



XXVI (1) : 1–48 (2015) : ISSN 1024-0845 ESSN 2228-4893

Kaastööde esitamiseks ja vabaks juurdepääsuks külastage: <http://agrt.emu.ee>
For online submission and open access visit: <http://agrt.emu.ee/en>

AGRAARTEADUS

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE



J Agric Sci
Vol. 26 No. 1
pp 1–48
Estonian Academic
Agricultural Society
Tartu, Estonia
June 2015



Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi väljaanne
Tartu 2015



Toimetuskolleegium / Editorial Board:

Peatoimetaja / Editor-in-chief

Alo Tänavots Estonian University of Life Sciences

Toimetajad / Editors

Maarika Alaru Estonian University of Life Sciences

David Arney Estonian University of Life Sciences

Marko Kass Estonian University of Life Sciences

Brian Lassen Estonian University of Life Sciences

Evelin Loit Estonian University of Life Sciences

Toomas Orro Estonian University of Life Sciences

Oliver Sada Estonian University of Life Sciences

Ants-Hannes Viira Estonian University of Life Sciences

Rahvusvaheline toimetuskolleegium / International Editorial Board

Berit Bangoura University of Leipzig, Institute of Parasitology, Germany

Ants Bender Jõgeva Plant Breeding Institute, Estonia

Gunita Deksnē Institute of Food Safety, Animal Health and Environment - "BIOR", Latvia

Margareta Emanuelson Swedish University of Agricultural Sciences

Martti Esala Natural Resource Institute Finland, Luke

Marek Gaworski Warsaw University of Life Sciences, Poland

Csaba Jansik Natural Resource Institute Finland, Luke

Aleksandrs Jemeljanovs Latvia University of Agriculture

Olav Kärt Estonian University of Life Sciences

Hussain Omed Bangor University, UK

Sven Peets Harper Adams University, UK

Pirjo Peltonen-Sainio Natural Resource Institute Finland, Luke

Jan Philipsson Swedish University of Life Sciences

Vidmantas Pileckas Lithuanian Veterinary Academy

Jaan Praks Estonian University of Life Sciences

Baiba Rivza Latvia University of Agriculture

Mart Sörg Tartu University, Estonia

Rein Viiralt Estonian University of Life Sciences

Abstracted / indexed: AGRICOLA, AGRIS, CABI, DOAJ, EBSCO

ISSN: 1024-0845 **ESSN:** 2228-4893

Agraarteaduse väljaandmist toetab Eesti Maaülikool

Journal of Agricultural Science is supported by Estonian University of Life Sciences

AGRAARTEADUS

2015 ♦ XXVI ♦ 1

Väljaandja:	Akadeemiline Põllumajanduse Selts
Peatoimetaja:	Alo Tänavots
Keeletoimetaja:	Vaike Leola
Tehniline toimetaja:	Irje Nutt
Address:	Kreutzwaldi 1, 51014 Tartu
e-post:	jas@emu.ee
www:	http://aps.emu.ee, http://agrt.emu.ee

Agraarteaduses avaldatud teaduspublikatsioonid on retsenseeritud

SISUKORD

TEADUSARTIKLID

A. Bender

Kattevilja agrofooni ja punase ristiku külvisenormi mõju sordi 'Varte' seemnesaagile .. 3

M. Hovi, K. Hovi, A. Andresson

Juhtumianalüüs: Pilukoldega pliidi soojustehnilised katsetused ning soojussalvesti pinna keskmise energiavoo monitooring takistustraattermomeetriga 12

J. Kuht, T. Tõrra, J. Kilgi

Kasvukohapõhise täppisväetamise mõju suvirapsi saagile ja seemnete kvaliteedile 16

R. Kõlli, U. Graefe, I. Tamm

Mikroanneliidide arvukus ja liigirikkus Eesti metsamuldade huumuskattes 24

S. Värv

Eesti piimaveisetõugude geneetilise mitmekesisuse hindamise tulemustest 30

KROONIKA

R. Mülts

Rahvuslik põllumees eestluse mõtte kandjana – minevik ja tänapäev 40

JUUBELID

E. Ernits

Mihkel Jalakas – 75 42

R. Viiralt

Ants Bender – 70 44

IN MEMORIAM

A. Bender

Karl Annuk – *in memoriam* 45

MÄLESTUSPÄEVAD

H. Tullus

Endel Laas – 100 47

TEATED 48

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE

2015 ♦ XXVI ♦ 1

Published by: Academic Agricultural Society
Editor in Chief: Alo Tänavots
Technical Editor: Vaike Leola, Irje Nutt
Address: Kreutzwaldi 1, 51014 Tartu,
e-mail: jas@emu.ee
www: <http://aps.emu.ee>, <http://agrt.emu.ee>

Scientific publications published in *Agraarteadus* are peer-reviewed

CONTENTS

RESEARCH ARTICLES

A. Bender

Impact of the seeding and fertilization rates of cover crop and the seeding rate of red clover on the seed yield of the cultivar 'Varte' 3

M. Hovi, K. Hovi, A. Andresson

Case Study: The heat technical experiments with slit firebox stove and the heat accumulator's surface energy flow monitoring with resistance thermistor 12

J. Kuht, T. Tõrra, J. Kilgi

Effect of site based fertilization on spring oilseed rape yield and seed quality 16

R. Kõlli, U. Graefe, I. Tamm

Abundance and species richness of microannelids in humus cover of Estonian forest soils 24

S. Värv

The results of a survey on the genetic diversity of Estonian dairy cattle breeds 30

ANNOUNCEMENTS 48



KATTEVILJA AGROFOONI JA PUNASE RISTIKU KÜLVISENORMI MÕJU SORDI 'VARTE' SEEMNESAAGILE

IMPACT OF THE SEEDING AND FERTILIZATION RATES OF COVER CROP AND THE SEEDING RATE OF RED CLOVER ON THE SEED YIELD OF THE CULTIVAR 'VARTE'

Ants Bender

Eesti Taimikasvatuse Instituut, Aamisepa 1, 48309 Jõgeva

Saabunud: 10.02.2015

Received: 10.02.2015

Aktsepteeritud: 14.05.2015

Accepted: 14.05.2015

Avaldatud veebis: 05.06.2015

Published online: 05.06.2015

Vastutav autor: Ants Bender

Corresponding author: Ants Bender

e-mail: ants.bender@etki.ee

Keywords: seeding rate of cover crop, nitrogen fertilizer level, seeding rate of red clover, seed yield, economic profitability

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2015_1_bender.pdf

ABSTRACT. In the years 2012–2014, a field trial was conducted at the Estonian Crop Research Institute in order to investigate the effects of the seeding rate and nitrogen fertilizer rate of two-row barley 'Inari' on the stand formation and seed yield of the under-sown red clover tetraploid cultivar 'Varte' (4n), in the first and second years after establishment. The trial had four basic variants, with different seeding and fertilization rates of cover crop and four different seeding rates of red clover. The trial results indicated that both the seeding rate and the nitrogen fertilizer rate of the cover crop had an impact on the development of the red clover stand and its later seed yield. The effect of fertilizer rate was greater. Of the red clover seeding rates the variant with 4 kg of 100% pure live seeds (PLS) per hectare yielded, as a total of the two years, 79–142 kg ha⁻¹ (8–16%) more clover seed than the variant half the seeding rate. The red clover seeding rates of 6 and 8 kg ha⁻¹ were more recommended under the conditions, where the cover crop was seeded at the rate of 500 viable seeds per m² and nitrogen applied at a rate of 90 kg ha⁻¹. Neither the seeding and fertilization rates of the cover crop, nor the seeding rates of red clover, had any effect on the 1,000 seed weight and germination rate. Based on the received income from the sales of the grain yield of the cover crop and the seed yields over the two years, it is recommended to establish the red clover seed field by sowing under a cover crop by reducing the seeding rate and nitrogen fertilizer rate of cover crop by one third.

© 2015 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2015 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Punane ristik on Eestis peamine liblikõieline heintaim, mille seemnesaak sõltub kasvuaasta ilmastikust ja rakendatavast agrotehnikast. Üldjuhul soovitatakse seemnepõld rajada kattevilja aluse külvina. Kattevilja kasutamisel jääb seemnekasvatatatel ära saagitu (sissetulekuta) aasta, üheaastaste umbrohtude surve noorele ristikutaimikule on väiksem ning kattevilja kaitseb suve esimesel poolel ristiku orast ebasoodsate ilmastikuolude eest. Katteviljana soovitatakse kasutada põhjapoolsetes riikides, kus vegetatsiooniperiood lühem, varaseid odrasorte, mille koristusaeg on suviteraviljadest varasem. Siis jääb noorele ristikutaimikule kattevilja koristamise ja vegetatsiooniperioodi lõpu vahel pikem kosumisaeg. Meie oludes on

kõige varasema valmimisajaga suviteraviljadest kuue-realist odrasordid. Nende kasvatamist katteviljana segab nõrgapoolne seisukindlus. Lamandunud kattevilja all ristikutaimed hävivad, taimikud jäävad tühikulisteks ning umbrohtuvad. Katteviljana oleksid paremad kahetahulised odrasordid, mis on aga pikema kasvuajaga. Kahetahuliste odrasortide kasutusvõimalus katteviljana oleks kahetiselt kasulik: 1) kattevilja lamandumine ohustab allakülvi vähem; 2) kahetahulise odra saak on üldjuhul suurem, tera jämedam, saak seega kvaliteetsem ning tema kasutamisevõimalused avaramad.

Et luua alla külvatud ristikutaimedele soodsamad valgustingimused ja paremad mullaniiskuse olud soovitatakse USA-s kattevilja külvisenormi 25–50% vähendada (Undersander jt, 2014). Eestis on varasem

soovitus olnud ligilähedane (20–40%) (Kotkas, 1969; Jaama, 1986). Kattevilja hõreda seisuga kaasneb meil oht, et sademeterohke suvega aastail võib punane ristik kasvada ülemäära lopsakaks, ulatuda katteviljast üle ja raskendada teravilja koristamisel kombaini tööd. Viimastel aastatel on Norras läbiviidud uurimistööde põhjal jõutud järeldusele, et seoses uute seisukindlate teraviljasortide kasutusele tulekuga ei ole kattevilja külvisenormi vähendamisel enam mõtet (Aamlid, Havstad, 2011).

Varem on meil peetud vajalikuks vähendada katteviljana kasvatatava teravilja lämmastikväetise normi 25% võrra või jätta see üldse andmata (Kotkas, 1969). Norra kogemusel ei ole ka see seisukindla katteviljasordi puhul enam vajalik (Aamlid, Havstad, 2011).

Punase ristiku seemnepõllud on meil seni soovitatud rajada külvisenormiga 6–16 kg ha⁻¹ (Kotkas, 1969; Rand, 1992; Bender, 2006). Kirjandusest võib leida külvisenormi osas soovitusi väga laias diapasoonis, kuid üldiselt on need meil soovitatutest väiksemad. Sagedamini kohatavad soovitusid jäävad vahemikku 2–4,5 kg ha⁻¹ (Bouet, Sicard, 1998; Bowely jt, 2014; Huebner, 2014). Tetraploidseid sorte soovatakse külvata suurema külvisenormiga – 5–8 kg ha⁻¹ (Taylor, Quesenberry, 1996). Eeltoodud külvisenormid kehtivad kitsarealistel külvide korral. Kui külvatakse laia reavahega (45–60 cm), siis soovatakse külvata veelgi väiksemate normidega – isegi 0,5–0,75 kg ha⁻¹ (Glifford, Anderson, 1980; Rincker, Rampton, 1985). Samas nenditakse, et tootmispraktikas külvatakse seemnepõllud kindluse mõttes siiski suurendatud külvisenormiga 6–13 kg ha⁻¹ (Marshall jt, 1998; Rincker, Rampton, 1985; Bowely jt, 2014; Huebner, 2014). Kirjandusest võib leida soovitusi kombineerida söödatootmist punase ristiku seemnekasvatusega. Sellisel juhul valitakse külvisenorm söödatootmises kasutuselolev (12–16 kg ha⁻¹). Esimesel kasutusaastal koristatakse kasvanud taimik söödaks, teisel kasutusaastal võetakse aga seemet (Kotkas, 1969).

Meie lähematest naabritest külvavad lätlased punase ristiku seemnepõllud kitsarealistes külvis külvisenormiga 8–10 kg ha⁻¹. Kui külv toimub reavahega 30 cm, vähendatakse külvisenormi seal 5–6 kg-ni hektarile (Jansone, 2008). Norras soovatakse punase ristiku seemnepõllu rajamisel kasutada külvisenormi 2–4 kg ha⁻¹ (Aamlid, 2011; Aamlid, Havstad, 2011).

Kuna Eestis ei ole aastakümneid punase ristiku seemnekasvatuse agrotehnikat uuritud, rajati 2012. aastal Jõgevale põldkatse, et selgitada ja täpsustada järgmisi küsimusi.

1. Kas punasele ristikule varem katteviljaks soovitatud neljatahuline varane oder on asendatav seisukindlama kahetahulise odraga.

2. Kuidas mõjutab külvisenormi ja lämmastikväetise fooni alandamine kattevilja saaki ja selle kvaliteeti.

3. Milline on kattevilja külvisenormi mõju punase ristiku seemnetaimiku kujunemisele ja seemnesaagile esimesel ning teisel kasutusaastal.

4. Uurida katteviljale kasutatava lämmastikväetise normi mõju allakülvatud punase ristiku taimiku kujunemisele ja esimese ning teise kasutusaasta seemnesaagile.

5. Selgitada punase ristiku külvisenormi mõju seemnetaimiku kujunemisele ja seemnesaagile.

6. Kuidas mõjutab kattevilja agrofoon ja punase ristiku külvisenorm toodangu rahalist väärtust külvi- ja kasutusaasta(te) summas ning milline on tootmis-sisendite tasuvus.

Katsematerjal ja meetodika

Eespool loetletud eesmärkide saavutamiseks rajati 2012. aastal Jõgevale kattevilja aluse külvina põldkatse kus katteviljaks keskvalmiv odrasort 'Inari', mille alla külvati varase punase ristiku tetraploidse sordi 'Varte' katselapid eri külvisenormidega. Katteviljale sobiva agrofooni selgitamiseks olid katses järgmised variandid:

1) kattevilja külvisenorm vähendatud (külvati 66% tavatootmises kasutatavast normist), lämmastikväetise norm vähendatud (66% tavatootmises kasutatavast normist) – kontrollvariant;

2) kattevilja külvisenorm vähendamata (100%), lämmastikväetise norm vähendatud (66% tavanormist);

3) kattevilja külvisenorm vähendamata (100%), lämmastikväetise norm vähendamata (100%);

4) kattevilja külvisenorm vähendatud (66% tavanormist), lämmastikväetise norm vähendamata (100%).

Variantide arutamisel olid aluseks odra külvisenorm 500 idanevat tera m⁻²-le (100%) ja lämmastikväetise norm N 90 kg ha⁻¹ (100%). Kattevilja variantide vahel olid eraldusribad laiusega 3 m. Kõigil kattevilja neljal agrofoonil uuriti punase ristiku külvisenorme: 2, 4, 6 ja 8 kg 100%-lise külviväärtusega seemet hektarile. Nende normidega külvates sattus m⁻²-le vastavalt 64, 128, 192 ja 256 idanevat punase ristiku seemet. Külvisenormi variandid rajati neljas korduses. Katse-lappide asetus randomiseeritud. Katse kogupindala 1650 m².

Katsed rajati leostunud mullale (K₀), mille agro-keemilised näitajad olid järgmised: pH_{KCl} 5,8, P 152, K 198, Ca 1959, Mg 126 mg kg⁻¹ ja C org 2,3%.

Katse rajamise eel külvati katsealale fosfor-kaaliumväetised käsitsi, väetamisel kasutati granuleeritud liitväetist Scalsa (sisaldas mikroelementidest boori 0,02%) normiga 400 kg ha⁻¹ (P 19, K 67 kg ha⁻¹), lämmastikväetis anti ammooniumsalpeetrina vastavalt katseplaanile külvikuga Saxonia enne viimast külvielset mullaharimist. Hiljem katseala ei väetatud.

Kattevili külvati külvikuga Fergusson kitsarealiselt (reavahe 15 cm) 30. aprillil, esimesel külvivõimalusel, allakülvid tehti 2 päeva hiljem külvikuga Hege 80. Lühiealiste kaheiduleheliste umbrohtude tõrjeks pritsiti katseala ajal, mil teravili oli võrsumisfaasis ja punasel ristikul oli moodustunud 1–2 kolmetist pärislehte herbitsiidiga MCPA 750, norm 1,0 l ha⁻¹.

Kattevilja tiheduse määramiseks loendati odra generatiivvõrsete arv pinnalt 0,5×0,5 m neljas korduses, taimede kõrgust mõõdeti odra õitsemise ajal mullapinnast ohete tipuni 16 korduses. Ühelgi lämmastikufoonil kattevili ei lamandunud. Odra saak määrati 14. augustil katsekombainiga Hege 140 arvestuslappidelt pindalaga 7 m² kuues korduses, ülejäänud katseala

koristati kombainiga Sampo 500. Põhk riisuti katselt koristusjärgsel päeval käsitsi ja veeti minema. Odra konts niideti motoroboti MF 70-ga üle, kontsu kõrgus ühtlustati 15 cm peale. Teravilja proovid kuivatati dineesenkuivatis, sorteeriti, kaaluti ja arutati saak. Saagi kvaliteedi näitajatest määrati mahumass, 1000 seemne mass ja toorproteiini sisaldus. Analüüsid tehti Eesti Taimakasvatuse Instituudi biokeemia laboratooriumis.

Külviaastal, vegetatsiooniperioodi lõpu eel, määrati punase ristiku taimede arv pinnaühikul. Selleks kasutati raame mõõtudega 0,5×0,5 m, lugemiskordusi tehti 4.

Kasutusaastatel (2013, 2014) koolutati regulaarselt punase ristiku varsi äärtelt katselapi keskosa teinud vältimaks taimikute põimumist, mis oleks teinud võimatuks hoida katselappidel seemnesaaki lahus. Varase punase ristiku 'Varte' seeme koristati kombainiga Hege 125 C. Seemnemass kuivatati dineesentüüpi kuivatis, hõõrutati hõõrlil Westrup HA-400, ning lõpppuhastati Kamas-Westrupi laboratoorse sorteeriga LALS. Kolm kuud pärast kombainimist ja puhastamist määrati laboratooriumis seemnetel 1000 seemne mass ja idanevus.

Katse rajamisaasta taimekasvuperiood oli ilmastikutingimustelt jahedapoolne, sademeterohke. Kõige rohkem sadas juunis (110 mm e 163% normist) ja augustis (130 mm e 147% normist). Teravilja võrsutamiseks ja hea saagi moodustumiseks olid tingimused soodsad, kuid normist väiksem päikesepaiste kestus ja koristusaegsed rohked sademed ei võimaldanud saadud saagi kõrget kvaliteeti. Tingimused alla külvatud punase ristiku taimede kasvuks ja arenguks olid kattevilja all head. Odra koristamise järel jäi punase ristiku taimedel kasvu- ja kosumisaega vegetatsiooniperioodi lõpuni (lõppes Jõgeva AMJ andmetel 25. oktoobril) 72 päeva. Sügis oli öökülmavaba. Esimene öökülm registreeriti Jõgeval 23. oktoobril, mis on keskmisest 31 päeva hiljem.

Esimese seemnesaagiaasta (2013) kevad oli hilisepoolne. Mai, juuni ja juuli olid aga kõik tavapärasest kõrgema õhutemperatuuriga, juuni-juuli-august samas sademetevaesed. Ilmastikuolud olid punase ristiku õitsemise ja saagi valmimise ajal soodsad. Seemnesaak koristati 9. augustil.

Ilmaolud teisel seemnesaagiaastal (2014) olid vastuolulised. Maikuu oli paljude aastate keskmisest soojem. Maksimaalne õhutemperatuur tõusis üle 25°C kaheksal päeval, mis on rekord vaatlusreas 1922–2014. Efektiivseid õhutemperatuure kogunes kuu jooksul 222 kraadi, mis on paljude aastate keskmisest 42 kraadi rohkem. Kasvavas kokkuvõttes kogunes efektiivseid õhutemperatuure kuu lõpuks 325 kraadi, mis ületab keskmist 97 kraadi võrra ja vastas looduses 11 päevasele edumaale. Soojale maikuule järgnes tavatult jahe juuni. Eriti jahe oli kuu viimane dekaad – keskmine õhutemperatuur ainult 11,3°C. Kogu vaatlusrea jooksul on nii jahe juuni III dekaad Jõgeval olnud vaid ühel aastal (1923). Neljal korral (24., 26., 27. ja 28. juunil) registreeriti taimkatte pinnal koguni öökülma. Varane punane ristik alustas õitsemist 15. juunil, õitsemise

esimene pool langes seega ilmastikutingimustelt väga ebasoodsale sajusele, jahedale ajale. 17. juunil sadas lumekruupe ja lumelörtsi, 23. juunil rahet.

Juulis ilm paranes. Kuu keskmine õhutemperatuur oli 2,5°C võrra paljude aastate keskmisest kõrgem. Maksimaalne õhutemperatuur tõusis üle 25°C kuu jooksul 17 päeval ja oli võrdne või üle 30°C 4 päeval. Kuu oli sademetevaene (48 mm). Selle kuu suuremad sajud esinesid 1. juulil (17 mm) ja 30. juulil (21 mm). Päikesepaistet oli juulis 21% paljude aastate keskmisest enam. Kuu lõpus oli looduse arengus taas ligikaudu 12 päevane edumaa. Ilmad olid punase ristiku õitsemiseks ja tolmeldajate tööks juulis väga soodsad. Ka august oli paljude aastate keskmisest soojem, kuid kahjuks sademeterohke. Keskmine õhutemperatuur oli 16,5°C, mis on 1,2°C võrra paljude aastate keskmisest kõrgem. Sademeid esines augustis 131 mm, mis on 42 mm üle paljude aastate keskmise. Peamised sademed langesid just ristikuseemne valmimise ja koristuse ajal. Seemnesaak õnnestus katselt koristada 20. augustil.

Katse paiknes mesilast, kus 8 peret, 600 m kaugusel.

Katseandmete statistiliseks analüüsiks on kasutatud arvutiprogrammi AGROBASE-20™.

Katsetulemused ja arutelu

Kattevilja

Kattevilja tihedust mõjutas nii odra külvisenorm kui lämmastikväetise annus (tabel 1). Andmete võrdlemisel on standardiks tootmispraktikas seni kasutusel olev kattevilja agrofoon, kus nii külvisenorm kui lämmastikväetise foon on odra tavatootmises kasutuselolevate normidega võrreldes kolmandiku võrra vähendatud. Kuna odra võrsutamiseks olid tingimused ideaalilähedased, siis jäi külvisenormi suurendamise mõju taimiku tihedusele tugevamaal lämmastikufoonil tagasihoidlikuks. Külvisenormi viimine tavatootmise tasemeni suurendas kattevilja generatiivvõrsete tihedust N 60 kg ha⁻¹ foonil standardvariandiga võrreldes 7%, kui ei vähendatud ka lämmastikväetise taset, siis 11,4%. Need muutused olid statistiliselt usutavad (PD 0,05 – 34).

Külvisenormi ja lämmastikväetise taseme muutmine mõjutas meie katses odra generatiivvõrsete kõrgust suhteliselt vähe. Mõnevõrra suurem oli seejuures lämmastiku mõju – generatiivvõrsete pikenesid täisnormi kasutamisel mõne sentimeetri võrra (PD 0,05 – 4,7 cm). Muutused kõrguses ei olnud statistiliselt usutavad.

Allakülvatud punase ristiku taimikud olid külviaasta sügiseks küllaldase tihedusega kõigis katsevariantides. Kirjanduse andmetel piisab hea seemnesaagivõime avaldamiseks ristikutaimiku tihedusest 17 taime m⁻²-1 (Clifford, Anderson, 1980). Kattevilja agrofooni variantidest osutus allakülvile soodsaimaks standardvariant, kus nii odra külvisenorm kui lämmastiku foon olid kolmandiku võrra vähendatud. Kõige hõredamad olid aga ristikutaimikud variandis, kus oder oli külvatud täiskülvisenormiga ja ka lämmastiku foon oli sarnane tavatootmises kasutusel olevale.

Punase ristiku külvisenormi suurendamine kahelt kilogrammilt neljale muutis taimikud märgatavalt tihedamaks kõigil kattevilja agrofoonidel. Külvisenormi edasine suurendamine neljalt kuuetele kilogrammile tõstis jätkuvalt tihedust, kuid mõju oli juba tagasihoidlikum. Kui katteviljale anti vähendatud norm lämmastikku, ei kaasnud külvisenormi suurendamisega kuuelt kilolt kaheksale enam taimiku tiheduse

suurenemist. Pigem vastupidi – tihedus vähenes (katsevea piires). Otsustades ainult taimiku tiheduse järgi külviaasta sügisel, võib katseandmetest järeldada, et katteviljale suuremate lämmastikukoguste kasutamisel on vaja sama taimiku tiheduse saavutamiseks suurendada punase ristiku külvisenormi.

Tabel 1. Kattevilja ja punase ristiku taimikute seis külviaastal
Table 1. Cover crop and red clover stands on the year of establishment

Punase ristiku külvisenorm, kg ha ⁻¹ <i>Red clover seeding rate, kg ha⁻¹</i>	Kattevilja külvis- ja lämmastikväetise norm / <i>Seeding and fertilizer rates of cover crop</i>			
	oder 333 id. seemet m ⁻² lämmastik 60 kg ha ⁻¹ <i>barley 333 viable s. m⁻² nitrogen 60 kg ha⁻¹</i>	oder 500 id. seemet m ⁻² lämmastik 60 kg ha ⁻¹ <i>barley 500 viable s. m⁻² nitrogen 60 kg ha⁻¹</i>	oder 500 id. seemet m ⁻² lämmastik 90 kg ha ⁻¹ <i>barley 500 viable s. m⁻² nitrogen 90 kg ha⁻¹</i>	oder 333 id. seemet m ⁻² lämmastik 90 kg ha ⁻¹ <i>barley 333 viable s. m⁻² nitrogen 90 kg ha⁻¹</i>
	Kattevilja tihedus, generatiivvõrseid tk m ⁻² / <i>Cover crop density, generative tillers, pcs m⁻²</i>			
	568	609	633	622
	Generatiivvõrsete kõrgus mullapinnalt ohete tipuni, cm / <i>Height of generative tillers from soil surface to the tip of awn, cm</i>			
	84,0	83,8	85,8	85,2
	Punase ristiku taimi, tk m ⁻² / <i>Red clover plants, pcs m⁻²</i>			
2	36	30	29	24
4	73	51	45	51
6	85	84	61	54
8	83	82	76	60
PD/LSD 0,05	11	18	9	13

Kattevilja terasaak sõltus agrofoonist 2012. aastal suhteliselt vähe jäädes katse ulatuses vahemikku 4165–4422 kg ha⁻¹ (tabel 2). Tagasihoidlikuks jäi just lämmastikväetise annuse suurendamisest oodatav saagi tõus – saak suurenes vaid 2,3–4,1%. Suurenemine jäi standardiga võrreldes katsevea piiresse. Statistiliselt

usutav terasaagi suurenemine ilmnes täiskülvinormiga külvatud odral, kui lämmastikväetise normi tõsteti 60 kg-lt 90 kg-ni hektari kohta.

Lämmastikväetise koguse suurendamisega kaasnes terades statistiliselt usutav toorproteiini sisalduse tõus, vähenes aga nii 1000 seemne mass kui mahumass.

Tabel 2. Katteviljaks külvatud oder 'Inari' saak ja saagi kvaliteedi näitajad
Table 2. Yield and yield quality indices of the barley 'Inari' sown as cover crop

Variant	Saak/Yield		Mahumass Volume mass g l ⁻¹	Toorproteiin Crude protein %	1000 s. m. g
	kg ha ⁻¹	%			
1 Oder 333 id seemet m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ / <i>Barley 333 viable seeds m⁻², N 60 kg ha⁻¹</i>	4246	100	661	9,8	49,3
2 Oder 500 id seemet m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ / <i>Barley 500 viable seeds m⁻², N 60 kg ha⁻¹</i>	4165	98,1	662	9,7	48,1
3 Oder 500 id seemet m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹ / <i>Barley 500 viable seeds m⁻², N 90 kg ha⁻¹</i>	4422	104,1	654	10,4	47,2
4 Oder 333 id seemet m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹ / <i>Barley 333 viable seeds m⁻², N 90 kg ha⁻¹</i>	4345	102,3	653	10,2	47,2
PD/LSD 0,05	217		6	0,2	0,6

Punase ristiku seemnesaak

Tänu 2013. aasta soodsatele ilmastikutingimustele, andsid ristiku taimikud esimesel kasutusaastal väga häid seemnesaake (tabel 3). Katseandmetele tuginedes võib väita, et rajamisaasta kattevilja agrofoon mõjutas esimesel kasutusaastal punase ristiku seemnesaake suhteliselt vähe.

Punase ristiku külvisenormi suurendamine kahelt kilolt neljale tõstis esimesel kasutusaastal usutavalt seemnesaaki. Külvisenormi edasine tõstmine küll mõnevõrra suurendas seemnesaaki, kuid saagi suurendamine ei olnud statistiliselt usutav.

Teisel kasutusaastal olid ilmastikuolud ristiku seemnekasvatuseks ebasoodsamad, millest tulenevalt jäid tagasihoidlikumaks ka seemnesaagid. Teisel kasutusaastal üldjuhul annabki seemnetaimik väiksema saagi. Paremaid tulemusi näitasid katselapid, mis olid

külvatud kattevilja alla, mille lämmastikunorm oli kolmandiku võrra vähendatud. Punase ristiku külvisenorm mõjutas ka teisel kasutusaastal seemnesaaki suhteliselt vähe. Märgatav mõju seemnesaagile oli külvisenormi suurendamisel kahelt kilolt neljale neis kattevilja agrofooni variantides, kus kasutati lämmastikku täisnormiga (90 kg ha⁻¹).

Kirjandusest võib leida soovitusi, mille kohaselt sõltub punase ristiku seemnepõllu rajamisel kasutatav külvisenorm sellest, mitu aastat põldu on kavas seemnetootmiseks kasutada (Clifford, Anderson, 1980). Kui ühe saagiaasta asemel kavandatakse kaht saagiaastat, siis soovitatakse teise aasta seemnesaagi kindlustamiseks kasutada rajamisel suuremat külvisenormi (3 asemel 5 kg ha⁻¹). Meie katseandmed viitasid sellele vajadusele kattevilja agrofooni variantides, kus katteviljale anti lämmastikku täis normiga. Teise

kasutusaasta seemnesaak sõltus siin otseselt külvisenormist, ning moodustas esimese kasutusaasta seemnesaagist 34,1–52,4%. Kui katteviljale antud lämmastikunorm oli vähendatud, jäid teise kasutusaasta seemnesaagid esimese kasutusaasta andmetega võrreldes tasemele 61–65% ega sõltunud punase ristiku külvisenormist.

Võrreldes katses kasutatud punase ristiku külvisenorme ja nende baasil kahe saagiaasta summas saadud seemnekoguseid võib teha järelduse, et külvisenorm 4 kg ha⁻¹ on hea seemnesaagi saamiseks täiesti küllaldane (tabel 3). Võrreldes külvisenormiga 2 kg ha⁻¹, andis külvisenorm 4 kg ha⁻¹ kahe kasutusaasta summas seemet 8,1–15,8% enam.

Tabel 3. Punase ristiku 'Varte' seemnesaagid
Table 3. Seed yields of red clover 'Varte'

Punase ristiku külvisenorm, kg ha ⁻¹ <i>Red clover seeding rate, kg ha⁻¹</i>	Kattevilja külvise- ja lämmastikväetise norm / <i>Seeding and fertilizer rates of cover crop</i>			
	oder 333 id. tera m ⁻² lämmastik 60 kg ha ⁻¹ <i>barley 333 viable s. m⁻² nitrogen 60 kg ha⁻¹</i>	oder 500 id. tera m ⁻² lämmastik 60 kg ha ⁻¹ <i>barley 500 viable s. m⁻² nitrogen 60 kg ha⁻¹</i>	oder 500 id. tera m ⁻² lämmastik 90 kg ha ⁻¹ <i>barley 500 viable s. m⁻² nitrogen 90 kg ha⁻¹</i>	oder 333 id. tera m ⁻² lämmastik 90 kg ha ⁻¹ <i>barley 333 viable s. m⁻² nitrogen 90 kg ha⁻¹</i>
	2013. a, kg ha ⁻¹			
2	609,5	591,8	624,9	676,1
4	692,3	653,0	698,0	697,2
6	701,0	677,6	708,3	724,4
8	726,6	722,4	716,6	738,8
PD/LSD 0,05	60,3	77,3	63,9	60,5
	2014. a, kg ha ⁻¹			
2	389,8	383,9	233,9	230,8
4	429,5	401,5	297,0	338,1
6	459,4	432,2	304,7	341,1
8	450,1	440,5	375,3	340,5
PD/LSD 0,05	66,7	41,5	65,1	72,8
	Teise kasutusaasta seemnesaak võrreldes esimese kasutusaastaga, % <i>Seed yield of the second year after sowing compared to that of the first year, %</i>			
2	64,0	64,9	37,4	34,1
4	62,0	61,5	42,6	48,5
6	65,5	63,8	43,0	47,1
8	61,9	61,0	52,4	46,1
	2013. + 2014. a, kg ha ⁻¹			
2	979,3	975,7	858,8	906,9
4	1121,7	1054,5	994,9	1035,3
6	1060,4	1109,8	1013,1	1065,5
8	1176,6	1162,9	1091,9	1079,3
PD/LSD 0,05	97,7	96,0	88,2	118,1
	Kattevilja külvise- ja lämmastikväetise normi mõju 2013. ja 2014. a seemnesaagile kokku, % <i>Impact of seeding and fertilizer rates of cover crop on the total seed yield of 2013 and 2014, %</i>			
2	100,0	99,6	87,7	92,6
4	100,0	94,0	88,7	92,3
6	100,0	104,7	95,5	100,5
8	100,0	98,8	92,8	91,7
	Külvisenormi suurendamise mõju seemnesaagile, % / <i>Impact of increased seeding rate on the seed yield, %</i>			
2	100,0	100,0	100,0	100,0
4	114,5	108,1	115,8	114,2
6	108,3	113,7	118,0	117,5
8	120,1	119,2	127,1	119,0

Kattevilja agrofoonide võrdlus tõi välja standardvariandi eelise (tabel 3). Kui jätta katteviljaks külvatud kahetahulise odra külvisenorm vähendamata, saab tema alla 4 kilogrammiga külvatud punase ristiku seemnepõllult kahe kasutusaasta summas seemet 6% vähem. Kui jätta kattevilja külvisenorm ja lämmastikväetise norm vähendamata on punase ristiku seemnesaak kahe kasutusaasta summas 12,3% madalam. Külvates kattevilja vähendatud külvisenormiga, kuid väetades teda täis lämmastikunormiga, kaotame kahe kasutusaasta seemnesaagis 7,7%. Alla külvatud punase ristiku külvisenormi suurendamine vähendab mõnevõrra kattevilja agrofooni pärssivat mõju.

Seemnepõllu rajamisaasta kattevilja agrofoon ja punase ristiku külvisenorm ei mõjutanud ristikuseemne kvaliteeti (tabel 4). Tetraploidse sordi 'Varte' 1000 seemne mass oli esimesel kasutusaastal katses vahemikus 3,086–3,267 g ja teisel kasutusaastal vahemikus 3,191–3,330 g. Seemnete idanemisnäidud olid väga kõrged: esimesel kasutusaastal vahemikus 95–99%, teisel kasutusaastal vahemikus 96–100%. Punase ristiku seemne sertifitseerimisel on minimaalne nõue idanemisele 80%. Seda nõuet ületasid kõikide katsevariantide seemned.

Tabel 4. Punase ristiku seemne kvaliteet aastatel 2013 ja 2014**Table 4.** Quality of red clover seed in 2013 and 2014

Punase ristiku külvisenorm, kg ha ⁻¹ <i>Red clover seeding rate, kg ha⁻¹</i>	Kattevilja külvise- ja lämmastikväetise norm / <i>Seeding and fertilizer rates of cover crop</i>							
	oder 333 id. seemet m ⁻² lämmastik 60 kg ha ⁻¹ <i>barley 333 viable s. m⁻² nitrogen 60 kg ha⁻¹</i>		oder 500 id seemet m ⁻² lämmastik 60 kg ha ⁻¹ <i>barley 500 viable s. m⁻² nitrogen 60 kg ha⁻¹</i>		oder 500 id seemet m ⁻² lämmastik 90 kg ha ⁻¹ <i>barley 500 viable s. m⁻² nitrogen 90 kg ha⁻¹</i>		oder 333 id seemet m ⁻² lämmastik 90 kg ha ⁻¹ <i>barley 333 viable s. m⁻² nitrogen 90 kg ha⁻¹</i>	
	1000 s m., g	Idanevus, % <i>Germin., %</i>	1000 s m., g	Idanevus, % <i>Germin., %</i>	1000 s m., g	Idanevus, % <i>Germin., %</i>	1000 s m., g	Idanevus, % <i>Germin., %</i>
	2013							
2	3,217	99	3,215	96	3,164	98	3,086	97
4	3,213	96	3,267	97	3,208	98	3,124	97
6	3,181	97	3,191	97	3,172	97	3,159	95
8	3,202	96	3,219	96	3,167	97	3,131	97
PD/LSD 0,05	0,051		0,054		0,068		0,067	
	2014							
2	3,260	100	3,241	97	3,287	96	3,191	96
4	3,330	98	3,258	99	3,261	98	3,264	97
6	3,260	98	3,235	99	3,247	97	3,238	96
8	3,275	96	3,272	98	3,236	97	3,252	98
PD/LSD 0,05	0,054		0,044		0,065		0,056	

Majanduslik arvestus

Punase ristiku seemnetootmise kattetulu arvestust ei ole kahjuks võimalik meie katseandmetele tuginedes teha. Puuduvad masinatööde maksumused. Eesti Maa-viljeluse Instituudis omal ajal koostatud algoritmid võimaldavad seda teha teraviljale, kuid erinevused kombaini töö tootlikkuses, kuivatitüübis, seemnepuhastusmasinate tööjõudluses jne on punase ristikuga võrreldes niivõrd suured, et neid kasutades annaksime lugejale väärinfot. Meie käsutuses olnud, 2015. aasta

algul kehtinud tootmissisendite hindade baasil oleme arvutanud rajamisaasta muutuvkulud ning samal ajal käibel olnud toodangu realiseerimishindade baasil toodangu maksumuse ja võrrelnud neid väärtusi esmalt tingimusel, et punase ristiku külvisenormina kasutati 4 kg ha⁻¹ (tabel 5). Tabelis 6 esitame rahalises väljenduses informatsiooni näitajate kohta, mis kujunesid kattevilja eri agrofoonide ja punase ristiku kõigi uuritud külvisenormide korral.

Tabel 5. Punase ristiku seemnekasvatuse muutuvkulud ja toodangu väärtus kattevilja neljal agrofoonil punase ristiku külvisenormi korral 4 kg ha⁻¹**Table 5.** Variable costs and production value of red clover seed production at four different seeding and fertilization rates of cover crop the seeding rate of red clover being 4 kg ha⁻¹

Kattevilja <i>Cov. crop</i>	Muutuvkulud <i>Variable costs</i>	kg ha ⁻¹	Hind <i>Price</i>	Maksumus <i>Cost, €</i>	Toodang <i>Production</i>	Saak/Yield <i>kg ha⁻¹</i>	Hind <i>Price</i>	Maksumus <i>Cost, €</i>
Var. 1	PK complex fertilizer	400	350 € t ⁻¹	140	Söödaoder	4246	147 € t ⁻¹	624
Oder/Barley 66%	Ammooniumsalpeeter	175	300 € t ⁻¹	53	Feed barley			
	Odra seeme / Barley seed C	157	0,52 € kg ⁻¹	82	Varte C ₁	692	6 € kg ⁻¹	4152
N 66%	P. rist. / Red clover seed E	4	10 € kg ⁻¹	40	2012–2013 summa / Total			4776
	MCPA 750	1	7,2 € l ⁻¹	7,2	Varte C ₁	429	6 € kg ⁻¹	2574
	Summa/Total			322,2	2012–2014 summa / Total			7350
Var. 2	PK complex fertilizer	400	350 € t ⁻¹	140	Söödaoder	4165	147 € t ⁻¹	612
Oder/Barley, 100%	Ammooniumsalpeeter	175	300 € t ⁻¹	53	Feed barley			
	Odra seeme / Barley seed C	235	0,52 € kg ⁻¹	122	Varte C ₁	653	6 € kg ⁻¹	3918
N 66%	P. rist. / Red clover seed E	4	10 € kg ⁻¹	40	2012–2013 summa / Total			4530
	MCPA 750	1	7,2 € l ⁻¹	7,2	Varte C ₁	401	6 € kg ⁻¹	2406
	Summa/Total			362,2	2012–2014 summa / Total			6936
Var. 3	PK complex fertilizer	400	350 € t ⁻¹	140	Söödaoder	4422	147 € t ⁻¹	650
Oder/Barley, 100%	Ammooniumsalpeeter	260	300 € t ⁻¹	78	Feed barley			
	Odra seeme / Barley seed C	235	0,52 € kg ⁻¹	122	Varte C ₁	698	6 € kg ⁻¹	4188
N 100%	P. rist. / Red clover seed E	4	10 € kg ⁻¹	40	2012–2013 summa / Total			4838
	MCPA 750	1	7,2 € l ⁻¹	7,2	Varte C ₁	297	6 € kg ⁻¹	1782
	Summa/Total			387,2	2012–2014 summa / Total			6620
Var. 4	PK complex fertilizer	400	350 € t ⁻¹	140	Söödaoder	4345	147 € t ⁻¹	639
Oder/Barley 66%	Ammooniumsalpeeter	260	300 € t ⁻¹	78	Feed barley			
	Odra seeme / Barley seed C	157	0,52 € kg ⁻¹	82	Varte C ₁	697	6 € kg ⁻¹	4182
N 100%	P. rist. / Red clover seed E	4	10 € kg ⁻¹	40	2012–2013 summa / Total			4821
	MCPA 750	1	7,2 € l ⁻¹	7,2	Varte C ₁	338	6 € kg ⁻¹	2028
	Summa/Total			347,2	2012–2014 summa / Total			6849

Tootmissisenditest olid suurema kulu põhjustajad PK mikroelementide lisaga liitvætis, mille hind oli 350 € t⁻¹, ammoniumsalpeeter hinnaga 300 € t⁻¹ ja kattevilja C₁ kategooria seeme hinnaga 0,52 € kg⁻¹. Allakülviks kasutati sordi 'Varte' eliitseemet maksumusega 10 € kg⁻¹. Kattevilja külvisenormi suurendamine täiskülvinormini suurendas rajamisaasta muutuvkulusid 12,4%, lämmastikvætise fooni viimine tavatootmise tasemele 7,8% ning mõlema puhul täisnormi kasutamine 20,2%.

Toodangu realiseerimishindadeks on arvestatud söödaodral 147 € t⁻¹, punase ristiku 'Varte' sertifitseeritud C₁ kategooria seemnel 6 € kg⁻¹.

Võrreldes kattevilja agrofooni mõju lõpptulemile, näeme, et külviaastal toodetud söödaodra ja kasutusaastatel toodetud punase ristiku seemne summaarsed müügitulemused on üldjuhul parimad standardvariandi korral (tabel 6). Vaid ühel juhul saadi standardvariandiga võrreldes arvestatavalt suurem tulem. Seda juhul, kui punane ristik oli külvatud külvisenormiga 2 kg ha⁻¹, kattevilja külvisenorm oli vähendatud kolmandiku võrra, kuid lämmastikku anti täisnormiga.

Seegi standardi ületamine ilmnas vaid siis, kui seemnepõldu kasutati ainult ühel saagiaastal. Seemnepõllu esimese kasutusaasta lõpuks kattevilja agrofoonitoodangu realiseerimisest laekuvat sissetulekut nimetamisväärselt ei mõjutanud. Kattevilja agrofooni mõju ilmnas teise kasutusaasta lõpuks. Kolme aasta kogutoodangu näit rahaks ümberarvutatuna oli madalaim kattevilja agrofoonil, kus kattevilja ja lämmastikvætis olid külvatud täisnormidega. Olevalt kasutatud punase ristiku külvisenormist saadi sellel agrofoonil kolme aasta vältel kogutoodangut rahasse ümberarvutatuna standardist 484–856 € hektari kohta vähem.

Tootmissisendite tasuvus (väljendatud suhtarvuna) oli alati suurim kattevilja standardse agrofooni puhul. Kui punase ristiku seemnepõldu kasutati ühel saagiaastal, oli tootmissisendite tasuvus selle agrofooni korral 13,8–14,8, kui saaki võeti kahel saagiaastal, siis 21,2–22,8. Tootmissisendite tasuvus oli kõige tagasihoidlikum variandis, kus kattevilja oli külvatud täis külvisenormiga ja talle anti täis normiga ka lämmastikvætist.

Tabel 6. Kattevilja agrofooni mõju tootmistulemustele punase ristiku erinevate külvisenormide korral ning seemnepõllu ühe- ja kaheaastasel kasutamisel, € ha⁻¹

Table 6. The effect of cover crop seeding and fertilization rates on the production results at different red clover seeding rates in case one-year and two-year use of the seed field, € ha⁻¹

Kattevilja külvisenorm ja lämmastikvætise norm Cover crop seeding and fertilization rate	Muutuvkulude maksumus Variable costs, €	2012–2013			2012–2014		
		sissetulek toodangu müügist income from sales of production, €	%	suhtarv ratio	sissetulek toodangu müügist income from sales of production, €	%	suhtarv ratio
Punase ristiku külvisenorm / Red clover seeding rate 2 kg ha ⁻¹							
Oder/Barley 66%, N 66%	302,2	4278	100	14,2	6618	100	21,9
Oder/Barley 100%, N 66%	342,2	4164	97,3	12,2	6468	97,7	18,9
Oder/Barley 100%, N 100%	367,2	4400	102,9	12,0	5804	87,7	15,8
Oder/Barley 66%, N 100%	327,2	4695	109,7	14,3	6081	91,9	18,6
Punase ristiku külvisenorm / Red clover seeding rate 4 kg ha ⁻¹							
Oder/Barley 66%, N 66%	322,2	4776	100	14,8	7350	100	22,8
Oder/Barley 100%, N 66%	362,2	4530	94,8	12,5	6936	94,4	19,1
Oder/Barley 100%, N 100%	387,2	4838	101,3	9,9	6620	90,1	17,1
Oder/Barley 66%, N 100%	347,2	4821	100,9	13,9	6849	93,2	19,7
Punase ristiku külvisenorm / Red clover seeding rate 6 kg ha ⁻¹							
Oder/Barley 66%, N 66%	342,2	4830	100	14,1	7584	100	22,2
Oder/Barley 100%, N 66%	382,2	4680	96,9	12,2	7272	95,9	19,0
Oder/Barley 100%, N 100%	407,2	4898	101,4	12,0	6728	88,7	16,5
Oder/Barley 66%, N 100%	367,2	4983	103,2	13,6	7029	92,7	19,1
Punase ristiku külvisenorm / Red clover seeding rate 8 kg ha ⁻¹							
Oder/Barley 66%, N 66%	362,2	4986	100	13,8	7686	100	21,2
Oder/Barley 100%, N 66%	402,2	4944	99,2	12,3	7584	98,7	18,9
Oder/Barley 100%, N 100%	427,2	4952	99,3	11,6	7202	93,7	16,9
Oder/Barley 66%, N 100%	387,2	5073	101,7	13,1	7113	92,5	18,4

Kokkuvõte

Katsetulemused näitasid, et kahetahulise odra sort 'Inari' on punase ristiku 'Varte' seemnepõllu rajamisel hea kattevilja.

Teraviljale soodsate võrsumisaegsete ilmastikuolude korral mõjutas odra külvisenormi vähendamine taimiku tihedust usutavalt kuid saaki suhteliselt vähe. Külvisenormi vähendamine soodustas küll teatud määral alla külvatud punase ristiku taimede arengut, kuid mõju esimese ja teise kasutusaasta seemnesaagile oli suhteliselt

tagasihoidlik. Kasutatud lämmastikvætise normil oli kattevilja tihedusele, terasaagile, eriti aga saagi kvaliteedile suurem mõju. Lämmastikvætise täis norm mõjutas allakülvatud punase ristiku taimede kasvu ja arengut pärssivamalt, kui kattevilja täis külvisenorm. Kattevilja külvisenormi ja lämmastikvætise normi samaaegne vähendamine parandas alla külvatud punase ristiku taimede kasvuolusid, mis väljendus hiljem ka statistiliselt usutavas seemnesaagi lisas.

Katsetatud punase ristiku külvisenormidest andis madalama seemnesaagi 2 kg ha⁻¹. See norm võib tootmiskülvides omada perspektiivi tingimusel, kui on kasutada külvik, mis on võimeline nii väikese seemnekoguse ühtlaselt välja külvama ja kui suudetakse esialgu hõre ristikutaimik hoida umbrohupuhas. Loomulikult eeldab see, et muld on külviks väga hästi ettevalmistatud, mullas on tärkamiseks küllalt niiskust ja külvatakse parajasse sügavusse, mis kindlustab hea tärkamise. Paremaid tulemusi andsid meie katses variandid, mis olid külvatud normiga 4 või 6 kg 100%-lise külvi-väärtusega seemet hektarile. Tegemist oli tetraploidse punase ristiku sordiga, mille 1000 seemne mass külvisseemnel oli 3,150 g. Diploidse punase ristiku (1000 seemne mass tavaliselt vahemikus 1,4–1,9g) külvisenormi täpsustamiseks on vaja läbi viia analoogsed katsed.

Kattevilja agrofoon ja alla külvatud punase ristiku külvisenorm mõjutasid ristiku 1000 seemne massi vähe. Uuritud katsevariandid seemnesaagi idanevust ei mõjutanud.

Majanduslikud arvutused näitasid, et nii kahe- kui kolmeastase tootmistsükli vältel saadi kõige enam müügitoodangut variandist, kus punane ristik oli külvatud odra alla vähendades seejuures nii kattevilja külvisenormi kui lämmastikväetise annust kolmandiku võrra. Nimetatud variandis oli ka tootmissisendite tasuvus (väljendatud suhtarvuna) kõige kõrgem.

Kasutatud kirjandus

- Aamlid, T.S. Froavl av rodklover. Dyrkingsveiledning mars 2011 (<http://froavl.bioforsk.no>)
- Aamlid, T.S., Havstad, L.T. 2011. Seed production of red clover. http://www.seemneliit.ee/wp-content/uploads/2011/12/Trygve_red-vlover-2011.pdf
- Bender, A. 2006. Liblikõielised heintaimed. Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine. – Jõgeva, 130–233.
- Bouet, S., Sicard, G. 1998. *Trifolium pratense* in France. In: Forage Seed Production 1. temperate species (eds. D.T. Fahey, J.G. Hampton). – Cambridge, 377–383.
- Bowely, S.R., Upfold, R.A., Wright, H. 2014. Producing red clover seed in Ontario. http://www.uoguelph.ca/plant/performance_recommendations/ofcc/pdf
- Clifford, P.T.P., Anderson, A.C. Red clover seed production – research and practice. http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_554.pdf
- Huebner, G. 2014. Red clover seed production. http://www.forageseed.net/index.php?option=com_content&view=article&id=152:red-clover-seed-production&catid=40:business&temid=121
- Jaama, E. 1986. Põldheina agrotehnika. Taimekasvatus. – Tallinn, 225–242.
- Jansone, B. 2008. Sarkanais ābolinš. Guide Book in the Seed Production of forage Grasses. – Skriveri, 22–53.
- Clifford, P.T.P., Anderson, A.C. 1980. Red clover seed production – research and practice. http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_554.pdf
- Kotkas, H. 1969. Punase ja roosa ristiku seemnekasvatus. Põldheina kasvatus. – Tallinn, 213–237.
- Marshall, A.H., Steiner, J.J., Niemeläinen, O., Hacquet, J. 1998. Legume seed crop management. – Forage Seed Production 1. temperate species (eds. D.T. Fahey, J.G. Hampton). – Cambridge, 127–152.
- Rand, H. 1992. Heintaimede seemnekasvatus. Rohumaaviljelus talupidajale. – Saku-Tallinn-Tartu, 44–74.
- Rincker, C.M., Rampton, H.H. 1985. Seed production. Clover Science and Technology (ed. N.L. Taylor). – Madison, Wisconsin, 417–443.
- Taylor, N.L., Quesenberry K.H. 1996. Red clover science. – Dordrecht/Boston/London. 228 pp.
- Undersander, D., Smith, R.R., Kelling, K., Doll, J., Wolf, G., Welding, J., Peters, J., Hoffman, P., Shaver, R. 2014. Red clover. Establishment, Management and Utilization. <http://learningstore.uwex.edu/assets/pdfs/A3492.pdf>

Impact of the seeding and fertilization rates of cover crop and the seeding rate of red clover on the seed yield of the cultivar 'Varte'

Ants Bender

Estonian Crop Research Institute,
Aamisepa 1, 48309 Jõgeva, Estonia

Summary

The trial results indicated that the two-row barley cultivar 'Inari' is a good cover crop for the establishment of a seed field of the red clover 'Varte'. In favourable weather conditions during tillering, the reduction of barley's seeding rate had a relatively low impact on the density of stand and the yield. To a certain extent, the reduction of seeding rate affected the development of under-sown red clover plants, but the effect on the seed yields in the first and second year after sowing was relatively modest. The used fertilizer rate had a bigger influence on the density and grain yield of the cover crop and particularly on the yield quality. The full N-fertilizer rate had a more inhibiting effect on the growth and development of red clover plants than the full seeding rate of the cover crop. A simultaneous reduction of the seeding and nitrogen fertilizer rates of cover crop improved the growth conditions of under-sown red clover plants, which later resulted also in statistically significant extra seed yield. Of the tested red clover seeding rates the lowest seed yield was obtained with 2 kg ha⁻¹. In production, this rate can be used only provided that the seed drill is able to distribute such a small seed amount evenly and that the clover stand, which is sparse in the beginning, can be kept free from weeds. A necessary requirement is that the soil must be very well prepared for seeding, the moisture content in soil must be sufficient and the seeding depth must be proper ensuring thus a good

emergence. The best results in our trial were obtained in variants, where the seeding rates were 4 or 6 kg 100% pure live seeds (PLS) per hectare. It was a tetraploid red clover cultivar, the 1000 seed weight of which was 3,150 g. In order to specify the seeding rate of a diploid red clover (1000 seed weight usually 1,4–1,9 g), similar trials have to be conducted. The seeding and fertilization rates of cover crop and the seeding rate of red clover had a small effect on the 1000 seed weight of clover.

The studied trial variants did not have any impact on the germinability of the seed yield. Economic calculations indicated that both in the two-year and three-year production cycles the highest market output was obtained from the variant, where red clover was sown under barley, whereas the seeding rate and N-fertilizer rate of the cover crop were reduced by one-third. In this variant also the productivity of inputs was the highest.



Juhtumianalüüs: PILUKOLDEGA Pliidi SOOJUSTEHNILISED KATSETUSED NING SOOJUSSALVESTI PINNA KESKMISE ENERGIAVOO MONITTOORING TAKISTUSTRAATTERMOMEETRIGA

Case Study: THE HEAT TECHNICAL EXPERIMENTS WITH SLIT FIREBOX STOVE AND THE HEAT ACCUMULATOR'S SURFACE ENERGY FLOW MONITORING WITH RESISTANCE THERMISTOR

Mart Hovi¹, Külli Hovi¹, Annes Andresson²

¹Eesti Maaülikool, Tehnikainstituut, Fr. R. Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu

²ÕÜ Ahjutarve, Puiestee 49B, Tartu 51008

Saabunud: 30.11.2014
Received:
Aktsepteeritud: 09.02.2015
Accepted:

Avaldatud veebis: 05.03.2015
Published online:

Vastutav autor: Mart Hovi
Corresponding author:
e-mail: mart.hovi@emu.ee

Keywords: firewood, stove, fireplace, carbon, thermoresistor, average

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2015_1_hovi.pdf

ABSTRACT. Local heating, especially ovens and stoves that are heated with log-wood, have been one of the most important types of heating in Estonian climatic conditions. During the second half of the 20th century, alternative types of heating were developed. For example, district and electrical heating. As the consumption of energy for heating houses has decreased, it has become relevant to use local heating options. For example, heat pumps, solar heating and solid fuel ovens and stoves could work in good collaboration. Regarding strict environmental standards, it has become important to increase the efficiency of fireboxes that use wood. During the reconstruction of heating devices, it is advisable to change the parameters of the firebox and the flue, to assure a high quality of combustion and efficient energy storage. This article is about heat technical experimentations with stoves with an Umwelt-Plus fireplace. To be more precise, it concentrates on measuring the energy of this stove with a copper thermistor, which stores the surface temperature during measurement.

© 2015 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2015 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Halupuudega köetavad pliitid ja ahjud on sajandeid olnud asendamatud seadmed nii toidu valmistamisel, kui ka ruumide kütmisel. Gaas ja elekter on toonud muudatusi sellesse valdkonda, kuid tõrjuda välja halupuud kui kütust, need ei ole suutnud. Halupuudega köetavate pliitide ja ahjude juures on aga tõusnud probleemiks puidu põlemisel tekkiva heitgaasi koostis ja kogus. Euroopa Liit on kehtestanud rangemad normid pliitide, ahjude ja kaminat kasutamisel tekkinud põlemisgaaside koostisele. Pliitide kohta kehtib standard EN 12815 (EVS-EN 12815:2001). Euroopa Liidu standard on esialgu soovituslik. Selle kohaselt peaks puidu põlemise käigus tekkima võimalikult vähe süsinikoksiidi (CO), lämmastikoksiidi (NO), põlemata orgaanilisi aineid ja lendtuhka ning seadme kasutegur peaks vastama normile. Käesolev uurimus tutvustab tehnilisi võimalusi püstitatud

eesmärkide saavutamiseks ja tulemise täpseks mõõtmiseks võimalikult lihtsate vahenditega.

Selle normi saavutamiseks peab koldes põlemise käigus olema kõrge suitsugaaside temperatuur. Õhkuiva puidu süttimise temperatuur on vahemikus 240–400°C (Pfestorf, 2002). Puidu põlemise kiirus oleneb puidu tihedusest (poorsusest) ja väiksema tihedusega puul on süttimise temperatuur madalam. Kõrge temperatuuri saamiseks on vaja, et kolderuumi puugaasid (lendosised) ja õhuhapnik saaksid korralikult seguneda, mis aga nõuab viibeaega (saksa keeles *verweitzzeit*) (Aigenbauer jt, 2011). See aeg sisaldab endas gaaside liikumist, segunemist ja põlemist kütteseadme koldes. Mida kõrgem on kolde temperatuur ja parem gaaside segunemine, seda lühemat viibeaega vajavad gaasid sama põlemiskvaliteedi saavutamiseks. Avar kolle võimaldab segunenud gaasidel lõpuni põleda. Halupuud põlevad pika leegiga, erinevalt

näiteks turbast või kivisöest. Puude täielikuks põlemiseks on vaja kõrget temperatuuri koldes, vähemalt 600°C. Optimaalseks peetakse temperatuuri 850–1000°C vahel (Ebert, 2006). Puidust eraldunud gaaside süttimine toimub suhteliselt kõrgel temperatuuril. Vesinik (H₂) umbes 560°C, süsinik (C) umbes 700°C, vingugaas (CO) umbes 605°C (Herrmann jt, 2011).

Pliidile kehtestatud nõuded EN 12815 näevad ette, et keskmine kasutegur oleks põlemise vältel 70%, CO sisaldus keskmiselt 1500 mg MJ⁻¹ ja lendtuhka 50 mg m⁻³. Kaasajal soovitatakse pliidi kolle ehitada ilma kolde restita, kus koldealune ruum on olemas, kuid sinna ei lange põlemisjääke ega tuhka. Läbi selle ruumi võetakse koldesse põlemisõhku ja see juhitakse kolde külge- ja tagaseina kaudu halupuude peale. Halupuude kaalust ligikaudu 83% põleb gaasina, mis moodustab 70% nende kütteväärtusest.

Pliidi kolderuumi suurusest sõltub puidu kogus, mida korraga pannakse koldesse, tagamaks normidele vastav põlemiskeemia. Näiteks, kui ühes tunnis põletame 6 kg puid, mida tuleb koldesse lisada kolmes osas iga 20 minuti järel, siis vastavalt EN 12815 peab olema sellise kolde kõrgus minimaalselt 28 cm. Kolde ehituseks soovitatakse kasutada ahjušamotti, mille tihedus on 1750–2200 kg m⁻³, lahtine poorsus 18–33% ja soojusjuhtivus 20–400°C vahemikus 0,65–0,90 W (m·K)⁻¹ (EVS EN 15544:2009)

Pliidikoldes kõrge temperatuuri saavutamisel on oluline, et pliidikolde seinad ei juhiks kolde soojust kiiresti edasi ja pliidi malmplaat ei asetseks madala leegi kohal, kuna see toob kaasa ebahütlase soojusjaotuse plaadil. Selle probleemi lahendamiseks lisatakse vahetult leegi kohale vermikuliitplaat, mis ei jahuta kolde temperatuuri maha, kuna vermikuliitplaadi soojusjuhtivus on malmplaadist palju väiksem. Edasi liigub suitsugaas ühtlaselt malmplaadi alla. Keskmiseks suitsugaaside temperatuuriks, mis lahkub koldest, loetakse pliidi keskmiselt 570°C (EVS-EN 12815, 2001).

Üldjuhul jääb Eestis ehitatavatel pliitidel suitsulõõr lühikeseks või puudub täielikult ning seda kompenseeritakse soemüüriaga, mis salvestab osa suitsugaaside soojusest. 2012. aastal käisid oma oskusi näitamas kaks pottseppa Šveitsist, kes ehitasid Eesti Maaülikooli laboris kaks pliiti, mis vastavad EN 12815 normidele. Suitsulõõrid paiknevad pliidi külgedel, ja lõõrides liiguvad põlemisgaasid soojendavad pliidi külgpinda ja tõstavad pliidi kasutegurit. Kogu koldesüsteem ja lõõristik projekteeriti eelnevalt vastava arvutiprogrammiga (välja töötatud Austria Kachelofenverband'i spetsialistide poolt), mille kasutusõigust Eestis pakub OÜ Volt (Kachelofen Berechnungsprogramm ...). Peale lõplikku häälestust saadi kaks pliiti, mille näitajad on vastavuses EVS EN 12815 normidega.

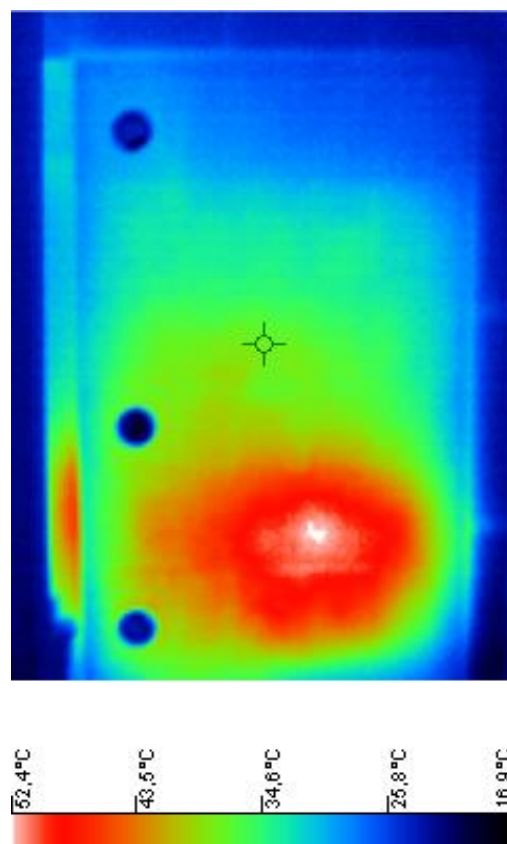
2014. aasta sügisel valmis Rakveres restkoldega pliidi rekonstrueerimise tulemusena pilukoldega pliit (joonis 1 ja 2), mis on mõeldud seda tüüpi kütteseadme näidiseks ja on läbinud ka mitmekülgseid soojus- tehnilised katsetused.

Pliit on projekteeritud Austria pottseppäiingu spetsiaaltarkvara abil (Kachelofen Berechnungsprogramm...) ja võimaldab kasutada kuni 0,5 m pikkust halupuitu. Ühe koldetäie kütuse lubatud mass on 1,9–3,7 kg.



Joonis 1. Eesti oludes uude pilukoldega rekonstrueeritud pliit (foto K. Hovi).

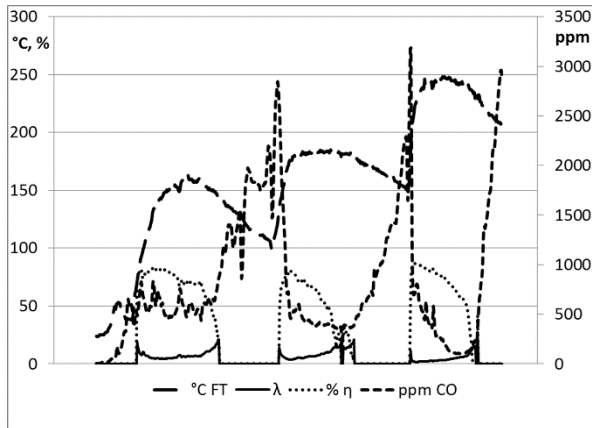
Figure 1. Reconstructed oven with slit firebox which is new in Estonia



Joonis 2. Pliidi soemüürist tehtud termokuva (foto K. Hovi)

Figure 2. Thermo picture of the heat-wall of the stove

Katsekütmised, mis toimusid oktoobris ja novembris 2014 näitasid, et uue konstruktsiooniga kolle põletab kütust võrreldes Eestis klassikaliselt kasutatavate kolletega oluliselt puhtamalt. Pliidiplaadi alune ning lõõristik sisaldas vähesel määral tuhka, kuid mitte tahma, mis viitaks ebatäielikule põlemisele. Ka kolde klaasuks püsib kasutuse käigus puhtana. Kõrge kolde-temperatuuri tulemusel põlevad ära sinna juhuslikult sattunud tahked osakesed. Novembris 2014 läbi viidud katsekütmisel tehtud gaasianalüüs seadmega Testo 330 näitas, et kogu põlemisperioodi keskmine vingugaasi kontsentratsioon oli 819 ppm (joonis 3).



Joonis 3. Katsekütmise käigus mõõdetud väljuva suitsugaasi parameetrid.

Figure 3. The parameters of exhausted flue gas during test heating

Eelkirjeldatud pliidi vältimatu osa on trupp ehk kahhelitest laotud soemüür, mis võimaldab pliidi kütmisel tekkivate suitsugaaside soojuse salvestamist ja selle järk-järgulist üleandmist tuppa. Kirjeldatud suitsugaasi analüüs toimus soojussalvestist lahkuvas suitsulõõris.

Kui moodustada hüpoteetiline keha materjalist, mis on hea soojussalvestusvõimega nagu näiteks vesi või kivi, siis teades selle keha keskmist temperatuuri saab anda hinnangu selles hetkel salvestunud soojusenergia kohta. Keha temperatuuri hinnanguks piisab ka selle pinnatemperatuuri mõõtmisest. Selle eelduseks on, et keha sisemuses toimuvat soojuslevi võib lugeda oluliselt paremaks selle pinnal toimuvast. Keha pinnatemperatuuri mõõtmiseks saab kasutada kleebitavaid temperatuuriandureid või termofotografeerimist (joonis 2) isolatsioonita soojussalvestitel nagu näiteks ahjud. Keha pinna keskmise temperatuuri muutust ajas saab väljendada pinna kiirgusliku ja konvektiivse soojusvõimsusena (Ots, 2011), mida saab kasutada näiteks ahjude soojusväljastuse arvutustes. Üheks tehniliselt lihtsaks pinnatemperatuuri mõõtmise võimaluseks on kasutada metalli, näiteks vase, elektrijuhtivuse sõltuvust temperatuurist. Siin kehtib võrrand $R = a \cdot t + R_0$, kus R – on traadi takistus oomides, a – on vase temperatuuritegur $0,004 \Omega \text{ } ^\circ\text{C}$ kohta, R_0 – on vasktraadi takistus tuntud temperatuuril, näiteks $0 \text{ } ^\circ\text{C}$, t – on mõõdetav temperatuur $^\circ\text{C}$ (Tabellenbuch, 2007).

Kuna otsitav suurus on temperatuur, siis saab selle avaldada eelkirjeldatud valemist

$$t = \frac{R - R_0}{a}$$

Sellise mõõtmise muudab keerukaks vase väga hea elektrijuhtivus, mistõttu tuleb andurina kasutada võimalikult peenikest traati. See nõue on aga vastuolus traadi vastupidavuse ja elektrilise ühenduse loomise võimalusega. Peenike traat kipub hävima jootmisel ja katkema kleepimisel.

Kuna paigaldatud traat katab kogu objekti vertikaalsuunas, siis väljendab mõõdetav takistus selle pinna keskmist temperatuuri ilma vajaduseta täiendava statistilise töötluse järgi. Kui eelkirjeldatud soojussalvesti toimib ka küttekehana, siis väljendab pinnatemperatuur lisaks salvestunud energiale ka pinna võimsust ühe ruutmeetri kohta φ , mida saab kirjeldada teist järku polünoomina $\varphi = 0,0564 \cdot \Delta t^2 + 8,2624 \cdot \Delta t - 19,632$, kus Δt – on erinevus keskkonnatemperatuuri ja keha keskmise pinnatemperatuuri vahel (Eberl, 2001, lk 90 tabelist tuletatud).

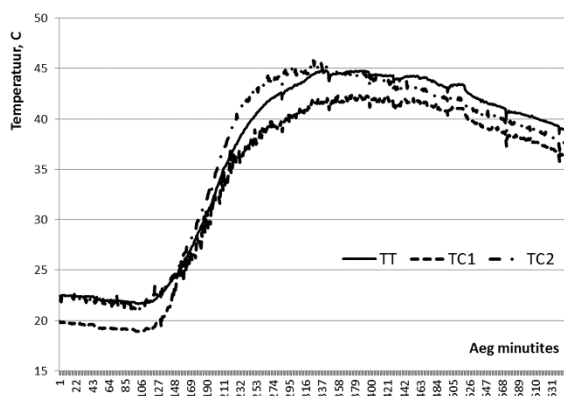
Joonisel 4 on näha soemüüri ehk trubi pinnale oranžide kleebistega kinnitatud temperatuuriandurid. Trubi pinna temperatuuri vertikaalsel joonel mõõdetakse seitsme termopaariga (kõrgused põrandapinnast 14, 38, 65, 92, 120 ja 144 cm). Termopaaride rea kõrvale on kinnitatud 0,04 mm ja 0,1 mm diameetriga vasktraadist termotakistid, millede pikkus on kahekordne trubi kõrgus ehk 3,8 meetrit. Vasktraadist andurite takistused olid enne kütmise algust vastavalt 37,336 Ω ja 9,472 Ω , mis suurenesid katse käigus vastavalt väärtusteni 40,453 Ω ja 10,366 Ω .



Joonis 4. Temperatuuriandurite paigutus vertikaalsihis kontrolliks ja takistustraadi kalibreerimiseks (foto K. Hovi)

Figure 4. Vertically arranged temperature sensors for control and to calibrate the resistance degree

Kalibreeritud andmehõiveseadme AGILENT 34972A abil kogutud traadi takistuste muutused teisendati ümber temperatuurideks. Termopaaride ja takistitega mõõdetud pinnatemperatuur on kujutatud joonisel 5.



Joonis 5. Pliidi truubi pinnatemperatuuride muutus kütisel. TT – mõõdetud termopaaridega, TC1 – vasest takistusanduriga 0,04 mm, TC2 – sama, kuid 0,1 mm

Figure 5. The change of the surface temperature during heating. TT- measured with thermocouple, TC1- measured with copper resistance sensor 0,04 mm, TC2- measured with copper resistance sensor 0,1 mm

Kokkuvõte ja järeldused

Kohtküte, eriti halupuuga köetavad ahjud ja pliidid on Eesti kliimaoludes olnud pikka aega üheks olulisemaks küteliigiks. Eelmise sajandi teisel poolel arendati alternatiivseid küttevõimalusi nagu kaugküte ja elektriküte. Seoses hoonete energiatarbe kahanemisega on taas päevakorda kerkinud lokaalsete küttevõimaluste kasutus. Heas koostöös toimivad näiteks soojuspump, päikeseküte ning tahkekütuse ahi või pliit. Seoses rangete keskkonnanormidega on oluliseks muutunud puidukollete efektiivsuse tõstmine. Kütteseadmete rekonstrueerimise käigus on otstarbekas muuta kolde ja lõõristiku parameetreid, et kindlustada kvaliteetsem põlemine ja tõhusam energia salvestus. Artikli tähelepanu on keskendunud pilukoldega pliidi soojus-tehnilistele katsetustele. Katse käigus saadi vingugaasi keskmine näit 819 ppm, mis vastab kehtivatele nõuetele. Selle pliidiga vahetult seotud soojussalvesti ehk truubi soojusenergiavoo mõõtmisele vasest termotakistiga võimaldab mõõtmiste käigus koheselt leida salvesti keskmist pinnatemperatuuri. Töö tulemustena leidsid kinnitust, et kirjeldatud koldetüüp võimaldab oluliselt puhtamat põlemist ja takistustraadiga saab pinnatemperatuuri mõõta. Edaspidiste uuringute käigus tuleks rohkem tähelepanu pöörata suitsugaasi koostise detailsemale jaotusele nii peensoakete, kui ka muu põlemata orgaanika seisukohast.

Tänuavaldused

Autorid tänavad EMÜ tehnikainstituuti igakülgse abi eest.

Kirjandus

- EVS-EN 12815:2001 Tahkel kütusel töötavad paiksed autonoomsed boilerid. Nõuded ja katsemeetodid.
- Pfistorf, K.H. 2002. Kachelöfen und Kamine. – Verlag Bauwesen, Berlin, 202.
- Aigenbauer, S., Moser, W., Schmidl, C. 2011. Der Ofen der Zukunft – Massnahmen zur Umsetzung des Höchstmöglichen Standes der Technik von Öfen für stückige Holzbrennstoffe. – Wieselburg, 42.
- Ebert, H.-P. 2006. Heizen mit Holz. – Ökobuch Staufen bei Freiburg.
- Herrmann, M. *et al.* 2011. Öfen und Kamine. – BeuthVerlag GmbH Berlin-Wien-Zürich.
- EVS EN 15544:2009 Kahhelahjud / krohvitud pinnaga ahjud. Dimensioneerimine.
- Kachelofen Berechnungsprogramm allgemeine Informationen – <http://www.kachelofenverband.at/kov-service/berechnungsprogramm-allgemein/> (27.01.2015)
- Ots, A. 2011. Soojustehnika aluskursus. Termodünaamika. Põlemine. Soojusülekanne. – Tallinn, 816 lk.
- Tabellenbuch, F. 2007. Elektrotechnik/Elektronik. 582. Auflage. – Bildungsverlag EINS, Köln.
- Eberl, G. 2001. Fachkunde für Hafner (c) öbvahpt. – VerlagsgmbH & Co, Wien.

Case Study: The heat technical experiments with slit firebox stove and the heat accumulator's surface energy flow monitoring with resistance thermistor

Mart Hovi^{1*}, Külli Hovi¹, Annes Andresson²

¹ Estonian University of Life Sciences, institute of technology
Fr. R. Kreutzwaldi 56, 51014 Tartu, Estonia

²Ahjutarve LLC

Summary

The local heating device needs to be improved due to stringent environmental restrictions. The grate firebox that has been widely used in Estonia, does not guarantee sufficient burning due to small volume of the firebox and the effect of furnace. However, the required conditions for the firebox to grant good quality of burning are described in this article. What is more, the results received from test heating confirm the desired result. Reconstructed stove with slit firebox is furnished with heat storage of stove tiles. Also, it is in accordance with modern environmental restrictions. Different methods are used to monitor and register the surface temperature of the heat storage. For example infrared photography and sensors, which are on glued on the surface of the heat storage. Until now, it was necessary to put many sensors and the average result of the calculations was used. However, the described methodology herein, enables to get the results describing the surface conditions with single measuring. This improves data acquisition and subsequent statistical computing.



KASVUKOHAPÕHISE TÄPPISVÄETAMISE MÕJU SUVIRAPSI SAAGILE JA SEEMNETE KVALITEEDILE

EFFECT OF SITE-BASED FERTILIZATION ON SPRING OILSEED RAPE YIELD AND SEED QUALITY

Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi

Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Eesti

Saabunud: 24.11.2014
Received:
Aktsepteeritud: 14.04.2015
Accepted:

Avaldatud veebis: 15.05.2015
Published online:

Vastutav autor: Jaan Kuht
Corresponding author:
e-mail: jaan.kuht@emu.ee

Keywords: spring oilseed rape, soil nutrient content, precision fertilizing, foliar fertilizing

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2015_1_kuht.pdf

ABSTRACT. The experiments, using two fertilization methods in the spring on oilseed rape in 2012, were carried out at two sites – on the Eerika experimental field (N 58°36.6'; E 26°32.5'), near Tartu and on the Erumäe field (N 58°27.9' ja E 26°32.5) of Pilsu farm. The aim of the study was to investigate site-based precision fertilization on the spring rape yield and oil content of rape seeds. The preceding crop was spring wheat. Five treatments were used: control treatment (K) without fertilizers, conventional fertilizing system (T), fertilization by site-specific information (MI), fertilization by site-specific information additionally with a mineral nitrogen fertilizer (MIMN), and site-specific fertilization additionally with a foliage nitrogen fertilizer (MILV). The highest grain and oil yield levels were achieved in the treatments with fertilized site-specific information additionally with foliage nitrogen fertilizer. On the production field, acceptable grain and oil yield increases were achieved in the treatment fertilized by site-specific information additionally with foliage nitrogen fertilizing. Compared to the conventional fertilization (T), the foliar fertilization (MILV) had, in the field experiment a 6.6% higher rapeseed yield, while in the production experiment this increase was 21.6%. The oil content of the spring oilseed rape seeds was higher in the control and conventional treatments. In both experiments the highest spring rapeseed oil content was obtained from the background foliar fertilizer plots (MILV) – in field experiments this was 1.3–1.7%, while in the production experiment 0.5% higher than the soil information fertilized treatments (MI) only. There was a negative correlation between the oil content and seed yield level, and between the oil content and protein content of spring oilseed rape.

© 2015 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2015 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Rapsikasvatus on Eesti põllumajanduses tõusnud olulisele kohale. Nüüdseks on raps kinnistunud meie põldudele kui sobiv külvikorrakultuur ja selle mitmekülgne toodang on leidnud koha töötlevas tööstuses. Viimase kümne aasta jooksul rapsi kasvupind suurenenud 3,57 korda ja moodustades kogu põllukultuuride kasvupinnast 7,2% (Viil jt, 2010). Viimastel aastatel on rapsi kasvupinna suurus stabiliseerunud ja sealjuures on suurenenud talirapsi osatähtsus.

Tänapäeval on põllumajanduses kasutusel tehnika, millega on võimalik masinate liikumist põllul täpselt juhtida globaalse satelliitnavigatsioonisüsteemi ehk

GNSS (GPS, GLONASS, Compass, vms) abil. GNSS annab operatiivselt vajalikku infot põllumajandustehnika asukoha kohta põllul, sealhulgas ka selle liikumisel (Ludowicy jt, 2002; Robinson, 2007; Nugis jt, 2009; Vösa jt, 2009). Täppisväetamisel antakse väetisi põllu piires erinevalt, lähtudes kasvukoha mulla toiteelementide sisaldusest või taimede toitumise olukorrast nende kasvuajal. Kuivõrd taimekasvatuse lõppeesmärk põllul on saak, siis on oluline teave põllu erinevate osade saagipotentsiaali kohta. Kui kombain on varustatud saagikust registreeriva seadmestikuga on saagi suurust võimalik teada saada saagikaardilt. Põllukaardi kontuuril eristuvad värvilised piirkonnad, mis

annavad visuaalse ülevaate põllu osade saagitasemest ning võimaldavad paremini planeerida tegevusi.

Toiteelementide lehekaudset manustamist peetakse kiireks ja majanduslikult tasuvaks väetamisviisiks, mis stimuleerib taimede kasvu ja arengut nende kasvuajal. Lisaks annab juureväline väetamine täiendava ja operatiivse võimaluse varustada taimi toitainetega eriti kui juured ei suuda mingil põhjusel rahuldada taimede kasvuaegset toitainete vajadust (Parker, 1999). Eestis täheldati suvinisuga korraldatud täppisväetamise katsetes lehevätiste positiivset mõju suvinisu saagile (Kuht jt, 2012) ja terade tähtsamatele kvaliteedinäitajatele (Kuht jt, 2013a). Kuigi raps on võimeline kasvatama korralikku ja sügavale mulda tungivat juurekava, ei ole selle toitainete mullast omastamise võime alati kõrge (Orlovius, 2003; Schjoerring jt, 1995). Seetõttu on otstarbekas jälgida rapsitaimede olukorda kasvuajal ja vajadusel kompenseerida toitainete või mikroelementide puudus kasvuaegse väetamisega.

Lisaks kohamäärangu võimaluste olemasolule on oluline teave kasvukoha mulla omadustest. Geoinfo-süsteemi (GIS) andmestik on muutunud täppisviljeluse lahutamatuks osaks (Jordan, Smith, 2005; Santhi jt, 2005). Mullaproovide kogumine on esimene samm kohtspetsiifilise andmebaasi loomiseks ja mulla toitainete sisalduse jälgimiseks (Crozier, Heiniger, 1998). GIS rakendused annavad teavet mullastiku, mulla toitainete sisalduse, happesuse jm varieerumise kohta kogu põllu piires. Selliste andmestikule tuginevate digitaliseeritud kaartide kasutamine töomasinate IT-rakendustes võimaldab koos GPS kohamäärangu seadmestikuga vastavalt vajadusele operatiivselt muuta tööprotsessi parameetreid masina liikumisel põllul. Täiendava väetamise tegeliku vajaduse üle saab mulla kõrval otsustada veel taimeanalüüsi andmete alusel. Taimede poolt kasutamata jäänud väetis on viljelejale majanduslik lisakulu ning võib suurendada keskkonna koormust leostunud mineraalainete näol.

Katsed on näidanud, et toiteelementide andmine lehtede kaudu aitab kiiresti üle saada kriitilisest hetkest taimede maksimumtarbe perioodil, parandab lämmastiku osalemist ainevahetusprotsessides, väldib saagikadu ning kvaliteedilangust. Samuti paraneb teiste toiteelementide kasutamise efektiivsus ning väheneb lämmastiku väljaleostumise oht (Järvan, 2006).

Käesoleva uurimuse raames katsetati uutset meetodikat, milles korrigeeriti lehevätise pritsimiskogus SPAD klorofüllimõõtja ja põllu lämmastikuvajaduse kaardistamist võimaldava N sensori abil. Uurimistöö eesmärgiks oli selgitada suvirapsi kasvatamise erinevatel aegadel (külvielset ja intensiivsel kasvuperioodil) tehtud kasvukohapõhise täppisväetamise meetodite mõju selle seemnesaagile ja seemnete olulisematele kvaliteedinäitajatele.

Materjal ja meetodika

2012. aasta kevadel viidi läbi katsed suvirapsi (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) täppisväetamise mõju

uurimiseks. Põldkatse korraldati Eesti Maaülikooli katsepõllul, asukohaga Eerika (koordinaadid N 58°36,6'; E 26°32,5'), Tartumaa ning tootmispõld rajati Pilsu talu tootmisaiale Erumäele (koordinaadid N 58°27,9' ja E 26°32,5), Tartumaa. Katsete eelviljana oli kasutusel suvinisu.

Täppisväetamine tugines kahele erineval ajal läbi- viidud seirele:

1) katsekohtade ja kõikide katsevariantide mullast 2011. aasta sügiseste proovide võtmisele ja proovide agrokeemilisele analüüsile, mille andmeid kasutati Eerika katsetes eri variantide väetustasemetes arutamisel ja Erumäe katsetes lisaks veel külvielset väetamise laotusnormide reaalarajas muutmise tarbeks vastavate digitaliseeritud kaartide koostamisel,

2) kasvavate rapsitaimede vegetatsiooniindeksi (VI) mõõtmisele rapsi N väetise vajaduse kasvuaegseks määramiseks.

Eerika katseala rajati näivleeturund (LP) mullale (*WRB – Stagnic Luvisols (Albeluvisols)*) ja Erumäe katsealadel oli valdavalt leetjas (K_1) muld (*WRB – Luvisols*, FAO, 2006).

Igalt katsealalt võeti 2011. aasta sügisel mulla- proovid mullaviljakuse tähtsamate agrokeemiliste näitajate määramiseks. Proovid viidi Põllumajandus- uuringute Keskuse laboratooriumisse keemilisteks analüüsideks. Laboris määrati proovidest mulla pH (1n KCl lahusest pH-meetriga), orgaaniline süsinik C_{org} ja üldlämmastik $N_{üld}\%$ (ISO 10694:1995 (element- analüüs), lisaks veel mulla fosfori- (P) ja kaaliumi- (K) sisaldus, $mg\ 100\ g^{-1}$ (Mehlich III meetodil).

Mullaproovide analüüsi tulemuste alusel väetati 2012. a kevadel suvirapsi (Eerika põldkatses sort 'Fenja' ja Erumäe tootmiskatses 'Campino') mineraal- väetisega vastavalt katseplaanile ja mullainfot arves- tavates variantides mulla toitainete sisalduse kohta kogutud info alusel. Mullaproovide analüüsi tulemuste alusel väetistega antava lisatoitainete vajaduse kind- laksmääramisel arvasime kõigepealt mulla toitainete $N_{üld}$, P ja K varud 1 ha künnikihi (20 cm, keskmise mulla lasuvustihedusega $1,5\ Mg\ m^3$) kohta $kg\ ha^{-1}$, tuginedes sealjuures mullaanalüüsi tulemustele. Eerika põldkatse aladel oli kaaliumi vähesus, Erumäe põld- katse mullas aga P vähesus (tabel 1). P ja K kasutuse koefitsiendid mulla varudest leidsime Kevvai ja Kärblase (1996) poolt koostatud tabelite kaudu ja arvasime need ümber kilogrammidesse ühe hektari kohta. Katsevariantide mulla toitainesisaldusest lähtu- sine miinimumis olevatest näitajatest: kus oli mullas vähem toitaineid, seal suurendasime väetusenormi ja kus oli piisavalt, seal kasutasime planeeritud saagi saamiseks optimaalset väetusenormi. Planeeritud saak oli Eerika põldkatses $2,5\ t\ ha^{-1}$ ja Erumäe tootmiskatses $3\ t\ ha^{-1}$.

2012. a kevadel väetati mõlemat katsepõldu mine- raalväetistega vastavalt katseplaanile. Erumäe tootmis- katses, kus mulla fosforisisaldus oli valdavalt madal, külvati fosforirikast mineraalväetist MAP 12-52 Soltex (N-12; P-52) väetisekülvikuga Amazone ZG-B 8200, töölaieuga 24 m. Katsevariantides, kus mullainfo

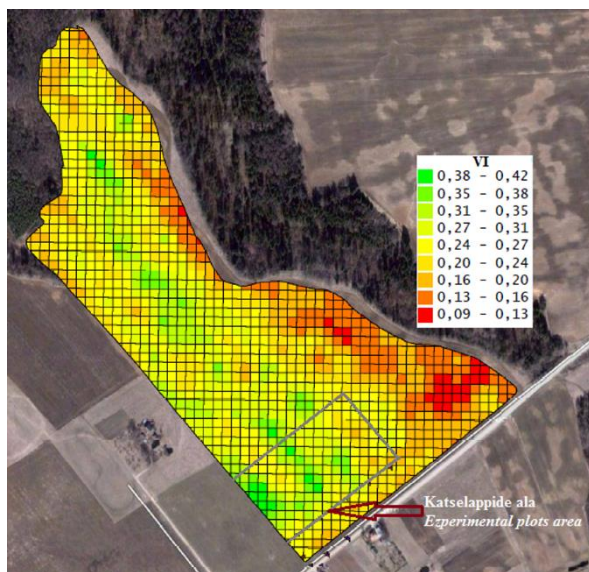
alusel oli ette nähtud erinevate normidega väetise külv, reguleeriti täiendava väetise väljakülv masina liikumisel GPS kohtmäärangu järgi automaatselt, lähtuvalt digitaliseeritud väetamiskaardi, andmestikust. Kasutati AgLeader SMS tarkvara, mis võimaldas analüüsida ja visualiseerida andmeid ning koostada tööplaan. Selle abil loodi MAP väetise külviks mõeldud töökaart (Kuht jt, 2013a). Väetamisprotsessi jälgimiseks oli traktori kabiinis AgLeader täppisviljelusmonitor, mis kasutas tööprotsessis vahetult SMS tarkvara kaardivaateid reaajas.

Eerika põldkatses, kus oli valdavalt väiksem K sisaldus (tabel 1), külvati kaaliumirikast väetist Yara Cropcare PK (3-11-24) käsitsi, vastavalt katselappide mulla väetistarbele. Eeldatavaks rapsi seemnesaagiks

planeeriti Eerika põldkatses 2,5 ja Erumäe tootmiskatses 3,0 t ha⁻¹. Lämmastikväetist ammooniumnitraat (N 34,4%) külvati eraldi.

Katselappide väetamisele järgnes suvirapsi külv, kasutades külvikut Väderstad Pneumo, mille töölaius oli 8 m.

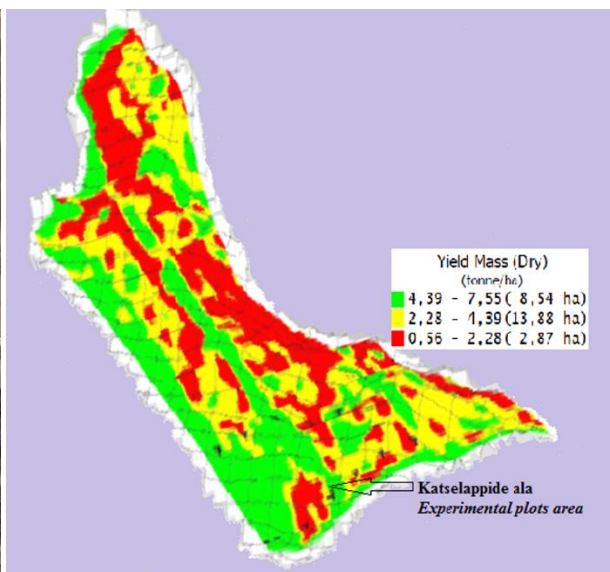
Lehekaudse väetamisega katsevarianti SIFF väetati kasvu ajal leheväetisega Nutricomplex 14-11-25 (sisaldas ka MgO, SO₃, Mn, B, Cu, Zn, Fe), normiga kuni 4 kg ha⁻¹. Suvirapsi kasvuaegse väetamise vajadus Eerika katses määrati Minolta SPAD klorofüllimõõtjaga ja Erumäe põllu tootmiskatses toimus see väetamise käigus N sensoriga OptRx (Stiekema, 2012). Lehekaudseks väetamiseks kasutati taimekaitsepritsi.



Joonis 1. Vegetatsiooniindeksi (VI) alusel koostatud kaart suvirapsi N väetamiseks, määratud N sensoriga OptRx 11.06.2012. a Erumäe põllul.

Figure 1. Spring rape nitrogen nutrition map based on vegetation index (VI) determined by N sensor OptRX 11/06/2012 in Erumäe field.

Erumäe katsepõllult koristati raps 27. septembril saagimõõtmise ja kohamäärangu seadmetega varustatud kombainiga NewHolland CX860, mille tulemusena koostati saagikaart. Spetsiaalse arvutiprogrammiga Ag Leader SMS (Ag Leader Technology tootekataloog, 2013) töödelduna oli võimalik visualiseerida saagitasemed erinevatel põlluosadel üldise saagikaardina (Kuht jt, 2013b ja 2013c) ja ka koristuskombaini töökäikude kaupa (Kuht jt, 2013a). Programm võimaldas vajaduse korral parema ülevaate saamiseks saagiandmeid töödelda ka vähemaarvulisele saagitasemete jaotusele ja paigutada need kas mullakaardile või ka erinevatele reljeefiosadele 3D kaardina jms



Joonis 2. Suvirapsi 3D saagikaart mis on jagatud Ag Leader SMS tarkvara abil kolmeks saagitasemeks ja paigutatud Erumäe põllu reljeefikaardile.

Figure 2. Spring oilseed rape yield 3D map, shared by Ag Leader SMS software for three yield levels and arranged on Erumäe field relief map.

(sarnaselt joonisele 2). Eerika katsepõllult koristati rapsisaak 25. septembril katsekombainiga "Sampo", heedri laiusega 2 m, mis võimaldas määrata iga lapi saaki ka kaalumise teel.

Tulemuste osas käsitletakse seemnesaagi ja mõnede seemnete kvaliteedinäitajate tulemusi. Koristuse käigus koristatud rapsi seemnesaagi proovid saadeti Põllumajandusuuringute Keskuse taimse materjali laborisse analüüsimiseks. Muude näitajate kõrval määrati ka õli (toorrasv) kuivaines (%), proteiinisaldus (%) ja erukahappe sisaldus (%). Kvaliteedinäitajad määrati NIR – meetodil.

Katsevariandid on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Katsevariandid**Table 1.** Experimental treatments

Variant <i>Treatment</i>	Tähis <i>Sign</i>	Väetamine <i>Fertilization</i>
Kontrollvariant <i>Control treatment</i>	K	Väetamata <i>Without fertilizers</i>
Tavaväetamine <i>Conventional fertilizing system</i>	T	Mineraalne NPK väetis vastavalt tavaviljelusele <i>Mineral NPK fertilizer added according to conventional agricultural practice</i>
Väetamine mulla toitainete sisalduse järgi <i>Fertilization according to soil nutrients content</i>	MI	Mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla toitainete vajadusest <i>Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency</i>
Väetised mulla toitainete sisalduse ja taimede N vajaduse info alusel I <i>Fertilization according to soil nutrients content and to the N need of plants I</i>	N MIMN	Mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla toitainete vajadusest ja mineraalne N kasvu ajal klorofüllimõõtja määrangute järgi vastavalt taimede N vajadusele <i>Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency and mineral N added during growth and need estimated by chlorophyll measurer</i>
Väetised mulla toitainete sisalduse ja taimede N vajaduse info alusel II <i>Fertilization according to soil nutrients content and to the N need of plants II</i>	N MILV	Mineraalne NPK väetis külvi ajal lähtuvalt mulla infost ja leheväetis kasvu ajal klorofüllimõõtja määrangute järgi vastavalt taimede N vajadusele <i>Mineral NPK fertilizer added during sowing according to the soil nutrients deficiency and foliage nitrogen fertilizer during growth period added according to the N deficiency</i>

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Statistica 12 (Anova, Fisher LSD test, Statsoft, 2005). Uuritud näitajate omavaheliste seoste leidmiseks kasutati regressioonanalüüsi.

Tulemused ja arutelu

Kasvukohtade mulla agrokeemilised näitajad

Mulla agrokeemiste määramiste tulemuste järgi on näha, et mulla pH erinevused olid väikesed ja rapsikasvatuseks üldiselt soodsad (tabel 2).

Tabel 2. Suvirapsi kasvukohtade mulla agrokeemilised näitajad
Table 2. Agrochemical parameters of the soils

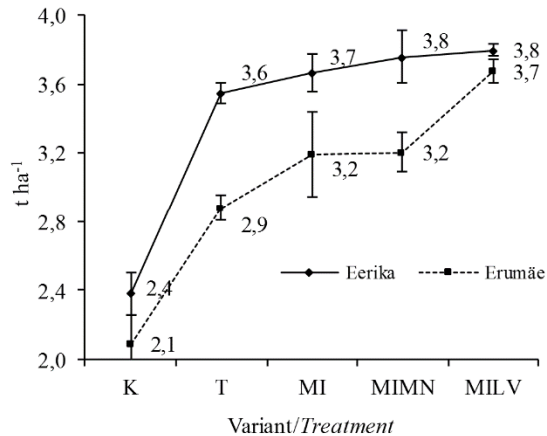
Variant <i>Treatment</i>	Katse koht <i>Trial location</i>	Mulla agrokeemilised näitajad <i>Soil agrochemical parameters</i>				
		pH _{KCl} <i>pH_{KCl}</i>	P <i>mg kg⁻¹</i>	K <i>mg kg⁻¹</i>	C _{org} <i>%</i>	pH _{KCl} <i>pH_{KCl}</i>
Väetamata (K) <i>Unfertilized</i>	Eerika	5,8	105	93	1,55	5,8
	Erumäe	6,8	72	169	1,29	6,8
Tavaväetamine (T) <i>Conventional fertilizing</i>	Eerika	5,4	134	99	1,66	5,5
	Erumäe	6,5	85	185	1,70	6,5
Mineraalväetised mulla- info alusel (MI) <i>Fertilization according to the soil data</i>	Eerika	6,1	112	124	1,62	6,1
	Erumäe	6,2	88	178	1,61	6,2
Väetised mulla ja taime info alusel I (MIMN) <i>Fertilization according to the soil and plant data I</i>	Eerika	6,2	150	145	1,61	6,2
	Erumäe	6,4	81	166	1,53	6,4
Väetised mulla ja taime info alusel II (MILV) <i>Fertilization according to the soil and plant data II</i>	Eerika	5,9	167	132	1,71	5,9
	Erumäe	6,5	72	160	1,43	6,5

Kõige paremini sobivad rapsile keskmised liivsavi- ja saviliivmullad, mille pH on üle 5,5 (Kaarli, 2003). Orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisalduse järgi on mõlema katseala mullad keskmise huumusesisaldusega. Muldade fosforisisalduse alusel on vastavalt väetistarbe gradatsioonile Eerika katseala mulla fosforitarve väike, Erumäe katsealal aga keskmine (vastavalt piirväärtus-

tele 96–170 mg 100 g⁻¹ ja 46–95 mg 100 g⁻¹; Põllumajandusuuringute Keskus, 2013). Muldade kaaliumisisaldus näitas valdavalt keskmist või sellele lähedast kaaliumivajadust (piirväärtused 96–130 mg 100 g⁻¹) Eerika katsealal ja väikest (piirväärtused 131–240 mg 100 g⁻¹) Erumäe katsetel. Samas peab silmas pidama, et kuna Mehlich 3 meetodil määratud Eesti põllumuldade väetistarve ja selle gradatsioon erineb tugevasti varasemast, Egnér-Riehm DL meetodil saadud P ja K tarbe gradatsioonist, siis ei ole need omavahel võrreldavad ja Meh-3 meetodi tõesus ja selle rakendusväärtus on veel vaieldav (Roostalu, 2014).

Suvirapsi seemnesaak

Parimad suvirapsi seemnesaagid saadi mõlemas katses katsepõllult, kus väetamine toimus lähtuvalt mulla toitainete sisaldusest ja hilisemal rapsitaimede kasvuaegsel juurevälisel väetamisel leheväetisega (MILV, joonis 3). Võrreldes tavaväetamisega oli Eerika põldkatses leheväetise kasutamisel 6,6% võrra suurem saak ja Erumäe tootmiskatses oli seemnesaaki koguni usutavalt 21,6% võrra enam. Uurijad on täheldanud rapsitaimede leheväetistega väetamise positiivset mõju seemnesaagi suurusele, kus on saadud lämmastikku sisaldavate leheväetiste kasutamisel 0,58 t ha⁻¹ (15%) kuni 0,76 t ha⁻¹ (19%) võrra suuremat rapsiseemnete enamsaaki (Kwiatkowski jt, 2012; Yara, 2012). Sarnaselt eelnevaga andis Erumäe tootmiskatses võrreldes tavaharimisega, usutava ($p < 0,05$) rapsi seemnesaagi 9,4% tõusu mullainfopõhine väetamine koos hilisema kasvuaegse ammoniumsalpeetriga väetamisega (MIMN). Seega saadi mõlemal kasvuaegsel väetamisel 2012. a rapsi kasvatamisel tootmiskatsel positiivseid tulemusi. Võrreldes teraviljadega nõuab raps rohkem toitaineid ja lämmastiku hilisem puudulik juurdepääs vähendab sageli rapsi seemnesaaki. Colnenne jt (1998) täheldasid samuti, et raps on kriitilistel perioodidel N puuduse suhtes tundlikum kui suvinisu.



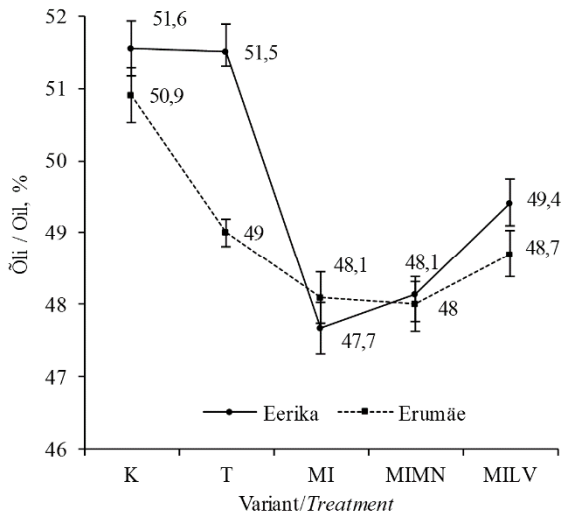
Joonis 3. Suvirapsi seemnesaak ($t\ ha^{-1}$) Eerika põldkatses ja Erumäe tootmiskatses (\pm standardviga, $n=4$)

Figure 3. The seeds yield ($t\ ha^{-1}$) of spring oilseed rape in experimental fields of Eerika and Erumäe (\pm standard error, $n=4$)

Eerika põldkatses olid MI ja MIMN variantide saagid võrreldes tavaväetamisega küll 3,3% ja 5,6% võrra suuremad, kuid ei mahtunud usutavuse piiridesse ($p > 0,05$). Selle põhjuseks võib olla põldkatse täpsem rapsikasvu korraldus võrreldes tootmiskatsesega ja kogu katse suhteliselt suur saagitase 2012. aasta vegetatsiooniperioodi soodsate ilmastikuolude tingimustes.

Rapsiseemnete õlisisaldus

Nii Eerika põldkatses kui ka Erumäe tootmiskatses olid toorõlirikkad mineraalväetisteta katsevariandi (K) ja tavavariandi (T) rapsiseemned (joonis 4).



Joonis 4. Suvirapsi toorõlisisaldus Eerika ja Erumäe katses (\pm standardviga, $n = 4$)

Figure 4. Raw oil content of spring oilseed rape seeds in Eerika and in Erumäe experiments (\pm standard error, $n = 4$)

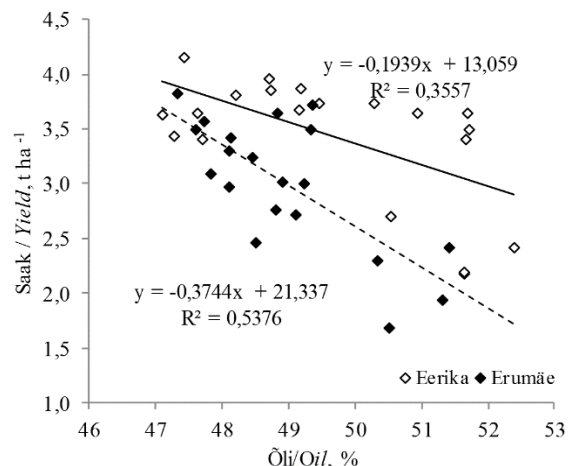
Nii Eerika kui Erumäe katses oli ülejäänud katsevariantidest suurima õlisisaldusega lehevätist saanud põllulappide (MILV) suvirapsi seemned, olles põldkatses 1,3–1,7% ja tootmiskatses 0,5% võrra suuremad kui teistes mullainfo põhjal väetatud katsevariantides.

Lääniste jt (2004) andmetel suurendab mikroelementide lisamine rapsiseemnete õlisisaldust. Katsetes kasutatud lehevätis Nutricomplex sisaldas väävlit.

Rapsiseemnete õlisisaldus oli negatiivses korrelatsioonis seemnesaagiga (Eerikal $r = 0,64$; $P \leq 0,05$ ja Erumäel $r = 0,84$; $P \leq 0,01$, joonis 5), mis viitab sellele, et suure seemnesaagiga kaasneb üldjuhul ka seemnete väiksem õlisisaldus. Samas näitab nõrgem korrelatiivne seos Eerika katsealalt kogutud rapsiseemnete õlisisalduse ja saagi vahel ka suuremat väetusvõtete mõju seosele kui Erumäe katses. Mitmete uurimistulemuste andmed kinnitavad, et seda võis põhjustada rapsitaime lämmastikuga varustatuse taseme tõus. Näiteks Rathke jt (2005) ja Ahmad jt (2007) katsetes ilmes negatiivne seos rapsiseemnete toorõlisisalduse ja lämmastikväetiste annuste vahel. Kuid mitmete autorite (Grant, Bailey, 1990; Malhi jt, 2007; Järvan, 2011) andmetel suurendavad väävlit sisaldavad lämmastikväetised või lisaks lämmastikväetistele antud väävlitühendid nii rapsi seemnesaaki kui ka õlisisaldust.

Suvirapsi õlisaak

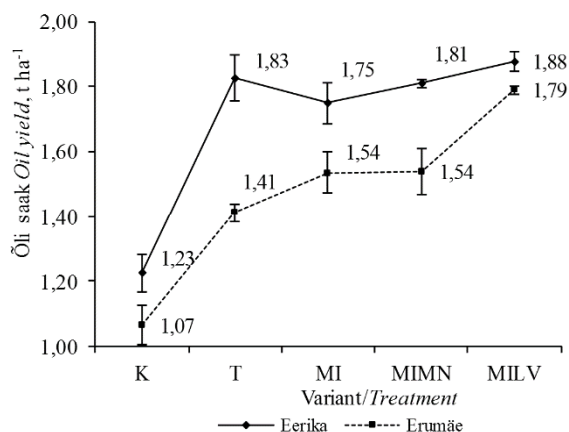
Erumäe tootmiskatses saadi suurimad õlisaagid samadelt katsevariantidelt (MI, MIMN ja MILV, joonis 6) kust saadi ka suurimad seemnesaagid, vastavalt 1,5, 1,5 ja 1,8 $t\ ha^{-1}$. Sealjuures oli märgata, et Eerika katse üldiselt madalama toorõli toodangu taustal tõusis Erumäe lehevätisega väetatud katsevariandi (MILV) õlisaak ligilähedaseks Eerika katse sama katsevariandi saagiga. Kuid Eerika põldkatses andsid õlisaagi osas enam-vähem võrdseid tulemusi kõik katsevariandid peale väetamata kontrollvariandi, kus see oli väiksem. Samas lehevätist saanud katsevariandis oli õlitoodang üks suuremaid, statistiliselt usutav 6,9%-line erinevus siiski vaid kontrolli (K) ja ülejäänud katsevariantide vahel (joonis 6). Kokkuvõttes saab järeldada, et õlisaak olenes rapsi seemnesaagist ja seemnete õlisisaldusest.



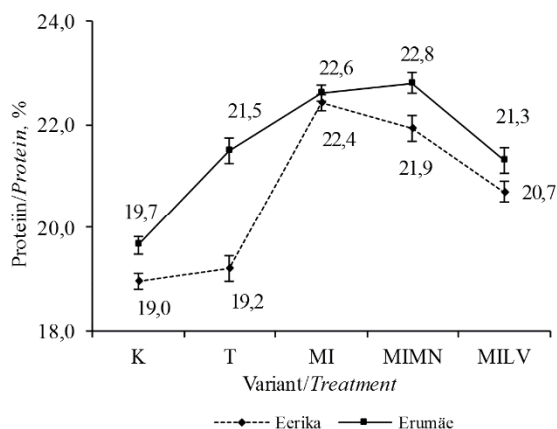
Joonis 5. Seos rapsiseemnete toorõli ja rapsi seemnesaagi vahel Eerika põld- ($r = 0,60$; $p \leq 0,05$; $n=20$) ja Erumäe tootmiskatses ($r = 0,73$; $p \leq 0,01$; $n = 20$)

Figure 5. Relationship between oil content and yield of rape seeds in in Eerika experimental ($r = 0,60$; $p \leq 0,05$; $n = 20$) and Erumäe production field experiments ($r = 0,73$; $p \leq 0,01$; $n = 20$)

Juureväliseks väetamiseks kasutatud Nutricomplex väetis sisaldas lisaks mikroelementidele väävlit ja sellega väetamisel ilmnis katsevariandis MILV võrreldes teiste kasvukohapõhise väetamise meetoditega (MI ja MIMN) tendents rapsi seemnesaagi, seemnete õlisisalduse ja seeläbi toorõli toodangu suurenemisele.



Joonis 6. Suvirapsi toorõli saak ($t\ ha^{-1}$) Eerika ja Erumäe katsetes (\pm standardviga, $n = 4$)
Figure 6. Raw oil yield ($t\ ha^{-1}$) of spring oilseed rape in production field of Eerika and Erumäe (\pm standard error, $n = 4$)



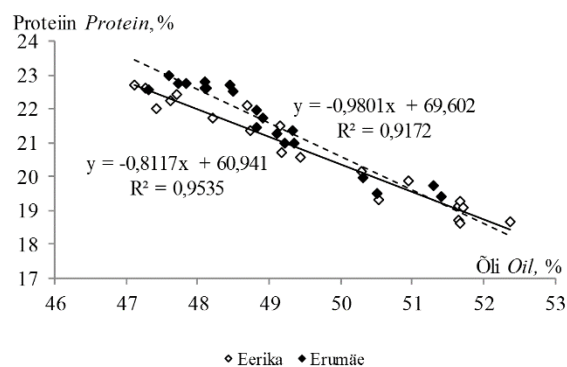
Joonis 7. Suvirapsi seemnete proteiinisaldus (\pm standardviga; $n = 4$)
Figure 7. Protein content of spring oilseed rape seeds in Eerika and in Erumäe experiments (\pm standard error, $n = 4$)

Rapsiseemnete proteiinisaldus

Suvirapsi seemnete proteiinisaldust mõjutasid katsevariandid erinevalt, kus Eerika katse rapsiseemned sisaldasid vähem proteiini (joonis 7). Võrreldes väetamata (K) ja tavaväetamise (T) katsevariantidega olid mõlema katseala MI ja MIMN variantide rapsiseemnete proteiinisaldused usutavalt suuremad ($p < 0,05$), kusjuures Eerika katses oli tõus MI variandis võrreldes tavaväetamisega (T) 16,7%. Lämmastikuga väetamine tõstab üldjuhul rapsiseemnete proteiinisaldust (Behrens jt, 2001; Rathke jt, 2005), kuid need

uuringud on näidanud, et rapsiseemnete proteiinisaldus ei tõuse mulda viidud N annuse pideval suurenemisel ühtlaselt. Sellist tõusu täheldati vaid kõrgematel lämmastikuannustel (Karaaslan, 2008). Ilmnis, et rapsi kasvuaegne täiendav väetamine mulda viidud mineraalse lämmastikuga katsevariandis MIMN soodustas seemnete proteiinisalduse tõusu. Seevastu leheväetistega kasvuaegne pritsimine (MILV) jättis aga Erumäe tootmiskatses proteiinisalduse tavaväetamisega (T) samale tasemele, Eerika põldkatses aga tõstis seda 7,8%.

Rapsiseemnete proteiinisaldus oli tugevas negatiivses seoses õlisisaldusega (joonis 8). Erinevalt seosest seemnete õlisisalduse ja saagi vahel (joonis 5), on seosed õlisisalduse ja seemnete proteiinisalduse vahel ($r = 0,98$; $P \leq 0,001$ ja $r = 0,96$ $P \leq 0,001$) tunduvalt tugevamad ja näitavad, et katsete eri väetusvariandid, sealhulgas ka leheväetamine, sellele seosele mõju ei avalda.



Joonis 8. Seos rapsiseemnete toorõlisisalduse ja proteiinisalduse vahel Eerika põld- $r = 0,98$; $p \leq 0,01$; $n = 20$) ja Erumäe tootmiskatses ($r = 0,96$; $p \leq 0,01$; $n = 20$)
Figure 8. Relationship between raw oil content and protein content of rape seeds in Eerika experimental field ($r = 0,98$; $p \leq 0,01$; $n = 20$) and Erumäe production field experiment ($r = 0,96$; $p \leq 0,01$; $n = 20$)

Seemnete erukaahappe sisalduses puudusid väetatud variantide vahelised selgesuunalised erinevused. Samas aga ei ületatud erukaahappe sisalduses üheski katsevariandis rapsiseemnete kokkuostul kehtestatud kvaliteedinõuete piirmäära – 2%.

Järeldused

Uurimus tugineb Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Rõhu katsejaamas paikneva Eerika põldkatse ja Tartu maakonnas asuva Pilsu talu Erumäe tootmispõllul korraldatud tootmiskatse andmetele. Neil aladel kasvatati 2012. a suvirapsi, mille eelviljaks oli suvinisu. Katsevariante oli viis. Erumäe tootmiskatses saadi mulla toitainesisalduse info alusel väetatud ning täiendavat mineraalset lämmastikku saanud aladelt (MIMN) arvestatav seemne- ja õlisaagi tõus võrreldes tavaviljelusega (T). Võrreldes tavaväetamisega oli Eerika põldkatses leheväetise kasutamisel 6,6% võrra suurem saak ja Erumäe tootmiskatses oli see 21,6% võrra suurem.

Rapsiseemnete toorõlisisaldus oli kohtpõhise väetamise variantides madalam kui väetamata ja tavavariantides. Mõlemas katses olid ülejäänud variantidest suurimad õlisisaldused leheväetist saanud lappide (MILV) suvirapsi seemnetes, olles põldkatses 1,3 – 1,7% ja tootmiskatses 0,5% võrra suuremad kui ülejäänud mullainfo põhjal väetatud variantides. Mõlemas katses aitas mikroelemente, sh väävlit sisaldav leheväetis kaasa rapsiseemnete õlisisalduse tõusule. Võrreldes väetamata (K) ja tavaväetamise (T) variantidega olid mõlema katseala MI ja MIMN variantide rapsiseemnete proteiinisisaldused usutavalt suuremad. Ilmnes ka, et rapsi õlisisaldus oli negatiivses seoses rapsi seemnesaagiga ja negatiivses seoses ka seemnete proteiinisisaldusega.

Tänuavaldus

Artikli autorid avaldavad tänu Eesti Põllumajandusministeeriumile, kes toetas käesolevat uurimistööd arendusprojekti T11027PKTM raames.

Kasutatud kirjandus

- Ag Leader Technology tootekataloog. 2013. SMS tarkvara. Ag Leader Technology korporatsioon, 37–41.
- Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M.T., Khattak, R.A. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. – Journal of Zhejiang University Science B, 8 (10), 731–737.
- Behrens, T., Horst, W.J., Wiesler, F. 2001. Effect of rate, timing and form of nitrogen application on yield formation and nitrogen balance in oilseed rape production. In: Plant Nutrition: Food Security and Sustainability of Agro-Ecosystems through Basic and Applied Research (eds. W.J. Horst *et al.*). – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 800–801.
- Colnenne, C., Meynard, J.M., Reau, R., Justes, E.J., Merrien, A. 1998. Determination of critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. – Annals of Botany, 81, 311–317.
- Crozier, C.R., Heiniger, R.W. 1998. Soil sampling for precision farming systems. Soil Facts. North Carolina Cooperative Extension Service, AG-439–36, 6 pp.
- FAO, 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006, Second Edition. World Soil Resources Report 103. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Grant, C.A., Bailey, L.D. 1990. Fertility management in canola production. In: Proceed. International Canola Conference, April 1990, Atlanta, GA, USA. Potash and Phosphate Institute, Atlanta, GA, USA, 651–670.
- Jordan, C., Smith, R.V. 2005. Methods to predict the agricultural contribution to catchment nitrate loads designation of nitrate vulnerable zones in Northern Ireland. – Journal of Hydrology, 304 (1), 316–329.
- Järvan, M. 2011. Rapsi tootmiskatsed Viljandimaal Auksis. – Põllukultuuride saak ja kvaliteet sõltuvalt agrotehnikast (koostaja M. Järvan), Saku, 65–70.
- Järvan, M. 2006. Lehekaudsest väetamisest. – EMVI infoleht nr 188, 4 lk.
- Kaarli, K. 2003. Õlikultuuride kasvataja käsiraamat. – Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium. Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku, 30 lk.
- Karaaslan, D. 2008. The effect of different nitrogen doses on seed yield, oil, protein and nutrient contents of spring rape. – Pakistan Journal of Botany, v.40 (2), 807–813.
- Kevvai, L., Kärblane, H. 1996. Väetiste kasutamine. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat (koost. H. Kärblane), Tallinn, 285 lk.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Kutti, J. 2012. Suvinisu väetamine lähtuvalt kasvukoha taimetoitainete sisaldusest. – Agraarteadus, XIII (2), 3–10.
- Kuht, J., Tõrra, T., Kilgi, J., Makke, A. 2013a. Suvinisu terasaak ja kvaliteet olenevalt kasvukohapõhisest väetamisest. – Agraarteadus, XXIV (2), 65–70.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J. 2013b. Kasvukohapõhise väetamise mõju suvirapsi saagile ja seemnete õlisisaldusele (toim. T. Kangor, S. Tamm, R. Lindepuu). – Agronoomia 2013, Jõgeva Sordiaretuse Instituut, 90–97.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Nugis, E. 2013c. Effect of site-based precision fertilisation on yield and oil content of spring oilseed rape seeds. – Agronomy Research, 11 (1), 67–72.
- Kwiatkowski, C.A., Gawęda, D., Drabowicz, M., Haliniarz, M. 2012. Effect of diverse fertilization, row spacing and sowing rate on weed infestation and yield of winter oilseed rape. – Acta Scientiarum Polonicum Agricultura, 11 (4), 53–63.
- Ludowicy, C., Schwaiberger, R., Leithold, P. 2002. Precision Farming: handbuch für die Praxis I. – Aufl., DLG Verlag, 350 p.
- Lääniste, P., Jõudu, J. Eremeev, V. 2004. Oil content of spring oilseed rape seeds according to fertilization. – Agronomy Research, 2 (1), 83–86.
- Malhi, S.S., Gan, Y., Raney, J.P. 2007. Yield, seed quality, and sulfur uptake of brassica oilseed crops in response to sulfur fertilization. – Agronomy Journal, 99, 570–577.
- Orlovius, K. 2003. Oilseed rape. In: Fertilizing for High Yield and Quality (ed. E.A. Kirbky), IPI Bulletin, Basel, 16, 125 pp.
- Nugis, E., Võsa, T., Vennik, K., Müüripeal, M., Kuht, J. 2009. Usability tests by DGPS for assessment of growth conditions for crops and soil physical properties. In: Jubileuszu XX- Lecia Katedry Maszyn rolniczych i Lesnych: Miedzynarodowa Konferencja Naukowa, Warszawa, Poland, 22–23 September 2009, 84–87.
- Põllumajandusuuringute Keskus, 2013. Väetistarbe gradatsioon, 2 lk. http://www.pmk.agri.ee/files/f308/Meh3GRADATSI_OON_2013.doc
- Parker, R. 2009. Plant and Soil Science: Fundamentals and Applications. Delmar, NY, USA, 797 pp.
- Rathke, G.-W., Christen, O., Diepenbrock, W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.)

- grown in different crop rotations. – *Field Crops Research*, 94, 2–3, 103–113.
- Robinson, E. 2007. GPS, GIS, VR, and remote sensing technologies continuing to evolve. – *Southeast Farm Press*, 34 (28), 12 p.
- Roostalu, H. 2014. Muldade väetistarbe meetodid, analüüsitulemuste tõlgendamine ja usaldusväärsus, ning kasutamine põllumajandusettevõttes. <http://www.slideshare.net/meitjurgens/muldade-vaetistarbe-meetodid-analysitulemuste>
- Schjoerring, J.K., Bock, J.G.H., Gammelvind, L., Jensen, C.R., Mogensen, V.O. 1995. Nitrogen incorporation and remobilization in different shoot components of fieldgrown winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) as affected by rate of nitrogen application and irrigation. – *Plant and Soil*, 177, 255–264.
- Statsoft 2005. *Statistica 7.0*. Copyright 1984–2005. Tulka, OK, USA, 716 pp.
- Santhi, C., Muttiah, R.S., Arnold, J.G., Srinivasan, R. 2005. A GIS-based regional planning tool for irrigation demand assessment and savings using SWAT. – *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 48 (1), 137–147.
- Stiekema, H. 2012. The Ag Leader OptRX Crop Sensor. Ag Leader Technology Inc., Ag Leader Europe bv, 4 pp.
- Võsa, T., Nugis, E., Vennik, K., Meripõld, H., Viil, P., Kuht, J. 2009. Some possibilities of studying the precision farming in Estonia, methods and results of complex investigation (eds. D. Li, C. Zhao). – *Computer and Computing Technologies in Agriculture II*, Springer. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol. 293, 1–7.
- Viil, P., Tamm, K., Plakk, T., Koik, E., Vettik, R., Võsa, T., Siim, J. 2010. Rapeseed in research and daily problems (ed. J. Siim). – Saku, 2010, 85 pp. (summary in English)
- Yara. 2012. Oilseed rape. Yara's complete guide for the oilseed crop. Yara UK Limited, 20 pp.
- growing period. Five treatments were used: control treatment (without fertilizers, K), conventional fertilizing system (T), fertilization using site-specific soil agro-chemical information (MI), fertilization using site-specific information with additional mineral nitrogen fertilizer (MIMN), and site-specific fertilization with additional foliar nitrogen fertilizer (MILV). In the two last treatments (MIMN and MILV) the need for fertilization was determined from vegetation index (VI) measurements of rape plants by a SPAD N- tester (in field trial) or by an OptRx device (in the production experiment). The highest seed and oil yield was achieved in the treatments fertilized by site-specific soil nutrients information with additional foliar nitrogen fertilizer (MILV). Comparing the conventional fertilization (T) to the foliar fertilization (MILV), 6.6% and 21.6% higher rape seeds yields were obtained from the field experiment and production experiment, respectively. Comparing conventional treatments (T) with fertilization by site-specific information and with additional mineral nitrogen fertilizer (MIMN) in the Erumäe production field experiment, an acceptable seed and oil yield increase was achieved on the plots treated with additional mineral nitrogen fertilizer (MI, MIMN and MILV). The oil contents in the spring oilseed rape seeds in the control and in conventional treatments were higher compared to the other treatments. In both experiments, the highest spring rape seeds oil content was obtained from the background foliar fertilizer plots (MILV) – in the field experiments this was 1.3–1.7% while in the production experiment this was 0.5% higher than on the soil information fertilized treatments. There was a negative correlation between the oil content and seed yield $R = 0.6^*$ (in Eerika) and $R = 0.73^{**}$ (in Erumäe). Comparing the control (K) and conventional fertilization (T) treatments in both experiments, the spring rape seed protein content in MIMN was significantly higher, whereas the increase in the protein content in the Erumäe experiment was 16.7% in the MI treatment. There was also a negative correlation between the oil content and protein content in the spring oilseed rape seeds, $R = 0.98^{***}$ (in Eerika) and $R = 0.96^{***}$ (in Erumäe).

Effect of site based fertilization on spring oilseed rape yield and seed quality

Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Jaanus Kilgi
*Estonian University of Life Sciences,
 Institute of Agricultural and Environmental Sciences,
 Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia*

Summary

The study was based on the Eerika experimental field data of the Rõhu experimental station of the Estonian University of Life Sciences, and on the Erumäe production field data in Tartu County. The preceding crop was spring wheat. Precision fertilization is based on soil agro-chemical analysis, and these data were used for setting the pre-sowing fertilizer amounts and vegetation index (VI) measurements of the spring rape plants to determine the need for N fertilizer during the



MIKROANNELIIDIDE ARVUKUS JA LIIGIRIKKUS EESTI METSAMULDADE HUUMUSKATTES

ABUNDANCE AND SPECIES RICHNESS OF MICROANNELIDS IN HUMUS COVER OF ESTONIAN FOREST SOILS

Raimo Kõlli¹, Ulfert Graefe², Indrek Tamm¹

¹Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Eesti

²Rakendusliku Mullabioloogia Instituut, Sodenkamp 62, 22337 Hamburg, Saksamaa

Saabunud: 22.03.2015
Received:
Aktsepteeritud: 09.06.2015
Accepted:

Avaldatud veebis: 12.06.2015
Published online:

Vastutav autor: Raimo Kõlli
Corresponding author:
e-mail: raimo.kolli@emu.ee

Keywords: microannelids, humus cover (humus forms), forest soils, abundance, vertical distribution

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2015_1_kolli.pdf

ABSTRACT. The formation of humus profiles in forest ecosystems depends on the soil and plant cover types, and on the flux of falling debris into the soil. The transformation of "fresh organic matter" into humus is mainly performed by soil organisms. Therefore the species composition and abundance of living organisms in humus covers are good indicators in the evaluation of ecosystems functional efficiency and in understanding humus profile forming mechanisms. The abundance, species richness and vertical distribution of microannelids in the humus covers of forest ecosystems were studied in the pedo-ecological conditions of Estonia. The first research area (UA-I, Koorvere) is located in the pine forest of a Rhodococcum site type on a typical podzol with a sandy texture and fresh mor humus cover. UA-II (Kaagvere) is located in a mixed pine-spruce forest of Oxalis site type on a pseudopodzolic soil with a loamy sand on sandy loam texture and fresh moder humus cover. UA-III (Reola) – is in a spruce forest of an Oxalis drained swamp site type on a shallow fen soil with well decomposed peat and a eutrophic peaty humus cover. The mean abundance and species richness of microannelids in the humus covers of these three forest ecosystems (UA I-III) were respectively 17.0, 23.4 and 54.5 (in 103 individuals per m²), while the observed numbers of microannelids species were 1, 7 and 12. The highest number of one species per unit volume (319 individuals per one litre of soil) is characteristic of a moor type forest floor (UA-I) where, of the microannelids, only those in a strong acidity indicator group species *Cognettia sphagnetorum* were found. In the well decomposed eutrophic peat (UA-III) with the highest volume density (250 individuals L⁻¹) the species found was *Hemifridericia parva*, which is an indicator of slight acidity, while in the moder type forest floor (UA-II) *Enchytronia parva* (177 individuals L⁻¹) were found, which are an indicator of moderate acidity.

© 2015 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2015 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Aeromorfsete metsamuldade pindmiseks osaks on ühe või mitmekihiline metsakõdu, mis lasub mineraalsel mullal. Poolhüdromorfsetel mineraalmuldadel (glei- ja turvastunud glei-) ja soomuldadel järgnevad metsakõdule aga turbahorisandid. Metsavarisega juurdetunud orgaanilises aines ja selles olevate toitelementide, lämmastiku ja süsiniku uude tsüklisse sisenemiseks peaksid nad olema mineraliseerunud (muudetud

taimede omastatavateks). Teatud osa värskest orgaanilisest ainest muundub tavaliselt huumuseks, moodustades erineva ülesehitusega ökoloogiliste tingimuste suhtes tasakaalustunud huumusvorme ehk huumuskatteid (Graefe jt, 2012; Kõlli, Tamm, 2013). Kõige selle toimimisel on ülitähtis roll mullaelustiku liigilisel koostisel ja talitlemisel (Coleman jt, 2004; Graefe, Beylich, 2006). Metsamuldade huumuskatte elustiku ühtedeks olulisteks esindajateks on mikroanneliidid (väiksemõõtmelised ussid ehk rõngussid), milliste levik

ja paiknemine huumusprofiilis sõltub huumuskatte omadustest ning vastavate liikide aut- ja sünökoloogilistest (s.o talitluslikest) suhetest (van Vliet, 2000; Beylich, Graefe, 2009; Jeffery jt, 2010).

Käesoleva töö eesmärgiks on tutvustada kolme erineva koostisega metsaökosüsteemi (Kõlli, Teesalu, 2012) huumuskatte mikroanneliidide arvukust, liigilist koosseisu ja vertikaalset jaotumust. Teisiti öeldes, käsitletakse metsamuldade orgaanilise aine poolest rikaste pindmiste kihtide (metsakõdu, huumushorison, turvas) mesofauna hulka kuuluvate väikeste usside (valgeliimuklased, hulkharjasussid) arvukust ja liigilist koosseisu ning vertikaalset jaotumust seoses huumuskatte ülesehituse ja omadustega. Antud töös ei käsitleta *Enchytraeidae* hulka kuuluvate makrofauna perekonna suhteliselt suuremõdulisi usse (*N. Lumbricidae* – vihmaussid).

Teadustalgutel, mis toimusid 15–22. mail 2004. a Võrtsjärve Limnoloogiajaamas pärast 6. rahvusvahelist valgeliimuklaste-alast sümposiumi, leiti mitmesugustest Lõuna-Eesti elupaikadest kogutud 58 proovist 44 liiki valgeliimuklasi (Schmelz jt, 2005). T. Timmi järgi (2011) on Eestis seni registreeritud 51 mulla valgeliimuklase (*Enchytraeidae*) liiki.

Eestile uute või senitundmatute liikide lisandumised valgeliimuklaste nimekirja näitavad ilmekalt selle ala vähest uuritust eelnevatel aastatel. Kahjuks on tagasihoidlik ka vastavate andmetega seostatud pedo-ökoloogilise tausta uuringud, mis on samas aga käesoleva töö üheks oluliseks koostisosaks.

Uurimisalad ja meetodika

Väliuurimised toimusid 2012. aastal kolmel uurimisalal (UA): I. Koorvere asub Põlvamaa Vastse-Kuuste valla Koorvere küla Kiidjärve metskonna maadel (58°60' N, 28°58' E); II. Kaagvere – Tartumaa Mäksa valla Kaagvere küla Kastre metskonna maadel (58°20' N, 26°54' E) ja III. Reola – Tartumaa Kambja valla Vana-Kuuste küla Kastre metskonnas (58°16' N, 26°45' E).

Koorveres (UA-I) pohla männiku koosseisus on männi (osakaal 95–100%) kõrval veidi kuuske (0–4%) ja üksikuid kaski. Kaagvere (UA-II) jänesekapsa männikuuse segamets on kaheerindeline, mille esimeses rindes on mändi 70–90% ja kuuske 10–30%, kuid teises rindes valitseb vaid kuusk. Reola (UA-III) jänesekapsa kõdu-soo kaheerindelises kuuse-männi-kase segametsas on kuuse osakaal ca 60%, männi oma 30% ja kasel 10%. Teiselt poolt võttes, on I rindes kuuse kõrval ca 40% mändi, teises aga 30% kaski. UA-de (I–III) puistuid iseloomustavad keskmised näitajad on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Uurimisalade puistute iseloomustus

Table 1. Characterization of research areas' forest stands

Näitaja/Characteristic	Uurimisala / Research area		
	Koorvere ^a	Kaagvere ^b	Reola ^c
Tagavara / Stock of stems (m ³ ha ⁻¹)	352	380/42	228
Täius / Stocking density	0,73	0,76/0,15	0,50–0,66
Rinnaspindala / Basal area at breast height (m ² ha ⁻¹)	27	29/4	18–22
Vanus (aasta) / Age (yr)	138	118/68	Ku, Mä 135, Ku (IIr.) 75
Keskmine kõrgus / Average height (m)	29	29/18	Ku, Mä 26, Ku (IIr.) 22
Keskmine diameeter / Average diameter (cm)	31	38/18	Ku, Mä 40, Ku (IIr.) 25
Boniteet (klass) / Quality class	II	I/I	II–III
Puude arv (tk ha ⁻¹) / Number of trees per ha	352	255/180	100 (Ir.)–500

^akeskmised näitajad on arvatud kvartalite 135 (eraldised 2 ja 3) ning 140 (er. 1, 5 ja 6) keskmisena / average characteristics were calculated as means of blocks 135 (compartments 2 and 3) and 140 (comp. 1, 5 and 6); ^bkeskmised on esitatud kvartalite 218 (er.15) ja 219 (er. 3) andmete alusel / average characteristics are presented on the base of blocks 218 (comp. 15) and 219 (comp. 3) data; ^candmed on toodud kvartali 002 (er. 2 ja 5) alusel / data are given on the base of block 002 (comp. 2 and 5), whereas the tree species are followings Ku – spruce and Mä – pine.

Mullastikuliselt on kolm UA eriilmelised. Koorveres on domineerivaks mullaerimiks nõrgalt leetunud tüüpiline leede-liivmuld, mille profiili valemiks on: O1-O2f-O3-Ea-Bhs-Bs-B-C (Astover jt, 2013). Sellele assotseeruvad vähesel määral sama loomisega keskmiselt leetunud tüüpilised ja huumuslikud leedemullad. World Reference Base for Soil Resources (WRB) (IUSS WG WRB, 2014) järgi on selle mulla nimeks Albic Carbic Podzol (Arenic). Huumuskatteks on sellel mullal Eesti klassifikatsiooni järgi aga värske moor (Kõlli, Tamm, 2014). Mulda, mille maapinna kõrgus merepinnast on piirides 70–72 m, iseloomustavad tabelis 2 esitatud analüüsiandmed.

Kaagvere UA-II-I domineeriva kahkja liivsavi lasuva saviliiv mulla erimi kõrval (WRB järgi Dystric Albic Glossic Fragic Retisol (Abruptic, Endoloamic, Humic)) leidub praktiliselt sama loomisega väikese pindalalisi gleistunud kahkja ja nõrgalt leetunud mulla kontuure. Rajatud sügavkaeve mullaprofiili valemiks on siin Od-A-Baf-Elg-2Bt-2C. Kaagvere UA keskmine

kõrgus merepinnast on 44–46 m. Huumuskatte tüübiks on siin värske moder, mille mõningad iseloomustavad andmed on tabelis 2.

Tabel 2. Mullaproovide analüüsiandmed uurimisalade mulla-horisontide kaupa

Table 2. Results of soil analysis by research areas' (UA) soil horizons

UA	Horisont, sügavus (cm) Horizon, depth (cm)	pH _{KCl}	N _{ald} /N _{tot} , g kg ⁻¹	C _{org} , g kg ⁻¹
UA-I	O2f, 1–4 cm	3,1	12,3	432,4
UA-I	Ea, 6–12 cm	3,0	0,3	13,2
UA-I	Bs, 25–40 cm	4,2	0,3	7,6
UA-II	Od, 0–2 cm	4,0	6,8	196,6
UA-II	A, 2–5 cm	4,2	3,0	86,4
UA-II	A, 5–15 cm	4,4	1,3	9,0
UA-II	A, 15–25 cm	4,0	0,5	13,2
UA-II	Baf, 33–46 cm	4,3	0,1	1,7
UA-II	2B, 60–80 cm	4,1	0,2	0,9
UA-III	T3, 2–10 cm	5,0	22,6	431,8
UA-III	T3, 10–20 cm	6,3	27,4	365,2
UA-III	T3, 20–30 cm	6,3	26,8	379,6
UA-III	T3, 30–40 cm	6,3	22,7	430,1

Reola UA-III-l domineeriva õhkuse (turba tüsedusega 50–100 cm) hästilagunenud madalloomulla erimi kõrval (WRB – Eutric Rheic Drainic Sapric Histosol (Fluvis)) leidub mõningal määral ka tüsedaid madalloomuldasi. Proovivõtukohta turvasmulla profiili valemiks oli O2-T3-CGa. Reola UA keskmine kõrgus merepinnast on 35 m. Huumuskatteks on siin eutroofne turvas (tabel 2).

Mulla pH määrati mulla suspensioonist (1 M KCl lahusega – 1:2,5) Mettler Toledo pH-meetri abil. Kuivatatud mullaproovide üldlämmastik ($N_{\text{üld}}$) ja orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisaldus tehti kindlaks kuivtuhastamise meetodil kasutades aparati varioMAX CNS (ELEMENTAR) EMÜ mullateaduse ja agro-keemiaosakonna laboris.

Proovid mikroanneliidide määramiseks võeti 19,63 cm² pindalaga silinderpuuri abil 5 cm mullakihtide kaupa kolmes korduses 27–28. augustil, 2012. a. Mikroanneliidide liikide ja isendite arv UA-delt võetud 33 mullaproovis tehti kindlaks uurimisalade ja mullakihtide lõikes U. Graefe poolt Hamburgi Rakendusliku Mulla-bioloogia Instituudi laboris. Kõik arvukust kajastavad

tulemused arvatati ümber 1 m² kohta. Andmete statistilisel analüüsil toodi välja mikroanneliidide arvukuse (isendeid m⁻²) aritmeetiline keskmine, mediaan, standardhälve ja variatsiooni koefitsient.

Tulemused

Kolme UA pealismullas eristati kokku 16 mikroanneliidide liiki, mis kuuluvad üheksasse perekonda (tabel 3). Liikide poolest kõige arvukam oli uuritud alal perekond *Fridericia* (eristati 4 liiki). Isendite arvukuse domineerivuse poolest huumuskattes olid UA-del suured erinevused. Nii oli Koorvere UA-l ainukeseks mikroanneliidide liigiks *Cognettia sphagnetorum*, Kaagveres oli domineerivaks liigiks *Enchytronia parva* (selle liigi isendid moodustasid 54% mikroanneliidide isendite koguhulgast) ja Reola UA-l *Hemifridericia parva* (31% isendite koguarvust). Tugevasti ja mõõdukalt happelise muldkeskkonna peamisteks indikaatoriteks on perekondade *Cognettia* ja *Enchytronia* isendid, nõrgalt happelisele aga *Hemifridericia*, *Fridericia* ja *Henlea* perekondade liigid.

Tabel 3. Mikroanneliidide liikide nimestik ja arvukus (sadades isendites m⁻²) uurimisalade pealismullas

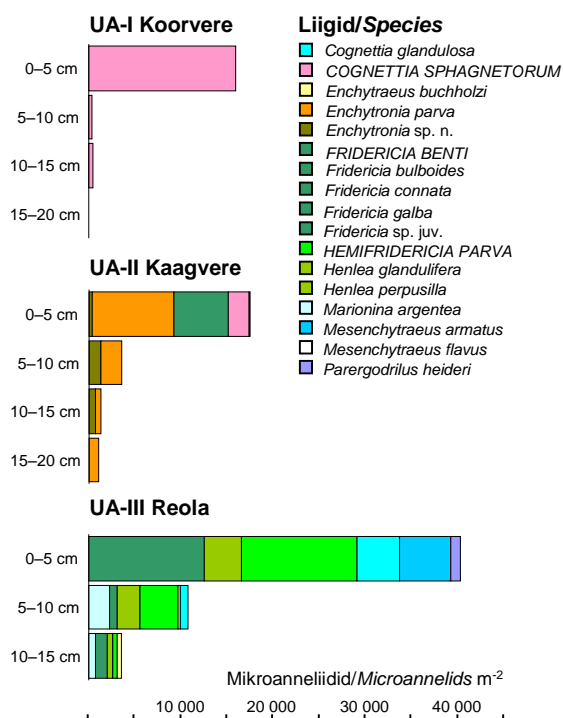
Table 3. Microannelids' species list and abundance (in hundreds individuals per m²) in topsoil of research areas

Liik <i>Species</i>	Uurimisala / <i>Research area</i>			Happesuse indikatsiooni grupp <i>Acidity indicator group</i> ^b
	Koorvere	Kaagvere	Reola	
Enchytraeidae – Valgeliimuklased				
<i>Cognettia glandulosa</i> ^a			53,5	mh
<i>Cognettia sphagnetorum</i>	169,8	22,1		th
<i>Enchytraeus buchholzi</i> agg.			7,6	nh
<i>Enchytronia parva</i>		127,3		mh
<i>Enchytronia</i> sp. n. ##		23,8		nh
<i>Fridericia benti</i>			30,6	nh
<i>Fridericia bulboides</i>		20,4	25,5	nh
<i>Fridericia connata</i>		28,9		nh
<i>Fridericia galba</i>			2,5	nh
<i>Fridericia</i> sp. juv.		10,2	86,6	nh
<i>Hemifridericia parva</i>			170,6	nh
<i>Henlea glandulifera</i>			17,8	nh
<i>Henlea perpusilla</i>			53,5	nh
<i>Marionina argentea</i> agg. ^a			30,6	nh
<i>Mesenchytraeus armatus</i> ^a			56,0	nh
<i>Mesenchytraeus flavus</i>		1,7		mh
Polychaetae – Hulkharjasussid				
<i>Parergodrilus heideri</i> ^a #			10,2	nh
Arvukuse kokku / <i>Total abundance</i>	169,8	234,4	545,0	
Standardhälve / <i>Standard deviation</i>	98,3	28,4	122,4	
Variatsioonikoefitsient / <i>Coefficient of variability</i> , (%)	58	12	22	
Arvukuse mediaan / <i>Median of abundance</i>	239,4	545,0		
Liikide arv / <i>Number of species</i>	1	7	12	
Tugeva happesuse indikaatorid / <i>Indicators of strong acidity</i> (%)	100	9	0	
Mõõduka happesuse indikaatorid / <i>Indicators of moderate acidity</i> (%)	0	55	10	
Nõrga happesuse indikaatorid / <i>Indicators of slight acidity</i> (%)	0	36	90	

^a niiskete ja märgade mullaolude indikaatorid / *indicators of moist and wet soil condition*; # – esmakordne leid Eestis / *species new for Estonia*; ## – teadusele uus liik / *species new to science*; ^b happesuse indikatsioon / *indication of acidity*: nh – nõrgalt/slightly, mh – mõõdukalt/moderately, th – tugevalt happeline / *strongly acid*.

Mikroanneliidide arvukuse vertikaalsest jaotusest selgus, et domineeriv osa mikroanneliididest paikneb pindmises hästiõhustatud ja värske orgaanilise aine poolest rikkas pindmises 5 cm huumuskatte kihis (joonis 1). Nii talitleb Koorvere pindmises 5 cm kihis, mis koosneb fermentatiivsest pooleldilagunenud metsakõdust (O2f), 94% kõigist sellel mullal määratud mikroanneliidide isenditest. Kaagvere UA-l, kus pindmine proov hõlmas, kogu detriitse metsakõdu

(O2d, ca 2 cm) ja sellele järgneva orgaanilise aine poolest rikka A-horisoni pindmise 3 cm tüseduse osa, talitleb nendes kihtides kokku 75% kogu huumuskatte isenditest. Reola pindmises (värsket varist sisaldavas) hästilagunenud pindmises turbakihis oli mikroanneliidide osakaal (74%) praktiliselt sama.



Joonis 1. Mikroanneliidide arvukuse (isendit ühe m² kohta) vertikaalne jaotumus (5 cm kihtide kaupa) uurimisalade pealiskihul

Figure 1. Vertical distribution of microannelids (individuals per m²) in the topsoil (by 5 cm layers) of research areas (UA)

Isendite jaotust sügavuse suunas saab iseloomustada ka isendite arvuga ühe liitri mulla kohta st isendite tihedusega mulla ruumalühiku kohta. Nii on ühes liitris huumuskatte pindmises 0–5 cm kihis UA-del I-II-III isendite arvuks vastavalt 319, 350 ja 805, teises (5–10 cm) 7, 71 ja 213, kolmandas (10–15 cm) 10, 27 ja 71 ning neljandas (15–20 cm) 3, 20 ja UA-III-s hinnanguliselt 40–60 piirides. Kõige suurem ühe liigi ruumalaline tihedus (319 isendit L⁻¹) on iseloomulik UA-I moor tüüpi metsakõdule, kus ainuvalitsejaks on liik *Cognettia sphagnetorum*. Hästilagunenud eutroofses turbas (UA-III) on suurima tihedusega (250 isendit L⁻¹) liigiks *Hemifridericia parva* ning moder tüüpi (UA-II) metsakõdu *Enchytronia parva* (177 isendit L⁻¹).

Kuna proovivõtusügavused muldade puhul (tabel 2) ja mikroanneliidide määramiseks (joonis 1) ei lange mõnel juhul kokku, oleme seda arvesse võtnud ka teatud aspektide suhtes järelduste tegemisel. Nii näiteks võiks eeldada, et UA-I suhteliselt märgatav mikroanneliidide arvukus Ea horisondis võis olla tingitud sellest, et siin sisaldus ka pisut O3 horisondi materjali. Samas 15–20 cm sügavuselt võetud huumust sisaldav proov võis olla lahjendatud rohke leetunud materjali tõttu. UA-del II ja III taolisi segavaid aspekte ei täheldatud.

Mikroanneliidide arvukust analüüsisime ka orgaanilise aine sisalduse (varu) suhtes s.o tuues isendite arvu 1 kg kuiva orgaanilise aine (metsakõdu, turvas) kohta. Vastavatest hinnangulistest arvutustest järeldub, et pindmises puhtalt orgaanilisest ainest koosnevates horisontides talitleb ühes kg-s orgaanilises aines 4,6–6,2 tuhat isendit. Mineraalse mulla lisandumisel see

näitaja väheneb 3,1 tuhande isendini kg kohta (UA-II) ning on huumuskatte alumises osa piirides 0,2–1,2 10³ isendit 1 kg kuiva orgaanilise aine kohta. Huumuskatte kuiva orgaanilise aine keskmised mikroanneliidide sisaldused on kõigil UA-del (I–III) piirides 2,0–2,5 (10³ isendit kg⁻¹).

Arutelu

Huumusvormide bioloogilise aspekti uurimise vaid mikroanneliidide haarav käsitlus (Beylich, Graefe, 2009; Graefe jt, 2012), pöörab suuremat tähelepanu väikesemõõdulistele rõngussidele. Ühelt poolt on väikesemõõdulised rõngussidid vähem uuritud võrreldes suuremõõduliste anneliididega (N. vihmaussid), teisalt aga talitlevad väikesemõõdulised rõngussidid suurema ökoloogilise intensiivsusega ning ka nende talitlemise ökoloogiline amplituud on laiem. Eriti oluline on see tugevasti happelises keskkonnas moodustunud metsakõdu lagundamisel, kus bakteriaalse lagunemise asemel domineerib seeneline lagunemine (van Vliet, 2000).

Mikroanneliidide mõju avaldub valdavalt selles, et nad peenendavad mulda sattunud varise, segavad selle oma seedetraktis mulla mineraalsete osistega ja lagunemisele vastupidava huumusega ning inokuleerivad selle vastavas keskkonnas tegutsevate lõppmineraalseerijatega (seened, bakterid). Samas on oluline see, et mikroanneliidid ei toitu mitte niivõrd surnud orgaanilisest ainest, kui sellel ainel talitlevate mikroorganismide kehast. Seega saab öelda ka, et mikroanneliidid kontrollivad mikrofloora tegevust oma kahetise mõju – positiivse (inokulatsioon) ja negatiivse (toitudes nendest) kaudu.

Enchytraeidae hulka kuuluvad mullaelustiku koosseisus olevad organismid (populatsioonid) on liigi tasemel heaks kasvukoha ökoloogiliste tingimuste (mulla niiskus, happesus) indikaatoriteks ning leiavad seetõttu kasutust bioloogilises monitooringus ja hinnangute tegemisel ökosüsteemide talitlemise kohta (Beylich, Graefe, 2009). Olenevalt tingimustest võetakse proove kuni 20–45 cm sügavuseni, kuid nagu selgus meie uurimisest piisab meie õhukestes muldades selleks tavaliselt 15–20 cm tuseduse pindmise kihi uurimisest.

Käesolevas töös määratud mikroanneliidide arvukused langevad hästi kokku Euroopa mandriosas analoogsetes ökoloogilistes tingimustes tehtud uurimustega, kus 1 m² *Enchytraeidae* arvukus okaspuumetsades on piirides 8–35 tuhat isendit (van Vliet, 2000; Coleman jt, 2004).

Van Vliet (2000) andmetel on enam uuritud 19 *Enchytraeidae* perekonda, kusjuures neist kaheksa perekonna liike leiti ka meie kolmel UA-l ja käsitleti antud töös. Varemud uurimused on samuti näidanud (Schmelz jt, 2005), et happelistes metsamuldades on üheks tähtsamaks *Enchytraeidae* liigiks *C. sphagnetorum*. Selle liigi arvukust ei mõjuta mitte niivõrd kõrge pH, kuivõrd teiste liikide konkurentsivõime suuremine keskkonna happesuse vähenemisel. Otsustavaks faktoriks on mikroobikoosluse seemned/bakterite suhte muutused.

Lupjamise katsed happelise mooriga huumuskattes näitasid, et *Enchytraeidae* arvukus koosluses, mis koosnes vaid mõnedest happesuse suhtes tolerantsete liikide populatsioonidest, vähenes, samas kui vihmausside aktiivsus suurenes (Coleman jt, 2004). *Enchytraeus* and *Enchytronia* arvukusel ei ole korrelatiivset seost vihmaussidega, küll aga leiti oluline korrelatsioon perekonna *Fridericia* liikide ja vihmausside arvukuse vahel.

Parergodrilus heideri puhul on tegemist selle liigi Eesti muldades esinemise esmamainimisega. Hulkharjasusside hulka kuuluvad *Parergodrilus heideri* on leitud Itaalia põõgimetsa huumuskattes (Rota, 1997). Samas on kirjeldatud tema ökoloogiat ja süstemaatilist kuuluvust. Nähtub, et sellele liigile sobivad kõige enam nõrgalt happelised ja neutraalsed mull tüüpi huumuskatttega mullad.

Kokkuvõte ja järeldused

Mikroanneliidide keskmiseks arvukuseks parasiiskel leede-liivmullal kasvava pohla männiku värskes moori huumuskattes (UA-I) on $17,0 \pm 4,6$ tuhat isendit 1 m^2 kohta; kahkjäl liivsavi lasuva saviliivmulla jänesekapsa männi-kuuse segametsa värskes moderi huumuskattes (UA-II) on mikroanneliidide aga ligi 1,4 korda ($10^3 23,4 \pm 1,4 \text{ m}^{-2}$) ning hästilagunenud õhukesel madalloomullal kasvava jänesekapsa kõdusoo kuuse-männi-kase segametsa kuivendatud eutroofse turbaga 15 cm tiseduses huumuskattes (UA-III) isegi 3,2 korda suurem ($10^3 54,5 \pm 6,1$ isendit m^{-2}). Mikroanneliidide liikide arvuks on värskes mooris (UA-I) 1, värskes moderis (UA-II) – 7 ja eutroofses turbas (UA-III) – 12; nende alade (UA-I–III) domineerivaks liigiks on vastavalt tugevasti happelise mulla indikaator *Cognettia sphagnetorum*, mõõdukalt happelise oma – *Enchytronia parva* ja nõrgalt happelises keskkonnas talitlev *Hemifridericia parva*. Valdav osa mikroanneliididest (74–95%) talitleb pindmises hästiõhustatud ja värskes orgaanilise aine poolest rikkas huumuskatte osas, kusjuures nende levik sügavuse suunas sõltub ennekõike keskkonna orgaanilise aine sisaldusest ja aeratsioonist.

Kasutatud kirjandus

- Astover, A., Reintam, E., Leedu, E., Kõlli, R. 2013. Muldade väliuurimine. – Eesti Maaülikool, Tartu, 70 lk.
- Beylich, A., Graefe, U. 2009. Investigations of annelids at soil monitoring sites in Northern Germany: reference ranges and time-series data. – *Soil Organisms* 81, 175–196.
- Coleman, D.C., Crossley, D.A., Hendrix, J.P.F. 2004. Fundamentals of soil ecology. 2nd. Ed. – Elsevier Academic Press, Amsterdam, 386 pp.
- Graefe, U., Beylich, A. 2006. Humus forms as tool for upscaling soil biodiversity data to landscape level? – *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 108, 6–7.

- Graefe, U., Broll, G., Milbert, G., Washendorf, C. 2012. Biological features of soils: the unifying principles in topsoil classification. In: Abstracts of International Conference "Humus forms and biologically active compounds as indicators of pedodiversity" (eds. K. Kauer, R. Kõlli). – Eesti Maaülikool, Tartu, 14.
- IUSS Working Group WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. – World Soil Resources Reports No. 106, FAO, Rome, 181 pp.
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., J. Römbke J., van der Putten W.H. (eds.) 2010. – European Atlas of Soil Biodiversity. EC, PO of EU, Luxembourg, 128 pp.
- Kõlli, R., Tamm, I. 2013. Humus cover and its fabric depending on pedo-ecological conditions and land-use: an Estonian approach to classification of humus forms. – *Estonian Journal of Ecology* 62 (1), 6–23.
- Kõlli, R., Tamm, I. 2014. Eesti metsamuldade huumuskate. – *Eesti Mets* 1, 46–52.
- Kõlli, R., Teesalu, T. (eds.) 2012. *Excursion guide*. International Conference "Humus forms and biologically active compounds as indicators of pedodiversity". – Eesti Maaülikool, Tartu, 11 pp.
- Rota, E. 1997. First Italian record of the terrestrial polychaete *parergodrilus heideri* reisinger, with anatomical and ecological notes. – *Italian Journal of Zoology* 64 (1), 91–96.
- Schmelz, R. M., Arslan, N., Bauer, R., Didden, W., Dózsa-Farkas, K., Graefe, U., Panchenko, I., Pokarzhevski, A., Römbke, J., Schlaghamerský, J., Sobczyk, Ł., Somogyi, Z., Standen, V., Thompson, A., Ventiņ, J., Timm, T. 2005. Estonian Enchytraeidae (Oligochaeta) 2. Results of a faunistic workshop held in May 2004. – *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol.* 54 (4), 255–270.
- Timm, T. 2011. Rõngusside (Annelida: Polychaeta ja Oligochaeta) uurimise ajaloost Eestis. – ELUS Aastaraamat 86. LUS, Tartu, 206–208.
- van Vliet, P.C.J. 2000. Enchytraeids. – *Handbook of Soil Science*, (ed. M.E. Sumner), CRC Press, Boca Raton, 70–77.

Abundance and species richness of microannelids in humus cover of estonian forest soils

Raimo Kõlli¹, Ulfert Graefe², Indrek Tamm¹
¹Institute of Agricultural and Environmental Science,
 Estonian University of Life Sciences,
 Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia
²IFAB Institute for Applied Soil Biology GmbH, Sodenkamp
 62, 22337 Hamburg, Germany

Summary

The forming of humus profiles in forest ecosystem depends on soil and plant cover types, and on flux of

falling debris into soil. The transformation of "fresh organic matter" is mainly performed by soil organisms. Therefore the species composition and abundance of living organisms in humus covers (humus forms) are good indicators in evaluation of ecosystems functioning efficiency and in understanding of humus profile forming mechanisms. The abundance, species richness (number of species) and vertical distribution of microannelids in humus covers of forest ecosystems were studied in pedo-ecological conditions of Estonia.

First research area (UA-I, Koorvere) located in pine forest of Rhodococcum site type on typical podzol with sandy texture and fresh mor humus cover; UA-II (Kaagvere) located in mixed pine-spruce forest of Oxalis site type on pseudopodzolic soil with loamy sand on sandy loam texture and fresh moder humus cover, and UA-III (Reola) – in spruce forest of Oxalis drained swamp site type on shallow fen soil with well decomposed peat (muck) and eutrophic peaty humus cover.

Mean abundance and species richness of microannelids in humus covers of these three forest ecosystems (UA I-III) was accordingly 17.0, 23.4 and 54.5 (in 10^3 individuals per m^2), but the indicated number of microannelids species – 1, 7 and 12. The highest number of one species per volume (319 individuals per one litre of soil) is characteristic to mor type forest floor (UA-I), where from microannelids only the belonging to a strong acidity indicator group species *Cognettia sphagnetorum* was found. In the well decomposed eutrophic peat (UA-III) with the highest volume density (250 individuals L^{-1}) species is *Hemifridericia parva*, as indicator of slight acidity, and in moder type forest floor (UA-II) *Enchytronia parva* (177 individuals L^{-1}) as an indicator of moderate acidity.



EESTI PIIMAVEISETÕUGUDE GENEETILISE MITMEKESISUSE HINDAMISE TULEMUSTEST

THE RESULTS OF A SURVEY ON THE GENETIC DIVERSITY OF ESTONIAN DAIRY CATTLE BREEDS

Sirje Värv

Eesti Maailikool, veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, Fr. R. Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu

Saabunud: 28.04.2015
Received:
Aktsepteeritud: 16.06.2015
Accepted:

Avaldatud veebis: 16.06.2015
Published online:

Vastutav autor: Sirje Värv
Corresponding author:
e-mail: sirje.varv@emu.ee

Keywords: genetic diversity, microsatellites, blood groups, milk proteins

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2015_1_varv.pdf

ABSTRACT. The Estonian dairy cattle breeds: Estonian Holstein, Estonian Red and Estonian Native, have been characterized using different types of genetic markers in order to measure genetic diversity within and between the breeds. In addition to the routine markers commonly used in the genotyping of cattle in Estonia, ISAG/FAO recommended markers were also included and therefore the data could be used to compare Estonian cattle populations in a wider context, and exploring their current status and uniqueness in the European context. The results showed that the Estonian dairy cattle breeds are genetically variable and the level of variation within the Estonian Red, Estonian Native and Estonian Holstein breeds is relatively similar. It can be concluded that inbreeding, causing loss of heterozygosity in a small population, was not found to be at a high level in these breeds. The within-breed diversity estimates, based on the DNA microsatellite data, were at the same level as those reported for other modern dairy breeds. It was demonstrated, by constructing a tree and network based on genetic relationships between the Baltic and Nordic cattle breeds, that the Estonian dairy cattle breeds are distinct from each other, and fall into different genetic clusters – the Estonian Holstein is in the Black-and-White breed group, the Estonian Red is in the European/Baltic Red group, and the Estonian Native Cattle is in the group of wider Nordic breeds, clustering closely with Western Finncattle.

© 2015 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2015 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Üha enam väljendatakse muret seoses põllumajandusloomade geneetiliste ressursside väheneva mitmekesisusega, mis on suures osas põhjustatud selektsioonisurvest kõrgemate toodangute saamiseks ja sellest johtuvalt, tänu jõudluse kasvule, loomade arvu kahane misest. Ahenenud mitmekesisusega populatsiooni kohanimisvõime muutuvates keskkonningimustes halveneb. Populatsioonisiselt viib diversiteedi vähenemine selleni, et gameetide ühinemisel ei ole piisavalt valikut elujõuliste sügootide moodustumiseks (karja taastootmiseks), st tõuseb populatsiooni/tõu väljasuremise oht. Piimaveiste populatsioon moodustab olulise geneetilise ressursi tootmistevõimeks. Seetõttu on populatsiooni struktuuri ja trendide hindamine majandusliku tähtsusega, võimaldades täpsemalt planeerida ressurssidealast poliitikat, kindlustada tõugude aretus- ning säilitusprogramme ja rakendada ka regionaalset koostööd

geneetilise mitmekesisuse säilitamise vallas. Vastavalt 2007. a Interlakenis vastu võetud ülemaailmsele loomade geneetiliste ressursside alasele tegevuskavale (*Global Plan of Action for Animal Genetic Resources*), on riigid võtnud endale ülesandeks iseloomustada ja teostada monitooringut oma põllumajandusloomade geneetiliste ressursside ja sellest tulenevate riskide üle suunamaks geneetiliste ressursside säästlikku kasutamist (FAO, 2007).

Euroopa veisetõugude uurimine tänapäevaste meetoditega tähendab genoomi-info kasutamist. Veiste geneetiliseks iseloomustamiseks on tunnustatud DNA mikrosatelliidid, mida kasutatakse nii tõumaterjali impordil-eksportil indiviidide identifitseerimiseks kui põlvnemisandmete kontrollimiseks ja teaduslikel eesmärkidel alates 1990ndaist. Käesolevaks ajaks on jõutud uute molekulaargeneetiliste markerite kasuta-

miseni. Neist laialdase kasutuse on leidnud ühenukleotiidsete polümorfismide (SNP) määramine. Nüüdsed efektiivsed genotüpiseerimise ja sekveneerimise tehnoloogiad võimaldavad geenikiipe kasutades võrrelda indiviide kuni miljoni SNP põhjal või genoomiülel, veiste puhul kõigi kolme miljardi aluspaari ulatuses. Mõlemad meetodid on rakendatud ka aretuskonsoortsiumide poolt genom-aretusväärtuste hinnangute saamiseks. Kaasaegsetes (diversiteedi)uringutes kasutatavate mikrosatelliitide markerite puhul on oluline nende suhteline odavus, standardiseeritus (FAO, 2011) ja selektiivne neutraalsus (ei ole otseselt seotud valikuga), mis võimaldab mõõta mitmekesisust nn hüpoteeetilise tunnuse järgi (Meuwissen, 2009) ja erinevate uurimistulemuste võrdlemist. Euroopa veisetõugude geneetilise struktuuri uuringud (näiteks Beja-Pereira jt, 2003; Canon jt, 2001; Chikhi jt, 2004; Czernekova jt, 2006; Kantanen jt, 2000; Li jt, 2010; Loftus jt, 1999; MacHugh jt, 1994; Martín-Burriel jt, 2011; Mateus jt, 2004; Maudet jt, 2002; Medugorac jt, 2009; Ramljak jt, 2011) on näidanud varieeruvust nii tõusiseste kui tõugudevaheliste mitmekesisuse näitajate puhul ja nagu märgib Groeneveld jt (2010) ülevaateartiklis, võimaldab kogutud informatsioon optimeerida nii tõugude aretuse kui säilitamise strateegiaid. Eesti piimaveistest on uuritud eesti maatõu ja eesti punase tõu diversiteedi näitajaid Põhjamaade ja Baltimaade ühise uurimisprojekti raames, kus hinnati ka iga tõu panust Põhjamaade kogupopulatsiooni mitmekesisusse tõugude säilitamise kontekstis (Tapio jt, 2006).

Eestis kasvatatakse kolme piimaveisetõugu, mis erinevad üksteisest välimiku, jõudluse, populatsioonimahu ja tõu ajaloolis-demograafilise kujunemise poolest. Viimase viieteistkümnelt aasta lõikes on Eesti piimaveiste arv olnud suhteliselt stabiilne, kuid sellele eelnev vähenemine 1990ndate algusest oli järsk. Muutunud on ka populatsiooni struktuur – praeguseks on kunagise populaarsuse kaotanud eesti punane tõug (praegu 20% 95 000st lehmast) ning samas suureneb holsteini tõugu veiste osakaal (79%); lehmadest 0,4% on eesti maatõugu (Eesti Jõudluskontrolli Aastaraamat 2014).

Uurimistöös on võrreldud eesti maa-, eesti punast ning holsteini tõugu piimaveiseid teiste Balti- ja Põhjamaades levinud (piima)veisetõugudega (Tapio jt, 2006; Värvi jt, 2009; Värvi jt, 2010). Tõuge iseloomustati geneetiliste markerite alusel eesmärgiga selgitada välja Eesti veisetõugude geneetiliste ressursside seisund ja erisused.

Materjal ja meetodika

Veisepopulatsioonid ja proovide kogumine

Uurimismaterjal koguti kõikidelt eesti piimaveisetõugudelt: eesti punaselt, holsteini ja eesti maatõult. Proovide kogumisel lähtuti sellest, et uuringusse ei satuks suguluses olevaid loomi vähemalt kolme eellaspõlve ulatuses. Geneetilise mitmekesisuse hindamiseks peetakse piisavaks populatsiooni kohta 25–30 indiviidi genotüpiseerimist, mis võimaldab tuvastada alleelid

(geenivariandid), mille esinemissagedus on üle 0,05 (Hale jt, 2012). Proovide arv eesti maatõu puhul oli 40, eesti punasel 40 ja eesti holsteini tõul 34. Vereproovid lehmadel koguti 14st eesti maatõugu, 7st eesti punast tõugu ja 17st eesti holsteini tõugu kasvatavast majandist. Eesti maatõu ja eesti punase tõu puhul koguti materjal ka 10 pulli kohta. Holsteini tõugu pulle DNA mikrosatelliitide ja veregruppide ning transferrini tüüpide põhjal läbiviidavas analüüsi ei võetud, kuna eesmärgiks olnud kohaliku geneetilise materjali iseloomustamiseks puudus bioloogiline materjal. Holsteini tõu puhul kasutati piimavalkude geneetilise varieeruvuse analüüsi lisaks 34 lehma andmeile ka 8 pulli andmeid. Uuringus on Eesti veisetõugude võrdlemiseks kasutatud Läti, Leedu, Poola, Taani, Soome, Norra, Rootsi ja Islandi kokku 33 tõu andmeid, kus loomade koguarv oli 1246, varieerudes tõuti 11st kuni 49ni.

Geneetilised markerid ja genotüpiseerimine

Käesolevas uuringus kasutati Eesti veiste genotüpiseerimiseks 25 kõrge polümorfisusega mikrosatelliidi lookust (tabel 1), mis kuuluvad ISAG/FAO globaalseid diversiteediuuringuid toetava töörihma soovituslike markerite hulka. Mikrosatelliitide genotüüpide määramiseks kasutati komplekte *Bovine Genotypes Panel 1.1* ja *2.1 (Finnzymes Diagnostics, Soome)* ning *StockMarks for Cattle® Bovine Genotyping Kit (Applied Biosystems, USA)* vastavalt äratoodud juhenditele. Põhjamaadest ja teistest Baltimaadest pärit veisetõugude iseloomustamiseks oli kasutada 20 mikrosatelliidilookuse andmed (Põhja-Euroopa veisetõugude diversiteediuuringu N-Euro-CaD ühisprojekt; Tabio jt, 2006), mille alleelisuurused kohandati referentsproovide alusel samuti ISAGi nomenklatuurile.

Lisaks mikrosatelliitidele määrati loomadel kümne veregrupisüsteemi erütrotsüütide antigeenid (60 erütrotsüütide antigeeni, EA), mis täidavad Eestis käesoleva ajani veiste geneetilisel identifitseerimisel ja põlvnemisandmete kontrollimisel geneetiliste markerite rolli. Erütrotsüütide antigeenide määramiseks kasutati hemolüüsistesti, kus reaktsioonikomponentideks on uuritava indiviidi erütrotsüütide suspensioon, monospetsiifiline testseerum (antikehad) ja komplement reaktsiooni kiirendamiseks (küüliku vereplasma) (Neimann-Sørensen, 1958). Hemolüüsi korral loetakse vastav EA indiviidil tuvastatuks. Multifaktoriaalsete veregrupisüsteemide (EAB, EAC ja EAS) puhul oli indiviidide genotüpiseerimise aluseks (alleelide määramisel) perekonna-analüüs.

Ühtlasi määrati vereseerumi elektroforeesil (Smithies, 1955) transferrini (vereseerumi valk) ning kolme piimavalgu geeni – beeta-laktoglobuliini (*LGB*), beeta- ja kapa-kaseiini (*CSN2* ja *CSN3*) – põhilised polümorfismid. Piimavalkude polümorfismidest määrati Eesti tõugudel beetakaseiini geeni 7. eksoni mutatsioonid koodonites 67, 93, 106 ja 122, mis tuvastavad valguvariandid A1, A2, A3, B ja I; kapakaseiini 4. eksoni koodonite 148 ja 155 mutatsioonid A, B ja E alleelide tuvastamiseks ning beeta-laktoglobuliini 4. eksoni 118

koodoni mutatsiooni A ja B variantide tuvastamiseks. Genotüpiseerimiseks kasutati ASO-PCR (alleelspetsiifilist polümeeras-ahelreaktsiooni) ning PCR-RFLP (restriktsioonanalüüs). LGB lookuse genotüpiseerimised viidi läbi vastavalt Medrano ja Aquilar-Cordova (1990) restriktsioonanalüüsi meetodikale ning CSN3 puhul kasutati Velmala jt (1993) meetodikat. CSN2 lookuse genotüpiseerimisel lähtuti allelele määravate SNPde tuvastamisel kahesuunalisest alleelspetsiifilisest PCR meetodikast (Chessa jt, 2013), mida on optimeeritud vastavalt labori tingimustele (Värvi jt, 2009).

ASO-PCR tulemusi kontrolliti vastava DNA regiooni järjestuse määramisega, kasutades *BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit*'i (*Applied Biosystems, USA*), mida analüüsiti geenianalüüsatoriga ABI Prism 3130 (*Applied Biosystems, USA*).

Kokku genotüpiseeriti 39 geneetilise markeri alusel 114 omavahel suguluses mitteolevat veist.

Mikrosatelliitide ning piimavalgugeenide analüüsimiseks eraldati DNA K₃EDTAgas täisverest või spermast kasutades Milleri jt (1988) meetodikat või Purgene GENTRA kitti (Minneapolis, USA).

Statistiline andmetöötlus

Statistiline analüüs viidi läbi kokku 39 geneetilise markeri osas. Erinevat tüüpi markereid, DNA mikrosatelliite, veregrupe koos transferriniiga (EA/TF) ja piimavalke analüüsiti üksteisest eraldi.

Tõusisese diversiteedi näitajatest hinnati alleelide arvu, unikaalsete alleelide arvu, alleelirikkust, tegelikku ja (statistiliselt) oodatavat heterosügootsust, kõrvalkallele olulisust markerlookustevahelise ahelduse (*linkage disequilibrium*, LD) ning Hardy-Weinbergi (HWE) tasakaalust. Kasutati statistikapakette FSTAT v.2.93 (Goudet, 2001) ning ARLEQUIN 2.000 (Schneider jt, 2000). Minimaalseks proovide arvaks, mille põhjal alleelirikkust hinnati, osutus mikrosatelliitide puhul 22 ja EA/TF puhul 15 (s.o madalaim genotüpiseeritud loomade arv (15) oli eesti holsteini tõus EAS lookuses). Alleelirikkuse erinevuse statistiline olulisus tõugude vahel määrati permutatsioonitesti (10 000 permutatsiooni). Hinnati tõugude inbriidingu määra (f ; Weir, Cockerham, 1984) mikrosatelliitide ja EA/TF alusel. Usaldusintervall (CI 95%) näitajale leiti (markerlookuse) *bootstrappingut* (FSTAT) kasutades.

Tõugudevahelise diversiteedi analüüsid kasutati diferentseerumisindeksi ja geneetilise distantsi näitajaid. Tõugudevaheline *chord*-distants (Cavalli-Sforza, Edwards, 1967) leiti GENETIX4.05 (www.genetix.univ-montp2.fr/genetix/genetix.htm) abil ning diferentseerumise näitaja θ (Weir, Cockerham, 1984) programmiga FSTAT. Paariviisiline tõugudevaheline diferentseerumise olulisus leiti permutatsioonide teel, mis viidi läbi programmiga GENEPOP v.3.4 (Raymond, Rousset, 1995). Eesti veisetõugude erinevuse/sarnasuse hindamiseks ning populatsiooniklastrite visualiseerimiseks viidi läbi faktoranalüüs (*analysis of factorial correspondence*, AFC (Lebart jt, 1984)) programmiga GENETIX v4.05. Lähinaabrite

meetodil (*neighbor-joining*) tõugude võrgustiku konstrueerimiseks kasutati programmi SplitsTree4 v4.11.3 (Huson, Bryant, 2006). Sama programmiga visualiseeriti ka ühisalleelide distantsi (*allele sharing distances*; Bowcock jt, 1994) maatriksi põhjal eesti maatõugu veiste sugulust teiste tõugudega.

Tulemused ja arutelu

Geneetiliste markerite iseloomustus

Kõik uuringus kasutatud geneetilised markerid olid polümorfed, alleelide arvuga 2 (sh kuus veregruposüsteemi, mikrosatelliit *ILSTS005* ja *LGB*) kuni 59 (B-veregrupisüsteem, EAB). Peamised markereid iseloomustavad näitajad on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Kasutatud geneetiliste markerite kromosoomne paiknemine (BTA), alleelide arv (N_A), oodatav heterosügootsus (H) ja fikseerumisindeks (f)

Table 1. The chromosomal location (BTA) of the marker, number of alleles (N), expected heterozygosity (H), and f -estimates

Marker	BTA	N_A	H	f
<i>Mikrosatelliidid/Microsatellites</i>				
<i>BM1818</i>	23	8	0,651	0,033
<i>BM1824</i>	1	5	0,751	0,036
<i>BM2113</i>	2	8	0,814	0,053
<i>CSSM66</i>	14	9	0,816	-0,022
<i>ETH003</i>	19	7	0,791	0,016
<i>ETH010</i>	5	10	0,810	-0,026
<i>ETH152</i>	5	8	0,743	0,055
<i>ETH225</i>	9	9	0,867	0,052
<i>HEL001</i>	15	9	0,720	0,068
<i>HEL005</i>	21	9	0,740	0,085
<i>HEL009</i>	8	12	0,731	0,004
<i>HEL013</i>	11	7	0,669	-0,152
<i>ILSTS005</i>	10	2	0,574	0,066
<i>ILSTS006</i>	7	9	0,797	0,030
<i>INRA005</i>	12	4	0,575	-0,255
<i>INRA023</i>	3	9	0,803	-0,043
<i>INRA032</i>	11	5	0,659	0,045
<i>INRA035</i>	16	6	0,579	0,255
<i>INRA037</i>	10	11	0,719	-0,009
<i>INRA063</i>	18	6	0,646	-0,198
<i>SPS115</i>	15	6	0,682	0,022
<i>TGLA053</i>	16	15	0,860	0,006
<i>TGLA122</i>	21	15	0,803	0,005
<i>TGLA126</i>	20	8	0,730	0,025
<i>TGLA227</i>	18	12	0,870	-0,023
<i>Veregrupid / Blood groups</i>				
EAA	15	3	0,328	-0,178
EAB	12	59	0,967	-0,020
EAC	18	39	0,941	-0,060
EAF	17	2	0,322	-0,162
EAJ	11	2	0,213	-0,124
EAL	3	2	0,092	-0,068
EAM	23	2	0,036	-0,021
EAR'	16	2	0,280	-0,103
EAS	21	5	0,441	0,016
EAZ	10	2	0,194	-0,107
<i>Verevalk / Blood protein</i>				
TF	1	4	0,680	0,027
<i>Piimavalgud / Milk proteins</i>				
<i>CSN2</i>	6	4	0,541	0,127
<i>CSN3</i>	6	3	0,410	0,044
<i>LGB</i>	11	2	0,339	-0,139

Veregruppide alleelid on haplotüüpsed EA kombinatsioonid, mis on erineva EA arvuga. Seega sõltub alleelide arv veregrupisüsteemi kuuluvate antigeenide arvust ja multifaktoriaarsed lookused (EAB, EAC) on teataval määral tõuspetsiifilised (Hines, 1999). Mitmekesisusuuringus kasutati 38 markeri andmeid. Mikrosatelliit *INRA035* jäeti kõrge $f = 0,250$ tõttu edasiseist analüüsist võimaliku genotüpiseerimisvea (0-alleel) tõttu välja. Sama kõrge negatiivse f -väärtusega *HEL001*, mis viitas heterosügootsete genotüüpide liiale, ei näidanud (sarnaselt *INRA035ga*) statistiliselt olulist kõrvalekallet genotüüpide oodatavast proportsioonist ainult eesti holsteini tõus ja oli nii eesti punase

kui eesti maatõu puhul olulisuse nivool $P < 0,05$ (*INRA035* puhul vastavalt $P < 0,001$ ja $P < 0,01$). Statistiliselt olulisi ($P < 0,05$) kõrvalekaldeid genotüüpide oodatavast proportsioonist esines lisaks nimetatutele üksikute tõugude lõikes veel seitsmel juhul 75st lookus-tõug analüüsist.

Tõusisene mitmekesisus

Eesti veisetõud osutusid tõusiseselt mitmekesisteks ning hoolimata erinevast populatsioonimahust jäi tõusisene geneetiline variatsioon kõikidel tõugudel suhteliselt sarnaseks. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Eesti piimaveisetõugude, eesti maatõu, eesti punase ja eesti holsteini geneetilise mitmekesisuse ja struktuuri näitajad tõusiseselt; mikrosatelliitide analüüs tõu nimetusega samas, ülemises, ja veregruppide/transferrini (EA+TF) analüüs alumises reas (H_{EXP} – teoreetiline heterosügootsus, R – alleelirikkus, A – unikaalsete alleelide arv, LD – paariviisilise lookustevahelise ahelduse sagedus (%) ja LD analüüsi P -väärtuste olulisus Fisheri täpse testi järgi (NS – mitteoluline) ja inbriidingu määr (f) 95%-lise usaldusvahemikuga

Table 2. Within-breed diversity values and population structure derived from microsatellite loci (the 1st row) and blood groups and transferrin (EA+TF) data (the 2nd row). Mean expected unbiased heterozygosity (H_{EXP}), allelic richness (R), number of private alleles (A), the frequency of significant ($P < 0.05$) pair-wise linkage disequilibrium test ($LD\%$), the pooled exact P -values in the LD -tests (χ^2) and within-population inbreeding coefficient (f) with 95% confidence intervals (95% CI)

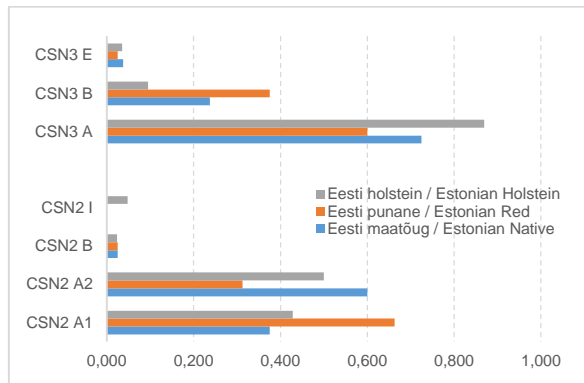
Tõug / Breed	Mikrosatelliidid / Microsatellites ja / and EA+TF					
	H_{EXP}	R	A	$LD, \%$	χ^2	$f[95\% CI]$
Eesti maatõug / Estonian Native	0,715	6,01	16	5,4	573,1 ^{NS}	-0,017 [-0,065 0,003]
	0,404	4,94	26	0	63,9 ^{NS}	-0,107 [-0,163 -0,086]
Eesti punane / Estonian Red	0,699	5,97	20	4,7	511,6 ^{NS}	0,026 [-0,022 0,048]
	0,405	5,14	28	0	37,9 ^{NS}	-0,010 [-0,083 0,031]
Eesti holstein / Estonian Holstein	0,694	5,87	15	3,3	481,2 ^{NS}	-0,016 [-0,076 0,009]
	0,361	4,53	16	0	49,8 ^{NS}	-0,034 [-0,119 0,009]

Alleelirikkuselt ületas eesti maatõug teisi tõuge mikrosatelliitide ja eesti punane veregruppide põhjal. Alleelirikkuselt erinesid paariviisilisel võrdlusel statistiliselt oluliselt (kahepoolne 10 000 permutatsioonitest, $P < 0,05$) eesti maatõug ja holstein mikrosatelliitide ning eesti punane ja eesti holstein veregruppide/TF põhjal. Kolme tõu alleelirikkuse erinevus jäi sama testiga mõlemate markeritüüpide puhul mitteoluliseks. Eesti punane tõug oli suurima unikaalsete alleelide arvuga – vastavalt 20 ja 28 mikrosatelliitide ning EA/TF alusel. Markerite põhjal leitud tõugude keskmised inbriidingu- ehk sisearetuse määrad (f) ei erinenud statistiliselt oluliselt nullist. Ehkki eesti maatõu puhul oli veregruppide/TF puhul 95% CI negatiivne (-0,107 [-0,163 -0,086]) ja leiti TF lookuse HWE kõrvalekalle $P = 0,02$, jäid pärast analüüsi, kui arvesse oli võetud veel kolme vereseerumi (amülaas-1, amülaas-2, seruloplasmiin) elektroforeetiliste tüüpide andmed nii eesti maatõu kui eesti punase f -väärtused 95% CI alusel nullist mitteerinevaks. Seega võis EA/TF esialgseid tulemusi pidada mitteusaldusväärseks. Tõuti ei tuvastatud Fisheri täpse testiga statistiliselt olulisi kõrvalekaldeid Hardy-Weinbergi tasakaalust veregruppide/TF alusel, mikrosatelliitide põhjal oli $P < 0,01$ kõrvalekalle eesti punases tõus.

LD analüüs näitas eesti maatõu puhul teiste tõugudega võrreldes lisaks suhteliselt kõrgele heterosügootsusele ka proportsionaalset kõrgemat (marker)

lookustevahelist aheldust (5,4%). LD -test näitab nii lookuste füüsilist aheldust kui võimalikku juhusliku geenitriivi efekti, mis võib ilmned demograafilistel põhjustel (tänu väikesele loomade arvule populatsioonis), kuid LD määra mõjutavad ka migratsioon ja populatsioonide segunemine (Lewontin, 1988; Martín-Burriel jt, 2007). Eesti punasel ja eesti holsteini tõul oli LD määr alla juhuslikku 5% ning ka eesti maatõu puhul ei osutunud nimetatud näitaja Fisheri täpse testi järgi statistiliselt oluliseks.

Piimavalkude beeta- ja kapa-kaseiini variantidest domineerisid Eesti tõugudel sarnaselt Euroopa piimatõugudega A alleel kapa-kaseiinil ja A1 ning A2 alleelid beeta-kaseiinil (joonis 1). Eesti maatõuga seonduvas Jõudu jt (2007) analüüsis leiti, et eesti maatõu piimavalkude geneetiliste variantide esinemis-sagedused on väga sarnased lääne-soome tõule. Käesoleva analüüsi põhjal eristus eesti holsteini tõug ühe harvaesineva alleeli, beetakaseiini I alleeli poolest. I alleeli puhul leiti aheldus kapa-kaseiini B-alleeliga eesti holsteini tõus ($P < 0,001$) ning beetakaseiini A1 ja kapa-kaseiini B aheldus eesti punasel ja eesti maatõul ($P < 0,001$). Hilisemates uuringutes on näidatud, et *CSN2* I on koos *CSN3* B variandiga positiivse mõjuga piima laapumisomadustele eesti holsteiniil (Vallas jt, 2012).



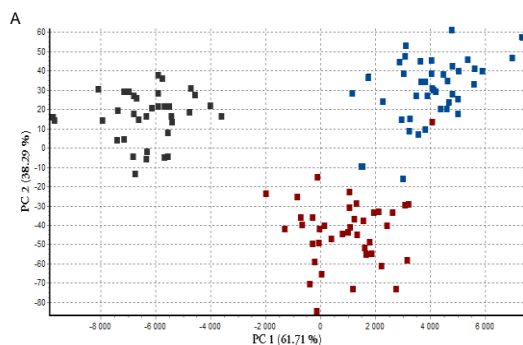
Joonis 1. Alleelisageduste võrdlus beeta-kaseiini (CSN2) ja kapa-kaseiini (CSN3) lookustes

Figure 1. Allele frequencies in beta-casein (CSN2) and in kappa-casein (CSN3) locus

Beeta-laktoglobuliini puhul oli kõikide tõugude puhul sagedaseim B alleel, eesti maatõul esinemissagedusega 0,813, eesti punasel 0,863 ja eesti holsteinil 0,681.

Eesti tõugude tõugudevaheline mitmekesisus ja sugulus teiste tõugudega

Diferentseerumisindeksi (θ) alusel oli tõugudevaheline geneetiline erinevus suhteliselt väike, vastavalt $\theta = 0,062$, $\theta = 0,043$ ja $\theta = 0,066$ mikrosatelliidilookuste, veregruppide/transferrini ja piimavalkude genotüüpide põhjal, kuid kõik väärtused hinnati statistiliselt oluliselt erinevaks nullist. Sõltuvalt markeri tüübist kirjeldavad need indeksid geneetilisest koguvariatsioonist 93,4% kuni 95,7% tõusisese ehk indiviididevahelise ning 4,3% kuni 6,6% tõugudevahelise variatsioonina.

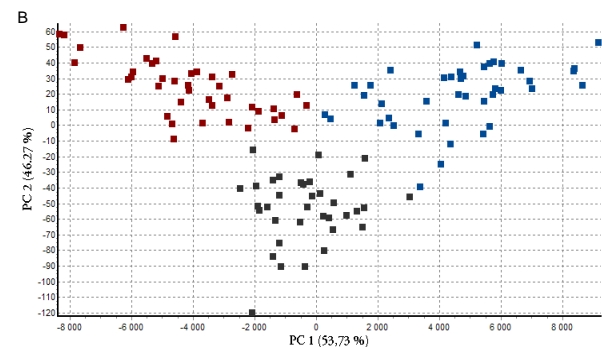


Eesti veisetõugude paariviisilisel võrdlusel selgus, et eesti maatõugu ja eesti holsteini tõugu veised ei eristunud teineteisest statistiliselt oluliselt ei piimavalgugeenide ega ka veregruppide/transferrini põhjal. Erinevate piimavalgugeenide genotüüpide põhine diferentseerumine osutus statistiliselt oluliseks vaid eesti punase ja maatõu CSN2 lookuses ning eesti punase ja holsteini tõu vahel LGB, CSN2 ja CSN3 lookustes.

Eesti veisetõugude faktoranalüüs näitas kahe esimese komponendi 61,7% ja 38,3% koguvariatsioonist kui kasutati mikrosatelliite ja 53,7% ning 46,3% veregruppide ja transferrini lookuse puhul (joonis 2 A ja B).

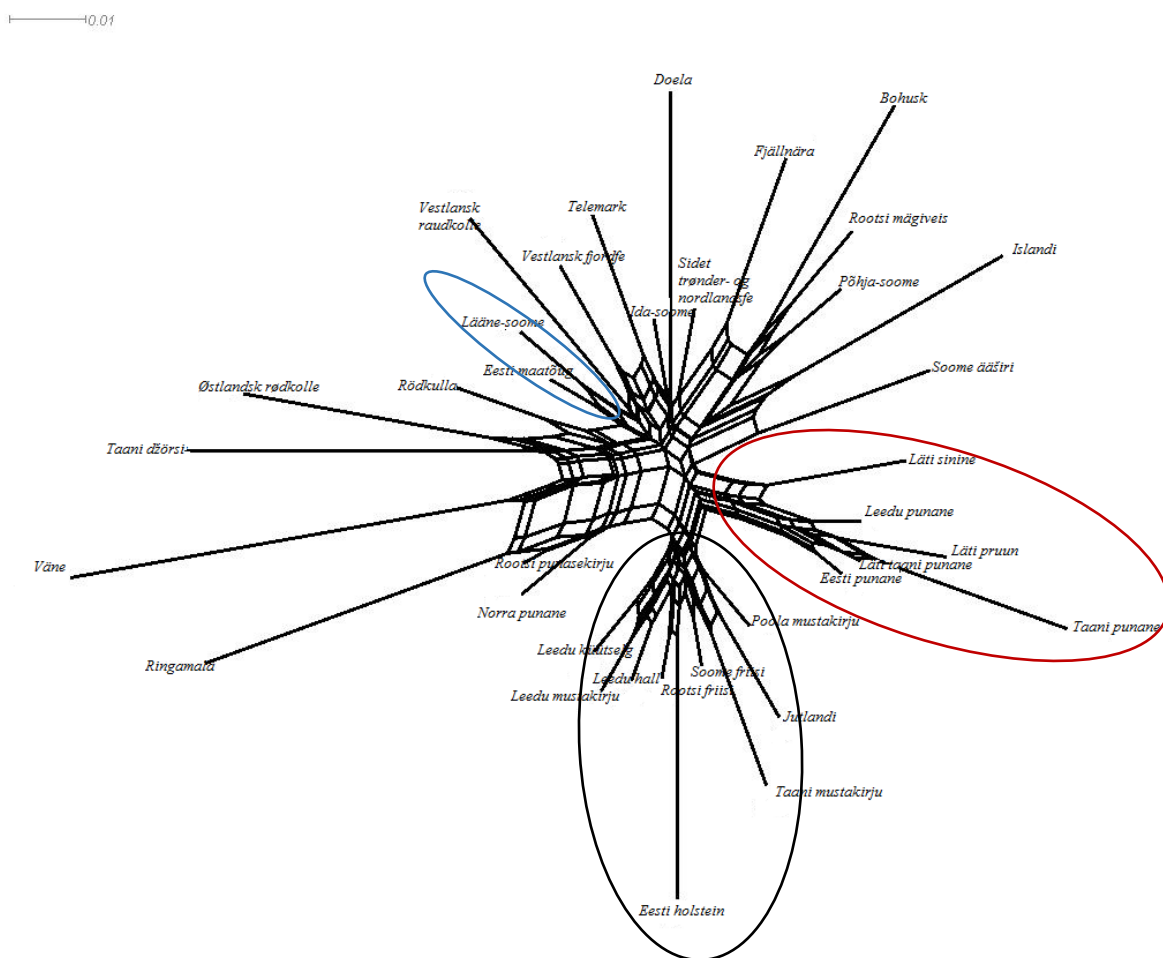
Jooniselt lähtub, et tõugudevaheliste erinevuste määramiseks on mõlemat tüüpi geneetilised markerid kohased, ehkki sarnaselt θ -väärtustele, on tõugudevahelised piirid selgemad DNA mikrosatelliitide analüüsi põhjal.

Suurema arvu (36) Põhja- ja Baltimaade tõugudega läbiviidud uuringus mikrosatelliitide põhjal grupeerisid Eesti tõud erinevatesse geneetilistesse klasteritesse (joonis 3). Eesti punane tõug grupeerus Baltimaade punaste tõugude (6 tõugu), eesti holstein mustakirjutute tõugude (9) ning eesti maatõug suurde mitmekesisusse tõugude gruppi (21), mis jaotus omakorda mitmesse Põhjamaade tõugude alamgruppi. NJ (neighbor-joining) dendrogrammil moodustas eesti maatõug koos lääne-soome tõuga ülejäänud tõugudest statistiliselt oluliselt erineva geneetilise klasteri. Nende kahe tõu geneetilise sarnasuse/eristatavuse hindamiseks viidi läbi analüüs tõugudega, kellelt eesti maatõu populatsioonil on ajalooliselt geneetilisi mõjutusi.



Joonis 2. Faktoranalüüsi (AFC) tulemused. Kolm geneetilist klasterit A) mikrosatelliitide analüüsi ja B) veregruppide ja transferrini genotüüpide alusel. Mustad ruudud – eesti holsteini tõugu, sinised – eesti maatõugu ja punased – eesti punast tõugu veised

Figure 2. Plotted representation of three breed clusters as defined by analysis of factorial correspondence (AFC) A) based on microsatellites and B) EA systems/TF. The red squares – Estonian Red individuals, blue – Estonian Native, black – Estonian Holstein



Joonis 3. Põhja-Euroopa 36 tõu chord-distsantside põhjal konstrueeritud tõugude võrgustik (*neighbor-net*)

Sinises ringis eesti maatõu ja lääne-soome klaster, punase ringiga on märgitud Euroopa punaste tõugude klaster ja mustas ringis on mustakirjude tõugude klaster

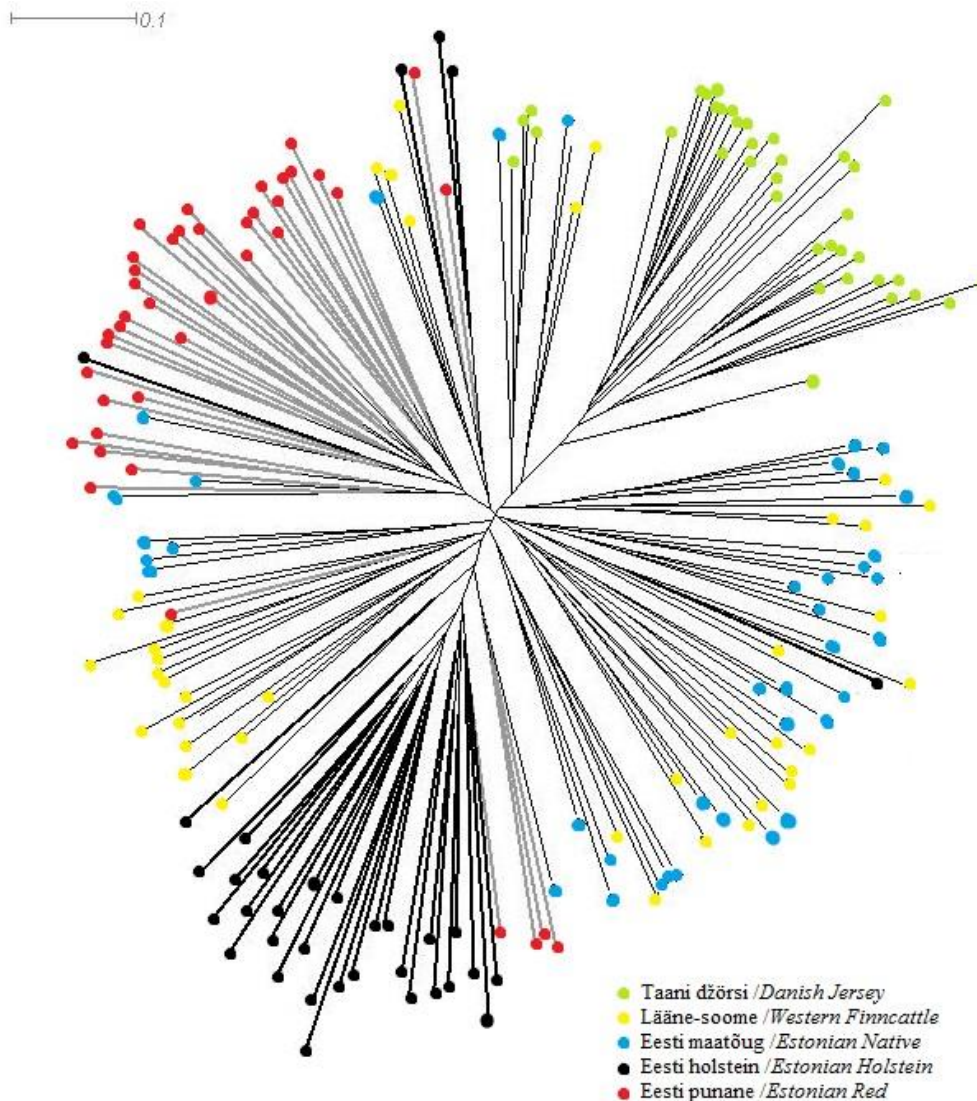
Figure 3. The *neighbor-net* of 36 Northern European breeds constructed from a Chord distances. Blue line indicate the closest subcluster of Western Finncattle and Estonian Native within the Nordic breeds, the red line – European red cattle breeds, black line – black-and-white cattle cluster (eesti holstein – Estonian Holstein; eesti maatõug – Estonian Native; eesti punane – Estonian Red; ida-soome – Eastern Finncattle; islandi – Islandic; leedu hall – Lithuanian Grey; leedu küütselg – Lithuanian White Backed; leedu mustakirju – Lithuanian Black-and-White; leedu punane – Lithuanian Red; läti pruun - Latvian Brown; läti sinine – Latvian Blue; läti-taani punane – Latvian Danish Red; lääne-soome – Western Finncattle; norra punane – Norwegian Red; Östlandsk rødkolle – Eastern Red Polled (Norway); poola mustakirju – Polish Black-and-White; põhja-soome – Northern Finncattle; rootsi friisi – Swedish Friesian; rootsi mägiveis – Swedish Mountain; rootsi punasekirju – Swedish Red-and-White; Rõdkulla – Swedish Red Polled; soome friisi – Finnish Friesian; soome äärširi – Finnish Ayrshire; taani džõrsi – Danish Jersey; taani mustakirju – Danish Black Pied; taani punane – Danish Red; Vestlansk rødkolle – Western Red Polled (Norway)

Kolmest Eesti tõust, lääne-soome ja džõrsi tõust indiviidide (195) geneetiliste kauguste (*allele-sharing distance*) maatriksi abil konstrueeritud dendrogrammil grupeerusid omavahel eraldi klastritesse eesti holsteini, eesti punast ja taani džõrsi tõugu veised. Eesti maatõugu ja lääne-soome tõugu veised jagunesid klastritesse läbisegi ning eesti maatõu ja lääne-soome tõu eristumist kasutatud mikrosatelliitidega ei tuvastatud (joonis 4).

Seega näitas läbiviidud analüüs, et eesti maatõu geneetilisest unikaalsusest saab rääkida kohalikus kontekstis, kuid geneetiline lähedus lääne-soome tõuga vähendab mõnevõrra eesti maatõu säilitamise tähtsust laiemas, Põhjamaade vanade tõugude kontekstis.

Baltimaade teised kohalikud tõud (läti sinine, leedu küütselg ja leedu hall tõug) grupeerusid vastavalt punaste ja mustakirjude tõugude klastritesse. Sama tulemus saadi ka suurema arvu populatsioonide

molekulaargeneetilisel klassifitseerimisel. Leiti, et läti sinine liigitub Feliuse (Felius, 1995) 2A Lääne-Euroopa punaste veisetõugude rühma ja Leedu kaks tõugu 2B Lääne- ja Põhja-Euroopa musta- ja punasekirjude tõugude gruppi (Li jt, 2010). Geneetiliste ressursside säilitamise puhul on tõugudel kahtlemata oluline roll ja iga kohalik tõug (hoolimata ka ristamisest teiste tõugudega) omab olulist väärtust traditsioonide ja kultuurilise järjepidevuse vaatenurgast, eriti kui tõule iseloomulikke omadusi säilitatakse (Felius jt, 2015). Nagu jooniselt 3 näha, paiknesid Skandinaavia vanad tõud võrgustiku tsentrist võetuna kaugemal, näiteks Doela (Norra) ja Väene (Rootsi) tõud, mis viitab nende geneetilisele unikaalsusele, kuid ka madalamale heterosügootsusele ehk tõusisesele geneetilise mitmekesisuse vähesusele võrreldes võrgustiku tsentrile lähemalolevaile, sh Baltimaade kohalikele tõugudele.



Joonis 4. Üksikindiviidide (*allele-sharing*) geneetiliste distantside maatriksi põhjal konstrueeritud NJ-puu. Igale harule vastab üks 195st genotüpiseeritud veisest.

Figure 4. NJ tree based on an *allele-sharing* matrix of 195 individuals from 5 breeds. Each branch represents an individual.

Geneetilise mitmekesisuse vähenemine tõugudes ja tõu(gude) kadu võib ohustada loomaliigi elujõulisust ja eksistentsi. Peamiseks ohuteguriks peetakse alleel-sageduste fikseerumist (0 või 1) inbriidingu ja geeni-triivi tõttu, mis on tõenäolisem väikesearvulistes tõugudes. Seetõttu on geneetilise struktuuri hindamine Eesti veisepopulatsioonis geneetilise mitmekesisuse säilitamiseks erilise tähtsusega eesti maatõu osas. Loomade väikese arvu tõttu on eesti maatõug FAO kriteeriumite järgi ohustatud-säilitatava tõu staatuses. Kuna oma piimajõudluse-alaselt geneetiliselt potentsiaalilt ei konkureeri eesti maatõug holsteini tõuga, on eesti maatõu esiletõstmiseks ja populatsioonimahu vähenemise ärahoidmiseks vajalik rakendada alternatiivseid strateegiaid, näiteks alternatiivsete (niši)toodete väljatöötamist piimast.

Praeguseks on üha ulatuslikumalt laienemas ka genoomaretusväärtustega tõuloomade kasutamine, millest tulenevalt on tõusnud risk geneetilise

muutlikkuse vähenemiseks. Molekulaargeneetilise info põhjal (SNPd) arvatatud kõrgem inbriidingu tase (homosügootsus) on negatiivse mõjuga nii taas-tootmisele kui toodangule (Bjelland jt, 2013). Käimas-olevad mikrosatelliitide uuringud näitavad viimase kümnendi trendina eesti punase ja eesti holsteini tõu puhul geneetilise distantsi vähenemist ning holsteini tõul homosügootsuse tõusu (andmed avaldamata). Eesti kontekstis on sarnaselt veisetõugudele vajadus ka teiste põllumajandusloomade tõugude monitooringuks. Molekulaargeneetiliste markeritega hinnatud populatsioonigeneetiline tõugudevaheline ja -sisene struktuur aitaks teiste liikide, sh hobuste aretusel tegelevail ühendustel kujundada otsuseid, mis parandaksid tõugude jätkusuutlikku majandamist – põlvnemisandmete analüüsid on näidanud, et keskmine inbriidingu koefitsient Eesti hobusetõugudes kasvab (Rooni, Viinalass, 2012).

Läbi ajaloo on Eesti tõud kujunenud Euroopa ja hilisemal perioodil ülemaailmselt levivate populatsioonide/tõugude introduktsiooni ja segunemise toel, säilitades siiski geneetilise omapära (Eesti veisetõud grupeeruvad erinevatesse geneetilistesse klastritesse). Kuivõrd geneetiliste ressursside säilitamise baasühikuks on tõug, on aretustegevuses oluline säilitada tõugudevahelist geneetilist variatsiooni ning impordi vajadusel eelistada tõumaterjali, mis ei oleks sama Eesti teistes tõugudes kasutatavaga.

Järeldused

Genofondi monitooring näitas kolme eesti piimaveise geneetilise mitmekesisuse olukorda. Edasise populatsioonigeneetilise uuringuid tuleb oluliseks pidada esiteks ohustatud tõu staatuses eesti maatõu puhul, kus säilitus-aretusprogrammist tulenev aretustmaterjali impordi piirang võib madalast populatsioonimahust tingituna põhjustada soovimatut inbriidingu kasvu. Teiseks vähendab eesti punase tõu laiaulatuslik ristamine punase holsteini tõuga vana ehk traditsioonilise eesti punase tõukarja osa, muutes seejuures geneetiliste ressursside struktuuri ja genofondi, mille edasine uurimine on seepärast tarvilik. Geneetilise variatsiooni monitooring on oluline ka eesti holsteini tõu puhul, kuna selle populatsiooni efektiivne populatsioonimaht on vähenev intensiivse selektsiooni tõttu ülemaailmselt. Edasistes uuringutes on vajalik läbi viia uue valimi genotüüpiseerimine tuginedes kehtivale (mikrosatelliidid) ja kaasajastatavale (SNP) markerite paneelile, mis oleks vastavuses Ülemaailmsele geneetiliste ressursside uurimise tegevusplaani (FAO *Global Plan of Actions for Animal Genetic Resources*) ning Interlaki deklaratsiooniga tõugude geneetilise iseloomustamise ja monitooringu kohta.

Tänuavaldused

Uurimistöö viidi läbi Haridus- ja Teadusministeeriumi projektide SF1080022s07 ja IUT8-2 toetusel.

Kasutatud kirjandus

- Beja-Pereira, A., Alexandrino, P., Bessa, I., Carretero, Y., Dunner, S., Ferrand, N., Jordana, J., Laloe, D., Moazami-Goudarzi, K., Sanchez, A., Canon, J. 2003. Genetic characterization of southwestern European bovine breeds: a historical and biogeographical reassessment with a set of 16 microsatellites. – *J. Hered.* 94, 243–250.
- Bjelland, D.W., Weigel, K.A., Vukasinovic N., Nkrumah, J.D. 2013. Evaluation of inbreeding depression in Holstein cattle using whole-genome SNP markers and alternative measures of genomic inbreeding. – *J. Dairy Sci.* 96, 4697–4706.
- Bowcock, A.M., Ruiz-Linares, A., Tomfohrde, J., Minch, E., Kidd, J.R., Cavalli-Sforza, L.L. 1994. High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites. – *Nature* 368, 455–457.
- Cañón, J., Alexandrino, P., Bessa, I., Carleos, C., Carretero, Y., Dunner, S., Ferran, N., Garcia, D., Jordana, J., Laloe, D., Pereira, A., Sanchez, A., Moazami-Goudarzi, K. 2001. Genetic diversity measures of local European beef cattle breeds for conservation purposes. – *Genet. Sel. Evol.* 33, 311–332.
- Cavalli-Sforza, L.L., Edwards, A.W.F. 1967. Phylogenetic analysis: models and estimation procedures. – *Am. J. Human Genet.* 19, 233–257.
- Chessa, S., Bulgari, O., Rossoni, A., Ceriotti, G., Caroli, A.M. 2013. Bovine β -casein: Detection of two single nucleotide polymorphisms by bidirectional allele specific polymerase chain reaction (BAS-PCR) and monitoring of their variation. – *Open Journal of Animal Sciences* 3, 36–41.
- Chikhi, L., Goossens, B., Treanor, A., Bruford, M.W. 2004. Population genetic structure of and inbreeding in an insular cattle breed, the Jersey, and its implications for genetic resource management. – *Heredity* 92, 396–401.
- Czernekova, V., Kott, T., Dudkova, G., Sztankoova, Z., Soldat, J. 2006. Genetic diversity between seven Central European cattle breeds as revealed by microsatellite analysis. – *Czech J. Anim. Sci.* 51, 1–7.
- Eesti Jõudluskontrolli Aastaraamat 2014. Results of Animal Recording in Estonia 2014. (Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontrolli AS, 2015).
- FAO. 2007. Global plan of Action for Animal Genetic resources and the Interlaken Declaration. Rome, Italy, FAO.
- FAO. 2011. Molecular genetic characterization of animal genetic resources. – FAO Animal Production and Health Guidelines, No. 9, Rome.
- Felius, M. 1995. Cattle Breeds. An Encyclopedia.
- Felius, M., Theunissen, B., Lenstra, J.A. 2015. Conservation of cattle genetic resources: the role of breeds. – *J. Agri Sci.* 153, 152–162.
- Goudet, J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3). Available from <http://www.unil.ch/izea/software/fstat.html>.
- Groeneveld, L.F., Lenstra, J.A., Eding, H., Toro, M.A., Scherf, B., Pilling, D., Negrini, R., Finlay, E.K., Jianlin, H., Groeneveld, E., Weigend, S. 2010. The GLOBALDIV Consortium (2010) Genetic diversity in farm animals – a review. – *Anim Genet* 41, 6–31.
- Hale, M.L., Burg, T.M., Steeves, T.E. 2012. Sampling for Microsatellite-Based Population Genetic Studies: 25 to 30 Individuals per Population Is Enough to Accurately Estimate Allele Frequencies. *PLoS ONE* 7, e45170.
- Hines, H.C. 1999. Blood Groups and Biochemical Polymorphisms. In: *The Genetics of Cattle* (eds. R. Fries, A. Ruvinsky), 77–121. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Huson, D.H., Bryant, D. 2006. Application of phylogenetic networks in evolutionary studies. – *Mol. Biol. and Evol.* 23, 254–267.
- Jõudu, I., Henno, M., Värv, S., Kaart, T., Kärt, O., Kalamees, K. 2007. Milk protein genotypes and milk coagulation properties of Estonian Native cattle. – *Agricultural and Food Science* 16, 222–231.

- Kantanen, J., Olsaker, I., Holm, L.E., Lien, S., Vilkki, J., Brusgaard, K., Eythorsdottir, E., Danell, B., Adalsteinsson, S. 2000. Genetic diversity and population structure of 20 north European cattle breeds. – *J. Hered.* 91, 446–457.
- Lebart, L., Morineau, A., Warwick, K.M. 1984. *Multivariate Descriptive Statistical analysis: Correspondence Analysis and Related Techniques for Large Matrices.* – John Wiley and Sons, New York.
- Lewontin, R.C. 1988. On measures of gametic disequilibrium. – *Genetics* 120, 849–852.
- Li, M.H., Kantanen, J. 2010. Genetic structure of Eurasian cattle (*Bos taurus*) based on microsatellites: clarification for their breed classification. – *Anim. Genet.* 41, 150–158.
- Li, M.H., Tapio, I., Vilkki, J., Ivanova, Z., Kiselyova, T., Marzanov, N., Cinkulov, M., Stojanovic, S., Ammosov, I., Popov, R., Kantanen, J. 2007. The genetic structure of cattle populations (*Bos taurus*) in northern Eurasia and the neighbouring Near Eastern regions: implications for breeding strategies and conservation. – *Mol. Ecol.* 16, 3839–3853.
- Loftus, R.T. 1999. A microsatellite survey of cattle from a centre of origin: the Near East. – *Mol. Ecol.* 8, 2015–2022.
- MacHugh, D.E., Loftus, R.T., Bradley, D.G., Sharp P.M., Cunningham, P. 1994. Microsatellite DNA variation within and among European cattle breeds. – *Proc.R.Soc.Lond.B* 256, 25–31.
- Martín-Burriel, I., Rodellar, C., Cañón, J., Cortés, O., Dunner, S., Landi, V., Martínez-Martínez, A., Gama, L., Ginja, C., Penedo, M.C.T., Sanz, A., Zaragoza, P., Delgado, J.V. 2011. Genetic diversity, structure, and breed relationships in Iberian cattle. – *J. Anim. Sci.* 89, 4, 893–906.
- Martín-Burriel, I., Rodellar, C., Lenstra, J.A., Sanz, A., Cons, C., Osta, R., Reta, M., De Arguello, S., Sanz, A., Zaragoza, P. 2007. Genetic Diversity and Relationships of Endangered Spanish Cattle Breeds. – *J. Hered.* 98(7), 687–691.
- Mateus, J.C., Penedo, M.C., Alves, V.C., Ramos, M., Rangel-Figueiredo, T. 2004. Genetic diversity and differentiation in Portuguese cattle breeds using microsatellites. – *Anim. Genet.* 35, 106–113.
- Maudet, C., Luikart, G., Taberlet, P. 2002. Genetic diversity and assignment tests among seven French cattle breeds based on microsatellite DNA analysis. – *J. Anim. Sci.* 80, 942–950.
- Medugorac, I., Medugorac, A., Russ, I., Veit-Kensch, C.E., Taberlet, P., Luntz, B., Mix H.M., Forster, M. 2009. Genetic diversity of European cattle breeds highlights the conservation value of traditional unselected breeds with high effective population size. – *Mol. Ecol.* 18, 3394–3410.
- Meuwissen, T. 2009. Towards consensus how to measure neutral genetic diversity? – *J. Anim. Breed Genet.* 126, 333–334.
- Miller, S.A., Dykes, D.D., Polesky, H.F. 1988. A simple salting procedure for extracting DNA from human nucleated cells. – *Nucleic Acid Res.* 16, 1215.
- Neimann-Sørensen, A. 1958. Blood groups of cattle. Immunogenetic studies on Danish cattle breeds. – *A/S Carl Fr. Mortensen, København*, 177 pp.
- Rooni, K., Viinalass H. 2012. Assessment of inbreeding parameters in two Estonian local horse breeds. – *EAAP Book of Abstracts, Bratislava*.
- Ramljak, J., Ivanković, A., Veit-Kensch, C.E., Förster, M., Medugorac, I. 2011. Analysis of genetic and cultural conservation value of three indigenous Croatian cattle breeds in a local and global context. – *J. Anim. Breed Genet.* 128, 73–84.
- Raymond, M., Rousset, F. 1995. Genepop (Version 3.1d, updated version of Genepop v. 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. – *J. Hered.* 86, 248–249.
- Smithies, O. 1955. Zone electrophoresis in starch gels: Group variation in the serum proteins of normal human adults. – *Biochem. J.* 61, 629.
- Tapio, I., Värvi, S., Bennewitz, J., Maleviciute, J., Fimland, E., Grislis, Z., Meuwissen, T.H., Miceikiene, I., Olsaker, I., Viinalass, H., Vilkki, J., Kantanen, J. 2006. Prioritization for conservation of northern European cattle breeds based on analysis of microsatellite data. – *Conserv. Biol.* 20, 1768–1779.
- Vallas, M., Kaart, T., Värvi, S., Pärna, K., Jõudu, I., Viinalass, H., Pärna, E. 2012. Composite β - κ -casein genotypes and their effect on composition and coagulation of milk from Estonian Holstein cows. – *J. Dairy Sci.* 95, 6760–6769.
- Värvi, S., Belousova, A., Sild, E., Viinalass, H. 2009. Genetic diversity in milk proteins among Estonian dairy cattle. – *Veterinarija ir Zootehnika (Vet Med Zoot)* 48 (70), 93–98.
- Värvi, S., Kantanen, J., Viinalass, H. 2010. Microsatellite, blood group and transferrin protein diversity of Estonian dairy cattle breeds. – *Agricultural and Food Science* 19, 284–293.
- Weir, B.S., Cockerham, C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. – *Evol.* 38, 1358–1370.

The results of a survey on the genetic diversity of Estonian dairy cattle breeds

Sirje Värvi

*Estonian University of Life Sciences,
Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences,
Fr. R. Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu, Estonia*

Summary

There are three dairy cattle breeds in Estonia that differ in their demographic history, phenotypic characteristics and current census sizes. The aim of the study was to characterize these breeds on the basis of genetic markers and to compare the results with those for other Baltic and Nordic dairy breeds in order to explore the current status and uniqueness of Estonian dairy cattle genetic resources. The Estonian dairy cattle breeds, the Estonian Holstein, the Estonian Red and the Estonian Native, were characterized using different

types of genetic marker in order to measure genetic diversity within and among the breeds. Besides the markers used in routine genotyping of cattle in Estonia, ISAG/FAO recommended markers were included, and therefore the data could be used for comparing Estonian cattle populations in a wider setting, and exploring their status and uniqueness in the European context. The results showed that the Estonian dairy cattle breeds are genetically variable (based on microsatellites $H_{EXP} = 0,694-0,715$) and the level of variation within the Estonian Red, the Estonian Native and the Estonian Holstein is relatively similar (Table 2). It can be concluded that inbreeding, causing loss of heterozygosity in a small population, was not at a high level (the intra-breed inbreeding estimates computed from marker data, did not differ from zero) in Estonian Holstein, Estonian Red nor Estonian Native cattle. However, comparing Estonian Holstein with Estonian Red, the allelic richness and total number of unique alleles was higher in Estonian Red.

It was demonstrated by constructing a tree and network based on genetic relationships between the Baltic and Nordic cattle breeds (36) that the Estonian dairy breeds were distinct from each other, falling into different genetic clusters – the Estonian Holstein fell into the Black-and-White breed group (9), the Estonian Red into the European/Baltic Red group (21), and the Estonian Native Cattle into the group of wide Nordic breeds, clustering closely with Western Finncattle (Figure 3). According to the microsatellite based allele-sharing distances among individuals, the genetic uniqueness of Estonian Native cattle was not confirmed in the Nordic-Baltic context. Due to prolonged gene flow from Western Finncattle, the genepool of the Estonian Native overlaps with that of Western Finncattle (Figure 4) which diminishes its genetic value among Northern European cattle breeds for conservation in terms of breed uniqueness. Nonetheless, the Estonian Native cattle is important in Estonian context due to its genetic distinctiveness from the two Estonian breeds, their degree of endangerment, the cultural-historical value of the breed and from an environment management perspective.

Rahvuslik põllumees eestluse mõtte kandjana – minevik ja tänapäev

Ründo Mülts

Ettekanne Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Eesti Vabariigi 97. aastapäevale pühendatud kontsertaktusel

Eesti rahvusideoloog Oskar Loorits on öelnud: "*Meie saatatus on siiski meis endis mitte pimedas juhuses.*"

Eestlase rahvusteadvuses on kesksel kohal kinnihoidmine oma keelest ja maast. Enamiku ajaloost on meie esivanemad kutsunud end maarahvaks. Maa on olnud meie hing, maa harimine on tähendanud mitte ainult enese toitmist, vaid ka maaga seotuse pühalikkuse kinnitust. Selles on talletunud meie pärimuskultuur. Vanasõnagi ütleb: "Narri põldu üks kord, siis narrib põld sind seitse korda." Olen viimasel ajal üpriski palju mõtisklenud, kus võiks paikneda eesti kultuuri materiaalne aluspõhi ja kes aegade jooksul on olnud selle kandjateks. Võtnud aluseks Kaarel Liidakult laenatud põhimõtte, kui rahvuslik mõte tahab olla tõesti rahvuslik, mitte kunstlik ja peale sunnitud, siis on tema alusteks: rahva sotsiaalne struktuur, rahva iseloom, maa ajalugu ja asend. Loomulikel alustel püsiv ideoloogia saab haarata rahva hulki. Lugeses Kesk-Eesti vaimse kultuuri-pärandi programmi koostamiseks läbi meie kirjandusklassiku Anton Hansen Tammsaare "Tõe ja õiguse" köited, veendusin, et Eesti rahvuskultuuri aluspõhjaks on sinne maa ning seda töökuse ja vaimsusega kujundanud põllumees. Järgnevas ettekandes püüan mõningate katkendlike, kohati pooltoorete mõttekäikudega vaadelda rahvusliku põllumehe rolli eestluse mõtte kandjana – seda nii minevikus kui ka tänapäeval.

Eesti talu juured ulatuvad tagasi muinasaega. Kui ajaloo valgus maarahvale langes, siis olid esivanemad mitmete iseloomulike joontega valmis kujunemiseks. Maarahvas elas küldes ja külad koosnesid taludest. Talu rikkuse moodustasid loomad ja põllumaa ning kogu seda protsessi juhtis põllumees. Talupoega on tihti tahetud näidata kui pimedat tööorja, kes oma igapäevaseid ülesandeid täites ainult igapäevasele leivale, kehakattele ja peavarjule. Tegelikult ei nõudnud talupidamine mitte üksnes kehalist jõudu ning sisseharjutud tööliigutusi, vaid ka praktilist mõistust ja teadmisi, mis polnud kõik rakenduslikku laadi. Vajalik oli ümbritseva looduse- ja traditsioonilise ajaarvamise tundmine, rääkimata teadmistest rahvameditsiinis ja muudest tehnilistest oskustest. Mitmed neist rahvusele omastest tarkustest on kandunud ka tänapäeva.

Raamatutarkuse ja kirjaoskuse tungimisel taludesse suurenes talupoja roll vaimsuse konstrueerimisel ja loovuse arengul. Seda soodustas endisaegne talu kui sotsiaalne ja majanduslik tervik, mille ideaaliks oli olla võimalikult sõltumatu. Paratamatus, et majapidamised kuulusid valdavas enamuses mõisamajanduse kontrolli alla, kärpis talu võimalusi ainult välja-poolle. Oma kodus oli talupoeg eelkõige perekonnapea ja majapidamise korraldaja. 1860-ndate avanes

kauaoodatud võimalus osta talusid päriks. Eelneva tulemusel kujunes rahvuslikul ärkamisajal põllumehest olulisem eestluse kandja ja identiteedi säilitaja. Tolleaegsed maarahva eestkõnelejad eesotsas Carl Robert Jakobsoniga väitsid, et pärisperemeheks saamise protsess aitaks kindlustada rahvusliku identiteedi säilitamise. Sellest ajast pärit Jakob Pärna jutustuse "Oma tuba, oma luba" tiitel on nagu lipukiri, mille järel sammudes põllumees viib eesti rahva iseolemise teele. Maaeluga seotud rahvuslaste eestvõttel sai 1869. aastal Tartus teoks tänini eesti rahvusele ilmet andev laulupidude traditsioon. Kuigi mõte laenati baltisakslastelt, oli ürituse kordaminekul oluline roll põllumeestel. Jättes kõrvale tegemist nõudvad talutööd, leidsid nad vaimsust, et sõita kibekiirel tööajal kollektiivselt laulupeole. Nende meeste tahtejõu vilju naudime elujõulisena veel tänapäeval. Osalt eeltoodud vaimsusega võib seletada suurt julgust ja kõhklematust, millega eesti rahvas eesotsas talutarest põlvneva põllumeeskonnaga haaras kinni riiklikust iseseisvuse mõttest.

Maakultuuri tõusuaeg ja põllumehe roll eestluse mõtte kandjana suurenes veelgi iseseisvusaastatel. Eesti rahvas saavutas omariikluse 1918. aastal tänu väljakujunenud omavalitsustraditsioonile. Taaskord oli selle taga eesti põllumees kui rahvuslikkuse kandja. Nõnda omariiklusperioodi aegne põllumeesterakonna esimees August Jürman väitnud: "Kui meie tööle au anname, siis peame tõesti tunnistama, et meie riigi kandev majanduslik jõud on eesti põllumees. Ilma meie põllumeheta ei oleks Eesti riiki." Riigi eksistentsi kujundanud olulisemaks ettevõtmiseks oli 1919. aasta maareform, mis kaotas senise mõisamajanduse ning tagas edu Vabadussõja lahinguväljal. 1930-ndateks oli põllumajandus kindlaim riikliku eksistentsi alustala ning põllumehed selle tugisambaks. Läbi ühistegevusliikumise juhtisid viimased piimaühingute, veeühingute, krediidiühingute, põllumeeste keskseltside ja muude ühistegeliste liikumiste näol eesti elu. Masinate tulek abilisteks põllumehele ja tihenev kaubandustegevuse võrk kergendasid töökoormust ning andsid rohkem vaba aega harrastusteks. Põllumeeste seltskondlike organisatsioonide vahendusel tõsteti maakultuuri taset. Laialt levis ütlus, et põllumehed kannavad oma õlul rahva saatust. Kodu ja perekond – need ongi Eesti Vabariik.

Samas vähenesid omariiklusaastatel erinevused maa ja linna vahel. Tolleaegse maakonstaabli tähelepanek aitab mõista maarahva moderniseerimise protsessi. "1938. aastal inspekteeriti siseministeeriumi korraldusel taludes esinevaid kemmergid. Sattusin metsaküla servas asuvasse tallu. Koputasin, keegi ei vastanud. Läksin uksest sisse. Vanaperenaine ketras. Mina küsisin: "Andeks, kas teil väljakäik juba on?" Naine ei tõstnud pead ja jätkas tööd. Küsisin uuesti:

"Kas teil väljakäik juba on?" Pead tõstmata mähatanud memm: "Imelik inimene! Kas sa siis ei tea, et kui on sissekäik, siis on ka väljakäik."

Põllumehe roll vaba eestluse mõtte kujundajana sai kesta kuni Teise maailmasõja aastateni. Okupatsiooni-võimu anastava tegevusega murdsid rahvuslikku rikkust kandnud rahvusliku põllumehe vaimsuse. Eesti talu sõltumatu üksusena sai kesta vaevalt kolmveerand sajandit.

Eesti naine rahvusliku põllumehe kujundajana

Eesti põllumehe kõrval on olnud varjatud abilisteks tuhanded maanaised, kes kandsid endas eesti meelt ja eesti südant. Tänu sellele, et naised taludes, külades, alevikes on suutnud aegade jooksul kanda mitut koormat korraga – kasvatada lapsi, olla meestega võrdselt põllul, hoolitseda söögilaua ja kehakatte eest ning olla kõige selle juures armastaja, julgustaja ning lohutaja. Tänu sellele olemegi kestnud maarahvana. Keerulistel aegadel on põllumehele kulunud ära naiste tulevikku vaatavad nõuanded ja hoiakud. Maanaised on olnud seltsitegevuses aktiivse vaimu kandjad. Samas kogeme seda ka maa soolaks peetava õpetajaskonna tegevusest, sest enamikest neist on naised. Nii on veel nende käes igas mõttes Eesti tulevik.

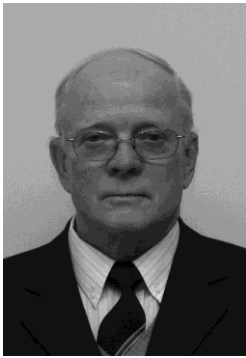
Rahvuslik põllumees eestluse mõtte kandja – tänapäevane reaalsus

Eestlased said 1920-ndatel esimest korda mitte ainult oma riigi, vaid ka oma maa peremeesteks. Tolle ajastu eesti külast pärinevad paljud elu põhiväärtused, mis on säilinud eestlasele omases mõtteviisis veel tänapäevalgi. Ikka assotsieerub pärisliku mõiste taluga. Ehk peitub talus rahvusliku põllumehe poolt kantud eestipärase individualismi algjuur.

"Siin on mu saatuse ja sugu, mu aja ja elu lugu", nõnda on öelnud Hando Runnel. Kahjuks on eesti küla jõud tänaseks päevaks liialt nõrgenenud ja kujundanud ümber ka väärtushinnangud. Noored lahkuvad massiliselt maalt, elujõulisemad käivad suurt raha teenimas välismaal ja põliselanikkond kahaneb – külad hääbuvad. Kunagiste talude asemele, mida hiilgeajal oli 140 000, on toimetamas põllumajanduslikud suurfirmad, millest paljud kuuluvad välismaalastele. Kuhu on tänapäeval kadunud ideaal, mis varasematel aastakümnetel oli kantud rahvusliku põllumehe igapäevast tööst? Kes uutes oludes asunud kandma maa heaolu eest seisva rahvusliku põllumehe kuvandit? Kas selle olemasolu on nüüdses üha enam globaliseerivas ja linnastavas ühiskonnas vajalik?

Rahvuslikku mõtet kandva põllumehe mentaliteedi hägustumine on kaasa toonud taolise nähtuse taandumise kuid mitte kadumise. Tänapäeval kannavad rahvusliku põllumehe vaimu edasi need üksikud maaharijad kui ka ettevõtted ja seltsid, kes tegevuse jätkamisega maal kõige kiuste vastutuult rühivad ning teevad sellega elu võimalikkuse maal. Eesmärgiks püütakse säilitada ja luua maal töökohti ning pakkuda võimaluste piires sotsiaalseid hüvesid. Siiski on veel põllumajandusettevõtteid, kes on külaseltside tegevuse suurtoetajad ja panustavad ise maatöös peituvat rahvuslikkuse ideede säilitamiseks. Hea näide on ettevõtja Lembit Paali tegevus Pajusi mail. Töö ja leiva pakkumise kõrvalt taastab vanu taluhooneid, kohalikku mõisasüdant, rajanud kohalikku elu-olu tutvustava muuseumi ning hoiab elus rahvamuusika traditsioone. Õnneks ei ole taolise mõtteviisiga eestlased veel kantud "punasesse raamatusse" ja maaelu jätkusuutlikkust ei saa maha kanda. Tuleks veel rõhutada, et ei tohiks leppida kujunenud mentaliteediga, nagu peaksid maapered kasvatama lapsi suurlinnade tarbeks. Iga maapere uhkuseks võik olla, et vähemalt üks lastest jääks hoidma edasi elu kodutalus, kodukülas ja alevikus. Usun ja loodan, et seda mõistavad kord ka Eesti poliitikud. Loodame, et siis pole juba liiga hilja. Kogu Eesti nägu ja tulevik sõltub sellest, kuidas elab küla. Kui paljudele eestlastele on see koduks, kas siin jätkub tööd ja haridusvõimalusi. Mis kõige olulisem: kas maal säilib ka praeguste raskete majanduslike olude jooksul põllumeeste poolt aegade jooksul kujunenud rahvuslik mentaliteet.

MIHKEL JALAKAS – 75



Kauaaegne veterinaarmeditsiini õppejõud ja teadlane, loomaarstiteaduse doktor Mihkel Jalakas sündis sõjaeelse Eesti Vabariigi ühel lõpupäeval, 19. juunil 1940. Vastsündinu ristiti vanaisa nimega Mihkel. Ta sünnikohaks on märgitud Tallinn, kuid vanemad elasid sel ajal Keilas. Isa Johannes teenis leiba Parkide Valitsuse juhataja asetäitjana, kelle üle-

sandeks oli korras hoida Keila-Joal asunud ministrite suvilad. Peagi lõppes Eestis rahuliku elu periood, järgnesid keerukad sõja-aastad, mil okupatsioonivõimud korduvalt vahetusid. Seetõttu tuli ka isal mitu korda töökohta vahetada. Mitmelapseline perekond kolis Märjamaale. 1947. aastal lavastati metskonnas raamatupidajana töötanud isa kurikuulsa §58-1a alusel (kodumaa reetmine) süüdi ja saadeti aastateks Arhangelski oblasti vangilaagrisse. Ema Hilda-Marial tuli raamatupidajana hakata peret toitma. Kindlasti avaldasid sõjaaegsed ja -järgsed olud ning äng mõju sirguva Mihkli karakteri kujunemisele.

Isa vangistamise aastal astus Mihkel Märjamaa keskkooli esimese klassi uksest sisse. Vabal ajal meeldis poisile külastada oma vanaema Rangu küla suurталus, mida pidas Mihkli isa vend. Talus harjus ta loomadega sedavõrd, et pärast kohuslikku seitsme klassi lõpetamist astus ta Vana-Võidu loomakasvatustehnikumi. Seal õppides sai ta suurepäraselt anatoomia õpetajalt Heldur Koolmeistrilt innustust veterinaarmeditsiini radadele asumiseks. 1958. aastal jätkus tänase juubilari haridustee Eesti Põllumajanduse Akadeemias (EPA), kus talle viie aasta pärast ulatati kiitusega loomaarstidiplom. Haruldaselt selge mõistuse ja lahtise käega noormehena oli ta silmapaistev üliõpilane, saades ühena vähestest kogu veterinaariateaduskonna ajaloos kõrget Lenini-nimelist stipendiumi. Väga eduka õppimise kõrval tegeles ta agaralt spordiga, omandades klassikalises maadluses imperiaalse NLiidu meistersportlase tiitli.

EPA lõpetamise järel 1963. aastal sai Jalakast Viljandi rajooni Mustla sovhoosi peaveterinaararst. Vahepeal tuli pool aastat (1964–1965) teenida sõjaväes. 1966/1967. õppeaastal oli Mihkel Jalakas kirurgia ja sünnitusabi kateedri aspirant, ent peatselt edutati Mustla sovhoosi direktori asetäitjaks. Kauaks ta Mulgimaale siiski ei jäänud: 1969. aastal kutsuti ta äsja mainitud kateedri vanemõpetajaks. Sama kateedri baasil moodustatud institutsioonides on ta töötanud tänini, üh-tekokku ligemale 45 aastat, läbides kõik karjääriredeli astmed vanemõpetajast professorini.

Mihkel Jalakas töötas EPA kirurgia ja sünnitusabi kateedri vanemõpetajana tervelt kaksikümne aastat. 1989. aastal sai ta dotsendi kohusetäitjaks ja aasta pärast dotsendiks, kellena tegutses 2001. aastani ja seejärel veel aastatel 2004–2005. Vahepeal (2001–2004) tuli pidada erakorralise lektori ametit. 2005. aastal sai ta 65. aastaseks. See oli noil aastatel piirvanus, mida õppejõuna ei lubatud ületada. Mihkel Jalakast sai kolmeks aastaks erakorraline vanemteadur. Õppejõuna töötamise vanusepiirangu kaotamise järel valiti ta viieks aastaks Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi sigimisbioloogia osakonna professoriks. Aastast 2013 on M. Jalakas sama osakonna peaspetsialist.

Mihkel Jalakas on õppejõu ameti kõrval Eesti Maaülikoolis tegelnud mitmesuguste institutsioonide töö juhtimisega. Kahtlemata kõige olulisem on olnud teaduskonna loomakliiniku juhatamine aastatel 1993–1998. Lühemat aega on juubilar seisnud kirurgia ja sünnitusabi kateedri (1979–1981) ning sünnitusabi õppetooli (1995–2003) eesotsas. Aastatel 2002–2003 tegutses M. Jalakas loomaarstiteaduskonna prodekaanina. Juubilar osaleb mitme erialase ja erialälähedase seltsi töös, olles Eesti Loomaarstliku Ühingu, Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi ja Tartu Põllumeeste Seltsi liige. M. Jalakas on Vabariigi Raviameti veterinaarravimite registreerimise komisjoni liige. Ta kuulub *Fraternitas Tartuensis*'e vilistlasperre.

Mihkel Jalakas on autoriteetne õppejõud. Ta on õpetanud peamiselt sünnitusabi ja günekoloogiat ning sigimisõpetust, samuti ka operatiivkirurgiat ja ortopeediat. Tema selge, kõlava häälega peetud loengud on väga loogiliselt üles ehitatud ja sisukad. Kolleegide kinnitusele on ta kõigis kolmes distsipliinis tõeline erudiit. Oma laialdasi teadmisi on ta jaganud isegi filmikonsultandina "Stereo" (1978) loomisel.¹ Siinkohal ei saa mainimata jätta juubilari huumorisooni: peaaegu igat elujuhtumit suudab ta vürtsitada mõne lõbusa või pikantse anekdoodiga.

Juubilari teadustegevus algas juba tudengina ning selle tulemused põlevkivifenoolede bakteritsiidsete omaduste kohta ilmusid EPA üliõpilaste teadustööde kogumikus (1964). Hiljem on ta uurimusi avaldanud mitmesugustes üllitistes siiski peamiselt sünnitusabi, günekoloogia ja mastiitide alalt. Ta on käsitlenud kollakeha enukleatsiooni, emaka- ja udarapõletike diagnoosi ning ravi, väärarendeid raske sünnituse põhjustena, inna sünkroniseerimist, suguelundite verevarustust, vaagna ehitust, sugusekteeritud sperma omadusi jm. Juubilar on võtnud kasutusele rida originaalseid meetodeid, sh ravimite aorti ja arteritesse manustamiseks, emaka amputeerimiseks ning tupe fikseerimiseks. Suurt tähelepanu osutab M. Jalakas täpsele terminikasutusele.

¹ Kõne all on loomaarstiks õppinud Riho Mesilase jutustuse "Veterinaari esimene nädal" põhjal vändatud film, mis valmissaamise järel keelustati ja näidati esmakordselt alles 1991. aastal.

54-aastasena kaitses ta edukalt magistrikraadi teadusdoktor Ilmar Mürsepa juhendamisel valminud väitekirja *Uurimusi veiste sünnituspatoloogia alalt* põhjal. Kümme aastat hiljem (2004) omandas ta loomaarstiteaduse doktorikraadi, sedapuhku teemal *Eesti holsteini tõugu lehma vaagen ja udara kandeparaat sünnitusabi seisukohast* (konsultandiks emeriitdotsent Paul Saks). Uurimuse kõige olulisem tulemus oli vaheistmikuluu avastamine lehmadel. Mihkel Jalaka juhendamisel on kaitsnud Piret Kalmuse magistritöö (2001) ja Esta Nahkuri doktoritöö (2014).

Ta on õpiku *Veterinaarsünnitusabi ja günekoloogia* (1979) kaasautoreid, kolmeköitelise *Loomatervise käsiraamatu* (1983–1985) koostajaid ja kaasautoreid ning monograafia *Veise tiinuse ja sünnituse patoloogia* (2006) ainuautor.

Juubilar on tunnustatud loomaarstiteadlasi: 2007. aastal omistati talle Riigi teaduspreemia põllumajandusteaduste vallas, 2008. aastal Eesti Loomaarstide Ühingu elutööpreemia, 2010. aastal põllumajandusministeeriumi hõbedane teenetemärk.

Lõpuks tuleb märkida, et Mihkel Jalakas on tubli pe-reisa. Juba üliõpilasena abiellus ta oma kursusekaaslase Rosa Vatiskaga. Perre sündis kolm tütart ja üks poeg. Lastele anti korralik haridus. Nende elukutsete spekter hõlmab geograafi, geoloogi, lasteaednikku ja puidutehnoloogia inseneri. Viimasest on, tõsi küll, saanud kinnisvarafirma "Uus Maa" Tartu büroo omanikke ja juhatuse liikmeid. Tal on viis lapselast ja üks lapselapselaps.

Õnnitlen juubilar kolleegide nimel ning soovin talle tugevat tervist, teravat vaimu ja nobedat sulge!

Enn Ernits

ANTS BENDER – 70

Juubilar, mitmekülgne rohumateadlane ja heintaimede sordiaretaja, on sündinud 21. aprillil 1945 Jõgevamaal Pala vallas Vea külas Hansu talus Saare metskonna abimetsaülema Voldemar Benderi perekonnas. Ta õppis Nõva algkoolis (1952–1956), Pala 8-klassilises koolis (1956–1959), Räpina Aiandustehnikumis (1959–1964), Eesti Põllumajanduse Akadeemia kaugõppeosakonnas agronoomia erialal (1964–1971, sh 3 aastat NLiidu armees), Sakus EMMTUI statsionaarses aspirantuuris (1973–1976) ja Patendi Keskinstituudi Tallinna filiaalis (1977–1979, omandas patentoloogina teise kõrghariduse). Ta töötas 1968–1973 Sakus haljastusspetsialisti ja vanemagronoomina, 1976–1977 teadurina ning 1977–1980 Tooma katsejaama juhatajana. Viimane ametikoht oli tõsiseks väljakutseks, sest see väärrika minevikuga teadusasutus (rajatud 1910) oli mitmetel põhjustel hakanud kokku tõmbuma, eeskätt lahendamata kaadriprobleemide tõttu. Energiline A. Bender suutis luua tingimused heatasemeliste rohumaauringute jätkamiseks turvasmuldadel, korrastada katsebaasi hooneid ja hankida juurde tarvilikku katsetehnikat. Benderi edasine tegevus on seotud Jõgevaga, kus ta juhtis tollase Jõgeva Sordiaretusjaama heintaimede sektorit (1981–1985) ja aretusosakonda (1986–1992) ning EMMTUI-st eraldunud Jõgeva Sordiaretuse Instituudi heintaimede aretuse osakonda (1992–2013). Alates 2013. a on ta Eesti Taimekasvatuse Instituudi vanemteadur.

Tema teadustöö on olnud mitmesuunaline ja ulatuslik. Oma kandidaaditöös (kaitstud 1980. aastal) *Külvisenormi, seemneseogu ja väetamise mõju murukamara kujunemisele turvas-muruvaiba tootmisel* esitas ta muruvaiba tootmise eksperimentaalse tehnoloogia happelistel kuivendatud rabamuldadel. Ta on tuntumaid muruspetsialiste Eestis.

Jõgeval töötades on Ants Bender üle 30 aasta juhtinud heintaimede aretust ja algseemnekasvatust, uurinud Eesti looduslike lutserni ja punase ristiku populatsioonide saagivõimet ja aretusväärtust, lutserni ja punase ristiku õitsemisbioloogiat (sh tolmeldajaid), välismaal aretatud sortide talvekindlust ja viljelusväärtust Eestis, kõrreliste seemnekasvatuse agrotehnikat ja liblikõieliste liikide kasutamist haljastamisena.

Aastail 1996–1999 oli ta igapäevatöö kõrvalt doktorantuuris EPMÜ juures, mille tulemusena kaitses ta 2000. aastal doktoritöö *Lutserni ja punase ristiku sordid, nende omadused*.

Põllumajandusdoktor Ants Bender on karjamaatüübiliste lutsernisortide 'Karlul' ja 'Juurlu' ning punase aruheina sordi 'Herbert' kaasautor, lamba-aruheina sordi 'Ave' ja hulgalehise lupiini 'Lupi' autor.

Rohumateadlased ja praktikud tunnevad juubilarit kui selge sõna ja ilmeke esinemisega lektorit ning eeskätt hea sulega viljakat kirjameest. Ta on avaldanud (1976–2014) üle 250 artikli uurimistulemuste, tootjate probleemide, põllumajandusteadlaste täht- ja mälestuspäevade ning katseasutuste tegevuse kohta. Sellisena on Ants Benderi tööde kogum ühtlasi põllumajanduse ajaloo väärtuslikuks allikaks. Enamik isikuartikleid on ilmunud ajakirjas *Agraarteadus* (kokku 33).

Ants Bender on 13 iseseisva väljaande koostaja, autor või kaasautor, sh. käsiraamat-õpik *Eritüübiliste rohumaaade rajamine ja kasutamine* (koostaja A. Bender, I ja II osa, vastavalt 338 ning 418 lk. Tartu, 2006). Ammendava pildi valdkonnast annab ka Benderi raamat *Heintaimede sordiaretus ja seemnekasvatuse ajalooline ülevaade* (Jõgeva, 2010, 240 lk).

Palju aega ja energiat panustas ta EV Põllumajandusministeeriumi juurde 2002. aastal taasloodud Taimekasvatuse Katseasjatunde Nõukogu töösse, mille tegevust ta juhtis esimehena aastatel 2002–2008. A. Bender on olnud Eesti Rohumaa Ühingu üks aktiivsemaid liikmeid, aastast 2003 kuulub ta Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi eestseisusesse. Ta on esinenud ettekannetega Euroopa sordiaretajate ühenduse EUCARPIA ning Põhjamaade heinaseemnekasvatajate teaduskonverentsidel. Juubilarit head mainet teadlasena näitab seegi, et ta on kuulunud kõigi omal ajal Eestis tegutsenud põllumajanduslike uurimisasutuste teadusnõukogudesse (v.a ELVI). Pikka aega (2002–2014) oli A. Bender ka Põllumajandusministeeriumi teadusnõukogu liige.

Juubilar on olnud külalisõppejõuks Eesti Maaülikoolis (EMÜ) ja Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskoolis, juhendanud 20 agronoomia eriala lõputööd ja 3 teadusmagistritööd, kuulunud EMÜ doktoritööde kaitsmisnõukogusse lisaliikmena. Ants Bender on pälvinud rida tunnustusi nagu Rootsi Kuningliku Teaduse Akadeemia väikese hõbemedali (2004) ning EV Põllumajandusministeeriumilt kaks teenetemedalit (aastatel 1990 ja 2000) ja hõbedase teenetemärgi (2013).

Soovime juubilarile palju õnne, tugevat tervist, jätkuvat teotahet ja mõtteerksust teadustöös ning kordaminekuid kõikides ettevõtmistes.

Emeriitprofessor Rein Viiralt

KARL ANNUK – in memoriam

23.11.1930–†11.03.2015



11. märtsil 2015 lahkus meie seast Eesti Maaülikooli teenekas õppejõud emerit-professor põllumajandusdoktor Karl Annuk. Pärit oli ta praeguselt Jõgevamaalt Palamuse vallast Visusti külast Saare talust. Sündis perre kolmanda lapsena 23. novembril 1930. a. Koolitee kulges läbi Visusti algkooli, Kaarepere 7-kl kooli ja

Tartu I keskkooli. Seejärel astus ta Tartu Riikliku Ülikooli (1950), lõpetas aga Eesti Põllumajanduse Akadeemia õpetatud agronoomina (1955). Andekuse ja töökusega paistis ta silma juba üliõpilasena töötades õpiajal taimekasvatuse kateedris vanemlaborandina. Pärast lühiajalist akadeemiajärgset töötamist agronoomina Raadi õppe-katsemajandis, kutsuti ta peatselt juba tuttavasse kateedrisse tagasi – nüüd õppejõuks, kohustusega õpetada üliõpilastele sookultuuri. Õpetanud on ta ka rohumaaviljelust ja taimekasvatust. Õppejõu ametit pidas Karl Annuk ühtejärke kaks-kümmend aastat (1956–1976), õppides ise samal ajal Leningradi Põllumajanduse Instituudi juures aspirantuuris. Kaitses seal 1962. aastal kandidaadiväitekirja teemal *Toidu- ja tööstuskartuli kvaliteet, rajoonitud ja perspektiivsete sortide ning hübriidide tärglise anatoomilised ja biokeemilised näitajad*.

1976. aastal lahkus Karl Annuk Eesti Põllumajanduse Akadeemiast sooviga pühenduda teadustööle ja edeneda doktorikraadini. Uueks töökohaks sai Eesti Maaviljeluse Instituut, kus valiti vanemteaduri ametikohale. Seitsme ja poole aasta pärast loodi aga Tartusse Eesti Loomakasvatuse Instituudi koosseisu rohumaade sektor, mille organiseerijaks ta koos kolleeg Jaan Liiviga sai. Vaatamata neile töökoha rännakutele jäi Karl Annuki elukoht ikka Tartusse ja katsekohad Lõuna-Eestisse (Ihaste, Nõmmiku, Korva, Valguta, Räpina). Visa töö tulemusena valmis 1984. aastal doktoriväitekirja. Tingituna Kõrgema Atestatsioonikomisjoni (VAK) reorganiseerimisest ja sellega kaasnenud segadustest kraadikaitsmistes, õnnestus Karl Annukil pärast mitmeaastast sunnitud ootamist kaitsta väitekirja 1988. aastal. Õnneks saabus kinnitus Moskvast kiiresti – neli kuud pärast kaitsmist. Väitekirja materjalide põhjal ilmus 1992. a monograafia: *Polderniitude rajamine ja intensiivne kasutamine turvasmuldadel* (Tallinn, 199 lk, vene keeles). 1990. a valiti Karl Annuk Eesti Põllumajandusülikooli professoriks (osalise koormusega), kus õpetas jälle agronoomia eriala üliõpilastele sookultuuri. Oli suurte muutuste aeg nii ülikoolis kui teadusasutustes. 1993. aastal valis EPMÜ nõukogu Karl Annuki emeritprofessoriks. Seoses Eesti Loomakasvatuse Instituudi ja selle rohumaade sektori likvideerimisega

lõppes Karl Annuki töösuhe ka selle instituudiga mais 1994.

Karl Annuki panus õppejõu ja teadlasena oli märkimisväärne. Vanemaealised agronoomid mäletavad teda kui põhjalikku, oma ala peensusteni tundvat, tasakaalukat, heatahtlikku õppejõudu, kelle sulest oli ilmunud mitu õpperaamatut nagu: *Liblikõieliste ja kõrreliste heintaimede seemned* (Tartu, 1965, 44 lk), *Liblikõieliste ja kõrreliste heintaimede määraja* (Tartu, 1966, 112 lk) ja *Heintaimede määraja ja rohumaaviljeluse praktikum* (Tallinn, 1971, 252 lk, kaasautor A. Sau). Teadurina uuris Karl Annuk mulla looduslikku seemnevaru, rohumaaviljeluse eripärasid turvasmuldadel, niidutaimiku juurtesüsteemi kujunemist, juurtekamara vastupidavuse reguleerimise võimalusi, koristussageduse negatiivse mõju leevendamise teid, rajamiseelset varuväetiste andmise võimalusi, perioodilist väetamist ja väetamise järelmõju, külvikordi niiduviljeluses ja palju muid olulisi küsimusi. Kokku on tema sulest ilmunud üle 200 trükitöö.

Pikkade töömeheaastate jooksul oli Karl Annukil täita mitmeid ühiskondlikke ülesandeid. Ta oli kauaegne agronoomiateaduskonna nõukogu sekretär, EPA väitekirjade kaitsmise nõukogu liige, põllumajandusteaduste ja majandusteaduste doktorinõukogu sekretär (1991–1996) ja liige (1991–2005), Eesti Teadusfondi põllumajandusteaduste ekspert, Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi asepresident (1989–1995), ajakirja *Agraarteadus* toimetuskolleegiumi liige ja sekretär (1989–1997), Eesti Loodusuurijate Seltsi liige (alates 1958) jne. Ta on oponeerinud hulgaliselt magistri-, kandidaadi- ja doktoritöid. Kõigis neis ameteis on tema täpsust, korrektsust ja kohusetundlikkust kõrgelt hinnatud.

Pärast pensionile jäämist veetis palju aega raamatukogudes ja arhiivides, kus uuris meie põllumajanduse ja põllumajandusteadlaste minevikku. Tema sulest ilmusid väljaanded: *Eesti Agronoomide Selts Rootsisis* (Tartu, 1995, 64 lk), *Professor dr. sc. Nat. Elmar Leppik* (Tartu, 1998, 64 lk), *Dr agr. Professor Nikolai Rootsi* (Tartu, 1998, 56 lk), *Talude päriseksoostmisest eestikeelsel Liivimaal* (Tartu, 2010, 29 lk) ja artikliseeria *Taimekasvatustlikust katsetegevusest Eestimaal ja Põhja-Liivimaal XIX sajandil ja XX sajandi kahel esimesel aastakümnel* (*Agraarteadus* 2000, nr 1, 2, 3, 4). Avaldas ka rea artikleid Eesti Põllumajandusmuuseumi aastaraamatutes. Oli koguteose *Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine I ja II osa* (Jõgeva, 2006, 756 lk) toimetuskolleegiumi liige ja mitme kaaluka peatüki autor.

Karl Annukit on autasustatud medaliga *Kalevipoeg Kündmas*, Eesti Põllumajandusülikooli teenetemedaliga (2002), paljude tänu- ja aukirjadega. Akadeemiline Põllumajanduse Selts on Karl Annuki valinud seltsi auliikmeks (2004).

Koos abikaasa Viivega on Karl Annuk üles kasvatanud-koolitanud kaks tublit poega. Mõlemad pojadki on nüüdseks professorid: Margus Tallinna Ülikoolis, Andres Eesti Maaülikoolis.

Mälestus Karl Annukist kui töökast, abivalmis ja sõbralikust õpetajast, kolleegist ja seltsikaaslasest jääb meis kõigis püsima. Karl Annuki enda elulugu ja panus teadlasena väärrib kord samasugust põhjalikku lähenemist ja käsitlust nagu tema uuris professorite Elmar Leppiku või Nikolai Rootsi lugu.

Ants Bender

ENDEL LAAS – 100

Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi juubeliaastal tähistatakse seltsi auliikme metsanduse emeriti-professor Endel Laasi 100ndat sünniaastapäeva. Endel Laas valiti Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi auliikmeks 1994. aastal.

Endel Laas sündis Tartus 29. augustil 1915. aastal. Ta õppis Tartu Poeglaste Gümnaasiumis, seejärel oli sõjaväeteenistuses Kuperjanovi pataljonis. 1940. a lõpetas Tartu Ülikooli metsandusosakonna *cum laude*, kuid juba 1941. aastal mobiliseeriti ta nõukogude armeesse.

Pärast sõda töötas Endel Laas ülikoolis teadlasena, jätkates 1951. aastal asutatud Eesti Põllumajanduse Akadeemias (EPA) tunnustatud õppejõuna ning lisaks veel 25 aastat EPA metsandus- ja maaparandusteaduskonna dekaanina.

Metsameeste mitme põlvkonna õpetaja andis suure panuse mitte ainult metsanduse kõrghariduse, teaduse ja praktika arengusse vaid ta oskas ka lähendada tollase EPA erinevaid erialavaldkondi – põllumajandust, maaparandust, maakorraldust ja metsandust.

Teaduskonna juhina tegi ta suurepäraselt koostööd praktikute ja ministeeriumidega. Tollane metsamajanduse ja looduskaitse ministeerium toetas igati professori eestvedamisel teaduskonna uue õppehoone ehitamist Tähtveres, mis on kõigile täniseni tuntud Metsamajana, jahilossi taastamist ning paljude katsekultuuride ja Agali arboreetumi rajamist Järveljal.

Pikaajalist Raadi dendroaia hooldustööde korraldamist nii üliõpilaste kui ka linnaelanike kaasamisega ja Tähtvere dendropargi rajamist Emajõe lammile võib uhkusega pidada suureks osaks Endel Laasi elutööst. Linlaste elukeskkonna haljastamise ja hoidmise eest valiti ta 2005. aastal Tartu aukodanikuks. Eesti Vabariigi 81. aastapäeval annetas president talle Valgetähe III klassi ordeni.

Endel Laas oli tuntud ka väljaspool Eestit, ta valiti Soome metsandusseltsi (1984) ja Soome dendroloogiaseltsi (1994) auliikmeks. Eesti taasiseseisvumise järel oli legendaarne metsamees Akadeemilise metsaseltsi ja Üliõpilasseltsi Liivika taastaja.

Entusiastliku sportlasena suutis ta üliõpilastes ja kolleegide hulgas äratada suurt huvi spordi vastu aidates kaasa kogu EPA sporditöö edendamisele. Najatlemisi nimetati metsanduse ja maaparanduse teaduskonda "EPA kehakultuuriteaduskonnaks". Sportlasi toetav, karske eluviisiga, väga nõudlik ja korrektne, oma eriala fanaatik, emeritprofessor Endel Laas pälvis 1989. aastal EPA teenetemedali.

Eesti metsanduse arendamise eest pälvis ta 1976. aastal teenelise metsakasvataja aunimetuse. Kõiki Endel Laasile osaks saanud tunnustusavaldusi ega erialaseltse, kuhu ta kuulus, ei jõua siinkohal loetleda.

Sihikindla teadlase ja õppejõu sulest on ilmunud aukartustäratav arv publikatsioone, aegumatud nende hulgas on kõrgkooliõpik *Dendroloogia* (1967, 1987) ja *Viirpuud Eestis, nende kasvatamine ja kasutamine* (1998), artiklid Eesti entsüklopeedias ja Põllumajanduse entsüklopeedias.

Endel Laas lahkus meie hulgast 01.11.2009.

Professor Hardi Tullus

Toimetuse teadaanne

Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi viimasel aasta-koosolekul valiti seltsi poolt väljaantava ajakirja *Agraarteadus / Journal of Agricultural Science* uueks peatoimetajaks pm dr Alo Tänavots. Enne peatoimetajaks saamist oli Alo Tänavots ajakirja veebi toimetaja ja 2013. aasta toimetuskolleegiumi toimetaja. Ta on igapäevaselt ametis lektorina Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudis. Alo Tänavots on ühtlasi Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi eestseisuse liige ja seltsi terminoloogia komisjoni liige.

Seltsi president Arvo Leola tänas senist peatoimetajat Maarika Alarut sisuka ja tulemusliku töö eest ajakirja välja andmisel. Maarika Alaru jääb toimetuskolleegiumi liikmeks.

Soovime jõudu ja kordaminekuid uuele peatoimetajale!

Editorial Announcement

The annual meeting of the Estonian Academic Agricultural Society elected Dr. Agr. Alo Tänavots as the new Editor-in-Chief of the Society's journal, *Agraarteadus / Journal of Agricultural Science*. Prior to this post Alo Tänavots has been the web editor (since 2004) and a member of the editorial board since 2013. He is a lecturer at the Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences of the Estonian University of Life Sciences. Alo Tänavots is also a member of the Board of the Estonian Academic Agricultural Society and a member of the Terminology Committee of the Society.

The President of the Society, Associate Professor Arvo Leola, thanked the former Editor-in-Chief Maarika Alaru at the annual meeting for her productive and successful work for the journal.

We wish the best of success to the new Editor-in-Chief!

Doktorikraadi kaitsjad Eesti Maaülikoolis 2014. aastal
Thesis defenders Estonian University of Life Sciences in 2014

*Majandus ja sotsiaalinstituut**Institute of Economics and Social Sciences*<http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/1419>

Ants-Hannes Viira Structural adjustment of Estonian agriculture – the role of institutional changes and socioeconomic factors of farm growth, decline and exit

*Metsandus- ja maaehitusinstituut**Institute of Forestry and Rural Engineering*<http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/104>

Mats Varik Carbon fluxes and storages in a chronosequence of Silver birch stands

Diana Laarmann Metsaökosüsteemi taastamise seire ja analüüs

*Põllumajandus- ja keskkonnainstituut**Institute of Agricultural and Environmental Sciences*<http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/105>

Indrek Melts Biomass from semi-natural grassland for bioenergy

Kaire Lanno Long-term in the Estonian flora and measures for conservation

Kairit Karus Effects of macrophytes, fish and metazooplankton on a microbial food web

Monika Suškevičs Knowledge, learning and legitimacy in participatory multi-level ecological network governance

Tehnikainstituut / Institute of Technology<http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/106>

Risto Ilves Fuel Supply System of Piston Engine Working on Liquid Biofuels

*Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut**Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences*<http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/108>

Indrek Suitso Bacillus smithii TBMI12 as a potential probiotic feed additive

Kätlin Leisson Molecular Composition of The Contractile Apparatus of Skeletal Muscle of Akhal-Teke Horses - According to Age, Gender and Genetic Background

Esta Nahkur Comparative Morphology of European Elk and Cattle Pelves From the Perspective of Calving
Marko Kass Effect of crude glycerol feeding on feed intake, lactational performance and metabolic status of dairy cows

Piret Kalmus Clinical mastitis in Estonia: diagnosis, treatment efficacy and antimicrobial resistance of pathogens in Estonia

