	9,81	1668	8,40	1427	9,15	1555	4,72	802
TP 20–20,99%	180	0	0	0	0	3,59	646	7,73	1391	0	0	3,00	540
TP 21–21,99%	185	2,45	454	5,96	1103	0	0	3,48	644	3,39	627	2,93	541
TP 22–22,99%	190	2,42	459	4,19	796	4,61	876	0	0	0	0	0	0
TP 23 ja + %	195	3,47	676	3,03	592	2,72	531	5,05	985	5,86	1143	4,56	889
Summa		41,34	<b>2316</b>	41,70	<b>2491</b>	38,29	<b>3721</b>	45,11	<b>4447</b>	48,31	<b>3324</b>	44,34	<b>2773</b>

Silmnähtavalt parimaid tulemusi saadi katsevariandis A, kus esimene niide tehti õiepungade moodustumise arengufaasis (tabel 5). Ühel hektaril kasvanud kolme aasta saagi realiseerimisel oli võimalik sõltuvalt sordist toodangut hinnaklassidesse jagades saada 5250–7313 eurot. Õitsemise algul tehtud esimese niite (variant B) saagi realiseerimisel võis saada kolme aasta toodangu eest 4214–6013 eurot hektari kohta. Esimese niite hilinedes ja tehes seda täisõitsemisel, oli kolmel aastal hektarisel pinnal toodetu eest võimalik saada 2316–4447 eurot. Jättes arvestamata kokkuleppehindadega toodangu realiseerimise võimalust, näitasid meie katseandmed, kui oluline on õige niitmisrežiim. Saadav tasu realiseerimisest võib hilinemise korral langeda isegi kaks korda.

On üsna oluline, millist sorti kasvatada. Kõige paremaid koondtulemusi näitas sort 'Heiti'. Teiste sortidega võrreldes olid tema näidud kõigis kolmes niitmisaegade variandis parimad.

Aretusnumber J 415 on kiirema kevad- ja ädalakasvuga. Tema puhul õigus-taksid end standardsordist 'Jõgeva 118' varasemad koristusajad. Ilmastikult soodsal aastal võimaldaks see aretusmaterjal neljakordset koristamist. Kliima soojenemist ja vegetatsiooniperioodi pikenemist silmas pidades on sellel aretusnumbril perspektiivi. Töö materjaliga ühtlikkuse suunal lõpeb 2024. aastal, mille järel on kava esitada see aretusnumber sordikatsetusse.

Aretusnumber J 412 on aretatud, kasutades lähtevanemana vormi, mille liitlehel on rohkem lehekesi kui kolm (*multileaf* tüüp). Kuna lutserni lehtedes on toorproteiini 2 korda enam kui vartes, taotletakse aretusega suurendada lehtede osatähtsust saagis (ja kõrgemat toorproteiinisisaldust). Kahjuks ei ole suudetud saavutada tunnuse stabiilsust ega ka edu saagi kvaliteedi parandamisel. Võimaluste piires selle materjaliga aretustöö jätkub.

Meie katses oli lutsern külvatud katteviljata monokultuurina juuli algul. Vegetatsiooniperioodi lõpul külviaastal kasvanud saak koristati. Toodangu realiseerimisel oli kolmele kasutusaastale lisaks võimalik saada katseliikmetelt täiendavalt kuiva heina ja saada selle eest sissetulekut järgmiselt: 'Jõgeva 118' 2,49 t ha<sup>-1</sup> – 423 €, 'Karl' 2,28 t ha<sup>-1</sup> – 410 €, 'Juurlu' 2,20 t ha<sup>-1</sup> – 374 €, 'Heiti' 2,75 t ha<sup>-1</sup> – 468 €, J 415 2,41 t ha<sup>-1</sup> – 410 € ja J 412 2,52 t ha<sup>-1</sup> – 429 €. Sort 'Karl' eristus külviaastal saagi toorproteiinisisaldusega 20,4%, ülejäänud katseliikmed paigutusid toorproteiini sisalduse näiduga vahemikku 18,4–19,4 % ja vastasid seega esimesele hinnaklassile.

## Kokkuvõte

Lutserni kuivaine- ja toorproteiinisaak sõltus niiterežiimist. Maksimaalse saagi nii kuivaine kui toorproteiini osas sai esimest niidet tehes taimiku täisõitsemisel, teist niidet siis, kui õiekobarate üksikud esimesed õied olid värvunud, ja kolmandat niidet vegetatsiooniperioodi lõpul.

Kui eesmärgiks on kasvatada lutserni haljasmassi, mille kuivaines on toorproteiinisisaldus 17% ja rohkem, tuleb esimene niide teha varem – õiepungade moodustumisel. Teise ja kolmanda niite saagi toorproteiinisisaldus ei ole üldjuhul

takistuseks heinatehasele müügil: teises niites olid kõigis katsevariantides näidud 18% ja 23% vahel, kolmandas niites 21% ja 29% vahel.

Külvates lutserni katteviljata juuli algul, moodustus külviaasta vegetatsiooniperioodi lõpuks koristatav 2,0–2,5 t ha<sup>-1</sup> kuivainesaak, mille realiseerimisväärtus heinatehases heinana on 374–468 €.

Kasutusaastal võib esimese niitega hilinemine tuua kasvatatud haljasmassi realiseerimisel kuni kahekordse rahalise kaotuse.

Niiterežiimi kõrval oli sordil lõpptulemuse määramisel kaalukas roll. Sortidest näitas paremaid tulemusi 'Heiti', mis suve II poolel kasvas jõulisemalt ja sellest tulenevalt oli saak II ja eriti III niites suurem. Kolme aasta kogusaak variandis A jaotatuna heinatehase hinnaklassidesse andis arvutuslikuks müügitulemuseks 6981 eurot, millega ületas standardsorti 'Jõgeva 118' 1731 € võrra e 33%. Häid tulemusi näitas aretusnumber J 415, mis on kavas 2024. aastal esitada sordikatsetusse. Sordikatsetuse eduka läbimise korral võib selle sordi seeme jõuda tootjani 7–8 aasta pärast.

Katses rakendatud niitmisrežiimid ei alandanud kolme aasta jooksul taimikute talvekindlust ega saagivõimet.

## Kasutatud kirjandus

- Bals, B. D., Dale B. E., Balon, V. 2012. Recovery of leaf protein for animal feed and high-value uses. – Biorefinery co-products. Michigan State University, pp. 179–197.
- Barnhart S. 2010. When to make first spring cut of alfalfa and mixed alfalfa/grass. – crops.extension.iastate.edu/cropnews/2010/05/when-make-first-spring-cut-alfalfa-and-mixed-alfalfagrass (13.11.2023)
- Bhandari K. B., Picasso V. D. 2022. Assessing resilience of lucerne cultivars to drought stress in Wisconsin, United States. – Grassland Science in Europe, Vol 27, pp.355-357.
- Damborg V. K., Jensen S. K., Weisbjerg M. R., Adamsen A. P., Stødkilde L. 2020. Screw-pressed fractions from green forages as animal feed: Chemical composition and mass balances. – Animal Feed Science and Technology 261, 114401
- Deroche B., Morvan A. Wyss U., Aoun M., Baumont R. 2022a. Prediction of hay digestibility from its assessment on the fresh forage and drying time. – Grassland Science in Europe, Vol 27, pp.125–127.
- Deroche B., Morvan A. Wyss U., Aoun M., Baumont R. 2022b. Prediction of water-soluble carbohydrate contents in hay from their content in fresh forage and drying time. – Grassland Science in Europe, Vol 27, pp.128–131.
- Frame J., Charlton J. F. L., Laidlaw A. S. 1998. Temperate Forage Legumes. CAB International, Wallingford, 327 p.
- Hartog- lucerne.com/en/contact-with-hartog/grassdrier
- Jørgensen U. Jensen S. K., Ambye-Jensen M. 2022. Coupling the benefits of grassland crops and green biorefining to produce protein, products and services for the green transition. – Grassland Science in Europe, Vol 27, pp. 83–94.
- Liebhart, P., Weindl, P., Maxa, J., Bellof, G., Bernhardt, H., Thurner, S 2019. Ensiling alfalfa leaves as a high protein feed for monogastric animals. – Tagungsband zum 47. Internationales Symposium für landwirtschaftliche Mechanisierung 05-07. März2019 Opalija (Kroatien), S 343–350.

- Lutserni kokkuostu tingimused – [kevili.ee/heinatehas/lutserni-kokkuostu-tingimused](http://kevili.ee/heinatehas/lutserni-kokkuostu-tingimused) (30.10.2023).
- Ma, J., Huanfu, W., Yang, J., Xu, J., Wang, Z., Zhu, X., Wang, Ch., Shi, Y., Cui, Y. 2022. „King of the forage“– alfalfa supplementation improves growth, reproductive performance, health condition and meat quality of pigs. – *Frontiers in Veterinary Science*, Nov 2. [ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9667112](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9667112) (2.11.2023)
- Rotz C. A. 2005. Postharvest changes in alfalfa quality. – [alfalfasymposium.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2005/05-253.pdf](http://alfalfasymposium.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2005/05-253.pdf) (17.11.2023)
- Small, E. 2011. *Alfalfa and Relatives: Evolution and Classification of Medicago*. Ottawa, Canada, 727 p.
- Suwignyo, B., Mustica, A., Kustantinah, Yusiati, L. M., Suhartanto, B. 2020. Effect of drying method on physical-chemical characteristics and amino acid content of tropical alfalfa (*Medicago sativa* L.) hay for poultry feed. – *American journal of animal and veterinary Sciences*, 15(2), pp. 118–122.

# Põldherne seemne- ja proteiinisaak ning proteiini sisaldus tava- ja maheviljeluse tingimustes

Tiia Kangor, Lea Narits

Maaelu Teadmuskus

---

**Abstract.** Kangor, T., Narits, L. 2024. The seed and protein yield, and protein content of field peas in conventional and organic farming conditions. – *Agronomy* 2024.

This study aimed to evaluate the seed and protein yield, and protein content of field peas in conventional and organic farming conditions in 2020–2022. The field trials with five genotypes (‘Audit’, ‘Eso’, ‘Ingrid’, ‘Kirke’, ‘Salamanca’) were carried out at the Centre of Estonian Rural Research and Knowledge. The trials were arranged on 5 m<sup>2</sup> plots in three replications of both farming conditions. The year as a factor influenced the seed and protein yields the most, accordingly 43 and 47%. The most unfavourable drought conditions were in 2021. However, the variation in protein content depended on the farming system, constituting 49% of the total effect. In organic farming conditions, the seed yield of field peas remained 2,1 times and the protein yield 1,7 times lower than in conventional farming. Contrary to this, the average protein content was significantly higher ( $p \leq 0,05$ ) in organic farming than in conventional farming conditions.

**Keywords:** field pea, seed yield, protein content, conventional, organic

---

## Sissejuhatus

Põldhernes on Eesti tingimustes üks olulisemaid valgukultuure. Statistikaameti andmetel on kaunviljade, s.h põldherne kasvupind viimastel aastatel järjest suurenenud. Kui 2020. a oli põldherne kasvupind 33 096 ha, siis 2022. a juba 42 749 ha (Statistikaamet). Tööstuses toodetud taimse valgu kasutamine inimese toidulaul loomse valgu asendajana on tänapäeval järjest suurenev trend. Selliseks taimse valgu toormeks sobib teatud töötlemise juures ka hernes (Kaldmäe jt, 2023). Seetõttu võib tulevikus tekkida suurem nõudlus ja vajadus kohaliku hernevalgu järele.

Kaunviljad, s.h hernes, on küllalt tundlikud põuaste kasvutingimuste suhtes ja nad on oma kasvu ja arenguga sümbiontselt seotud mügarbakteritega. Samas me teame, et mügarbakterid vajavad oma elutegevuseks mullaniiskust, mistõttu keskmisest kuivemas ja kuumemas keskkonnas see side nii hästi ei toimi (Benezit jt, 2017; Couchoud jt, 2020). Hernes kui parasvöötme kliima kultuur, on kõige tundlikum kuiva ja kuuma ilma tingimustele eelkõige õitsemise ja kaunte moodustumise ajal (Nielsen, 2001; Narits, 2008).

Antud töö eesmärgiks oli võrrelda kolme aasta jooksul põldherne seemne-, proteiinisaake ja proteiinisisaldusi erinevate viljelusviiside rakendamisel; selgitada välja, milline faktor mõjutab antud omadusi nii tava- kui maheviljelustes kõige enam.

## Materjal ja meetodika

Katsed rajati aastatel 2020–2022 Maaelu Teadmuskuse (METK) Jõgeva katsepõldudele. Põldherne seeme külvati nii tava- kui ka maheviljeluse viie sordiga (‘Audit’,



‘Eso’, ‘Ingrid’, ‘Kirke’ ja ‘Salamanca’) 5 m<sup>2</sup> katselappidele kolmes korduses. Kordused olid katse piires randomiseeritud. Kõik sordid olid poollehetud, v.a ‘Kirke’, mis oli lehelist tüüpi. Külvisenormiks kasutati 100 idanevat seemet ruutmeetrile. Mõlemal katsealal kasutati künnipõhist tehnoloogiat. Tavaviljeluses väetati põldherneest enne külvi mineraalväetisega (NPK 5-10-20, väetisena 400 kg ha<sup>-1</sup>) ja kasutati herbitsiide ning vajadusel insektitsiide. Mahealal seda ei tehtud ja eelviljaks oli seal punane ristik, mis künti igal kevadel mulda haljasväetiseks. Tavaviljelusalal olid herne eelviljadeks teraviljad.

Mahealal oli raske liivsavi lõimisega gleistunud leetjas muld, mille pH<sub>KCl</sub> oli erinevatel aastatel vahemikus 5,7–6,2; C<sub>org</sub> sisaldus 2,1–2,4%; P 79–84; K 92–166; Ca 1763–2179; Mg 128–207; Mn 35–60; B 0,60–1,08 mg kg<sup>-1</sup>. Tavaviljelusega alal esines raske liivsavi lõimisega leostunud muld ning mulla keemilise analüüsi andmed olid aastate lõikes järgmised: pH<sub>KCl</sub> oli 5,7–6,1; C<sub>org</sub> sisaldus 1,6–1,8%; P 222–248; K 188–222; Ca 1443–1959; Mg 91–102; Mn 115–132; B 0,90–0,93 mg kg<sup>-1</sup>.

Katseaastate ilmastik oli küllalt varieeruv. Kõige soodsamad tingimused põldherne kasvuks ja arenguks olid 2020. a, mil pikemaid põuaperioode ei esinenud. Seevastu 2021. a pikk põuaperiood juunis–juulis mõjus taimede kasvule ja viljastumisele. Antud aasta kasvuperiood algas normist (1991–2021) jahedama ja niiskema maikuu ja juuni esimese dekaadiga, mil taimed said välja arendada oma juurekava. Edasine põuaperiood peaaegu juuli lõpuni mõjutas herne pikkuskasvu, viljastumist ja seemnesaagi moodustumist negatiivselt.

2022. a taimekasvuperiood algas samuti normist jahedama maikuuga. Kuna aprilli lõpus olid tugevad sajud, siis oli mullas niiskust piisavalt. Saagikust mõjutav põuaperiood oli võrreldes 2021. a lühem, algas hiljem (juuni viimasest dekaadist), ja kestis 13. juulini. Ka hiljem (koristuseelsel perioodil) muutus ilm normist taas kuivemaks ja kuumemaks, kuid saagi suurus oli selleks ajaks juba ära määratud, pigem mõjutas see seemne kvaliteediomadusi.

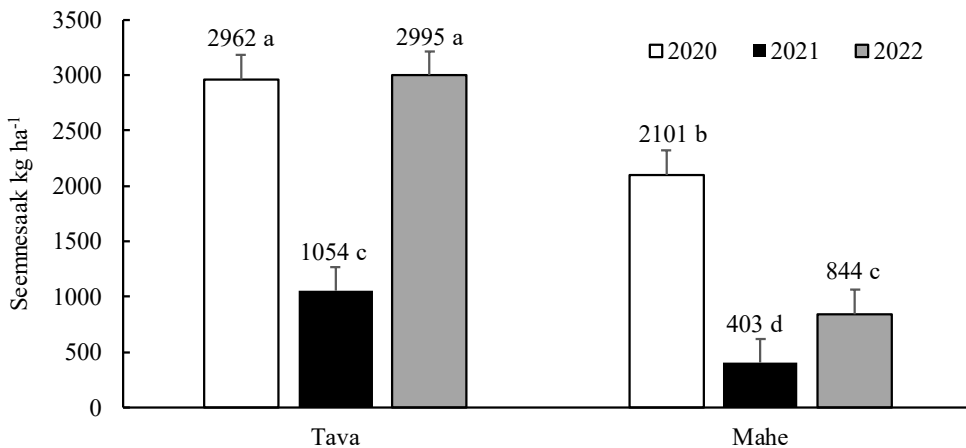
Seemnesaadid koristati kõigil aastatel augusti esimeses pooles, kuivatati, sorteeriti ja arutati 13% niiskuse sisaldusele. Proteiinisisaldused määrati laboris FOSSNIR-meetodil. Proteiinisisalduse ja seemnesaagi alusel arutati sortidele proteiinisaagid.

Andmed töödeldi mitmefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil statistikaprogrammiga *Agrobases*<sup>TM</sup>. Faktorite vahelised usutavad erinevused leiti 95% usalduspiiri juures ( $p \leq 0,05$ ). Iga faktori mõju määramisel kasutati determinatsioonikoefitsienti.

## Tulemused ja arutelu

**Põldherne seemnesaaki** mõjutas peamiselt kasvuaasta ilma tingimused (43%) ja viljelusviis (29%). Teiste faktorite mõju jäi väiksemaks: aasta ja viljelusviisi koosmõju oli 8%, sordi oma 7% ning aasta ja sordi koosmõju 5%.

Seemnesaadid varieerusid aastati tavaviljeluses vahemikus 1054 (2021. a) – 2995 (2022. a) kg ha<sup>-1</sup> ning mahedas 403 (2021. a) – 2101 (2020. a) kg ha<sup>-1</sup> (joonis 1).



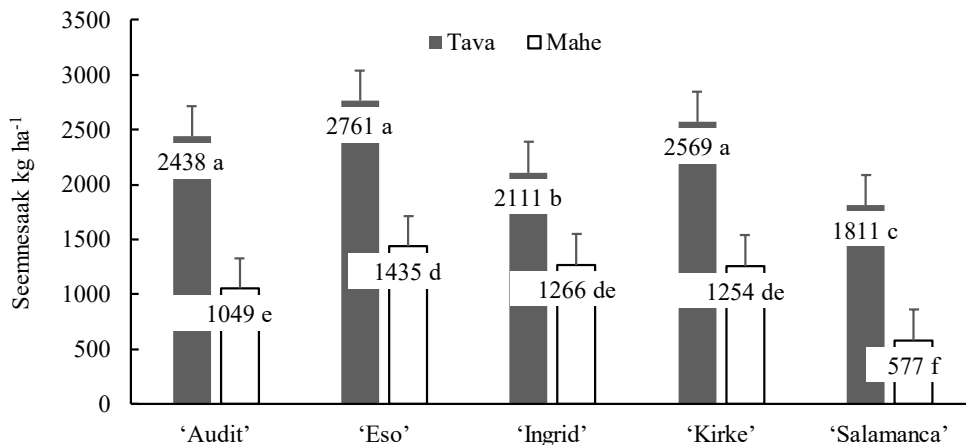
**Joonis 1.** Põldherne seemnesaak ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ja selle usutavus ( $p \leq 0,05$ ) erinevatel aastatel tava- ja maheviljeluses; erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi

Andmetest ilmnes, et kui tavaviljeluses olid aastate vahel erinevused seemnesaagis kuni 2,8 korda, siis maheviljeluses oli see 5,2 korda. Aastate keskmisena jäi maheviljeluse seemnesaak usutavalt 2,1 korda väiksemaks kui tavaviljeluses. Sarnaseid tulemusi on saadud ka teiste autorite poolt (Jõemaa, 2017). Väikseks jäigi herne seemnesaak mõlema viljelusviisi korral keskmisest kõrgema õhutemperatuuriga ja kuiva kasvuperioodiga 2021. a, sest herne õitsemine ja kaunte moodustumine langes just sellesse perioodi. Põldhernes kui jahedama kliima kultuur, on ikkagi väga tundlik pikematele kuuma ja kuiva ilmaga kasvuperioodile (Guilioni jt, 1997). Tavaviljeluses saadi võrdset suur seemnesaak nii 2020. kui ka 2022. a, mil sellist pikka põuaperioodi ei olnud.

Maheviljeluse tingimustes jäi herne seemnesaak väikeseks ka 2022. a. Põhjuste selleks võib olla mitmeid. Maheviljeluses tekkis hernetaimedel toitainete puudus. Mõned toitained soodustavad mügarbakterite arengut, näiteks molübdeen, boor, fosfor jms, kuid mahetingimustes võibki nende areng ja sümbioos peremeestaimega seetõttu jääda tagasihoidlikuks. Samas tuleb konkureerida umbrohtudega, mis on suhteliselt vastupidavad ka äärmuslikes ilmaoludes. Maheviljeluses on põldhernel vaja toime tulla ka mitmesuguste kahjurputukate rünnakutega. Kõik need faktorid võisid mõjutada saagikust, mida on välja toonud ka teised teadlased (Corre-Hellou, Crozat, 2005). 2022. a juuni viimasest dekaadist kuni 13. juunini valitsev kuum ja kuiv ilm mõjus seemnesaagi suurusele, kuid ka edasine lühiajaline koristuseelne kuivus ja toitainete puudus mõjutas saagi suuruse formeerumist.

Erinevate viljelusviiside rakendamisel käitusid erinevalt ka hernesordid. Sortide seemnesaagid varieerusid tavaviljeluses vahemikus  $1811\text{--}2761 \text{ kg ha}^{-1}$  (erinevus 1,5 korda) ja mahedas  $577\text{--}1435 \text{ kg ha}^{-1}$  (erinevus 2,5 korda) (joonis 2). Andmetest on näha, et maheviljeluses oli sortide seemnesaagi erinevus suurem kui tavaviljeluses. Sordi 'Salamanca' seemnesaak jäi aastate keskmisena teistest usutavalt väiksemaks

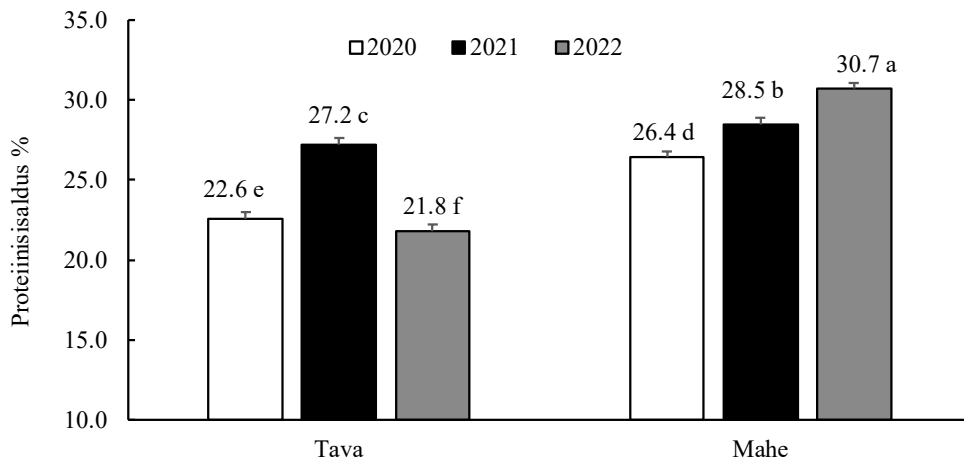
mõlemas viljelusviisis. Suurimad seemnesaagid saadi tavaviljeluses sortidelt 'Eso' ja 'Kirke' ning mahedas sortidelt 'Eso' 'Ingrid' ja 'Kirke'.



**Joonis 2.** Põldherne sortide seemnesaak (kg ha<sup>-1</sup>) ja selle usutavus ( $p \leq 0,05$ ) aastate keskmisena tava- ja mahevilljeluses; erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi

**Põldherne proteiinisalduse** variatsioon sõltus kolme aasta keskmisena kõige enam viljelusviisist (49%), aasta ja viljelusviisi koosmõjust (23%) ning aasta tingimustest (17%). Sordi mõju jäi 6% piiridesse. Mahevilljeluses oli herne proteiinisaldus aastate keskmisena usutavalt kõrgem (28,5%) kui tavaviljeluses (23,9%). Põuasema kasvuperioodiga 2021. a oli herne proteiinisaldus sortide ja viljelusviiside keskmisena oluliselt kõrgem (27,2%) kui teistel aastatel (2020., 2022. a). Proteiinisaldus jäi viljelusviiside keskmisena usutavalt väiksemaks 2022. a (21,8%), olles suurel määral mõjutatud antud kvaliteedinäitaja madalast tasemest tavaviljeluses. Mahedas oli see näitaja 2022. a kõige kõrgem (30,7%).

Joonisel 3 on erinevate katseaastate proteiinisaldused tava- ja mahevilljeluses ning kui võrrelda seda seemnesaagi joonisega 1, siis ilmnes, et proteiinisaldused olid negatiivses korrelatsioonis seemnesaakidega. Tavapäraselt ongi erinevatel põllukultuuridel saagi ja proteiinisalduse vahel negatiivne korrelatsioon (Krajewski jt, 2012). Stressi tingimustes, kui saagi formeerumine on stressori poolt piiratud ning väheneb seemnete mass ja arv, siis kasutatakse toitelemente (eelkõige lämmastikku) aminohapete, valgu tootmiseks ja seemnetes tõusebki proteiini sisaldus (Krajewski jt, 2012).

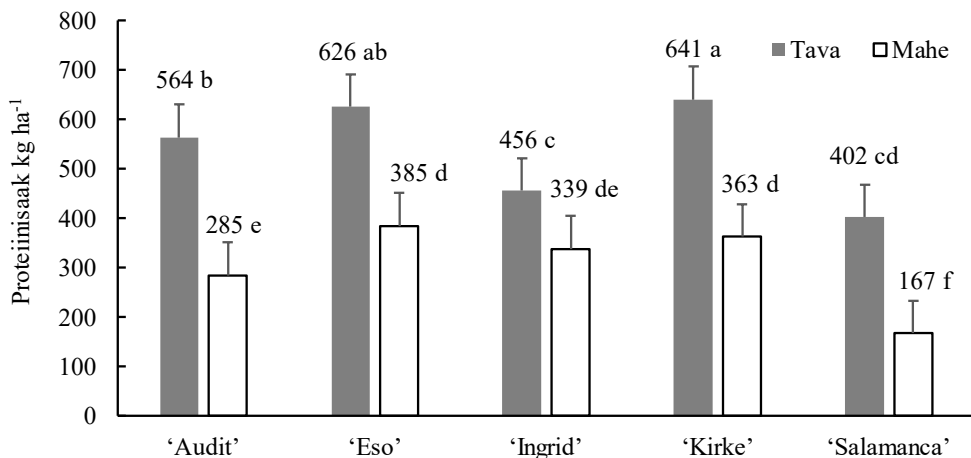


**Joonis 3.** Põldherne proteiinisaldus (%) ja selle usutavus ( $p \leq 0,05$ ) erinevatel aastatel tava- ja maheviljeluses; erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi

Sordi 'Kirke' proteiinisaldus oli aastate keskmisena teistest sortidest usutavalt suurem mõlema viljelusviisi rakendamisel (vastavalt tavaviljeluses 25,6%, mahedas 29,8%). Teistest väiksemaks jäi tavaviljeluses 'Ingridi' (22,6%) ja mahedas 'Eso' (27,5%) ja 'Ingridi' (27,7%) proteiinisaldused.

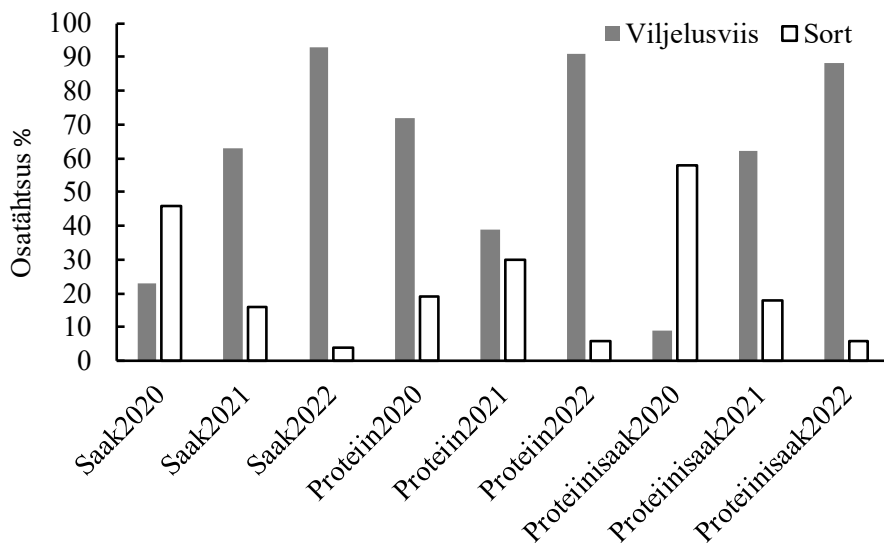
**Põldherne proteiinisaaigi** suurust mõjutas kõige enam kasvuaasta (47%) ja viljelusviis (21%). Teised faktorid mõjutasid vähem: sort 9%, aasta ja viljelusviisi ning aasta ja sordi koosmõju mõlemad 6%, viljelusviisi ja sordi koosmõju 1%. Sarnaselt seemnesaagile oli ka proteiinisaaik väike mõlema viljelusviisi korral eelkõige 2021. a, vastavalt 286 (tavaviljeluses) ja 115 kg ha<sup>-1</sup> (mahedas). Statistiliselt usutavad erinevused puudusid antud kolme aasta keskmise näitaja osas tavaviljeluses nii 2020. (675 kg ha<sup>-1</sup>) kui ka 2022. a (652 kg ha<sup>-1</sup>), kuid mahedas saadi suurim proteiinisaaik 2020. a (550 kg ha<sup>-1</sup>).

Suurim proteiinisaaik saadi tavaviljeluses kolme aasta keskmisena sortidelt 'Kirke' (641 kg ha<sup>-1</sup>) ja 'Eso' (626 kg ha<sup>-1</sup>) ning mahedas sortidelt 'Eso' (385 kg ha<sup>-1</sup>), 'Kirke' (363 kg ha<sup>-1</sup>) ja 'Ingrid' (339 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 4). Maheviljeluses jäi sortide proteiinisaaik peaaegu poole võrra väiksemaks kui tavaviljeluses. Keskmise proteiinisaaik jäi maheviljeluses teistest sortidest väiksemaks 'Salamancal' (167 kg ha<sup>-1</sup>). Kuigi sortidel 'Eso' ja 'Ingrid' olid proteiinisaldused maheviljeluses teistest madalamad, siis kompenseerisid nad selle oma seemnesaagiga ja seepärast kujunes neil kokkuvõttes küllalt suur proteiinisaaik.



**Joonis 4.** Põldherne sortide proteiinisaak (kg ha<sup>-1</sup>) ja selle usutavus ( $p \leq 0,05$ ) aastate keskmisena tava- ja maheviljeluses; erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi

Kui elimineerida aasta mõju seemne- ja proteiinisaagile ning proteiini sisaldusele, siis jooniselt 5 on näha, et viljelusviisi mõjutas 2022. a antud näitajaid 88–92% ulatuses. Nii seemne- kui ka proteiinisaak jäid maheviljeluses tunduvalt väiksemaks, kuid proteiinisaldus oli oluliselt suurem kui tavaviljeluses. Ka 2021. a oli viljelusviisi mõju nendele näitajatele suur: 39–63%. Antud aastal määras proteiinisalduse varieeruvuse 30% ulatuses sort. Teiste näitajate osas oli sordi mõju väiksem. Sordi mõju oli suurem kui viljelusviisi oma 2020.a seemne- ja proteiinisaagile, vastavalt 46 ja 58%. Samas viljelusviisi mõjutas antud aastal proteiinisaldust 72%, sordi mõju jäi väiksemaks.



**Joonis 5.** Põldherne seemnesaaki, proteiini sisaldust ja proteiinisaagi suurust mõjutavate faktorite osatähtsus (%) tava- ja maheviljeluses aastatel 2020–2022

## Kokkuvõte

Kui kasvuaasta ilmastik määras peamiselt põldherne seemne- ja proteiinisaagi, siis viljelusviis mõjutas eelkõige proteiinisisaldust. Maheviljeluses oli herne proteiinisisaldus oluliselt kõrgem kui tavaviljeluses.

Maheviljeluses on põldherne seemnesaak varieeruvam ja tundlikum mitmete biotilistele ja abiootilistele stressoritele. Kahjurite rünnakud, konkureerimine umbrohtudega valguse, vee ja toitainete pärast, mida maheviljeluses niigi napib, ebasobivad ilmastikuolud – need kõik vähendasid saagikust. Maheviljeluses jäi herne seemnesaak 2,1 korda väiksemaks tavaviljeluse saagist. Tavaviljeluses mõjutas saagi formeerumist eelkõige pikemaajalised (1,5–2 kuud) põua perioodid, eriti õitsemise ja kaunte moodustumise faasis, mistõttu 2021. a seemnesaak jäi tavaviljeluses tunduvalt väiksemaks kui kahel teisel kasvuaastal.

Vastupidiselt saagile, oli proteiinisisaldus herneseemnetes 1,2 korda suurem maheviljeluses kui tavaviljeluse tingimustes. Pikema põua perioodiga kasvuaastal (2021) saadi tavaviljeluses kõrgeima proteiinisisaldusega hernerid kui teistel aastatel. Kõrgeim proteiinisisaldus oli mahedalt kasvatatud hernerites 2022. a.

Proteiinisaagi suurust mõjutas küll ka proteiinisisaldus, kuid enam siiski seemnesaagi suurus. Maheviljeluse proteiinisaak oli aastate keskmisena 1,7 korda väiksem kui tavaviljeluses. Mõnedel sortidel, mille proteiinisisaldus jäi maheviljeluses teistest väiksemaks, kuid neil oli suur seemnesaak, saadi ka suurem proteiinisaak.

## Tänuavaldused

Autorid avaldavad tänu Triin Sauele, Merko Kärbile ilmaandmete ja nende kokkuvõtete eest. Samuti täname Jõgeva laborit ning õlikultuuride ja kaunviljade rühma tublisid naisi.

## Kasutatud kirjandus

- Benezit, M., Biarnes, V., Jeuffroy, M-H. 2017. Impact of climate and diseases on pea yields. – Oilseeds and fats, Crops and Lipids 24(1) p 9. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016055>
- Corre-Hellou, G., Crozat, Y. 2005. N<sub>2</sub> fixation and N supply in organic pea (*Pisum sativum* L.) cropping systems as affected by weeds and pea weevil (*Sitona lineatus* L.). – European Journal of Agronomy 22, pp 449–458. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030104000577>
- Couchoud, M., Salon, C., Girodet, S., Jeudy, C., Vernoud, V., Prudent, M. 2020. Pea Efficiency of Post-drought Recovery Relies on the Strategy to Fine-Tune Nitrogen Nutrition. – Frontiers in Plant Science 11, pp 1–15. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.00204/full>
- Guilioni, L., Wery, J., Tardieu, F. 1997. Heat Stress-induced abortion of buds and flowers in pea: is sensitivity linked to organ age or to relations between reproductive organs? – Annals of Botany 80, pp 159–168.
- Jõemaa, A. 2017. Viljelusviisi mõju herne (*Pisum sativum*) umbrohtumisele ja saagikusele. – Teaduselt mahepõllumajandusele, lk 45–49. [https://www.maheklubi.ee/upload/Editor/Mahekogumik\\_2017.pdf](https://www.maheklubi.ee/upload/Editor/Mahekogumik_2017.pdf) (15.11.2023)

- Kaldmäe, H., Tamm, I., Narits, L., Lääniste, P., Runno-Paurson, E., Tõrra, T., Moks, M. 2023. Põllukultuuride valik ja sobivus valkude eraldamiseks. Tartu, 16 lk [https://dspace.emu.ee/bitstream/handle/10492/8611/TVIK03\\_A4\\_SISU\\_print\\_Pollukultuurid.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.emu.ee/bitstream/handle/10492/8611/TVIK03_A4_SISU_print_Pollukultuurid.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (6.11.2023)
- Krajewski, P., Bocianowski, J., Gawłowska, M., Kaczmarek, Z., Pniewski, T., Swiecicki, W., Wolko, B. 2012. QTL for yield components and protein content: a multienvironment study of two pea (*Pisum sativum* L.) populations. – *Euphytica* 182, pp 323–336. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-011-0472-4>
- Statistikaamet. <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/pollumajandus-kalandus-ja-jahindus/pollumajandus> (6.11.2023)
- Narits, L. 2008. Põldherne saak ja proteiinisaldus. – *Agronomiam* 2008, lk 63–66.
- Nielsen, D.C. 2001. Production functions for chickpea, field pea, and lentil. – *Agronomy Journal* 93(3), pp 563–569. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.933563x>

## Fütaat meie teraviljades

**Mailis Korge<sup>1</sup>, Maarika Alaru<sup>1</sup>, Indrek Keres<sup>1</sup>, Kert Kits<sup>1,2</sup>, Kaidi Möll<sup>1</sup>, Evelin Loit-Harro<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

<sup>2</sup> Mudasilla talu, Tagula, Valgamaa

---

**Abstract.** Korge, M., Alaru, M., Keres, I., Kits, K., Möll K., Loit-Harro, E. Phytate in Estonian cereal grains. – *Agronomy* 2024.

Phytate is a substance that has been considered mainly as antinutrient, although it has several useful properties that could be exploited. Thus, an experiment was conducted to study the factors, such as nitrogen fertilization and weather, that affect phytate content in field conditions during 2017–2022. Winter wheat and spring barley grain samples were collected from a long-term experiment at the Estonian University of Life Sciences in Estonia. In addition, phytate content was analyzed in winter and spring barley, winter wheat, oat and rye samples collected from production fields of Yield Competition 2022. Results revealed that Estonian cereals contain a considerable amount of phytate in average in the range of 1-2 g per 100 g<sup>-1</sup>. Winter wheat had a higher phytate content compared to spring barley. Phytate content in the grains was affected by yearly weather conditions (precipitation and air temperature) and not by N fertilization or cultivation method. The phytate content of wheat increased in warmer and wetter weather, but in barley in cool and dry weather. The phytate contents of wheat, barley, rye, oats and triticale grains grown in production fields were similar. Future research should focus on possibilities of cereal grains phytate valorization.

**Keywords:** organic, conventional, temperature, cereal grains, phytate

---

### Sissejuhatus

Fütaat (müo-inositolheksafosfaat) ehk fütiinhappe sool on taimeriigis laialt levinud aine fosfori ja mineraalainete säilitamiseks ning ka levinuim orgaanilise fosfori vorm mullas (Lopez-Moreno jt, 2022). Fütaati leidub liblikõielistes ja pähklikes, kuid enim leidub seda teraviljades, kus tema sisaldus jääb vahemikku 0,06–2,2% (Schlemmer jt, 2009). Enamikes teraviljade seemnetes asub fütaat aleuroonkihis, kus see seemne idanemisel varustab kasvavat taime fosforiga (Schlemmer jt, 2009). Seemne kogu fosfori varudest säilitab taim fütaadina 65–85% (Fukushima jt, 2020; Kumar jt, 2021), mis moodustab 1–2% seemne kaalust (Kaplan jt, 2019). Fütaadi biosüntees algab peagi pärast õitsemist ning kogunemine teradesse kestab kuni seemne valmimise ja kuivamiseni (ICC Handbook, 2023).

Fütaati peetakse traditsiooniliselt antitoidaineks selle võime tõttu moodustada komplekse valkude ja mõnede oluliste mikroelementidega, nagu näiteks raua ja tsingiga, mis viib nende biosaadavuse olulise vähenemiseni (Raboy, 2001; Kumar jt, 2021; Phan jt, 2018). Fütaadi mõju elementide kättesaadavusele sõltub nende vahekorrast. Fütaat: raud puhul avaldab negatiivset mõju suhe 1:1 (Hurrell, Egli, 2010), fütaat: tsingil ja fütaat: kaltsiumil vastavalt suhted 15:1 ja 0,17:1 (Castro-Alba jt, 2019). Seeläbi võib fütaadirohke toidu tarbimine viia organismi mikrotoitainete puuduseni. Eeltoodud probleemid fütaadi tarbimisega on seotud inimesega, samas

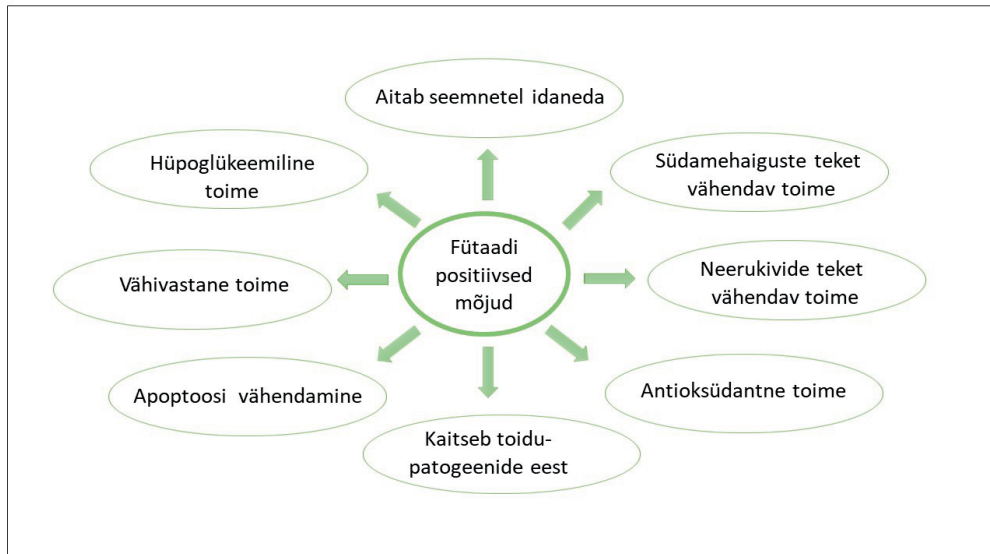


mäletsejalistel probleeme pole, sest nende organism toodab fütaadi lagundamiseks vajalikku ensüümi fütaas (Fukushima jt, 2020). Fütaadi tarbimine sõltub väga palju dieedist, varieerudes vahemikus 0,2–4,6 g (Schlemmer jt, 2009). Fütaadi sisaldust toidus saab vähendada traditsiooniliste töötlustehnikatega nagu leotamine, idandamine, küpsetamine, hapendamine ja jahvatamine (Kumar jt, 2021). Samas sõltub fütaatide mõju ka toidumaatriksist, millega teda tarbitakse ja mõned toidu komponendid võivad vähendada fütaatide negatiivset mõju mineraalainete bioaadavusele (Lopez-Moreno jt, 2022). On aretatud ka madala fütaadisisaldusega nisu, odra, riisi, maisi ja sojaõli sorte, mille fütaadi biosüntees on häiritud (Fukushima jt, 2020), kuid sageli on sellised kultuurid olnud ka oluliselt madalama idanemisvõime ja saagikusega (Zhao jt, 2008).

Fütaadil, kui seda tarbida väikeses koguses, on mitmeid omadusi (joonis 1), mis on kasulikud nii inimestele kui loomadele ning võivad üles kaaluda selle negatiivsed aspektid. On teada, et fütaat on tõhus looduslik antioksidant, mis suudab püüda vabasid radikaale (Bloot jt, 2021), lisaks on sel avastatud ka diabeedivastast ja antibakteriaalset toimet (Schlemmer jt, 2009; Kumar jt, 2021). Pärssides  $\alpha$ -amülaase vähendab fütaat tärglase seedumist, mis on kasuks diabeetikutele (Kumar jt, 2021). Fütaat mõjutab vere kolesteroolisisaldust ja seega võib vähendada vähi- ja südamehaiguste tekke riski (Lopez-Moreno jt, 2022).

Varasemalt on välja toodud, et fütaadi biosünteesi mõjutavad paljud faktorid, sealhulgas väetised, kliima ja keskkond (Kaplan jt, 2019; Bloot jt, 2021). Saastamoinen (1987) leidis, et kuigi nii lämmastik kui ka fosfor mõjutavad kaera terade fütaadisisaldust, on lämmastiku mõju sellele suurem. Uurimuses riisiga leiti, et suurenev lämmastiku norm kuni 300 kg ha<sup>-1</sup> vähendab terade fütaadisisaldust 17% (Ning jt, 2009). Kaplan jt (2019) töös maisiga ilmnas, et lämmastikväetise normid 200 ja 300 kg ha<sup>-1</sup> suurendavad maisiterade fütaadisisaldust oluliselt võrreldes normiga 100 kg ha<sup>-1</sup>, samas kui erinev kasvuaegne veekättesaadavus terade fütaadisisaldusele mõju ei avaldanud. Fütaadisisaldus on mõjutatud ka kasvatatavast kultuurist, varieerudes 0,01% mangos kuni 2,2 % nisus (Bloot jt, 2021), ning viljelemiseks valitud sordist (Ning jt., 2009; ICC Handbook, 2023).

Eesti taimekasvatuse sektorist suurema osa moodustab teravili ning seega on oluline teada, kui suur on teraviljade fütaadi sisaldus. Töö eesmärk oli analüüsida väetamise ja aasta ilmastiku mõju talinisu ja suviadra fütaadi sisaldusele. Töö teine eesmärk oli mõõta tootmispõldudel kasvatatud põllukultuuride fütaadisisaldus.



**Joonis 1.** Fütaadi kasulikud omadused (Kumar jt, 2021).

## Materjal and metoodika

Antud uurimus baseerus Eesti Maaülikooli kahefaktorilisel (viljelusviis – mahe- ja tavaviljelus ning aasta) pikaajalisel põldkatsel Eerikal. Uuriti viieväljalisest külvikorrast talinisu (*Triticum aestivum* L.) 'Fredis' ning suviotra (*Hordeum vulgare* L.) 'Anni', mida kasvatati paralleelselt nii mahe- kui ka tavaviljeluse tingimustes erinevatel lämmastiku (N) väetustasemetel kuueaastase (2017–2022) perioodi jooksul näivleeturund (*Stagnic luvisol*) mullal.

Mahesüsteemi väetisvariandid olid kontroll (Org0), talvised vahekultuurid (Org1), mille poolt kogutud toitained viidi mulda kevadise külvieelse künniga ja talvised vahekultuurid koos kevadel pealtväetisena kasutatud komposteerunud veisesõnnikuga (10 t ha<sup>-1</sup>; Org2). Tavasüsteemi variandid erinesid üksteisest mineraalse lämmastiku (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) koguste poolest: N0 (kontroll, N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>), (N1) N40–50 (N<sub>40</sub>-P<sub>25</sub>-K<sub>95</sub>), (N2) N80–100 (N<sub>80-100</sub>-P<sub>25</sub>-K<sub>95</sub>) ja (N3) N120–150 (N<sub>120-150</sub>-P<sub>25</sub>-K<sub>95</sub>). Punase ristiku allakülviga odra variante väetati madalama N normiga (N<sub>40</sub>, N<sub>80</sub>, N<sub>120</sub>), talinisu variante kõrgema N normiga (N<sub>50</sub>, N<sub>100</sub>, N<sub>150</sub>).

Võrdluseks määrati fütaadi sisaldus Viljelusvõistluse 2022 tali- ja suviotra, talinisu, kaera (*Avena sativa*), talirukki (*Secale cereale*) ja talitritikale (*x Triticosecale*) erinevate sortide proovidest. Võrreldavaid sorte oli taliotral 4 ('Meridian', 'Wallace', 'Kosmos', 'Keeper'), suviotral 3 ('Vanille', 'Tuuli', 'Bente'), talinisel 8 ('Emil', 'Spencer', 'Bohemia', 'Kallas', 'Informer', 'Skagen', 'Creator', 'RGT Reform'), kaeral 2 ('Castor', 'Apollon'), rukkil 1 ('KWS Tayo') ja talitritikalel 1 ('Rivolt'). Proovid koguti üle Eesti paiknevate põllumajandustootjate põldudelt.

Fütaadi sisalduse määramiseks teraviljaproovidest mõõdeti fütaasi poolt vabanevat fosforit ja aluselist fosfaasi järgides määramisprotokolli *Phytic acid (phytate)/ total phosphorous* analüüsi protseduuri (Megazyme International, Iirimaa).

Proovide fütaadisisalduse leidmiseks mõõdetu lahuse optilist tihedust lainepikkusel 655 nm UV-Vis spektrofotomeeteris *Nanodrop One/One* (Thermo Fisher Scientific, USA).

Info põldkatse ilmastikutingimuste kohta koguti ilmajaamast *iMETOS 3.3* (Pessl Instruments GmbH, Austria) Eerika katsepõllu läheduses (tabel 1).

Kõik fütaadisisalduse mõõtmised viidi läbi kolmes korduses. Tulemused on välja toodud korduste keskmisena  $\pm$  standardviga. Analüüsimiseks kasutati tarkvarapaketti *Statistica 13* (TIBCO Software Inc, USA) ühe- ja mitmefaktorilist dispersioonanalüüsi (ANOVA). Usutavate ( $P < .05$ ) erinevuste ilmnemisel kasutati keskmiste erinevuste määramiseks Fisheri vähima olulise erinevuse testi (*LSD posthoc test*). Korrelatsioonitugevust on väljendatud Pearsoni korrelatsioonikordajaga  $r$ .

**Tabel 1.** Keskmised õhutemperatuurid °C ja sademete summad mm katseperioodidel aprill–august 2017–2022 ning pikaajalised keskmised Eerikal

	1991–2020	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Keskmine temp., °C	13,52	12,1	15,7	14,1	13,2	14,8	14,2
Temp. aprill	5,9	3,4	7,2	7,7	4,8	5,3	4,5
Temp. mai	11,5	10,4	16	11,4	9,5	10,9	10,3
Temp. juuni	15,5	14	15,9	18,6	18,4	19,8	17,5
Temp. juuli	18	16	20,8	16,4	16,3	22,2	18,1
Temp. august	16,7	16,7	18,8	16,7	16,8	15,8	20,1
Perioodi sademete summa, mm	323	328	170	213	332	390	340
Sademed aprill	35	52	28	3	50	29	31
Sademed mai	54	16	8	60	32	108	46
Sademed juuni	88	94	61	51	117	19	58
Sademed juuli	67	61	14	41	69	17	145
Sademed august	79	106	59	58	64	217	60

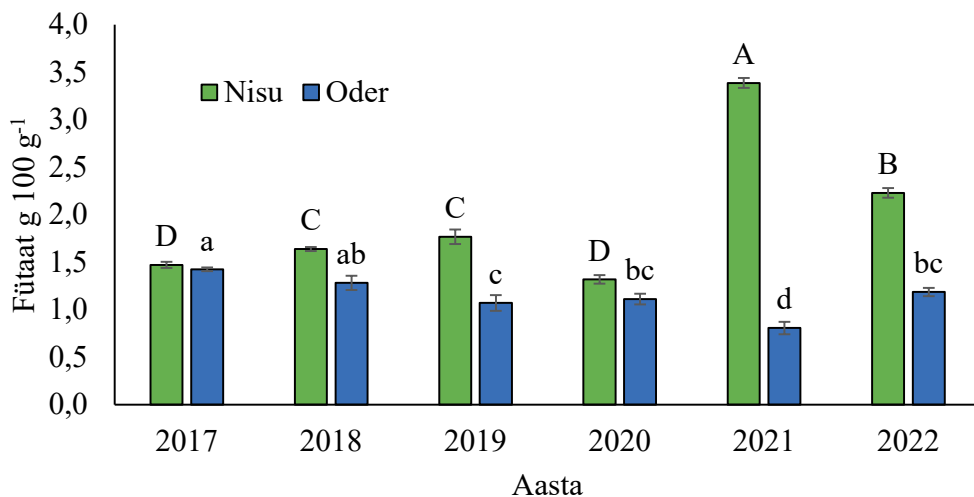
## Tulemused ja arutelu

Külvikorra katse teraviljaproovide fütaadi sisaldus oli talinisul vahemikus 1,8–2,2 g 100 g<sup>-1</sup>, keskmiselt 2,0 g 100 g<sup>-1</sup> ning suviodrall 1,1–1,2 g 100 g<sup>-1</sup>, keskmiselt 1,2 g 100 g<sup>-1</sup>. Schlemmer jt (2009) on kokku võtnud mitmete autorite töid, öeldes, et nisu fütaadi sisaldus on vahemikus 0,39–1,35 g 100 g<sup>-1</sup> ning odrall 0,38–1,16 g 100 g<sup>-1</sup>. Antud katses oli nisu fütaadi usutavalt ( $P < 0.05$ ) rohkem võrreldes odraga ning nisu fütaadi sisaldus oli ka tunduvalt kõrgem (2 g 100 g<sup>-1</sup>) võrreldes Schlemmer jt (2009) poolt väljatoodud vahemiku keskmisega (0,78 g 100 g<sup>-1</sup>).

Kuue katseaasta andmete põhjal lämmastikuga väetamine meie katses teraviljade fütaadi sisaldusele mõju ei avaldanud. Katses kasutati kompleksväetisi ehk lämmastikuga koos anti fosforit ja kaaliumit. Varasemalt on mainitud, et fosforväetamisel on terade fosforisisaldusele positiivne mõju (Saastamoinen, 1987;

Fuskushima jt, 2020). Võrreldes terade fütaadisisaldust väetamata variandis nende variantidega, mis said lisaks fosforit  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  (N1, N2, N3) siis kummagi teravilja fütaadisisaldus usutavalt ei muutunud. Fütaadi sisaldused olid odral väetamata variandis  $1,12 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$  võrreldes variantide N1, N2, N3 keskmisega, mis oli  $1,14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  ning nisul vastavalt  $2,13$  ja  $1,88 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Kui taimed kasvavad optimaalse toitelementide sisaldusega mullas, siis nende lisamine ei pruugi toitelemendi sisaldust taimes mõjutada. Samal katsel varasemalt analüüsitud taimele omastava fosfori sisaldus mullas, mis väetamata ja tavaviljeluse variantides usutavalt ei erinenud (Keres jt, 2020) toetab meie tulemusi.

Aastal oli usutav ( $P < 0.001$ ) mõju mõlema teravilja fütaadi sisaldusele (joonis 2, tabel 2). Nisu madalaima fütaadisisaldusega aastad olid 2017 ja 2020, mil sisaldus oli alla  $1,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Keskmise sisaldusega ( $1,5\text{--}2,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) aastad olid 2018 ja 2019 ning usutavalt suurima fütaadisisaldusega paistsid silma aastad 2021 ja 2022, mil terade fütaadisisaldus kerkis üle 2 ja ka  $3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Kui väetusvariantide vahel oli nisu fütaadisisalduse varieeruvus  $0,4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  siis aastate vahel lausa  $2,1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Fütaadi sisaldusele avaldasid mõju õhutemperatuur ja sademete hulk. Nisu fütaadisisaldust suurendasid kõrgemad temperatuurid juunis ( $r=0,55$ ;  $P < 0.05$ ) ja juulis ( $r=0,70$ ;  $P < 0.05$ ) taimede õitsemise ja terade täitumise perioodis, kus toimub ka varuainete akumulatsioon (tabel 2).



**Joonis 2.** Talinisu ja suviodra fütaadisisaldused ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) katseaastatel väetusvariantide keskmisena; usutavaid erinevusi variantide vahel näitavad suured tähed nisul ja väikesed tähed odral.

Samas oli nisu fütaadisisaldus suurim ka just neil aastatel (2021, 2022), mil teraviljade kasvuperioodil esines enim sademeid. Ka Fernando jt (2014) leidis, et suurem vee hulk suurendab nisu terade fütaadisisaldust. Nendest tulemustest saab järeldada, et nisu terade fütaadisisaldus suureneb soojadel ja niisketel kasvuaastatel. Samas odra puhul sama seos ei kehti ning kõrgema fütaadisisaldusega terad saadi

aastal 2017, mis oli teistest jahedama kasvuperioodiga ning madalaim aastal 2021, mil terade täitumisperiood oli kõige soojem ja kuivem. Odra terade fütaadisisalduse ja õhutemperatuuri ning sademete vahel oli negatiivne seos (vastavalt  $r=-0,22$  ja  $r=-0,20$ ,  $P < 0,05$ ) (tabel 2). Odra terade fütaadisisalduse varieeruvus aastate vahel oli  $0,6 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Järgmisena vajab analüüsimist mehhanism, mis põhjustab suviadra ja talinisu erinevat reaktsiooni keskkonnatingimustele.

Sarnaselt keskkonnatingimustele olid nisu ja odra fütaadisisaldused erinevalt seotud ka mõlema teravilja saagi ja selle parameetritega. Kui talinisu saagi kasvades terade fütaadisisaldus vähenes ( $r=-0,25$ ) siis odral see suurenes ( $r=0,28$ ) (tabel 2). Keskmise tugevusega negatiivne seos avaldus suvinisu fütaadisisalduse ja tema 1000 tera massi vahel. Raboy (2009) on öelnud, et madalat fütaadi sisaldust saab tõlgendada ka madala saagikusega ja stressile vastuvõtlikkusega. See väide pidas antud töös paika odra puhul, kuid mitte nisul.

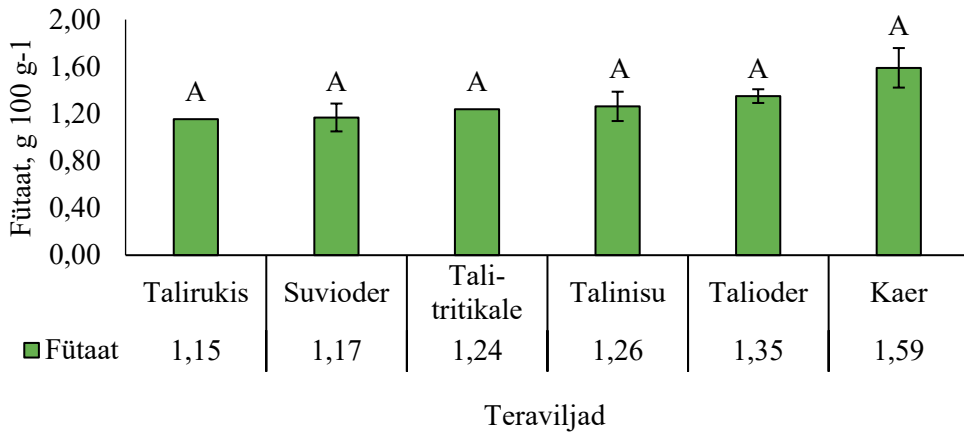
**Tabel 2.** Korrelatsioonikordajad ( $r$ ) talinisu ja suviadra fütaadisisalduse ja teraviljade kvaliteedinäitajate ja ilmastiku faktorite vahel; statistiliselt usutavad ( $P < 0,05$ ) korrelatsioonid on märgitud rasvases punases kirjas

Faktor	Talinisu fütaadisisaldus	Suviadra fütaadisisaldus
Aasta	<b>0,55</b>	<b>-0,35</b>
Saak t/ha	<b>-0,25</b>	<b>0,28</b>
1000 tera	<b>-0,53</b>	-0,04
Temp, C°	<b>0,39</b>	<b>-0,22</b>
Sademed, mm	<b>0,50</b>	<b>-0,20</b>
Temp aprill	-0,06	-0,14
Sademed aprill	<b>-0,23</b>	<b>0,21</b>
Temp mai	-0,10	0,12
Sademed mai	<b>0,83</b>	<b>-0,48</b>
Temp juuni	<b>0,55</b>	<b>-0,49</b>
Sademed juuni	<b>-0,80</b>	<b>0,32</b>
Temp juuli	<b>0,70</b>	<b>-0,27</b>
Sademed juuli	-0,13	0,13
Temp august	<b>-0,20</b>	<b>0,22</b>
Sademed august	<b>0,80</b>	<b>-0,32</b>

Keskmine talinisu fütaadisisaldus põldkatses oli usutavalt suurem ( $2,2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) võrreldes tootmispõldude proovide keskmisega ( $1,3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) aasta 2022 näitel. Kuigi tulemused varieerusid suhteliselt sarnastes piirides, vastavalt  $1,3-2,7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  ( $n=28$ ) ja  $0,8-2,4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  ( $n=11$ ) põldkatses ja tootmispõldudel, olid näitajad oluliselt suuremad põldkatse puhul. Tootmispõldude talinisu olid oluliselt saagikamad (keskmiselt  $8,9 \text{ t ha}^{-1}$ ) võrreldes põldkatsega (keskmiselt  $4,7 \text{ t ha}^{-1}$ ), seega võis

olla, et taim kasutas suurema saagi moodustamiseks rohkem fosforit ning säilitas seda varuks vähem. Suviodra fütaadi näitajad põldkatse ja tootmispõldude proovide vahel usutavalt ei erinenud, olles keskmiselt vastavalt 1,19 (n=27) ja 1,17 g 100 g<sup>-1</sup> (n=3). Kuigi ka suviodra saagid olid tootmispõldudel usutavalt kõrgemad (7,53 t ha<sup>-1</sup>) võrreldes põldkatsega (3,1 t ha<sup>-1</sup>) siis fütaadisisaldust see ei mõjutanud.

Tootmispõldude teraviljade fütaadisisalduse varieeruvus oli 0,4 g 100 g<sup>-1</sup> ning kõigi võrreldud teraviljade fütaadisisaldused jäid 1,2 ja 1,6 g 100 g<sup>-1</sup> vahemikku ega erinenud üksteisest usutavalt (P=0,78) (joonis 3).



**Joonis 3.** Tootmispõldudel aastal 2022 kasvatatud teraviljade fütaadisisaldus (g 100 g<sup>-1</sup>); Erinevate tähtedega tähistatud väärtused on usutavalt erinevad (P<.05).

### Kokkuvõte

Eesti teraviljad sisaldavad arvestatavas koguses fütaati, mille sisaldus jääb enamasti vahemikku 1–2 g 100 g<sup>-1</sup>. Kuueaastase katseperioodi tulemuste põhjal on talinisu kõrgema fütaadisisaldusega võrreldes suviodraga. Fütaadi sisaldus terades sõltub vaid ilmastiku tingimustest, mitte lämmastikuga väetamisest ega viljelusviisist. Sademed ja õhutemperatuur on faktorid, mis mõjutasid teraviljade fütaadisisaldust. Nisu fütaadisisaldus suurenes soojemate ja niiskemate ilmadega, kuid odral jahedate ja kuivade ilmade korral. Tootmispõldudel kasvavate nisu, odra, rukki, kaera ja tritikale terade fütaadisisaldused olid sarnased. Tulevased uuringud peaksid keskenduma teraviljas leiduva fütaadi väärindamise võimaluste uurimisele.

### Tänuõnad

Uurimistööd on finantseerinud Euroopa Regionaalarengu Fond ja Eesti Teadusagentuur läbi PRG1949 ja RESTA28 projektide. Täname siiralt MTÜ-d Viljeluspäevad ja Viljelusvõistlusel 2022 osalenud põllumajandustootjaid. Täname ka Rõhu Katsejaama.

## Kasutatud kirjandus

- Bloot, A.P.M., Kalschne, D.L., Amaral, J.A.S., Baraldi, I.J., Canan, C. 2021. A Review of Phytic Acid Sources, Obtention, and Applications. – *Food Reviews International*. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1906697>
- Castro-Alba, V., Lazarte, C.E., Perez-Rea, D., Carlsson, N.G., Almgren, A., Bergenståhl, B., Granfeldt, Y. 2019. Fermentation of pseudocereals quinoa, canihua, and amaranth to improve mineral accessibility through degradation of phytate. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(11), pp 5239–5248. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9793>
- Chalova, V.I., Manolov, I., Nikolova, M., Koleva, L. 2012. Effect of Fertilization on Phytase and Acid Phosphatase activities in wheat and barley cultivated in Bulgaria. – *Agriculture, Food and Analytical Bacteriology*, 2(2), pp 103–110.
- Fernando, N., Panozzo, J., Tausz, M., Norton, R.M., Fitzgerald, G.J., Myers, S., Nicolas, M.E., Seneweera, S. 2014. Intra-specific variation of wheat grain quality in response to elevated (CO<sub>2</sub>) at two sowing times under rain-fed and irrigation treatments. – *Journal of Cereal Science*, 59(2), pp 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.12.002>
- Fukushima, A., Perera, I., Hosoya, K., Akabane, T., Hirotsu, N. 2020. Genotypic differences in the effect of p fertilization on phytic acid content in rice grain. – *Plants*, 9(2), 146. <https://doi.org/10.3390/plants9020146>
- Hurrell, R., Egli, I. 2010. Iron bioavailability and dietary reference values. – *American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5) pp 1461S–1467S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28674F>
- Kaplan, M., Karaman, K., Kardes, Y.M., Kale, H. 2019. Phytic acid content and starch properties of maize (*Zea mays* L.): Effects of irrigation process and nitrogen fertilizer. – *Food Chemistry*, 283, pp 375–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.029>
- Keres, I., Alaru, M., Talgre, L., Ereemeev, V., Luik, A., Loit, E. 2020. Long-term effect of farming systems on the yield of crop rotation and soil nutrient content. – *Agricultural and food science*, 29 (3), 210–221. <https://doi.org/10.23986/afsci.85221>
- Kumar, A., Singh, B., Raigond, P., Sahu, C., Mishra, U.N., Sharma, S., Lal, M.K. 2021. Phytic acid: Blessing in disguise, a prime compound required for both plant and human nutrition. – *Food Research International*, 142, pp 110193. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110193>
- López-Moreno, M., Garcés-Rimón, M., Miguel, M. 2022. Antinutrients: Lectins, goitrogens, phytates and oxalates, friends or foe? – *Journal of Functional Foods*, 89, pp 104938. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104938>
- Ning, H., Liu, Z., Wang, Q., Lin, Z., Chen, S., Li, G., Wang, S., Ding, Y. 2009. Effect of nitrogen fertilizer application on grain phytic acid and protein concentrations in japonica rice and its variations with genotypes. – *Journal of Cereal Science*, 50(1), pp 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.02.005>
- Phan, M.A.T., Paterson, J., Bucknall, M., Arcot, J. 2018. Interactions between phytochemicals from fruits and vegetables: Effects on bioactivities and bioavailability. – *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(8), pp 1310–1329. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1254595>
- Raboy, V. 2001. Seeds for a better future: 'low phytate' grains help to overcome malnutrition and reduce pollution. – *Trends in Plant Science*, 6(10), pp 458–462. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(01\)02104-5](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(01)02104-5)
- Saastamoinen, M. 1987. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on the phytic acid content of oats. – *Cereal Research Communications*, 15(1), pp 57–63. <http://www.jstor.org/stable/23782830>

- Schlemmer, U., Frølich, W., Prieto, R.M., Grases, F. 2009. Phytate in foods and significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. – *Molecular Nutrition and Food Research*, 53 (2), pp S330–S375. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900099>
- Zhao, H.J., Liu, Q.L., Fu, H.W., Xu, X.H., Wu, D.X., Shu, Q.Y. 2008. Effect of non-lethal low phytic acid mutations on grain yield and seed viability in rice. – *Field Crops Research*, 108(3), pp 206–211. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.05.006>



# Viljelusviiside mõju hooghännaliste arvukusele ja liigilisele mitmekesisusele

Helena Madsen, Vyacheslav Eremeev, Karl-Egert Sepp, Evelin Loit-Harro, Anne Luik, Liina Talgre

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

---

**Abstract.** Madsen, H., Eremeev, V., Sepp, K.-E., Loit-Harro, E., Luik, A., Talgre, L. 2024. Effect of different crop management practices on soil Collembola abundance and species diversity. – *Agronomy* 2024.

The effects of long term five-field crop rotation (barley with undersown red clover, red clover, winter wheat, pea, potato) on the abundance and diversity (Shannon-Wiener index) of Collembola in three organic and two conventional systems after the second and third rotation were investigated. The control system (Mahe 0) followed only the crop rotation. In organic systems Mahe I and Mahe II winter cover crops were used. In Mahe II system composted cattle manure was also applied. The conventional cropping systems were treated with herbicides and fungicides and system Tava 0 acted as control (no fertilizer use). Mineral fertilizer was used in Tava II. The main significant differences rose among systems Mahe II and Tava II, as the amount of organic matter due to cover crops and manure in first and the usage of fertilizers in latter, was highest. Although the organic and conventional systems did not differ significantly, there was a tendency for higher abundance of Collembola in organic plots nonetheless. The lowest abundance and diversity of Collembola was found in barley (us) plots, whilst highest rates were in red clover plots. However, the useful properties of red clover had an effect on Collembola abundance and diversity.

The overall diversity of Collembola species in the experiment was low. This may have been caused by the tillage performed on all plots.

Keywords: Collembola, organic farming, red clover, Shannon-Wiener diversity index, organic matter

---

## Sissejuhatus

Hooghännalised (Collembola) on mullas ja mullapinnal elavad putukalaadsed, kes jäävad paljale silmale märkamatuks, kuid kellel on sellegipoolest mullatekke protsessides oluline roll (Potapov jt, 2024; Ivask jt, 2018). Hooghännalised on nimelt taimejäänuste esmased lagundajad ning aitavad kaasa huumuse tekkele mullas. Kõigesööjatena tarbivad nad taimejäänuseid, baktereid ning seente eoseid ja hüüfe. Oma elutegevusega piiravad nad taimehaiguste levitajate levikut (Luik jt, 2022). Nad mõjutavad seega positiivselt ka taimede saagikust ja mikroobide biomassi (Derwash jt, 2018). Samas on nad ise oma paikse eluviisi tõttu toiduallikaks erinevatele röövtoidulistele putukaliikidele (Luik jt, 2019).

Kuna mullas elavad organismid on väga tundlikud keskkonnas toimuvate muutuste – ilmastik, mullaharimine, väetamine, taimekaitse, mulla niiskus ja pH – suhtes (Costa jt, 2007; Truu jt, 2008; Potapov jt, 2023), on oluline pöörata tähelepanu kasutatavatele viljelustehnoloogiatele põllul (Luik, 2012). Kui tavapõllumajanduses kasutatakse mineraalväetisi, keemilisi taimekaitsevahendeid ning kasvatatakse monokultuure, siis mahepõllumajanduses soositakse mitmekesisest agroökosüsteemi ning mulla viljakus ja taimede kaitse haigustekitajate ja kahjurite vastu saavutatakse

erinevate agrotehniliste võtetega. Mullaelustiku aktiivsus ja mitmekesisus on seotud mulla orgaanilise aine sisaldusega, seega on vajalik selle olemasolu tagamine kasutades haljasväetisi või sõnnikut. Arvukam mullaelustik parandab omakorda mulla tervist, toitainete sisaldust ning struktuuri (Talgre, Luik, 2018). Kuigi taimejäätmete sisse kündmine tõstab hooghännaliste arvukust, siis mullaharimine vähendab oluliselt mikrolüliljalgsete liigilist mitmekesisust (Bokova jt, 2023). Pestitsiidid aga mõjuvad negatiivselt nii hooghännaliste arvukusele kui üldisele mullastiku mitmekesisusele (Zaller, 2016).

Uuringu eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas mõjutavad erinevad viljelusviisid ja külvikorrakultuurid mulla hooghännaliste arvukust ja liigilist mitmekesisust pikaajalises katses.

### Põldkatsete kirjeldus ja meetodika

Katse viidi läbi Eesti Maaülikoolis 2008. aastal rajatud viieväljalisel külvikorrakatsel kolmes erinevas maheviljelussüsteemis (Mahe 0, Mahe I ja Mahe II) ning kahes tavaviljelussüsteemis (Tava 0 ja Tava II). Käesolevas töös käsitletakse 2017. ja 2022. aastal (teise ja kolmanda rotatsiooni viimane aasta) kogutud andmeid.

Katse oli rajatud neljas korduses, iga katselapi suurus oli 60m<sup>2</sup>. Mahe- ja tava-süsteemid olid eraldatud kaitseribaga. Kasvatatavateks kultuurideks olid punase ristiku allakülviga oder (sort 'Anni'), punane ristik (sort 'Varte'), talinisu (sort 'Fredis'), põldhernes (sort 'Starter') ja kartul (sort 'Teele'). Mahesüsteemidest Mahe 0 oli kontrollsüsteem, mis järgis vaid külvikorda ning peale põhikultuuri koristust sellel katseosal sügisel mullaharimist ei toimunud. Mahesüsteemides Mahe I ning Mahe II külvati järgmised vahekultuurid: talinisu järgselt (herne eelselt) talirüpsi-talirukki segu, herne järgi (kartuli eelselt) talirüps ja kartuli järgi (odra eelselt) talirukis. Mahesüsteemis Mahe II kasutati peale vahekultuuride ka kompostitud veisesõnnikut – kartulile 20 t ha<sup>-1</sup> ja teraviljadele 10 t ha<sup>-1</sup>. Sõnnik laotati vahetult enne vahekultuuride mulda kündi aprilli lõpus. Tavaviljelusega süsteemides oli sama külvikord mis mahedas, kuid kasutati keemilisi taimekaitsevahendeid ja mineraalväetisi: Tava 0 – kontrollsüsteem, ilma mineraalväetisteta; Tava II – talinisule ja kartulile anti 150 kg, odrale 120 kg N ja hernele 20 kg N, 25 kg P, 95 kg K ha<sup>-1</sup>. Tavasüsteemides talviseid vahekultuure ei kasvatatud.

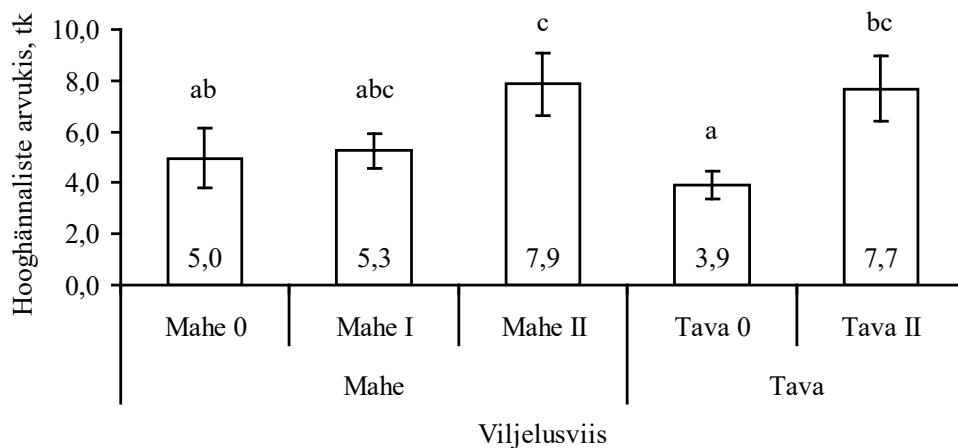
Katsepõllu mullatüüp oli pruun kakkjas (näivleetunud) liivsavimuld, mille huumushorisondi tusedus oli 27–29 cm.

Mullaproovid hooghännaliste määramiseks võeti 10 cm sügavuselt enne kevadist mullaharimist. Hooghännaliste arvukus ja liigiline koosseis määrati laboris Enviana OÜ. Hooghännaliste eraldamiseks mullast kasutati *Tullgreni* meetodit – mullaproovid pandi valgustuse alla metallsõela peale ning hooghännalised koguti proovipudelisse, mis oli täidetud etanooliga. Mullaproove hoiti valguse käes 24 h, misjärel määrati hooghännaliste arvukus 250 grammi mulla kohta ning liigiline koosseis, kasutades Gisin (1960) ja Fjellberg (1980) määrajaid. Liigilise mitmekesisuse iseloomustamiseks kasutati *Shannon-Weiner*'i mitmekesisuse indeksi.

Andmetöötlus tehti programmiga *Statistica 13* (TIBCO Software Inc, USA), kasutades dispersioonanalüüsi (ANOVA). Variantide vahelisi erinevusi võrreldi Fisher (LSD) testiga ( $p < 0,05$ ).

## Tulemused ja arutelu

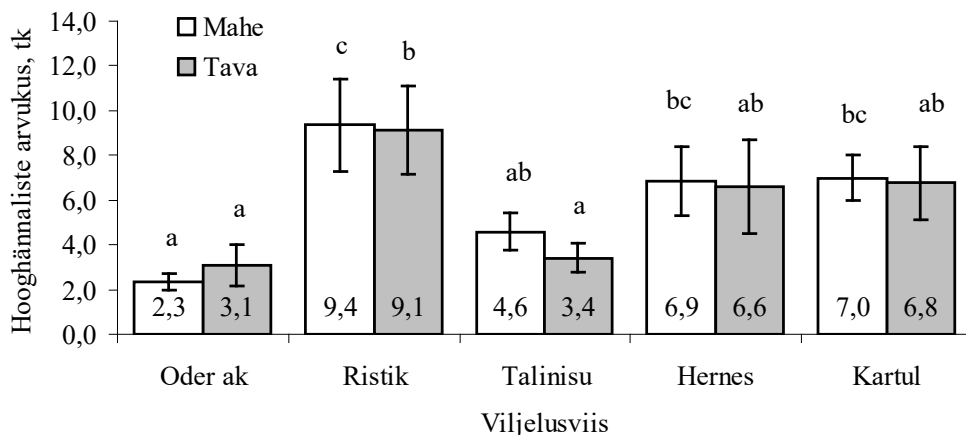
Hooghännalisi peetakse oma tundlikkuse tõttu keskkonnamuutustele headeks indikaatoriteks mulla seisundi hindamisel (Hågvar, Klanderud, 2009; Luik jt, 2022; Bokova jt, 2023). Kahe katseaasta keskmised tulemused näitasid, et süsteemis Mahe II (joonis 1) esines usaldusväärset suurim hooghännaliste arvukust võrreldes Mahe 0 ja Tava 0 süsteemidega. Kuna seal kasutati komposteeritud sõnnikut ning kasvatati talviseid vahekultuure, siis laia toidubaasi olemasolu aitas hooghännaliste arvukust tõsta. Samale järeldusele mulda viidava orgaanilise materjali hulga tõstmise mõjust hooghännaliste arvukusele jõudis ka Bokova jt (2023). Ka Tava II süsteemis olevate hooghännaliste kõrge arvukus oli ilmselt mõjutatud suurema orgaanilise aine olemasolust, mis tekkis põhu jt taimejäänuste suurenemisest mineraalväetiste toimel. Angelini jt (2013) on välja toonud, et orgaanilise aine sisalduse tõus mullas aitab tasakaalustada mineraalväetiste kasutamise tulemusena tõusnud happesust ja taimekaitsevahendite kahjulikku mõju mikroorganismidele. Varasemad uurimused on näidanud, et pestitsiidid ning nende jäägid mullas mõjutavad mullaelustikku, sh hooghännalisi, negatiivselt (Hole jt, 2005; Azadi jt, 2011). Ka meie katse näitab, et pestitsiidide jäägid Tava 0 süsteemis, kus viidi mulda ka kõige vähem orgaanilist ainet, mõjusid hooghännaliste arvukust pärssivalt.



**Joonis 1.** Hooghännaliste arvukus (tk) mullas 2017. ja 2022. aastate keskmisena erinevates taimekasvatussüsteemides külvikorra kultuuride keskmisena. Vearibad joonisel tähistavad standardviga. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt olulist erinevust viljelussüsteemide vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Viljelusviisid: Mahe 0 – külvikord (KK), Mahe I – KK + talvised vahe- kultuurid, Mahe II – KK + talvised vahekultuurid + kompostitud sõnnik, Tava 0 – KK + pestitsiidid, Tava II – KK + mineraalne väetamine + pestitsiidid)

Võrreldes hooghännaliste arvukust külvikorras olevate kultuuride katselappide mullas selgus, et külvikorra kultuuridest mõjutas hooghännaliste arvukust positiivselt ristik. Viljelusviiside vahel erinevus puudus (joonis 2). Punase ristiku katselappidel mõjutas hooghännaliste arvukust ilmselt põllule multšiks jäänud odra põhk ning ristiku enda pikk kasvuperiood. Mulla pinnale kogunenud multš aitab säilitada stabiilset pinna temperatuuri ja niiskustaset (Culik jt, 2002, Nakamoto, Tsukamoto 2006).

Nii mahe- kui tavasüsteemides mõõdeti madalaim arvukus odras ja talinisu. Odra lappidel võib madalat arvukust selgitada sellega, et odrale eelnenud kartul jättis mulda vähe orgaanilist ainet. Talinisu eelnev ristik ning selle mulda kündmine augusti keskel ei mõjutanud hooghännaliste arvukust kevadel. Ilmselt toimus ristiku biomassi aktiivne lagundamine juba sügisel. Kartuli kasvatamisel tekkisid hooghännalistele soodsamad tingimused eelneva herne tõttu, samuti mõjutas mõnevõrra nende arvukust Mahe I ja Mahe II süsteemides kasutatud vahekultuurid ning Mahe II süsteemi kompostitud sõnnik.

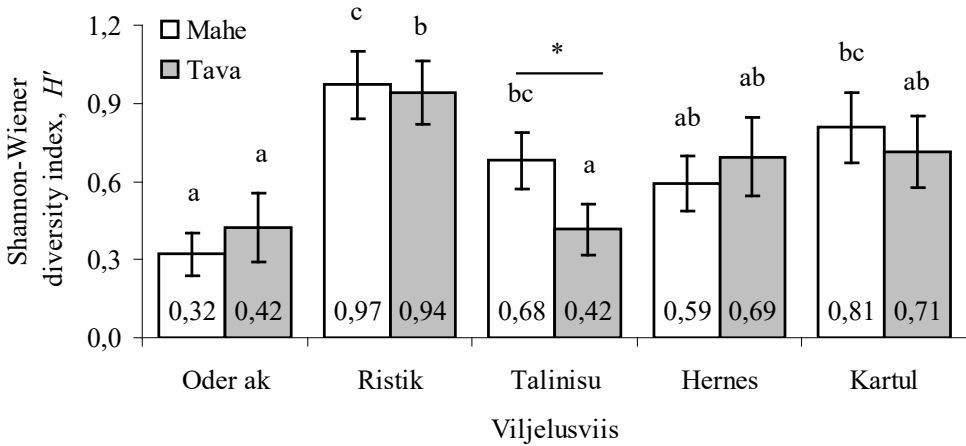


**Joonis 2.** Hooghännaliste arvukus (tk) mullas 2017. ja 2022. aastate keskmisena erinevates külvikorra kultuurides. Vearivad joonisel tähistavad standardviga. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt olulist erinevust külvikorra kultuuride vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Viljelusviisid: Mahe 0 – külvikord (KK), Mahe I – KK + talvised vahe- kultuurid, Mahe II – KK + talvised vahekultuurid + kompostitud sõnnik, Tava 0 – KK + pestitsiidid, Tava II – KK + mineraalne väetamine + pestitsiidid)

*Shannon-Wiener diversity index* (S-W) ehk mitmekesisuse indeks võimaldab võrrelda liigilise mitmekesisuse erinevuste usaldusväärsust viljelusviisist ja kasvatatavast kultuurist sõltuvalt. Indeksi kõrgem väärtus näitab suuremat mitmekesisust (Madsen jt, 2023).

Karl Egert Sepp (2023) on oma magistritöös välja toonud hooghännaliste lisaks mitmekesisuse väärtustele katselappidelt leitud liikide loendi 2022. aasta kohta. Kahe katseaasta keskmisena esines usaldusväärne erinevus mitmekesisuses mahe- ja tavasüsteemide vahel vaid talinisu katselappidel, kusjuures mahesüsteemis oli

see kõrgem (joonis 3). Selle põhjuseks võib välja tuua mitmekesise orgaanilise aine olemasolu, mida pakkus ristiku kasvatamise talinisu eelviljana ning vahekultuuride ja sõnniku kasutamise koostoime. Tendentsilt veidi kõrgem mitmekesisus tavasüsteemi hernes võis tuleneda taimekaitsevahendite toel suurema biomassi saavutanud herne tõttu, kuna herne vastupanuvõime umbrohtumuse suhtes mahesüsteemides oli ebapiisav (Madsen jt, 2016).



**Joonis 3.** Hooghännaliste Shannon-Wieneri *diversity indeks* ( $H'$ ) 2017. ja 2022. aastate keskmisena. Vearibad joonisel tähistavad standardviga. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt olulist erinevust kultuuride vahel, \* tähistab usutatavat erinevust viljelusviiside vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Viljelusviisid: Mahe 0 – külvikord (KK), Mahe I – KK+ talvised vahe- kultuurid, Mahe II – KK + talvised vahekultuurid + kompostitud sõnnik, Tava 0 – KK + pestitsiidid, Tava II – KK + mineraalne väetamine + pestitsiidid)

### Kokkuvõte

Kahe rotatsiooni lõpus tehtud uuringud näitasid, et kõige enam mõjutasid hooghännaliste arvukust ja liigilist mitmekesisust võimalikult suure orgaanilise aine lisandumine mulda (süsteemid Mahe II ja Tava II) ning punase ristiku kasvatamine. Orgaanilise aine lisandumine mulda oli mahesüsteemides tagatud vahekultuuride kasvatamise ning kompostitud sõnniku lisamisega, tavasüsteemis Tava II süsteemis suurendasid mineraalväetised saagikust ning sellega kaasnevate taimejäänuste satumist mulda. Hooghännaliste liigiline mitmekesisus erines kahe viljelsüsteemi vahel vaid talinisu katselappidel. Ristiku katselappidel oli mitmekesisus kõige kõrgem.

### Tänuavaldus

Artikkel on valminud projektide ERA Net Core Organic ALL-Organic ja PRG1949 toel.

**Kasutatud kirjandus**

- Angelini, J., Silvina, G., Taurian, T., Ibanez, F., Tonelli, M.L., Valetti, L., Anzuay, M.S. Leiminger, J., Luduena, L., Munoz, V., Fabra, A. 2013. The effect of pesticides on bacterial nitrogen fixers in peanut growing area. – *Archives of Microbiology*, 195(10–11), pp 683–692.
- Azadi, H., Schoonbeek, S., Mahmoudic, H., Derudder, B., De Maeyera, P., Witloxa, F., 2011. Organic agriculture and sustainable food production system: Main potentials. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*: 144, pp 92–94.
- Bokova, A.I., Panina, K.S., Dridiger, V.K., Kuznetsova, N.A., Potapov, M.B. 2023. The amount of mulch increases the abundance, and its composition the species diversity of springtails in crop rotation on chernozem soils. – *Soil Organisms*, 95 (3), pp 227–238.
- Costa, A.L., Paixão, S.M., Caçador, I., Carolino, M. 2007. CLPP and EEA profiles of microbial communities in salt marsh sediments. – *Journal of Soils and Sediments*, 7, pp 418–425.
- Culik, M.P., de Souza, J.L., Ventura, J.A. 2002. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espirito Santo, Brazil. – *Applied Soil Ecology* 21(1), pp 49–58.
- Dervash, M.A., Bhat, R.A., Mushtaq, N., Singh, D.V. 2018. Dynamics and Importance of Soil Mesofauna. – *International Journal of Advance Research in Science and Engineering* 07(04), pp. 2-11.
- Hågvar, S., Klanderud, K. 2009. Effect of simulated environmental change on alpine soil arthropods. – *Global Change Biology* 15(12), pp 2972–2980.
- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? – *Biological Conservation*: 122, pp 113–130.
- Ivask, M., Kuu, A., Meriste, M., Truu, J., Truu, M., Vaater, V. 2008. Invertebrate communities (Annelida and epigeic fauna) in three types of Estonian cultivated soils. – *European Journal of Soil Biology*. V. 44, pp 532 – 540.
- Luik, A. 2012. Looduslikud vahendid mahepõllumajanduslikus taimekaitses. – *Ecoprint AS*, 33 lk
- Luik, A., Ereemeev, V., Madsen, H., Loit, E., Talgre, L. 2019. Mitmekesise külvikorraga maheviljelus loob eeldusi kestlikuks majandamiseks. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*, lk 70–75.
- Luik, A., Ereemeev, V., Talgre, L. 2022. Hooghännaliste esinemine mullas sõltuvalt viljelusviisist ning kultuurist. – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Toimetis: Luule Metspalu, Anne Luik, Liina Talgre, Elen Peetsmann, lk 60-65.
- Madsen, H., Luik, A., Ereemeev, V., Mäeorg, E., Talgre, L. 2023. Umbrohtude biomassi, arvukuse ja mitmekesisuse muutused külvikorra rotatsioonis pikaajalises katses. – *Agraarteadus*, XXXIV, lk 18–30.
- Madsen, H., Talgre, L., Ereemeev, V., Alaru, M., Kauer, K., Luik, A. 2016. Do green manures as winter cover crops impact the weediness and crop yield in an organic crop rotation? – *Biological Agriculture & Horticulture*, 32 (3), pp 182-191.
- Nakamoto, T., Tsukamoto, M. 2006. Abundance and activity of soil organisms in fields of maize grown with a white clover living mulch. – *Agriculture, ecosystems & environment* 115(1-4), pp 34–42.
- Potapov, A.M (data descriptor) jt. 2023. Globally invariant metabolism but density-diversity mismatch in springtails. – *Nature Communications*, 14, pp 674.
- Potapov, A.M. (data descriptor) jt. 2024. Global fine-resolution data on springtail abundance and community structure. – *Scientific Data* 11:22

- Sepp, K.E. 2023. Viljelussüsteemide mõju hooghännalistele. – Magistritöö. Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava. Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Eesti Maaülikool, 43 lk
- Zaller, J.G. 2016. Pesticide seed dressings can affect the activity of various soil organisms and reduce decomposition of plant material. – *BMC Ecology*, pp 16: 37.
- Talgre, L., Luik, A. 2018. Haljasväetis – mullaviljakuse parandaja. – *Ecoprint AS*, 28 lk.
- Truu, M., Truu, J., Ivask, M. 2008. Soil microbiological and biochemical properties for assessing the effect of agricultural management practices in Estonian cultivated soils. – *European Journal of soil biology* 44, pp 231–237.

# Talirukki koristusjärgne idanemine

**Kadri Sohar**

Maaelu Teadmuskus

---

**Abstract.** Sohar K. 2024. Post-harvest winter rye germination. – *Agronomy* 2024.

After the harvest period seeds of population winter rye varieties experience the dormancy. However, it is not an absolute phenomenon. Seeds gradually started to germinate at the ambient temperature +21 to +22°C. Varieties are divided into two groups: mid-European (Danko) and northern European varieties. The first group with shorter plants achieves full germination ca a month and a half after the harvest. The full germination of Nordic varieties with taller plants was initiated ca two weeks earlier supporting an idea to use varieties for sowing with a shorter dormancy in Estonia to avoid the danger of frost.

**Keywords:** winter rye, germination

---

## Sissejuhatus

Koristatud teravili läbib puhke- ehk järevalmimisperioodi, mille jooksul seemned ei idane sobivates keskkonnatingimustes. See periood ei ole absoluutne, vaid suhteline nähtus. Parasvöötme tingimustes on teraviljadel, sh ka talirukkil, puhkeaeg, mille jooksul idanemine on pärsitud. Idanemiseks on vajalik temperatuurivahemik +15 kuni +20°C, samuti peab idanemiskeskonnas olema vett, valgust, hapnikku (Rodríguez jt, 2015). Puhkeaja pikkus ja idanemine on taimedel määratud geneetiliselt ja mõju avaldavad ka kasvutingimused (Koorneef jt, 2002).

Kirjandusest ja praktikast leiab kogemusi, et seeme läbib peale koristust puhkeperioodi ja idanevus võib olla väga ebahütlane, mis mõjutab põllumajanduslikku tootmist negatiivselt (Shu jt, 2015). Oluline on koristada talirukki õigeaegselt. Idanevusele avaldab mõju koristusaegne ilm, niiskes koristatud vili ei idane väga hästi. On leitud, et uudsevili ei idane külviajal nii hästi kui eelmisel aastal varutud seemnevili (Lepajõe, 1982). Juba 20. sajandi esimesel poolel ei soovitanud viljakasvatajad kasutada samal aastal koristatud rukist uuesti kohe külviks. Põhjuseks toodi siis küll haiguste vältimine (suuline pärimus Põlvamaalt).

Töö eesmärk on leida talirukki uudsevilja puhkeperioodi pikkus ning hinnata, millal oleks kõige sobivam külviaeg vältimaks tootmiskahjusid. Töös võrreldakse Põhja- ja Kesk-Euroopas aretatud talirukki populatsioonisortide koristusjärgset idanevust, hinnatakse seemnete puhkeperioodi pikkust ning millal saabub uuritud sortidel 95–100% idanevus ning kas sortidel on idanevuse osas regionaalseid erinevusi.

## Materjal ja meetodika

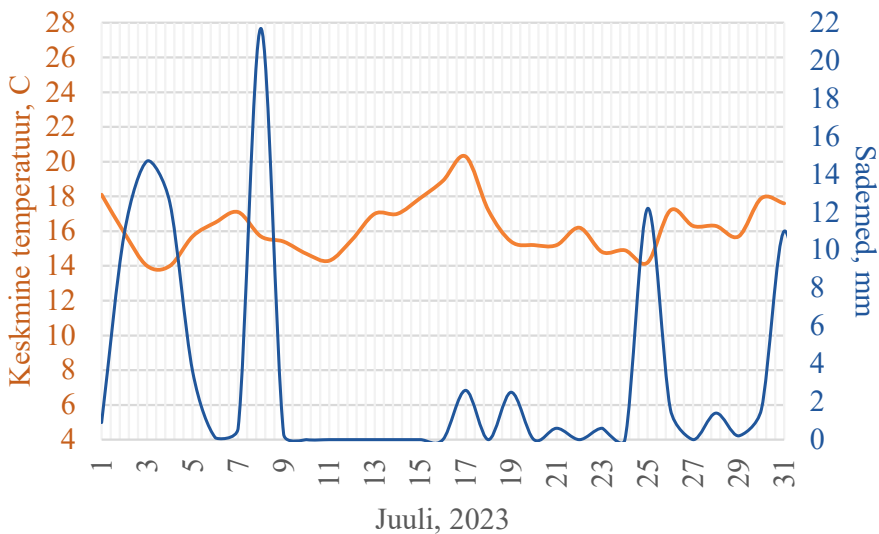
Uuritud teravilja materjal pärineb Maaelu Teadmuskuse Jõgeva sordiaretuse osakonna talirukki kollektsoonist. Iga sordi kohta oli 10m<sup>2</sup> katselapp neljas korduses. Põllul oli kasutatud tavaviljelusvõtteid (umbrohu- ja pestitsiiditõrje, mineraalväetiste ja kõrretugevdaja kasutamine). Talirukki sortidel mõõdeti taime-



pikkused vahaküpsusjärgus (17.07.2023), iga 10m<sup>2</sup> kohta 5 mõõtmist ning arvutati keskmine taime pikkus sordi kohta.

Töös võrreldakse talirukki populatsioonisorte Poolast, Soomest, Eestist. Uuringusse on valitud sordid, mis on olemas Maalelu Teadmuskeskuse sordiaretuse kolleksioonias ja idanevusuringusse valiti sordid, millel on potentsiaali aretusmaterjaliks. Poola Danko aretuskeskuse rukkisordid olid 'Dankowskie (edaspidi D.) Amber', 'D. Diament', 'D. Dragon', 'D. Kalcyt', 'D. Kanter', 'D. Turkus'. Uurimusse kaasati Soomes aretatud talirukis 'Reetta', Eestis aretatud 'Sangaste', 'Elvi', 'Tulvi' ja 'Vambo'. Danko talirukki sordid on võrreldes põhjamaiste sortidega lühema (ca 20–40 cm) kõrrega.

Talirukki koristus toimus Jõgeval 1. augustil 2023.a. Päevased ilmaandmed koristusajal olid järgmised: õhutemperatuur +20°C, õhuniiskus 68 % ([www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/vaatlusandmed/](http://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/vaatlusandmed/)). Sellele eelnev suvi oli heitlik: juunis oli väga kuiv, keskmine sajuhulk 27 mm (norm 70 mm). Samas oli juuni algus väga jahe, esines ka öökülmi. Juuni teisel poolel esines kuumalaineid. Järgnev juulikuu oli sajune. Jõgeval esines juulikuus kuivaperiood kuu keskel (joonis 1; Riigi Ilmateenistus).



**Joonis 1.** Talirukki koristusele eelnenud kuu (juuli, 2023) keskmine temperatuur ja sademete hulk Jõgeval (Riigi Ilmateenistus).

Keskmine koristatud vilja niiskus oli 26,1 %. Järgmisel päeval saadi kuivatis vilja niiskuseks 12%. Idanevuskatset alustati koheselt 02.08.2023.a. ning viidi läbi kuni oktoobri keskpaigani (2023), ajani millal talirukki sortide seemned saavutasid ühtlaselt kõrge idanevuse (95-100%). Kuivatatud vilja idanevus määrati toatemperatuuril (+22°C). Idanevust hinnati 100 tera kaupa Petri tassil filter paberil. Seemned pandi idanema iga 3–4 päeva järel. Esimesel päeval lisati 5 ml vett, hiljem 7 ml vett.

## Tulemused ja arutelu

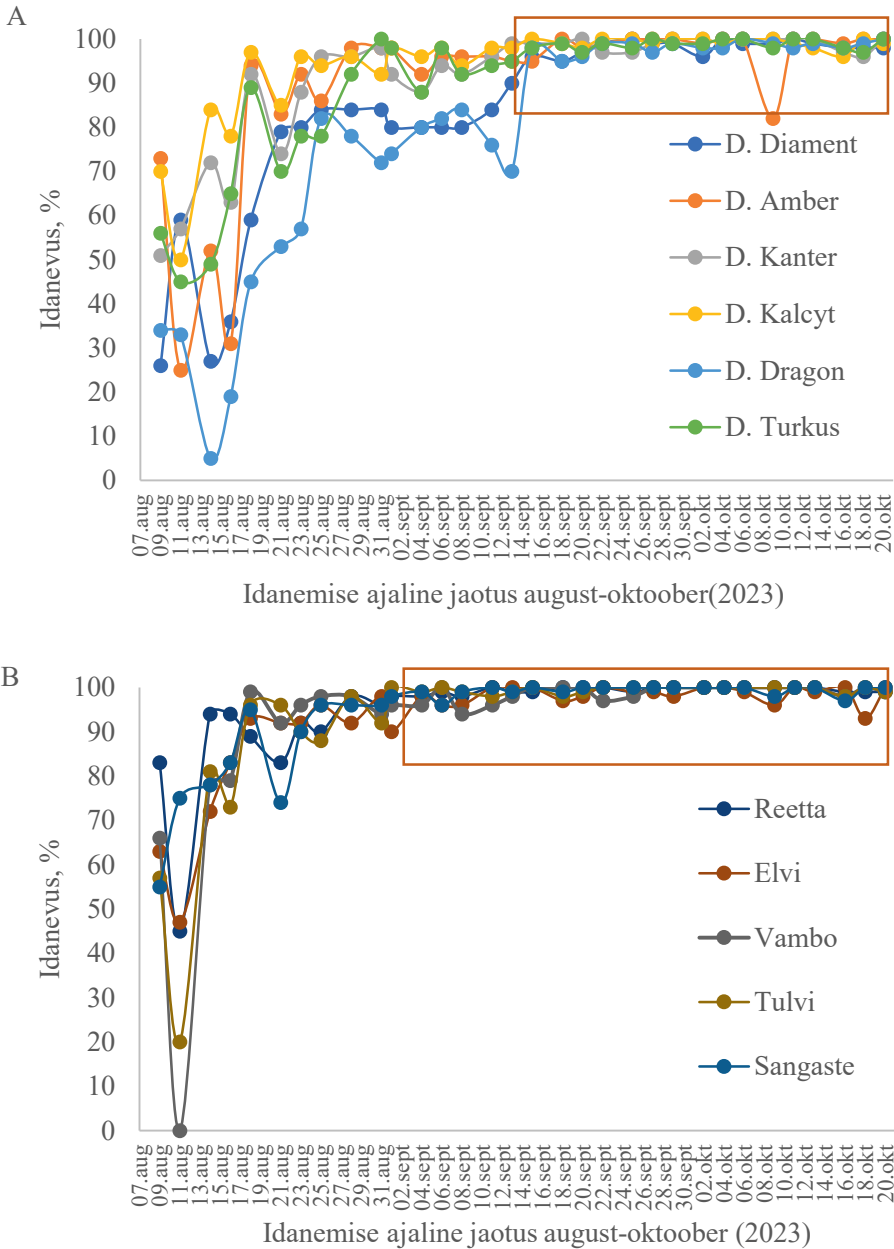
Talirukki populatsioonisordid saab jagada regiooniti kaheks: Euroopa põhjapoolsemate piirkondade sordid (Soome ja Eesti sordid) ning Kesk-Euroopa sordid Poolast. Regiooniti grupeeritud sortide erinevused tulevad välja taimede pikkuse osas (tabel 1). Kesk-Euroopa sordid on lühemad kui Euroopa põhjapoolsemates regioonides aretatud sordid.

**Tabel 1.** Talirukkisortide keskmine taime kõrgus, juuli 2023, STD – standardhälve

Danko (Poola) sordid	keskmine kõrgus, cm	STD	Põhja-Euroopa sordid	keskmine kõrgus, cm	STD
Amber	94	4,12	Reetta	136	8,93
Diament	91	3,70	Vambo	134	4,60
Dragon	94	3,71	Sangaste	176	6,84
Kalcyt	88	3,16	Elvi	143	2,55
Kanter	95	3,49	Tulvi	141	4,34
Turkus	95	3,96			

Uuritud talirukki sortidel tuleb välja erinev puhkeaja pikkus (joonis 2). Peale koristust paari nädala jooksul on seemnete idanevus väga madal või puudub üldse ('Vambo').

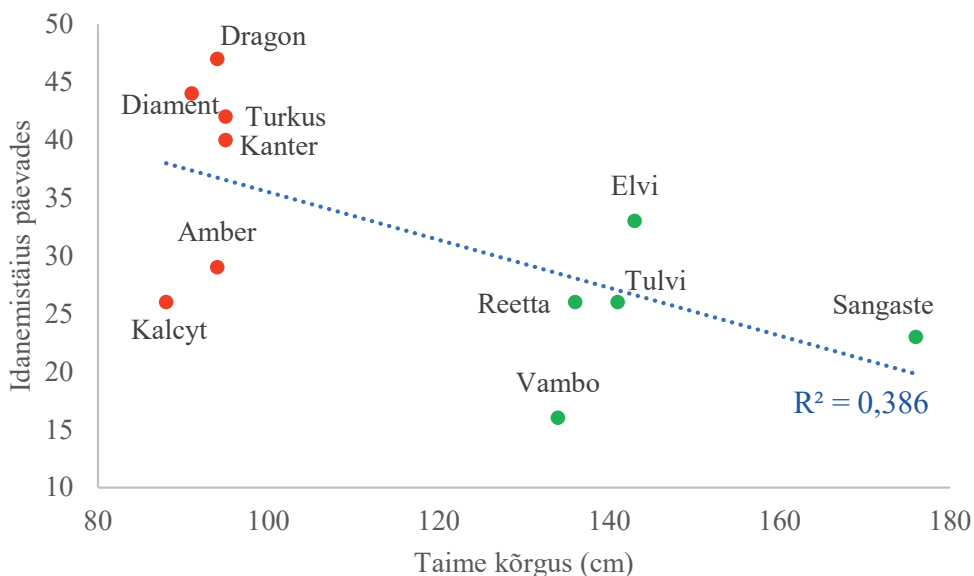
Idanevus paraneb hüppeliselt mõne nädala möödudes peale koristust. Danko sortidel kõrge ning stabiilne idanevus on käes septembri keskpaigaks (va 'D. Amber'). Danko sortidest saavutavad kõige hiljem >95% idanevuse 'D. Diament' ja 'D. Dragon'. Eesti sortide puhul on >95% ja stabiilne idanevus käes septembri alguseks. 'Sangaste' saavutab kõige kiiremini 95–100% idanevuse, samas 'Elvi' idanevus on kõikumam.



**Joonis 2.** Talirukki sortide idanevuse ajaline jaotus. A – Dankos aretatud sordid; B – Euroopa põhjaregiooni sordid.

Uurimuses välja toodud kahe talirukki rühma, s.o Kesk- ja Põhja-Euroopa sortide vahel on tuntavad erinevused terade puhkeaja ehk järelvalmimise pikkuses (katse algusest idanevustäiuse saavutamise päevades; joonis 3). Lühematel sortidel on puhkeperiood pikem ning stabiilne idanevus on hilisem kui pikemate taimedega põhjamaistel sortidel. Positiivne seos taime kõrguse ja idanevuse protsendi vahel on

olemas (Liu jt, 2018). Antud uurimuses on statistiliselt oluline seos talirukki taimekõrguse ja idanemise vahel,  $r = -0.621$  ( $p = 0.0414$ ), taime kõrgus kirjeldab ca 38% ( $p < 0.05$ ) idanemise vahet (joonis 3).



**Joonis 3.** Talirukki sortide maksimaalse idanemise ja kõrrepikkuse vaheline seos on oluline ( $p = 0.04$ ). Punasega märgitud Danko talirukki sordid, rohelisega märgitud Eesti ja Soome talirukki sordid.

Arvestades Eesti ilmastiku olusid ja vältimaks idanemisaegseid öökülmi, siis sobib talirukki külviks uudsevil, mis on lühema puhkeperioodiga. Seega, Eesti ja Soome talirukkisordid sobivad külviks väga hästi, kuna seemnete idanemine on väga hea juba septembri alguseks, mis paneb aluse ühtlase saagi tekkimisele.

## Kokkuvõte

Koristusjärgse talirukki seemne kasutamine külviks on võimalik, tuleb arvestada uudsevilja puhkeperioodiga, mis populatsioonisortidel võib erineda. Pikemakõrreliste põhjapoolsete sortide puhkeperiood on lühem kui sortidel, mis on aretatud Eestist lõunapoolsetes regioonides, nt. Poolas. Lühemate taimedega Danko sordid saavutavad ühtlasema 95–100% idanemise ligikaudu poolteist kuud peale koristust. Eesti enda ja Soome sordid saavutavad maksimaalse idanemise kuu aega pärast saagi koristust.

## Tänuavaldused

Autor tänab Maaelu Teadmuskeskuse sordiaretuse osakonna rukkirühma agronoomi Heli Lillepärja ja Annela Kalmust rukki seemnete idanemise hindamise eest.

**Kasutatud kirjandus**

- Koornneef, M., Bentsink, L., Hilhorst, H. 2002. Seed dormancy and germination. – *Current Opinion in Plant Biology*, 5, pp 33–36.
- Lepajõe J. 1982. Rukis. – Tallinn, Valgus, 130 lk.
- Liu, K., Cao, S., Du, G., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Bu, H. , Qi, W. L Ting, L. 2018. Linking seed germination and plant height: a case study of a wetland community on the eastern Tibet Plateau. – *Plant Biology*, 20, 5, pp 886-893.
- Riigi Ilmateenistus. Vaatlusandmed | Keskkonnaagentuur | ILM (ilmateenistus.ee) (11.12.2023)
- Rodríguez, M.V., Barrero, J.B., Corbineau, F., Gubler, F., Benech-Arnold, R.L, 2015, Dormancy in cereals (not too much, not so little): about the mechanisms behind this trait. – *Seed Science Research*, 25, pp 99–119.
- Shu, K., Meng, Y.J., Shuai, H.W., Liu, W.G., Du, J.B., Liu, J., Yang, W.Y. 2015. Dormancy and germination: How does the crop seed decide? – *Plant Biology*, 17, pp 1104–1112.

# Biostimulaatorite kasutamine suviteraviljadel

Pille Sooväli

Maaelu Teadmuskeskus

---

**Abstract.** Sooväli, P. 2024. The effect of biostimulators on spring cereals. – Agronomy 2024.

Seed and foliar treatments with biostimulators protect young plants against diseases and increase the absorption of nutrients for the plant. The field experiment was carried out in Centre of Estonian Rural Research and Knowledge during the 2022–2023. Eight variants of different biostimulators and fungicide treatments and untreated control were considered for this study. The aim of the study was to determine the influence and effect of biostimulators and chemical seed treatments with growing time biostimulators and foliar fungicide used to yield and quality of spring wheat and spring barley. The weather conditions for 2022 were characterized as dry and warm and not most favorable growing season and 2023 had variable temperature and precipitation. Both years enables to evaluate the reaction of the studied products in different climatic conditions. The results showed that biostimulators Humiinhape, Vetikaekstrakt, Aminohape, Albit and Prolis were contributed to higher values of yield of spring wheat and spring barley. During the experimental years in average the volume weight and thousand kernel weight varied very little between treatments. The results of this work suggest that the use of biostimulator mixes with fungicides promoted positive effect on grain yield and quality.

**Keywords:** biostimulator, fungicide, wheat, barley, grain yield

---

## Sissejuhatus

Biostimulaatorid on toodete kategooria, mis määratluse järgi suurendavad taimede tootlikkust ja ebasoodsates kasvutingimustes parandavad taime suutlikkust stressiga toime tulla. Biostimulaatorid sisaldavad kasulikke aineid, rikastavad mulda ning tasakaalustavad taime ja kasvukeskkonna vastastikust mõju (Calvo jt, 2014; du Jardin, 2015). Nad on bioloogilist päritolu, keskkonnasõbralikud ja ohutud ained, mis on teraviljadele mitmel viisil kasulikud: taimel paraneb toitainete omastamine, veega varustus, keskkonnast tingitud stressi taluvus, täiustub ainevahetus, suureneb antioksidantide hulk ja klorofüllil tootmine, mõjutavad positiivselt saagikust, kvaliteeti jne (Le Mire jt, 2016). Oluline on, et biostimulaatorid parandavad taime ainevahetusprotsesse muutmata nende loomulikku kulgu. Nende preparaatide kasutamine põhineb kahjulike organismide või keskkonnast tingitud stressi ennetamisel ja taime kaitsmisel stimuleerides kasvu ja arengut, samaaegselt vähendades ohtu inimesele ja keskkonnale. Nii on võimalik piirata keskkonnale mürgiste pestitsiidide kasutamist. Enamikke biostimulaatoreid tohib kasutada segus keemiliste taimekaitsevahenditega. Fungitsiidide ja biostimulaatorite seguga teraviljade puhtimine ja lehestiku pritsimine on efektiivsem vähem soodsates keskkonnatingimustes.

Katsete eesmärk oli võrrelda biostimulaatori ja fungitsiidi mõju suvinisu ja suviadra saagikusele.

## Materjal ja meetodika

Teraviljade põldkatsed suvinisu sordiga 'Manu' 2022–2023.a. ning suviodra sortidega 'Anni' 2022.a. ja 'Tuuli' 2023.a. rajati Maaelu Teadmiskeskuses randomiseeritud blokk meetodil 10 m<sup>2</sup> lappidel neljas korduses külvinormiga 550 idanevat tera m<sup>2</sup>-le. Katsed külvati leostunud mullale (K<sub>o</sub>), mille agrokeemiline sisaldus oli: pH<sub>KCl</sub> 6,2, P 233, K 210, Ca 1667, Mg 125 mg kg<sup>-1</sup>, C org 1,6% (2022), pH<sub>KCl</sub> 6,6, P 134, K 130, Ca 1140, Mg 56 mg kg<sup>-1</sup>, C org 1,6% (2023). Eelviljadeks olid punane ristlik (2022) ja talirüps (2023). Külvieelse põhiväetisena segati mulda kompleksväetis Yara Mila 18-11-13 külvinormiga 420 kg ha<sup>-1</sup>. Külviseeme puhiti kaks päeva enne külvamist laboratoorse puhtimismasinaga Hege 11. Katsetes kasutatud puhised on esitatud tabelis 1. Kasvuaegselt pealtväetati Yara Bela Axan NS 27-4 normiga N 30 kg ha<sup>-1</sup>. Umbrohutõrje tehti teravilja võrsumisel kasvufaasides 23–25 (Zadoks jt, 1974) herbitsiidiga MCPA 750 l ha<sup>-1</sup> + Banvel 4S 0,2 l ha<sup>-1</sup>. Katsete kasvuaegne haigustõrje on esitatud tabelis 2. Mõlemad kultuurid koristati katsekombainiga Hege 140 arvestuslapilt 10 m<sup>2</sup> neljas korduses 16.08 (2022) ja 25.08 (2023). Kuivatatud ja sorteeritud saak ja kvaliteedinäitajad määrati 14% niiskusesisalduse juures.

**Tabel 1.** Katsetes kasutatud puhised ja kulunormid

Puhis	Kulunorm l t <sup>-1</sup> , g t <sup>-1</sup> , ml t <sup>-1</sup>
1. Kontroll	–
2. Celest Trio 060 FS	1,5
3. Bactolive Seed	100
4. Celest Trio 060 FS + Bactolive Seed	1,5 + 100
5. Humiinhape + Vetikaekstrakt + Aminohape	4 + 2 + 1
6. Humiinhape + Vetikaekstrakt + Aminohape	4 + 2 + 1
7. Celest Trio 060 FS + Albit	1,5 + 100
8. Celest Trio 060 FS	1,5

Statistiline analüüs tehti andmetöötlusprogrammiga *AGROBASE-20<sup>TM</sup>*, katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioon-analüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures.

**Tabel 2.** Katsetes kasvuhooajal kasutatud tooted ja kulunormid

Kõrsumise kasvufaas 30	Loomise kasvufaas 55	Õitsemise kasvufaas 63
1. –	–	–
2. –	F*	–
3. NanoSi 100 g ha <sup>-1</sup>	F	–
4. NanoSi 100 g ha <sup>-1</sup>	F	–
5. Humiinhape 10 + Vetikaekstrakt 5 l ha <sup>-1</sup>	Aminohape 10 l ha <sup>-1</sup> + F	Aminohape 10 l ha <sup>-1</sup>
6. Humiinhape 7 + Vetikaekstrakt 3 l ha <sup>-1</sup>	Aminohape 6 l ha <sup>-1</sup> + F	Aminohape 6 l ha <sup>-1</sup>
7. Albit 60 ml + Prolis 2 g ha <sup>-1</sup>	Albit 40 ml ha <sup>-1</sup> + F	Albit 40 ml+Prolis 2 g ha <sup>-1</sup>
8. Serenade ASO 4 l ha <sup>-1</sup>	Serenade ASO 4 l ha <sup>-1</sup>	Serenade ASO 4 l ha <sup>-1</sup>

F\* – fungitsiid Balaya 1 l ha<sup>-1</sup>

2022–2023 katseaastate ilmastikutingimusi Jõgeval iseloomustas keskmisest jahedam mai ja soojemad juuni, juuli, august (tabel 3). Mai ja juuni jäid paljude aastate keskmise sademete normiga võrreldes põuasemaks. Juunikuus toimub suviteraviljadel kiire areng, mistõttu jäi kasvule puudu vähestest sademetest mais ja juunis. 2022.a. juulis jätkus keskmisest soojem ja kuivem periood võrreldes 2023.a. jahedama ja vihasema juuliga. Augustisse jääv koristusperiood oli mõlemal aastal keskmisest soojem ja kuivem. Katseaastate kokkuvõttes oli kõige rohkem mõjutatud taimede algareng, väiksem mõju oli hilisemale kasvamisele ja arengule.

**Tabel 3.** Kasvuhooegade 2022 ja 2023 keskmised ja pikaajalised keskmised (1991–2020) õhutemperatuurid ja sademed Jõgeval

Kuu	Õhutemperatuur °C		Pikaajaline keskmine	Sademed mm		Pikaajaline keskmine
	2022	2023		2022	2023	
Mai	9,7	10,4	10,7	55	29	49
Juuni	16,9	16,1	14,9	47	28	69
Juuli	17,4	16,2	16,9	50	100	77
August	18,6	18,1	15,5	63	51	89

### Tulemused ja arutelu

Suvinisu saagikust võrreldes töötlemata kontrolliga suurendas biostimulaatori ja fungitsiidi kasutamine 2022. a., v.a. bakterpreparaadi Serenade ASO (sisaldab *Bacillus subtilis* QST 713) kasutamine, mille puhul saak vähenes 83 kg ha<sup>-1</sup> võrra (tabel 4). Suurima saagitõusu tagasid 5. ja 6. variandid Humiinhappe ja Vetikaekstraktiga puhtimise ja kasvuaegselt lisaks töödeldud Aminohappe ja fungitsiidiga Balaya, saagitõus vastavalt 194 ja 164 kg ha<sup>-1</sup>. Ainult fungitsiidiga seemnetöötlemise ja lehesitiku pritsimise variandis oli saagitõus 14 kg ha<sup>-1</sup>. Töötlemise võrdluses oli efektiivsus väiksem leheväetise NanoSi (sisaldab 50% räni, 6% rauda, 1% tsinki, 0,5% vaske) kasutamisel. 2023.a. suvinisu saagitõus jäi eelneva aastaga võrreldes madalamaks



eelkõige väheste sademete tõttu kasvuperioodi alguses ja tera täitumise ajal, kuid saagivahed erinevatel töötlemistel olid suuremad. Kõige saagikamad olid 6. ja 7. variant, enamsaak vastavalt 343 ja 272 kg ha<sup>-1</sup>, ränibaasil lehevätise kasutamise lisasaaki ei andnud. Mulla orgaanikat rikastavatel biostimulaatoritel on kaudne mõju ka haiguste tõrjele. Biostimulaatori kasutamine teeb toitainete omastamise taimele kergemini kättesaadavaks ja mõjutab positiivselt juurte kasvu, taime elujõulisust ja algkasvu. 2023.a. ainult keemilise taimekaitse kasutamine oli suvinisu 'Manu' saagikusele negatiivse mõjuga, võrreldes töötlemata kontrolliga vähenes saak 241 kg ha<sup>-1</sup> võrra. Sel kasvuhooajal kuivus ja soojus suvinisu nakatumist taimehaigustesse ei soodustanud ja võis piisata fungitsiidiga puhtimisest ning kasvuaegne keemiline töötlemine saagipotentsiaali ei suurendanud. Mõlemal katseaastal suvinisu mahukaal ja 1000 tera mass erinevate preparaatide kasutamisel oluliselt ei erinenud (tabel 4). Puhtimata kontrollvariandiga võrreldes jäid erinevused katsevea piiridesse. Sarnaselt saagitulemustele oli suurem mahukaal Humiinhappe, Aminohappe, Vetikaekstrakti erinevate dooside kasutamisel, vastavalt 0,7 (2022) ja 1,3 kg hl<sup>-1</sup> (2023). Lisaks nimetatud toodetele suurendas 1000 tera massi Albiti ja Prolise kasutamine, vastavalt 0,5 (2022) ja 1,4 g (2023).

**Tabel 4.** Suvinisu saak ja kvaliteet erinevate töötluste korral võrreldes kontrollvariandiga 2022–2023 katsetes

Variant	Saak kg ha <sup>-1</sup>		Mahukaal kg hl <sup>-1</sup>		1000 tera mass g	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Kontroll	5693	4032	82,0	77,4	37,2	37,2
2	14	-241	0,6	0,4	0,5	-0,5
3	1	-46	0,6	1,2	0,2	1,0
4	41	-312	0,3	-0,1	0,6	-0,1
5	194	259	0,7	0,9	0,3	1,2
6	164	343	0,5	1,3	0,4	1,5
7	61	272	0,4	1,1	0,5	1,4
8	-83	129	0	0,4	0,1	0,4
PD 95	67,903	131,96	0,126	2,077	0,137	0,074

Kasvuaegselt vajas suvinisu taimik pigem biostimulaatorite tuge. Keemiline puhis on vajalik, et tõrjuda ja kaitsta külvisemete ja algarengus taime kindlate haigustekitajate eest. Suvinisu puhul on igal aastal saaki mõjutavaks haiguseks helelaikusus, tekitajad *Septoria tritici* ja *S. nodorum*. Kuid olenevalt sordist võib haiguste vaesel aastal piisata biostimulaatori kasutamisest, mis on efektiivne taime stressi vähendamisel ja haiguste vastupanu parandamisel. Biostimulaatori kasutamine puhisena parandab taime võimet omastada suurema juurestiku abil toitaineid kiiremini juba alates idanemisest ja annab selge eelise ka võrsete moodustamiseks, mis tähendab lopsakama kasvuga elujõulisemat ja tervemat taime. Selline taim on võimeline ka kasvutingimuste pärast umbrohtudega paremini konkureerima, neist

kiiremini kasvama. Suurema roheline lehepinnaga taim fotosünteesib rohkem, see omakorda võimaldab saagikust suurendada (Sevov, Delibaltiva, 2013).

Suivodra 2022.a. katses saadi kontrollvariandiga võrreldes kõikidel töötlustel enamsaak vahemikus 337 kuni 1063 kg ha<sup>-1</sup> (tabel 5). Kõige väiksem oli saagitõus fungitsiidiga puhtimisel ja kasvuaegselt ainult biostimulaatoriga Serenade ASO pritisimise korral (variant 8). Sarnaselt saagitõusule suurenesid ka töödeldud variantide mahukaalud ja 1000 tera massid, vastavalt 0,5–1,4 kg hl<sup>-1</sup> ja 1,6–3,3 g. Kuigi üldine odra saagitase oli 2023.a. kõrgem, kuna tingimused olid odra kasvuks soodsamad, mõjutasid vahelduvad soojad ja niisked perioodid odra arengut selliselt, et töödeldud variandid kontrolliga võrreldes statistiliselt usutavat saagilisa ei andnud. Kui kasutati ainult fungitsiidi vähenes saak kontrolliga võrreldes 114 kg ha<sup>-1</sup> (variant 2). Pooltel variantidest andis fungitsiidi ja biostimulaatori koos kasutamine usutava enamsaagi võrreldes ainult fungitsiidi kasutamisega v.a. kontrollvariandi ja fungitsiidiga töödeldud variandi vahel.

**Tabel 5.** Suivodra saak ja kvaliteet erinevate töötluste korral võrreldes kontrollvariandiga 2022–2023 katsetes

Variant	Saak kg ha <sup>-1</sup>		Mahukaal kg hl <sup>-1</sup>		1000 tera mass g	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Kontroll	5695	6102	69,5	65,7	45,0	53,4
2	599	-114	1,3	0	2,7	-1,3
3	866	296	1,4	-0,4	2,4	0,5
4	809	189	1,4	-0,5	3,3	-0,6
5	871	152	1,4	-0,2	2,7	0,3
6	1063	31	0,5	-0,2	2,9	-0,3
7	490	361	1,3	-0,4	3,0	-0,5
8	337	218	0,7	-0,1	1,6	-0,6
PD 95	152,207	338,8	0,195	0,145	0,474	0,405

Kuigi enamsaak oli enamike töötluste puhul märgatav, ei suurenenud mahukaal ja 1000 tera mass, välja arvatud biostimulaatorite Bactolive Seed ja NanoSi ning Humiinhape, Aminohappe, Vetikaekstrakti suuremate tootja poolt soovitatud kulunormide kasutamisel (variandid 3 ja 5). Suivoder on nisuga võrreldes suurema võrsumise ja lehemassiga, mistõttu biostimulaatoriga saadud elutähtsate koostisainete kasutamine segus keemilise fungitsiidi haigustõrje toimeainetega on rohkem õigustatud.

## Kokkuvõte

Euroopa roheleppe eesmärgiks on sünteetiliste pestitsiidide kasutamise ja nende kahjuliku mõju vähendamine. Katsetes kasutatud bioloogiliste toodete eeliseks on keskkonna- ja tervisesõbralikkus, võimalus kasvuhooajal kasutada mitu korda, ei põhjusta resistentsust ja sobivad integreeritud taimekaitsesse. Suviteraviljade saa-

gikust mõjutab suurel määral kasvuperioodi ilmastik mistõttu võivad taimed kokku puutuda ebasoodsate kasvutingimustega, mille intensiivsus ja kestus võib tekitada kasvustressi. Suvinisu kasvatamisel ilmnes biostimulaatorite suurem efekt jahedamal ja niiskemal 2023.a. Odra kasvatamisel oli biostimulaatorite kasutamine efektiivsem 2022.a., kui temperatuurid olid kõrgemad ja sademete hulk keskmisest väiksem. Sama efekt ka NanoSi-l, mis aitab taimes veevaru säilitada. Kasvukeskkond mõjutab oluliselt kultuuri arengut ja saagikust. Tulemustest järeldub, et biostimulaatorid üksi või koos fungitsiidiga soodustavad suviteraviljade arengut ja kasvu. Sarnased on olnud ka varasemate katsete tulemused. Biostimulaatorite mõju selgitamist teraviljadele jätkatakse olemasolevate ja uute toodetega, kuna teraviljakasvatatele on suureks abiks kohalikes oludes läbi viidud uuringute tulemused.

### Kasutatud kirjandus

- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. – *Plant Soil* 383, pp 3–41.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. – *Scientia Horticulturae* 196, pp 3–14.
- 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. – *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 20(S1), pp 299–313.
- Sevov, A., Delibaltiva, V. 2013. Effect of biostimulant fertigrain on bread wheat (*Triticum aestivum*) productivity elements and grain yield. – *Scientific Papers Series A. Agronomy* LVI, pp 353–356.
- 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.

# Kartuli sortide võrdluskatsete tulemused 2022.–2023. aastal

Terje Tähtjärv, Sirje Tamm

Maaelu Teadmuskus

---

**Abstract.** Tähtjärv, T., Tamm, S. 2024. Results of comparison of potato varieties in 2022–2023. – *Agronomy* 2024.

Many different potato varieties are brought for cultivation in Estonia every year. Their ability to adapt in our conditions must be estimated during several years. We can give recommendations for potato cultivating based on years of trials. At the Rural Knowledge Center (METK) we organize comparison trials for new potato varieties to evaluate their yield stability based on the results of experimental years. Two experimental years are too short period of time to understand how introduced potato varieties behave in Estonia changing weather conditions. Based on yield, the varieties ‘Ranom’ and ‘Spectra’ with shorter growing time stood out over the two experimental years. The longer growing season varieties ‘Teele’ and ‘Anti’ (METK) were distinguished by higher yields in both years.

**Keywords:** potato varieties, yield, tuber weight, weather conditions

---

## Sissejuhatus

Kartul on kõrge väärtusega toidukultuur, kuuludes meie toidupüramiidi vundamenti (Tervise Arengu Instituut). Kartulikasvatusele avaldab aina rohkem mõju kliima muutus ja sellega kaasnev kasvutingimuste varieerumine, haiguste uute tüvede lisandumine, uute kahjurite saabumine ja olemasolevate kahjurite resistentsemaks muutumine (Tähtjärv, 2016). Ilmastikuteguritest mõjutavad saaki kõige enam sademed ja õhutemperatuur (Zarzyńska, Pietraszko, 2015). Genotüübi × keskkonna vastastikune mõju on ilmnunud enamike saagi komponentide vahel (mugulate arv taime kohta, mugulamass, saagikus) (Augustin jt, 2012). Järjest rohkem tähelepanu tuleb pöörata kartulisortide sisse toomisel nende saagivõime stabiilsusele erinevate ilmastikutingimuste korral. Mitmeid mudelarvutusi (Adenkanmbi jt, 2023) on tehtud saagivõime hindamiseks erinevate kasvu reguleerivate näitajate muutumisel. Igal aastal tuuakse Eestisse kasvatamiseks palju erinevaid kartulisorte. Nende kohanemisvõimet meie tingimustes tuleb hinnata mitme aasta jooksul. Soovitusi kasvatamiseks saame anda katseaastate põhjal. Maaelu Teadmuskuskesuses (METK) korraldame kartulisortide võrdluskatseid, mille eesmärgiks on hinnata uute kartulisortide saagi stabiilsust katseaastate tulemuste põhjal.

## Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi 2022. ja 2023. aastal Maaelu Teadmuskuskeskuse (METK) põldudel. Muld oli kamarkarbonaatne leostunud liivsavi. Katsed rajati kolmes korduses NNA (*Nearest Neighbours Analyses*) meetodi järgi, lapi suurus 3,5 m<sup>2</sup>, eelvili oli mõlemal aastal suvioder.

**Tabel 1.** Katsete agrotehnika

Tegevus	2022	2023
Sügiskünd	jah	jah
Sügavkobestus	03.05	12.05
Väetis vakku Cropcare 11:11:23	625 kg ha <sup>-1</sup>	600 kg ha <sup>-1</sup>
Mahapanek	18.05	17.05
Muldamine	06.06	28.05
Umbrohutõrje	09.06	31.05
Lehemädaniku tõrje	08.07	07.07
Koristus	09.09*, 21.09*	29.08*, 18.09*

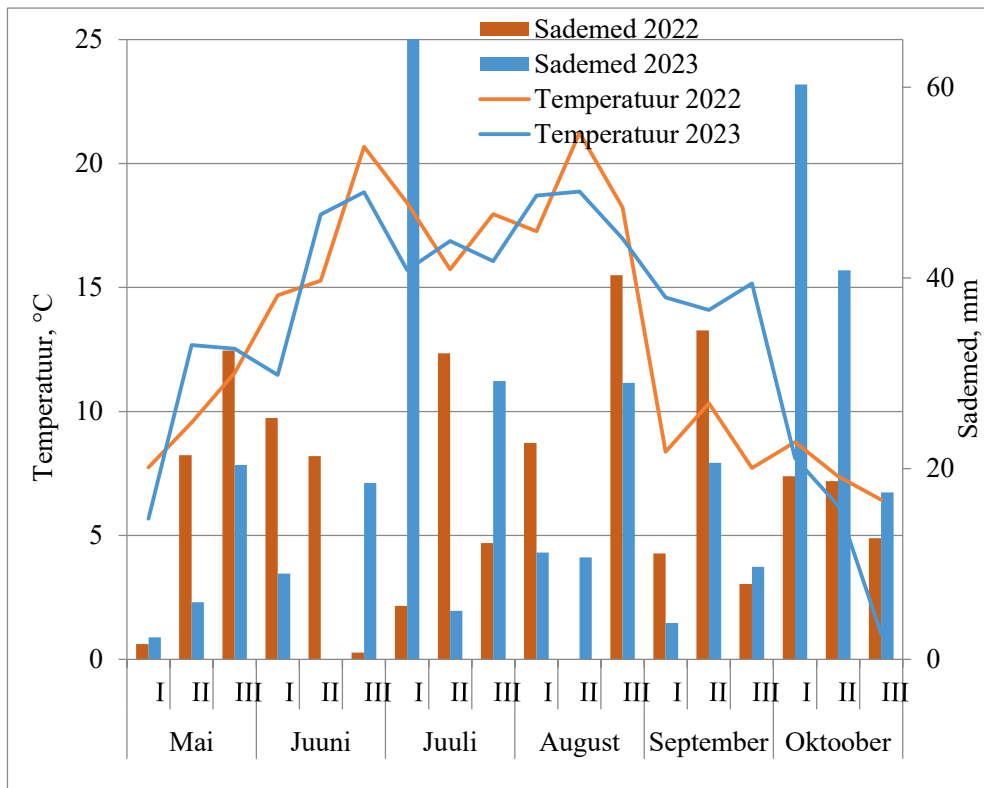
\* Varasemal kuupäeval koristati lühema ja hilisemal pikema kasvuajaga sordid

Mõlemal aastal oli katsetes samad sordid viielt sordiesindajalt Agrico, Solana, Norika, Europlant ja METK. Sorte oli kokku 42, millest sordikirjelduste põhjal oli 30 lühema kasvuajaga (LKS) ja 12 pikema kasvuajaga sorti (PKS).

Katseandmed analüüsiti ühe- ja kahefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil (*ANOVA*, Fisher'i *LSD* test) programmi *Agrobase* (*Agrobase*<sup>TM</sup> 20, 1999) abil.

### Tulemused ja arutelu

Sademet ebaühtlane jaotumine iseloomustab mõlemat katseaastat (joonis 1). Kartulile vajalik sademete hulk tuli 2022. a alles augusti lõpus. Kuiv vegetatsiooniperioodi algus 2023. aastal pärssis kartuli tärkamist ja peale tärkamist kestnud põud viis taimed stressi. Juuli alguses tulnud sademed leevendasid veidi olukorda. Temperatuurid olid mõlemal aastal suhteliselt kõrged, keskmine ulatus 2022. a isegi üle 20 °C. Mõlemal katseaastal kogunes aktiivseid temperatuure kartuli valmimiseks piisavalt: 2022. a 1850 ja 2023. a koguni üle 2000 kraadi. Erinevus tuli septembris, kus 2022. a koristusperioodil langesid keskmised temperatuurid alla 10 °C. 2023. a koristusperiood aga oli soe, keskmised temperatuurid küündisid isegi üle 15 °C.



**Joonis 1.** Ilmastiku andmed 2022. ja 2023. aastal

Kartuli saak sõltub mugulate arvust pesas ja nende kaalust. Vegetatsiooniperioodi ilmastikul on mõlemale näitajale suur mõju. Tulenevalt katse aastate ilmastikust on tulemused erinevad. 2022. aastal mugulate moodustumise ajal (juuli II dekaad) langenud sademete hulk soodustas mugulate tekkimist. Kõige suurem mugulate arv oli sordil 'Jule' (15,3), oluliselt rohkem oli mugulaid veel sortidel '4 You', 'Gala', 'Isabelia', 'Nixe' ja 'Solist' (tabel 2). 2023. a. oli mugulate arv pesas väiksem, sest mugulate moodustumise ajal oli pööde. Kõige rohkem moodustus mugulaid sordil 'Isabelia' (12,3), kuid silma paistsid veel sordid 'Agostino', 'Belmonda', 'Fontane', 'Jule', 'Karelia', 'Lilly', 'Lukas' ja 'Nixe'. Genotüübi ja keskkonna vastastikuse mõju esinemine põhjustab ebastabiilseid saake (Pour-Aboughadareh jt, 2022). Meie katse tulemused näitasid sama vastastikust mõju. Kahe aasta keskmisena moodustus rohkem mugulaid sortidel 'Jule' ja 'Isabelia'.

**Tabel 2.** Lühema kasvuajaga sortide saak ja saagi komponendid 2022. ja 2023. aastal

Jk nr	Sort	2022			2023			2022–2023 keskmine		
		mug mass g	mug arv tk	lapi- saak kg	mug mass g	mug arv tk	lapi- saak kg	mug mass g	mug arv tk	lapi- saak kg
1	Agostino	71,0	11,3	16,0	93,3	10,3	17,3	82,2	10,8	16,7
2	4 You	58,0	14,7	15,7	107,3	8,0	17,3	82,7	11,3	16,5
3	Alouette	83,3	10,0	15,7	110,0	7,3	16,7	96,7	8,7	16,2
4	Artemis	73,7	8,7	13,0	121,0	6,7	15,7	97,3	7,7	14,3
5	Baltic Rose	90,0	10,7	17,0	121,3	6,3	15,3	105,7	8,5	16,2
6	Belmonda	93,0	12,0	21,0	110,7	10,0	17,3	101,8	11,0	19,2
7	Birgit	82,7	11,0	16,3	98,3	9,7	16,7	90,5	10,3	16,5
8	Corazon	74,0	11,3	16,7	89,3	9,7	15,3	81,7	10,5	16,0
9	Danina	62,3	11,0	12,0	98,7	9,0	17,7	80,5	10,0	14,8
10	Fontane	79,0	11,0	17,3	94,0	10,0	17,0	86,5	10,5	17,2
11	Gala	49,3	13,7	13,3	86,0	9,7	14,7	67,7	11,7	14,0
12	Gaya	94,7	8,3	16,0	99,0	8,7	16,3	96,8	8,5	16,2
13	Isabelia	46,7	14,3	13,3	69,0	12,3	17,0	57,8	13,3	15,2
14	Jubilat	90,0	8,3	14,7	85,7	9,7	14,7	87,8	9,0	14,7
15	Jule	48,0	15,3	14,3	81,0	11,3	15,7	64,5	13,3	15,0
16	Karelia	79,0	12,0	16,7	86,3	11,3	19,0	82,7	11,7	17,8
17	Lea	68,0	10,0	11,0	117,3	6,7	13,7	92,7	8,3	12,3
18	Lilly	64,3	12,3	16,3	92,0	11,3	20,3	78,2	11,8	18,3
19	Lukas	45,0	11,0	10,0	68,7	11,0	15,0	56,8	11,0	12,5
20	Maret	101,0	7,3	14,0	110,0	6,7	14,3	105,5	7,0	14,2
21	Marlie	100,0	8,0	15,0	136,0	6,3	18,0	118,0	7,2	16,5
22	Nixe	67,0	13,0	16,3	96,7	10,3	17,0	81,8	11,7	16,7
23	Paroli	101,3	8,7	17,0	134,3	7,0	18,0	117,8	7,8	17,5
24	Prada	80,7	8,7	14,0	141,7	6,3	15,7	111,2	7,5	14,8
25	Ranomi	112,7	9,3	19,7	133,3	7,7	19,3	123,0	8,5	19,5
26	Red Lady	84,0	11,0	17,0	114,0	7,3	16,0	99,0	9,2	16,5
27	Sanibel	81,3	9,3	14,3	163,0	6,7	20,0	122,2	8,0	17,2
28	Solist	53,7	13,3	13,3	138,7	5,0	14,0	96,2	9,2	13,7
29	Spectra	92,3	10,0	18,3	150,7	7,0	18,3	121,5	8,5	18,3
30	Theresa	96,0	8,0	15,3	118,3	8,3	17,7	107,2	8,2	16,5
	PD <sub>&lt;0.05</sub>	14,1	2,4	3,4	20,3	2,4	2,9	12,8	1,7	2,5

Mugulate keskmine mass jäi 2022. a väiksemaks kui 2023. a. Suuremaks kasvasid mugulad 2022. a sortidel 'Ranomi', 'Paroli', 'Maret' ja 'Marlie'. Teisel katse-aastal oli mugulaid pesa kohta vähem aga need kasvasid suuremaks kasvuperioodi lõpus paremate kasvutingimuste mõjul. Suuremaks kasvasid mugulad sortidel 'Sani-

bel' ja 'Spectra', vastavalt keskmiselt 163,0 ja 150,7 g. Kahe aasta keskmisena olid suuremate mugulatega 6 sorti: 'Ranomi', 'Sanibel', 'Spectra', 'Marlie', 'Paroli' ja 'Prada'.

LKS lapisaakide keskmine oli 15,4 kg 2022. a, suurema saagiga olid sordid: 'Belmonda', 'Ranomi' ja 'Spectra'. Teisel aastal oli saakide keskmine mõnevõrra suurem (18,6 kg). Sordid 'Lilly', 'Karelia', 'Marlie', 'Danina', 'Paroli', 'Ranomi' ja 'Sanibel' andsid 2023. a usutavalt suurema saagi katselapilt. LKS aastate keskmine lapisaak oli 16,3 kg, suurema keskmise saagiga olid sordid 'Ranomi', 'Spectra', 'Sanibel', 'Paroli', 'Karelia' ja 'Fontane'.

**Tabel 3.** Pikema kasvuajaga kartuli sortide saak ja saagikomponendid 2022. ja 2023. aastal

Jk		2022			2023			2022–2023 keskmine		
nr	Sort	mug mass g	mug arv tk	lapi- saak kg	mug mass g	mug arv tk	lapi- saak kg	mug mass g	mug arv tk	lapi- saak kg
1	Ando	85,7	7,2	11,1	110,7	9,0	18,6	98,2	8,1	14,9
2	Anti	79,4	11,9	16,7	86,1	14,3	23,0	82,7	13,1	19,9
3	Ants	71,8	7,9	10,1	131,7	8,2	18,4	101,8	8,1	14,3
4	J.kollane	92,6	8,1	13,1	96,8	9,4	15,5	94,7	8,7	14,3
5	Mary Ann	55,7	14,1	13,4	84,8	10,0	14,4	70,2	12,1	13,9
6	Piret	72,4	10,1	14,1	95,5	10,5	18,0	84,0	10,3	16,0
7	Reet	88,0	7,9	11,9	109,5	8,0	15,1	98,7	7,9	13,5
8	Sarme	94,4	9,1	15,5	130,7	8,7	19,1	112,5	8,9	17,3
9	Soraya	88,0	9,0	14,4	126,9	9,5	20,8	107,5	9,3	17,6
10	Teele	94,2	9,7	17,3	146,4	9,4	24,0	120,3	9,6	20,7
11	Tiina	101,6	8,8	16,1	96,3	9,9	16,9	98,9	9,4	16,5
12	Triton	97,9	8,4	13,7	108,1	10,2	19,0	103,0	9,3	16,4
PD	< 0,05	16,8	2,2	3,2	32,0	2,8	5,4	25,5	1,9	4,3

PKS keskmine mugula mass oli 2022. a 85,1 g. Mugulate kasvamist pärssisid põud augustikuu kahel esimesel dekaadil ja augusti kolmandal dekaadil tulnud sademete tulemusel lööbinud lehemädanik. 2023. a oli keskmine mugulate mass erakordselt suur – 110,3 g, katseaastal eristus neli sorti, millel olid usutavalt suurema massiga mugulad: 'Teele', 'Sarme', 'Soraya' ja 'Ants' (tabel 3). Mugulate arv pesas oli katseaastatel sarnane, vastavalt keskmiselt 9,3 mugulat 2022, a ja 9,7 2023, a. Oluliselt suurem mugulate arv pesas oli esimesel katseaastal sortidel 'Mary Ann', 'Anti', 'Piret' ja 'Teele', teisel katseaastal ainult sordil 'Anti'. Kahe aasta keskmine mugulate arv pesas oli 9,7 ja usutavalt suurem oli see sortidel 'Anti' ja 'Piret'. Keskmised lapisaagid olid oluliselt suuremad 2023. a kui 2022. a, vastavalt 18,0 ja 14,0 kg. Kõige suurema saagi andis mõlemal aastal sort 'Teele', järgnesid sordid 'Anti', 'Sarme' ja 'Soraya'. Kahe aasta keskmine lapisaak oli 16,0 kg, stabiilselt suure saagiga eristusid sordid 'Teele' ja 'Anti'.



## Kokkuvõte

Kaks aastat on liialt lühike, et saada aru, kuidas Eestisse toodud kartulisordid käituvad meie muutuvates ilmastikutingimustes., Saagi poolest paistsid silma kahe katseaasta keskmisena lühema kasvuajaga sordid 'Ranomi' ja 'Spectra'. Pikema kasvuajaga sordid 'Teele' ja 'Anti' (METK) eristusid mõlemal aastal suurema saagiga.

## Kasutatud kirjandus

- Adekanmbi, T. *et al.* 2023. Assessing Future Climate Change Impacts on Potato Yields — A Case Study for Prince Edward Island, Canada. –Foods 12(6), p 1176. <https://doi.org/10.3390/foods12061176>
- Augustin, L., Milach, S., Bisogin, D.A., Suzin, M. 2012. Genotype × environment interaction of agronomic and processing quality traits in potato. – Horticultura Brasileira 30, pp 84–90.
- Pour-Aboughadareh, A., Khalili, M., Poczai, P., Olivoto, T. 2022. Stability Indices to Deciphering the Genotype-by-Environment Interaction (GEI) Effect: An Applicable Review for Use in Plant Breeding Programs. –Plants 11, p 414.
- Tein, B., Kauer, K., Eremeev, V., Luik, A., Selge, A., Loit, E. 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. – Field Crops Research, 156, pp 1–11.
- Tähtjärv, T. 2016. Cultivar resistance and population studies of late blight pathogen in potato breeding in Estonia, Doctoral thesis, p 155.
- Zarzyńska, K., Pietraszko, M. 2015. Influence of Climatic Conditions on Development and yield of Potato Plants Growing Under Organic and Conventional Systems in Poland. –American Journal of Potato Research 92, pp 511–517.
- Toidupüramiid: <https://tai.ee/et/valjaanded/toidupuramiid> (1.12.2023)

# Lämmastikubilansi erinevad arvestusmeetodid, sisendid ja väljundid ning nende maht liblikõielisterikkas külvikorras

Ivo Voor, Evelin Loit-Harro

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Voor, I., Loit-Harro, E. 2024. Different calculation methods, inputs, and outputs of nitrogen balance, and their magnitude in a legume supported cropping systems. – *Agronomy* 2024.

In this case study, we compared three different nitrogen (N) balance calculation methods and their impact on N surplus in the five-crop rotation. The contribution of legumes, especially red clover, to the N cycle is greater than typically assumed based on handbooks and popular science information. Using a more precise, albeit complex, N balance calculation method allows for a more accurate assessment of the legume contribution in crop rotations. This method helps evaluate nitrogen losses, cumulative loss timing and location, and calculate the effectiveness of nitrogen inputs, including fertilizers. The more accurate calculation method demonstrates the significant impact of red clover as a green manure on subsequent crop winter wheat N surplus in both conventional and organic cropping systems. In the winter wheat with N150 compared to N100, it is evident how additional mineral fertilizer has completely transformed into N surplus, making the use of a mineral fertilizer rate of 150 kg N ha<sup>-1</sup> unreasonable. For modeling crop rotations, including crop diversification, from the perspective of N use, it is advisable to use a balance that considers all possible N inputs and outputs. Compared to the simplified N balance, the advanced N balance surplus increased in the cropping systems N100, N150 and Organic, respectively, by 201%, 187%, and 268% when considering crop residue return and rhizodeposition.

**Keywords:** nitrogen balance, legumes, rhizodeposition, residues return, <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N isotopes

## Sissejuhatus

Taimekasvatuse ajatu võtmeküsimus on, kuidas vähendada energiarikaste sisendite, sh mineraalväetiste kasutamist, säilitades samal ajal saagikuse ja hoiduda täiendavast survest keskkonnale. Lämmastiku (N) kasutamise efektiivsuse (NUE–*nitrogen use efficiency*) suurendamine vähendab veereostust ja N-ühendite emissiooni. Taimede NUE sõltub N saadavusest mullas ning sellest, kuidas taimed seda oma elutsükli jooksul kasutavad. NUE suurendamine ja mineraalsete N-väetiste kasutamise piiramine on mõlemad olulised väljakutsed keskkonna säilitamiseks ja säästva ning produktiivse põllumajanduse edendamiseks (Masclaux-Daubresse jt, 2010).

Liblikõielised külvikorras võivad vähendada õhu-N<sub>2</sub> sidumise läbi N-mineraalväetise vajadust 24%, omavad ökoloogilisi ja majanduslikke eeliseid ning liblikõieliste kasvatamise suurendamine võib viia majanduslikult konkurentsivõimeliste viljelussüsteemideni ja positiivsete keskkonnamõjudeni (Reckling jt, 2016). Lisaks neile positiivsetele omadustele on oht ka suurteks N kadudeks. Punase ristiku (*Trifolium pratense*) N-sisend maapealsesse biomassi N<sub>2</sub> fikseerimise kaudu on hinnat-

guliselt kuni 373 kg N ha<sup>-1</sup> (Carlsson ja Huss-Danell, 2003) ja põldhernel (*Pisum sativum*) kuni 130 kg N ha<sup>-1</sup> (Peoples jt, 2009). Nende biomassi mineraliseerumisel võib tekkida intensiivne leostumine koristamise ja järgmise kultuuri aktiivse kasvu-perioodi vahel (Watson jt, 2017). Liblikõieliste kultuuride jäägid (põhk ja juured) sisaldavad võrreldes teraviljade ja õlikultuuridega suures koguses N, mis on omastatav järgnevat kultuuride poolt. Samal ajal need jäägid suurendavad N leostumist ja lendumist, kuna võrreldes mineraalväetiste N-ga on nende omastatavus väiksem. See tuleneb asjaolust, et mineraalväetist antakse taimedele siis kui taim suudab seda omastada, aga taimejäänustest vabaneb N pikema perioodi jooksul, mil on lagundajate bakterite ja seente aktiivseks elutegevuseks sobiv temperatuur ja niiskus. Sõltuvalt mullast, ilmast ja kultuuri liigist, arvatakse N kadudeks mullas 50–70% (Hodge jt, 2000).

Alahinnatud N-allikaks on liblikõieliste risodepositsioon, mis tekib juure- ja mügarbakterite eritistest (Anglade jt, 2015). Risodepositsioon, ehk orgaaniliste N ühendite lisandumine juurtest mulda võib moodustada umbes 80% punase ristiku mullasisesest N voost teise kasvuaasta lõpuks (Hammelehle jt, 2018) ja hernel umbes 90% (Anglade jt, 2015).

N kasutamise efektiivsuse suurendamiseks on esmalt vaja teada kui suur on N voog läbi mulla, st millised on N-sisendid ja N-väljundid, ning kui suur on nende maht ehk N bilanss. Lahutades väljundite mahust sisendite mahu saame teada kaod. Teades võimalikult täpselt kadude mahtu ja tekkimise aega on võimalik lõpp-eesmärgina agrotehniliste võtetega kadusid vähendada. Käesolevas juhtumiuuringus võrreldakse lihtsustatud N bilanssi kahe täiustatud bilansiga viieväljalises külvikorras. Täiustatud bilansiarvestustes on sisenditena lisaks arvesse võetud kultuuride jääkide N tagastus (põhk ja juured; *residues return*) koos lagunemisega kahel järgneval aastal ning liblikõieliste mullasisene N (juured ja mügarbakterid) koos risodepositsiooniga. Uurimisküsimuseks on kui palju muutub N-bilansi maht ja kuidas jaotub N-jääk viie kultuuri vahel kolme erineva arvutusmeetoodika korral.

### Metoodika, N-bilansi sisendid ja väljundid

Juhtumiuuringus arvestati 2023. aasta N- sisendite ja -väljundite mahud pikaajalisest viljelusviiside katsest Eerikal, Tartus. Võrreldi kolme viljelusviisi viieväljalises külvikorras, kus kultuurid on järjestatud: oder punase ristiku allakülviga, punane ristik, talinisu, põldhernes ja talirüps (tabel 1). Viljelusviisides N100 ja N150 kasutati sünteetilisi taimekaitsevahendeid tavapõllumajanduses levinud viisil ja kogustega. Viljelusviisis Mahe kasutati lisa N allikana vahekultuure ja laagerdunud veisesõnnikut. Täpne katse disain on kirjeldatud Voor jt, (2020).

**Tabel 1.** Viieväljalise külvikorra kolme viljelusviisi väetamise skeem ja kogused

Kultuur	N100	N150	Mahe
Oder+punane ristik	N80P25K95	N120P25K95	sõnnik 10 Mg ha <sup>-1</sup>
Punane ristik	0	0	0
Taliniisu	N100P25K95	N150P25K95	vahekultuurid+sõnnik 10 Mg ha <sup>-1</sup>
Põldhernes	N20P25K95	N20P25K95	vahekultuurid
Talirüps	N100P25K95	N150P25K95	vahekultuurid+sõnnik 20 Mg ha <sup>-1</sup>

Kolm erinevat N–bilansi arvestusmeetodit arvestavad üldlevinud põhimõtteid (Eurostat ja OECD, 2013) ja on täiendatud vastavalt Eerika katse eripäradele, nt on kaastatud N–sisendina enne põhikultuuri kasvanud vahekultuurides olev N ja väljundina pärast põhikultuuri kasvanud vahekultuuris sisaldunud N (tabel 2). Kõiki edaspidi mainitud N–allikaid ei mõõdetud 2023. aastal, vaid on kasutatud keskmisi väärtusi ja suhtearve katseaja perioodist 2008–2023 kogutud andmetest. Eraldi kõiki võimalikke N– sisendeid ja –väljundeid on samas katses mõõta keeruline ja valdavalt korraldatakse katseid mingi kindla üksiku N–allika mõõtmiseks. Eerika katses oli eesmärk uurida mitut N–allikat ja katseteid tehes saada teada asjaoludest, mis mõjutavad katsetulemusi sõltuvalt proovivõtu meetoditest ja mõõtmiste täpsusest.

**Tabel 2.** Kolm erinevat N–bilansi arvestusmeetodit, N–sisendid ja –väljundid

N–sisendid ja –väljundid	Lihtsustatud		Koos põhuga		Põhu, juurte ja risodepositsiooniga	
	sisend	väljund	sisend	väljund	sisend	väljund
Mineraalväetis	X		X		X	
Orgaaniline väetis	X		X		X	
Liblikõieliste seotud N <sub>2</sub> , maapealne osa	X		X		X	
Liblikõieliste seotud N <sub>2</sub> , maa-alune osa					X	
Atmosfäärilised sadestused	X		X		X	
Seeme	X		X		X	
Saak		X		X		X
Ristik haljasväetisena		X		X		X
Mineraliseerunud ristik			X		X	
Põhk, tüü, juured				X		X
Mineraliseerunud põhk, tüü, juured			X		X	
Vahekultuurid		X		X		X
Mineraliseerunud vahekultuurid	X		X		X	

## Väetised

N–sisendina anti mineraalväetisega N kahel erineval tasemel, variandis N100: oder 80, talinisu 100, hernes 20, talirüps 100 kg N ha<sup>-1</sup>; variandis N150: oder 120, talinisu 150, hernes 20 ja talirüps 150 kg N ha<sup>-1</sup>. Variandis Mahe väetati talinisu 10 ja talirüpsi 20 Mg ha<sup>-1</sup> laagerdunud veisesõnnikuga, mis toimeainena ümberarvutatult oli vastavalt 56 ja 112 kg N ha<sup>-1</sup>.

## Vahekultuurid

Vahekultuure kasvatati variandis Mahe talinisu ja põldherne vahel, põldherne ja talirüpsi vahel ning talirüpsi ja odra vahel. Vahekultuuri maapealsest biomassist on võetud eelnevatel aastatel proovid, millest määrati üld- N ja ümberarvutatult oli N–sisend odrale 47, põldhernele 36 ja talirüpsile 23 kg N ha<sup>-1</sup>. Vahekultuuride väljund-N on bilansis arvestatud põldhernel 23, talinisul 36 ja talirüpsil 47 kg N ha<sup>-1</sup>.

## Liblikõielised

Põldhernes koristati katsekombainiga Sampo 2010, saak kaaluti ja arvutati saagi kogu N–väljund kasutades 10 aasta keskmist põldherne N% erinevatel väetamis-tasemetel. Ristiku lapsaagid niideti ja kaaluti katseheinakombainiga Haldrup ja vahetult enne niitmist võeti 0.25 m<sup>2</sup> ruuduproovid, et määrata kuivaine sisaldus läbi proovide kaalukaotuse kuivatuskapis. Lisateadmiste saamiseks katsetäpsusest arvu-tati nii ruuduproovide kaaludest kui ka kombainitud terve lapi saakidest kontrolliks hektarisaagid. Erinevus oli kuni 36%, täpsemaks tuleb pidada tervete lapsaakide andmeid, kuna suurem valim 20 m<sup>2</sup> suuruselt alalt on esinduslikum.

Ristiku kahest niitest võeti proovid variandi N150 neljast kordusest. Kuivaine % ja üld N% kuivaines esimeses niites oli 34 ja 2.25 ning teises niites vastavalt 27 ja 2.50. Kolme variandi nelja korduse saagid kuivaines oli esimeses niites 3755 kuni 4349 kg ha<sup>-1</sup>, statistiliselt olulisi erinevusi variantide vahel polnud. N esimeses niites oli N100 variandis 85, N150 variandis 86 ja variandis Mahe 98 kg N ha<sup>-1</sup>, statisti-liselt olulisi erinevusi polnud. Saak kuivaines teises niites oli N100 variandis 2244, N150 variandis 2504 ja variandis Mahe 1432 kg ha<sup>-1</sup>, kus Mahe oli kahest eelnenud variandist statistiliselt oluliselt väiksema saagiga. N maapealne saak teisest niitest oli vastavalt 56, 63 ja 36 kg N ha<sup>-1</sup>, kus Mahe oli statistiliselt oluliselt väiksema saagiga.

Mullasisene N osa, mille hulka kuulub juurtes olev N ja liblikõielistel risode-positatsiooniga tekkiv N, on saadud kirjandusest, mille andmed on põhinevad põld-katsetel (Anglade jt, 2015; Armstrong jt, 1994; 2010; Izaurralde jt, 1992; Känkänen jt Eriksson, 2007; Mahieu, 2008; Von Fragstein, 1995), ning mille järgi moodustab punase ristiku mullasisene N 42% (SD±13) ja põldhernel vastavalt 30% (SD±8) kogu taime Nst.

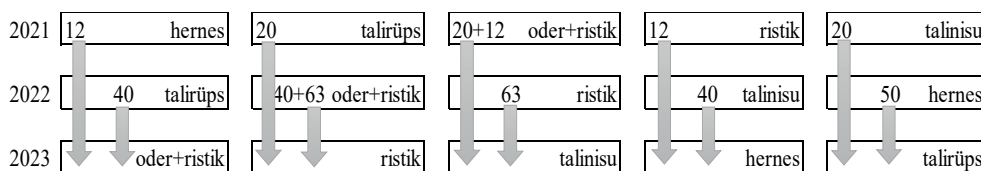
Õhu N<sub>2</sub> sidumise määra (%Ndfa– *nitrogen derived from atmosphere*) punase ristiku ja põldherne poolt on tuletatud kirjandusest, mille andmed on saadud põld-katsetest (Anglade jt, 2015; Dahlin ja Stenberg, 2010; Känkänen ja Eriksson, 2007;

Mahieu jt, 2007). Selle põhjal eeldasime ja arvutasime N bilansi sisendina punase ristiku Ndfa 86% ja põldhernel 71% nii maapealses kui ka mullasiseses osas. Ndfa protsendi leidmiseks kasutatakse  $^{15}\text{N}$  loodusliku küllastuse meetodit ( $^{15}\text{N}$  natural abundance method). Lisateadmiste saamiseks ja edaspidi iseseisvalt Ndfa määramiseks koostasime kirjanduse järgi (Unkovich, 2008) esialgse protokollu herne %Ndfa määramiseks ja võtsime proovid taimedest, võrdluseks mullast ja referentstaimest. Proovid analüüsis isotoopide massi-spektroskoopia abil Tartu Ülikool Ökoloogia ja maateaduse instituudi geoloogia osakond. 2023. aasta pilootprojekti analüüside tulemuseks saime variandis N150 põldhernel 63% Ndfa.

Odra, talinisu, herne ja talirüpsi saak kaaluti määrati üld-N% Dumas kuivpõletusmeetodiga ja arvutati saagiga põllult ära viidav N kogus. Herne saagi kaalu suhe põhku määrati Eerika katse vihuproovide keskmisena 10 aasta jooksul, mis oli 0.5. Kultuuride jääkide (põhk, tüü, juured) N% hinnati kirjanduse põhjal. Odra- ja talinisu jääkide N osa taime kogu N hulgast arvestasime vastavalt 42% ja 33% (Lauringson, 2011). Talirüpsi põhust määrati üld-N% Dumas kuivpõletusmeetodiga, kus N100 sisaldas 1.28%, N150 1.12% ja Mahe 0.75% N. Talirüpsi saagi suhte kogu biomassi, 3.8, leidsime kirjanduse põhjal rüpsile sarnase rapsi kohta (Kuai jt, 2015), kuna rüpsi põhu suhet terasaaki pole Eestis meile teadaolevalt uuritud.

## Jääkide lagunemine

Iga kultuuri jäägid lagunevad ja vabaneb N, mis on külvikorras järgnevatele kultuuridele kättesaadav (joonis 1). Kirjanduse põhjal eeldasime, et N, mis vabaneb jääkidest esimese aasta jooksul, moodustab punasel ristikul 63%, põldhernel 50% ja teraviljal 40% (Coûteaux jt, 2008; Lupwayi jt, 2004; Talgre jt, 2017). Rüpsi jääkide lagunemise kohta andmed puuduvad ja eeldasime, et see on sarnaselt teraviljadega 40%. Teisel aastal lisandunud täiendav N vabanemine oli sama kirjanduse järgi hinnanguliselt punasel ristikul ja hernel 12%, teraviljal ja talirüpsil 20%. Järgnevate aastate jooksul toimunud lagunemise ja N vabanemise kohta andmed puudusid ja N bilansis seda ei arvestatud.



**Joonis 1.** Viie kultuuriga külvikorra skeem, kus 2023. aasta saaki mõjutavad kahel eelneval aastal põllule ja mulda jäänud biomassi mineraliseerumine. Number kasti sees näitab, mitu protsenti N kogu eelkultuuri biomassist mineraliseerus ja muutus 2023. aasta kultuurile kättesaadavaks.

N-jääkide kohta tehti dispersioonanalüüs (One-Way ANOVA), kus kategooriaalselt tunnuseks oli viljelusviis, N100, N150 ja Mahe, arvtunnuseks oli N-jäägid. Statistiliselt olulised erinevused leiti Fisher LSD ( $p < 0.05$ ) testi abil.

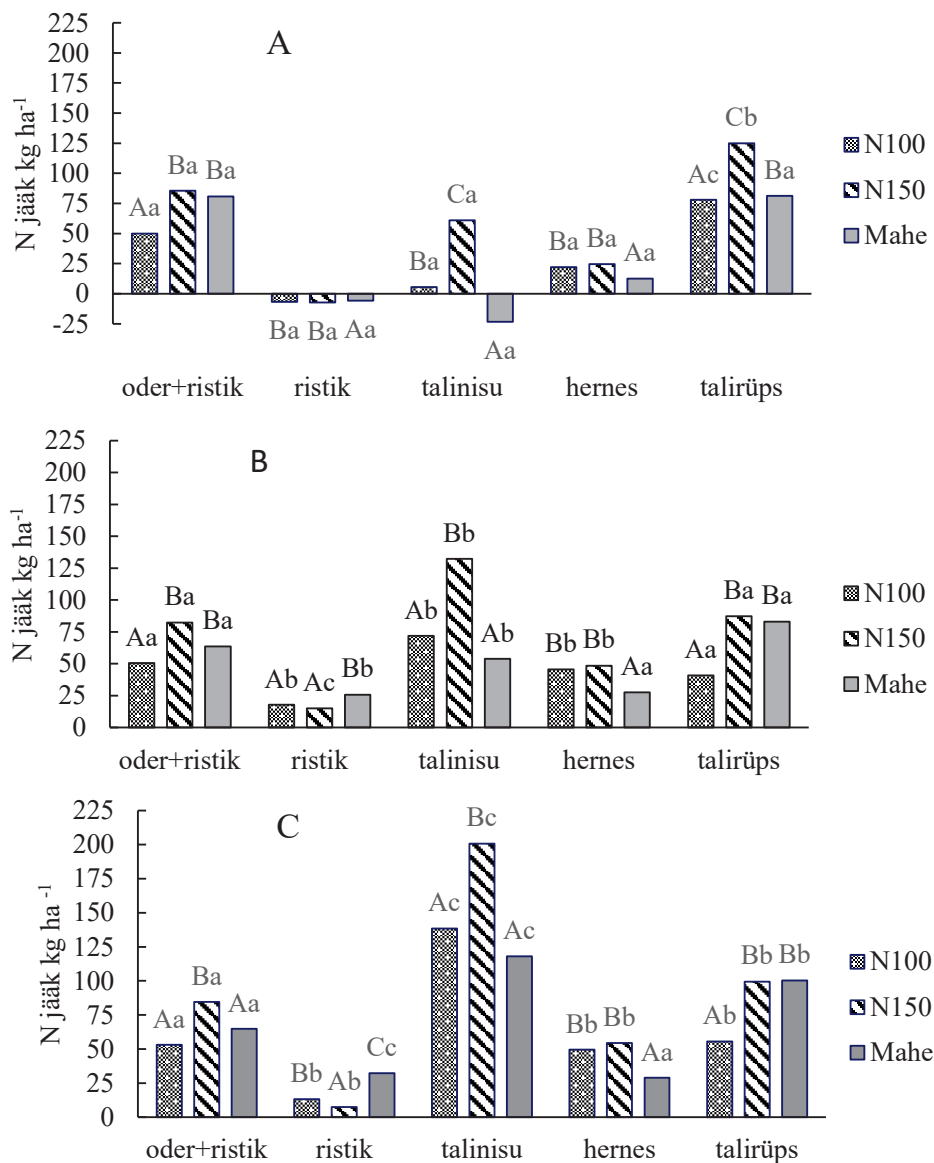
## Tulemused ja arutelu

N kaod on taimekasvatases vältimatud. Lihtsustatud N bilansi meetodist täpsemad, eriti kui külvikorras on liblikõielised, näitavad, millise kultuuri sisendina N akumuleerub, ja milline ei suuda seda edasi saaki ja jäänustesse akumuleerida. Koos risodepositiooni ja peale saagi ka kultuuride põhu, tüü ning juurte arvestamisega suurenes oluliselt N bilansi maht ja N jäägi, ehk tõenäolise N kao kogused.

Ilma põhu arvestuseta oli kogu külvikorra keskmine N jääk variantides N100, N150 ja Mahe vastavalt 30, 58 ja 29 kg N ha<sup>-1</sup>. Suurim jääk 125 kg N ha<sup>-1</sup> tekkis variandis N150 talirüpsil (joonis 2, A). Suurim N negatiivne jääk ehk N defitsiit kuni -23 kg N ha<sup>-1</sup> esines variandis Mahe talinisul. Koos põhu tagastuse ja kaheaastase mineraliseerumise arvestusega oli kogu külvikorra keskmine N jääk variantides N100, N150 ja Mahe vastavalt 45, 73 ja 51 kg N ha<sup>-1</sup>. Suurim jääk 132 kg N ha<sup>-1</sup> tekkis talinisul variandis N150 (joonis 2, B). Koos põhu arvestuse ja risodepositiooniga oli kogu külvikorra keskmine N jääk variantides N100, N150 ja Mahe vastavalt 62, 89 ja 69 kg N ha<sup>-1</sup>. Suurim jääk talinisul variandis N150 (joonis 2, C).

Liblikõieliste panus N–bilanssi oli kuni 2,4 korda suurem kui väetistel. Teise aasta punase ristiku maapealne biomass haljasväetisena lisas N–sisendina külvikorda variantides N100, N150 ja Mahe vastavalt 127, 125 ja 133 kg N ha<sup>-1</sup> ja juured koos risodepositiooniga vastavalt 92, 90 ja 97 kg N ha<sup>-1</sup>. Herne põhk lisas N–sisendina külvikorda vastavalt 27, 22 ja 16 kg N ha<sup>-1</sup> ja juured koos risodepositiooniga 35, 28 ja 21 kg N ha<sup>-1</sup>. Jättes välja lihtsustatud bilansi korral välja juured, risodepositiooni, põhu ja nende järelmõjud, saame kolme N bilansi arvestusmeetodi sarnased N–jäägid vaid odral ristiku allakülviga. Ristiku järelmõju on kõige suurem talinisule, kus tekib N–jääk kuni 201 kg N ha<sup>-1</sup>, mis tõenäoliselt on kadu N leostumise ja lendumise tagajärjel.

Täpsem N–bilansi arvestusmeetod loob realistlikuma ettekujutuse N ringest ja mahtudest külvikorras, aga sisaldab ka mitmeid paratamatuid ebatäpsusi. Esiteks on vajalik teada võimalikult täpselt kultuuride biomassi. Kui saakide mõõtmine toimub igal aastal, siis põhu ja mullasise biomassi massi ja selles sisalduva N koguse määramine erinevatel väetustasanditel tuleks teha ressursikulukuse tõttu perioodiliselt. Sama kehtib põllule jääva biomassi lagunemise kohta – kui kiiresti laguneb see sõltuvalt mullast ja ilmastikust. Teiseks oleks vajalik täpsemalt määrata liblikõieliste N<sub>2</sub> sidumine. Liblikõielistel õhu N<sub>2</sub> sidumise määrast sõltub kogu selle kultuuri biomassi ja risodepositiooni panus N–bilansi mahtu. Käesolevas juhtumianalüüsis on arvestatud kirjanduse järgi hernel Ndfa 71%, aga meie pilootprojekti <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N isotoopanalüüsi Ndfa variandis N150 oli 63%. Üldteadaolevalt sõltub Ndfa mineraalväetiste N annusest, suurem kogus väetise N pärsib mügarbakterite moodustumist ja seega õhu N<sub>2</sub> sidumist. Ndfa määramine konkreetsetes tingimustes on oluline, kuna nt punasel ristiku Ndfa erinevus 10% käesoleval juhul muudaks variandis Mahe N–sisendit 23 kg N ha<sup>-1</sup> võrra. Kolmandaks tuleks ilmastiku muutlikkuse tõttu kõiki neid mõõtmisi teha pikemal perioodil. 2023. aastal olid punase ristiku biomass ja herne saak tunduvalt väiksem Eerika kasteaastate 2008–2022 keskmisest, seega kõigi kolme N–bilansi maht ja N–jäägid oleksid pika–ajalise keskmisena suuremad.



**Joonis 2.** Kahe erinevalt väetatud tava- ja ühe maheviljeluse variandi kolm N bilansi arvestusmeetodit viiekultuurilises külvikorras: A) lihtsustatud N bilanss; B) N bilanss koos põhu ja selle kaheaastase lagunemisega; C) N bilanss koos põhu, juurte, liblikõieliste risodepositiooni ja kaheaastase lagunemisega. Tulpade kohal olevad erinevad suurtähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust kolme viljelusviisi vahel (N100, N150 ja Mahe) igal kultuuril kolmes bilansiarvestuses eraldi. Tulpade kohal olevad erinevad väiketähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust kolme bilansi vahel iga kultuuri viljelusviisi korral eraldi.



## Kokkuvõte

Liblikõieliste, eriti punase ristiku panus N ringlusse on suurem kui tavaliselt eeldatakse käsiraamatute ja populaarteadusliku teabe põhjal. Täpsema, samas ka keerukama, N–bilansi arvestusmeetodi põhjal saab tõepärasemalt hinnata liblikõieliste panust külvikorras, st hinnata N kadusid ja kadude kumuleerimise aega ning kohta ja arvutada N–sisendite, sh väetiste efektiivsust. Täpsem arvutusmeetod näitab teise aasta punase ristiku kui haljasväetise suurt mõju talinisu N–jäägile nii tava– kui mahevariandis. Talinisu variandis N150 võrreldes N100ga on näha kuidas lisa mineraalväetis on täielikult muutunud N–jäägiks ja seetõttu ei ole mõistlik mineraalväetise normi 150 kg N ha<sup>-1</sup> kasutada. Külvikorra, sh viljavahelduse modelleerimiseks peaks N kasutuse seisukohast kasutama pigem bilanssi, milles on arvestatud kõik võimalikud N –sisendid ja –väljundid. Võrreldes lihtsustatud bilansiga tõusis N–bilansi jääk põhku ja risodepositiooni arvestavas bilansis viljelusviisides N100, N150 ja Mahe vastavalt 201%, 187% ja 268%.

## Tänuavaldused

Täname kõiki, kes on seotud Eerika pikaajalise külvikorrakatse loomisega 2008 a., ja neid, kes tänaseni on katset hoidnud töökorras. Artikkel on valminud projektide PRG1949, PRG1260 ja ERA Net Core Organic ALL–Organic toel.

## Kasutatud kirjandus

- Anglade, J., Billen, G., Garnier, J. 2015. Relationships for estimating N<sub>2</sub> fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe. – *Ecosphere* 6(3), p art37. <https://doi.org/10.1890/ES14-00353.1>
- Armstrong, W. 1994. Nitrogen balance of field pea crops in south Western Australia, studied using the 15N natural abundance technique. – *Australian Journal of Plant Physiology* 21(4), pp 533–549. <https://doi.org/10.1071/PP9940533>
- Carlsson, G., Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. – *Plant and Soil* 253(2), pp 353–372. <https://doi.org/10.1023/A:1024847017371>
- Coûteaux, M.-M., Hervé, D., Mita, V. 2008. Carbon and Nitrogen Dynamics of Potato Residues and Sheep Dung in a Two-Year Rotation Cultivation in the Bolivian Altiplano. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39(3–4), pp 475–498. <https://doi.org/10.1080/00103620701826621>
- Dahlin, A. S., Stenberg, M. 2010. Cutting regime affects the amount and allocation of symbiotically fixed N in green manure leys. – *Plant and Soil* 331(1/2), pp 401–412. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0261-1>
- Eurostat and OECD. 2013. Nutrient Budgets – Methodology and Handbook (Version 1.02). [https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518760/Nutrient\\_Budgets\\_Handbook\\_%28CPSA\\_AE\\_109%29\\_corrected3.pdf/4a3647de-da73-4d23-b94b-e2b23844dc31](https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518760/Nutrient_Budgets_Handbook_%28CPSA_AE_109%29_corrected3.pdf/4a3647de-da73-4d23-b94b-e2b23844dc31) (12.12.2023)
- Hammelehle, A., Oberson, A., Lüscher, A., Mäder, P., Mayer, J. 2018. Above- and belowground nitrogen distribution of a red clover-perennial ryegrass sward along a soil nutrient availability gradient established by organic and conventional cropping systems. – *Plant and Soil* 425(1–2), pp 507–525. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3559-z>

- Hodge, A., Robinson, D., Fitter, A. 2000. Are microorganisms more effective than plants at competing for nitrogen? – *Trends in Plant Science* 5(7), pp 304–308. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01656-3](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01656-3)
- Izaurrealde, R. C., McGill, W. B., Juma, N. G. 1992. Nitrogen fixation efficiency, interspecies N transfer, and root growth in barley-field pea intercrop on a Black Chernozemic soil. – *Biology and Fertility of Soils* 13(1), pp 11–16. <https://doi.org/10.1007/BF00337231>
- Känkänen, H., Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. – *European Journal of Agronomy* 27(1), pp 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.01.010>
- Kuai, J., Sun, Y., Zuo, Q., Huang, H., Liao, Q., Wu, C., Lu, J., Wu, J., Zhou, G. 2015. The yield of mechanically harvested rapeseed (*Brassica napus* L.) can be increased by optimum plant density and row spacing. – *Scientific Reports* 5(1), p 18835. <https://doi.org/10.1038/srep18835>
- Lauringson, E. 2011. Researching methods of regulating humus status and nutrient balance of soil and phytoproductivity of various green manure crops in conventional and organic farming. Estonian University of Life Sciences, Institute of Agricultural and Environmental Sciences. [https://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/Lauringson\\_PMaruanne.pdf](https://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/Lauringson_PMaruanne.pdf) (13.02.2023)
- Lupwayi, N. Z., Clayton, G. W., O'Donovan, J. T., Harker, K. N., Turkington, T. K., Rice, W. A. 2004. Decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. – *Canadian Journal of Soil Science* 84(4), pp 403–410. <https://doi.org/10.4141/S03-082>
- Mahieu, S. 2008. Assessment of the below ground contribution of field grown pea (*Pisum sativum* L.) to the soil N pool. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00433507> (13.02.2023)
- Mahieu, S., Fustec, J., Faure, M.-L., Corre-Hellou, G., Crozat, Y. 2007. Comparison of two <sup>15</sup>N labelling methods for assessing nitrogen rhizodeposition of pea. – *Plant and Soil* 295(1), pp 193–205. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9275-8>
- Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L., & Suzuki, A. 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. – *Annals of Botany* 105(7), pp 1141–1157. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq028>
- Peoples, M. B., Brockwell, J., Herridge, D. F., Rochester, I. J., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., Boddey, R. M., Dakora, F. D., Bhattarai, S., Maskey, S. L., Sampet, C., Rerkasem, B., Khan, D. F., Hauggaard-Nielsen, H., Jensen, E. S. 2009. contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. – *Symbiosis (Philadelphia, PA)* 48(1–3), pp 1–17. <https://doi.org/10.1007/BF03179980>
- Reckling, M., Bergkvist, G., Watson, C. A., Stoddard, F. L., Zander, P. M., Walker, R. L., Pristeri, A., Toncea, I., Bachinger, J. 2016. Trade-Offs between Economic and Environmental Impacts of Introducing Legumes into Cropping Systems. – *Frontiers in Plant Science* 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00669>
- Talgre, Liina, Hugo, R., Erkki, M., Lauringson, E. 2017. Nitrogen and carbon release during decomposition of roots and shoots of leguminous green manure crops. – *Agronomy Research* 15(2), pp 594–601. [https://doi.org/https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2017/03/Vol15nr2\\_Talgre.pdf](https://doi.org/https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2017/03/Vol15nr2_Talgre.pdf)
- Unkovich, M. 2008. Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems (136th ed.). – Australian Centre for International Agricultural Research. [www.aciar.gov.au/publication/books-and-manuals/measuring-plant-associated-nitrogen-fixation-agricultural-systems](http://www.aciar.gov.au/publication/books-and-manuals/measuring-plant-associated-nitrogen-fixation-agricultural-systems) (13.02.2024)

- Von Fragstein, P. 1995. Manuring, Manuring Strategies, Catch Crops and N-Fixation. *Biological Agriculture & Horticulture* 11(1–4), p 273. 287. <https://doi.org/10.1080/01448765.1995.9754712>
- Voor, I., Alaru, M., Eremeev, V., Loit, E. 2020. The aftereffect of winter wheat on pea yield, nitrogen surplus and nitrogen use efficiency in different cropping systems. – *Agricultural and Food Science* 29(5). <https://doi.org/10.23986/afsci.89726>
- Watson, C. A., Reckling, M., Preissel, S., Bachinger, J., Bergkvist, G., Kuhlman, T., Lindström, K., Nemecek, T., Topp, C. F. E., Vanhatalo, A., Zander, P., Murphy-Bokern, D., Stoddard, F. L. 2017. Chapter Four - Grain Legume Production and Use in European Agricultural Systems. – *Advances in Agronomy* 144, pp 235–303. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.003>

# Taimetervis

Plant health

# Invasiivsed võõrnälkjad Eestis

Eha Kruus, Angela Ploomi, Luule Metspalu

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

---

**Abstract.** Kruus, E., Ploomi, A., Metspalu, L. 2024. Invasive slugs in Estonia. – *Agronomy* 2024.

Terrestrial slugs are some of the most important herbivores in synanthropic systems. Yet, plant producers have access to few general solutions. In this paper, we review current problems with slug invasions and enlist preferable management options.

**Keywords:** mollusca, invasion, integrated measures, biocontrol

---

## Sissejuhatus

Invasiivsete võõrnälkjate levikualade praegune laienemine Euroopas iseloomustab rahvusvahelise taimekaubanduse ja inimeste ning kaupade vaba liikumise negatiivseid mõjusid. Aastakümnete eest Hispaania teeteo (*Arion vulgaris*) esimeste leidude järgsete tõrjemeetmete rakendamata jätmise tulemusena on meil tänaseks suuremate linnade ja asulate piirkonnad, eriti aedlinnad ja uusarendusrajoonid selle suurkahjuriga üle ujutatud. Võõrnälkjaid leitakse peamiselt suve lõpul või sügisel, mil täiskasvanud isendid on hästi nähtavad. Leiuteated lõpevad pärast esimesi paaripäevaseid külmi.

Nälkjad võivad vähendada saagikust ning isegi muuta võimatuks teatud kultuuride, nagu salatid, ristõielised, kõrvitsalised, hilised maasikad jne kasvatamise. Kultuuride otsekülvid on ohustatud peamiselt tõusmete ja noortaimede faasis, mil võidakse kannatada suure osa lehepinna kahjustuse tõttu või süüakse nad täielikult ära (Le Gall, Tooker, 2017). Lisaks otsestele majanduslikele ja keskkonnamõjudele on oluliselt tõusnud toidu reostumise risk, kuna nälkjad kannavad edasi tõvestavaid baktereid või siseparasiite. Aeg on näidanud, et Hispaania teeteod ise ära ei kao, vaid koloniseerivad üha uusi territooriume, kohanevad uues kohas kiiresti ja levivad sealt edasi. Sama tendentsi näitab meil uuem invadient (invasioonis osalev loom), mustpeanälkjas (*Kryniocephalus melanocephalus*).

Käesoleva töö eesmärk on anda lühiülevaade võõrnälkjaliikidest ja nende invasiooniga seonduvatest probleemidest Eestis ning esitada võimalike praktiliste tõrjemeetmete koond.

## Uurimistöö metoodika

Võõrnälkja liikidest ja võimalikest tõrjemeetmetest ülevaate saamiseks viidi läbi kirjanduse analüüs, mille käigus töötati läbi 108 põhiallikat. Liikide levikualade tuvastamiseks kasutati andmebaase iucnredlist.org, FaunaEuropaea (fauna-eu.org), elurikkus.ee ning Keskkonnaameti teokaarti. Selle töö käigus töötati välja eksperthinnangutele, inventuuridele, seirearuannetele jm tuginevad suunised ja koostati Keskkonnaametile kokkuvõtlik käsikiri „Võõrnälkjate ohjamiskava“ (Kruus jt, 2021). Käesoleva töö raames töötati olemasolev teave uuesti läbi ja täiendati viimasel ajal lisandunud andmetega.

## Tulemused ja arutelu

Hispaania teetigu on uutel asualadel ablas mitmetoiduline suurkahjur, kes lisaks taimedele toitub ka kõdunevast orgaanikast ja loomakorjustest. Inimasustuse lähedusse hoidva loomana asustab ta just tugevama häiringuga alasid: teeservi, aedu parke, põlluservi jne, peamiselt kohti, kus on viljakas muld ja piisavalt tihe varjuline taimik. Esimene leid väljaspool selle liigi oletatavat looduslikku areaali (Põhja-Hispaania, Prantsusmaa) kirjeldati 1955.a Šveitsis (Barker, 2002). Järgnevatel kümnenditel toimus plahvatuslik invasioon üle Euroopa, ilma et oleks avaldunud selgeid ekspansioonimustreid. Sellest järeldati, et liiki on erinevatest lähtekohtadest mitmeid kordi ning oletatavasti ka erinevate vektorite vahendusel edasi toimetatud. Valdavalt peetakse peamiseks levikuteeks teeteo munade ja noorvormide tahtmatut ümberasustamist aiakultuuride istutusmaterjali, turbasubstraadi ning mulla, pakendite ja aiatööriistadega.

Esimesed kindlad teated Hispaania teeteo esinemisest Eestis ulatuvad aastasse 2008, mil teda leiti Pärnu aianduskeskuse naabruses asuvalt krundilt. Eesti aiandusettevõtjad on siiski arvamusel, et päris esimesed kohtumised uue liigiga võisid aset leida juba mõned aastad varem (Metspalu, 2008). Hispaania teetigu on nüüdseks leitud juba kõikidest Eesti maakondadest. Esmaleiud on kahjuri kolonisatsioonifaasis primaarse levikutee vahetus läheduses: aianduskeskuste või taimeäride naabruses, kinnisvaraarenduspiirkondades või botaanikaaedade ja botaaniliste kollektsioonide territooriumil. Massilisemad populatsioonid asuvad Tallinnas ja selle lähimbruses, aga ka teistes suuremates linnades ja asulates võib koldeid eelkõige suve lõpul leida.

Teine meil levima hakanud kojata tigu mustpeanäikjas (*K. melanocephalus*) võib masspaljunemise kolletes esineda tüütu võõrliigina. Teda on üksikutel juhtudel märgatud kahjustamas kõrvitsa jt köögiviljade vilju, samuti toitub ta seenekübaratel. Selle liigi tüüpeksemplarid on leitud Stavropoli krai pöögimetsadest, looduslik areaal hõlmab Kaukasust, Krimmi mägesid, Kirde-Türgit ja Põhja-Iraani. Ida-Euroopa tasandikul valivad mustpeanäikjad elupaigaks papli- ja pajumetsad, lepikud, salumetsad, lamminiidud ja inimasulad: aiad, pargid, kalmistud, jäätmaad ja inimõjuga metsa-alad nt põõsastikud. Looduses esineb neid niiskeis paigus kivide, lamapuidu ja maapinda katva taimestiku all. Eestis leiti mustpeanäikjaid 2013. aastal esmalt Tallinna lähedalt, hiljem Saaremaalt Põide külast, Haapsalust ning Viljandimaalt. Tänapäevaks on Keskkonnaameti teokaardile kantud leide üle kogu Eesti, sh paljudest maa-asulatest ja väikelinnadest, aga juba ka loodusest.

Lisaks eelpoolnimetatud liikidele saime erinevatest allikatest viiteid veel viie invasiivse näikjaliigi võimaliku esinemise kohta Eestis: *Arion distinctus* (sg. Arionidae), *Limacus maculatus* (sg. Limacidae), *Deroceras sturanyi* (sg. Agriolimacidae), *Boettgerilla pallens* (sg. Boettgerillidae) ja *Tandonia sp* (IUCN, 2021; Eesti teokaart, 2023). Need leiud ja kohanemisstaatus vajavad üle kinnitamist seire ja malakoloogilise ekspertiisi käigus.

Hispaania teetigu ja mustpeanäikjas ei kuulu meil praegu Taimekaitseasutuse alusel reguleeritavate ohtlike taimekahjustajate loeteludesse. Samuti pole neid käsitletud Euroopa taimetervise regulatsioonides, mille järgi on ohtlikud vaid teistelt

mandritelt pärit kahjustajad. Liikide kohanemine arvukates kolletes ei anna lootust tõrje rakendamiseks mõistliku eelarve piires.

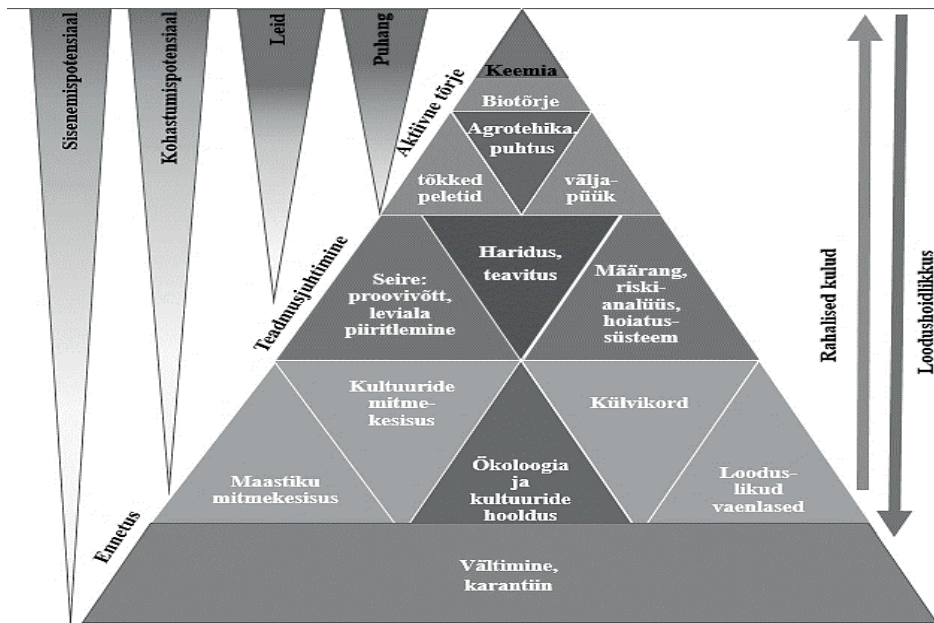
Karantiinimeetmetest ja piiratud levikukolletest väljunud puhangute loodusliku masslevi korral on ka varem tulnud jõuliselt levivate liikide puhul tühistada juba kehtivaid regulatsioone. Täna, kui eriseadused väljaspool looduskeskkonda sisuliselt ei keela võõrnälkjaliike levitada, on ostu-müügilepingu alusel võimalik juriidilisi vaidlusi lahendada vaid Võlaõigusseaduse alusel. Oletatavasti õiguskaitsesüsteemi kalliduse ja tõestamiskohustuse keerukuse tõttu pole teadaolevalt selliseid juhtumeid esinenud, vaid mõnel juhul on tarnija ja tarbija saanud saastunud taimede väljavahetamise osas kokkuleppele. Siiski pole selline taimede väljavahetamine kestlik lahendus. Ootele pandud istikutelt lahkuvad nälkjad öösel või vihmaga omatahtsi, hajuvad ja otsivad lähikonnas sobivad varjepaigad, kus saab alguse uus koloonia.

Et siiski saavutada mingigi kontroll invasiivsete võõrliikide leviku üle, tuleb esmajoonel keskenduda tähtsamate levikuteedega kaasnevate riskide maandamisele. Tõsiasi on see, et peamiseks võõrnälkjate levikuteeks meile on tahteväline *antropohooria* (inimlevi) rahvusvahelises kaubanduses liikuvate taimede ja taimsete saaduste kaubasaadetistega teistest Euroopa Liidu liikmesriikidest, nagu Holland, Saksamaa, Taani, Poola, Läti jne, nn kaupade vaba liikumine. Euroopa Liidu riikidest pärinevate invasiivsete võõrliikide lisamine ohtlike taimekahjustajate nimekirja ei ole tänases õigusruumis realistlik, nimekirja lisamata ei ole aga riiklik järelevalve teostatav. Ükski riiklik struktuur Eestis ei ole täna valmis invasiivsete võõrnälkjate tõrjumise funktsioone täiel määral enda kanda võtma.

Taimekaitseseaduse alusel oleks võimalik luua kontrollsüsteem teatavate kohalike taimekahjustajate puudumise ametlikuks kinnitamiseks nt kahjustajavabad alad (*Pest Free Areas* jt), eeldusel, et selline territoorium tervikuna (või teatav osa sellest) on piisavalt kohandatud liigi leviku takistamiseks, kahjustajate esinemise tuvastamiseks nt indikaatortaimede vm püüniste abil ning kehtiv kvaliteedisüsteem tagab tootmisliini, mis välistab kahjustaja sattumise tarbijani lõpp-produktiga. Seni, kui riiklikku kahjustajavaba kontrollisüsteemi invasiivsete nälkjate suhtes ei ole kehtestatud, lasub vastutus täielikult erasektoril. Seetõttu tuleks nälkjate invasiooni riski ja tõrjemeetmete kontrolli küsimused lülitada istutusmaterjali importija poolsete standardnõuetena kaubanduspartnerite vahelistesse läbirääkimistesse. Ohjamise eesmärgid võivad esialgu olla vastuolus ettevõtjate lühiajaliste ärihuvidega, aga toimivad pikaajaliste kasulike strateegiatena.

Taimekahjurina tegutsevad invasiivsed nälkjaliigid muutuvad kiiresti väga arvukaks, nii et populatsioonid säiluvad ka intensiivsete vastumeetmete rakendamise järel. Seetõttu tuleb mõista, et nende liikide kõige tõhusam ohjamismeetod on ennetus. Tuleb arvestada ka sellega, et isegi kui ühest aiaist õnnestub nad välja tõrjuda, siis on tõenäoline, et naabruses kohastunud isendid laiendavad mõne aja pärast oma levikuala vabadele pindadele. Vastavalt integreeritud taimekaitse põhimõtetele (joonis 1) võib ohjamismeetodid kõige üldisemalt jagada ennetavateks ehk preventiivseteks ning teadusjuhtimise ja aktiivse tõrje meetmeteks.





**Joonis 1.** Integreeritud taimekaitsestrateegiad võõrnälgjate tõrjes (Kruus jt, 2021)

Lühiajalise mõjuga meetmed võivad siiski aidata piirata ägedaid ründeid vastuvõtlikele kultuuridele. Näiteks esineb Luual aktiivne hispaania teeteo kolle alates 2016. aastast. Kohalike andmetel hävitati seal 2019. aastal ligikaudu 3600 isendit, aga aasta hiljem koguti neid juba u 20 000. Kui Keskkonnaameti vastloodud teokaardile esitati 2000. aastal Luua piirkonnast valdavalt juulis ja augustis 21 leidu, siis järgmisel kolmel aastal oli neid aga ainult vastavalt 2, 4 ja 3. Viimasel aastal on leitud kuni paarikümne isendilisi koldeid. Ühest küljest on ootuspärane, et teavituse ja tõrjekampaaniates osalejate aktiivsus ajapikku langeb, kuid oma osa oli kindlasti ka varasemate aastate massilisel ärakorjamisel. Samuti on viimastel aastatel olnud üldiselt kuivemad suved, nt Tartus sademete summaga keskmiselt 67–91% normist (meteo.physic.ut.ee; ilmateenistus.ee). Sajusemad perioodid soodustavad nälgjate arvukuse tõusu ja vastupidi. Et 2023. aasta juuli ja oktoober olid keskmisest suurema sajuhulgaga (nt Tartus vastavalt 130% ja 152% normist), peab uuel aastal valmis olema võõrnälgjate teema aktualiseerumiseks.

Integreeritud taimekaitse võti on tõhusate vastuabinõude rakendamine enne tugeva kahjustuse avaldumist. Seega tuleb uute invasiivsete võõrliikide lisandumisega kaasnevaid ohte taimekasvatustevõtetes teadvustada, et saaks asuda rakendama meetmeid oma territooriumi ja taimesaagi turvamiseks enne kahjuri-populatsiooni kontrollimatuks paisumist. Sama oluline on tõsta ka aiapidajate ja maaomanike teadlikkust võõrnälgjate ohtlikkusest. Mida varem ala hõivav kahjur avastatakse ja välja juuritakse, seda odavam lõppkokkuvõttes on tema tõrje.



Nälkjapuhangu aktiivsel tõrjel on peamisteks eesmärkideks:

- vähendada populatsiooni arvukust;
- takistada isendite sissetungi naabrusest ja vältida uusi invasioone;
- turgutada taimi tagades neile kahjustuse üleelamiseks parem tervis.

Selle saavutamiseks oleks kohane rakendada teadlikke ja kompleksseid üldisi agrotehnilisi ja fütosanitaarseid meetmeid, kaitsta oma taimi või territooriumit sobivate tõkete või peletitega ning rakendada massväljapüüki, mida vajadusel täiendada biotõrjega.

Maavaldajad saavad hoiduda nälkjaõrnade kultuuride kasvatamisest, nullida nälkjate varjevõimalusi intensiivsete mullaharimisvõtete, pinnase tallamise ja tihendamisega või püsikatete rajamisega. Eemaldades umbrohud, lõigatakse ära nälkjate toidubaas. Nälkjad võivad varjuda multši, taimejäänuste, langenud lehtede jm risu alla, siit ka aia korrashoiu soovitus. Saastumiskahtlase ala vaadeldavuse parandamiseks oleks soovitav eemaldada võsa ja lopsakad taimed. Spetsiaalsed nälkjakorjamise aktsioonid võivad olla tõhusad, kui neid planeeritakse koostöös naabritega, kohalikke olusid arvestades, niiske ilmaga ning atraktantide ja repellentide kaasabil. Massväljapüüke võib läbi viia ka spetsiaalsete püüniste abil (nälkjamatid, püünistaimed või teomajad). Leitud nälkjad tuleks kokku koguda ja hukata nt keeva veega üle valades, tulle visates või vähemalt labidasügavusse auku mattes. Samuti tuleb ohutuks muuta saastumiskahtlane taimne materjal ja substraat. Haljastusse võib valida eelistatult teada olevaid repellentseid või nälkjakinilaid kultuure.

Professionaalsed taimekasvatajad peaks tõrje hõlbustamiseks suurema kolde tuvastamisel oma tootmisala liigendama kahjustajavabaks, saastumiskahtlaseks ja puhvertsooniks. Töömahu vähendamiseks võib erinevad sektorid piirata tõkendite jt füüsikaliste, füüsikalise-keemiliste, elektriliste, biokeemiliste barjääride või kombineeritud tõketegega.

Tõhusate teotõrjevahendite kesine valik seab meid olukorda, kus nälkjatõrjeks on sobivaim kasutada biotõrje strateegiaid, mis tuginevad kahjurite toitumiseeljustega manipuleerimisele ja looduslike vaenlaste olemasolule (Barua jt, 2021). Peletitena saab kasutada söömapärssiva toimega taimeekstrakte, repellentseid vahevõi kõrvalkultuure, ka tõkatit jt repellentseid määrideid, mida saab kombineerida peleta-meelita kaitsestrateegiasse. Vaatamata pingutustele ei õnnestunud autoritel tigude tõrjeks mõeldud nematoodi *Phasmarhabditis hermafrodita* kommertslikku biotõrjevahendit Nemaslug® (BASF) seaduslikke kanaleid pidi Eestis kätte saada. Samuti on selle omahind põllumajandustootmises kasutamiseks ilmselt liiga kallis ja võimalik, et suurte võõrnäljaliikide puhul osutuks see preparaata ka ebatõhusaks (Vernavá jt, 2004; Barua jt, 2021). Nälkjate looduslike vaenlaste kiirenevat allakäiku on täheldatud mitmel pool maailmas. Kindlasti on üheks põhjuseks ka see, et uutel asualadel neil esialgu looduslikud vaenlased puuduvad või on nende arvukus madal. Looduslikke vaenlasi mõjutavad mitmed tegurid: ilmastik, agrotehnika, pestitsiidide kasutamine ja vahekultuuride kasvatamine (Vernavá jt, 2004). Eeldatavasti just ökosüsteemiteenuste puudujäägid uues areaalis on loonud eeldused nälkjate

masspaljunemiseks ja muutumiseks nuhtluseks nii inimasulates kui ka looduslikes elupaikades.

### Kokkuvõte ja järeldused

Invasiivsete võõrnälkjate levikule tuleb piir panna kohe esimeste leidude avaldamisel, enne probleemi eskaleerumist. Selleks on vaja saavutada paralleelselt kaks erinevat põhieesmärki:

- levikuteede kontrolli alla saamine, et vähendada kuni välistada liigi korduvaid invasioone;
- populatsioonide arvukuse mahasurumine ja hävitamine teadaolevates puhangukolletes.

Positiivne on see, et invasiivsete võõrnälkjate ohjamist hõlbustab terve hulk nende bioloogilisi iseärasusi:

- 1) suhteliselt pikk arengutsüklil, mistõttu iga enne sigimisperioodi hävitatud isend vähendab hilisemat potentsiaalset järglaskonda 100–400 indiviidi võrra;
- 2) aeglane liikumine (5–9 m/h, keskmiselt 3–8 m öö jooksul või < 50 m ööpäevas) võimaldab nad kinni püüda ja hävitada aktiivsete tõrjemeetmetega üldise tõrjekampaania käigus;
- 3) pinda mööda kulgev liikumisviis võimaldab kasutada piiratud territooriumi kaitseks nälkjabarjääre ja tõkendeid;
- 4) terav haistmismeel käivitab suunatud liikumise atraktiivse lõhnaobjekti suunas, seda saab rakendada massväljapüügil, nt õllepüünistega või püünistaimedega;
- 5) kaitsva koja puudumine teeb eriti noorjärgud looduslike vaenlaste (siilid, konnad ja kärnkonnad, maod, jooksiklased jt röövmardikad, rästad, sinikaelpardid, muskuspardid ja nende aretised) poolt haavatavaks.

Analüüsi tulemustest järeldasime, et ohjamist raskendavad invasiivsete võõrnälkjate introduksioonide (sissetoomiste) tahtmatu iseloom, nende peiduline eluviis, aga ka vastutuse hajumine erinevate täitevvõimu organite vahel, tõrjeks ohutute ja tõhusate preparaatide ning rahastusallikate puudumine ning seniste tegematajätmete tagajärgede kuhjumine.

### Tänuavaldused

Analüüsi rahastas Keskkonnaameti projekt nr L210002PKTE.

### Kasutatud kirjandus

- Barker, G.M. 2002. *Gastropod Pests in Pastoral Agriculture*. – *Molluscs as Crop Pests*. (ed.) G.M. Barker. CAB International, Wallingford, UK.
- Barua, A., Williams C.D., Ross, J.L. 2021. A Literature Review of Biological and Bio-Rational Control Strategies for Slugs: Current Research and Future Prospects. – *Insects* 12 (6), pp 541.

- Eesti teokaart. 2023. Keskkonnaamet.ee/elusloodus-looduskaitse/voorliigid <https://survey123.arcgis.com/share/f50da40017564ae28439e93aefc44159> (01.11.2023)
- IUCN. 2021. Geographic range. International Union for Conservation of Nature (IUCN) of Intern\* 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. <https://www.iucnredlist.org/> (15.02.2021)
- Kruus, E., Ploomi, A., Metspalu, L. 2021. Võõrnäikjaliikide ohjamiskava. Eesti Maaülikooli PKI taimetervise õppetool, 144 lk. (Keskkonnaametile üle antud 21.05.2021)
- Le Gall, M., Tooker, J. 2017. Developing ecologically based pest management programs for terrestrial molluscs in field and forage crops. – *Journal of Pest Science* 90, pp 825–838.
- Metspalu, L. 2008. Hispaania teetigu on tulnud, et jääda. – *Maakodu* 10, lk 68–71.
- Vernavá, M.N., Phillips-Aalten, P.M., Hughes, L.A., Rowcliffe, H., Wiltshire, C.W., Glen, D.M. 2004. Influences of preceding cover crops on slug damage and biological control using *Phasmarhabditis hermaphrodita*. – *Annals of Applied Biology* 145, pp 279–284.

# Hariliku varreleediku (*Ostrinia nubilalis*) esinemine ja kahjustused õlikanepil

Erkki Mäeorg, Peeter Lääniste, Olavi Kurina, Erki Õunap, Astrid Kännaste, Ülo Niinemets, Eve Runno-Paurson

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Mäeorg, E., Lääniste, P., Kurina, O., Õunap, E., Kännaste, A., Niinemets, Ü., Runno-Paurson, E. The occurrence and damage of European corn borer on industrial hemp. – *Agronomy* 2024.

Industrial hemp cultivation restarted in Estonia in mid 2000s and the hemp cultivation area has increased fast in recent years, but it is unknown to what extent hemp productivity can be curbed by widespread crop pests. Thus, the main aim of this study was to evaluate the presence and damage of hemp pests in northern Europe field conditions. A field trial with the hemp cultivars 'Finola' (2021) and 'Estica' (2022-2023) was established in Central Estonia (58° N, 26° E), and the plants were grown with different fertilizer types (complex fertilizer, ammonium nitrate), fertilization methods (at sowing/top dressing) and nitrogen rates (0-200 kg ha<sup>-1</sup>) and their effect on the European corn borer (ECB, *Ostrinia nubilalis*) damage was assessed. The *O. nubilalis* infestation increased with every observation date throughout the seasons until the harvest. The *O. nubilalis* damage was overall greater in 2022 and 2023 than in 2021, and the seed yield reduction reached to 120 kg ha<sup>-1</sup> (2022), indicating progressive increase in *O. nubilalis* damage. Fertilization rate strongly increased biomass and seed yields, but weakly reduced *O. nubilalis* infection. Estonia is one of the most important hemp-cultivation areas in Europe, and in northern conditions, the crop was previously considered to be relatively pest-free. The northward movement of crop infection by *O. nubilalis* implies that future hemp cultivation might need integrated *O. nubilalis* control practices adapted to site-specific agro-climatic conditions.

**Keywords:** European corn borer, oil hemp, damage, fertilization

## Sissejuhatus

Harilik varreleedik (*Ostrinia nubilalis*) on üks olulisemaid taimekahjureid maailmas. Arvatakse, et selle algsed peremeestaimed olid metsik humal ja metsik kanep (Nagy, 1976). Maailmas hinnatakse varreleediku poolt põhjustatud saagikadude väärtuseks ca üks miljard eurot (Bažok jt, 2020).

Harilik varreleedik on erakordselt polüfaagne kahjur, mis on levinud eelkõige maisil, kuid võib lisaks kahjustada enam kui 200 taimeliiki (Gaspers jt, 2010; Leppik, 2011; Bažok jt, 2020). Kahjur eelistab piisavalt suure varre läbimõõduga taimi, kuhu vastsed saaksid siseneda ning otsida toitumiseks sobivama temperatuuriga piirkond (Bourguet jt, 2000; Leppik, 2011, Keszthelyi jt, 2021). Maisi varreleediku levikut mõjutab peamiselt kliima, peremeestaimede ja looduslike vaenlaste levik ja arvukus (Trnka jt, 2007).

Peale maisi põhjustab varreleedik Euroopas olulist kahju ka kanepipõldudel (Grigoryev, 1998; Benelli jt, 2018; Park jt, 2019). Kanep on üldjuhul lamandumisele ja murdumisele väga vastupidav kultuur, kuid varreleedik puurib end varre sisse ja põhjustab nii kanepitaimede hävimise. On leitud, et madala õhuniiskuse juures kahjustavad vanemad kasvujärgud peamiselt kanepiõisikuid (Grigoryev, 1998). Kahjus-

tatud taimed on ka vastuvõtlikumad erinevatele seenhaigustele (Grigoryev, 1998). Maisi varreleedik põhjustab varte mädanemist, taimeosade närbumist või isegi varre murdumist.

Võrreldes teiste kultuurtaimedega peetakse kanepit suhteliselt kahjurivabaks, mille üheks põhjuseks võivad olla potentsiaalsed repellentse toimega kannabinoidsed või terpenoidsed ühendid (Dambolena jt, 2016). Hiljutised uuringud on näidanud, et kannabinoididerikkad ekstraktid on pestitsiidse toimega ning kaitsevad pritsitud taimi kahjurite rünnaku eest (Benelli jt, 2018; Park jt, 2019; Park jt, 2022).

Olulisemaid keskkonnategureid, mis mõjutab maisi varreleediku levikut ning nende ühe-, kahe- või mitme-põlvkonnaliste ökotüüpide levikut, on õhutemperatuur, niiskus ja toidu kättesaadavus (Zhukovskaya jt, 2022; Bažok jt, 2020). Varreleediku populatsioonide suurus ja tekitatav kahju on seotud monokultuuride kasvatamise, taimejäänuste põllule jätmise, kliima soojenemise ja eelkõige maisi kasvupinna laienemisega (Kozak jt, 2019; Enos jt, 2021).

Eestis on harilik varreleedik registreeritud kui loodusliku putukapopulatsiooni liik, kuid seni pole teda peetud oluliseks kahjuriks taimekasvatustes. Taimekasvatajate tähelepanekute alusel on varreleediku kahjustuste sagenemist maisipõldudel täheldatud paari viimase aasta jooksul. Kuigi õlikanepit kasvatatakse Eestis arvestatavas mahus (6826 ha, 2022, Eesti Statistikaamet), pole varreleediku kahjustusi kanepipõldudel varem märgatud. Veelgi enam, pole ka mujalt Põhja-Euroopast varasemaid andmeid varreleediku kahjustuste kohta kanepipõldudel. Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul märgati esmakordselt üksikuid varreleediku poolt kahjustatud taimi 2020. aasta sügisel. Sellest tulenevalt alustati 2021. aastast monitooringut kahjuri leviku ja kahjustuste osas, hindamaks selle mõju kanepikasvatusele. Uuringu eesmärgiks oli hinnata kasvatustehnoloogiate (väetise tüüp, kogus, väetusmeetod) mõju varreleediku levikule ning võimalikke saagikadusid.

## Materjal ja meetodika

### Katse kirjeldus

Maisi varreleediku kahjustusi hinnati 2021–2023 Eesti Maaülikooli kanepikatsepõldudel (58° 36' N, 26° 66' E). Põldkatse hõlmas erinevaid külvisenorme (20–40 kg ha<sup>-1</sup>), väetise tüüpe (kompleksväetis 17-4,6-10 S-Mg-B; ammoniumnitraat), väetusmeetodeid (külvil/pealtväetamine) ja lämmastikunorme (0–200 kg ha<sup>-1</sup>). Kasvatati õlikanepisorte 'Finola' (2021) ja 'Estica' (2022, 2023). Katselapi suurus oli 10 m<sup>2</sup> ja katses oli 3 kordust. Seemned koristati 28.09.2021, 25.09.2022 ja 12.09.2023. 2021. aastal hinnati varreleediku kahjustust kahel vaatlusel, 2022. aastal neljal ja 2023. aastal samuti kahel korral. Hariliku varreleediku kahjustusi hinnati nädalase vahega kahjustunud taimede arvuna katselapi kohta, alates kahjustuste ilmnemisest kuni koristuseni.

### Kahjuri molekulaarne identifitseerimine

Hariliku varreleediku vastse tagakeha viimasest osast ekstraheeriti DNA (*DNEasy Blood & Tissue Kit (Quiagen N.V., Venlo, Netherlands)*). A Sekvenceriti mitokondriaalse COI geeni standardne ribakoodi fraktsioon (658 bp) (Hebert jt, 2004), misjärel järgiti Öunap jt (2021) poolt kirjeldatud meetodit. Vastse identiteet verifitseeriti *Barcode of Life Data Systems* portaali abil (<http://www.boldsystems.org/index.php>).

### Andmete analüüs

Aastate ja aastasiseselt vaatluskordade vaheliste erinevuste hindamiseks kasutati dispersioonanalüüsi (Tukey *post-hoc* test) ning hinnati mõju suurust  $\eta_p^2$ . Väetisekooste, seemnesaagikuse ja taimeparameetrite vaheliste seoste hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsi. Maisi varreleediku kahjustusest tulenev biomassi- ja seemnesaagikuse vähenemine leiti arvutuslikult katselapi biomassi- ja seemnesaagikuse, katselapil kasvanud emastaimede arvu ja varreleediku poolt kahjustatud taimede arvu baasil.

### Tulemused ja arutelu

#### Varreleediku kahjustused erinevatel katseaastatel

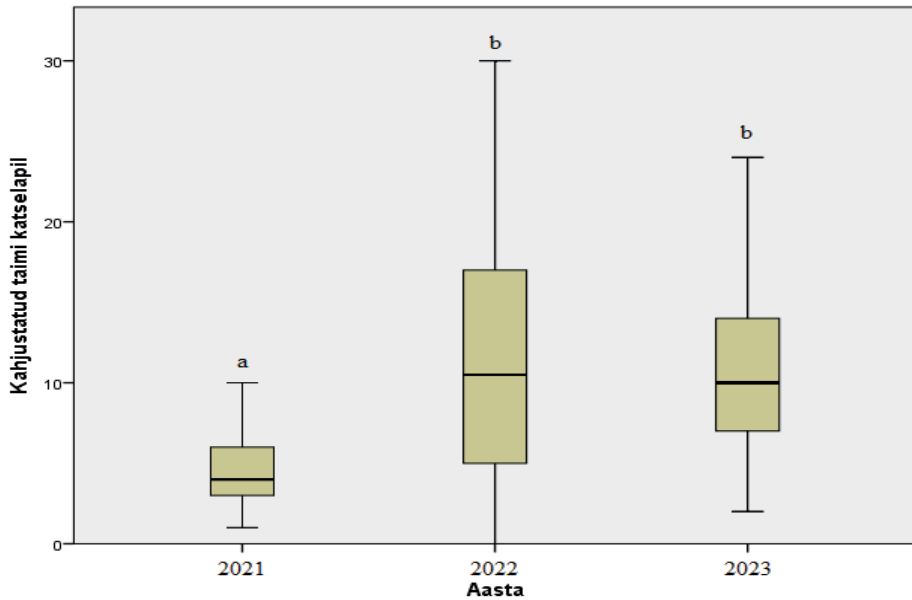
Varreleediku vastseid märgati esmakordselt Eesti Maaülikooli õlikanepi katsepõllul 2020. aastal, vastseid leiti vähe ja taimekahjustusi esines vaid ligikaudu 0,1% taimedel. Kanepitaimede ülemine osa oli nekrootiline ja pruun (joonis 1). Lisaks sellele olid kahjustatud varred muutunud pehmeks, nähtavate varreleediku sisenemisavade ning mõnedel juhtudel olid varred murdunud.



**Joonis 1.** Tüüpiline maisi varreleediku kahjustusega kanepitaim (a); varreleediku poolt uuristatud avaus (noolega tähistatud) kanepivarrel (b). Fotod: E. Runno-Paurson

Hariliku varreleediku poolt kahjustustatud taimede arv katselapi kohta (joonis 2) oli 2021. aastal  $4,45 \pm 0,23$ , 2022. a.  $11,3 \pm 0,7$  ja 2023. aastal  $10,9 \pm 0,8$ . 2021. aastal oli maisi varreleediku kahjustus katselapi kohta septembri alguses madalam kui

vahetult enne koristust (28. september) (ANOVA,  $F_{(1,106)}=12,80$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta_p^2=0,11$ ). Keskmine varreleediku poolt kahjustatud taimede arv esimesel ja viimasel vaatlusel oli vastavalt  $3,7\pm 0,28$  ja  $5,24\pm 0,34$ .



**Joonis 2.** Hariliku varreleediku poolt kahjustatud taimede arv katselapi kohta 2021–2023

Erinevad tähed (a, b) tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi rühmade vahel ( $p<0,001$ )

2022. kasvuaastal suurenes vaatlusperioodi jooksul samuti kahjustatud taimede arv katselapi kohta (ANOVA,  $F_{(3,102)}=37,93$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta_p^2=0,53$ ). Kahe viimase vaatluse (29. august ja 5. september) tulemused ei erinenud statistiliselt (Tukey *post-hoc* test). Keskmine varreleediku poolt kahjustatud taimede arv oli erinevatel vaatlustel vastavalt  $4,2\pm 0,51$ ,  $9,6\pm 1,05$ ,  $14,9\pm 0,97$  ja  $16,52\pm 1,02$ .

2023. aastal suurenes vaatlusperioodil kahjustatud taimede arv katselapi kohta (ANOVA,  $F_{(1,52)}=10,22$ ,  $p<0,005$ ,  $\eta_p^2=0,16$ ). Keskmine varreleediku poolt kahjustatud taimede arv oli erinevatel vaatlustel vastavalt  $8,52\pm 0,66$  ja  $13,33\pm 0,82$ .

Kolme katseaasta jooksul varieerus kanepi seemnesaagikus  $0,4$  kuni  $4,4$  t ha<sup>-1</sup> 2021. a.,  $0,6$ – $2,7$  t ha<sup>-1</sup> 2022. a. ja  $0,75$ – $2,15$  t ha<sup>-1</sup> 2023. aastal. Mõlema katses olnud sordi andmete puhul leiti, et seemnesaagikus oli tugevasti seotud Lämmastikväetise-normiga ( $r_p=0,59$ ,  $n=216$ ,  $p<0,001$ ).



**Tabel 1.** Korrelatsioonitabel maisi varreleediku kahjustuse, väetisenormide ja taimekasvuparameetrite vahel 2021. aastal

	1	2	3	4	5	6
<b>1 Kahjustatud taimede arv (m<sup>-2</sup>)</b>						
<b>2 Väetusnorm (kg N ha<sup>-1</sup>)</b>	-0.23*					
<b>3 Taimekõrgus (cm)</b>	0.02	-0.23*				
<b>4 Varrediaameeter (mm)</b>	0.04	-0.09	0.88**			
<b>5 Emastaimede arv (m<sup>-2</sup>)</b>	0.17	-0.20*	-0.17	-0.14		
<b>6 Seemnesaagikus (t ha<sup>-1</sup>)</b>	-0.12	0.13	0.70**	0.58**	0.07	
<b>7 Biomassisaagikus (t ha<sup>-1</sup>)</b>	-0.20*	0.51**	0.61**	0.54**	0.11	0.81**

*n*=108. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01

Hariliku varreleediku kahjustus oli negatiivses korrelatsioonis lämmastikväetise koguste ja biomassi saagikusega, kuid seosed olid pigem nõrgad (tabel 1). Samuti ei leitud varreleediku kahjustuse seoseid külvisenormide (20, 30, 40 kg seemet ha<sup>-1</sup>), taimede suuruse (taimekõrgus ja varrediaameeter) ega emastaimede arvuga katselapi kohta.

Varasemad uuringud on näidanud, et varreleedik eelistab suurema varre diaameetriga taimi (Small jt, 2007). Antud katses uuriti kanepitaimede varre diaameetrit vaid esimesel aastal (2021) ja seoseid kahjustuste suurusega ei leitud, kuid kahjuri leviku laienemise korral võib seda pidada oluliseks parameetriks, otsustamaks külvisenormide ja toitainekoguste üle. Maisi puhul on lisaks varre läbimõõdule leitud oluliste parameetritena ka rakuseina paksust ning rakuseina ksüloosi ja diferülaatesterite sisaldust, mis aitavad hinnata taimepoolseid kaitsemehhanisme maisi varreleediku kahjustuse vastu (Barros-Rios jt, 2011). Neid näitajaid tuleb edaspidi hinnata ka õlikanepil.

Mõlema uuritud sordi puhul ('Finola' ja 'Estica') oli seemnesaagikus tugevasti sõltuv lämmastikväetise kogusest. Kahjuri puhul on oluline hinnata ka võimalikku kahju seemnesaagikusele. Samas tuleb märkida, et kahjustatud taimede arvukus oli väga varieeruv (1-30 kahjustatud taime katselapi kohta), ja kahjuri mõju seemnesaagikusele oli suhteliselt väike, keskmiselt 12,3 kg ha<sup>-1</sup> (2021), 68,6 kg ha<sup>-1</sup> (2022) ja 45,0 kg ha<sup>-1</sup> (2023).

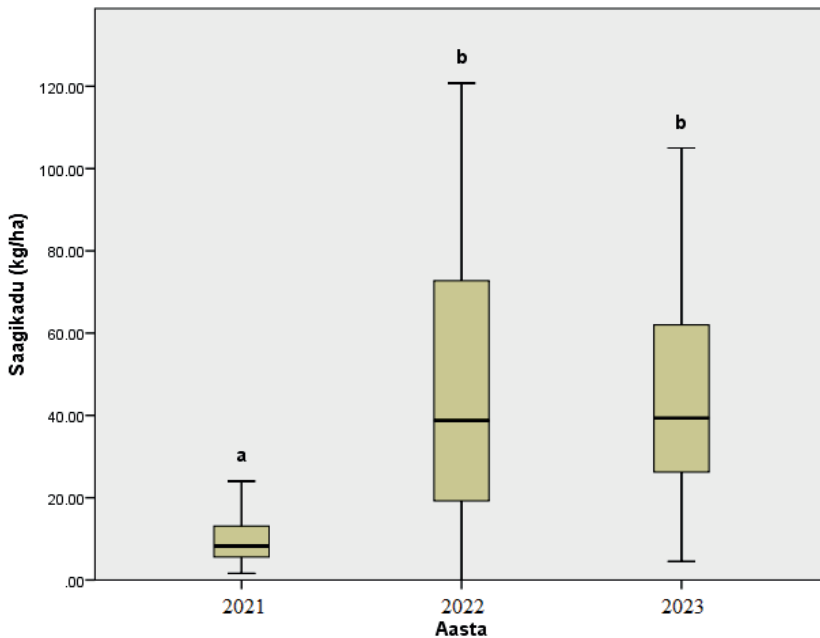
Olenevalt taimede kasvutihedusest, taimiku suurusest, varre läbimõõdust jt teguritest võib püstitada hüpoteese varreleediku eelistuste kohta munemiseks ja areneva vastse võime kohta kasutada peremeestaime toiduna. Eelduste kohaselt võiks kahjur eelistada tihedamaid suurema varrediaameetriga taimikuid. Varasemalt läbi viidud katses maisiga leiti, et suurim kahju tekitati varreleediku poolt kõrgema lämmastiknormiga väetatud taimedele (Sarajilić jt 2020). Meie katsetulemustest ilmnes, et kuigi lämmastikväetamine mõjutas oluliselt saagikust, polnud vähese kahjustuse korral kahjuri eelistus suurema biomassiga taimiku suhtes täheldatav. Phelan jt (1995) uurisid hariliku varreleediku liblika munemise mustreid tava- ja mahepõl-



dudel ning leidsid, et maheviljeluses oli see stabiilselt madal. Lisaks leiti, et mune-mise eelistus ei korreleerunud taime biomassi suurusega, mis viitab sellele, et mulla mikrobioloogilise mitmekesisuse puhverdav toime võib oluliselt mõjutada taimede vastuvõtlikkust/vastupanuvõimet kahjuritele, ilma saagikust kompromiteerimata (Phelan jt, 1995).

### Kahjurist tingitud saagikuse vähenemine

Putukkahjustusest tulenev seemnesaagikuse vähenemine (joonis 3) oli suhteliselt madal. 2021. aastal vähenes saagikus keskmiselt ( $\pm$  standardviga)  $12,3 \pm 0,15$  kg ha<sup>-1</sup> ( $0,77 \pm 0,05\%$  kogusaagikusest),  $68,6 \pm 1,07$  kg ha<sup>-1</sup> ( $4,1 \pm 0,2\%$  kogusaagikusest) 2022. aastal ja  $45,0 \pm 3,65$  kg ha<sup>-1</sup> ( $2,7 \pm 0,2\%$  kogusaagikusest). Suurim seemnesaagikuse vähenemine ühel katselapil oli 120 kg ha<sup>-1</sup> ( $7,1 \pm 0,4\%$  kogusaagikusest). Suurim biomassi saagikuse vähenemine leiti 2021.a, ( $0,92 \pm 0,65$  t ha<sup>-1</sup>).



**Joonis 3.** Seemnesaagikuse vähenemine (kg ha<sup>-1</sup>, varreleediku poolt kahjustatud taimede arvu põhjal) aastatel 2021–2023; Erinevad tähed (a, b) näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi rühmade vahel ( $F_{(2,267)}=72,23$ ,  $p<0.001$ )

Hariliku varreleediku peamine peremeestaim on mais, kus oluliste kahjustuste korral on täheldatud seemnesaagikuse vähenemist kuni 25% (Tiwari jt, 2009). Kahjustuse määr sõltub peamiselt vastsete arvust taime kohta ning arvestuslikult vähendab ühe vastse esinemine taimel seemnesaagikust 3-5%. Varreleedik võib kahjustada ka siloks kasvatatava maisi biomassi saagikust. Meie katses seemneka-nepiga oli kahjuri põhjustatud biomassi- ja seemnesaagikuse vähenemine seni suhteliselt tagasihoidlik, kuid kahjuri leviku kasv uuritud aastate jooksul (154% võrra)

on tähelepanu vääriv ning kahjuri kontrollimiseks tuleks kaaluda integreeritud tõrjemetodite väljatöötamist. Veelgi enam, kahjustatud kanepitaimede lamandumine ja murdumine suurendab ilmselt saagikadusid, kuna reaalses tootmistingimustes takistab see oluliselt mehaanilist koristust.

### **Hariliku varreleediku leviala laienemine**

Üks varasem uuring varreleediku võimaliku põhjasuunalise laienemise kohta näitas, et selle kahjuri leviku põhjapiiriks Euroopas võiks olla 58°N (Keszthelyi jt, 2020), mis jääb täpselt Lõuna-Eesti laiuskraadile. Kuigi entomoloogiliste monitooringute käigus on varreleedikut leitud looduses ka laiuskraadilt kuni 63°N (GBIF.org, 2023), pole selle agronoomilist kahju ega olulisust seni nii kaugel põhjas teaduskirjanduses kirjeldatud. Antud putukkahjuri erinevate ökotüüpide põhjasuunaline levik võib põhjustada maisi- ja kanepikasvatases tõsisid probleeme (Keszthelyi jt, 2020). Meie kliimas on seni peetud võimalikuks vaid ühe põlvkonnaga ökotüüpi, kuigi vastavaid uuringuid pole läbi viidud.

### **Kokkuvõte**

Polüfaagne kahjur harilik varreleedik on oluline maisi, kuid ka kanepi kahjur. Eestis on teda seni peetud lihtsalt loodusliku fauna osaks, millel puudub agronoomiliselt oluline negatiivne mõju. Pärast esmakordset varreleediku avastamist 2020. a. augustis Eerika katsepõllult, alustati järgmistel katseaastatel uuringuid, hindamaks kahjuri võimalikku kahjulikku mõju õlikanepi saagikusele meie kliimatingimustes. Meie uuringu tulemuse näitasid, et kahjustus suurenes nii kasvuaasta sees kui ka aastate lõikes. Uuringu tulemusena võib väita, et kahjur suudab meie piirkonnas edukalt talvituda (mullas või taimejäänustel) ning kanep sobib peremeestaimena nii muneamiseks kui ka toiduks.

Eeldades, et hariliku varreleediku populatsioon võib laieneda kuni 40 km aastas, siis suurenev loomasöödaks kasvatatava maisi ja seemneks kasvatatava kanepi pindala koos kliimamuutustest tingitud kõrgemate õhutemperatuuridega Baltimaade regioonis loovad head tingimused varreleediku põhjasuunalisele levikule. Põhjapoolse levikuga võib kaasned ka kahjuri polüfaagse loomuse avaldumine. Kuna Eesti on Euroopa üks suurimaid kanepikasvatuspriirkondi, võib varasemalt kahjuritest puutumata kultuurliigi puhul tulevikus olla vajalik iga-aastane olukorra monitoorimine ning kohaspetsiifilistele agrokliimatilistele tingimustele vastavate integreeritud tõrjemetodite väljatöötamine.

### **Tänuavaldused**

Uuringut toetati Euroopa Regionaalarengu Fond tippkeskuse EcolChange „Gloobalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes“ ja Eesti Teadusagentuur tippkeskuse AgroCropFuture TK200 „Agroökoloogia ja uued kultuurid tulevikukliimas“, TK200) ja Eesti Maaülikooli baasrahastuse projekti P190259PKTT toel. Kasutati seadmeid projekti AnaEE Estonia Project (2014–2020.4.01.20-0285)

ja “Plant Biology Infrastructure-TAIM” (2014–2020.4.01.20-0282) ja „Plant Biology Infrastructure – TAIM“, (ETAG, TT5) ja ETF grant PRG741.

### Kasutatud kirjandus

- Barros-Rios, J., Malvar, R.A., Jung, H.J., Santiago, R. 2011. Cell wall composition as a maize defense mechanism against corn borers. *Phytochem* 72(4-5): 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.004>
- Bažok, R., Pejic, I., Cacija, M., Viric Gašparic, H., Lemic, D., Drmic, Z., Kadoic Balaško, M. 2020. Weather conditions and maturity group impacts on the infestation of first generation European corn borers in maize hybrids in Croatia. *Plants* 9:1387. <https://doi.org/10.3390/plants9101387>
- Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., Fiorini, D. 2018. The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Ind Crops Prod* 122:308–15. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.032>
- Bourguet, D., Bethenod, M.-T., Trouvé, C., Viard, F. 2000. Host-plant diversity of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*: what value for sustainable transgenic insecticidal Bt maize? *Proc Biol Sci* 267:1177–1184
- Dambolena, J.S., Zunino, M.P., Herrera, J.M., Pizzolitto, R.P., Areco, V.A., Zygadlo, J.A. 2016. Terpenes: natural products for controlling insects of importance to human health - a structure-activity relationship study. *Psyche* 2016:4595823. <https://doi.org/10.1155/2016/4595823>
- Eesti Statistikaamet, 2023 (<https://andmed.stat.ee/et/stat>)
- Enos, A.N., Kozak, G.M. 2021. Elevated temperature increases reproductive investment in less preferred mates in the invasive European corn borer moth. *Ecol Evol* 11:12064–12074. <https://doi.org/10.1002/ece3.7972>
- Gaspers, C., Schuphan, I. 2010. The European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.), its susceptibility to the Bt-toxin Cry1F, its pheromone races and its gene flow in Europe in view of an insect resistance management. PhD Thesis. Available online: <http://publications.rwth-aachen.de/record/229060/files/3341.pdf>. Accessed 15.02.2023
- GBIF.org, *GBIF Home Page*. Available from: <https://www.gbif.org> [13 March 2023]
- Grigoryev, S.V. 1998. Survey of the VIR Cannabis collection: resistance of accessions to corn stem borer (*Ostrinia nubilalis* Hb.). *J Ind Hemp* 5(2):72–74
- Hebert, P.D., Penton, E.H., Burns, J.M., Janzen, D.H., Hallwachs, W. 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proc Natl Acad Sci* 101:14812–14817. <https://doi.org/10.1073/pnas.0406166101>
- Keszthelyi, S., Somfalvi-Toth, K. 2020. Calculating the theoretical expansion of European corn borer ecotypes in Europe and North-America using biological constants and abiotic conditions. *North West J Zool* 6(2):111–116
- Keszthelyi, S., Binder, A., Csóka, Á., Pónya, Z., Donkó, T. 2021. Computer tomography-assisted visualization of the movement triggered by frost in *Ostrinia nubilalis* overwintering in maize stalks. *Physiological Entomology*, 46.
- Kozak, G.M., Wadsworth, C.B., Kahne, S.C., Bogdanowicz, S.M., Harrison, R.G., Coates, B.S., Dopman, E.B. 2019. Genomic basis of circannual rhythm in the European corn borer moth. *Curr Biol* 29:3501–3509. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.053>

- Leppik, E. 2011. Reproductive isolation and host plant specialization in European corn borer pheromone strains. PhD thesis, Animal biology. Université Paris Sud - Paris XI, 2011
- Nagy, B. 1976. Host selection of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) populations in Hungary. Symposium Biologica Hungarica 16:191–195
- Parisi, B., Ranalli, P. 2000. The European corn borer: could be a constraint for the revival of hemp? Inf Fitopatol 50(4):5–12
- Park, S.-H., Staples, S.K., Gostin, E.L., Smith, J.P., Vigil, J.J., Seifried, D. 2019. Contrasting roles of cannabidiol as an insecticide and rescuing agent for ethanol-induced death in the tobacco hornworm *Manduca sexta*. Sci Rep 9(1):10481. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47017-7>
- Park, S.-H., Pauli, C.S., Gostin, E.L., Staples, S.K., Seifried, D., Kinney, C., Vanden Heuvel, B.D. 2022. Effects of short-term environmental stresses on the onset of cannabinoid production in young immature flowers of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). J Cannabis Res 4:1. <https://doi.org/10.1186/s42238-021-00111-y>
- Phelan, P.L., Mason, J.F., Stinner, B.R. 1995. Soil-fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner), on *Zea mays* L.: A comparison of organic and conventional chemical farming. Agric Ecosyst Environ 56(1):1–8. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(95\)00640-0](https://doi.org/10.1016/0167-8809(95)00640-0).
- Sarajlić, A., Raspudić, E., Lončarić, Z., Josipović, M., Majić, I. 2020. The role of irrigation and nitrogen fertilization on the feeding behavior of European corn borer. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.92598>
- Small, E., Marcus, D., Butler, G., McElroy, A.R. 2007. Apparent Increase in Biomass and Seed Productivity in Hemp (*Cannabis sativa*) Resulting from Branch Proliferation Caused by the European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis*), J Ind Hemp 12(1):15–26. [https://doi.org/10.1300/J237v12n01\\_03](https://doi.org/10.1300/J237v12n01_03).
- Tiwari, S., Youngman, R.R., Laub, C.A., Brewster, C.C., Jordan, T.A., Teutsch, C. 2009. European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) infestation level and plant growth stage on whole-plant corn yield grown for silage in Virginia. J Econ Entomol 102(6):2146–2153. <https://doi.org/10.1603/029.102.0618>
- Trnka, M., Muška, F., Semerádová, D., Dubrovský, M., Kocmánková, E., Žalud, Z. 2007. European Corn Borer life stage model: Regional estimates of pest development and spatial distribution under present and future climate. Ecological Modelling, Elsevier, vol. 207(2), pages 61-84.
- Zhukovskaya, M.I., Frolov, A.N. 2022. Alternative evolutionary strategies and tactics used by polyphagous insect to inhabit agricultural environment: *Ostrinia nubilalis* as a case. Front Ecol Evol 10:1007532. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.1007532>
- Õunap, E., Choi, S.-W., Matov, A., Tammaru, T. 2021. Description of *Nola estonica* sp. nov., with comparison to *N. aerugula* and *N. atomosa* stat. rev. (Lepidoptera, Nolidae, Nolinae). Zootaxa 5082:401–424. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5082.5.1>

# Aiandus

Horticulture

# Osoneeritud vee ja fungitsiididega pritsimise mõju viinapuude (*Vitis* spp.) saagi kvaliteedile

Mariana Maante-Kuljus<sup>1</sup>, Kaire Loit<sup>1</sup>, Reelika Rätsep<sup>1,2</sup>, Kadri Karp<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, <sup>2</sup>Polli Aiandusuuringute Keskus

**Abstract.** Maante-Kuljus, M., Loit, K., Rätsep, R., Karp, K. 2024. Effect of spraying grapevines with ozonated water and fungicides on grapevine (*Vitis* spp.) yield quality. – *Agronomy* 2024.

Increasingly, more environmentally friendly methods are being sought to control various diseases. The aim of the current research was to determine the effect of ozonated water and fungicides on the spread of powdery mildew in open field condition on the cultivar ‘Hasanski Sladki’ berries and their biochemical composition. The prevalence of grape powdery mildew in the ‘Hasanski Sladki’ clusters was higher in the control treatment and lowest in the treatment where fungicides were used. The ozonated water treatment showed a statistically significant impact on grapevine powdery mildew infection compared to the untreated control. However, a large part of the crop was damaged and therefore it is still recommended to use fungicides in the production of grapes. Spraying with ozonated water significantly affected the total phenolic content in grapes. It was significantly lower in ozonated water treatment. On the other hand, ozonated water treatment significantly increased the antioxidative activity in grapes.

**Keywords:** ‘Hasanski Sladki’, *Erysiphe necator*, total phenolic content, antioxidative activity

## Sissejuhatus

Regionaal- ja Põllumajandusministeeriumi ettepanekul kuulub Eesti Euroopa Liidu põhjapoolseimasse viinamarjakasvatusevööndisse A alates 2021. aasta detsembrist. Euroopa viinamarjakasvatuse vööndid (A–C) erinevad kliima, viinamarjakasvatust ja veiniproduktide reguleerivate seaduste poolest. Lisaks Eestile kuuluvad vööndisse A Leedu, suurem osa Saksamaast, Luksemburgi, Belgia, Taani, Iirimaa, Madalamaade, Poola, Rootsi ja Ühendkuningriigi ning Tšehhi Vabariik Čechy viinamarjakasvatusepiirkonnad. Põllumajandustoodete ühise turukorralduse määruse järgi võib veiniks nimetada värskete purustatud või purustamata viinamarjade või viinamarjavirde täielikult või osaliselt käärinisel saadud jooki. Oluliseks nõudeks on sordivalik, sest veiniks võib kasutada ainult liigi *Vitis vinifera* või *Vitis vinifera* ja teiste perekonna *Vitis* liikide ristandite vilju. Viimasel kolmel aastal on ühes aastast registreeritud 11 kuni 15 veini 11-lt tootjalt (Riiklik Alkoholiregister). Suuremad veiniproduktid Eestis on Muhu Veinitalu OÜ, Järste veinitalu OÜ, Murimäe Vein OÜ ja Veinimäe OÜ, kes toodavad veini oma tootmisistandikus kasvatatud viinapuude saagist. Domineerivateks veinisortideks on tumedad sordid ‘Regent’, ‘Rondo’, ‘Zilga’ ja ‘Hasanski Sladki’, millest on tehtud ka roosat veini (pole kääritatud kestadega). Heledatest veinisortidest on levinuim ‘Solaris’.

Viinapuud on vastuvõtlikud paljudele seenhaigustele ja kahjuritele, mis võivad põhjustada märkimisväärset majanduslikku kahju, veini kvaliteedi halvenemist ja ebasoovitavaid sensoorseid omadusi (Dumitriu jt, 2021). Seda tendentsi on viinapuudel täheldatud viimasel kümnel aastal ka Eestis. Haiguskindlus sõltub sordiomadustest ja haigustele vastuvõtlikumateks peetakse hariliku viinapuu (*Vitis vinifera*)

sorte, kuid Eestis on ilmnenud probleeme ka hübriidsortidega (Karp, 2022). Viinapuu-jahukaste (*Erysiphe necator*) on enamikus maailma viinamarjakasvatuse piirkondades üks levinuim haigus (Bois jt, 2017). Haiguse tunnuseks on lehtedel, rohelistel võrsetel ja marjadel arenev valkjas jahutaoline kirme, mis tumeneb haiguse edenedes (Ellis, 2016). Võrsete ja lehtede kahjustused vähendavad fotosünteesilist aktiivsust ja taimede jaoks vajalike suhkrute tootmist ning viljade kvaliteeti. Viinapuude elujõulisus ja tootlikkus võivad väheneda mitu hooaega pärast tugevat haiguse levikut (Pests and diseases, 2010). Isegi haiguse madal tase võib veini kvaliteeti negatiivselt mõjutada (Kunova jt, 2021). Haiguse levik algab kevadel, kui õhutemperatuur on üle 10 °C (Pests and diseases, 2010). Optimaalseks levimise temperatuuriks on 20–25 °C ja niiskemas (40–100%) õhus, samuti ka põuasel suvel, kui öösel on soe (20 °C) ja niiske (Ellis, 2016). Kriitilisem aeg levimiseks on enne õitsemist ja 3–4 nädalat pärast õitsemist.

Kaasaegsed fungitsiidid, mida kasutatakse vastavalt ilmastikupõhiste prognoosidele, võivad tõhusalt vältida võimalikku kahju (Pests and diseases, 2010). Haiguste leviku pidurdamiseks on olulisteks võteteks ilmastikuolude ja viinapuude seisukorra jälgimine, nakkuse sümptomite määramine ja haigustsüklite tundmine. Erinevate haiguste tõrjevajaduse hindamise võimalused on olemas Metose ilmajaamal, mis põhineb Bulgeri mudelil. Bulgeri mudel kasutab sisendmuutujatena lehepinna niiskust ja temperatuuri, mida saab kasutada haiguse prognoosimissüsteemis fungitsiidide kasutamise ajastamiseks ning see vähendab oluliselt pritsimiste arvu haiguse üle kontrolli kaotamata (MacKenzie, Peres, 2012). Viinapuu-jahukaste riski prognoosimise mudel arvutab välja, kui soodsad on perioodid nakatumisohu jaoks (Rasiukeviäitü jt, 2013).

Viinapuu-jahukaste leviku pidurdamise üheks alternatiiviks on katsetatud osoneeritud veega pritsimist (García-Martínez jt, 2020). Osoneeritud vesi on kasutusele võetud fütoanitaarse töötlusvahendina haiguste tõrjeks olukorras, kus keemiliste taimekaitsevahendite kasutamise vähendamine on muutunud hädavajalikuks (Campayo jt, 2020). Näiteks kasutatakse osooni laialdaselt põllumajandus- ja toiduainetööstuses peamiselt desinfitseeriva vahendina (Modesti jt, 2021). On ka selgunud, et osooniga kokkupuutel vallandub elavates kudedes indutseeritud oksüdatiivne stress ja seetõttu suureneb antioksidantide ja stressiga seotud sekundaarsete metaboliitide tootmine. Osooni oksüdatsioonireduktsioonipotentsiaal on 2,07 V, mis teeb sellest oksüdeeriva aine ja mis suudab inaktiveerida baktereid, seeni, viirusi, algloomi, sealhulgas bakterite ja seente spoore (Khadre jt, 2006). Osoon on ebastabiilne ja laguneb iseeneslikult hapnikuks lühikese aja jooksul ja seetõttu peetakse osooni keskkonnasõbralikuks. Siiski on praegu vähe teavet osoneeritud veega pritsimise mõju kohta viinapuude füsioloogiale ja ainevahetusele (Campayo jt, 2021).

Lähtudes eelnevast püstitati hüpotees, et osoneeritud veega pritsimise mõjul väheneb viinapuu-jahukaste levik ning see mõjutab ka oluliselt bioaktiivsete ühendite sisaldust viinamarjades. Senised katsed on läbi viidud *Vitis vinifera* sortidega, kuid pole andmeid selle mõju kohta liikide vahelistele hübriidsortidele. Käesoleva uuringu eesmärgiks oli välja selgitada viinapuude osoneeritud veega ja fungitsiidi-



dega pritsimise mõju viinapuu-jahukaste levikule avamaal hübriidsordi 'Hasanski Sladki' marjadele ning nende biokeemilisele koostisele.

## Materjal ja meetodika

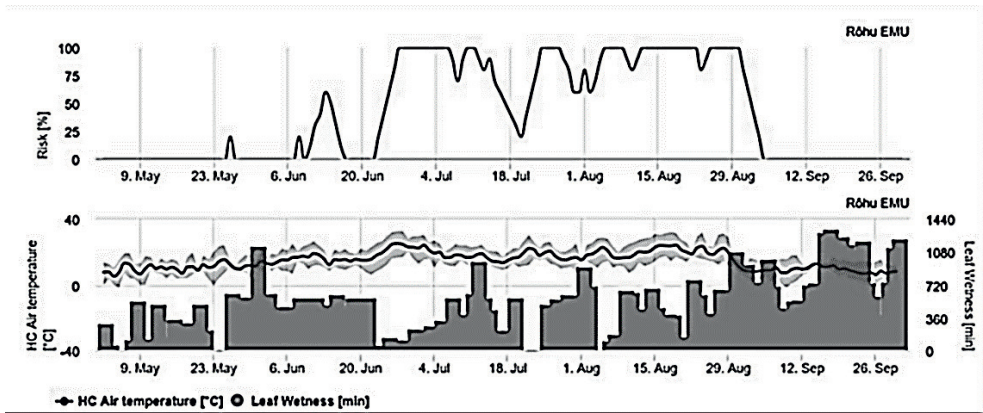
Katse viidi läbi 2022. aasta suvel Eesti Maaülikooli Rõhu katseaia avamaaistandikus Tartumaal. Katseistandik rajati 2007. aastal *in vitro* paljundatud viinapuu istikutega skeemiga  $2 \times 2,5$  m ja taimeread on põhja-lõuna suunalised. Kogu katseala oli kaetud peenravaibaga. Katsealal ei kasutatud väetamist ega niisutamist. Viinapuud olid madala tüvega, mille võralõikusel kasutati lühikest lõikust. Katses oli vaatluse all sort 'Hasanski Sladki' (*Vitis amurensis* × 'Dalnevostochnyi Tikhonova'), mis pärineb Ukrainast (VIVC). Sordi marjad on väikesed ja sinised. Katseaastal oli pungade puhkemine mai teises pooles ja õitsemine 27.06 kuni 1.07. Marjade värvumise alguses eemaldati lehed vilikondade ümbert (14.07.). Võrseid harvendati kolmel korral (2.06, 17.06 ja 1.07) ja kuni 19.08 toimus ennakvõrsete kärpimine igal nädalal. Võrgud paigaldati marjade kaitseks 19.08 ja saak korjati 16.09.

Katse korraldati kolme variandiga neljas korduses ja igas korduses oli kaheksa viinapuud. Kontrollvariandi (K) taimed pritsiti enne pungade puhkemist (5.05) Bordoo lahusega (10% lupja ja 2% vasksulfaati). Taimekaitse (TK) variandis pritsiti taimi enne pungade puhkemist Bordoo lahusega. Teine pritsimine tehti vasksulfaadiga (1%) enne õitsemist ja kolmas ning neljas pritsimine pärast õitsemist fungitsiidiga Topas 100 EC (toimeaine penkonasool) (vastavalt 15.07 ja 29.07). Osoneeritud veega pritsimise variandis (O<sub>3</sub>) pritsiti pärast õitsemist marjade moodustumise faasis kolmel korral (6.07, 11.07 ja 15.07). Pritsimiseks kasutati Nano osooni pihustit mudel DPS-BP/W-801, mis on portatiivne osonaator. Pihusti toodab kraaniveest osoneeritud vett kontsentratsiooniga kuni 1 ppm (Deposon).

Viinapuu-jahukaste leviku riski hindamiseks kasutati Metose ilmajaama Bulgeri mudelit (joonis 1). Kevadel, kui keskmine temperatuur oli normist jahedam ja sademeid tavapärasest oluliselt vähem, siis oli ka haiguse leviku risk madalam. Suvi oli aga erakordselt soe ja kuigi sademeid oli normist vähem, püsis jahukaste leviku risk terve vegetatsiooni perioodi kõrge. Lehepinna niiskuse andmetest on näha, et see oli kõrgeim mai ja juuni kuus ning suurenes märgatavalt augusti teisest poolest kuni septembri lõpuni. Viinapuu-jahukaste esinemist hinnati visuaalselt väliste tunnuste põhjal 9 pallilise hindamisskaala järgi (1 – haigustunnused puuduvad, 9 – haigustunnused kõigil marjadel ja vilikonna vartel).

Fenoolide üldsisaldus ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) viinamarjade kestadest määrati Folin-Ciocalteu meetodil spektrofotomeetiga lainepikkusel 765 nm. Üldfenoolide sisaldus arvu-tati kalibratsioonigraafiku alusel gallushappele, arvestatuna 100 g värske materjali kohta. Antioksüdatiivne aktiivsus määrati DPPH meetodil katseproovide ja võrdlusaluse hindamisel 515 nm lainepikkusel spektrofotomeetriga. Tulemused näitasid, mitu protsenti DPPH radikaalidest suudeti neutraliseerida. Analüüsid tehti kolmes korduses ja korduses 200 g marju.



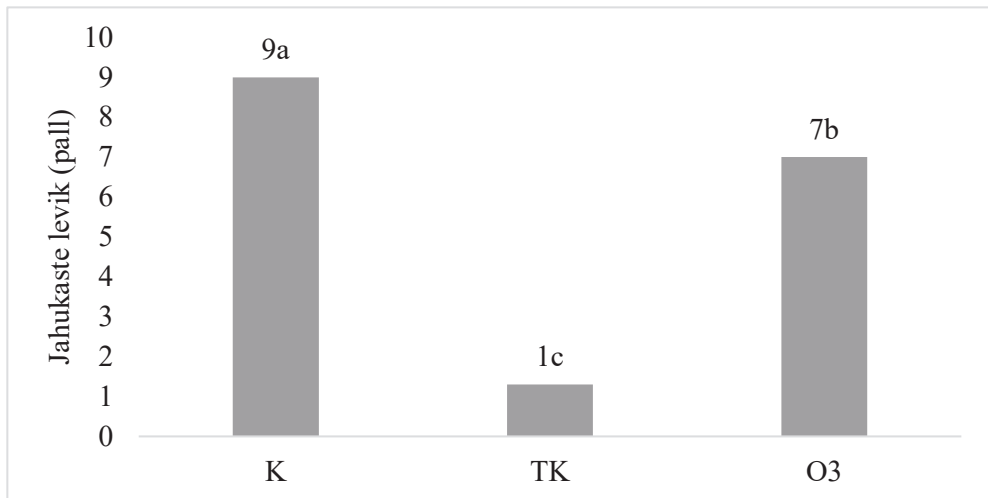


**Joonis 1.** Viinapuu-jahukaste leviku tingimused Rõhul paikneva Metos ilmajaama andmetel 2022. aastal: ööpäeva keskmine temperatuur, lehe niiskus (min) ja haiguste leviku risk (%).

Katsetulemuste statistilisel analüüsil kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi. Katsevariantide vahelise erinevuse hindamiseks arvutati piirdiferents (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Joonistel on toodud tulemused korduste keskmisena ja statistiliselt oluliselt erinevad variandid on tähistatud erinevate tähtedega.

### Tulemused ja arutelu

Viinapuu-jahukaste levik oli statistiliselt oluliselt erinev katsevariantide vahel (joonis 2). K variandis esinesid haigustunnused nii marjadel kui ka vilikonna vartel (9 palli). Statistiliselt oluliselt vähendas viinapuu-jahukaste



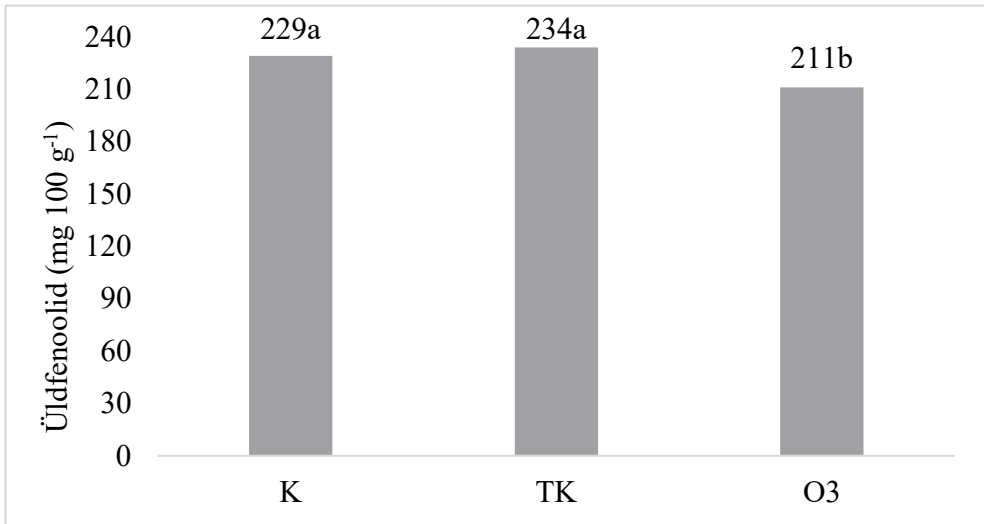
**Joonis 2.** Viinapuu-jahukaste levik (pall) avamaal sordi 'Hasanski Sladki' marjadel sõltuvalt taimekaitsest. K – kontroll, TK – pritsitud fungitsiididega (Bordoo, vasksulfaat, Topas), O<sub>3</sub> – pritsitud osoneeritud veega. Erinevad tähed joonistel näitavad variantide vahelist erinevust (PD95%=1)

levikut taimede pritsimine  $O_3$ -ga ja fungitsiididega.  $O_3$ -ga pritsitud viinapuudel oli aga siiski suur osa saagist kahjustatud, ja mis oli seitse korda kõrgem kui fungitsiididega töödeldud taimedel.

Katseaastal kahjustas oluliselt saaki viinapuu-jahukaste, mille levikuks olid METOS ilmajaama haiguste prognoosi järgi soodsad tingimused. Viinapuu-jahukaste leviku riski mõjutavad temperatuur, suhteline niiskus ja selle kestvus. Optimaalsed tingimused haiguse arenguks on temperatuur vahemikus 20–25 °C järgi, vaba vee olemasolu lehe pinnal ja kõrge õhuniiskus (Ellis, 2016). Soodustavalt mõjuvad ka järsud temperatuurimuutused: kuumad päevad ja külmad ööd ning kuumalained. 2022. aasta mais oli ülekaalus aastate keskmisest jahedam ilm ja esines veel ka öökülmasid. Viinapuu-jahukaste levikut soodustas 2022. aasta suveperioodil esinenud kuumalained, kus õhutemperatuur oli 27 °C ja kuumalaine kestus kuni 8 päeva. Esines ka troopilisi öid, kus õhutemperatuur ei langenud alla 20 °C. Vastavalt kirjandusele on taimejäänustel kotteoste levikuks ja idanemiseks tarvis vaba vee olemasolu taimelehtede pinnal ning kõrget õhuniiskust (Lu jt, 2020). Eesti keskmisena oli suvine sademete hulk 158 mm, mis oli 72% normist (norm 218 mm) (Ilmateenistus). Oluline roll seene levikul ja taime nakatumisel on nii makro- kui mikrokliimaatilised tingimused ning taime vastuvõtlikkus haigusele. Pärast 29. augustit langes ööpäeva keskmine õhutemperatuur ja viinapuu-jahukaste leviku risk vähenes. Mida kauem kestab niiske periood ja mida kõrgem on õhutemperatuur, seda kõrgem on nakatumisoht.

Taimekaitse preparaadidel oli oluline haiguse levikut vähendav mõju. Viinapuu-jahukaste levik algas lehtedel K ja  $O_3$  variantides juba juuli kuus rohelistel marjadel ja seetõttu olid rohkem nakatunud ka nende variantide marjad. Modesti jt (2019) uuringud näitasid, et  $O_3$  veega töötlemine tagas mikroorganismide populatsiooni osalise kontrolli seente osas ja see leidis kinnitust ka antud katses. Fungitsiididega pritsitud taimedel levis haigus hiljem ja marjade ümbert lehtede eemaldamine pidurdas haiguse levikut marjadele.

Üldfenoolide sisaldus jäi katses vahemikku 211–234 mg 100 g<sup>-1</sup> (joonis 3). Võrreldes K ja TK variantidega oli statistiliselt oluline mõju ainult  $O_3$ -ga pritsimisel, mis vähendas oluliselt üldfenoolide sisaldust (211 mg 100 g<sup>-1</sup>).  $O_3$  veega pritsimise variandi viinamarjades oli oluliselt väiksem üldfenoolide sisaldus, võrreldes teiste katsevariantidega. Üldfenoolide sisaldust taimes mõjutavad mitmed tegurid: keskkond (nt päikesevalgus, mullatüüp), kasvutingimused, vilja küpsus saagikoristuse ajal ja sort (Tazzini, 2014). On selgunud, et oluline mõju on ka  $O_3$  töötlusel, mis mõjutab oluliselt bioaktiivsete ühendite sisaldust viinamarjades (Modesti jt, 2021).  $O_3$  kasutamisel kontrollitud tingimustes on täheldatud bioaktiivsete ühendite, näiteks polüfenoolide ja teiste lenduvate ühendite sisalduse suurenemisest (Shah jt, 2019). Seetõttu võib avamaa tingimustes olla osooni mõju teistsugune, mida näitasid ka antud

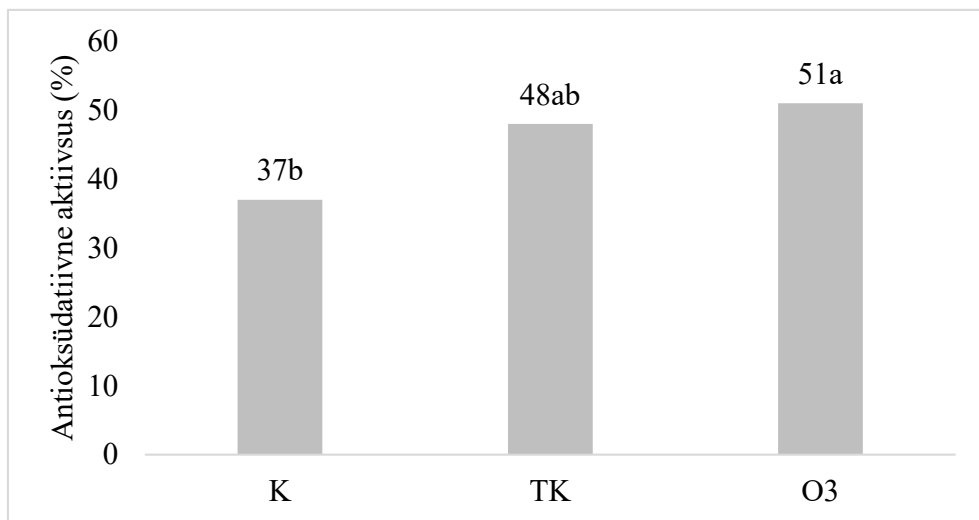


**Joonis 3.** Üldfenoolide sisaldus (mg 100 g<sup>-1</sup>) sõltuvalt taimekaitsest. K – kontroll, TK – pritsitud fungitsiididega (bordoo, vasksulfaat, Topas), O<sub>3</sub> – pritsitud osneeritud veega. Erinevad tähed joonisel näitavad variantide vahelist erinevust (PD96%=6).

katse tulemused. Lisaks sõltub töötamise toime ka O<sub>3</sub> vormist (gaas, vesi) ja meetodist (st annus, kestus) (Modesti jt, 2021). Suured kontsentratsioonid ja korduv pikaajaline kasutamine võivad põhjustada ülemäärast oksüdatiivset stressi, mis võib vähendada viinamarjade kvaliteedi parameetreid, kuna bioaktiivsed ühendid võivad oksüdeeruda. Antud katse tulemusi mõjutab viinamarjade kestade oluline viinapuu-jahukaste kahjustus, mis võis põhjustada ülemäärast stressi ja seega vähendada üldfenoolide sisaldust.

García-Martínez jt (2020) uuringud näitasid, et 'Cabernet Sauvignon' viinamarjaistanduste O<sub>3</sub> veega pritsimine suurendas viinamarjade fenoolset ühendite sisaldust ja aromaatsete ühendite potentsiaali. Campyo jt (2020) leidsid, et O<sub>3</sub>-ga pritsimine mõjutas sordi 'Bobal' marjade biokeemilist koostist, sealhulgas fenoolseid- ja aroomiühendeid. Ühekordne O<sub>3</sub>-ga pritsimine marjade valmimisperioodil parandas viinamarjade üldist kvaliteeti. Kuid kolmekordne kasutamine enne saagikoristust avaldas negatiivset mõju värvile ja fenoolide sisaldusele. Käesolevas katsees võrdluses vähendas kolmekordne O<sub>3</sub> veega pritsimine samuti üldfenoolide sisaldust.

Antioksidatiivne aktiivsus jäi katse vahemikku 37–51% ja võrreldes K variandiga oli see suurem O<sub>3</sub>-ga pritsimisel (joonis 4). Olulist erinevust ei olnud TK ja O<sub>3</sub> variantide vahel.



**Joonis 4.** Antioksidatiivne aktiivsus (%) viinamarjadel sõltuvalt taimekaitsest. K – kontroll, TK – pritsitud fungitsiididega (bordoo, vasksulfaat, Topas), O<sub>3</sub> – pritsitud osoneeritud veega. Erinevad tähed joonisel näitavad variantide vahelist erinevust (PD95%=14).

O<sub>3</sub> vesi on oksüdantse mõjuga ja seetõttu oli ka positiivne mõju katsemarjade antioksidatiivsele aktiivsusele. Sarnaseid tulemusi on saadud ka teistes katsetes. Modesti jt (2019) leidsid, et O<sub>3</sub> veega töötlemine suurendas oluliselt antioksidantide sisaldust. Christopher jt (2018) uuringud näitasid, et O<sub>3</sub> veega pritsimine mõjutas oluliselt antioksidatiivset aktiivsust ja mõju suurus sõltus sordiomadustest. Sort ‘Vignoles’ oli selles katses kõikide punaste ja valgete sortide hulgas kõrgeima antioksidatiivse aktiivsusega.

## Kokkuvõte

Käesoleva uuringu eesmärgiks oli välja selgitada viinapuude O<sub>3</sub> veega ja fungitsiididega pritsimise mõju viinapuu-jahukaste levikule avamaal hübriidsordi ‘Hasanski Sladki’ marjadele ning nende biokeemilisele koostisele. Püstitati hüpotees, et O<sub>3</sub> veega pritsimise mõjul väheneb viinapuu-jahukaste levik ja see mõjutab ka oluliselt bioaktiivsete ühendite sisaldust viinamarjades. Katse hüpotees leidis osaliselt kinnitust. O<sub>3</sub> veega töötlemisel ilmnis viinapuu-jahukaste lööbimisele oluline mõju, kuid siiski oli suur osa saagist kahjustatud. Seetõttu on soovitatav tootmisistandikes kasutada fungitsiide, mis vähendavad oluliselt marjade kahjustumist. O<sub>3</sub>-ga pritsimine mõjutas viinamarjade biokeemilist koostist, sest vähendas oluliselt viinamarjade üldfenoolide sisaldust, kuid suurendas antioksidatiivset aktiivsust.

Saadud järeldused O<sub>3</sub> vee kasutamisest viinamarjaistanduses ja selle mõju kohta viinamarjade biokeemilisele koostisele on toodud 2022. aasta katsetulemuste põhjal, mil olid soodsad tingimused viinapuu-jahukaste levikuks. Edaspidised uuringud on vajalikud selgitamiseks välja erinevate O<sub>3</sub> vee kontsentratsioonide ja pritsimiste ajastuse mõju erinevatel aastatel ja sortidel.

## Tänuavaldused

Katsetöö toimus MAK 2014-2020 meetme „Teadussiirde pikaajaline programm põllumajanduse, toidu ja maamajanduse tegevusvaldkonnas aianduse valdkonna raames. Rahastamisallikas: Euroopa Maaelu Põllumajandusfond (EAFRD). Uuring viidi läbi koostöös ettevõttega Charlot OÜ.

## Kasutatud kirjandus

- Bois, B., Zito, S., Calonnec, A. 2017. Climate vs. grapevine pests and diseases worldwide: the first results of a global survey. *OENO One* 51:133–139.
- Campayo, A., Serrano de la Hoz, K., García-Martínez, M. M., Salinas, M. R., Alonso, G. L. 2020. Novel Endotherapy-Based Applications of Ozonated Water to Bobal Grapevines: Effect on Grape Quality. *Agronomy*, 10:1218
- Campayo, A., Savoi, S., Romieu, C., López-Jiménez, A. J., Serrano de la Hoz, K., Salinas, M. R., Torregrosa, L., Alonso, G. L. 2021. The application of ozonated water rearranges the *Vitis vinifera* L. leaf and berry transcriptomes eliciting defence and antioxidant responses. *Scientific Reports*, 11:8114.
- Christopher, A., Orwat, J., Sarkar, D., Hatterman-Valenti, H., Shetty, K. 2018. Ozone Elicited Phenolic Bioactives in Grapes and Health Relevant Screening Targeted for Type 2 Diabetes using In Vitro Assay Models. *Journal of Medicinally Active Plants* 7:1-11.
- Deposon. [www.deposon.com/ECO-friendly-Nano-Ozone-Atomizer-pd45506324.html](http://www.deposon.com/ECO-friendly-Nano-Ozone-Atomizer-pd45506324.html) (20.12.2023)
- Dumitriu (Gabur), G.-D., Teodosiu, C., Cotea, V. V. 2021. Management of Pesticides from Vineyard to Wines: Focus on Wine Safety and Pesticides Removal by Emerging Technologies. *Grapes and Wine*. IntechOpen, 396 pp.
- Ellis, M.A. 2016. Powdery Mildew of Grape. The Ohio State University. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/plpath-fru-37> (12.12.2023)
- García-Martínez, M. M., Campayo, A., Carot, J. M., Serrano de la Hoz, K., Salinas, M. R., Alonso, G.L. 2020. Oenological characteristics of *Vitis vinifera* L. Cabernet Sauvignon grapes from vineyards treated with ozonated water. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26:388–398.
- Ilmateenistus. <https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/sademed/> (4.12.2023)
- Karp, K. 2022. Venimarjad Koduaiast. Kodu & Aia praktiline aiavihik, 36 lk.
- Khadre, M.A., Yousef, A.E., Kim, J.-G. 2006. Microbiological aspects of ozone applications in food: A review. *Journal of Food Science*, 66:1242–1252.
- Kunova, A., Pizzatti, C., Saracchi, M., Pasquali, M., Cortesi, P. 2021. Grapevine Powdery Mildew: Fungicides for Its Management and Advances in Molecular Detection of Markers Associated with Resistance. *Microorganisms* 9:1541.
- Lu, W., Newlands, K.,N., Carisse, O., Atkinson, D.,E., Cannon, A.,J. 2020. Disease Risk Forecasting with Bayesian Learning Networks: Application to Grape Powdery Mildew (*Erysiphe necator*) in Vineyards. *Agronomy*,10:622.
- MacKenzie, S. J., Peres, N. A. 2012. Use of Leaf Wetness and Temperature to Time Fungicide Applications to Control Botrytis Fruit Rot of Strawberry in Florida. *Plant Disease*, 96:529–536.
- Modesti, M., Baccelloni, S., Brizzolara, S., Aleandri, M.P., Bellincontro, A., Mencarelli, F., Tonutti, P. 2019. Effects of treatments with ozonated water in the vineyard (cv Vermentino) on microbial population and fruit quality parameters. *BIO Web of Conferences*, 13:04011.

- Modesti, M., Macaluso, M., Taglieri, I., Bellincontro, A., Sanmartin, C. 2021. Ozone and Bioactive Compounds in Grapes and Wine. *Foods*, 10:2934.
- Pests and diseases. Characteristics of powdery mildew. 2010. Australian Wine Research Institute. [https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/powdery\\_mildew\\_characteristics.pdf](https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/powdery_mildew_characteristics.pdf) (4.12.2023)
- Rasiukevièiûtë, N., Valiuðkaitë, A., Survilienë-Radzevièë, E., Supronienë, S. 2013. Investigation of *Botrytis cinerea* Risk forecasting model of strawberry in Lithuania. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B Natural Exact and Applied Sciences 67:195–198.
- Riiklik Alkoholiregister <https://alkoreg.agri.ee/#querRegisteredAlcoForm> (12.12.2023)
- Shah, N.N.A.K., Sulaiman, A., Sidek, N.S.M., Supian, N.A.M. 2019. Quality assessment of ozone-treated citrus fruit juices. *International Food Research Journal* 26:1405-1415.
- Tazzini, N. 2014. Polyphenols: definition, structure and classification. <http://www.tuscany-diet.net/2014/01/12/polyphenols-definition-structure-classification/> (12.12.2023)
- VIVC – Vitis International Variety Catalogue Hasanski Sladki. <https://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=25249> (4.12.2023)

# Õunapuude kasv ja saagikus kandeealises renoveeritud istandikus

Toivo Univer

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Polli aiandusuuringute keskus

---

**Abstract.** Univer, T. 2024. Vegetative growth and fruit bearing of mature apple trees in a renovated apple orchard. – *Agronomy* 2024.

When apple trees are grown in the same location for an extended time, the soil can become fatigued due to a combination of physical, chemical and biological factors. It is a disease complex or syndrome known as apple replant disease. In this experiment investigated the effect of tree planting positions in a site previously planted to standard size apple trees for over 20 years. An old apple orchard was liquidated in 2011. The stumps and roots of old tree rows were crushed by forestry tiller, and cereal, honey clover and garden lupin were grown as green manure crops on the area. A new orchard was planted four years later, in 2015. The cultivars used were ‘Antei’, ‘Auksis’, ‘Lobo’, ‘Tiina’ and ‘Vahur’ grafted on a dwarfing rootstock B9. The aim of this trial was to find out how the products of the decay of roots and the wood pulp from the ground stumps affect the vegetative growth and the crop of the mature dwarf apple trees (during 5–8 years after planting). It was turned out that the vegetative growth and yield of new apple trees which were planted to previous tree rows was better than trees planted to previous tree alleyways.

**Keywords:** apple replant disease, apple tree, replanted apple orchard

---

## Sissejuhatus

Mullaväsimus on maaviljeluses tuntud nähtus, mis avaldub taimede maapealse osa ja juurte kasvu pidurdumises ja saagi vähenemises, mida täheldatakse nii ühe- kui mitmeaastastel kultuuridel, kui neid kasvatatakse monokultuurina pikemat aega. Vanade õunaistandike uuendamisel ilmneb sageli, et samasse kohta istutatud uued õunapuud ei hakka hästi kasvama. Õunapuude mullaväsimuse probleem on kompleksne. Selle põhjuseid nähakse nematoodides, parasiitsetes ja mitteparasiitsetes mikroobides, kuid ka taimejäänuste lagunemisel tekkivate toksiliste ühendite eraldumises, rikutud mullastruktuuris ja toitainete tasakaalustamatuses (Abakumova, Univer, 2020). On täheldatud, et tugev negatiivne mõju ilmneb kolme kuni nelja aasta jooksul peale uue õunaistandiku rajamist, kuid järelmõju võib säilida veel 12 aastat (Sedov jt, 2002).

Õunaistandike renoveerimisel on oluline leida keskkonnasõbralikke meetodeid mullaväsimuse negatiivse toime vähendamiseks, et vältida tekkida võivat majanduslikku kahju. Uue istandiku rajamisel soovitatakse puude read istutada vana istandiku reavahedesse ning puude real kasutada näiteks komposti, hakkepuidu multsi, muruniidet, humiinhapete preparaate (Lavelly, 2022; Leinfelder, Merwin, 2006).

Käesoleva töö eesmärk on välja selgitada, kas uue istandiku rajamisel paigutatakse uued õunapuud vanale puude reale, kust kannustik on purustatud freesiga või vanasse reavahesse. Katse selgitab õunaistandiku likvideerimisel kändude freesimisega tekkinud puidumassi ja puu juurestiku lagunemisel tekkivate laguproduktide järelmõju uute õunapuude kasvule ja saagikusele.



## Materjal ja meetodika

Katseks valiti maa-ala, kus eelnevalt olid õunapuud 25 aastat kasvanud. Vana õunais-  
tandik oli rajatud 1985. a, kus pookealustena kasutati tugevakasvulisi 'Antonovka'  
seemikaluseid. Puude istutuskeem oli  $7 \times 5$  m ( $285$  puud  $\text{ha}^{-1}$ ). Istandiku reavahede  
hooldamisel kasutati mustkesa kuni 2002. aastani, hiljem kasvas reavahedes loodus-  
lik rohukamar. Vana õunaistandik likvideeriti 2010. a. Puud lõigati maha ja puude  
rea kännustik purustati metsafreesiga 20 cm sügavuselt 2011. a kevadel. Reavahedes  
olev rohukamar purustati randaaliga, künsti ja kultiveeriti.

Pikaajalise monokultuuri järelmõju uurimiseks rajati katse 2011. a. Katse rajati  
õunasortidega 'Antei', 'Auksis', 'Lobo', 'Tiina' ja 'Vahur', mis olid vääristatud nõr-  
gakasvulisele pookealusele B9. Puude istutuskeem on  $3,5 \times 1,66$  m ( $1720$  puud  
 $\text{ha}^{-1}$ ). Uued õunapuud istutati nii, et esimene rida sattus vana istandiku freesitud  
kännustiku rea kohale ja teine rida reavahesse.

Katseala jaotati kolmeks: A osale istutati õunapuud 2011. a, B osale 2015. a, s.o  
neli aastat hiljem ja C osale 2019. aastal, s.o kaheksa aastat hiljem. Katsealadele B ja  
C külvati uue istandiku maa ettevalmistamisel 10 m laiuste ribadena järgmised hal-  
jasväetiskultuurid: teravili (kaer, oder), valge mesikas ja hulgalehine lupiin. Võrd-  
lusvariandiks oli mustkesa. Igale haljasväetiskultuuri variandile istutati üht sorti 12  
puud, kokku 60 puud. Käesolev artikkel käsitleb katse B osast kogutud andmeid  
aastatel 2019–2022.

Katsealal on nõrgalt leetunud (LkI) liivsavi muld, mille agrokeemilised näitajad  
olid järgmised: pHKCl 5,9, P 123, K 169, Ca 1460 ja B 0,42 mg  $\text{kg}^{-1}$ . Katsepuu-  
dele anti igal kevadel N-väetisena ammooniumnitraati tegevaines 60 kg  $\text{ha}^{-1}$  võraa-  
luse pinna kohta. Reavahedesse külvati muruseemne segu, mis sisaldas ka valget  
ristikut. Õunapuudele kujundati vabakujuline koonalvõra. Kandeealiste puude võra  
harvendati ja piirati võra laiust. Üle 40 cm pikkused ladvaoksad kärbiti ja lühematel  
ladvaokstel eemaldati tipus olev õiepung. Puudel mõõdeti tüve jämedust (mm), puu  
kõrgust (cm). Puude saak (kg) kaaluti ja koristatud viljade arvu järgi leiti keskmine  
vilja mass (g).

Katseandmete statistiliseks töötlemiseks kasutati mitmefaktorilist dispersioonaa-  
nalüüsi. Keskmiste mitmeseks võrdlemiseks kasutati Duncani testi, mille abil selgi-  
tati üksteisest oluliselt erinevad tasemed ( $p < 0,05$ ).

## Tulemused

Viiendaks aastaks olid õunapuud kasvanud kahe meetri kõrgusteks (tabel 1). Puude  
keskmine kõrgus olenes sordist. Kõrgemad puud olid sortidel 'Antei' ja 'Tiina' ning  
oluliselt madalamad olid puud sortidel 'Auksis' ja 'Vahur'. Puud kasvasid järgne-  
vatel aastatel kõrgemaks. Õunapuude kõrgus suurenes 2020. a 25–28 cm, 2021. a  
27–33 cm ja 2022. a 0–16 cm võrra. Alates 2020. aastast ilmnis istutusvariantide  
vahel oluline erinevus. Sortide keskmisena oli freesitud kännustiku reakohale istu-  
tatud puude võra oluliselt kõrgem võrrelduna rea vahekohta istutatud õunapuudega.  
Sortide 'Antei' ja 'Lobo' puude ladvaosa vajuks saagiraskusega alla 2022. a.



**Tabel 1.** Puu kõrgus (cm) kandeealises õunaistandikus 2019–2022. a.

Sort	Puu kõrgus, cm							
	2019		2020		2021		2022	
	Fr	Rv	Fr	Rv	Fr	Rv	Fr	Rv
Lobo	205 c	198 c	232 c	221 c	260 b	245 bc	278 c	243 b
Auksis	190 d	176 d	212 d	198 d	234 c	220 d	260 d	239 b
Tiina	221 b	212 b	254 b	239 b	287 a	266 b	306 b	291 a
Antei	235 a	235 a	266 a	265 a	317 a	300 a	333 a	254 b
Vahur	195 cd	181 d	223 cd	204 cd	252 bc	227 cd	258 d	233 c
Keskmine	209 A	200 A	237 A	225 B	270 A	252 B	286 A	252 B

Fr – vana puureale istutatud; Rv – kahe rea vahekohta istutatud puud. Tähed A ja B tähistavad istutusvariantide ning a, b, c ja d tähistavad sortide olulist mõju (*Duncan test*,  $p < 0,05$ ).

Viiendal kasvuaastal varieerus puude keskmine tüve läbimõõt vahemikus 28,5–41,2 mm (tabel 2). Tüve läbimõõt sõltus oluliselt kasvatatavast sordist. Sortide ‘Tiina’ ja ‘Antei’ tüved olid suurema läbimõõduga. Kõige peenema tüvega puud kasvasid sordil ‘Vahur’. Katsest ilmnes, et freesitud kannustiku reakohale istutatud puude tüved olid oluliselt jämedamad kahe rea vahekohta istutatud puudest. Sarnane tendents ilmnes ka järgnevatel aastatel.

**Tabel 2.** Puu tüve läbimõõt (mm) kandeealises õunaistandikus 2019–2022. a.

Sort	Puu tüve läbimõõt, mm							
	2019		2020		2021		2022	
	Fr	Rv	Fr	Rv	Fr	Rv	Fr	Rv
Lobo	36,2 b	31,6 b	42,5 c	36,8 c	45,1 b	40,4 c	51,5 c	46,7 c
Auksis	37,9 b	33,6 b	42,8 c	37,5 c	46,2 b	41,7 bc	53,4 b	45,2 c
Tiina	41,2 a	40,2 a	48,9 a	46,9 a	55,2 a	52,0 a	61,1 a	60,6 a
Antei	40,9 a	39,3 a	46,2 b	43,9 b	49,4 ab	48,5 ab	55,4 b	54,8 b
Vahur	34,2 c	28,5 c	39,3 d	32,0 d	41,4 c	35,1 c	50,0 cd	41,5 d
Keskm	38,1 A	34,6 B	43,9 A	39,4 B	47,5 A	44,5 B	54,2 A	49,8 B

Fr – vana puureale istutatud; Rv – kahe rea vahekohta istutatud puud. Tähed A ja B tähistavad istutusvariantide ning a, b, c ja d tähistavad sortide olulist mõju (*Duncan test*,  $p < 0,05$ ).

Viiendal kasvuaastal oli puu saak katse keskmisena freesitud kannustiku reakohale istutatud variandis 4,7 kg ja kahe rea vahekohta istutatud puudel 3,0 kg (tabel 3). See tähendab, et istutusvariant mõjutas oluliselt puu saaki. Järgmisel aastal (2020) istutusvariantide vahel oluline saagi erinevus puudus, kuid 2021. a see ilmnes. Nelja katseaasta (2019–2022) kogusaak puult oli freesitud kannustiku reakohale istutatud puude variandis oluliselt suurem (36,2 kg) võrreldes kahe rea vahekohta istutatud puude saagiga (28,1 kg). Puu kogusaak erines oluliselt sortide lõikes. Suurema kogusaagi andsid ‘Antei’ ja ‘Tiina’ puud. Madalam saak koguti sortide ‘Auksis’, ‘Lobo’ ja ‘Vahur’ puudelt.

**Tabel 3.** Puu keskmine saak (kg) kandeealises õunaistandikus 2019–2022. a.

Sort	Keskmine saak, kg								Kogusaak, kg	
	2019		2020		2021		2022		Fr	Rv
	Fr	Rv	Fr	Rv	Fr	Rv	Fr	Rv		
Lobo	2,0 d	0,9 c	2,5 d	1,8 d	14,0 ab	9,6 b	7,9 b	5,2 b	26,4 e	17,5 d
Auksis	9,4 a	6,5 a	5,6 c	3,9 c	16,1 a	10,4 b	4,7 bc	3,4 b	35,8 c	24,2 c
Tiina	2,7 d	1,5 c	7,9 b	6,4 b	13,4 b	11,1 ab	13,8 ab	14,1 a	37,8 b	33,1 b
Antei	4,2 c	3,2 b	11,2 a	10,2 a	15,6 ab	13,4 a	16,6 a	14,2 a	47,6 a	41,0 a
Vahur	5,5 b	3,1 b	3,9 cd	3,7 c	14,5 ab	9,7 b	9,6 b	8,4 b	33,5 cd	24,9 c
Keskm	4,7 A	3,0 B	6,2 A	5,2 A	14,7 A	10,8 B	10,5 A	9,1 A	36,2 A	28,1 B

Fr – vana puureale istutatud; Rv – kahe rea vahekohta istutatud puud. Tähed A ja B tähistavad istutusvariantide ning a, b, c ja d tähistavad sortide olulist mõju (*Duncan test*,  $p < 0,05$ ).

Katseandmetest ilmnes, et vilja mass sõltus kasvatatavast sordist ja seda ei mõjutanud, kas uued õunapuud olid istutatud vana istandiku reakohale või rea vahekohta (tabel 4). Sortidel 'Tiina' ja 'Antei' kasvasid viljad oluliselt suuremaks, kui sortidel 'Auksis', 'Lobo' ja 'Vahur'. On üldteada, et viljade suurus oleneb puu saagi suuruselt, kui puul on vilju vähem kasvavad need suuremaks ja vastupidi. 2021. a kandsid õunapuud rikkalikult, mistõttu katsesortide keskmine vilja mass oli ainult 117 g.

**Tabel 4.** Vilja mass (g) kandeealises õunaistandikus 2019–2022. a.

Sort	Vilja mass, g								Keskmine, g	
	2019		2020		2021		2022		Fr	Rv
	Fr	Rv	Fr	Rv	Fr	Rv	Fr	Rv		
Lobo	113 c	106 c	114 c	128 c	107 c	108 c	116 c	121 b	113e	114d
Auksis	110 c	108 c	105 c	106 d	77 d	87 d	120 c	104 c	103c	102c
Tiina	166 a	143 b	143 b	138 b	134 a	132 b	149 b	160 a	148b	143b
Antei	175 a	156 a	153a	147 a	142 a	142 a	168 a	159 a	159a	151a
Vahur	122 b	106 c	114 c	101 d	124 b	115 c	115 c	108 c	119d	108c
Keskm	143 A	128 B	126 A	124 A	117 A	117 A	134A	130A	128A	124A

Fr – vana puureale istutatud; Rv – kahe rea vahekohta istutatud puud. Tähed A ja B tähistavad istutusvariantide ning a, b, c ja d tähistavad sortide olulist mõju (*Duncan test*,  $p < 0,05$ ).

## Arutelu

Käesoleval sajandil on toimunud olulised muutused õunakasvatustehnoloogias võrreldes 1980.–1990. aastatega. Nõrgakasvuliste pookealuste kasutuselevõtt võimaldab rajada tiheda puude asetusega (üle 1000 puu ha<sup>-1</sup>), varajase viljakande algusega ja saagikaid õunaistandikke. Õunaistandiku reavahed hoitakse rohukamaras, puude võralõikusel tekkinud oksamass jäetakse istandikku ja purustatakse hooldusniidukiga. Seevastu vanades tugevakasvulistes õunaaedades kasvavad puud hõredalt, 6–8 m vahedega. Võralõikusel tekkinud oksamass viidi istandikust välja ja põle-

tati. Õunapuude võraalused ja reavahed hoiti umbrohtumuse vältimiseks mustkesas randaalimise või kultiveerimisega (Univer jt, 2009). Pideva mustkesa harimisega hoitakse umbrohud küll kontrolli all, kuid lagundatakse huumust, väheneb mulla toitainete sisaldus ning rikutakse mulla struktuuri. Mulla parandamiseks soovitatakse kasvatada haljasväetiskultuure, mis rikastavad mulda orgaanilise ainega, soodustades selle kaudu mulla huumusvarude taastootmist ja mikrobioloogilise tegevuse aktiveerumist (Talgre, Luik, 2023).

Ka vana õunaistandiku likvideerimise järgselt on mõttekas kasvatada haljasväetiskultuure. Käesolevas katses kasvatati neli aastat enne uute õunapuude istutamist haljasväetisena teravilja, valget mesikat ja hulgalehist lupiini. Katsest selgus, et valge mesikas avaldas positiivset mõju noorte õunapuude kasvule (Univer, 2022). Viili ja Võsa (2005) andmetel jätab valge mesikas juba külviaastal mulda 247 kg ha<sup>-1</sup> lämmastikku. On leitud, et üheaastane liblikõieliste kasvatamine haljasväetiseks avaldab vihmaussi kooslusele positiivset mõju (Lauringson jt, 2009). Samuti on mulda jäänud haljaskultuuride juurestiku massil järelkultuuri arengule oluline tähtsus, sest nad lagunevad mitme aasta jooksul (Lauringson jt, 2006).

Mitmesugused väliskeskkonna tegurid mõjutavad fenoolsete ühendite mulda kogunemist õunapuu istandikus. Õunapuudele ebasoodsad kasvutegurid, nagu ebaühtlane niiskuse tase põuasel suvel, suurendavad fenoolsete ühendite teket (Miidla, 1970; Sarapuu, Miidla; 1970, Sarapuu, 1971). Miidla (1965) tõestas, et mullaväsimuse tekke üheks põhjustajaks õunaistandikus on juurte lagunemisel vabanev floritsiin. Taimes koguneb enam floritsiini juurte koorekihti. Mida väiksem on puidu osakaal juurte massis, seda rohkem vabaneb juurte kõdunemisel juurekasvu pidurdavaid aineid. Jämedates juurtes läbimõõduga 40–80 mm on üle kolme korra vähem pidurdusaineid kui peentes 1–3 mm läbimõõduga juurtes (Moroz, 1980). Tugevakasvuliste ja nõrgakasvuliste õunapuude juurestik on erinev. Nõrgakasvuliste õunapuudel on rohkesti narmasjuuri ja nende juurestik paikneb suures osas tüvelähedases piirkonnas. Seevastu seemikalustel õunapuudel on võraaluses sõõris puude juured jämedamad, väiksema läbimõõduga juured paiknevad puu võravälises sõõris. Järelikult käesolevas katses kasvasid uued õunapuud kehvemini vana istandiku kahe rea vahel, sest sellel alal võis paikneda rohkem vanadest õunapuudest jäänud lagunevaid peenemaid juuri. Võib arvata, et vanade puude kannustiku freesimisel puidumassi mulda segamine suurendas sellel kohal orgaanilise aine sisaldust mullas ja siin leidis ka vähem uute õunapuude kasvu pidurdavaid aineid. Seega vanade tugevakasvuliste õunapuude reale uute puude istutamine ei oma negatiivset mõju puu kasvule ja saagikusele. Olukord võib olla teistsugune, kui uuendatakse istandikku, kus eelnevalt on juba kasvanud nõrgakasvulised õunapuud.

## Kokkuvõte ja järeldused

Vana õunaistandiku likvideerimisel võib puude kannustiku purustada metsafreesiga. Nii säilib puitu talletunud orgaaniline aine tekkekohal ja viiakse looduslikku aineringsse. Kuid vanade õunapuude juurte lagunemisel tekkivad laguproduktid võivad põhjustada mullaväsimust. Mulla seisundi parandamiseks on otstarbekas enne uue õunaistandiku rajamist kasvatada haljasväetisi.

Eeltoodust järeldub:

1. Vana õunaistandiku likvideerimisel on kändude purustamine metsafreesiga otstarbekas tehnoloogiline võte.
2. Õunaistandiku renoveerimisel vanade tugevakasvuliste õunapuude kannustiku freesimisel tekkinud puidumassi mulda segamine ja uue istandiku rajamiseelne haljasväetiste kasvatamine mõjus soodsalt uute nõrgakasvuliste õunapuude kasvule ja saagikusele.

## Tänuavaldused

Katseala valmistas ette Polli aiandusuuringute keskuse tollane majandusdirektor Riho Männik ja kannustiku freesis Georg Artma.

## Kasutatud kirjandus

- Abakumova, M., Univer, T. 2020. Noorte õunapuude kasvu pärssiv mullaväsimus. – *Agronoomia* 2020, lk. 10–17.
- Lauringson, E., Talgre, L., Roostalu H. 2006. Haljasväetiskultuuride orgaanika moodustumine ja lämmastiku sidumise võime ning selle mõju järelkultuuride saagile. – *Agronoomia* 2006, 34–37.
- Lauringson, E., Talgre L., Kuht, J., Makke, A. 2009. Liblikõieliste kultuuride järelmõju mulla lasuvustihedusele ja vihmausside arvukusele. – *Agronoomia* 2009, lk. 48–53.
- Lavelly, E. 2022. Apple replant disease and soil health assessments: A follow-up from the International Tree Fruit Association annual conference. <https://www.canr.msu.edu/news/apple-replant-disease-and-soil-health-assessments> (30.11.2023)
- Leinfelder, M.M., Merwin, I.A. 2006. Rootstock selection, preplant soil treatments, and tree planting positions as factors in managing apple replant disease. – *HortScience* 41(2), pp 394–401.
- Miidla, H. 1965. Floridzin v katšestve faktora potšvoutomlenija v plodovõh sadah. – *Agrohimija* 9, lk. 109–112.
- Miidla, H. 1970. Fenolnõje sojedinenija i lignifikatsija pobegov jabloni v svjazi s mineralnõm pitanijem i vodnõm režimom. – Avtoref. diss. d-ra biol. nauk, Kiev, 39s.
- Moroz, P. A. 1980. Allelopatija v plodovõh sadah. – *Naukova dumka*, Kiev, 206 s.
- Sarapuu, L. 1971. Fiziologitšeskaja rol i metabolism floridzina v jablone. – Avtoref. diss. d-ra biol. nauk, 42 s.
- Sarapuu, L., Miidla H. 1970. Fenolnõje sojedinenija jabloni. – *Utš. Zap. Tartus. Un-ta.* 256, s. 3–8.
- Sedov E.N, Muravjov, A.A., Serova Z.M. 2002. – *Sadovodstvo i vinogradarstva*, 2, s. 6–7.
- Talgre, L., Luik, A. 2023. Haljasväetis – mullaviljakuse parandaja. Tartu, 36 lk.
- Univer, N., Haak, E., Tiirmaa, K. 2009. Äriline õunakasvatus on muutumas. – *Maamajandus* 2009 (sept), lk 8–11.
- Univer, 2022. Haljasväetiskultuuride kasvatamise mõju õunaistandiku renoveerimisel. – *Teaduselt mahepõllumajandusele* 2022, lk. 116–121.
- Viil, P., Võsa, T. 2005. Liblikõielised haljasväetised. – *EMVI infoleht* nr. 148.

# Mitmesugust

Miscellaneous

## Ühe kateedri lugu. 2. Rohumaaviljeluse kateedri esimesed aastad. Õppe- ja teadustöö

**Rein Lillak**

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

---

**Abstract.** Lillak, R. 2024. The story of one department. 2. The first years of existence of the Department of Grassland Husbandry. Study and research work. – Agronomy 2024.

The article is a continuation to the paper “The story of one department” published in the Agronomy 2022 collection. The current article is focused on the first years (1967–1973) of the existence of the Department of Grassland Husbandry of the Faculty of Agronomy of the Estonian Agricultural Academy. The paper is based on the historical sources from the Estonian National Archives, various materials preserved in the Department of Grassland Husbandry, and the memories of former employees.

As a result of the enthusiastic and intensive work, the staff of the department had managed to build up a successfully functioning structural unit in a short period of time. The relatively large financial volume based on different contracts made it possible to keep 30–40 people at work, who successfully managed the expanding research and study work. However, despite the success, several problems occurred. The number and quality of study rooms did not meet the needs of the expanded study work and lack of textbooks in Estonian increased the importance of classroom study. In 1972–1973 several young and capable researchers (H. Older, U. Tamm, and A. Laugus) left the department due to deficient living conditions, which led to serious tensions within the organization.

**Keywords:** history, staff, study work, publications, conferences

---

### Sissejuhatus

Käesolev kirjatükk on järg autori poolt Agronoomia 2022 kogumikus avaldatud artiklile „Ühe kateedri lugu. 1. Loomine“, milles käsitleti kahekümnenda sajandi viiekümnendate aastate olukorda Eesti põllumajanduses läbi rohumaaviljeluse prisma, tingimuste kujunemist rohumaaviljeluse kateedri loomiseks Eesti Põllumajanduse Akadeemia (EPA) agronoomiateaduskonna koosseisus ning nende realiseerimisega seonduvat. Käesolevas artiklis leiab analüüsimist kateedri esimesed kuus tegevusaastat (1967–1973), seda eelkõige õppe- ja teadustöö kontekstis. See oli aeg, mil loodi kateedri sisulised alused, nägu, millelt mitmed teised EPA struktuuriüksused sageli eeskujuga võtsid ning samas isegi kadestasid. Meie töötajaid peeti sageli upsakateks ja üleolevateks, kuid tegelikult oli midagi muud. Edu taga oli ränkaskas töö ning sageli tuli sellele ka lõivu maksta.

### Materjal ja meetodika

Käesoleva artikli koostamisel on kasutatud laialdast dokumentaalset allikabaasi. Läbi töötati Rahvusarhiivis 1967–1973. a kohta käivad agronoomiateaduskonna dekaani korraldused, EPA ja agronoomiateaduskonna nõukogu koosolekute protokollid ning rohumaaviljeluse kateedriga seotud säilikuid (fond EAA. 5387). Heaks abiks olid rohumaaviljeluse ja botaanika kateedri arhiivis säilinud materjalid (lepini-

gute dokumendid, teadus- ja õppetöö aruanded, konverentside korraldamisega seotud materjalid, kateedri juhataja kirjavahetus erinevate osapooltega ning töötajate poolt avaldatud õppematerjalid ja teadusartiklid). Artikli ilmestamiseks on kasutatud kateedri arhiivis olevat fotomaterjali, aga samuti N. Russi ja M. Oleski isiklikku fotokogu. Ajalooliselt kriitiliste sõlmpunktide avamiseks on küsitletud endisi töötajaid ja tutvutud nende poolt kirja pandud käsikirjaliste memuaaridega. Neid mälestusi on objektiivsuse huvides võimalusel kõrvutatud dokumentaalse materjaliga ja üldistatud.

Käesolev artikkel lähtub eelmises EPA rohumaaviljeluse kateedri ajalugu käsitlevas kirjutises toodud periodiseeringust (Lillak, 2022). Seekordses artiklis keskenduti perioodile 1967-1973 e kiire tõusu ajale. Kuna sellekohase materjali hulk oli suhteliselt suur, otsustati tulemused avaldada kahes temaatiliselt erinevas artiklis. Käesolev artikkel käsitleb rohumaaviljeluse kateedri õppe- ja teadustöö eripära ja arengut kuue nimetatud aasta lõikes. Teises kavandatavas artiklis on plaanis keskenduda eelkõige Eerika katsejaama väljaarendamisele ning inimsuhete pingestumisest tulenenud tagasilöögile.

## Tulemused

Rohumaaviljeluse kateedri avamise järel algas periood, mida võib nimetada tormamiseks ideaalide suunas ehk võidujooksuks ajaga. Õppe- ja teadlaskaadri tegevus oli jagatud kolme suuna, kateedri sisu loomise, õppe- ja teadustöö arendamise ning ühiskondliku tegevuse vahel ning see venitas töötajate tööpäeva sageli pikemaks kui kümme tundi. Õnnestumistest jõudu saanud nooruslik entusiasm aitas ettetulevatest raskustest esialgu edukalt jagu saada.

### 3.1. Kateedri koosseis

Rohumaaviljeluse kateeder kujunes juba esimestel aastatel teaduskonna üheks suurimaks, kus töötajate arv kõikus vahemikus 30-40 inimest. See tulenes eelkõige majanduslepingute suurest arvust ning kateedri majanduslikust võimekusest. Töötajaskonnast ligi pool oli kas osalise või täistööajaga lepinguline abitööjõud, keda palgati vastavalt vajadustele ja võimalustele. Kateedri tuumiku moodustasid õppejõud (dotsendid, vanemõpetajad, assistendid) ja teadlased (teadurid ja kraadiõppurid; foto 1 ja 2). Nende arv oli vaadeldaval perioodil suhteliselt stabiilne ja jäi vahemikku 12-14. Just nende õlgadel oli kogu kateedri elu juhtimine ja suunamine – õppe- ja teadustöö läbiviimine, lepingute taotlemine ja täitmine ning kateedri üldine arendamine.

Kateedri eksistentsi esimestel aastatel oli ametis kaks kandidaadi teaduskraadiga dotsenti – A. Sau ja K. Annuk. Seni kohakaasluse alusel EPA-s töötanud H. Väljaots liitus rohumaaviljeluse kateedriga 1968. a teisel poolel, algul vanemõpetajana, aasta hiljem juba dotsendi kohusetäitjana ning mõned aastad hiljem täisdotsendina. Kateedri loomisel aktiivselt osalenud N. Russi täitis teaduskraadi puudumise tõttu vanemõpetaja rolli. Teised õppe- ja teadustööga seotud ametikohad täideti vastavalt rahalistele võimalustele ja väljakuulutatud ametikohtadele ning aspirantuuriperioodi



lõppemisele. Esimesel aastal kuulus kateedri töötajate nimekirja viis aspiranti (E. Kärner, A. Laugus, H. Older, R. Viiralt ja A. Kree), vanemteadurina oli tööil A. Mikk (hilisem majandusteaduskonna õppejõud), nooremteaduritena R. Akkel ja E. Kirspuu ning assistendina U. Tamm. Järgmisel aastal lahkusid kateedrist R. Akkel ja A. Mikk, lisandusid aga aspirandina M. Reinomägi (abiellumise järel Kärner), insenerina M. Olesk (hiljem rohumaaviljeluse labori juhataja) ja vanemlaborandina äsja agronoomiateaduskonna lõpetanud H. Loid (aspirantuuris alatest 1970. a). Järgneva paari aasta jooksul võeti tööle assistendina veel S. Eilart (1970.a) ja teadurina V. Reidolf (1971. a). Ühiskondlikku aspirantuuri lisandus 1972. a A. Talts.



**Foto 1.** Rohumaaviljeluse eriharju IV k üliõpilased õppejõudude ja teaduritega 1971. a jaanuaris (esimeses reas vasakult paremale K. Annuk, H. Older, S. Eilart, M. Reinomägi, E. Kärner ja R. Viiralt; foto N. Russi erakogust).

Taimekasvatustlike uurimuste eripäraks on nende pikaajalisus. Selle tõttu ei suudetud kolmeaastase aspirantuuri perioodi jooksul reeglina jõuda dissertatsiooni kaitsmiseni. Lahendusena võimaldati noortel teadlastel enne või peale aspirantuuri töötada assistendi või teadurina. Nii jätkasid 1968-1970. a aspirantuuri lõpetanud E. Kärner, H. Older, A. Laugus ja R. Viiralt oma teadustööd assistentide ja teaduritena. Samas võis leida mitmeid kateedri algusest alates teaduritena töötanud inimesi (U. Tamm, E. Kirspuu) hiljem aspirantuuri nimekirjast.





**Foto 2.** Osa kateedri teadustuumikust Eerikal katsete üle aru pidamas (vasakult paremale R. Viiralt, E. Kirspuu, E. Kärner, A. Laugus, U. Tamm ja A. Sau).

Suurem muutus kateedri õppe- ja teaduskaadris toimus aastatel 1972-1973. Üksteise järel lahkusid H. Older, U. Tamm ja A. Laugus. Esimese pereheitmise põhjusi tuleb ilmselt otsida edasise arenguperspektiivi ähmastumisest rohumaa-viljeluse kateedris. Kõik kolm olid kujunenud kateedri teadustöö tugisammasteks, kellest kaks esimest olid just äsja kaitsnud kandidaadi dissertatsiooni ning kolmas jõudis selleni mõned aastad hiljem. Sellega seoses kerkis üles edasise karjääri- ja elutingimustega seotud küsimused. Nagu mainib A. Sau rohumaa-viljeluse kateedri koosolekul 20.11.1973. a: „Inimesed, kes on kraadi saanud, lähevad meilt minema seetõttu, et lepingutel töötades ei ole võimalik neile palka maksta, millist nende kvalifikatsioon nõuab“ (EAA.5387.6.373; protokoll nr. 22). Ilmselt oleksid kõik kolm väljakujunenud rohumaa-teadlast leppinud ka saadava tagasihoidliku palgaga, kui kõik muud tingimused oleks olnud vajadustele vastavad. Kahjuks see nii ei olnud. Suureks probleemiks oli peaaegu olematud elutingimused. Nii toob agronoomiateaduskonna dekaan E. Reimets 20.03.1970. a EPA Nõukogu koosolekul välja kraadikaitsmiste venimise ühe põhjusena järgmist: „Aspirandid H. Older ja A. Laugus, kes praegu töötavad kateedri juures, elavad koos perekondadega äärmiselt väikeses tubades, mis halvab inimeste töömeeleolu.“ (EPA Nõukogu 20. märtsi 1970. a koosoleku protokoll nr. 2). Paari järgmise aasta jooksul polnud olukord paranenud. Sellistes oludes võis töötada ja elada ajutiselt, mitte aga kogu järgmise elu, eriti peale perekonna loomist ja kraadi kaitsmist. Kahtlemata võis põhjusi olla muidki,

kuid lahkumise ajendina said määravaks siiski just need kaks. Kateeder oli järsku kaotanud kolm suure potentsiaaliga teadlast.

### 3.2. Õppetöö

Taimekasvatuse kateedris oli rohumaaviljeluse, sookultuuri ja sordiaretuse ning seemnekasvatusega seotud õppetöö maht suhteliselt tagasihoidlik, kokku vaid 2500-3000 tundi aastas (A. Sau kiri rektorile 15. mail 1970. a nr 70). Kateedri loomise ja rohumaaviljeluse eriharu ellu kutsumise järel hakkas õppetöö maht kiiresti suurenema ning jõudis mõne aastaga 7000 tunnini. See eeldas vähemalt kaheksa õppejõu olemasolu, kuid seda oli esialgu võimatu saavutada. Probleem lahendati selliselt, et kraadiga õppejõud (K. Annuk, A. Sau, H. Väljaots) ja vanemõpetaja N. Russi tegelesid rohkem loengute läbiviimisega, kraadiõppurid ja teadurid olid enam seotud praktikumide ja laboratoorsete tööde läbiviimisega ning üliõpilaste juhendamisega.

Kogu õppetöö mahust moodustas auditoorne töö ligikaudu 40%. Suurt loengute mahtu põhjendati eestikeelse rohumaaviljeluse õpiku puudumisega (Sau, 1968a). Rohumaaviljeluse kateedris õpetati sellel ajal viit erinevat distsipliini: sordiaretust ja seemnekasvatust, geneetikat, rohumaateadust, rohumaaviljelust ning sookultuuri. Neist kahe esimese eest vastutas N. Russi, järgmised kaks olid A. Sau korraldada ning viimast juhtis K. Annuk. Aineid õpetati tulevastele agronoomidele, kuid ka zootehnikutele, maakorraldajatele, raamatupidajatele ja ökonomistidele. Sihtgrupist lähtuvalt jagunes auditoorne töö kaheks: töö statsionaarsete ja kaugõppe üliõpilastega ning töö ettevõtete spetsialistidega (majandi juhtide, agronoomide jt) täiendõppe vormis. Viimast tellis kateedrit EPA kvalifikatsiooni tõstmise teaduskond. Kogu auditoorsest õppetööst hõlmas taoline täiendõpe umbes neljandiku.

Suur osa õppetöökäsitamiseks määratud ajast kulus kateedris üliõpilaste menetlus- ja katsepraktika juhendamisele, nende teadmiste kontrollimisele (kontrolltööde, kursustööde, eksamite jm ettevalmistamisele ja läbiviimisele) ning konsultatsioonidele ja selles osalesid aktiivselt kraadiõppurid.

#### 3.2.1. Õppe-metoodiliste materjalide valmistamine

Õppetöö mahu sedavõrd kiire suurenemine eeldas vastava õppematerjali olemasolu. Kuigi mitmed kuuekümnendatel aastatel koostatud brošüürid/vihikud olid endiselt kasutatavad, oli õppe-metoodilisest materjalist ikkagi krooniline puudus. Esimeses järjekorras oli vaja juhendmaterjale, mille koostamisele ja paljundamisele kohe ka asuti. Juhendeid oli vaja praktikumide, loengute, eksamite ja kontrolltööde tegemiseks, kursuse- ja diplomitööde koostamiseks ning katse- ja menetluspraktika jm läbiviimiseks. Võimalusel püüti paljundada EPA rotaprinti kaudu ka üksikute loengute ja praktikumide ainestikku (foto 3). Sageli olid need üsna mahukad tööd. Näiteks 1970. a. A. Sau poolt paljundamiseks antud loengupeatükk „Kultuurkarjamaade rajamine, väetamine ja kasutamine“ koosnes 135 leheküljest, N. Russi „Aretusmaterjali hindamine“ 88 leheküljest (EAA.5387.6.307).



**Foto 3.** Aastatel 1967-1973 rohumaaviljeluse kateedri töötajate poolt koostatud õppekirjandus (foto R. Lillak).

Erialaste õpikute puudumine raskendas märgatavalt õppetöö, eriti praktikumide läbiviimist. Seda isegi vaatamata sellele, et mõned loengud ja praktikumid õnnestus rotaprindis paljundada. Selle tõttu asuti probleemiga aktiivselt tegelema juba enne rohumaaviljeluse kateedri loomist. 1967. a märtsis andis N. Russi rotaprindile paljundamiseks üle täiendatud sordiaretuse ja seemnekasvatuse praktikumide vihiku (ilmus 1971. a), sama aasta detsembris lisas K. Annuk „Liblikõieliste ja kõrreliste heintaimede seemned“ kordustrukti taotluse (ilmus 1969. a). Paralleelselt sellega tegelesid A. Sau ja K. Annuk õpiku „Heintaimede määraja ja rohumaaviljeluse praktikum“ kirjutamisega. Suure töökoormuse tõttu jõudis raamatu vormistamine lõpule alles 1969. a ja see ilmus kirjastuse Valgus tööna 1971. a, kergendades oluliselt rohumaaviljeluse alase praktilise õppe läbiviimist EPA-s. Järgmiseks sammuks pidi olema kogu loengumaterjali hõlmavate õpikute koostamine. Selle ülesande täitmisele asuti 1973. aastal. Peeti vajalikuks kahe õpiku koostamist: „Põllukultuuride sordiaretus ja seemnekasvatus“ (autoriks N. Russi) ning „Rohumaaviljelus“ (autoriks



A. Sau; EAA.5387.6.375). Töö osutus aga oodatust mahukamaks, mistõttu vaadeldaval perioodil nende kavade realiseerimiseni siiski ei jõutud.

Selleaegsete loengute pidamisel oli näidisvahendite kasutamine vähese tehnilise võimekuse tõttu üsna piiratud. Loengute ja praktikumide ilmestamiseks kasutati tavaliselt kättesaadavaid vahendeid: kuivatatud taimset materjali (herbaarlehed), erinevaid õppekogusid, monoliite või pildistatud ainet (fotod, diapositiivid) jm. Taolise materjali kogumine kujunes kateedri töötajate igasuviseks tööks. Selle käigus näidisvahendite hulk aasta-aastalt üha kasvas, võimaldades muuta õppetööd järjest sisukamaks.

### 3.2.2. Õpperuumid

Rohumaaviljeluse kateeder koondus algusest peale peamiselt Mitsurini 34 (praeguse Lai tänav 34) õppehoonesse, kus esialgu jagati ruume taimekasvatuse kateedriga (foto 4). Võrreldes varem loodud kateedritega oli kasutatavate ruumide arv ja pindala üsna tagasihoidlik ning ei vastanud õppetöö mahule. Kirjas EPA rektorile 13.05.1968. a tõi A. Sau esile, et kateedril on ruume kogupindalaga vaid 179 m<sup>2</sup> ning samal ajal tuleb teha õppetööd 7066 tunni ulatuses. Selle tõttu teeb ta ettepaneku anda kateedri käsutusse ruume Mitsurini 30 hoovipoolses tiivas kokku 224 m<sup>2</sup> ulatuses. Kaks aastat hiljem tõdeb ta kirjas rektorile (15.05.1970. a kiri nr. 70), et olukord pole mingil moel muutunud. Sealjuures ruumidest vaid kaks sobisid õppetöö läbiviimiseks – Mitsurini 34 kolmandal korrusel paiknevad 42 m<sup>2</sup> suurused rohumaaviljeluse ning sordiaretuse ja geneetika õppelaboratooriumid. Nende tehni-



**Foto 4.** Rohumaaviljeluse, hilisema rohumaaviljeluse ja botaanika kateedri „peakorter“ Tartus Mitsurini t 34 (praegune Lai 34; foto R. Lillak).

lisest olukorrast andis hea ülevaate 28.11.1972. a õppeprorektorile saadetud kiri, kus mainitakse, et elektrijuhtmestik on avariolukorras, värv põrandal, seintel ja lagedel kulunud, laevalgustid amortiseerunud, õhustus puudulik, mööbel vananenud ning ruumid ei ole kohandatud projektsiooniaparatuuride kasutamiseks, puuduvad ruumid õppematerjalide säilitamiseks. Samas kirjas mainitakse, et põhilised tehnilised õppevahendid on kateedril olemas, sh oli õnnestunud varustada sordiaretuse ja geneetika suund vajalike mikroskoopidega.

Agronoomiateaduskonnas läbiviidava õppetöö parandamiseks otsustatakse seitsmekümnendate aastate algul Eerikale välja ehitada õppekorpused kõigi teaduskonna kateedrite jaoks. Sellega seoses hakati 1973. a rääkima rohumaa viljeluse kateedri äraviimisest Eerikale (EAA.5387.6.373; protokoll nr. 2). Esialgul siiski siduvaid otsuseid ei järgnenud. Ruumikitsikust aitas ajutiselt lahendada Mitsurini 30 hoovipoolse tiiva teise korruse kasutuselevõtmine loengute ruumina. Tagantjärei võib tõdeda, et kuigi see pidi olema ajutine lahendus, siis tegelikkuses jäi see ka ainsaks lahenduseks.

### 3.3. Teadustöö suunad

Rohumaa viljeluse kateedri töötajate üheks ajamahukamaks tegevuseks oli õppetöö läbiviimise kõrval teadustöö korraldamine. Kevadel ja suvel tähendas see mahukate katsete läbiviimist, sügisel katseandmete analüüsi, talvel artiklite kirjutamist, aruannete koostamist ja edasise teadustöö kavandamist, kevadtalvel aga teadusürituste (konverentsid, sessioonid jm) korraldamist ja nendel osalemist. Töö mahust mingi ettekujutuse saamiseks võiks lähtuda A. Sau poolt tehtud rohumaa viljelusealase uurimistöö ülevaatest aastate 1966-1967 kohta, kus tuuakse välja, et katsete arv oli 1967. a 147, nendes sisaldunud variantide arv 1814 ning katsete all oli kokku 96,2 ha maad (Sau, 1968b). Teadustööd püüti majanduslepingute kaudu võimalikult tihedalt siduda praktilise põllumajandusega. Kasu sellest oli kahepoolne: rohumaa teadus säilitas oma praktilise aluse, mis võimaldas aidata efektiivselt lahendada tootjatel ettetulevaid probleeme ning kateeder sai arenguks vajaliku finantsilise baasi. Lepingute arv oli aastati erinev, kuid jäi perioodil 1969-1973 kümne piiridesse (tabel 1). Rahaliselt jäi nende aastamaht vahemikku 40-60 tuhat rubla. Lepingutest pooled olid sõlmitud erinevate majanditega.

Selleks, et ühtlustada töökoormust, kinnistati noortele kraadiõppuritele ja teaduritele rajoonid, kus nad lepingulist tööd korraldasid. Põlva rajoonis oli selleks E. Kärner, Tartu rajoonis H. Older, Valga rajoonis R. Viiralt ja H. Väljaots ning Võru rajoonis U. Tamm. Tavapäraselt olid lepingualusteks majanditeks need, kuhu oli loodud ka kateedri katsebaasid. Sellisteks olid Mooste nädissovhoos, Sootaga sovhoos ja Otepää sovhoos. Kuigi pooled majanduslepingud olid sõlmitud majanditega, oli sealt saadav rahaline sissetulek suhteliselt väike (ca' kolmandik majanduslepingute kogusummast). Tavaliselt jäi taolise lepingu aastane maksumus alla 5000 rubla. Nende atraktiivsus seisnes hoopis rohumaa viljelusalaste teadustöö tulemuste juurutamises. Selle esiletoomine võimaldas sõlmida lepinguid juba märksa võimekamate

finantspartneritega nagu põllumajanduse ministeerium, Veemajanduse ja Maaparanduse Komitee jt.

Võrreldes eelmise perioodiga oli uurimistemaatika täienenud ning muutunud paljuharuliseks. Keskseks teemaks oli kujunenud erinevates pedokliimaatilistes tingimustes paiknevate kultuurrohumaade uskultviga rajamise ja kasutamise tehnoloogia väljatöötamine. Selle all uuriti rohumaade seemnesevade koostamise põhimõtteid, uskultvide tehnoloogiat, rohumaade väetamise, kasutamise ja hooldamise, sh vihmutamise agronoomilis-majanduslikke küsimusi. Uurimise taustaks olid erinevad maakasutuse, reljeefi- ja pinnasetingimused (niisutuskatsete läbiviimisel), mullastikulased tingimused (mineraal- ja turvasmullad) ning majanduslikud olud (katsed erinevates majandites). Peamiselt keskenduti kultuurkarjamaadele, kuid üha enam lisandus kultuurniitude uurimisele keskendunud teemasid.

Omaette teemaks oli kateedris sordiaretuse ja seemnekasvatuse küsimused. Seda oli siiski suhteliselt raske integreerida rohumaaviljeluse üldise temaatikaga. Pealegi oli sordiaretus ajalooliselt seotud Jõgeva töörühma tegevusega, mistõttu tekkisid probleemid selle rahastamisega. Esialgu püüti keskenduda karjamaa raiheinale kui sellel ajal ühe probleemsema kõrrelise rohumaaliigi selektsioonile ja sordiaretusele, kuid ebaõnnestunult. EPA agronoomiateaduskonna nõukogu 12. veebruari 1971. a koosolekul taotles A. Sau vanemõpetaja N. Russi teadusliku uurimistöö teema muutmist, kuna ENSV Põllumajanduse Ministeerium loobus nimetatud teema finantseerimisest. Uueks teemaks sooviti võtta „Valge mesika sordiaretus ja võrdlev sõödaväärtus“ (EAA.5387.6.327; protokoll nr. 1). Edaspidi võimegi leida rohumaaviljeluse kateedri majanduslepingute nimekirjast just selle teema.

### 3.3.1. Publikatsioonid

Teadustöö olulisemaks väljundiks on alati olnud publikatsioonid, eelkõige artiklid. Nende kirjutamine oli kateedri teadlaskonna talviseks põhitegevuseks. Keskmiselt suudeti avaldada 15 artiklit aastas. Suurem osa nendest (ligi 43%) ilmus erinevates teaduskonverentside ja -sümposionite kogumikes eesti- või venekeelsetena. Kuna selleaegsed artiklite avaldamisvõimalused olid üsna piiratud, vaadeldi teadusürituste raames trükitud artiklite kogumikke kui üht olulist võimalust teadustööde avaldamiseks. Ligikaudu samapalju avaldati artikleid laia levikuga populaarsetes eestikeelsetes ajakirjades ja aastaraamatutes nagu Sotsialistlik Põllumajandus ja Aktuaalset Põllumajanduses. Ligi viiendik publikatsioonidest ilmus üleliidulistes (ka rahvusvahelistes) ajakirjades või kogumikes.

Tabel 1. Rohumaaviljeluse kateedri lepingulise töö maht (rbl) aastatel 1969-1973.

Lepingu nr.	Rahastaja	Aasta				
		1969	1970	1971	1972	1973
1	ENSV Põllumajanduse ministeerium	20000	20000	17800	20000	10000
12	RPI Põllumajandusprojekt	-	-	-	?)	8500
43	Kolhoos „Oktoobri Lipp“	-	-	-	2400	2400
86	Üleliiduline Väetiste ja Agro-mullateaduse Instituut	5000	5000	5000	5000	5000
90	Veemajanduse ja Maaparanduse Komitee	2000	2000	-	-	-
91	Veemajanduse ja Maaparanduse Komitee	5500	6000	6000	4700	4000
139	Sootaga sovhoos	5000	4000	4500	3000	4000
143	Kolhoos „Oktoober“	5000	5000	2000	-	-
144	Mooste Näidissovhoos	4000	4000	4000	4000	4000
180	ENSV Põllumajanduse ministeerium	2000	2000	2000	?)	2500
192	Otepää sovhoos	-	2500	-	-	-
193	Kolhoos „Esimene Mai“	2500	2500	2500	2500	2500
241	ENSV Põllumajanduse ministeerium	-	4000	2500	?)	2000
283	Kolhoos „Linda“	-	-	2000	-	-
311	Zooloogia ja Botaanika Instituut	-	-	800	2000	-
Kokku summa, rbl		51000	57000	49100	43600	44900

?) – Andmed puuduvad

### 3.3.2. Konverentsid, sümposionid, sessioonid

Erinevate teadusürituste korraldamine sai rohumaaviljeluse kateedri lahutamatuks tegevuseks algusaastatest alates. See tegevus täitis üheaegselt mitut olulist eesmärki: saada tuntutust ja tunnustust, sh potentsiaalsete rahastajate hulgas, levitada rohumaalaseid teadustulemusi tootjate seas (nn teadussaavutuste juurutamine) ning laiendada esinemis- ja artiklite publitseerimisvõimalusi. Sisuliselt ei möödunud ühtki aastat, mil kateedri töötajad ei oleks olnud seotud mõne taolise ürituse korraldamisega. Vaadeldava perioodi olulisemateks olid kaks konverentsi, mille korraldajaks oli kateeder.

#### Rohumaaviljelusealane teaduslik konverents 01.-02.04.1968. a

Konverentsi eesmärgiks oli anda ülevaade Eesti rohumaateadlaste teadustöö tulemustest ning arendada koostööd EPA rohumaaviljeluse kateedri ja Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi (EMMTUI) vahel. Sellealane kokkulepe sõlmiti 1967. a ning koostöö üheks väljundiks pidi saama regulaarsete teaduskonverentside läbiviimine. Esimese taolise konverentsi korraldajaks pidi olema

EMMTUI. Sellest lähtuvalt tegi EPA rohumaaviljeluse kateeder 1968. a jaanuaris EMMTUI-le sellealase ettepaneku (EAA.5387.6.291; protokoll nr. 1). Viimane aga keeldus ning konverentsi läbiviimine jäi EPA rohumaaviljeluse kateedri kanda.

Ürituse läbiviimiseks oli jäänud häbematult vähe aega, kuid töötajate entusiasm ja kõrge motiveeritus aitasid hädast välja. Õnneks oli juba jaanuari algusest tegeletud omapoolsete ettekannete formuleerimisega. Muutunud oludes tuli esialgu kavandatud ettekanded aga ümber vaadata. Selleks, et tagada ettekannete maksimaalne kvaliteet, otsustati valminud esitlused kateedris eelnevalt üle kuulata. Selle järel tuli mõnelgi teaduril oma ettekanne ümber teha või seda oluliselt täiendada.

Märtsikuu kulus suuresti konverentsi tehnilisele ettevalmistamisele. Ettekannete ja esinejate kõrval tuli korraldada väljastpoolt Tartut tulnud esinejate majutamine ja registreerimine ning lahendada ruumide, kutsete trükkimise, näituse korraldamise jm küsimused. Märtsi lõpuks jõuti organiseerimistöödega lõpule ning 01. aprillil kell 10.00 avas EPA teaduslaprorektor N. Kozlov aulas pidulikult konverentsi. Kahe päeva peale oli mahutatud 17 ettekannet, millest kümme viisid läbi alles loodud rohumaaviljeluse kateedri teadurid ja õppejõud (foto 5).

Konverents oli kahtlemata üheks versta-postiks kateedri kujunemisel, andes enesekindlust järgnevateks ettevõtmisteks. A. Sau hindas konverentsi üldmuljet rahuldavaks, ilmselt silmas pidades põhimõtet, et alati on võimalik paremini. Samas tõdeb ta uhkustundega, et parimaks oli R. Viiralt ettekanne teemal „Kultuurkarjamaade niisutamise tulemustest ja perspektiividest Eesti NSV-s“ (EAA.5387.6.291; protokoll nr. 10).

### **Kultuurrohumaade ja põllukultuuride niisutamise alane sümposium 1973. a.**

Sümposium toimus 19. ja 20. juulil 1973. a Tartus rohumaaviljeluse kateedri eestvedamisel. Osalejate arv küündis 125 inimeseni. Teemaatika kitsapiirilisusest tulenevalt osales organiseerimistöös kateedri teadlastest vaid A. Sau ja R. Viiralt. Rohumaaviljeluse kateedri kõrval oli kaasatud sümposiumi korraldamisse veel EPA vesiehituse kateeder (A. Maastik, V. Tamm ja H. Haldre) ning rahastajana Eesti NSV Riiklik Maaparanduse ja Veemajanduse Komitee (E. Ratasepp, O. Valing ja K. Vahur). Ürituse esimene päev oli pühendatud ettekannetele, teisel päeval toimusid A. Sau juhtimisel ekskursioonid EPA Ülenurme õppe- ja katsemajandi (Eerika ja Tõrvandi) ning Sootaga sovhoosi vihmutusobjektidele. Sümposiumi materjalid avaldati eraldi kogumikuna (toimetaja R. Viiralt). Selleks, et teema oleks võimalikult põhjalikult ja igakülgsest käsitletud, ei tulnud kogumikus leiduvad materjalid sümposiumil ettekandmisele. Artikleid laekus ürituse organiseerijate kõrval EPA mullateaduse ja agrookeemia kateedrist (autoriteks H. Roostalu ja L. Liin), RPUI-st Eesti Maaparandusprojekt (H. Kaljumäe, T. Tiit, Ü. Parv, V. Rauniste ja J. Johanson) ja EMMTUI-st (V. Kuusk ja P. Viil; Sümposiumi Kultuurrohumaade ja põllukultuuride ..., 1973).





**Foto 5.** Rohumaaviljelusealasest teaduslikust konverentsist osavõtjaid 01.-02.04.1968. a.

Sümposium kujunes omamoodi teetähiseks, mis võttis kokku ja üldistas Eestis põllumajanduskultuuride vihmutamise alal seni tehtud uurimistöö tulemused ja lõi aluse vihmutamise laialdasele kasutuselevõtule vabariigi põllumajandusettevõtetes.

### **Muud üritused**

Nende kahe konverentsi/sümposiumi korraldamisega kateedri tegevus antud aja- perioodil siiski ei piirdunud. Aktiivselt osaleti 1969. a konverentsil „Eesti Põllumajanduse Akadeemia ja põllumajanduslik tootmine“ seitsme ettekandega. Sama aasta oktoobris oli kateedri koosolekul arutelu all teisegi vabariikliku rohumaaviljelusealase teadusliku konverentsi ettevalmistamine 1970. a (EAA.5387.6.308; protokoll nr. 17). Ka kateedri 1970. a. ajajaotusplaanides leidis nimetatud mõte kajastamist (EAA.5387.6.307). Kahjuks jäi see kava mitmete kateedrist mitteolenevate asjaolude tõttu realiseerimata.

1971. aasta suursündmuseks kujunes kateedri poolt veebruaris ja märtsis läbi viidud kultuurrohumaade alane väljasõidusessioon Tartu, Jõgeva, Paide, Valga, Põlva, Viljandi ja Võru rajoonis, millest võttis osa kokku enam kui 1000 inimest (EAA.5387.6.337). Sessiooni kavas oli kaheksa ettekannet, mis käsitlesid rohumaade rajamist ja parandamist, kasutamist, hooldamist ja kasutamist, niisutamist, seemnekasvatust ning veiste suvist söötmist.

Sama aasta aprillis osalesid kateedri teadurid nelja ettekandega agronoomiaalasel teaduslikul juubelikonverentsil Tartus, mille korraldajaks oli EPA agronoomiateaduskond.

## Kokkuvõte

Lühikese ajaga oli kateedri kollektiiv suutnud üles ehitada edukalt toimiva struktuuriüksuse. Majanduslepingute suhteliselt suur rahaline maht võimaldas hoida tööl 30-40 inimest, kes tulid edukalt toime nii kasvavate teadus- kui ka õppetöö mahtudega. Aktiivselt tegeleti õppematerjali loomise, artiklite publitseerimise ning erinevate teadus- ja arendusürituste korraldamisega. Vaatamata üldisele edule ilmnesid mitmed probleemid, mille lahendamine pidi lükkuma tulevikku. Õpperuumide hulk ja kvaliteet ei vastanud laienenud õppetöö vajadustele, eestikeelsete õpikute puudus suurendas auditoorse õppetöö mahtu ning aastatel 1972-1973 kateedrist lahkunud noor, suure potentsiaaliga teadlaskaader (H. Older, U. Tamm ja A. Laugus) tekitasid pingeid edasise õppe- ja teadustöö korraldamisel.

## Tänuavaldused

Autor tänab rohumaaviljeluse kateedri kauaaegseid töötajaid R. Viiraltit, N. Russit, K. Annukit, U. Tamme ja M. Oleskit, kelle mälestused ja fotokogud aitasid ületada mitmeid kitsaskohti käesoleva uurimise läbiviimisel ning ilmestada kirjutatut. Suur tänu A. Annukile, kes võimaldas kasutada oma isa memuaare kateedri ajaloo avamisel.

## Kasutatud kirjandus

### Arhiivimaterjalid (fondid)

EAA.5387 – Eesti Põllumajanduse Akadeemia (Eesti Rahvusarhiiv Tartus)

### Publitseeritud allikad

Lillak, R. 2022. Ühe kateedri lugu. 1. Loomine.– *Agronoomia* 2022: 231-239.

Sau, A. 1968a. Rohumaaviljeluse-alase õppetöö korraldamisest Eesti Põllumajanduse Akadeemias. – Rohumaaviljeluslike tööde kogumik I. Õppe-metoodilised materjalid. Tartu, lk. 28-36 (vene k).

Sau, A. 1968b. Lühiülevaade rohumaaviljeluse-alasest uurimistööst Eesti Põllumajanduse Akadeemias aastatel 1966-1967. – Rohumaaviljeluse-alane teaduslik konverents Tartus 1. ja 2. aprillil 1968. a. Tartu, 14 lk.

Maastik A., Ratasseppe, E., Sau, A., Viiralt, R. (toim). 1973. Sümposiooni Kultuurrohumaade ja põllukultuuride niisutamine materjale. – Eesti NSV Riiklik Maaparanduse ja Veemajanduse Komitee, Eesti Põllumajanduse Akadeemia. Tallinn, 108 lk.

# Kuulus ja tundmatu Harald Johann Perten – I

Rein Lillak

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

---

**Abstract.** Lillak, R. 2024. The famous yet unknown Harald Johann Perten – I. – *Agronomy* 2024.

The paper focuses on the introduction of the life and activities of one of the most famous Estonian scientists and developers, Harald Johann Perten. The historical material has been divided into two parts. This first article deals with the period of 1913–1945: his studies in the Republic of Estonia, work as the manager of the bread industry of his father J. Perten, and the war years until leaving Estonia in August 1944 and rejoining with his family in Sweden in February 1945. The biography is based on the historical sources from the Estonian National Archives, Tallinn City Archives, and various materials available on the Internet.

**Keywords:** Wheat quality, Harald Johann Perten, life and activities, 1913-1945, bread-making, Falling Number instrumentation

---

## Sissejuhatus

Käesoleval aastal möödub 110 aastat ühe kuulsama ja samas noorema põlvkonna jaoks tundmatu eestlase, Harald Pertenini sünnist. Tema elu oli tihedalt seotud toiduainete tehnoloogia valdkonnaga, eelkõige pagaritööstuses üleskerkinud tehnoloogiliste (näit nisu jahu kvaliteedi) küsimuste lahendamisega. Kuna jahutoodete kvaliteet oleneb paljus tooraine omadustest, võib tema tegevust teatud reservatsioonidega paigutada ka taimekasvatusteaduste valdkonda. Samas ei saa teda siiski tänapäeva mõistes kuidagi agronoomiks nimetada, nagu mõnestki allikast võib välja lugeda (<https://peoplepill.com/i/harald-johann-perten>). Kuigi jahutoodete küpsetusomaduste uurimine ja sellega seotud meetodikate täiustamine moodustas tema tegevuse põhiosa, ei piirdunud ta ainult sellega. Väliseesti ringkondades oli ta tuntud fotograafina ja filmioperaatorina, nooremas eas tegeles tulemuslikult mootori- ja laskespordi ning tennisega. Nagu kirjutas ajaleht Teataja tõenäoliselt Arvo Hormi sule läbi (ERA.5010.1.45) tema surmaga seotud järelhüüdes (Teataja, 1992): „Harald Perten oli tõesti üllatustega mees: imeandekas, laiade huvidega ja harrastustega, leidur ja alati agar midagi uut välja nuputama.“

Lähtudes poliitilistest oludest, võib Harald Pertenini tegevuse jagada kaheks selgelt eristuvaks perioodiks. Esimene neist hõlmab lapse- ja koolipõlve ning töötamist isa, Juhan Pertenini pagaritööstuse juhina. Teise pikema perioodi moodustab tema tegevus eksiilis ehk paguluses, mille põhilisteks märksõnadeks oli teadus- ja arendustöö. Just sellel ajal saavutab ta ülemaailmse tuntuse, mis saatis teda nii elueal kui ka hiljem. Arengumaade abistamisprogrammi eksperdina töötas ta Sudaanis ja Senegalis välja meetodid hirs- ja sorgo kasutamiseks leivaviljana, mille eest omistati talle ka FAO eriauhind. Nagu kirjutas 1992. a ajalehes Teataja A. Holm: „See on suurim panus, mida seni üks eestlane on teinud arengumaadele.“ Vähemoluline ei olnud tema tegevus teravilja küpsetusomaduste uurimise meetodika arendamisel. Just tema nimega seostatakse tänapäeval maailmas laialt tuntud ja kasutatavate glu-

teeni indeksi, alfa-amülaasi aktiivsuse määramise kolorimeetrilise ja koostöös Sven Hagbergiga langemisarvu meetodite väljatöötamist.

Kodu-Eestis tuntakse teda vähem ning nooremale põlvkonnale on tema nimi sageli täiesti tundmatu. Käesoleva artikli eesmärgiks on aidata kaasa Harald Johann Perteni pärandi säilimisele ja tutvustada lugejale tema säravat ning mitmekülget isiksust.

## Metoodika

Käesolev uurimus baseerus Eesti Rahvusrhiivis ning Tallinna Linnaarhiivis säilinud erinevate fondide materjalidel, mida on kajastatud Rahvusrhiivi infosüsteemis AIS. Sellele lisaks kasutati Pertenite perekonnaga seotud tähtpäevade selgitamiseks ja kontrollimiseks digitaliseeritud arhiiviallikate andmebaasi Saaga. Tema tegevusi aitasid avada erinevad kirjutised Välis-Eesti ajalehtedes, samuti oli suureks abiks Harald Perteni enda poolt vahetult enne surma koostatud CV ning muud tema selleaegset tegevust käsitlevad kirjutised.

Harald Perteni elu ja tegevust käsitlev ülevaade on jagatud kronoloogiliselt kaheks osaks. Käesolevas artiklis kajastatakse tema tegevust Eesti Vabariigis kuni lahkumiseni Rootsi 1944/1945. a. Teine artikkel on kavandatud avama tema tegevust eksiilis kuni surmani 1992. a.

## Tulemused

### Eesti Vabariigi periood

8. aprillil 1913. a kell pool kaksteist päeval sündis Tallinnas pagaritöökoja pidaja Juhan Jaani poeg Perten ja Liisa Mardi tütar Perten (neiupõlvenimega Brantmann) perre teise lapsena poeg, kes sai selleaegse kombe kohaselt kaheosalise nime Harald Johann (edaspidi lühenes nimi Haraldiks; TLA.1359.2.52). Vanemate tegevuse kaudu puutus uudishimulik ja terane poiss juba varases nooruses kokku leivaküpsetamise rõõmude ja muredega, mis määras ära kogu tema edasise elutee.

Haraldi koolitee algas kuueaastaselt J. Westholmi poeglaste era-humanitaargümnaasiumis, mille ta lõpetas heade tulemustega 6. juunil 1930. a. Tegu ei olnud siiski tänapäeva mõistes oivikuga. Kuigi tunnistusel domineerisid head hinded (selleaegsed kõrgeimad hinded), siis tulevasel maailmakodanikul oli raskusi just keeltega, mida hinnati rahuldavateks (erandiks oli hea hinne prantsuse keeles). Samuti polnud ta eriti vaimustunud joonistamisest ja joonestamisest. Avalikkude keskkoolide seaduse alusel oli tal pärast kooli lõpetamist õigus ilma eksamiteta astuda ülikooli ja selle õiguse ta realiseeris samal aastal. 15. septembril 1930. a allkirjastas rektor J. Kõpp matrikli nr 11068, mis kinnitas, et „Harald Perten on seaduspäraselt Tartu Ülikooli üliõpilaste nimekirja täiendatud.“ Õppima asus ta õigusteaduskonna majandusteaduse osakonda, kus ühines ka korporatsiooniga Vironia. Tartu Ülikoolis avaldus tema suur töövõime ja anne esimest korda täies ulatuses. Peale kahte ja poolt aastat õppimist esitas ta ülikooli rektorile 24. jaanuaril 1934. a palve lugeda õigusteaduskonna majandusteaduse osakond uue õppekava järele lõpetatuks,

kuna ta on sooritanud kõik eksamid ja praktilised tööd. Tegu oli pretsedendiga ning rektori resolutsioon oli esialgu eitav, kuid mõni päev hiljem tegi Ülikooli Valitsus õigusteaduskonnakogu majandusteaduse osakonna õppejõudude konverentsi taotlusel ettepaneku tunnistada Harald Perten majandusteaduse osakonna lõpetanuks ja anda talle välja diplom. Esialgu anti välja siiski vaid ajutine tunnistus, mis väljastati 2. veebruaril 1934. a. Diplom numbriga 4614 kandis kuupäeva 14. 11. 1939. a.

Ülikooli lõpetamise järel pühendas Harald isa pagaritööstuse juhtimisele aadressil Liivalaia 3a. Nagu ta oma CV-s kirjutab, töötas pagaritööstus sellel ajal vaid poole koormusega. Arhiivimaterjalidest (ERA.959.2.6136) selgus, et töölisi oli sellel ajal palgal keskmiselt 3-4. Lühikese ajaga suutis noor juht suurendada tootmist kaks korda, mille tulemusena suurenes ka rakendatud tööliste arv 6-7-ni (ERA.959.2.6139). Majandustegevuse aktiveerumistest andis kaudselt tunnistust ka majandusministeeriumi Patendiametis 20. aprillist 1936. a Juhan Perteni leivatööstuse kaubamärgi „I.P.“ registreerimine (ERA.916.5.235).

Paar aastat peale ülikooli lõpetamist tabas perekonda raske löök. 15. detsembril 1937. a suri kopsuvähki 69 aasta vanuses perekonnapea Juhan Perten. Viimase nimel olnud kinnis- ja vallasvara jagati võrdselt laste, Selma Irene Perteni (hilisema perekonnanimega Kukk) ja Harald Johann Perteni vahel. Sealjuures peab selguse huvides mainima, et Pertenite perekonna vara oli eelnevalt jagatud võrdselt ema ja isa vahel (TLA.1361.4.2026). Nüüd tuli Haraldil hakata täitma ettevõtte juhi kõrval ka omaniku rolli.

Tartu Ülikool oli andnud küll põhjalikud teadmised majandusest, kuid ei andnud õigust töötada pagaritöö alal. Selle tõttu esitas Harald Perten 14. aprillil 1938. a Tallinna tööoskusametile palve lubada sooritada üheaegselt õppinud töölise ja meistri kutseeksamid rukkileiva, saia ja sepiku küpsetamise tööalal. Muuhulgas tõi ta põhjenduses esile, et oli õppinud seda tööala oma meistrist isa leivatööstuses koolivaheaegadel ning tegutsenud sel alal juba üle kümne aasta. Mõlemad eksamitööd läksid edukalt ja 18. mail 1938. a omistati talle meistri kutse (tunnistus nr. 381). Mõni nädal hiljem registreeriti Harald Perten Tallinna tööoskusametis meistrina rukkileiva, saia ja sepiku küpsetamise tööalal (ERA.1569.3.3666). Hiljem eksiilis olles aitas just see tunnistus teda Rootsis erialast tööd leida.

Aastatel 1936-1939 toimunud korduvad äri- ja õppereisid Lääne- ja Põhja-Euroopa riikidesse (Saksamaale, Prantsusmaale, Rootsi jm) aitasid noorel juhil hoida vaimu värskena, laiendada silmaringi ning saada uusi ideid oma tootmise arendamiseks. Tõsi küll, mõnigi välissõitudest oli vähemalt osaliselt seotud tema selleaegse hobi, mootorisportiga (ERA.1647.2.435).



Harald Perten Juhan Perteni leivatööstuse juhina 1936. a.



Eesti Vabariigi okupeerimise järel Nõukogu Liidu poolt 1940. a toimusid muutused ka Harald Perteneni elus. Juhan Perteneni leivatööstus (kinnistu nr. 3316) väärtusega 60895 kr natsionaliseeriti. Töenäoliselt lõppes sellega ka leivatööstuse tegevus. 1. novembril 1942. a anti linnakomissari otsusega Liivalaia 3a kinnisvara tagasi endisetele omanikele, kuid leivatööstust üleandmise protokollis ei mainitud (TLA.R-1.6-1.613). Küll aga on Rahvusarhiivis säilinud huvitav dokument aastatest 1942-1943: toimik nr. 3 „Natsionaliseeritud Harald Pertenini linaturbiini, Saardes, tagasiandmise asjus“ (ERA.R-66.1.1128). Tundub, et olles isa leivatööstuse juht, püüdis ta samal ajal kinnitada kanda linatööstuses, ostes 1939. a detsembris Belgiast linakiu ja taku tootmiseks linaturbiini. Kahjuks jäi selle omanik natsionaliseerimise käigus turbiiinist ilma. Kindralkomissar asus selle tagastamisel eitavale seisukohale, kuna see olevat olnud juba kasutusele võetud sõjaliselt tähtsate tööde tegemiseks.

Üldiselt on Harald Pertenini tegevuse kohta aastatel 1940-1944 vähe informatsiooni. On teada, et aastal 1940 abiellus ta Hella Schönbergiga ning neil oli 1944. aastaks sündinud poeg Peeter. Ilmselt oli see ka põhjuseks, miks Harald pere ainukese toitjana ei kuulunud 1944. a algul saksa sõjaväkke mobiliseerimise alla. Samuti on teada, et sellel ajal tegeles ta aktiivselt oma teise hobiga, fotograafia ja filminudusega. Sellest perioodist pärinevad tema amatöörfilmid „Tallinn 1944“ ja „Eesti rannast Rootsi randa“ (<https://www.efis.ee/et/inimesed/id/2347/biograafia>).

## Põgenemine eksiili

Nõukogu vägede jõudmisel Eesti piiridesse 1944. a kerkis paljudel eestlastel üles edasise tegevuse küsimus. Liiga selgelt oli meeles 1940. ja 1941. a repressioonid. Nagu paljud teised, nii otsustas ka Harald Perten Eestist lahkuda. Olles eelnevalt saatnud oma perekonna (oma teist last ootava naise ja lapse, võimalik et ka ema) Rootsi, asus ta koos eestirootslastega 1944. a augusti lõpul Haapsalu sadamas väikesele kalalaevale, et ühineda oma perekonnaga. Sõit kujunes ootamatult komplitseerituks ja oodatust oluliselt pikemaks. Rooliratta purunemise järel Läänemerele juhitavuse kaotanud aluselt korjas Saksa sõjalaev merehädalised üles ja viis nad kõigepealt Kuramaale Liepaja sadamasse. Seal kulges Haraldite tee edasi Danzigisse, kust punaarmee pealetungi tõttu 1945. a algul sõitis edasi Berliini ning alles 1945. a veebruaris võis perekond Stockhomis taasühinemist tähistada ([https://icc.or.at/images/CVs/Perten\\_Harald\\_CV.pdf](https://icc.or.at/images/CVs/Perten_Harald_CV.pdf)).

## Kokkuvõte

Harald Pertenini noorus möödus Eesti Vabariigis. Andekas ja sihikindel noormees lõpetas Tartu Ülikooli 20 aastaseks, mis oli selleaegset praktikat arvestades erakordne saavutus ning asus seejärel oma isa leivatööstust juhtima. Siingi oli ta edukas, suurendades lühikese ajaga tootmist kaks korda. Kahjuks katkestas selle tõusu sõda ja nõukogude okupatsioon. Tuleb tunnistada, et võrreldes paljude eakaaslastega, Harald Pertenil vedas. Lahkudes üsna viimaste seas Eestist, jõudis ta pärast seiklusrikast teekonda 1945. a algul Rootsi. Algas eksiiliperiood, mil tema täht, vaatamata esialgsetele raskustele, lõi teadlase ja arendajana tõeliselt särava.

## Tänuavaldused

Autor tänab Illimar Altosaart ja Evelin Loit-Harrot, kes käisid välja huvitava idee tutvustada Harald Johann Pertenit laiemale lugejaskonnale tema 110. sünniaastapäeva kontekstis ja kes olid sealjuures igakülselt abiks materjali otsimisel.

## Kasutatud kirjandus

### Arhiivimaterjalid (fondid)

- EAA.2100 – Eesti Vabariigi Tartu Ülikool
- ERA.891 – Kaubandus-Tööstuskoda ja allasutused
- ERA.916 – Patendiamet
- ERA.959 – Tallinna Ühine Haigekassa
- ERA.1569 – Tallinna Tööoskusamet
- ERA. 1647 – Harju Maa-amet
- ERA.5010 – Arvo Horm, majandusteadlane ja ühiskonnategelane
- ERA.R-66 – Majandus- ja Rahandusdirektorium
- TLA.1359 – Sündinute ja ristitute nimekiri. II pihtkond
- TLA.1361 – Tallinna-Harju Maksuamet
- TLA.R-1 – Tallinna Linna Rahvasaadikute Nõukogu Täitevkomitee

### Publitseeritud allikad

- [https://icc.or.at/images/CVs/Perten\\_Harald\\_CV.pdf](https://icc.or.at/images/CVs/Perten_Harald_CV.pdf)
- <https://peoplepill.com/i/harald-johann-perten>
- <https://www.efis.ee/et/inimesed/id/2347/biograafia>

# Tass kohvi, palun! Aga mida sa kohvipaksuga teed?

Tõnu Tõnutare<sup>1</sup>, Raimo Kõlli<sup>1</sup>, Tõnis Tõnutare, Kadri Krebstein, Kersti Vennik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, <sup>2</sup>Kaitseväge Akadeemia

---

**Abstract.** Tõnutare, T., Kõlli, R., Tõnutare, T., Krebstein, K., Vennik, K. 2024. A cup of coffee, please! But what you do with spent coffee ground? – *Agronomy* 2024.

Nowadays, coffee is one of the most widely consumed beverages around the world, and a significant amount of residue — the spent coffee grounds (SCG) — is produced from brewing coffee. This residue is a rich source of mineral elements and several organic and bioactive compounds. The main compounds in SCG include carbohydrates (polysaccharides cellulose, hemicellulose), proteins, lipids, lignins, and polyphenols. Unfortunately, most of the produced SCG is dumped in landfills or incinerated as a solid fuel. According to several researchers, SCG can be used as a raw material for producing biodiesel fuel, bioethanol, biogas, biochar, and biopolymers. SCG is also used for producing several bioactive compounds for food, cosmetic, and pharmaceutical factories. The effects of SCG utilization in agriculture are currently debated. One of the eco-friendly reuses of SCGs is their application as a soil improver and natural fertilizer. Coffee brewing residues can be applied to the soil directly or after some type of processing (composting, vermicomposting, pyrolyzing). The results of studies show varying outcomes for plant growth depending on the type of processing, the amounts of SCG used, and the type of plants. Therefore, more research is needed to evaluate the potential of SCG byproducts as effective and environmentally safe organic amendments for improving soil and substrate fertility.

**Keywords:** Spent coffee ground, composting, soil improve agent, valorization of coffee extraction residues

---

## Sissejuhatus

Kohvi on üks populaarsemaid jooke maailmas ning on maailmas kaubeldava kaubana naftatoodete järel tähtsuselt teisel kohal (Mussatto jt, 2011). Kohvi valmistamiseks ekstraheeritakse klassikaliselt kuuma veega eelnevalt röstitud ja jahvatatud kohviube. Kohvi kui joogi valmistamisel tekib paratamatult jääkprodukt – kohvipaks. Väga suures ulatuses läheb see seni prügisse. Valdavalt olmeprügisse, osaliselt aga biolagunevasse prügisse kohtades, kus on organiseeritud prügi liigiti kogumine. Seoses vastu võetud ringmajanduse direktiiviga on mõttekas vaadata kohvipaksu aga kui perspektiivset toorainet kasutamiseks erinevates valdkondades. Käesoleva artikli eesmärk on anda ülevaade kohvipaksu omadustest ja koostisest. Samuti tutvustada kohvipaksu kasutusvõimalusi nii energia kui tooraine allikana, eriti mullaparandusainena aianduses ja põllumajanduses.

## Kohvi päritolu

Kohvi kasvatatakse tänapäeval enam kui 60 riigis, mis asuvad eranditult piirkonnas, mida nimetatakse “kohvivööndiks”. „Kohvivöönd“ kulgeb üle kogu maakera Kaljukitse ja Vähi pöörjoone vahel. Kohvi kasvatamisega tegeletakse 12,5 miljonis kohvifarmis, millest 85% on väiksemad kui 2 hektarit. Hinnanguliselt toodavad väi-



ketalunikud kuni 73% kogu kohvist. Lisaks juhivad neljandikku neist farmidest naised, kes annavad kuni 70% kohvitootmise tööjõust (European Coffee Federation).

## Kohvi tarbimine

Kohvi tarbimine kasvab maailmas aasta aastalt. Euroopa on maailma suurim kohvitarbimise piirkond, kus tarbitakse 39,8% kogu maailma kohvitoodangust (Joshi, 2023). Vastavalt ICO (ICO, 2023) andmetele tarbiti Eestis 2019/2020 aastal 8900 t ja 2022. aastal ECF andmetel (European Coffee Report 2022/2023, 2023) 6000 t kohvi (mõlemad andmed on saadud modelleerimisel), samal ajal Soomes 49 000 tonni. Suurim kohvitarbija Euroopas on Saksamaa 450 000 tonniga. 2022. aastal tarbiti EL-s keskmiselt 5,7 kg kohvi inimese kohta aastas, suurim oli tarbimine inimese kohta Soomes, keskmiselt 11,8 kg aastas. Eestis oli see rohkem kui poole võrra väiksem kui Soomes, 4,17 kg (Statista, 2024). Samas aga oli see 5,56 kg inimese kohta 2019. aastal (Coffee Consumption Statistics, 2024). Kogu Euroopa Liidu kohvi sektori väärtus tõusis 25,93 miljardi euron 2022 aastal. Eestisse imporditud kohvist moodustasid 497 t rohelised kohvioad, 5967 t röstitud kohvi ja 258 t lahustuv kohvi (European Coffee Federation).

Sõltuvalt kohvi töötlemisest ja valmistamisest on tekkiv jäätmete hulk erinev. Lahustuva kohvi tootmisel tekib Stylianou jt (2018) andmetel 1 kg lahustuva kohvi kohta 2 kg kõrge niiskuse sisaldusega jääkprodukti. Kohvi valmistamiseks kasutatud 1 g jahvatatud kohvist tekib keskmiselt 0,91 g kohvipaksu (Tan jt, 2020; Barrios jt, 2022). Arvestatakse, et 1000 kg rohelistest ubadest tekib kohvi valmistamisel 650 kg jäätmeid (Kookos, 2018).

Kohvi valmistamisel tekkiv kohvipaks on rikas nii erinevate mineraalelementide kui ka bioaktiivsete ühendite sisalduse poolest. Bioaktiivsete ühendite hulk sõltub sordist ja valmistamise meetodist. Kohvipaks koosneb valdavalt süsivesikutest, ligniinidest, lipiididest ja proteiinidest (Bomfim jt, 2023). Oluliseimad kohvipaksu koostises olevad ühendid on antioksidandid (kofeiin, polüfenoolid, klorogeenhape, melanoidiinid jt) ja diterpeenid, mis mitte ainult ei tingi spetsiifilist lõhna vaid mõjutavad ka füsioloogilist toimet inimorganismile (Solomakou jt, 2022). Kohvipaks sisaldab veel ka flavonoide, karotenoide, ksantiine, vitamiine jt ühendeid (Stylianou jt, 2018). Tänu sellisele koostisele on kohvipaks väärtuslik perspektiivne tooraine erinevate toodete valmistamiseks.

## Kohvi keemiline koostis

Kohvioad koosnevad keskmiselt 30%-st lahustuvatest ja 70% mitte lahustuvatest ühenditest. Valdav osa lahustuvatest ühenditest ei ekstraheeru kohvi pulbrist esimese ekstraheerimise ehk siis kohvi valmistamise ehk nn „keetmise“ jooksul saadavasse jooki. Kohvi koosneb rohkem kui 1000-st erinevast bioaktiivsest ühendist, millest 60% on erinevad polüsahhariidid. Enamik polüsahhariididest laguneb röstimise protsessi käigus. (Nguyen jt, 2023). Klorogeenhappe sisaldus on vahemikus 4,0–8,0 mg kg<sup>-1</sup> ja kogu polüfenoolide sisaldus jääb vahemikku 8,6–8,8 mg kg<sup>-1</sup> (Arya jt, 2022).

Kohvi keemiline koostis sõltub nii liigist kui ka kasvukoha geograafilisest asukohast. Robusta (*Coffea canephora*) oad sisaldavad keskmiselt rohkem P ja Cu ning vähem Mn kui arabika (*Coffea arabica*) oad (Santato jt, 2012). Kahe mandri nelja riigi 10 kohvikasvatuse piirkonnast pärit arabika ubade analüüsi tulemused näitavad geograafilisest piirkonnast tingitud erinevusi kohviubade keemilises koostises. Cr ja Pb leitud ainult Aafrikast pärit kohviubades, seleeni seevastu aga ainult Lõuna-Ameerikas kasvatatud ubades (Sim jt, 2023). Kohviubade keemilise koostise sõltuvuse iseloomustamiseks geograafilisest piirkonnast on tabelis 1 esitatud nelja erineva regiooni kohviubade elementide sisaldused. Lõuna-Ameerika kohviubade madalaimad K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ja

**Tabel 1.** Roheliste kohviubade keemiline koostis Sim jt (2023) ja Santato jt (2012) andmetel

Element, ühik	Aafrika (n=30)		Lõuna- Ameerika (n=30)		Kesk-Ameerika (n=17)		Aasia, (n=17)	
	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks
Kaalium, g kg <sup>-1</sup>	15,2	19,2	2,6	17,3	14,9	19,7	15,6	21,6
Kaltsium, g kg <sup>-1</sup>	0,68	1,34	0,16	1,29	0,91	1,57	0,95	1,36
Magneesium, g kg <sup>-1</sup>	1,59	2,22	0,36	1,94	1,63	2,21	1,48	2,12
Naatrium, g kg <sup>-1</sup>	10,0	24,4	10,1	10,5	4,57	21,1	5,27	31,5
Fosfor, g kg <sup>-1</sup>					1,07	1,46	1,12	1,56
Raud, mg kg <sup>-1</sup>	20,1	31,6	5,3	31,2	21,0	37,4	21,1	36,5
Mangaan, mg kg <sup>-1</sup>	11,57	49,1	4,40	29,9	12,2	34,6	10,2	35,6
Tsink, mg kg <sup>-1</sup>	3,6	14,1	0,9	6,9	2,49	3,59	2,88	3,96
Vask, mg kg <sup>-1</sup>	10,52	17,7	1,6	17,7	7,12	13,8	6,95	16,4

Cu sisaldused on oluliselt madalamad võrreldes teistelt mandritelt pärit kohviubade miinimum sisaldustega. Samas on aga Aafrikas kasvatatud ubade puhul maksimaalsed Mn ja Zn sisaldused oluliselt kõrgemad teiste regioonide omadest.

### Kohvi jäägi keemiline koostis

Kohvi jäägi keemiline koostis sõltub kasutatava oa keemilisest koostisest ja ka kohvi valmistamise protseduurist ning kasutatavatest vahenditest. Võrreldes ubadega on kohvipaksus oluliselt madalamad K ja Na sisaldused (tabel 2). Tõenäoliselt on selle põhjuseks K ja Na ühendite väga hea lahustuvus ja seega ka nende suur ekstraheeruvus vette kohvi valmistamisel.

**Tabel 2.** Keemiliste elementide ja tuha sisaldus kohvipaksu kuivaines erinevate uuringute andmetel

Element, ühik	Maroko, Agadir <sup>a</sup>		Portugal, Braga <sup>b</sup>
	madalaim	kõrgeim	
Kaalium, g kg <sup>-1</sup>	4,7	8,3	11,7
Kaltsium, g kg <sup>-1</sup>	1,4	6,2	1,2
Magneesium, g kg <sup>-1</sup>	1,2	2,5	1,9
Naatrium, g kg <sup>-1</sup>	0,3	2,6	0,03
Fosfor, g kg <sup>-1</sup>	1,1	1,6	1,8
Raud, mg kg <sup>-1</sup>	42	894	52
Mangaan, mg kg <sup>-1</sup>	16	43	29
Tsink, mg kg <sup>-1</sup>	8	16	8,4
Vask, mg kg <sup>-1</sup>	19	39	18,7
Lämmastik, %			2,8
Tuha sisaldus, %	2,1	3,6	1,3
Kohvipuu liik	Robusta ( <i>Coffea canephora</i> ) ja arabika ( <i>C. arabica</i> )		Robusta ( <i>C. canephora</i> ) ja arabika ( <i>C. arabica</i> )

Andmete allikad: a – Bijla jt, 2022; b – Bellestros jt, 2014.

Kohvipaksu väärtuse hindamisel on väga oluline selle koostises olevate erinevate orgaaniliste ühendite sisaldus. Valdavalt koosneb kohvipaks erinevatest süsivesikutest, millest suur osa langeb kiudainete arvele (tabel 3). Kohvipaksus olevate süsivesikute hulka kuuluvad lisaks kiudainetele (tselluloos, hemitselluloos, ligniin) ka suhkrud (Arya jt, 2022). Suur on ka polüfenoolsete ühendite, tanniinide sisaldus kohvipaksus (Cruz-Lopez jt, 2017). Olulisel määral sisaldab kohvipaks ka valku ja õlisid.

Kohvipaks koosneb suurel määral (45%) tselluloosi ja hemitselluloosi koostisesse polümeriseerunud suhkrutest (Musatto jt, 2011). Röstimise käigus polüsahhariidide (välja arvatud tselluloos) lahustuvus suureneb, kuna polümerisatsiooni aste väheneb (Franca jt, 2022). Kui tselluloosi ahel koosneb ainult glükoosi molekulidest, siis hemitselluloos koosneb kolmest suhkrust: mannoosist, galaktoosist ja arabinoosist. Suhkrute omavaheline suhe on erinevates uuringutes erinev. Musatto jt (2011) andmetel on kohvipaksus 46,8% mannoosi, 30,4% galaktoosi, 19,0 glükoosi ja 3,8% arabinoosi. Simões jt, (2009) järgi on aga 57% mannoosi, 26% galaktoosi, 11% galaktoosi ja 6% arabinoosi. Suur erinevus erinevate autorite poolt leitud suhkrute sisalduses on tingitud kohviubade erinevast keemilisest koostisest ja röstimis- ja ekstraheerimis protsesside erinevustest (Campos-Vega jt, 2015).

**Tabel 3.** Kohvipaksu (1–5) keemiline koostis (%) erinevate allikate<sup>a</sup> andmetel.

Ühendid	1	2	3	4	5
Tanniinid, polüfenoolid				30,4	
Õlid ja rasvad	8,6–18,6		2,3		2,3
Niiskus					9,4
Valgud	13,9–16,1		17,4	9,3	13,5
Süsivesikud	61,8– 70,4				71,7
Hemitselluloos		24,6	39	28,4	39,1
Tselluloos		17,2	12	10,8	12,4
Ligniin		9,5	24	10,7	23,9
Kogu seeduv kiudaine			60,5		60,5

Allikad: 1 – Bijla jt, 2022; 2 – Setiawan jt, 2020; 3 – Ballesteros jt, 2014; 4 – Cruz-Lopes jt, 2017; 5 – Arya jt, 2021

Kofeiini sisaldus rohelistes kohviubades jääb vahemikku 0,8–2,5% ja sõltub oluliselt kohvi sordist. Enamasti on arabika rohelistes ubades kofeiini sisaldus 0,8–1,5%, robusta puhul aga 1,6–2,2% (Bicho jt, 2013). Röstimise tulemusel kohviubade kofeiini sisaldus kasvab ning robusta puhul on see vahemikus 1,7–4,0%, arabika puhul aga jääb endiselt 0,8–1,4% (Gaibor jt, 2020.). Kuigi kohvi valmistamisel ekstraheerub vette suur hulk kofeiini jääb seda küllatki palju ka kohvipaksu. Kofeiini sisaldus kohvipaksus sõltub oluliselt ekstraktiooni meetodist. Kohvipaks võib sisaldada 18–48% rohelistest kohviubadest ja 8–31% röstitud kohviubadest superkriitilise CO<sub>2</sub> ekstraktiooniga (meetod, mida kasutatakse kofeiinivaba kohvi valmistamiseks) eraldatavast kofeiinist (Campos-Vega jt, 2015). Espresso tüüpi kohvi valmistamisel, tingituna väga lühikesest ekstraktiooni protsessi kestvusest, jääb kohvipaksu 15–25% algmaterjalis sisaldunud kofeiinist (Oestreich-Janzen, 2010). Kohvipaksu kofeiini sisaldus jääb erinevate uurimistööde alusel vahemikku 0,007–0,5% (Andrade jt, 2012; Cruz jt, 2012; Murty, Naidu, 2012; Ramalakshmi jt, 2009).

### Kohvi jäägi kasutusvõimalused

Kohvi valmistamisel tekkiva jäägi kasutamisel on väga palju erinevaid võimalusi, kuid praktiliselt kasutatakse neid väga piiratud hulgal. Potentsiaalsed kohvipaksu kasutusalaad on:

- Tahke küttematerjalina, pelletid;
- Õli, biodiislikütuse, bioetanooli, bioöe ja biogaasi tootmine;
- Erinevate orgaaniste ja bioaktiivsete ühendite tootmine toiduainete, kosmeetika ja farmaatsia tööstusele;
- Absorbent erinevate saasteainete püüdmiseks;
- Täitematerjal ehitusmaterjalide tootmisel;
- Mullaparandusaine, substraat taimede kasvatamisel, kompostide valmistamine;
- Biosöe, veesöe, aktiivsöe tootmine.

Pacioni jt (2016) on valmistanud kasutatud kohvipaksust biosütt kütteväärtusega 28 MJ kg<sup>-1</sup>. Kang jt (2017) on näidanud, et kohvipaks sobib kasutamiseks väikestes, kuni 6,5 kW võimsusega kütteseadmetes. Kohvipaksu kasutamist kütusena piirab aga tema kõrge vee sisaldus ja suur tahkete osakeste emissioon põlemisgaasidega. Kasutatud kohvipaksu osakeste suurus sõltub jahvatamiseks kasutatud masinast ja kohvi valmistamise tehnoloogiast. Kang jt 2017. a. teostatud uuringus kasutatud kohvipaksus oli 68% osakeste suurus vahemikus 250–500 µm. Teine olulisim fraktsioon oli 100–250 µm 28%-ga. Seega valdavalt jääb osakeste diameeter kohvipaksus vahemikku 100–500 µm.

Šveitsi 3R kompanii valmistab kasutatud kohvipaksust pressitud brikette grillimiseks ja ka küttekolletes kasutamiseks (Itten jt, 2011). Kohvipaks sisaldab vaheult peale valmistamist rohkem kui 55% vett. Seetõttu on ka värsked kohvipaksu kütteväärtus madal, ~ 8,4 MJ kg<sup>-1</sup> ligikaudu võrdne kuuse koore ja toorest puidust hakke kütteväärtusele). Seevastu kui kohvipaksu niiskuse sisaldus jääb alla 15%, siis kasvab kütteväärtus 18,8 MJ/kg, mis on oluliselt kõrgem kui tavalisel kütteks kasutataval puidu pelletil. Samas tänu suuremale vesiniku sisaldusele on kohvipaksul (8–10% vee sisalduse juures) kõrgem kütteväärtus kui puidu pelletil. Negatiivseks pooleks on aga kõrgem N sisaldus (1,4% võrreldes 0,42% puidust pelletis), mis toob endaga kaas kõrgema NO<sub>x</sub> sisalduse põlemisel tekkivas suitsus (Kang jt, 2017). Maailma suurim toiduainete tööstuse kontsern Nestlé on lubanud alates 2020 aastast kasutada kohvi töötlemise jäätmeid taastuenergia allikatena oma rohkem kui 20-s Euroopas asuvas tehases (Campos-Vega jt, 2015).

Kohvipaksust ekstraheerimisel saadud õlide uuringu tulemused näitavad, et need on oma omadustelt samaväärsed või isegi paremad kui sünteetilised industriaal ja mootori õlid. Võrreldes mitmetes uuringutes standardina kasutatava õliga PAO 8 on kohvi paksust toodetud õli hõõrdetegur väiksem kui sünteetilisel õlil, ning isegi juba 5% kohvist saadud õli lisamine vähendab sünteetilise õli hõõrdetegurit. Samuti näitavad katsed, et oksüdeerivas atmosfääris on kohvist saadud õlil tunduvalt kõrgem oksüdeeriva lagunemise temperatuur (281 °C) kui sünteetilisel õlil (241 °C) (Pichler jt, 2023). Seetõttu on see toode perspektiivne nii autotööstuse kui ka teiste mehhaanikaga seotud tööstuste, sealhulgas eriti toiduainete tööstuse jaoks.

Suur osa kohvipaksust ekstraheerimise teel saadud õli kasutatakse biodiiselkütuse tootmiseks transesterifikatsiooni teel. Segavaks teguriks biodiiselkütuse valmistamisel on ekstraktsiooniproducti kõrge happesus ja vee sisaldus. Õli saagikus erinevate uurijate andmetel on 60–173 g kg<sup>-1</sup> kohvipaksu kohta ning saadud biodiisli kogus 22–138 g kg<sup>-1</sup> kohvipaksu kohta. Saadud kütuse kütteväärtus on 40 MJ kg<sup>-1</sup> (Marx jt, 2022).

Kasutatud kohvipaksu happelisel hüdrolüüsil 5%-list väävelhapet kasutades on võimalik saada hüdrolüsaate, mille suhkrusisaldus on kuni 33 g L<sup>-1</sup> (saagis kuni 29%) (Juarez jt, 2018). Sellise suhkrusisaldusega lahused on sobilikud kasutamiseks fermentatsiooni protsessides. Kohvi valmistamisel tekkinud jäägi ottsel hüdrolüüsil ja fermentatsioonil pärmseente abil (*Saccharomyces cerevisiae*) on saadud 0,18–0,22 L etanooli kg kuiva kohvipaksu kohta (Tehrani jt, 2015). Kuigi enamuse kohvipaksust saadavast etanoolist kasutatakse kütusena on sellele ka eran-

deid. Kohvipaksust hüdrotermilise ekstraktsiooni, fermentatsiooni ja destillatsiooni tulemusel on õnnestunud toota ka toidukvaliteediga alkoholset jooki (Sampaio jt, 2013). Antud kohvile omase lõhnaga joogis on identifitseeritud 17 erinevat lenduvat ühendit. Vaatamata kirbele maitsele on see jook sensoorse analüüsi tulemusena tunnistatud meeldivaks ning saanud soovitusel omadusi vaadis laagerdamisega veelgi parandada (Sampaio jt, 2013).

Passos jt (2017) soovivad kasutada kohvis sisalduvaid melanoidiine alternatiivina pagaritööstuses kasutatavale pruuni värvi ammooniumkaramellile kui kõrge suhkru sisaldusega ainele. Kohvis sisalduvad melanoidiinid on samuti pruuni värvi, kuid toorainest tingitud kõrge kofeiini sisaldus takistab nende otsest kasutamist pagaritööstuses. Passos jt (2017) poolt välja töötatud fraktsioneerimise meetodika võimaldab eraldada melanoidiinid kofeiinist ning saada sobivate omadustega pruun värvaine küpsiste ja teiste pagaritoodete valmistamiseks. Küpsiste valmistamisel kuni 10% jahu asendamine kuivatatud ja jahvatatud kohvipaksuga annab tootele parema keemilise koostise (kõrgem kiudainete, proteiini ja niiskuse sisaldus, väiksem süsivesikute sisaldus) ja väiksema energia sisalduse ning on samal ajal ka heade sensoorse analüüsi tulemustega (Koay jt, 2023). Peshev jt (2018) on aga oma uurimistöös näidanud, et kõrge kofeiini ja anti-oksüdantide sisaldus kohvipaksus teeb ta sobivaks tooraineks karastus- ja energiajookide valmistamisel.

Kua jt (2016) poolt läbi viidud uuringu tulemused näitavad, et kohvipaksu võib kasutada ka ehitusmaterjalide tööstuses. Kasutades kohvipaksu töötlemiseks leelist on õnnestunud valmistada komposiitmaterjal. Tsementeerimiseks lendtuhka ja šlakki kasutades on saadud materjal mis oma omadustelt on vastav maantee aluse valmistamiseks kasutatavale täitematerjalile esitatavatele nõuetele. Lisaks näitavad uuringud, et selle materjali kasutamine teede ehituses ei too kaasa ei mulla ega pinnaevis lisasaastumist (Kua jt, 2019).

On teostatud uuringuid selgitamaks kohvi kasutamist keskkonnasõbraliku värvainena tekstiilitööstuses nii villa, siidi kui ka puuvillase materjali värvimiseks. Nguen jt (2023) on välja töötanud optimeeritud retsepti puuvillase kanga värvimiseks kohvi paksu kasutades.

Kohvipaksu on uuritud ka kui biolagunevate polümeeride võimalikku toorainet. Kohvipaksust ekstraheeritud polüfenoolidest on *Bacillus megaterium* ja *Burkholderia cepacia* abil õnnestunud sünteesida polüühüdroksüalkanoaate (PHA), biolagunevaid polümeere (Obruca jt, 2015). Kohvipaksust eraldatud õlist on *Cupriavidus necator* abil õnnestunud toota samuti PHA rühma kuuluvat biopolümeeri polü-(3-hüdroksübutüraati) (Obruca jt, 2014).

### **Kohvi jäägi kasutamise võimalused põllumajanduses**

Tahke kohvipaks on paljulubav taimedele kasvuks vajalike toitainete allikas, kuna tema omadused lubavad eeldada mulla struktuuri ja aeratsiooni parandamist ning samuti viljakuse kasvu. Kohvipaksu kasutamine mullaparandusainena vajab teaduslikke kinnitusi. Seni tehtud uurimistööd näitavad vastu käivaid tulemusi. Viimatiseid uuringuid näitavad erinevaid tulemusi aiakultuuridel sõltuvalt kasutuskogusest

(Hardgrove, Livesley, 2016). Kasvusubstraadile lisatava kohvipaksu koguse suurenemisega kaasnev taime kasvu pidurdumine ja saagi vähenemine on põhjustatud fenoolsete ühendite poolt tingitud fütotoksilisest efektist (Yamane jt, 2014; Hardgrove, Livesley, 2016) või oksüdatiivsest stressist (Gomes jt, 2013). Kohvipaks on rikas fütotoksiliste omadustega kofeiini ja tanniinide sisalduste poolest (Pandey jt, 2000), kuid nende täpne fütotoksiline mehhanism pole veel selge.

Kompostitud kohvipaksu on kasutatud kui kasvuturba asendajat basiiliku ja tomati kasvatamiseks pottides. Tulemused näitavad, et 10–40% turba asendamisel kasvusubstraadis kompostitud kohvipaksuga suurenevad taime lehtede arv, lehtede pindala ja taime biomass. Turbale kohvi paksu lisamisel ei ilmnenud taimedel mineraalsete toitainete puudust ja seega võib järeldada, et komposteeritud kohvipaksu kasutamisel substraadi koostises võib vähendada või üldse loobuda mineraalväetiste kasutamisest (Ronga jt, 2016).

Cruz jt (2014) katses võrreldi värsket ja komposteeritud kohvipaksu mõju taime kasvule. Kõrge orgaanilise aine sisaldusega (>70%, pH 5,0–6,0) mullale lisati eri variantides 2,5–20% (V:V) töötlemata värsket kohvipaksu ja 5–30% (V:V) komposteeritud kohvipaksu. Kohvipaksu kompostimine toimus 6 kuu vältel koos võrdse ruumala värsket rohu ja põhk/saepuru seguga. Tulemuste analüüs näitab selgelt erinevaid parameetrite väärtusi gruppide (kontroll, värsket- ja kompostitud kohvipaks) vahel. Värsket kohvipaksu kasutamine näitab enamuse taimedele oluliste elementide märgatavat sisalduse vähenemist taimedes. See on tõenäoliselt põhjustatud mineraalelementide kättesaadavuse vähenemisest ja tüüpiliste kohvis esinevate bioaktiivsete ühendite (näiteks kofeiin) poolt põhjustatud taime stressist. Komposteeritud kohvipaksu kasutamine väikestes kogustes (kuni 15% V:V) põhjustab oluliste taime-toiteelementide (K, Mg, Mn) sisalduse kasvu lehtsalatis parandades sellega saagi kvaliteeti.

Kohvipaksu kompostimine segus teiste orgaaniliste ainetega on efektiivne meetod värsket kohvipaksu fütotoksiliste omaduste vähendamiseks. Kompostimise ajal kasvav mikrobiaalne aktiivsus ja temperatuur soodustavad peamiste polüfenoolide lagunemist. Uurimistulemused näitavad, et kohvipaksu kasutamine kompostimisel parandab saadava komposti kvaliteeti ja vähendab samaaegselt kasvuhoonegaaside emissiooni kompostimisprotsessi jooksul (Santos jt, 2017).

Kuna aianduses substraadina kasutatav turvas on mittetaastuv loodusvara ja tema kaevandamisega käib paratamatult kaasas keskkonnakahju tekitamine, siis on aktuaalne otsida talle asendust. Aastate jooksul on paljud uurimistööd olnud pühendatud kasvusubstraadi alternatiivsete materjalide otsinguile. Tihti on selleks olnud erinevad kompostitud materjalid. Tulemused pole alati olnud rahuldavad. Viimased uuringud on näidanud et kohvipaksu kompostiga saab edukalt asendada osa turbast taime kasvatamisel pottides (Ronga jt, 2016). Taimed, mis on kasvanud kohvipaksu sisaldavates segudes ei erine oma kvaliteedilt väetatud turbasegudes kasvanud taimedest. Nende tööde tulemused näitavad, et komposteeritud kohvipaks sisaldab taime kasvuks piisavalt toitelemente (Ceglie jt, 2015).

Ribeiro jt poolt viidi läbi uuring (2017), selgitamaks biomassi tuhale lisatud kohvipaksu mõju taime kasvule ja saagile. Uuringus kasutati eramajade kütteks



kasutatud biomassi tuhka ja selle segu (50/50% kuivaines) kohvipaksuga, et saada võimalikud sarnased tulemused kodumajapidamistes ettetuleva olukorraga. Kohvipaks (niiskus 56%, pH 5,76) segati tuhaga ilma eeltötluseta. Katses kasutatavat mulda (*Cambisol*, pH 5,3) väetati normiga 7 t ha<sup>-1</sup> ning raiheina (*Lolium perenne*) saak koristati 60 päeva peale külvi. Kohvipaks sisaldas oluliselt rohkem taimedele vajalikke toitaineid (K, P, Mg) kui biomassi tuhk. Kohvipaksu lisandiga tuhasegu põhjustas 0,2 pH ühiku võrra väiksema mulla pH kasvu (pH 7,7) võrreldes puhta biomassiga väetatud variandiga (pH 7,9). Ka kogusaak on kohvipaksu seguga 50% väiksem kui kontroll variandil ning 38% väiksem ainult biomassi tuhaga väetatud variandi saagist. Sellest võib järeldada, et värske kohvipaksu kasutamine põhjustab saagi vähenemise. Mulla taimedele omastatavate toitainete analüüs *Mehlich 3* meetodil näitab olulist K, Ca, Mg ja Mn ja P sisalduse kasvu võrreldes kontrollvariandiga kuid samas puudub usutav erinevus tuha ja tuha-kohvipaksu segu vahel (Ribeiro jt, 2017).

Kõik kohvipaksuga teostatavad manipulatsioonid toovad endaga kaasa uute kõrvalsaaduste tekke, mis aga oma omaduste poolest võivad olla vägagi erinevad algsest matrijalist. Nad võivad erineda keemilise koostise, füüsikalise-keemiliste ja morfoloogilised omaduste poolest. Kohvipaks ja sellest valmistatud bio- ja veesüsi (*hydrochar*) on jääproduktid, mis stimuleerivad mulla bioloogilist aktiivsust, tänu asjaolule, et need sisaldavad kergesti lagunevaid süsinikku sisaldavaid molekule. Hüdrotermiline karboniseerimisprotsess (veesöe generaator) suurendab kergesti lagunevate orgaaniliste molekulide teket söe pinnal. Selle tulemusena nii kohvipaks kui ka veesüsi viivad lühikeses ja keskmises perspektiivis N immobiliseerimiseni mullas, vähendavad orgaanilise C sidumist mulda ja vähendavad CO<sub>2</sub> emissiooni mullast. Kohvipaksu pürolüüsi protsess, mille tulemusel tekib biosüsi, eemaldab aga just suure osa algses materjalis olevast kergesti lagunevatest süsinikku sisaldavatest ühenditest, mis põhjustab väiksema N immobilisatsiooni ja orgaanilise C suurema fikseerimise mullas. Seetõttu kaks erinevat termilise muundamise protsessi viivad materjalide tekkeni, millel on erinevad omadused ja seega ka erinev mõju mulla omadustele. Kohvipaksu vermikompostimine tekitab stabiilseid süsiniku molekule sisaldava materjali, millel on kõrge erinevate lämmastiku vormide sisaldus. Vermikompost on ka ainus kohvipaksu töötlemise saadus, mis ei too endaga kaasa lämmastiku immobiliseerimist mullas ja seda võib kasutada isegi N-väetisena. Ükski uuritud materjalidest ei põhjusta N<sub>2</sub>O emissiooni kasvu mullast (Cervera-Mata jt, 2022).

On teostatud ka uurimisi kohvipaksu sobivusest kui substraadist seente kasvatamiseks. Saadud tulemused näitavad olulist kofeiini ja tanniini sisalduse vähenemist 50 päeva jooksul, ilma seente (austerservikud, *Pleurotus ostreatus*) saagile mõju avaldamata. Need tulemused lubavad eeldada, et kohvipaksu võib kasutada kui eeltötlust mitte vajavat substraati inimtoiduks tarbitavate austerservikute kasvatamisel (Fan jt, 2000).

Kohvipaksu lisamine mitte ainult ei tõsta mulla toitainetega varustatust vaid suurendab ka taimekasvu soodustavate bakterite (*plant-growth promoting bacteria*) hulka. Tänu neile bakteritele väheneb kohvipaksust pärit fenoolsete hapete sisal-



dus ja koos sellega ka fütotoksilisus. Sõltuvalt mullast võib kuluda 30–60 päeva või isegi rohkem, et sellele lisatud 10%-s kohvipaksus sisalduvad toitained muutuks taimedele kättesaadavaks ja fenoolsete ühendite sisaldus langeks taimedele ohutu tasemeni (Vela-Cano jt, 2019).

Kohvipaksu on aiandites võimalik kasutada mullas levivate patogeenide tõrjumiseks. Uuringute tulemused näitavad, et kohvipaksu kasutamine 10% lisandina substraadis omab pärssivat toimet nii *Sclerotinia sclerotiumi* kui ka *Phytophthora nicotianae* kasvule. Seemikute idanemise ja tärkamise faasis ei ole kasvukiiruse mõõdukas mahasurumine kriitilise tähtsusega ja sellest saab üle, kui järgmistes kasvufaasides välditakse kohvipaksu sisaldava kasvusubstraadi kasutamist (Ghilosi jt, 2020).

Üldistava hinnangu kohvipaksu kasutamisele põllumajanduses annab oma artiklis Hechmi jt (2023), kus väidetakse, et töötlemata kohvipaksu kasutamine avaldab positiivset mõju mulla füüsikalistele (poorsus, niiskuse sisaldus) ja keemilistele (toiteelementide sisalduse kasv) omadustele. Vaatamata sellele ei soovitata aga värsket kohvipaksu kasutada isegi madalatel kontsentratsioonidel (2,5%) fütotoksiliste ühendite (polüfenoolid) poolt esile kutsutava taimede stressi tõttu. Fütotoksiliste ühendite sisaldus väheneb kompostimise ja madalatemperatuurse (270 °C) pürolüüsi toimet. Taimedele stressi tekitavate polüfenoolide ja teiste fütotoksiliste ühendite sisalduse kohvipaksus saab ohutu tasemeni alandada vermikompostimise ja kõrgemal temperatuuril (400 °C) teostava pürolüüsi teel (Hechmi jt, 2023).

## Kokkuvõte

Kohv, kui maailma üks populaarsemaid jooke, põhjustab miljonite tonnide jäätmete teket, sealhulgas on ka kasutatud jahvatatud kohvi jääk ehk kohvipaks. Kohvipaksu taaskasutamine ja uue lisandväärtuse andmine aitab vähendada prügilatesse maetava materjali kogust ja võimaldab luua uusi „rohelisi töökohti“. Seni teostatud ja avaldatud uurimistööde tulemused näitavad, et kohvipaksu saab edukalt kasutada väga erinevatel eesmärkidel. Lisaks kasutamisele tööstusliku toorainena on kohvipaksu edukalt võimalik kasutada ka mullaparandusainena ja kasvusubstraadina. Sõltuvalt kohvipaksuga teostavatest manipulatsioonidest on võimalik anda kohvipaksule erinevaid omadusi ja kasutusvõimalusi konkreetsete agronoomiliste ja keskkonnahoidlike eesmärkide täitmiseks.

Lähtudes kohvi ajaloost, kohast inimühiskonnas, mõjust nii vaba mõtte arengule kui ka elu edasiviivate diskussioonide katalüsaatori rollile peaks aromaadne tass kvaliteetset kohvi kuuluma iga mulla tulevikust hooliva inimese igasse päeva. Hoolivust nii mulla kui keskkonna vastu saab seejuures üles näidata kohvipaksu oskuse kasutamise ja mulla omaduste parandamiseks.

Artikkel on valminud ilma riiklike ja ühiskondlike fondide toetuseta.

**Kasutatud kirjandus**

- Andrade, K.S., Gonçalves, R.T., Maraschin, M., Ribeiro-do-Valle, R.M., Martínez, J., Ferreira, S.R. 2012. Supercritical fluid extraction from spent coffee grounds and coffee husks: Antioxidant activity and effect of operational variables on extract composition. – *Talanta*, 88, pp 544–552.
- Arya, S.S., Venkatram, R., More, P.R., Vijayan, P. 2022. The wastes of coffee bean processing for utilization in food: a review. – *Food Science and Technology*, 59(2) pp 429–444. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05032-5>
- Ballesteros, L.F., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. 2014. Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. – *Food Bioprocess Technology*, 7 pp 3493–3503. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1349-z>
- Barrios, C., Fernández-Delgado, M., López-Linares, J.C., García Cubero, M.T., Coca, M., Lucas, S. 2022. A techno-economic perspective on a microwave extraction process for efficient protein recovery from agri-food wastes. – *Industrial Crops and Products* 186, pp 115166. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115166>
- Bicho, N.C., Leitão, A.E., Ramalho, J.C., de Alvarenga, N.B., Lidon, F.C. 2013. Identification of chemical clusters discriminators of arabica and robusta green coffee. – *International Journal of Food Properties* 16, pp 895–904.
- Bijla, L., Ibourki, M., Bouzid, H.A., Sakar, E.H., Aissa, R., Lakhnifi, A., Gharby, S. 2022. Proximate Composition, Antioxidant Activity, Mineral and Lipid Profiling of Spent Coffee Grounds Collected in Morocco Reveal a Great Potential of Valorization. – *Waste and Biomass Valorization* 13 pp 4495–4510. <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01808-8>
- Bomfim, A.S.C., de Oliveira, D.M., Walling, E., Babin, A., Hersant, G., Vaneeckhaute, C., Dumont, M.-J., Rodrigue, D. 2023. Spent Coffee Grounds Characterization and Reuse in Composting and Soil Amendment. – *Waste* 1, pp 2–20. <https://doi.org/10.3390/waste1010002>
- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., Vergara-Castañeda, H.A., Oomah, B.D. 2015. Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. – *Trends in Food Science and Technology* 45(1), pp 24–36.
- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., Vergara-Castañeda, H.A., Oomah, B.D. 2015. Spent coffee grounds: a review on current research and future prospects. – *Trends in Food Science and Technology* 45(1), pp 24–36. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.012>.
- Ceglie, F.G., Bustamante, M.A., Ben Amara, M., Tittarelli, F. 2015. The challenge of peat substitution in organic seedling production: optimization of growing media formulation through mixture design and response surface analysis. – *PLoS One* 10, pp 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128600>
- Cervera-Mata, A., Delgado, G., Fernández-Arteaga, A., Fornasier, F., Mondini, C. 2022. Spent coffee grounds by-products and their influence on soil C–N dynamics. – *Journal of Environmental Management* 302(Part B), p 114075. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114075>
- Chilosi, G., Aleandri, M.P., Luccioli, E., Stazi, S.R., Marabottini, R., Morales-Rodríguez, C., Vettraino, A.M., Vannini, A. 2020. Suppression of soil-borne plant pathogens in growing media amended with espresso spent coffee grounds as a carrier of *Trichoderma* spp. – *Scientia Horticulturae* 259, 108666.
- Clean Technologies and Environmental Policy, 2023. 25, pp 2831–2843.
- Coffee Consumption Statistics by Country, Per Capita & More – How the World Drinks Coffee (2024 Report), Website: <https://bigcupofcoffee.com/coffee-consumption-by-country-statistics/> (17.01.2024)

- Cruz, R., Cardoso, M.M., Fernandes, L., Oliveira, M., Mendes, E., Baptista, P., et al. 2012. Espresso coffee residues: a valuable source of unextracted compounds. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60(32), pp 7777–7784.
- Cruz, R., Morais, S., Mendes, E., Pereira, J.A., Baptista, P., Casal, S. 2014. Improvement of vegetables elemental quality by espresso coffee residues. – *Food Chemistry* 148, pp 294–299. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.059>
- European Coffee Federation, Brussels Belgium, Website: [www.ecf-coffee.org](http://www.ecf-coffee.org). (11.12.2023)
- European Coffee Report 2022/2023. 2023. European Coffee Federation, Brussels, Belgium, <https://www.ecf-coffee.org/wp-content/uploads/2023/05/European-Coffee-Report-2022-2023.pdf> (07.01.2023)
- Fan, L., Pandey, A., Mohan, R., Soccol, C.R. 2000. Comparison of coffee industry residues for production of *Pleurotus ostreatus* in solid state fermentation. – *Acta Biotechnol* 20(1), pp 41–52.
- Franca, A.S., Oliveira, L.S. 2022. Potential Uses of Spent Coffee Grounds in the Food Industry. – *Foods* 11, 2064. <https://doi.org/10.3390/foods11142064>
- Gaibor, J., Morales, D., Carrillo, W. 2020. Determination of caffeine content in robusta roasted coffee (*Coffea canephora*) by RP-UHPLC-PDA. – *Asian Journal of Crop Science* 12, pp 90–96.
- Gomes, T, Pereira, J.A., Ramalhosa, E. et al 2013. Effect of fresh and composted spent coffee grounds on lettuce growth, photosynthetic pigments and mineral composition. – 7th Congr Iber Agron Horti Sci Madrid.
- Hardgrove, S.J., Livesley, S.J. 2016. Applying spent coffee grounds directly to urban agriculture soils greatly reduces plant growth. – *Urban For Urban Green* 18, pp 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.02.015>
- Hechmi, S., Guizani, M., Kallel, A., Zoghliami, R.I., Zrig, E.B., Louati, Z., Jedidi, N., Trabelsi, I. 2023. Impact of raw and pre-treated spent coffee grounds on soil properties and plant growth: a mini-review. – *Clean Technologies and Environmental Policy* 25, pp 2831–2843. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02544-w1>
- ICO – Statistics on Coffee. 2021. International Coffee Organization. London, UK. <https://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/2b-imports.pdf>. (07.01.2023)
- Itten, R., Stucki, M., Jungbluth, N. 2011. Life cycle assessment of burning different solid biomass substrates. – Bundesamt Energ. BFE Swiss
- Joshi, K. 2023. Coffee Industry Statistics – By Country, Region, Demographic, Coffee Variant and Brand. <https://www.enterpriseappstoday.com/stats/coffee-industry-statistics.html> (17.01.2024)
- Juarez, G.F.Y., Pabiloña, K.B.C., Manlangit, K.B.L., Go, A.W. 2018. Direct Dilute Acid Hydrolysis of Spent Coffee Grounds: A New Approach in Sugar and Lipid Recovery. – *Waste and Biomass Valorization* 9, pp 235–246. DOI 10.1007/s12649-016-9813-9
- Kang, S.B., Oh, H.Y., Kim, J.J., Choi, K.S. 2017. Characteristics of spent coffee ground as a fuel and combustion test in a small boiler (6.5 kW). – *Renewable Energy* 113, pp 1208–1214.
- Koay, H.A., Azman, A.T., Mohd Z.Z., Portman, K.L., Hasmadi, M., Rusli, N.D., Aidat, O., Zainol, M.K. 2023. Assessing the impact of spent coffee ground (SCG) concentrations on shortbread: A study of physicochemical attributes and sensory acceptance. – *Future Foods* 8, p 100245. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100245>
- Kookos, I. 2018. Technoeconomic and environmental assessment of a process for biodiesel production from spent coffee grounds (SCGs). – *Resources, Conservation and Recycling* 134, pp 156–164.

- Kua, T.A., Arulrajah, A., Horpibulsuk, S., Du, Y.J., Shen, S.L. 2016. Strength Assessment of Spent Coffee Grounds-Geopolymer Cement Utilizing Slag and Fly Ash Precursors. – *Construction and Building Materials* 115, pp 565–575. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.021>.
- Kua, T.-A., Imteaz, M.A., Arulrajah, A., Horpibulsuk, S. 2019. Environmental and economic viability of Alkali Activated Material (AAM) comprising slag, fly ash and spent coffee ground. – *International Journal of Sustainable Engineering* 12(4), pp 223–232. DOI: 10.1080/19397038.2018.1492043
- Marx, S., Venter, R., Karmee, S.K., Louw, L., Truter, C. 2022. Biofuels from spent coffee grounds: comparison of processing routes. – *Biofuels* 13(5), pp 537–543. DOI: 10.1080/17597269.2020.1793538
- Murthy, P.S., Naidu, M.M. 2012a. Sustainable management of coffee industry byproducts and value addition—A review. – *Resources, Conservation and Recycling* 66, pp 45–58.
- Mussatto, S.I., Machado, E.M.S., Martins, S., Teixeira, J.A. 2011. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. – *Food and Bioprocess Technology* 4, pp 661–672.
- Nguyen, T.A., Hong, D.N.T., Thi, T.N., Dang, K.T. 2023. Evaluation on dyeable, antibacterial and antioxidant properties of cotton fabric dyed with spent coffee grounds. – *The Journal of The Textile Institute*. DOI: 10.1080/00405000.2023.2265620
- Obruca, S., Benesova, P., Kucera, D., Petrik, S., Marova, I. 2015. Biotechnological conversion of spent coffee grounds into polyhydroxyalkanoates and carotenoids. — *New Biotechnology* 32, pp 569–574.
- Obruca, S., Petrik, S., Benesova, P., Svoboda, Z., Eremka, L., Marova, I. 2014. Utilization of oil extracted from spent coffee grounds for sustainable production of polyhydroxyalkanoates. – *Applied Microbiological Biotechnology* 98, pp 5883–5890.
- Oestreich-Janzen, S. 2010. Chemistry of coffee. In L. Mander, & H-W. Liu (Eds.), *Comprehensive Natural Products II Chemistry and Biology*, 3, Development and Modification of Bioactivity pp. 1085–1117. Elsevier, Oxford, UK.
- Pacioni, T.R., Soares, D., Domenico, M. et al. 2016. Bio-syngas production from agro-industrial biomass residues by steam gasification. – *Waste Management* 58, pp 221–229.
- Pandey, A., Soccol, C.R., Nigam, P., Brand, D., Mohan, R., Roussos, S. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. – *Biochemical Engineering Journal* 6, pp 153–162.
- Passos, C.P., Kukurová, K., Basil, E., Fernandes, P.A.R., Neto, A., Nunes, F.M., Murkovic, M., Ciesarová, Z., Coimbra, M.A, 2017. Instant coffee as a source of antioxidant-rich and sugar-free coloured compounds for use in bakery: application in biscuits. – *Food Chemistry* 231, pp 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.105>
- Peshev, D., Mitev, D., Peeva, L., Peev, G. 2018. Valorization of spent coffee grounds—a new approach. – *Separation and Purification Technology* 192, pp 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.10.021>
- Pichler, P., Eder, R.M., Widder, L., Varga, M., Marchetti-Deschmann, M., Frauscher, M. 2023. Moving towards green lubrication: tribological behavior and chemical characterization of spent coffee grounds oil. – *Green Chemistry Letters and Reviews* 16(1), p 2215243. DOI: 10.1080/17518253.2023.2215243
- Ramalakhmi, K., Rao, L., Takano-Ishikawa, Y., Goto, M. 2009. Bioactivities of low-grade green coffee and spent coffee in different in vitro model systems. – *Food Chemistry* 115(1), pp 79–85.

- Ribeiro, J.P., Vicente, E.D., Gomes, A.P., Nunes, M.I., Alves, C., Tarelho, L.A.C. 2017. Effect of industrial and domestic ash from biomass combustion, and spent coffee grounds, on soil fertility and plant growth: experiments at field condition. – *Environmental Science and Pollution Research International* 24(18), pp 15270–15277. doi: 10.1007/s11356-017-9134-y
- Ronga, D., Pane, C., Zaccardelli, M., Pecchioni, N. 2016. Use of Spent Coffee Ground Compost in Peat-Based Growing Media for the Production of Basil and Tomato Potting Plants, – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 47(3), pp 356–368, DOI: 10.1080/00103624.2015.1122803
- Santos, C., Fonseca, J., Aires, A., Coutinho, J., Trindade, H. 2017. Effect of different rates of spent coffee grounds (SCG) on composting process, gaseous emissions and quality of end-product. – *Waste Management* 59, pp 37–47.
- Sampaio, A., Dragone, G., Vilanova, M., Oliveira, J.M., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. 2013. Production, chemical characterization, and sensory profile of a novel spirit elaborated from spent coffee ground. – *LWT - Food Science and Technology* 54,(2), pp 557–563.
- Simões, J., Madureira, P., Nunes, F.M., Domingues, M.R., Vilanova, M., Coimbra, M.A. 2009. Immunostimulatory properties of coffee mannans. – *Molecular Nutrition and Food Research* 53, pp 1036–1043.
- Solomakou, N., Loukri, A., Tsafrakidou, P., Michaelidou, A.-M., Mourtzinou, I., Goula, A.M. (2022). Recovery of phenolic compounds from spent coffee grounds through optimized extraction processes. – *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 25, p 100592. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100592>
- Statista. 2024. Per-capita volume sales in the coffee market worldwide, by country in 2022. Statista Research Department. <https://www.statista.com/forecasts/758734/per-capita-volume-sales-in-the-coffee-market-worldwide-by-country> (17.01.2024)
- Stylianou, M., Agapiou, A., Omirou, M., Vyride, I., Ioannides, I.M., Maratheftis, G., Fasoula, D. 2018. Converting environmental risks to benefits by using spent coffee grounds (SCG) as a valuable resource. – *Environmental Science and Pollution Research* 25, pp 35776–35790. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2359-6>
- Tan, X., Zhu, S., Show, P.L., Qi, H., Ho, S.H. 2020. Sorption of ionized dyes on high salinity microalgal residue derived biochar: electron acceptor-donor and metalorganic bridging mechanisms. – *Journal of Hazardous Materials* 393, pp 122435. <https://doi.org/10.1016/j.hazmat.2020.122435>
- Tehrani, N.F., Aznar, J.S., Kiros, Y. 2015. Coffee extract residue for production of ethanol and activated carbons. – *Journal of Cleaner Production* 91, pp 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.031>
- Vela-Cano, M., Cervera-Mata, A., Purswani, J., Pozo, C., Delgado, G., González-López, J. 2019. Bacterial community structure of two Mediterranean agricultural soils amended with spent coffee grounds. – *Applied Soil Ecology* 137, pp 12–20.
- Yamane, K., Kono, M., Fukunaga, T., Iwai, K., Sekine, R., Watanabe, Y., Iijima, M. 2014. Field evaluation of coffee grounds application for crop growth enhancement, weed control, and soil improvement. – *Plant Production Science* 17(1), pp 93–102.



**Eesti Maaülikool**  
Estonian University of Life Sciences

[www.emu.ee](http://www.emu.ee)

**METIK**

Maaelu  
Teadmuskeskus



Maaelu Arengu Euroopa  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeeringud  
maapiirkondadesse

ISSN 1736-6275