

Agraarteadus
J. Agric. Sci.
Vol. 29 No. 1
Estonian Academic
Agricultural Society
Tartu, Estonia
June 2018

2018 XXIX 1, p-ISSN 1024-0845, e-ISSN 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



Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi väljaanne
Tartu 2018



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

Tanel Kaart Estonian University of Life Sciences

Marko Kass 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 Wyoming, USA

Ants Bender Estonian Crop Research Institute, Estonia

Edward Hernando Cabezas-Garcia Agri-Food and Biosciences Institute, UK

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

Edenio Detmann Federal University of Viçosa, Brasil

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 Life Sciences and Technologies

Olav Kärt Estonian University of Life Sciences

Hussain Omed Bangor University, UK

Sven Peets Harper Adams University, UK

Jan Philipsson Swedish University of Life Sciences

Vidmantas Pileckas Lithuanian University of Health Sciences

Jaan Praks Estonian University of Life Sciences

Baiba Rivza Latvia University of Life Sciences and Technologies

Mart Sörg Tartu University, Estonia

Merko Vaga Swedish University of Agricultural Sciences

Rein Viiralt Estonian University of Life Sciences

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

p-ISSN: 1024-0845 **e-ISSN:** 2228-4893

Väljaandmist toetab Eesti Maaülikool / Supported by Estonian University of Life Sciences

Trükk / Print: Eesti Ülikoolide Kirjastus OÜ; Kaanepilt / Cover image by freepik.com

AGRAARTEADUS

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE

2018 ♦ XXIX ♦ 1

Väljaandja:	Akadeemiline Põllumajanduse Selts
Peatoimetaja:	Alo Tänavots
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

<i>M. Järvan</i>	
Sõnniku mõjust maheviljeluslikult majandatavas külvikorras	1
<i>R. Kõlli, T. Tõnutare, L. Eiber</i>	
Ülevaade: Eesti mullastiku seisundi uurimused, mullaseire suunad ja võimalused seire töhustamiseks	12
<i>M. Olle</i>	
The effect of vermicompost on the growth and quality of cress (<i>Lepidium sativum</i>)	25
<i>A.O. Olofinke, H.A. Adewole, V.F. Olaley</i>	
Comparative assessment of selected heavy metal load in three tilapiine species inhabiting Osinmo reservoir, Southwestern Nigeria	29
<i>E. Rexhepil, H. Paçe, H. Vrapı, A. Hasani, E. Kokthi</i>	
Scab infection management on apple leaves in Western Balkans	41
<i>E. Sild, S. Värvi, H. Viinalass</i>	
Päriliku skreipiresistentsuse dünaamika Eesti lambatõugudel	50
<i>P. Sooväli, T. Kangor, M. Koppel</i>	
Biostimulaatori ja fungitsiidiga puhtimise mõju suvinisu arengule ja saagivõimele	57
<i>L. Tartlan, E. Nugis</i>	
Soil bulk density and phytosanitary conditions at potato field	63

KROONIKA

<i>M. Kass, H. Kiiman</i>	
Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi 2017. aasta tegevusaruanne	69
<i>M. Kass</i>	
Juubelid ja juubeliootus	71
<i>R. Viiralt</i>	
Ants Bender valiti APSi auliikmeks	72

JUUBELID

<i>T. Järveots</i>	
Nikolai Koslov – 90	73
<i>J. Kuht</i>	
Edvin Nugis – 80	74

<i>K. Kotkas</i>	
Viive Rosenberg – 75	76
<i>M. Ots</i>	
Olav Kärt – 70	77
<i>O. Saveli</i>	
Anne Lüpsik – 70	79
<i>M. Kass</i>	
Peep Piirsalu – 60	81
IN MEMORIAM	
<i>E. Vesik</i>	
Endel Kaarep – <i>in memoriam</i>	82
<i>A. Bender</i>	
Heino Lõiveke – <i>in memoriam</i>	83
<i>S. Tõlp</i>	
Viivi Sikk – <i>in memoriam</i>	84
MÄLESTUSPÄEVAD	
<i>A. Lüpsik</i>	
Professor Leida Lepajõe – 90	85
<i>A. Põldvere, K. Eilart</i>	
Leo Nigul – 90	87
<i>J. Kuht</i>	
Aimur Joandi – 70	88

AGRAARTEADUS

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE

2018 ♦ XXIX ♦ 1

Published by: Academic Agricultural Society
 Editor in Chief: Alo Tänavots
 Technical Editor: 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

- M. Järvan*
 The impact of manure application in the organically managed crop rotation 1
- R. Kõlli, T. Tõnutare, L. Eiber*
 Review: Researches on the status of Estonian soils, directions of soil monitoring and the possibilities for intensification of monitoring 12
- M. Olle*
 The effect of vermicompost on the growth and quality of cress (*Lepidium sativum*) 25
- A.O. Olofinko, H.A. Adewole, V.F. Olaleye*
 Comparative assessment of selected heavy metal load in three tilapiine species inhabiting Osinmo reservoir, Southwestern, Nigeria 29
- E. Rexhepi, H. Paçe, H. Vrap, A. Hasani, E. Kokthi*
 Scab infection management on apple leaves in Western Balkans 41
- E. Sild, S. Vär, H. Viinalass*
 The dynamics of hereditary scrapie resistance in Estonian sheep breeds 50
- P. Sooväli, T. Kangor, M. Koppel*
 Effect of seed treatment with biostimulants and fungicide on development and yield potential of spring wheat 57
- L. Tartlan, E. Nugis*
 Soil bulk density and phytosanitary conditions at potato field 63



SÕNNIKU MÕJUST MAHEVILJELUSLIKULT MAJANDATAVAS KÜLVIKORRAS

THE IMPACT OF MANURE APPLICATION IN THE ORGANICALLY MANAGED CROP ROTATION

Malle Järvan

Eesti Taimakasvatuse Instituut, agrotehnoloogia osakond
Teaduse 4/6, 75501 Saku, Harjumaa

Saabunud: 27.03.2018
Received:
Aktsepteeritud: 23.04.2018
Accepted:
Avaldatud veebis: 24.04.2018
Published online:
Vastutav autor: Malle Järvan
Corresponding author:
E-mail: malle.jarvan@etki.ee

Keywords: cattle farmyard manure, crop yields, organic carbon, plant nutrients, soil bacteria.

doi: 10.15159/jas.18.1

ABSTRACT. Organic agriculture is a production system which relies on ecological processes. In the organic farming systems, it is important to improve soil fertility and to protect soil physical condition for its healthy functioning. The benefit from organically cultivated crops is strongly related to the maintenance of soil fertility based to a great extent on the soil organic matter content. Farmyard manure is one of the more valuable organic fertilizers maintaining soil fertility in the systems of alternative agriculture. To investigate the influence of manure from several aspects, a field experiment was carried out on a sandy loam *Luvisol*. A five-year crop rotation (potato (*Solanum tuberosum* L.) → oat (*Avena sativa* L.) → spring barley (*Hordeum vulgare* L.) → red clover (*Trifolium pretense* L.) → winter rye (*Secale cereale* L.) was organically managed without manure (Org I) and with manure (Org II) treatments. 8.3 t ha⁻¹ of organic dry matter as straw-based cattle farmyard manure was ploughed into the soil for potato grown the next year. During a seven-year experimental period, no significant ($p > 0.05$) changes were found in the soil organic carbon content. For the Org I treatment, a significant decrease in potassium, copper and boron contents in the soil occurred. The application of manure counterbalanced the need for potassium, and significantly increased the contents of phosphorus and magnesium in the soil. Manure stimulated microbial life in the soil: the communities of cellulose-decomposing bacteria, nitrifying bacteria and total bacteria increased significantly. Under the influence of manure, the yields of potato, oat and barley increased by 52, 23 and 10%, respectively; this allowed us to gain an extra 30 GJ metabolizable energy during the crop rotation. In organic farming systems, the regular application of solid farmyard manure is recommendable for the maintaining and improving the status of available nutrients and microbial activities in the soil, and for the economic profitability.

© 2018 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2018 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Maheviljelus kui tootmissüsteem rajaneb pigem ökosüsteemi juhtimisel, st ökoloogiliste protsesside ära kasutamisel ja suunamisel, niivõrd mitte väljapoold süsteemi põllumajanduslike sisendite juurde toomisest (Foissy jt, 2013). Maheviljelussüsteemide edukaks funktsioneerimiseks on eelkõige vaja, et säiliks ja paraneks mulla viljakus ning ei toimuks mulla toitainete väljakurnamist. Samal ajal peab olema tagatud

ka mulla füüsikaliste omaduste ja tervisliku seisundi säilimine (Bakšienė jt, 2014).

Põllumajanduslike ökosüsteemide pikaajalise kestlikuse tagamiseks on ülioluline, et säiliks mulla orgaanilise aine varud. Mulla potentsiaalse viljakuse säilitamine ja parandamine on tihedalt seotud mulla orgaanilise aine ja orgaanilise süsiniku bilansiga (Bakšienė jt, 2014). Orgaaniline aine mängib väga tähtsat rolli mulla füüsikaliste (lõimimine, struktuur, lasuvustihedus, veehoidmisvõime), keemiliste (toitained ja nende kättesaadavus jm) ja bioloogiliste (mikroorganismide tegevus,

mineraliseerumisprotsessid jm) omaduste säilimisel ja paranemisel (Fageria, 2012).

Mulla orgaanilise aine varude täiendamise headeks vahenditeks on haljasväetised, sõnnik jm orgaanilised materjalid (Bakšienė jt, 2014). Regulaarselt mulda viidav orgaaniline materjal, eriti kui see on komposteeritud, suurendab toiteelementide varude täiendamise kõrval ka nn füüsikalist viljakust, sest väheneb mulla lasuvustihedus, suureneb veemahutavus ja paraneb mullaagregaatide stabiilsus (Diacono, Montemurro, 2010; Blanco-Canqui jt, 2015). Orgaaniliste materjalide mõju mulla füüsikalistele omadustele oleneb lõimisest. Nii näiteks savimullal veisesõnnik, juba alates kogusest 5 t ha⁻¹ aasta kohta, suurendas usutavalt ($p < 0,05$) nii orgaanilise süsiniku sisaldust kui ka makroagregaatide stabiilsust, aga liivmullal ei mõjutanud sõnnik mullaagregaatide stabiilsust ja mulla lasuvustihedust (Dunjana jt, 2012).

Orgaaniliste väetistega antavad ja mullavarudes sisalduvad raskesti lahustuvad toiteelemendid muutuvad taimedele kättesaadavaks paljude mikroobigruppide kaasabil, kes osalevad mitmesugustes tegevustes ja protsessides – taimejäätmete lagundamine ja mineraliseerimine, taimetoitainete immobiliseerimine (st liikumatuks muutmine, sidudes neid ajutiselt mikroobide kehades), ümbertöötlemine ja vabastamine vastavalt taimede vajadustele jm (Bünemann jt, 2006). Mitmesuguste orgaaniliste materjalide, sealhulgas sõnniku, mulda viimine tagab otseselt mullaorganismide tegevuseks vajaliku süsiniku (Bünemann jt, 2006). Põhiline mõjur, mis juhib ja reguleerib mikroobse biomassi taset mullas, ongi mulla orgaaniline aine, tähtsusetult järgmine tegur mikroobide aktiivsuse mõjutajana on mulla pH (Wardle, 1992; Bünemann jt, 2006). Uuringud on näidanud, et maheviljelus, eriti kui sellega kaasneb orgaaniliste väetiste kasutamine, soodustab mullaorganismide mitmekesisust, arvukust ja bioloogilist aktiivsust (Stockdale, Watson, 2009; Watts jt, 2010; Edesi jt, 2012; Järvan jt, 2014). Maheviljeluse printsiipide järgi majandatavatel põldudel mõjutab sõnniku andmine positiivselt mulla mikroobset biomassi, potentsiaalset nitrifikatsiooni ja lämmastiku mineraliseerumist (Truu jt, 2008).

Käesoleva töö eesmärk oli selgitada sõnniku kasutamise kompleksset toimet maheviljeluse printsiipide kohaselt majandatavas viieväljalises külvikorras. Hüpoteesid olid järgmised: regulaarne tahesõnnikuga väetamine hoiab ära mulla orgaanilise süsiniku ja omastatavate taimetoitainete sisalduse languse; soodustab mikrobioloogilist tegevust mullas ning suurendab põllukultuuride saagikust.

Materjal ja meetodika

Põldkatsed viidi läbi aastail 2008–2014 Olustveres kahkjäl ehk näivleeturund mullal. Muld oli kerge liivsavi lõimisega (liiv 61,6%, ibe 30,4%, savi 8,0%) ja hea viljakusega – mullaproovide keskmine katse rajamise eel (mai 2007): P_{Me3} 213 ja K_{Me3} 139 mg kg⁻¹, pH_{KCl} 6,0 ja orgaanilise aine sisaldus 2,78%. Sellel alal

oli Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskooli õppetalu 2002. aastast alates rakendanud viieväljalist külvikorda maheviljeluslike printsiipide alusel, st pestitsiidide ja väetusaineid ei kasutatud. Eesti Maaviljeluse Instituudi teadlastega koostöös pandi 2007. a kevadel paika stabiilse järjestusega külvikord. Pikad, 1,2 hektari suurused külvikorraväljad jagati erinevate viljelusviiside võrdlemiseks kolme võrdsesse ossa (á 0,4 ha). Võrreldi kaht maheviljeluse külvikorda – ühes (Org I) ei kasutatud sõnnikut, teises (Org II) anti kartulile sügiskünni alla tahedat veisesõnnikut. Väljade kolmandal osal rakendati tavaviljelust, st kasutati mõõdukas koguses mineraalväetisi ja pestitsiidide; seda viljelusviisi käesolevas artiklis ei käsitleta.

Kultuuride järjestus variantidel oli ühesugune: ristik, talirukis, kartul, kaer, oder ristiku allakülviga. Külvikorras haljasväetisena kasvatati punast ristikut (sordid 'Start' või 'Jõgeva 433', olenevalt aastast), mis külvati odra väljale allakülvina normiga 8 kg ha⁻¹ ja järgmisel suvel künti kogu taimemass mulda. Kuna selle projekti üheks eesmärgiks oli selgitada ka külvitiheduse mõju põllu umbrohtumusele, siis kõikide teraviljade puhul külvati pool välja laiusest ühe ja teine pool teise külvisenormiga. Rakendati järgmisi külvisenorme: talirukis 'Elvi' 450 ja 550, kaer 'Jaak' 400 ja 600, oder 'Anni' 300 ja 400 idanevat seemet m² kohta. Kartuli väljal kasvatati kõrvuti võõndites kaht erineva kasvuajaga sorti – keskvalmiv sort 'Laura' ja varajane sort 'Angela'. Käesolevas töös esitatakse saagiandmed 'Laura' kohta.

Kevadine mullaharimine algas libistamise ja kultiveerimisega. Kaer ja oder külvati, olenevalt ilmaoludest, aastati mõnevõrra erinevatel aegadel, vahemikus 19. aprill (2014) kuni 13. mai (2012). Umbes kuu aega pärast külvi äestati oraseid ökoakkega, vahetult enne seda tehti odrapõllul ristiku allakülv. Saagiarestused tehti viljavihkude baasil, mis võeti terade täisküpsuse faasis 0,5 × 0,5 m pinnalt neljas korduses (kaks kordust kummaltki külvitiheduselt). Suviteraviljad koristati kombainiga John Deere ajavahemikus 04. august (2010) kuni 18. september (2008). Teraviljapõhk jäeti purustatult põllule. Kaera koristamise järel tehti kõrrekoorimine (~17 cm) tüükultivaatoriga Kultus. Sügiskünd (~22 cm) tehti oktoobrikuus.

Rukis külvati valdavalt septembri esimesel kümme-päevakul. Sellel põlluosal oli juuni algul õitsemiseelses faasis olev ristiku mass purustatud, seejärel kamar tüükultivaatoriga töödeldud ning umbes augusti keskpaiku Kvernelandi pöördadruga ~22 cm sügavusele mulda küntud. Kevadel pärast mulla tahenemist äestati rukkioras ökoakkega. Rukis koristati kombainiga tavaliselt augusti esimesel kümme-päevakul, saagiarestused tehti eelnevalt võetud viljavihkude baasil. Pärast koristamist kooriti rukkipõld ühel või kahel korral tüükultivaatoriga ~17 cm sügavuselt. Kuna külvikorras järgnes rukkile kartul, siis tavaliselt oktoobri algul veeti ja laotati ühele maheviljeluse (Org II) variandile tahedat veisesõnnikut normiga 60 t ha⁻¹. Sõnnik künti mulda kohe järgmisel päeval. Põhu allapanuga veisesõnnik pärines maheviljeluslikult tootvast talust. Sõnniku

toitainete sisaldus määrati igal aastal Põllumajandus-uuringute Keskuses, kasutades vastavat analüüsimetoodikat (Recommend Methods of Manure Analysis, A3769. Wisconsin, 2003).

Kartuliseeme eelidandati enne mahapanekut. Kartuli-põllu kevadine mullaharimine algas kultiveerimisega, millele järgnes sügavkibestamine 25 cm sügavuselt. 1–2 päeva enne kartuli mahapanekut aeti vaod sisse. Mugulad tihedusega umbes 50 000 tk ha⁻¹ pandi maha kaherealise masinaga, mugulate vahe reas ~25 cm. Kartulipaneku aeg olenes ilmastikutingimustest, see toimus ajavahemikus 23. aprill (2008) kuni 15. mai (2013). Kartulivagusid äestati kahel korral ning vahelhariti paarinädalase intervalliga kolmel või neljal korral. Maheviljeluse variantidel osutus mõnikord vajalikuks suuremate umbrohtude (põhiliselt põldpiimohaka ja põldohaka) kõplamisega hävitamine. Augusti viimasel kümmepäevakul võeti viljelusviiside variantidelt käsitsi üles kümne järjestikuse pesa mugulad kolmes korduses ning määrati kaubanduslike mugulate (> 35 mm) saak (t ha⁻¹). Septembris koristati põld kartulikombainiga.

Selleks, et võrrelda viieaastase külvikorra jooksul saadud kogusaake Org I ja Org II viljelusviiside puhul, arvutati kartuli, kaera, odra ja rukki keskmine (2008–2014) saagikus (t ha⁻¹) ümber metaboliseeruva energia (ME) ühikuteks (GJ ha⁻¹) (Oll, Tölp, 1997). Ristikut arvesse ei võetud, sest seda ei viidud põllult ära.

Teraviljade ja kartuli saakidest võeti keskmised proovid, millest Eesti Maaülikooli Taimebiokeemia laboratooriumis määrati P, K, Ca ja Mg sisaldused. Analüüsitulemuste ja saagiandmete alusel arvutati põllult ära viidud elementide kogused. Igal aastal septembris võeti kõigil külvikorraväljadel viljelusviiside variantidelt 0–20 cm mullakihist keskmised proovid, mis veel samal aastal analüüsi Põllumajandus-uuringute Keskuses (PMK) Mehlich 3 meetodil (Mehlich, 1984). Arhiveeritud mullaproovidest määrati hiljem Eesti Maaülikooli Taimebiokeemia laboris alternatiivsete meetoditega fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi sisaldused. Omastatav fosfor (P_{AL}) ja kaalium (K_{AL}) ekstraheeriti ammooniumlaktaadi lahuses pH 3,75 juures (Egner jt, 1960). P_{AL} määramiseks kasutati Tecator ASTN 9/84 (FiaStar5000). K_{AL} määrati samast lahusest, kasutades leekfotomeetrit. Liikuv magneesium ja kaltsium mullas ekstraheeriti 1 M ammooniumatsetaadi lahuses (pH 7,0) muld/lahuse vahekorras 1:10. Mulla magneesiumisisalduse (Mg_{NH4OAc}) määramiseks kasutati Tecator ASTN90/92 (*Methods of soil analysis*, 1982). Ca_{NH4OAc} määrati samast lahusest leekfotomeetriselt. Mulla pH määrati PMK-s 1 M KCl suspensioonist, mulla ja lahuse vahekord oli 10 g : 25 ml. Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus määrati PMK-s pärast kuivtuhastamist element-analüsaatoril (ISO 10694:1995).

Sõnniku mõju uurimiseks mulla mikrobioloogiliste protsessidele kartuli põllul (sõnniku otsemõju) ning kaera ja odra põldudel (1. ja 2. aasta järelmõju) võeti mullaproove septembris 2007–2010 ja 2013 ning aprillis 2009–2011. Mullaproovid võeti randomiseeritult 0–

20 cm kihist 1 cm läbimõõduga mullapuuriga kolmes korduses (2007 ja 2008 aastal ühes korduses). Analüüside tegemiseni hoiti proovid külmkapis 4 °C temperatuuril. Mikroobide määramised tehti PMK Taimetervise ja mikrobioloogia laboratooriumis vastavatel söötmetel. Käesolevas artiklis leiavad käsitlemist järgmised mikroobirühmad: bakterite üldarv Standard plate count agaril, denitrifitseerijad bakterid Hiltay söötmetel, nitri-fitseerijad bakterid Vinogratski söötmetel, aeroobsed tselluloosilagundajad bakterid Hutchinsoni söötmetel. Mikroobide arvukus on esitatud ühikuna CFU (*colony-forming units* – kolooniaid moodustav ühik) g⁻¹ kuivas mullas.

Katseperioodi ilmastiku iseloomustamiseks kasutati Viljandi Meteoroloogiajaama andmeid (tabel 1). Kuna sõnniku mineraliseerumine, taimetoitainete dünaamika ja mikrobioloogilised protsessid mullas on nii vegetatsiooniperioodi kui ka sügis-talvise perioodi ilmastikust mõjutatavad, siis esitatakse andmed katseaastate kõikide kuude kohta. Aasta sademete koguhulga poolest vaesem oli 2013. aasta (578 mm), kõige sademerohkemad aga 2008. ja 2012. aasta (~915 mm). Vegetatsiooniperioodi (aprill–september) sademehulga poolest olid 2011. aasta (233 mm) ja 2013. aasta (283 mm) oluliselt vaesemad kui ülejäänud katseaastad (sademeid 422–484 mm) ja paljuaastane keskmine (412 mm). Erakordselt rohkest tuli sademeid 2008., 2010. ja 2014. aasta augustis. Vegetatsiooniperioodi keskmine õhutemperatuur oli madalaim (12,5 °C) 2008. aastal ning kõrgeim (14,2 °C) 2010. ja 2011. aastal, mil juuli temperatuur ületas paljuaastast keskmist lausa 3–5 °C võrra.

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

Tulemused ja arutelu

Taimetoitainete sisaldus sõnnikus

Katseaastate keskmisena sai Org II variandi külvikord sõnnikunormiga 60 t ha⁻¹ taimetoitaineid järgmises koguses: N 286, P 61, K 164, Ca 130 ja Mg 56 kg ha⁻¹ ning mikroelementidest Cu 286, Mn 1224 ja B 201 g ha⁻¹ (tabel 2).

Sõnniku mõju mulla agrokeemilistele omadustele

Orgaaniline süsinik. Orgaanilise süsiniku (C_{org}) sisaldus on tähtis mulla viljakuse ja kvaliteedi näitaja. Selle muutused mullas toimuvad üldiselt aeglaselt. Nii näiteks Körschens jt (1998) andmeil isegi väga ekstreemse väetamise korral muutus C_{org} sisaldus vaid napilt 0,01% võrra aastas. Ka Eesti põllumuldade seirest järeldus, et viimase 30 aasta jooksul oli muldade C_{org} sisaldus väga vähe muutunud (Tammik jt, 2018).

Alternatiivsetes taimekasvatuse süsteemides on mullaviljakuse tagamisel tahesõnnik üks väärtuslikumaid orgaanilisi väetisi, mis sisaldab rohkesti taimele vajalikke toitaineid ning milles oluline osa orgaanilisest materjalist on juba humifitseerunud. Lisaks makro- ja mikroelementidele satub sõnnikuga mulda ka

mitmesuguseid füsioloogiliselt aktiivseid aineid ja mikroorganisme (Masilionyté, Maikštėnienė, 2016).

Meie katses anti igal viendal aastal veisesõnnikut 60 t ha⁻¹ (kuivainena keskmiselt 8,3 t ha⁻¹). Kuna vaatlusperioodi pikkus oli vaid seitse aastat, siis selle aja jooksul ei ilmnenud statistiliselt usutavaid ($p > 0,05$) muutusi mulla C_{org} sisalduses. Siiski võis täheldada teatud tendentse: Org I variandi puhul C_{org} sisalduse (% mulla kuivaine kohta) vähenemise suunas (1,56 → 1,48) ning Org II puhul suurenemise (1,56 → 1,66) suunas. Seega võib üsna suure tõenäosusega oletada, et sõnniku jätkuv regulaarne kasutamine Olustvere mahekülvikorras suudab edaspidi tagada mulla C_{org} varude usutava suurenemise. Paljude teadlaste andmeid on sõnniku pikaajaline kasutamine üldreeglina suurendanud C_{org} sisaldust mullas (Dunjana jt, 2012; Fageria 2012; Šimon, Czako, 2014; Blanchet jt, 2016). Samas leidub ka teistsuguseid tulemusi: Saksamaal näivleetur (Luvisol) mullal 45 aastat kestnud katses selgus, et külvikorras regulaarne sõnniku andmine (kuivainena

4,5 ja 9 t ha⁻¹ igal kolmandal aastal) ei suurendanud usutavalt ($p > 0,05$) mulla C_{org} sisaldust, küll aga suurenes oluliselt mikroobse biomassi süsinik (+86%), mulla hingamine ja ensüümide aktiivsus (Scherer jt, 2011).

Mulla pH. Eesti tingimustes, kus sademete hulk ületab aarumise, muutuvad mullad aja jooksul happelisemaks. Mullareaktsiooni (pH) languse tendentsi võis täheldada ka meie katse puhul. Seitsme aasta jooksul oli viie külvikorralja keskmine pH vähenenud Org I variandi mullas 0,18 ühiku võrra (5,92 → 5,74) ja Org II variandi mullas 0,14 ühiku võrra (6,12 → 5,98). Nende tulemuste alusel ei ole siiski võimalik teha lõplikke järeldusi sõnniku mõjust mullareaktsioonile. Kirjanduses leidub selle kohta erinevaid seisukohti. Nii näiteks on tahe-sõnniku kasutamine teatud määral suurendanud mulla pH-d (Whalen jt, 2000; Ondrašek, Čunderlik, 2008; Vašak jt, 2015), vedelsõnnik ja linnusõnnik aga muutnud seda happelisemaks (*Effects of manure...*, 2013). Üldiselt aga toimib sõnniku orgaaniline aine mullas pH-puhvrina (*Effects of manure ...*, 2013).

Tabel 1. Sademete hulk ja keskmine õhutemperatuur kuude lõikes aastail 2008–2014

Table 1. Monthly total precipitation and average air temperatures during 2008–2014

Kuu / Month	Aasta / Year							Paljuaastane keskmine Multianual average 1981–2010
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Sademed / Precipitation, mm								
Jaanuvar / January	65	42	22	75	88	41	42	62
Veebruar / February	82	23	49	30	49	37	28	43
Märts / March	69	43	47	25	55	22	35	42
Aprill / April	52	17	35	11	53	44	15	36
Mai / May	22	17	53	58	62	75	88	48
Juuni / June	119	91	77	22	81	21	108	87
Juuli / July	48	136	43	66	92	51	72	83
August / August	177	95	143	84	107	78	155	91
September / September	66	66	108	68	79	14	30	67
Oktoober / October	91	128	49	54	91	51	56	81
November / November	76	77	101	42	94	83	23	64
Detsember / December	49	99	111	126	62	61	92	60
Kokku / Total	917	833	839	661	915	578	744	764
Temperatuur / Temperature °C								
Jaanuvar / January	-1,0	-2,8	-13,3	-4,2	-5,1	-6,6	-7,9	-4,4
Veebruar / February	0,8	-5,0	-7,9	-10,7	-10,3	-3,0	-0,4	-5,1
Märts / March	0,4	-1,2	-1,6	-1,5	0	-6,8	2,4	-1,0
Aprill / April	7,2	6,4	6,0	6,7	4,9	3,6	6,7	5,3
Mai / May	10,8	11,6	12,3	11,3	11,8	14,5	11,8	11,3
Juuni / June	14,6	13,9	14,7	17,8	13,7	18,0	13,7	14,9
Juuli / July	16,5	17,2	22,4	20,4	18,2	17,8	19,7	17,5
August / August	15,8	15,7	18,5	16,4	15,2	17,2	17,0	16,1
September / September	10,0	13,0	11,2	12,8	12,3	11,4	12,1	11,0
Oktoober / October	8,4	4,1	4,1	7,4	5,9	7,1	5,7	6,0
November / November	2,5	2,4	0,3	4,0	2,7	4,1	1,4	0,6
Detsember / December	-0,7	-4,7	-7,9	1,6	-6,7	1,8	-1,2	-3,1
Keskmine / Average	7,1	5,9	4,9	6,8	5,2	6,6	6,8	5,8

Tabel 2. Makro- ja mikroelementide ning kuivaine sisaldus veisesõnnikus aastail 2008–2012

Table 2. The content of macro- and microelements in cattle manure applied in 2008–2012

Aasta / Year	Kuivaine Dry matter %	Sisaldus sõnnikus / Content in manure								
		kg t ⁻¹						g t ⁻¹		
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	B	
2008	16,6	4,72	0,75	2,92	2,17	0,74	3,40	16,8	3,09	
2009	17,6	5,30	1,20	2,70	1,50	0,71	0,85	16,9	1,60	
2010	15,1	6,30	1,20	2,80	2,00	1,30	5,00	20,6	4,50	
2011	17,6	3,45	0,80	3,20	2,53	0,94	9,81	20,0	2,57	
2012	16,3	4,05	1,15	2,35	2,66	1,02	4,81	27,6	4,99	
2008–2012	16,6	4,76	1,02	2,77	2,17	0,94	4,77	20,4	3,35	

Toiteelementide sisaldus. Mulla toiteelementide sisalduse trende jälgiti aastail 2008–2014 külvikorra viie välja keskmiste analüüsitulemuste alusel. Tabelis 3 on esitatud elementide sisaldused (\pm standardhälve) katseperioodi algul (2008) ja lõpul (2014), määratuna Mehlich 3 meetodil ja alternatiivsetel meetoditel. Mehlich 3 lahusega ekstraheerimisel olid fosfori, kaltsiumi ja magneesiumi sisalduste näitajad umbes kaks korda kõrgemad kui vastavalt ammooniumlaktaadi ja ammooniumatsetaadi väljatõmmetest.

Toitainetarbe gradatsiooni järgi oli mulla looduslik varustus fosforiga juba katse algul kõrge ning see tase oli säilinud väetamata variandis Org I ka pärast seitsme aasta pikkust kultuuride kasvatamist. Kui külvikorrast kasutati sõnnikut, siis oli mulla fosforisisaldus vaatlusperioodi lõpuks usutavalt ($p < 0,05$) suurenenud. Org II variandi puhul oli fosforibilanss positiivne, sest külvikorra jooksul anti sõnnikuga P 61 kg ha⁻¹, kuid saakidega eemaldati P 43 kg ha⁻¹ (Järvan jt, 2017).

Kaaliumi osas toimus Org I variandis mulla väljakurnamine, sest vaatlusperioodi jooksul vähenes K_{Me3} sisaldus usutavalt. Bakšiené jt (2014) on samuti leid-

nud, et ekstensiivse viljelussüsteemi puhul, kus min-geid väetusaaineid ei kasutata, väheneb liikuva kaaliumi sisaldus mullas. Kaaliumi bilanss Org I külvikorrast oli tugevalt negatiivne (–105 kg ha⁻¹), seejuures põhiline osa sellest kogusest (K 81 kg ha⁻¹) eemaldati kartuli saagiga (Järvan jt, 2017). Ereemeev jt (2017) andmeil kartuli kasvatamine mahepõllul vähendas mulla kaaliumi sisaldust 15% võrra. Org II variandi puhul anti külvikorra jooksul sõnnikuga mulda K 166 kg ha⁻¹, mistõttu täheldati nii K_{Me3} kui ka K_{AL} sisalduse suurenemise tendentsi. Org II variandi mullas oli katseperioodi lõpuks usutavalt ($p < 0,05$) suurenenud ka magneesiumi sisaldus. Seega suutis sõnnik korvata saakidega ära viidud (külvikorra jooksul K 149 kg ha⁻¹ ja Mg 16 kg ha⁻¹) kaaliumi ja magneesiumi kogused (Järvan jt, 2017).

Mulla mikroelementide sisaldus katseperioodi algul oli väetistarbe gradatsiooni alusel järgmine: vask (Cu) ja mangaan (Mn) – vajadus keskmine; boor (B) – vajadus väga suur. Seitsmeaastase katseperioodi jooksul vähenes Cu sisaldus usutavalt ($p < 0,05$) nii Org I kui ka Org II mullas. Samuti täheldati boorisalduse vähenemist mõlema katsevariandi muldades.

Tabel 3. Mulla toiteelementide sisaldus (mg kg⁻¹) katse algul (2008) ja lõpul (2014), määratuna erinevatel meetoditel
Table 3. The content of nutrient elements in the soil (mg kg⁻¹) at the beginning (2008) and at the end (2014) of the experiment

Element / Element	Variant Treatment	Mehlich 3 meetod / Mehlich 3 method			Alternatiivne ¹⁾ meetod / Alternative method		
		2008	2014	Muutus / Change	2008	2014	Muutus / Change
Fosfor (P) / Phosphorus	Org I	209 ± 9	211 ± 12	+2	72 ± 11	85 ± 12	+13
	Org II	195 ± 11	210 ± 14	+15*	68 ± 12	82 ± 10	+14*
Kaalium (K) / Potassium	Org I	133 ± 23	103 ± 15	-30*	104 ± 20	87 ± 21	-17
	Org II	140 ± 24	152 ± 33	+12	114 ± 23	133 ± 28	+19
Magneesium (Mg) / Magnesium	Org I	64 ± 14	75 ± 20	+11	33 ± 7	34 ± 8	+1
	Org II	64 ± 7	99 ± 21	+35*	35 ± 3	49 ± 9	+14*
Kaltsium (Ca) / Calcium	Org I	1148 ± 157	1168 ± 205	+20	632 ± 56	670 ± 67	+38
	Org II	1224 ± 120	1222 ± 131	-2	656 ± 51	716 ± 74	+59
Vask (Cu) / Copper	Org I	1,98 ± 0,17	1,78 ± 0,19	-0,20*			
	Org II	1,70 ± 0,10	1,52 ± 0,12	-0,18*			
Mangaan (Mn) / Manganese	Org I	118 ± 6	120 ± 8	+2			
	Org II	117 ± 10	116 ± 7	-1			
Boor (B) / Boron	Org I	0,44 ± 0,07	0,33 ± 0,05	-0,11*			
	Org II	0,45 ± 0,06	0,38 ± 0,07	-0,07			

Märkused / Notes: Org I – külvikord ilma sõnnikuta / crop rotation without manure application; Org II – külvikorrast anti veisesõnnikut / in the crop rotation farmyard cattle manure was applied.

¹⁾ P ja K määramine ammooniumlaktaadi lahusest / ammonium lactate extractable P and K (Egner jt 1960); Mg ja Ca määramine ammooniumatsetaad lahusest / ammonium acetate extractable Mg and Ca (Methods of soil analysis, 1982).

* Statistiliselt usaldusväärne erinevus / statistically significant difference ($p < 0,05$; ANOVA, Fisher LSD test)

Sõnniku mõju mulla mikroobikooslusele

Taimede toitumise seisukohalt on väga olulised riso-sfääris tegutsevad mikroorganismid. Nad lagundavad mullas olevat orgaanilist materjali, varustavad taimi omastatavate toiteelementide ja mitmesuguste füsioloogilisel aktiivsete, taimekasvu stimuleerivate ainetega (Bakšiené jt, 2014). Mikroobide arvukus ja aktiivsus sõltuvad keskkonnatingimustest, eelkõige mulla niiskusest ja temperatuurist (Lipson, 2007; Szukics jt, 2010; Lauber jt, 2013). On leitud, et isegi väga lühiajaline sademete ja temperatuurirežiimi muutumine kutsub esile kiireid ja suuri muutusi nii nitritiseerijate kui ka denitritiseerijate bakterite arvukuses (Avrahami jt, 2003; Szukics jt, 2010).

Mikroobide ruumiline levimus mullas on ebahühtlane, selle põhjuseks võivad olla mullaviljakuse erinevused

(Franklin, Mills, 2009; Koorem jt, 2014). Koorem jt (2014), uurides mikroobirühmade ja taimetoitainete dünaamikat looduslikes metsamuldades, leidsid, et vegetatsiooniperioodi alguses (maikuu) oli mikroobide arvukus ja omastatavate taimetoitainete sisaldus suur, kuid taimekasvuperioodi jätkudes (juulis) ilmutasid mõlemad näitajad languse tendentsi. Mikroobide arvukus sõltub mulla orgaanilise süsiniku sisaldusest ning orgaaniliste väetiste kasutamisest (Scherer jt, 2011; Miller jt, 2012). Eriti soovitatavaks peetakse komposteeritud sõnniku kasutamist, mis suurendab mullas bioloogilist mitmekesisust, kutsudes esile positiivseid muutusi mikroobide koosluses, arvukuses ja aktiivsuses (Watts jt, 2010).

Käesolevas töös vaadeldi kuidas mõjutas laagerdunud veisesõnniku sügiskünni alla andmine teatud

mikroobigruppide (bakterite üldarv, denitrifitseerijad, nitrifitseerijad ja tselluloosilagundajad bakterid) arvukust mullas järgmisel aastal kartuli väljal (sõnniku otsemõju) ning ülejäämistel aastatel kaera ja odra väljadel (sõnniku järelmõju).

Bakterid moodustavad valdava osa mulla mikroorganismidest, nad täidavad olulist ökoloogilist rolli kõikides mullas toimuvates protsessides, sealhulgas toitainete ringluses (Nannipieri jt, 2003). Meie katse puhul võis täheldada, et aprillikuu – vahetult enne mullaharimise alustamist – kartuli väljalt võetud mullaproovides oli bakterite üldarv oluliselt väiksem kui sama aasta sügisel võetud mullaproovides (tabel 4). See oligi üldiselt ootuspärane, sest jahe muld ei soodusta mikrobioloogiliste protsesside käivitumist. Eelmisel sügisel sisse küntud sõnniku mõjul (Org II variant) oli bakterite üldarv mullas 2009. ja 2011. aasta kevadel oluliselt suurem kui kontrollvariandis (Org I), 2010. aasta puhul aga sõnnikul selline toime puudus. Kui võrrelda sõnniku toime erinevusi 2009. ja 2010. a kevadel, siis võib arvata, et põhjus peitub ilmastikus, eelkõige temperatuuritingimustes, mis teatavasti oluliselt mõjutavad mikroobide tegevust. 2009. aasta kevadele eelnenud talv ja hilissügis (2008) olid märksa soojemad kui 2010. a kevadele eelnenud perioodid (tabel 1). Erakordselt soe oli 2009. a aprillikuu teine pool ($> +10\text{ }^{\circ}\text{C}$), seetõttu võiski sõnnikuga väetatud soojas mullas toimuda väga kiire bakterite paljunemine, millele viitab ka nii denitrifitseerijate, nitrifitseerijate kui ka tselluloosilagundajate bakterite arvukuse järsk tõus. Katseaastate jooksul võetud mikroobiproovide keskmisena selgus, et sõnniku otsemõjul esines mullas tendents bakterite üldarvu suurenemisele, kuid see ei olnud 95% tõenäosuse juures statistiliselt usutav.

Denitrifitseerijate bakterite tegevusel on negatiivne mõju keskkonnale, sest nitraatide taandamise tulemusena tekib oluline lämmastiku kadu, samal ajal aga suureneb keskkonnareostus lenduvate kasvuhoonegaaside (N_2 , N_2O) näol (Cheneby jt, 2009; Szukics jt, 2010; Clark jt, 2012). Orgaaniliste ja mineraalväetiste kasutamine mõjub stimuleerivalt denitrifitseerijate bakterite aktiivsusele (Enwall jt, 2005; Cheneby jt, 2009). Miller jt (2012) on leidnud, et süsinikurikaste orgaaniliste materjalide muldaviimisel võib denitrifitseerijate bakterite arvukus oluliselt suureneda – seda eriti siis, kui mullas valitseb hapnikuvaegus (näiteks liigsete sademete või üleujutuse korral). Meie vaatlusperioodi jooksul võis mullaproovide kogumise eelset ajutist liigniiskust täheldada vaid paaril juhul (2008. ja 2010. a septembris), aga sellest ei selgunud statistiliselt usutavat ($p > 0,05$) erinevust denitrifitseerijate arvukuses Org I ja Org II variantide muldades. Kuigi aastate kokkuvõtte tulemused näitasid, et denitrifitseerijate bakterite arvukus mullas on sõnniku otsemõjul (kartuli

põllul – tabel 4) ja esimese aasta järelmõjul (kaera põllul – tabel 5) mõnevõrra suurem kui ilma sõnnikuta, ei ole need erinevused statistiliselt ($p > 0,05$) usutavad. Seejuures tasub märkida, et denitrifitseerijate määramisel olid kolme kordusproovi vahelised erinevused märksa suuremad kui teiste bakterirühmade puhul, sellest siis ka suhteliselt suured aritmeetiliste keskmiste standardhälbed.

Nitrifitseerijate bakterite tegevuse tulemusena oksüdeeritakse mulla ja sõnniku orgaanilise aine lagunemisel tekkiv ammoniaak nitraatideks. Need bakterid on aeroobsed organismid, põhiline osa neist paikneb mulla ülemistes kihtides. Nitrifitseerijate arvukus oleneb mulla viljakusest, eelkõige orgaanilise aine sisaldusest ja orgaaniliste väetiste kasutamisest (Avrahami jt, 2003; Watts jt, 2010). Ka meie katse tulemused näitasid, et sõnnikuga väetamine suurendas nitrifitseerijate arvukust mullas praktiliselt igal aastal, seda nii otse- kui järelmõjuna. Katseaastate keskmisena oli Org II variandi puhul mullas nitrifitseerijate bakterite arvukus usutavalt ($p < 0,05$) suurem kui Org I variandi mullas järgmiselt: kartuli väljal (tabel 4) – 158%, kaera väljal (tabel 5) – 74% ning odra väljal (tabel 6) – 57%. Sõnniku ja komposti järelmõju on avaldunud ka veel neljandal aastal pärast nende muldaviimist, sest mikroobse biomassi süsinikku oli siis mullas 20–40% rohkem kui kontrollvariandi puhul (Ginting jt, 2003; Shibabaw, Alemeyehu, 2015).

Aeroobsed tselluloosilagundajad bakterid on seente kõrval teine tähtsaim mikroorganismide grupp, mis lagundab mullas orgaanilist ainet. Selle mikroobigrupi tüvede mitmekesisus, arvukus ja aktiivsus oleneb mulla omadustest, sh lõimisest ja orgaanilise aine sisaldusest (Ulrich jt, 2008). Kuldkepp ja Murdam (1992) on leidnud, et tselluloosi lagundavate bakterite arvukus hakkas kiiresti suurenema juba üsna varsti pärast mitmesuguste orgaaniliste väetiste muldaviimist, kuid veisesõnniku variantides jätkus nende paljunemine pikema aja vältel. Meie katse puhul, kus Org II variandis anti sügiskünni alla põhu allapanuga veisesõnnikut (kuivainena $8,3\text{ t ha}^{-1}$), oli tselluloosilagundajate bakterite arvukus järgmise aasta kevadel võetud mullaproovides kuni 70% võrra suurem kui sõnnikuta Org I variandi puhul. Aastate jooksul tehtud mikroobianalüüside keskmisena oli tselluloosilagundajate arvukus kartulivälja mullas suurenenud ($p < 0,05$) 48,6%. Sõnniku positiivse järelmõju tendentsi jätkumist selle mikroobirühma arvukusele täheldati ka kaera ja odra väljadel võetud mullaproovide puhul.

Bakterite aktiivse tegevuse tulemusena teatavasti vabanevad mullas sisalduvad ning orgaaniliste materjalidega mulda viidud toiteelemendid taimedele omastatavasse vormi. Seega taimede toitumistingimused paranevad ning saagikus suureneb.

Tabel 4. Sõnnikuga väetamise otsemõju mullamikroobide arvukusele kartuli väljal aastail 2007–2014**Table 4.** The direct effect of manure application on the microbial communities in the soil of the potato field in 2007–2014

Bakterite rühmad <i>Bacterial communities</i>	Variant <i>Treatment</i>	Bakterite arvukus kolooniaid moodustavate ühikuna 1 g kuiva mulla kohta (keskmine ± standarthälve) / <i>Colony forming units (CFU) per 1 g of dry soil (average ± standard error)</i>								Keskmine <i>Average</i>
		2007	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2013	
		IX	IX	IV	IX	IV	IX	IV	IX	
Bakterite üldarv	Org I	5,97	8,53	3,70 ± 0,78	6,85 ± 0,29	3,56 ± 1,12	7,67 ± 1,04	3,67 ± 0,73	7,07 ± 0,53	5,87 A
<i>Total bacteria</i> × 10 ⁶	Org II	9,24	10,80	6,14 ± 0,89	6,92 ± 0,79	3,57 ± 0,62	8,36 ± 0,81	4,96 ± 0,40	8,95 ± 1,72	7,37 A
Denitriteerijad	Org I	1,64	1,63	0,98 ± 0,61	8,97 ± 2,73	3,49 ± 2,43	0,20 ± 0,09	–	2,26 ± 0,85	2,74 A
<i>Denitrifiers</i> × 10 ⁵	Org II	4,95	2,35	2,91 ± 1,80	6,99 ± 2,64	3,71 ± 1,13	0,31 ± 0,15	–	4,49 ± 1,84	3,67 A
Nitriteerijad	Org I	1,66	1,07	1,37 ± 0,14	3,39 ± 0,33	2,76 ± 0,24	2,04 ± 0,26	1,12 ± 0,13	1,05 ± 0,08	1,81 B
<i>Nitrifiers</i> × 10 ⁴	Org II	1,91	6,70	7,12 ± 1,28	2,92 ± 1,04	7,20 ± 1,30	2,63 ± 0,43	6,34 ± 4,33	2,53 ± 1,25	4,67 A
Tselluloosilagundajad	Org I	1,59	1,64	2,35 ± 0,06	3,60 ± 0,08	2,28 ± 0,82	2,15 ± 0,54	2,03 ± 0,41	1,76 ± 0,23	2,18 B
<i>Cellulose decomposers</i> × 10 ³	Org II	2,64	3,85	3,99 ± 0,37	4,00 ± 0,62	2,93 ± 1,71	2,60 ± 0,69	2,33 ± 0,50	3,54 ± 1,03	3,24 A

Märkused / Notes: Org I – külvikord ilma sõnnikuta / *crop rotation without manure*; Org II – külvikorras anti kartuli alla veisesõnnikut / *in the crop rotation farmyard cattle manure was applied for potato*IX – September / *September*; IV – Aprill / *April*Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$; ANOVA, Fisher LSD test) bakterirühmade variantide vahel on märgitud erinevate tähtedega (A, B) / *Statistically significant differences ($p < 0,05$; ANOVA, Fisher LSD test) in the bacterial communities between the treatments are marked with different letters (A, B)***Tabel 5.** Sõnnikuga väetamise järelmõju mullamikroobide arvukusele kaera väljal aastail 2008–2013**Table 5.** The aftereffect of manure application on the microbial communities in the soil of the oat field in 2008–2013

Bakterite rühmad <i>Bacterial communities</i>	Variant <i>Treatment</i>	Bakterite arvukus kolooniaid moodustavate ühikuna 1 g kuiva mulla kohta (keskmine ± standarthälve) / <i>Colony forming units (CFU) per 1 g of dry soil (average ± standard error)</i>							Keskmine <i>Average</i>
		2008	2009	2009	2010	2010	2011	2013	
		IX	IV	IX	IV	IX	IV	IX	
Bakterite üldarv	Org I	7,96	5,00 ± 0,17	6,07 ± 0,94	10,93 ± 0,69	9,19 ± 2,27	2,92 ± 0,45	8,67 ± 0,61	7,25 A
<i>Total bacteria</i> × 10 ⁶	Org II	10,90	7,27 ± 2,84	7,93 ± 0,26	17,57 ± 4,77	10,82 ± 1,00	3,91 ± 0,22	9,46 ± 2,62	9,69 A
Denitriteerijad	Org I	2,88	2,12 ± 0,56	1,43 ± 0,24	7,52 ± 5,90	3,53 ± 1,28	–	2,77 ± 0,45	3,38 A
<i>Denitrifiers</i> × 10 ⁵	Org II	5,23	2,14 ± 1,11	2,41 ± 0,78	14,53 ± 9,06	2,19 ± 0,66	–	3,03 ± 1,34	4,92 A
Nitriteerijad	Org I	1,05	1,85 ± 0,17	2,58 ± 0,26	2,14 ± 0,25	2,51 ± 0,19	2,13 ± 0,21	1,16 ± 0,09	1,92 B
<i>Nitrifiers</i> × 10 ⁴	Org II	2,16	4,84 ± 1,46	3,37 ± 0,16	2,30 ± 0,24	3,82 ± 0,62	4,49 ± 0,49	2,43 ± 0,37	3,34 A
Tselluloosilagundajad	Org I	0,98	2,11 ± 0,71	3,12 ± 0,40	2,40 ± 0,42	2,54 ± 0,24	2,29 ± 0,22	2,64 ± 0,21	2,30 A
<i>Cellulose decomposers</i> × 10 ³	Org II	1,80	3,18 ± 1,59	3,25 ± 0,68	2,45 ± 0,50	2,83 ± 0,82	3,25 ± 1,08	3,73 ± 0,50	2,93 A

Org I – külvikord ilma sõnnikuta / *crop rotation without manure*; Org II – külvikorras anti kartuli alla veisesõnnikut / *in the crop rotation farmyard cattle manure was applied for potato*IX – September / *September*; IV – Aprill / *April*Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$; ANOVA, Fisher LSD test) bakterirühmade variantide vahel on märgitud erinevate tähtedega (A, B) / *Statistically significant differences ($p < 0,05$; ANOVA, Fisher LSD test) in the bacterial communities between the treatments are marked with different letters (A, B)***Tabel 6.** Sõnnikuga väetamise järelmõju mullamikroobide arvukusele ristiku allakülviga odra väljal aastail 2009–2011**Table 6.** The aftereffect of manure application on the microbial communities in the soil of the barley field in 2009–2011

Bakterite rühmad <i>Bacterial communities</i>	Variant <i>Treatment</i>	Bakterite arvukus kolooniaid moodustavate ühikuna 1 g kuiva mulla kohta (keskmine ± standarthälve) / <i>Colony forming units (CFU) per 1 g of dry soil (average ± standard error)</i>					Keskmine / <i>Average</i>
		2009	2009	2010	2010	2011	
		IV	IX	IV	IX	IV	
Bakterite üldarv	Org I	2,90 ± 0,60	4,32 ± 1,10	4,21 ± 0,67	11,91 ± 2,00	6,76 ± 0,33	6,02 A
<i>Total bacteria</i> × 10 ⁶	Org II	4,76 ± 0,83	4,91 ± 0,94	7,07 ± 0,57	12,43 ± 0,79	7,14 ± 0,21	7,26 A
Denitriteerijad	Org I	2,84 ± 0,82	4,43 ± 1,08	7,22 ± 1,65	1,84 ± 1,19	–	4,08 A
<i>Denitrifiers</i> × 10 ⁵	Org II	3,60 ± 1,07	2,88 ± 1,44	5,74 ± 1,70	0,60 ± 0,39	–	3,20 A
Nitriteerijad	Org I	2,50 ± 0,63	2,12 ± 0,12	1,40 ± 0,10	2,34 ± 0,42	1,89 ± 0,47	2,05 B
<i>Nitrifiers</i> × 10 ⁴	Org II	1,93 ± 0,26	4,96 ± 1,09	2,75 ± 0,59	3,50 ± 0,19	2,98 ± 0,55	3,22 A
Tselluloosilagundajad	Org I	2,43 ± 0,34	3,43 ± 0,37	1,83 ± 0,54	2,92 ± 0,55	1,91 ± 0,42	2,50 A
<i>Cellulose decomposers</i> × 10 ³	Org II	3,26 ± 0,30	3,15 ± 0,89	3,44 ± 1,46	3,09 ± 0,33	2,60 ± 0,32	3,11 A

Org I – külvikord ilma sõnnikuta / *crop rotation without manure*; Org II – külvikorras anti kartuli alla veisesõnnikut / *in the crop rotation farmyard cattle manure was applied for potato*IX – September / *September*; IV – Aprill / *April*Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ($p < 0,05$; ANOVA, Fisher LSD test) bakterirühmade variantide vahel on märgitud erinevate tähtedega (A, B) / *Statistically significant differences ($p < 0,05$; ANOVA, Fisher LSD test) in the bacterial communities between the treatments are marked with different letters (A, B)*

Sõnniku mõju kultuuride saagikusele

Kartul. Keskvalmiva sordi 'Laura' kaubastamiskõlblike (> 35 mm) mugulate saak sõltus oluliselt katse-aastast (tabel 7). Kummagi maheviljeluse variandi puhul oli see 2008., 2009. ja 2014. aastal üsna madal. Sademerohe ilmastik 2008. ja 2009. aasta juulis ja augustis soodustas kartuli-lehemädaniku kiiret ja ägedat levikut, mis juba enne kui keskvalmiva sordi

mugulasaak jõudnuks lõplikult moodustudagi hävitas kartulipealsed. Kartuli võis 2014. aastal lugeda praktiliselt ikaldunuks, sest selleks ajaks oli pikka aega maheviljeluslikult (herbitsiidideta) haritav ala juurumbrohtudega – põhiliselt orasheina, põldohaka ja põld-piimohakaga – sedavõrd tugevalt saastunud, et alarindesse jäänud nõrgad kartulitaimed hukkusid suures osas juba enne saagi moodustumist. Enam-vähem

normaalsetes keskkonnatingimustes (2010–2013) oli kartuli saak ilma sõnnikuta kasvatades (Org I variant) 23–26 t ha⁻¹ ja sõnnikuga väetamisel (Org II variant) 33–38 t ha⁻¹. Seitsmeaastase katseperioodi keskmisena

oli kaubanduslike mugulate saak Org I variandis 17 t ha⁻¹ ja Org II variandis 26 t ha⁻¹, st suurenes sõnniku mõjul keskmiselt 52%.

Tabel 7. Kultuuride saagid katseperioodi (2008–2014) jooksul, ja nende keskmise saagikuse alusel arvatud metaboliseeruva energia (ME) kogus maheviljeluse külvikordades

Table 7. The crop yields and sum of metabolizable energy (ME) calculated from the yields of the organically managed crop rotations during the experiment period (2008–2014)

Kultuur, variant <i>Crop, treatment</i>	Saak / Yield t ha ⁻¹							2008–2014	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	t ha ⁻¹	ME GJ ha ⁻¹
Kartul/ Potato									
Org I	11,7	7,1	23,3	26,2	25,2	23,1	2,9	17,1	47,8
Org II	18,9	14,0	33,5	33,3	34,2	37,7	10,5	2,0	69,2
Erinevus / Difference	7,2*	6,9*	10,2*	7,1*	9,0*	14,6*	7,6*	8,9*	21,4
Kaer / Oats									
Org I	2,46	2,22	2,76	1,87	1,98	4,00	2,85	2,59	26,5
Org II	3,29	2,92	3,54	1,90	3,42	4,39	2,88	3,19	32,6
Erinevus / Difference	0,83*	0,70*	0,74*	0,03	1,44*	0,39	0,03	0,60*	6,1
Oder / Barley									
Org I	1,26	1,96	1,05	0,93	1,50	1,86	1,44	1,43	16,0
Org II	1,26	2,37	1,39	1,08	1,91	1,50	1,56	1,58	17,7
Erinevus / Difference	0	0,41*	0,34*	0,15	0,41*	-0,36*	0,12	0,15	1,7
Rukis / Rye									
Org I	3,01	3,20	3,10	1,66	2,76	2,06	3,94	2,82	33,0
Org II	3,00	3,24	3,10	1,91	3,07	1,97	4,03	2,90	33,9
Erinevus / Difference	0,01	0,04	0,00	0,25*	0,31	0,09	0,09	0,08	0,90

Külvikord (5 aastat) / *Crop rotation (5 years)*: kartul / potato → kaer / oat → oder ristiku allakülviga / barley with undersown clover → ristik haljasväetiseks / clover as green manure → rukis / rye.

Org I – maheviljelus, sõnnikuta / organic without manure; Org II – maheviljelus, kartuli alla veisesõnnikut / organic with farmyard cattle manure (under potato).

* Statistiliselt usaldusväärne erinevus / statistically significant difference ($p < 0,05$; ANOVA, Fisher LSD test)

Kaer. Olustvere suhteliselt viljakal mullal andis maheviljeluslikult kasvatatav kaer (sort 'Jaak') üsna head saaki – katseperioodi jooksul (2011. aasta välja arvatud) Org I variandis 2,0–4,0 t ha⁻¹ ja Org II variandis 2,9–4,4 t ha⁻¹. Kaera arengu algfaasides oli 2011. aasta ilmastik ebasoodne: juuni esimene kümmepäevak oli väga kuum (ööpäeva keskmine 22,7 °C) ning kestis ligemale kolmenädalane pöud. Nimetatud aastal jäi kaera taimik hõredaks ning see kajastus ka saaginumbrites. Katseperioodi keskmisena saadi sõnniku järelmõjul kaera enamsaaki 0,6 t ha⁻¹ ehk 23% võrra rohkem kui sõnnikuta kontrollvariandis.

Oder. Ristiku allakülvi tõttu vähendatud külvisenor- midega külvatud odra saagikus maheviljeluse variantides oli suhteliselt madal: Org I variandi puhul 0,9–2,0 t ha⁻¹ ja Org II variandi puhul 1,1–2,4 t ha⁻¹. Kuigi Org II variandi saak katseaastate keskmisena oli 0,15 t ha⁻¹ võrra suurem, ei olnud see erinevus statistiliselt usutav ($p \geq 0,05$).

Rukis. Rukis üldiselt ei ole mulla viljakuse suhtes eriti nõudlik. Nii näiteks meiegi katses – pikka aega (alates 2002. aastast) ilma mingeid väetisaineid kasutamata – oli saagitase 3–4 t ha⁻¹ enamikul aastatest täiesti saavutatav ainuüksi tänu sellele, et ristik oli eelkultuuriks. Rukki madal saagikus 2011. ja 2013. aastal oli põhjustatud kehvadest talvitustingimustest, mistõttu rukki kasvutihedus jäi väga väikeseks. Külvikorras kasutatud sõnniku järelmõju rukkini enam ei ulatunud, kuna mõju saagikusele ei tuvastatud.

Metaboliseeruv energia. Selleks, et saada parem ülevaade Org I ja Org II variantidelt kogutud toodangust kogu külvikorra jooksul, arvutati kartuli, kaera,

odra ja rukki saagid (t ha⁻¹) ümber metaboliseeruva energia (ME) ühikuteks (GJ ha⁻¹). Org I variandi puhul oli külvikorralt ära viidud kogutoodangu ME väärtuseks 123,3 GJ ja Org II variandi puhul – 153,4 GJ. Seega saadi 60 t taheda veisesõnniku arvel enamtulu 30 GJ väärtuses.

Majanduslikest arvestustest selgus, et maheviljeluses on sõnniku kasutamine efektiivne ka rahalises mõttes: olenevalt toodangu müügihindadest, kas tava- või mahetoodanguna, oli talus omatoodetud sõnniku kasutamisel võimalik saada lisatulu 151–869 € ha⁻¹ (Järvan jt, 2017). Sisseostetud sõnniku kasutamine mahekülvikorras oli majanduslikul õigustatud vaid siis, kui reaalseeriti saadused kõrgemate, mahetoodangu hindadega (Järvan jt, 2017).

Järeldused

1. Veisesõnnik, millega külvikorra jooksul anti mulda orgaanilist kuivainet 8,3 t ha⁻¹, ei mõjutanud seitsmeaastase perioodi jooksul statistiliselt usutavalt ($p > 0,05$) mulla orgaanilise süsiniku sisaldust ja mullareaktsiooni.
2. Maheviljelus ilma taimetoitaineid juurde andmata põhjustas mullas omastatava kaaliumi sisalduse olulise languse. Sõnniku kasutamine suutis mulla kaaliumibilansi tasakaalustada ning ühtlasi suurendas ka omastatava fosfori ja magneesiumi sisaldust mullas.
3. Sõnnikuga väetamine aktiveeris mullamikroobide tegevust. Sügiskünni alla antud sõnniku mõjul oli järgmisel aastal mullas väga oluliselt ($p < 0,05$) suurenenud nitrifitseerijate bakterite (+158%) ja

- tselluloosilagundajate bakterite (+49%) arvukus, samuti avaldus tugev tendents bakterite üldarvu ja denitrifitseerijate bakterite arvukuse suurenemisele.
- Sõnnikuga väetamise positiivne toime mullabakteritele avaldus veel ka kahel järelmõju aastal, mil statistiliselt usutavalt ($p < 0,05$) suurenes nitrifitseerijate bakterite arvukus. Samuti ilmnes tendents bakterite üldarvu ja tselluloosilagundajate bakterite arvukuse suurenemisele.
 - Sõnniku kasutamine maheviljeluslikus külvikorras suurendas kultuuride saagikust. Kartuli kaubanduslike mugulate saak suurenes sõnniku otsemõjul keskmiselt 9 t ha^{-1} ehk 52%. Sõnniku järelmõjul suurenes usutavalt ($p < 0,05$) ka kaera saagikus – $0,6 \text{ t ha}^{-1}$ ehk 23%. Tendents odra saagikuse suurenemisele avaldus ka veel kolmandal aastal pärast sõnniku muldaviimist. Külvikorra jooksul saadud kogutoodang, väljendatuna metaboliseeruva energiana, suurenes sõnniku toimel 30 GJ võrra ehk 24,4%.
 - Põhu allapanuga veisesõnniku kasutamine maheviljeluslikult majandatavas külvikorras oli kasulik nii ökoloogilisest kui ka majanduslikust vaatekohast lähtudes: oli tagatud mullaviljakuse püsimine (teatud näitajate osas ka paranemine), aktiveerus mullamikroobide tegevus, saakide suurenemine tagas maheviljeluse tulukuse suurenemise.

Tänuavaldus

Käesolev uurimistöö toimus Põllumajandusministeeriumi tellitud rakendusuringuprojekti "Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile" raames. Autor tänab Miralda Paivelit ja Liina Edesit mullaproovide võtmise ning saagiproovide kogumise ja esmase töötlemise eest ning Helgi Laitamme mikrobioloogiliste analüüside tegevise eest.

Huvide konflikt / Conflict of interest

Autor kinnitab artikliga seotud huvide konflikti puudumist.
The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

Autorite panus / Author contributions

MJ (100%) katse planeerimine, andmete kogumine, analüüs ja tõlgendamine, artikli kirjutamine, toimetamine.
MJ (100%) study conception and design, acquisition, analysis and interpretation of data, drafting, editing and critical revision of the manuscript.

Kasutatud kirjandus

Avrahami, S., Liesack, W., Conrad, R. 2003. Effects of temperature and fertilizer on activity and community structure of soil ammonia oxidizers. – *Environmental Microbiology*, 5:691–705.

- Bakšienė, E., Ražukas, A., Repečkienė, J., Titova, J. 2014. Influence of different farming systems on the stability of low productivity soil in Southeast Lithuania. – *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(2):115–124.
- Blanchet, G., Gavazov, K., Bragazza, L., Sinaj, S. 2016. Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic amendments in Swiss conventional farming systems. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230:116–126.
- Blanco-Canqui, H., Hergert, G.W., Nielsen, R.A. 2015. Cattle manure application reduces soil compactibility and increases water retention after 71 years. – *Soil Science Society of America Journal*, 79(1):212–223.
- Bünemann, E.K., Schwenke, G.D., van Zwieten, L. 2006. Impact of agricultural inputs on soil organic – a review. – *Australian Journal of Soil Research*, 44:379–406.
- Cheneby, D., Brauman, A., Rabary, B., Philippot, L. 2009. Differential Responses of Nitrate Reducer Community Size, Structure, and Activity to Tillage Systems. – *Applied and Environmental Microbiology*, 75:3180–3186.
- Clark, I.M., Buchkina, N., Jhurrea, D., Goulding, K. W.T., Hirsch, P.R. 2012. Impacts of nitrogen application rates on the activity and diversity of denitrifying bacteria in the Broadbalk Wheat Experiment. – *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1593):1235–1244.
- Diacono, M., Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. – *Agronomy for Sustainable Development*, 30(2): 401–422.
- Dunjana, N., Nyamugafata, P., Shumba, A., Nyaman-gara, J., Zingore, S. 2012. Effects of cattle manure on selected soil physical properties of smallholder farms on two soils of Murewa, Zimbabwe. – *Soil Use and Management*, 28(2):221–228.
- Edesi, L., Järvan, M., Noormets, M., Lauringson, E., Adamson, A., Akk, E. 2012. The importance of solid cattle manure application on soil microorganisms in organic and conventional cultivation. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science*, 62:583–594.
- Effects of Manure and Fertilizer on Soil Fertility and Soil Quality. March 2013, Manitoba. 68 pp.
- Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Ref.: Kungliga Lantbruksstyrelsens Kungorelser M.M., Nr. 1, 1965. Stockholm.
- Enwall, K., Philippot, L., Hallin, S. 2005. Activity and composition of the denitrifying bacterial community respond differently to long-term fertilization. – *Applied and Environmental Microbiology*, 71:8335–8343.
- Eremeev, V., Kuht, J., Tein, B., Talgre, L., Alaru, M., Loit, E., Luik, A. 2017. Kartuli kasvatamise mõju

- mulla toitainete sisaldusele maheviljelussüsteemide võrdluskatses. – Teaduselt mahepõllumajandusele. Konverentsi "Mahepõllumajandus ja keskkond" toimetised. Peetsmann, E., Luik, A., Metspalu, L. (toim). SA EMÜ Mahekeskus: Tartu, lk. 29–33.
- Fageria, N.K. 2012. Role of soil organic matter in maintaining sustainability of cropping systems. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43:2063–2113.
- Foissy, D., Vian, J.F., David, C. 2013. Managing nutrient in organic farming system: reliance of livestock production for nutrient management of arable farmland. – *Organic Agriculture*, 3(3):183–199.
- Franklin, R.B., Mills, A.L. 2009. Importance of spatially structured environmental heterogeneity in controlling microbial community composition at small spatial scales in an agricultural field. – *Soil Biology and Biochemistry*, 41:1833–1840.
- Ginting, D., Kessavalou, A., Eghball, B., Doran, J.W. 2003. Greenhouse gas emissions and soil indicators four year after manure and compost application. – *Journal of Environmental Quality*, 32:23–32.
- Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Vösa, T. 2014. Soil microbial communities and dehydrogenase activity depending on farming systems. – *Plant, Soil and Environment*, 60(10):459–463.
- Järvan, M., Vettik, R., Tamm, K. 2017. The importance and profitability of farmyard manure application to an organically managed crop rotation. – *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(4):321–328.
- Koorem, K., Gazol, A., Öpik, M., Moora, M., Saks, Ü., Uibopuu, A., Söber, V., Zobel, M. 2014. Soil nutrient content influences the abundance of soil microbes but not plant biomass at the small-scale. – *PLoS One*, 9(3):e91998.
- Kuldkepp, P., Murdam, L. 1992. Erinevate orgaaniliste väetiste mõjust mullale ja saakidele. – *Agraarteadus*, 3(1/2):15–33.
- Körschens, M., Weigel, A., Schulz, E. 1998. Turnover of soil organic matter (SOM) and long-term balances. Tools for evaluating sustainable productivity of soils. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 161:409–424.
- Lauber, C.L., Ramirez, K.S., Aanderud, Z., Lennon, J., Fierer, N. 2013. Temporal variability in soil microbial communities across land-use types. – *The ISME Journal*, 7:1641–1650.
- Lipson, D.A. 2007. Relationships between temperature responses and bacterial community structure along seasonal and altitudinal gradients. – *FEMS Microbiology and Ecology*, 59:418–427.
- Masilionyté, L., Maikštėnienė, S. 2016. The effect of alternative cropping systems on the changes of the main nutritional elements in the soil. – *Zemdirbyste-Agriculture*, 103(1):3–10.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15:1409–1416.
- Methods of soil analysis. Part 2 – Chemical and microbiological properties (2nd ed.). A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Eds.). 1982. Madison: Wisconsin USA.
- Miller, M.N., Dandie, C.E., Zebarth, B.J., Burton, D.L., Goyer, C., Trevors, J.T. 2012. Influence of carbon amendments on soil denitrifier abundance in soil microcosms. – *Geoderma*, 170:48–55.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M.T., Landi, L., Pietramellara, G., Renella, G. 2003. Microbial diversity and soil functions. – *European Journal of Soil Science*, 54:655–670.
- Oll, Ü., Tölp, S. 1997. Söötade energiasalduse arvutamise juhend koos abitabelitega. – Tartu Eesti Põllumajandusülikool, 83 lk.
- Ondrašek, L., Čunderlik, J. 2008. Effects of organic and mineral fertilizers on biological properties of soil under seminatural grassland. – *Plant, Soil and Environment*, 54:329–335.
- Scherer, H.W., Metker, D.J., Welp, G. 2011. Effect of long-term organic amendments on chemical and microbial properties of a luvisol. – *Plant, Soil and Environment*, 57:513–518.
- Shibabaw, A., Alemeyehu, M. 2015. The contribution of some soil and crop management practice on soil organic carbon reserves: review. – *Journal of Advances in Agriculture*, 3(3):267–274.
- Stockdale, E.A., Watson, C.A. 2009. Biological indicators of soil quality in organic farming systems. – *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(4):308–318.
- Szukics, U., Abell, G.C.J., Hödl, V., Mitter, B., Sessitsch, A., Hackl, E., Zehmeister-Boltenstern, S. 2010. Nitrifiers and denitrifiers respond rapidly to changed moisture and increasing temperature in a pristine forest soil. – *FEMS Microbiology and Ecology*, 72:395–406.
- Šimon T., Czakó A. 2014. Influence of long-term application of organic and inorganic fertilizers on soil properties. – *Plant, Soil and Environment*, 60(7):314–319.
- Tammik, K., Kauer, K., Astover, A., Penu, P. 2018. Eesti põllumuldade süsinikuvaru dünaamika aastatel 1983–2016. – *Agronoomia 2018. M. Alaru (toim.)*. Tartu, lk 30–35.
- Truu, M., Truu, J., Ivask, M. 2008. Soil microbial and biochemical properties for assessing the effect of agricultural practices in Estonian cultivated soils. – *European Journal of Soil Biology*, 44(2):231–237.
- Ulrich, A., Klimke, G., Wirth, S. 2008. Diversity and activity of cellulose-decomposing bacteria, isolated from a sandy and a loamy soil after long-term manure application. – *Microbial Ecology*, 55(3):512–522.
- Vašak, F., Černý, J., Buranova, Š., Kulhanek, M., Balik, J. 2015. Soil pH changes in long-term field experiments with different fertilizing systems. – *Soil and Water Resources*, 10(1):19–23.
- Watts, D.B., Torbert, H.A., Feng, Y., Prior, S.A. 2010. Soil microbial community dynamics as influenced by

composted dairy manure, soil properties, and landscape position. – *Soil Science*, 175(10):474–486.

Wardle, D.A. 1992. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. – *Biological Reviews*, 67:321–358.

Whalen, J.K., Chang, C., Clayton, G.W., Carefoot, J.P. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. – *Soil Science Society of America Journal*, 64:962–966.

The impact of manure application in the organically managed crop rotation

Malle Järvan

Estonian Crop Research Institute, Department of Agrotechnology, Teaduse 4/6, 75501 Saku, Estonia

Summary

Organic agriculture is a production system which relies on ecological processes. In the organic farming systems, it is important to improve soil fertility and to protect soil physical condition for its healthy functioning. Organic farming systems are generally associated with increased biological activity and increased below-ground biodiversity. The benefit from organically cultivated crops is strongly related to the maintenance of soil fertility based to a great extent on the soil organic matter content. One of the more valuable organic fertilizers maintaining soil fertility in the systems of alternative agriculture is farmyard manure. The aim of the current work was to show a versatile influence of straw-based solid cattle manure (FYM) applied for an organically managed crop rotation.

The field experiment was performed in Central-Estonia at Olustvere (58° 33' N, 25° 34' E) on a sandy loam *Luvisol* during 2008–2014. Formerly, for six years, this area has been cultivated according to the principles of organic farming. At the start of the experiment (2008), the main agrichemical parameters of the soil were the following: organic matter content 2.8%, pH_{KCl} 6.0, $\text{P}_{\text{Mehlich 3}}$ 213 mg kg^{-1} , $\text{K}_{\text{Mehlich 3}}$ 139 mg kg^{-1} . In 2008, the crop rotation was established as follows: winter rye (*Secale cereale* L.), potato (*Solanum tuberosum* L.), oat (*Avena sativa* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.) with undersown red clover (*Trifolium pratense* L.) and clover. The size of each field was 1.2 ha, which was divided into three equal parts between the cultivation methods. The following treatments were carried out: organic without manure (Org I), organic with FYM (Org II) and conventional (Conv). For the present work, only the organic treatments are disserted.

The tillage method in both organic treatments was the mouldboard ploughing to a depth of 22 cm in autumn.

Clover was cut and ploughed into the soil before rye sowing. Straw and crop residues were not removed from the field. For the Org II treatment, prior to the rye-stubble ploughing FYM at the rate of 60 t ha^{-1} fresh weight was applied for potato grown in the next year. As an average of experiment period, the following amounts of nutrients were applied by FYM into the soil: N 286, P 61, K 166, Ca 130 and Mg 56 kg ha^{-1} ; trace elements: copper (Cu) – 286, manganese (Mn) – 1224 and boron (B) – 201 g ha^{-1} . Every year in September, from both organic treatments of all rotation fields the soil samples were taken. They were analysed by the Mehlich-3 method, and later also by alternative methods. Apart sampling of soils was carried out with the goal to investigate the effect of manure application on some microbiological processes in the soil. The grain yields were calculated on the basis of sheaves taken in four replications and quantified on 86% dry matter content. For potato, the yield was calculated on the basis of marketable (> 35 mm) tubers sampled from 10 consecutive plants in three replications.

The results of this research showed that the organic cultivation without nutrients input during a seven-year period caused the significant ($p < 0.05$) decrease in the content of mobile potassium, copper and boron in the soil. Also, a slight tendency to the decrease of organic carbon (C_{org}) content in the soil has become evident. The application of FYM at the rate of 8.3 t ha^{-1} organic dry matter for the five-year crop rotation increased significantly the content of available phosphorus and magnesium in the soil; also the rising tendency of the available potassium and C_{org} content has been revealed.

Due to the application of FYM, the microbial life in the soil was highly activated. As a direct effect of FYM, the microbial communities in the soil were significantly ($p < 0.05$) increasing in next year as follows: nitrifying bacteria – by 158% and cellulose decomposing bacteria – by 49%; also the counts of denitrifying and total bacteria showed the rising tendency. The positive after-effect of the FYM application on the soil microbes occurred as well for the second and third year.

Under direct influence of the FYM application, the marketable yield of potato tubers increased by 9 t ha^{-1} , i.e. 52%, as the average for the experiment period. Under after-effect of FYM, the average yield of oats increased by 23% and that of barley by 10%. If to summarize the total production of crop rotation to the equal units, it was shown that the application of 60 t ha^{-1} manure every fifth year resulted in an extra income of 30 GJ metabolizable energy during the crop rotation.

Consequently, the use of straw-based cattle farmyard manure in the organically managed crop rotation was beneficial and profitable from both ecological and economical viewpoints: it maintained and/or increased the fertility and biodiversity of the soil, and resulted in the increasing crop yields allowing an extra income.

Agraarteadus
1 * XXIX * 2018 12–24



Journal of Agricultural Science
1 * XXIX * 2018 12–24

ÜLEVAADE: EESTI MULLASTIKU SEISUNDI UURIMUSED, MULLASEIRE SUUNAD JA VÕIMALUSED SEIRE TÕHUSTAMISEKS

REVIEW: RESEARCHES ON THE STATUS OF ESTONIAN SOILS, DIRECTIONS OF SOIL MONITORING AND THE POSSIBILITIES FOR INTENSIFICATION OF MONITORING

Raimo Kõlli¹, Tõnu Tõnutare¹, Laura Eiber²

¹Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Mullateaduse õppetool, Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51006 Tartu

²Eesti Keskkonnaagentuur, Keskkonnaanalüüsi osakond, Mustamäe tee 33, 10616 Tallinn

Saabunud: 27.03.2018
Received:
Aktsepteeritud: 18.06.2018
Accepted:
Avaldatud veebis: 20.06.2018
Published online:
Vastutav autor: Raimo Kõlli
Corresponding author:
E-mail: raimo.kolli@emu.ee

Keywords: soil species and variety, humus cover type, transect method, soil monitoring, soil mapping unit.

doi: 10.15159/jas.18.06

ABSTRACT. In the introductory part a short retrospect to the soil survey proceeded in Estonia since fifties of previous century is given. As a result of this survey the large scale (1:10,000) digitized soil map for the whole Estonian territory with soil contours (soil mapping units) related soil species databases was compiled. For valuable legacy data of this survey, which was conducted by the state financed institution Estonian Agri-project, are soil varieties models (totally 50 models of arable and 27 models of forest soils) with statistically elaborated soils' morphometric and physical-chemical properties in relation to all presented in soil profile (in pedon) diagnostic horizons. The main deliberation of the work is connected with methodology of soil monitoring and with the problem – how to integrate the received from soil monitoring data with capacious databases received during soil survey and scientific researches. In the study the following topics are discussed in connection with soil monitoring: methodological problems, used laboratory analyses, possibilities for intensification of soil monitoring and discovered shortcomings in fulfilling of monitoring programme. The most developed direction of Estonian soil monitoring is the monitoring of soils' pollution (contamination) and degradation. Starting from the need of revision and improvement of state soil monitoring programme it is recommended to start monitoring (1) of the processes proceeded in the humus covers (pro humus forms) of natural soils and (2) of the soil type-specific biological diversity of key (or model) soils. It is emphasised the urgent need of realizing such essential tasks as (1) to arrange the integration of newly received monitoring results into the existing soil databases, (2) to do the critical review of published works on soil monitoring with compiling their systematic reference list, and (3) to compile the registers about soil monitoring areas location and about key soil species.

© 2018 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2018 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Tagasisaade Eesti muldkatte uurimisele ja seirele

Iga puhast keskkonda väärtustav ja biomajandusele aldis riik vajab aasta-aastalt täpsustatavat ülevaadet oma territooriumi muldkatte kui loodusliku ressursi varudest, mitmekesisusest ja selle muutumise tendentsidest. Põhiline töö Eestimaa mullaressursside arvele võtmisel tehti muldade väliuurimise käigus aastatel 1958–1989,

mille tulemusena koostati suuremõõtkavalised (1:10000 ja 1:5000) mullastiku kaardid riiklikult aktsepteeritud Eesti muldade klassifikatsiooni (EMK) järgi (Astover jt, 2012). Nagu taoliste suurte projektidele omane eelnesid sellele rea aastate jooksul eeluurimised üksikute mullaerimite kirjeldamise ja omaduste analüüsiga, mis aitasid kohandada uurimise meetodeid kohalikele oludele ja luua muldade laialdasemaks uurimiseks sobiv muldade klassifikatsioon. Hiljem on nii muldade kirjeldamise meetodeid kui EMK-i järjepanu täiendatud

ja harmoniseeritud rahvusvaheliselt kasutatavate meetodite ja klassifikatsioonidega. Praegune EMK, kui muldade käsitlemise töövahend, harmoniseerub hästi Euroopas kasutatava World Reference Base for Soil Resources (WRB) süsteemiga (IUSS, 2015). Eestis muldade kaardistamisühikute (MKÜ) nimekiri ja nende koodid või šifrid kaartidel on koostatud EMK mullaliikide põhiselt (MKÜ, 1982).

Kogu Eestit hõlmav 1:10000 mullastiku kaart koos muldade leviku ja omaduste andmekogudega koostati riiklikult finantseeritud organisatsiooni, Eesti Põllumajandusprojekti (EPP) mullastiku uurimise osakonna poolt. See kaart, mis digitaliseeriti aastatel 1997–2001 (Kõlli, 2002b), on interneti kaudu kättesaadav igale soovijale (MUR, 2001). Peale maa-massiivil või põllul levivate mullakontuuride pindala andmete saab sealt kätte ka andmed kontuuris olevate mullaliikide põhiomaduste (lõimis, happesus, huumuskatte tüsedus jt) kohta (MAM, 2001). Mullastiku kaardilt saab välja lugeda ka maakasutuse ja maa-ala reljeefi. Teatavasti eksisteerib oluline erinevus metsa- ja haritavate maade MKÜ kontuuri infos. Selleks on huumuskatte valem metsamuldade ning mulla boniteet põllumajanduslike maade mullastiku kaartidel.

Mullastiku kaardi koostamisega on kaasnenud ka muldade morfoloogiat, muldade talitlemist ja erinevaid omadusi kajastavate andmekogude loomine mullakerimite tasemel. Nii on EPP-s andmete läbitöötamise ja statistilise analüüsi tulemusena koostatud 50 põllu- ja 27 metsamulla erimi mudelprofiili, millistes on peale morfomeetriliste andmete olemas ka kõigi horisontide statistiliselt läbitöötatud andmed nende füüsikaliste ja keemiliste omaduste kohta (EMA, 1978, 1983, 1985a, 1985b; EMDK, 2008).

Looduslike komponentide uurimise (ressursside kindlaks tegemine ja mitmesuguse suunitlusega teadusprojektide realiseerimine) hea tava järgi peaks rööbiti andmete kogumisega toimuma ka tulemuste interpreteerimine, üldistamine ja asjaosalistele kättesaadavaks tegemine. EPP-s tehtud üldistustena on publitseeritud (kahjuks vaid nn ametlikuks kasutamiseks) kaheksa väljaannet seeriast "Eesti NSV mullastik arvudes [EMA]", milles sisalduv materjal ei ole oma väärtust kaotanud ka nüüdisajal ning väärub seega digitaliseerimist ning Eesti muldade seire andmebaasidesse integreerimist. Rööbiti EPP-s tehtuga on mullateadusealane teadustöö toimunud veel paljudes muudes Eesti uurimisinstituutides, ülikoolides ja mujal, milliste tulemused peaksid olema samuti integreeritud ühise eesmärgi (saada adekvaatne kaasaja nõuetele vastav ülevaade Eesti muldkatte mitmekesisusest, produktiooni potentsiaalset, regionaalsetest iseärasustest, puuetest, keskkonna hea seisundi tagamisest jms) nimel.

Eesti muldade seisundit kajastava andmestiku üldistamisel ja vormistamisel on eristunud kaks teatavas mõttes vastandlikku suunda. Ühelt poolt vajatakse riigi kohta andmestikku üle-euroopalike üldistuste jaoks ja, teiselt poolt, detailseid kohtpaikseid mullaandmeid kohalikule maa(muldkatte) majandajale-kasutajale, mitte ainult tootmisest johtuvate otsustuste tegemiseks,

vaid ka muldkatte, kui keskkonda kaitsva moodustise, tervisliku seisundi ja talitlemise tõrgete (st normaalsest talitlemisest kõrvale kaldumise) kohta (Kõlli, 1999). Eestimaa muldkatte seisundi kohta on tehtud aeg-ajalt ülevaateid, mis on koostatud kas Euroopa ühisprojekti-de raames või Eesti probleemide tutvustamiseks erinevatel teadusfoorumitel (Kõlli, Kask, 2000; Reintam jt, 2001; Kõlli, 2002a, 2002b; Reintam jt, 2005 jt).

Mullaseire käivitamine ja edaspidised arendused

Pärast mullaressursside kindlaks tegemist (mullastiku kaardid koos nende kontuuride teabega seostatult maa-kasutusega) ja üldistuste koostamist mudelmuldade näol, kerkis loogiliselt üles vajadus muldade muutuste seiramiseks ja vastavate andmete integreerimiseks Eesti mullastiku andmebaasi. Mullaseire on põhimõtteliselt muldade olulisi omadusi ja talitlemist ning nende muutuste dünaamikat uuriv tegevus, mille meetodika lähtub erinevate mõjude selgitamise seisukohalt. Mullaseire aitab mõista regioonile omaste mullaliikide muutuste määra nii looduslike mullatekkestingimuste (geo-, geomorfo-, meteoro- ja hüdroloogiline foon ning taimkate), kui ka agronoomilis-antropogeensete otse- ja kõrvalmõjude suhtes. Seirega saab teha kindlaks muldade kui maastike põhikomponendi loomulikus arengus ja talitlustes toimuvate muutuste määrad erinevate mulla põhikarakteristikute ja mullaliikide suhtes. Seire kaudu uuritakse ka nii kultuuristamise kui saastamise mõju mulla talitlusele.

Seiresse hõlmatakse muldade leviku ja EMK taksonoomia seisukohalt määrava tähtsusega mullad ehk võtmemullad ja/või võtmemulla kateenad, milliste andmeid saab hiljem kasutada nende geneetiliselt lähedaste muldade iseloomustamiseks. Seire fokuseeritakse muldade seisundit kajastavate indikaatorite muutuste jälgimisele. Mullaseire käigus uuritakse ka muldadele (muldkattele) kahjulikke nähtusi, et selgitada nende mõju vältimise või vähendamise võimalusi. Seirel ja sellele eelnenud ressursside arvele võtmise käigus on Eesti muldkatte kohta kogutud väärtuslikud andmestikud, mis kajastavad meie muldkatte põllu- ja metsamajanduslikku tootmispotentsiaali ning rolli ümbritseva keskkonna hea seisundi tagamisel. See andmestik peaks olema ühildatav nii teiste maismaa ökosüsteemide komponentide uurimisandmetega kui ka rahvusvaheliste mulla-andmebaasidega. Selle Eesti mullastikku kajastava rikkaliku info asjaosalistele kättesaadavaks tegemine ei saa aga toimuda isevoolu teel. Tarvis oleks täita funktsioon, mille eesmärgiks oleks üldistada senini tehtu, leida võimalusi asjakohaste mullaandmebaaside digitaliseerimiseks ja kommunikatiivseks muutmiseks. Tuleks leida mooduseid Eesti muldkatte seisundit ja selle muutusi kajastava usaldusväärse informatsiooni säilitamiseks ja jooksvaks täiendamiseks uute seireandmetega.

Mullaseire kaudu (1) rikastub riiklik mullastiku andmebaas, saab võimalikuks aktuaalsete suundade uurimistulemuste liitmine Euroopa ja globaalsetesse andmebaasidesse ning edeneb rahvusvaheline koostöö;

(2) selguvad muldkattes toimunud muutuste iseloom, nende keskkonnaohhtlikkus ning saab prognoosida toimuda võivate muutuste suunda ja nende võimalikke tagajärgi; (3) saab hinnata säästliku arengu printsiipide rakendamise tõhusust muldkatte majandamises ja muldade kaitse korraldamisel ning akumuleerub teave vastavate seadusandlike aktide väljatöötamiseks ja (4) on võimalik ökoloogiliselt põhjendatult hinnata muldkattega tihedais vastastikusel seostes olevate looduslike komponentide nn kaasressursside (taimestik, loomastik, vesi, maastik kui tervik jms) seisundit, et korraldada tasakaalustatud looduslike ressursside majandamist ja kaitset.

Käesoleva töö ülesandeks on (1) näidata varem kogutud andmestiku väärtust praeguse aja muldade seisundi analüüsimisel ning rõhutada aasta-aastalt laekuvate seireandmete rolli mullastikuliste andmebaaside täiendamisel ja nende kohese integreerimise vajadust; (2) selgitada, et mullaseire peaks olema realiseeritud Eesti huvide ja omapära keskselt positsioonilt; (3) tuua esile muldkeskse käsitluse aspektist üleskerkivaid muldade seire probleeme; (4) selgitada, et seireprojekti realiseerimisel peaks võimalikult täies mahus kasutama olemasolevaid instantse, struktuure, projekte, seirealaseid, andmebaase, laboratoorseid baasi jms ja (5) juhtida tähelepanu mõningatele vajakajäämistele Eesti muldkatte seires.

Metodoloogilised probleemid

Mullaseire erinevad suunad

Puhtalt mullateaduslikust aspektist lähtuvaks mullaseireks on võtme-mullaerimite ja võtmekateenade kaupa tehtav muldade taksonoomiline seire, mis käsitleb seiret muldkeskelt positsioonilt. Muldade taksonoomilist (kui põhiseiret) ja teisi erinevaid mullaseire suundasid käsitletakse EPMÜ teadustööde kogumikus "Agronoomia 208" (Kõlli, Lemetti, 2000). Põhiseirega kaasnevad seired erinevad üksteisest uuritava nähtuse poolest. Eriotstarbeliste seirete loetelu laieneb vastavalt üleskerkinud vajadustele. Nii näiteks kerkib kliima muutustega seoses teravamalt üles muldade hüdrooloogiliste omaduste seire vajadus. Soovitavalt peaksid eriotstarbelise mullaseire alad olema võimalikult maksimaalselt ühildatud muldade põhiseire aladega.

Töös kasutatud lühendid ja selgitavad märkused

EMDK – Eesti muldade digitaalne kogu

EMK – Eesti muldade klassifikatsioon

ESTSOTER – Eesti SOTER

IUSS – Rahvusvaheline Mullateaduse Selts

MKÜ – mullastiku kaardistamisühik

MOS/MOA – mulla orgaaniline süsinik/mulla orgaaniline aine

SOTER – muldade (SO = soil) ja nende esinemise maa-ala (TER = maa-ala) ehk mullatekkestingimuste andmebaas

USDA ST – Ameerika Ühendriikide Põllumajandusministeeriumi muldade taksonoomia

WRB – Maailma mulla-ressursside referents baas

Käsitledes erinevaid Eesti muldasid ei ole töös antud liigi nimetus vaid tema kood. Mulla nimetuse meeldetuletuseks peaks käepärast olema Eesti MKÜ nimestik (näiteks Astover jt, 2013). Toome siinjuures näiteks väljavõtte Põllumajandusuuringute Keskuse (PMK) poolt korraldatavas riiklikus mullaseires olevate mullaliikide kohta, mille raames seiratakse (1) parasniiskest muldadest K – rähk-, Ko – leostunud, KI – leetjaid ja LP – kahkjaid muldasid; (2) niisketest muldadest Kg – gleistunud rähk-, Kog – gleistunud leostunud, KIg – gleistunud leetjaid ja LPg – gleistunud kahkjaid muldasid, ning (3) märgadest muldadest Gk – rähkseid, Go – leostunud, GI – leetjaid ja LkG – leetunud gleimuldastid (KAUR, 2018).

Arvestada tuleb muudetud asutuste nimedega: EPP – Eesti Põllumajandusprojekti mullastiku uurimise osakonna praeguseks nimeks on AS Eesti Maa-uuringud; EPA – Eesti Põllumajanduse Akadeemia oli mõnda aega (1991–2005) EPMÜ (Eesti Põllumajandusülikool) ja on praegu EMÜ – Eesti Maaülikool; EKUK – Eesti Keskkonnauuringute Keskus; EGK – Eesti Geoloogiakeskus.

EMA on seeriaväljaanne "Eesti NSV mullastik arvudes", millest on ilmunud kokku kaheksa (I–VIII) osa. Teatavasti olid trükivalmis veel kahe osa käsikirjad (Rein Lehtveer – suuline teave), kuid kahjuks on need kaduma läinud.

Töös kasutatud mõistetest

Eesti mullastiku andmebaasi koostamisel, mullaseires ja mullastiku seisundist ülevaate tegemisel on kasutatud järgmisi mõisteid.

(1) põhiühikutena **mullaliik** ja **mullaerim** kui EMK taksonid; **mullaliik** on väiksem EMK takson muldade arengu ehk geneesi seisukohalt; **mullaerim** on detailseim EMK takson, mis eristatakse mullaliigi piires mulla lõimise alusel; **võtmemuld (liik või erim)** on mingi piirkonna EMK võtmepositsiooni muld olles domineeriv oma leviku poolest selle piirkonna muldkattes.

(2) **võtmekateenad** on muldade tüüpilised arenguread või maastiku pikiprofiilid, mis peegeldavad selle piirkonna muldade leviku seaduspärasusi seoses suhteliselt kiirelt vahelduvate lokaalsete mullatekkestingimustega; **pedoökoton** on kahe kontrastse mullaliigi või mullaerimi üleminekuriba.

(3) **muldemuld** on mullaerim (või mullaliik), mis on mitmekülgset ja põhjalikult (suured kordused) läbi uuritud ning sellele toetudes on leitud mullataksoni keskmised parameetrid koos variatsioon-statistilise andmestikuga.

(4) **muldkate** on maismaa pealmine kiht, mis on muutunud mullatekkestingimuste tagajärjel, hõlmates kihi alates maapinnast kuni muutumatu lähtekivimini; **pedon** on sammad või läbilõige muldkattest, millel on võimalik jälgida mullaprofiili ja seda moodustavaid horisonte ja nende lasuvust ning koostist; **huumuskate** on muldkatte pindmine osa, mis mineraalmuldadel hõlmab orgaanilise aine akumulatsioonihorisonid (v.a huumusilluviaalne horisont), kuid turvasmuldadel võetakse selleks ülemine 30 cm turbakiht; **epipedon** on

monoliit huumuskattest, millel on võimalik jälgida huumuskatte kihilist ehitust, lasuvust, orgaanilise aine muundumise iseloomu ja koostist.

(5) **muldade kooslus** on ala või kontuur, kus esineb kaks või rohkem tunduvalt üksteisest erinevat (keskmiselt kontrastset) mulda, kusjuures nendest igäihe osatähtsus on üle 20%; **dominantmuld** on mullaliik või erim, mis moodustab mullakontuurist üle 50%, kusjuures temaga kaasnevad dominandist vähe erinevad (vähekontrastsed) mullad on vähemuses; dominantmulla kontuuris võib esineda alla 10% keskmiselt ja tugevasti kontrastseid muldasid.

(6) **normaalsed mullad** on need mullad, milliste esinemisala biokliimaatilisele võõtmele omane mullatekkeprotsess ei ole nüüdisajal mõjustatud erosioonist (pindmise mullakihi ära- või pealeuhtest), perioodilisest setete akumulatsioonist üleujutusvete (lammi- ja rannikualad) mõjul, ega ole tegemist inimtegevuse tagajärjel toimuva muldkatte eemaldamise või selle mattumisega; **anormalsed mullad** on aga need, milliste biokliimaatiliste tingimustele omane mullateke on takistatud või varjutatud erosiooni (erodeeritud ja deluviaalmullad), setteid kuhjava tulvavetega üleujutuse (lammimullad), perioodiliselt üleujutava merevee (sooldunud rannikumullad) või inimese muldkatet muutva tegevuse (tehnogeensed mullad) mõju tõttu.

(7) **mullaseire ala** – on mullakontuur või maa-massiiv, millel toimub muldkatte ja mullatekkestingimuste seire; mullaseire alal rajatakse vajaduse korral huumustransektsid (s.o huumusseisundi uurimise transektsid 10–15 huumuskaevaga) või huumusringid (8–10 huumuskaevaga) ning tehakse nende uurimiseks vajalikke töid; ühel seirealal võib asuda üks või mitu mullaseire punkti või kateenat; **mullaseirepunkt** on mõne ruutmeetri suurune ala, kus toimub võtmemulla profiili kirjeldamine, proovide võtmine ja muu vajaliku info kogumine.

(8) **mullastiku kaardistamisühik (MKÜ)** – on piirkondliku mullaklassifikatsiooni ja muldade leviku järgi koostatud mullaliikide nimekirjas olev muld, mida peetakse vajalikuks eristada suuremõõtkavaliste mullastikukaartide koostamisel.

(9) **mulla huumusseisundi** kui üldistava termini all mõistetakse muldkattes toimuvat orgaanilise aine majandamist, mida saab kvantitatiivselt määratleda mulla orgaanilise aine (MOA), mulla orgaanilise süsiniku (MOS) või MOA-sse talletunud energia hulga, st kontsentratsiooni (% , g kg^{-1}) või varu (Mg ha^{-1} , g m^{-2}) kaudu; teisiti öeldes, iseloomustab mulla huumusseisund MOA/MOS voogu (sisend \rightarrow akumulatsioon \rightarrow väljund) läbi muldkatte.

Kohustuslik teave mullaseirepunkti (pedoni) kohta

Tundmatust või puudulikult pasporteeritud muldkeskkonnast (pedoni kohta) saadud andmed ei sobi mulla- ja selle seire andmebaasidesse sisestamiseks. Aegade jooksul on kujunenud välja kavad või skeemid, mis tagavad uuritava pedoni identifitseerimise kõigi oluliste väliste ja sisemiste omaduste suhtes, mis on ka eelduseks vastava uurimuse võtmiseks andmebaasi.

Mullaprofiili ülesehitust (pedonit) peegeldav kirjeldus on muldade iseloomustamise klassikaline vahend, mis peaks mullaseires olema tehtud vastavuses kaasaja põhimõtetega (Astover jt, 2012, 2013). Mullaprofiili morfoloogiline uuring peaks hõlmama kõik horisondid ja näitama erinevate mullamaterjalide esinemise ja vastavate kihtide lasuvussügavuse. Mullaprofiili ehitust kajastavate horisontide määramisel on globaalses ulatuses toimunud kriteeriumide ühtlustamine (SSDS, 1993; FAO, 2006).

Mullaseirealal seni tehtud mulla ja mullatekkesteguri kirjeldused võivad olla koostatud erinevate metoodiliste juhendite järgi ja nende täiuslikkuses võivad olla olulised erinevused. Põhiseirealadel ja kateenadel sobiks edaspidi rakendada ESTSOTERis toodud kava (Lemetti, Kõlli, 1998). Üldiselt on muldasid käsitlev andmestik eri projektides võrdlemisi sarnane. Fikseeritav mullainfo koosneb tavaliselt järgmistest osadest (teema järel nurksulgudes on antud maksimaalne näitajate arv ESTSOTERi järgi): (1) Mullavälised ehk seireala ja mullatekkestingimusi iseloomustavad näitajad, selle hulgas seireala üldiseloomustus [16] ja mullakontuuri iseloomustus [15]; (2) Mullaerimi üldiseloomustus [17]; (3) Mullaprofiili ehk pedoni andmed [18] ja (4) horisontide andmed [61].

Tänu viimastel aastakümnetel avanenud võimalusele positsioneerida seirepunkt GPS süsteemi abil osutuvad võimalikuks nn järel-tööd, milleks võivad olla täiendava kirjelduse tegemine, kordusproovide võtmine või mõne muu stabiilse tunnuse mõõtmine. Eestile suunatud info korral tuleks esmane mullaliigi ja lõimise määrang teha EMK järgi. Kui vajatakse ka vastavaid määranguid WRB või USDA ST järgi, siis neid tuleks võtta kui sekundaarseid, millel peaks säilima seos rahvusliku süsteemiga (SSDS, 1993; FAO, 2006).

Mullaseireks vajalikud laboratoorsed analüüsid ja vastavad võimalused

Mullas toimuvatest protsessidest ja nende ulatusest ülevaate saamiseks on vajalikud mullaseirealalt võetud mullapeenese proovidest järgmiste keemiliste ja füüsikaliste omaduste määramine:

(1) Seoses mulla huumusseisundiga: mulla üld-, labiilne ja vees lahustuv süsinik; MOA ja üldlämmastiku sisaldus.

(2) Makroelementide (Ca, K, Mg, P) üld- ja liikuva ehk ekstraheeruva fraktsiooni sisaldus.

(3) Mikroelementide üld- ja liikuva ehk ekstraheeruva fraktsiooni sisaldus.

(4) Mulla happesuse iseloomustamiseks: pH_{KCl} , $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ja karbonaatide sisaldus.

(5) Katioonide neelamismahutavus ja selle alustega küllastatus.

(6) Mulla eripind.

(7) Mulla lõimis ehk liiva, tolmu ja savi sisaldus.

(8) Erimetoodika alusel võetud rikkumata struktuuriga proovidest määratakse: lasuvustihedus, poorsus ning vee- ja õhuläbilaskvus.

Meetodi valikul peab silmas pidama, et kasutataks usaldusväärset ja laialt levinud meetodeid, mis annab võimaluse tulemuste seostamiseks teistes riikides

saadud uurimistulemustega (SSSA, 1996; Calhoun jt, 1998). Kasutatavate seadmete puhul peab jälgima, et tegemist oleks nüüdisaegse ja antud valdkonnas laialt kasutatava instrumendi tüübiga. Nüüdisaegsete meetodite kasutamine tagab analüüsitulemuste usaldusväärsuse ja võrreldavuse nii varem kui edaspidi teostatavate uuringute tulemustega.

Ostarbekas on kasutada nii MOS kui ka üldsüsiniku ja üldlämmastiku sisalduse määramiseks kuivtuhastamist kontrollitud atmosfääris ehk Dumas meetodit. Mulla aineringe ja elutegevuse seisukohalt on oluline määrata ka süsiniku labiilse fraktsiooni osakaal. Ostarbekas oleks määrata nii taimede ja mikroorganismide poolt väga kergesti kasutatav kuumaaegse ekstraheeruv süsinik kui ka lahja KMnO_4 lahuse toimel oksüdeeruv keemiliselt natuke stabiilsem kuid siiski erinevate organismide poolt kasutatav süsiniku fraktsioon. MOA sisalduse määramiseks on sobiv seni laialt kasutatav gravimeetriline kuumutuskao meetod.

Nii makro- kui ka mikroelementide üldsisalduse määramine sisaldab kahte põhietappi – mullaproovide lahusesse viimist ja erinevate elementide määramist lahusest. Kuna nii makro- kui ka mikroelementide määramised on sarnased, siis määratakse need ühest ja samast lahusest. Üldanalüüsiks tuleb proovide lahustamiseks kasutada mineraliseerumist hapete segus rõhu all, milleks tänapäeval saab kasutada mikrolaine mineralisaatoreid. Elementide sisalduse määramiseks lahusest on sobiv kasutada plasma spektroskoopilist meetodit (ICP).

Mulla liikuvate elementide määramiseks on erinevatel aegadel välja töötatud ja seni kasutusel väga palju meetodeid. Eestis on mulla liikuvate taimetoitelementide sisalduse määramiseks kasutusel Mehlich 3 meetod. Kuna see on ainus Eestis tunnustatud meetod ja mitmetes maailma regioonides suhteliselt laialt kasutatav, siis on see momendil parim valik liikuvate makro- ja mitmete mikroelementide määramiseks.

Mullaplasma (MOA+savi) mahutavust iseloomustab mulla katioonide neelamismahutavus, kuid selle määramismeetodi valikut raskendab asjaolu, et puudub kõigile muldadele ühtselt sobiv meetod. Koos katioonide neelamismahutavusega määratakse ka aluseliste katioonide (Ca, Mg, K) osatähtsus selles ehk alustega küllastatus.

Mulla lõimise määramine võiks toimuda sedimentatsiooni-analüüsil põhineva pipettmeetodiga.

Nõutav erialane kvalifikatsioon

Mullaseire on vaid üks osa muldade seisundist ülevaate saamiseks. Nii võivad jooksvad seireandmed (seire read) pakkuda eraldiseisvat metodoloogilist huvi ja jälgitava parameetri paremat mõistmist, kuid mulla-seisundist laiema ülevaate saamiseks ja hindamiseks tuleb seireandmed integreerida laiema tasandil tehtud ressursi uurimistega. Selleks peaks omama üldisi teadmisi EMK ja selle erinevate muldade ülesehitusest ja põhiomadustest. Töövahendina peaks olema käepärast võtta EMK kõrval ka MKÜ ja nende koodide nimestik ning teave erinevate mullaomaduste indikaatiivsest väärtusest ja kasutatud ühikutest. Õeldu põhjal

võib väita, et nimetatud mullainfo on hästi mõistetav vaid üldmullateaduse põhikursuse ja Eesti mullastiku kursuse läbinuile. Ülevaate tegemine laiemas plaanis eeldab aga juba suuremat erialast kompetentsi ehk magistri- või doktorikraadi omamist, mis eeldab ühtlasi aktuaalse erialalise maailmakirjanduse tundmist, osalemist valdkonna ülemaailmsel foorumitel ja heal tasemel ilmunud erialaseid teadusartikleid. Teisiti öeldes, mullaseire ülevaate tegemine eeldab head erialast kompetentsi. Kahjuks peame tõdema, et Eestis on puudus kõrge kvalifikatsiooniga mullateaduse eriala spetsialistidest.

Nõuded seiretööde, mõõtmiste ja aruande kohta on kättesaadavad uuendatud programmide ja vastavate määruste kaudu (KeSS, 2016; KAUR, 2018).

Esiletõstmist vääriavad saavutused Eesti muldade uurimises ja seires

Meie eelkäijate Eesti mullastiku uurimisele fokuseeritud töö tulemusena on kogutud tähelepanuväärne kogus meie muldade erinevaid omadusi kajastavate andmete kogumeid ja tehtud probleemsetest küsimustest esmaseid ülevaateid. Mõneti üllatav on see, et paljud varasemad uurimistulemused on leidnud liialt vähe kasutust. Meie arvamusel vajab taoline Eesti mullastiku kullafondi kuuluv andmestik taaskasutusele võtmist, kusjuures seda saab teha ennekõike nende kasutuskõlblikumaks muutmise kaudu. Enim arendatuks Eestis on muldade saasteseire, degradatsiooni seire (koos degradeerunud olekust taastumise seirega) ning looduskaitse- ja kompleksseirealadega seotud muldade (kaas)seire (Reintam, 2004; Kumar jt, 2009; KAUR, 2014; Klasen jt, 2017). Järjest suuremat hoogu võtvaks seireks on muldade bioloogiline seire. Viimasel ajal on üles kerkinud vajadus huumuskatete (*pro* huumusvormide) seireks (Kõlli, 2010; Zanella jt, 2010).

Järgnevalt loetleme mõningaid saavutusi Eesti muldade uurimises ja seires, nimetades ka vastava instantsi või viidates selle kohta ilmunud kirjandusele. Sealjuures on olnud meile kättesaadavad peamiselt vaid varasematel aegadel EPP-s ja EPA-s ning käesoleval ajal Keskkonnaagentuuri suunitlusel tehtu. Kahjuks jääb muudes asutustes tehtu sellest huvitatud asjaosalistele raskesti kättesaadavaks.

EPP mullastiku uurimise osakonnas tehtud ressursi uurimused ja seire

EPP mullateadusliku sisuga andmestiku kui pärandmaterjalide hulka kuuluvad:

(1) Kogu Eestit hõlmav interneti kaudu kättesaadav digitaalne mullastiku kaart mõõdus 1:10000 koos MKÜ kontuurides olevate muldade põhiomaduste ja pindalaga (MAM, 2001; MUR, 2001).

(2) Domineerivate mullaerimite mudelprofiilid koos kõigi selle horisontide morfomeetriliste, erinevate füüsikaliste ja keemiliste omaduste kontsentratsiooni aritmeetiliste keskmiste ning kirjeldava statistika näitajatega. Algselt on need publitseeritud seeriaväljaandes "Eesti NSV mullastik arvudes" (EMA, II, III, IV ja VI), hiljem on nad õppeotstarbel välja antud brošüüridena

paberandjal ja elektroonilisel kujul "Eesti muldade digitaalse kogu" CD-6-na (EMDK, 2008).

(3) Eesti jaotamine põllumajanduslike maade mullaliikide koosseisu alusel 116 agro-mullastikuliseks mikrorajooniks (EMA, I). Selle andmestiku järgi leiab üles mistahes Eesti agro-mullastikulise mikrorajooni mullaerimite ja kooslustes olevate mullaliikide osatähtsuse andmed, mille alusel saab iseloomustada erinevate maastike paigaste mullastikku ja hinnata meid huvitava kinnistu mullastiku koosseisu ning selle vastavust asukohale ehk pedo-ökoloogilist ekvivalentsust (Arold, 2005).

(4) Määratud on Eesti muldade lähtekivimite ja nendel kujunenud muldade mehhaaniline koostis ehk lõimis mullahorisontide kaupa ning tehtud kokkuvõtted Eesti maakondade muldade lõimistest (EMA, II, IV ja VI).

(5) On uuritud mullaliigi mullatekketingimuste regionaalsete iseärasuste kajastumist mullaprofiili ülesehituses ja omadustes: LP mullad (EMA, VI-4) ning Kr, K, Ko, KI ja LP mullad (EMA, VIII-1-3).

(6) On selgitatud põllumuldade pedoni ülesehituse, elementaarareaali suuruse ja huumushorisondi tuseduse (peamiselt K, Ko ja KI; vähemas osas Kr ja LP) varieeruvust ja nende sõltuvust mulla asukohast reljefil (EMA, V-7). Samuti uuriti huumushorisondi түsenemist maastiku tüüpide, mullaliikide (K, Ko, KI, LP ja Lk) ja agro-rühmade lõikes (EMA, VII-3).

(7) On määratud põllumulla erimite lasuvustihedused kogu profiili ulatuses. Võrreldavuse huvides on need määratud augustis-septembris peamiselt teravilja kõrrepõldudel (EMA, VI-2).

(8) On uuritud põllumulla tihenemist (EMA, VI-3) ja esitatud esmakordne mullatihese klassifikatsioon (R. Lehtveer; EMA, VII-2 ja VIII-4).

(9) On kogutud andmed ühe ja sama mullaliigi (LP) ülesehituse ja omaduste erinevuste kohta sõltuvalt nende kasutamise põllu- või metsamullana; samas on selgitatud veel ka selle mullaliigi erinevusi geograafilise leviku suhtes (EMA, VI-4).

(10) On koostatud ülevaade Eesti põllumuldade kivisusest (peen- ja suurkivisus) (EMA, VII-1).

(11) Aastatel 1983–1994 rajati ja tehti põllumuldade seiret 79 vaatlusväljakul. Tehti esimesed kokkuvõtted põllumulla omaduste muutumisest statistilise analüüsi alusel. Analüüsi alla oli võetud huumushorisondi түsedus, huumuse sisaldus, huumusvaru ja lasuvustihedus; künnikihi mulla pH_{KCl} ja taimedele omastatava P ja K sisaldus. Seda kõike tehti koos saagikuse uurimisega (EMA, VII-4). 2002. aastal valiti nende hulgast põllumuldade seire jätkamiseks 30 ala, kuhu rajati selleks otstarbeks huumustransektsioonid PMK seirerühma poolt (KAUR, 2018).

(12) On olemas andmed Kirde-Eesti muldade leelistumise kohta (EMA, VII-5).

(13) On tehtud ülevaade Eesti liivmuldade keemilisest koostisest (EMA, VII-6 ja VIII-6).

(14) On tehtud ülevaade Eesti rabamuldade saastatusest 6 vaatlusväljaku andmete alusel (EMA, VIII-5).

Väärib märkimist, et Eesti riigi taastamise üleminekuagadel on kaduma läinud andmed Eesti muldade

soojusressurssidest ja Eestit läbiva transektsiooni sügavkaevete kohta kogutud andmestik.

Muudes uurimisasutustes mullaressursside uurimise ja seire alal tehtust ja tehtavast

(1) Eesti Geoloogiakeskuse (EGK) poolt on muldade seisundi jälgimiseks korraldatud üheksakümnendatel aastatel püsivaatlusi reas vaatlusjaamades. Kõlli ja Ellermäe osavõtul (2000) uuriti 12 seirepunkti sobivust mullaseire läbiviimiseks, millistel jätkusid seiretööd alates 2001. aastast. Heaks ülevaateks Eesti põllumuldades esinevate mikroelementide kohta on EGK osavõtul geokeemilise seire tulemusena koostatud büllettään ja geokeemiline atlas (Petersell jt, 1996; Petersell jt, 1997).

(2) Eesti Teaduste Akadeemia Looduskaitse Komisjoni konverentsi kogumikus "Muld ökosüsteemis, seire ja kaitse" (Reintam, 2004) tutvustatakse seirealade valikuprobleeme ja esialgseid tulemusi huumusesisalduse, lasuvustiheduse ja hapestumise kohta; põllumuldade väetustarbe määramise ajalugu ja analüüsimetodeid; ning taasalusatud põllumuldade seiret P. Penu, I. Rooma ja O. Ellermäe koostööna. Peale nimetatute on selles kogumikus veel rida Eesti muldade seisundit käsitlevaid artikleid nagu mõhnastike mullad, tihenunud muldade bioloogiline ravi, hooghännalistest põllumuldades, juur-muld suhetest, lämmastikoksiidide ja metaani emissioonist märgadest muldadest jms.

(3) Igati õigustatud on Keskkonnaagentuuri viimaste aastate püüdlused kindlama süsteemsuse loomiseks ja tõhusamate teede (mooduste) leidmiseks mullaseire vallas, eesmärgiga saada võimalikult hea ülevaade Eestimaa muldkatte praegusest seisundist ja selle muldade muutuste suundadest, tehes seda nii asjakohase tagasisaate kui seal käsiloleva inventuuri ja kriitilise hinnangu kaudu (KeSS, 2016; KAUR, 2017, 2018; KKMM, 2017). Keskkonnaagentuuri vastutusalas on laekunud mullaseirega seoses olevad aastaruanded ja mõõtmiste andmestikud ning aeg-ajalt tehtud ülevaated.

(4) Vaadates tagasi EMÜ mullateaduslikes uurimustes tehtule ja hinnates seda muldade seisundi määramise seisukohalt selgub, et on olemas soliidne kogus olulise levikuga mullaerimite kohta tehtud süva-uurimusi (režiimid, huumusseisund ja palju muud), millised peaks n.ö taaskasutusse võtma. Omamoodi suur väärtus mudelmulla või etalonina on Balti-Ameerika koostöös uuritud reepermuldadel, mida saab kasutada nii meetoodikate, klassifikatsioonide kui ka mullaomaduste võrdleval analüüsil (Calhoun jt, 1998). Samas on EMÜ-s terve rida jätkuvaid uuringuid, mis on tehtud viimastel aastatel ja pakuvad huvi muldade seire ja olemasoleva seisundi hindamise aspektist.

(5) Muldade seisundi hindamise ja nende seire seisukohalt huvipakkuvaid uurimisi on rohkesti veel ka paljudes teistes Eesti uurimisasutustes: EKUK, Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus jt.

2017. a seisuga oli PMK korraldatud riiklikus mullaseires 30 püsivaatlusalala järgmiste mullaliikidega (arv sulgudes): K (2), Ko (4), KI (4), LP (2), Kg (1), Kog (1), KIg (2), LPg (2), Gk (3), Go (2), GI (3), LkG (1), E-D kompleks (2), turvasmuld (1) (KAUR, 2018).

Kuigi taoline mullaliikide jaotus on seiratavate põllumuldade suhtes küllaltki esinduslik, oleks siiski õigem normaalse arenguga muldadest ennekõike seirata automorfseid parasniiskeid muldasid ja selle järel (või kõrval) alaliselt liigniiskeid glei- ja n.ö viimases järjekorras turvastunud ja turvasmuldasid. Gleistunud muldade vähesem seiresobivus tuleneb nende väiksemast osakaalust põllumuldade hulgas ja veel sellest, et nad on üleminekuala mullad parasniiskete ja gleimuldade vahel.

PMK poolt seiratavate huumustransectide algus- ja lõpp-punktid ning sügavkaevete asukohad on GPS-i abil seostatud geograafiliste koordinaatidega. Graafikujärgse seireaja raames võetakse augustis-septembris proovid sügavkaevete geneetilistest horisontidest ja huumuskaevetest ning eriproovid lasuvustiheduse ja koondproovid raskmetallide ja taimekaitsevahendite jääkide määramiseks (Reintam, 2004; Klasen jt, 2017).

Ka muldkesksele seirele alternatiivsed seired võivad oma põhiobjekti mullaga seotuse tõttu uurida mõningaid mullaparameetreid. Samas jäävad nad valdavalt kõik muldasid käsitlevas osas lünklikuks, sest ei ole tehtud nõutaval tasemel muldade määramist ja ei ole fikseeritud kohustuslikke mullaparameetreid. Nii on Eestis kujunenud olukord, kus juhuslikult seiresse sattunud mullad on muldkeskselt positsioonilt lähtuvalt vähe huvipakkuvad. Samal ajal ei ole Eesti seiramist vajavaid domineerivaid mullaerimeid allutatud piisaval hulgal seiresse.

1997. aastal koostatud Riikliku mullaseire projekti järgi (Kõlli, Lemetti, 1997) oleks optimaalne teha mullaseiret 29 mullaerimil, mis hõlmaks kokku 109 seirepunkti (metsas 18 mullal ja 40 punktis, looduslikul rohumaal 17 ja 25 ning haritaval maal 17 ja 44). Lisaks sellele peaks seirele olema allutatud 17 mullakateenat, mis hõlmaks anormaalsetest muldadest erodeeritud, deluviaalsed, lammi- ja rannikumuldade kateenad; normaalsetest muldadest mõhnastike, rannavalli, rähkmoreeni ja veesetete, Kesk-Eesti karbonaatse moreeni ja veesetete, Lõuna-Eesti punakaspruuni moreeni ja veesetete, leede- ja leetunud, glei- ja turvastunud ning paepealsete muldade kompleksid (kateenad); lisaks turvasmuldadest madalsoode ja rabade äärealad ning soostunud lammi- ja lammisoomullad ligemale 60 seirepunktiga.

Muldade seisundit kajastava olemasoleva (st varem kogutud) teabe kohta kehtib väljend, et see ei ole "varnast võtta", sest selle uuskasutusse võtmine nõuab rohket eeltööd. Parima kättesaadavuse huvides tuleks selleks koostada kõigepealt vastava suunitlusega bibliograafiline nimekiri, millesse on sisestatud vaid tööd, kus muld on dokumenteeritud või on fikseeritud olulised muldkatte parameetrid. Siinjuures saab erandjuhtudel arvestada sellega, et puuduv info hangitakse nn järeltöö korras. Bibliograafia koostamisega peaks kaasnema süsteemne märksõnade register, mis annab võimaluse meid huvitava töö kergesti üles leida.

Soovida jätab mulla kui olulise loodusressursi kajastamine riigi seadusandluses. Peamiselt on tähelepanu

pööratud vaid muldkatte kaitsele erinevatest aspektidest lähtudes (1) saastekahju hüvitamise seadus (1993); kaitstavate loodusobjektide seadus (1994); maapõue-seadus (1994); ranna ja kalda kaitse seadus (1995) ja veel mõned teised. Vaja oleks täielikult muldkeskselt positsioonilt lähtuvat seadusandlikku akti.

Mullaseire olulistest külgedest

Mullaseiret peaks kõigepealt tegema võtmemullaerimisel, mille tulemustele toetudes saab iseloomustada nendele arenguastmelt, lõimiselt, veerežiimilt ja kasutuse iseloomult sarnaseid muldasid. Representatiivsuse tagamisel on olulisem ühe võtmemullaerimi suurem seirealade arv, kui suur erimite mitmekesisus. Eesti muldade taksonoomilise seire võtmemullaerimite nimestik on kokkuleppe asi, sõltudes muldkatte mitmekesisusest, muldade osatähtsusest ja rahalistest võimalustest. Võtmemullaerimid võiks jaotada nende osatähtsuse järgi kolme (I–III) kategooriasse (Kõlli, Lemetti, 1997), eelistades seiramisel I kategooria võtmemuldadeid. Valdavalt kõigi anormaalsete muldade, aga ka mõningate normaalse arenguga mineraal- ja turvasmuldade seiret oleks otstarbekas teha võtmekateenade lõikes, mis annab hea ülevaate muldkatte mitmekesisusest (pedoökotonide rikkusest). Ka lähtekivimist päritavate omaduste ja muld-taim süsteemi lõimisele vastava adekvaatsuse selgitamist on mõttekas teha võtmekateenade abil.

Põhimõttelise tähtsusega muldade seires on muldkatte kihilise ülesehituse, talitluslikult aktiivsete kihtide tuseduste ja mullatekkest puutumatu kihtide paiknemise fikseerimine. Üldiselt on mullaprofiili koosseisus olevate horisontide määratlemisel globaalses ulatuses toimunud diagnostiliste kriteeriumide ühtlustamine ning erinevate riikide mullauurijate vahel üksteise mõistmisel probleeme ei teki. Arusaamatusi võib tekkida eri maade mullaandmete võrdlemisel muldade kaupa, sest et erinevate maade ja koolkondade klassifikatsioonide põhiprintsiibid, kasutatavad kriteeriumid, taksonite maht ja mullanimed lahnevad suures ulatuses. Ka kohalike mullanimetuste tõlge teistesse keeltesse ja eelnev kasutatavate nimetuste konverteerimine ei lahenda seda probleemi, sest diagnostikaga hõlmatavad "mullamahud", klassifikatsioonide paindlikkus ja piirkondade mullastikulis-kliimaatilised tingimused võivad olla erinevad. Selle kõige tõttu kontuuride eralduspiirid mullastiku kaardil ei kattu ning alternatiivseid vasteid teise maa mullaklassifikatsioonis on valdavalt rohkem kui üks.

Mullaseirepunkti iseloomustuseks valitud pedon ei pruugi alati kokku langeda mullakontuuri nimetusega, mis on sisuliselt polüpedon. Mullaseire adekvaatsuse tagamiseks peaks mulla seireandmete baasis olema seirealade ja seirepunktide register. Tähtis on, et oleks tagatud domineerivate võtmemuldade seire ja nende optimaalne geograafiline paiknemine ning oleks välditud liigsed kordamised.

Mullaseirel on oluline jälgida muldkatte aktiivseima osa s.o huumuskatte ülesehitust ja talitlemist. Mulla ja taime vastastikune seos on enam märgata maapinnale

lähemal lasuvates mullakihtides. Huumuskattes peegeldub taimkatte tagasimõju (iga-aastase varise ja moodustunud orgaanilise aine poolest rikaste horisontide akumulatsiooni näol) mullale. Huumuskatte (epipedon), mis lasub taim- ja muldkatte piirimail, väljendab huumusprofiili kaudu kõige selgemalt nii looduskeskkonna kui ka inimtegevuse mõjutuste iseloomu mullale. Rohkete uurimistega on selgunud looduslike mullakoosluste väga suur mosaiiksus ja koos sellega ka epipedonite (eriti selle ülemise osa – metsa või rohumaa kōdukihtide) mosaiiksus, mis nõuab põhimõtteliselt erilist seiret. See on, ühelt poolt, seotud suurema arvu mõõtmistega, et tabada suurest loomupärasest varieerumisest tingitud nähteid ning, teiselt poolt, vajadusega uurida morfoloogiat pealtvaates (avades järjestsuusi kihte), mitte aga külgvaadet kirjeldades, nagu seda tehakse tüsedate mullahorisontide puhul. Eesti kohta on välja töötatud huumuskatte klassifikatsioonid nii metsa- kui haritava maa muldade kohta (Kõlli, 1994, 2003).

Eestimaa paiknemise tõttu metsavööndi pedokliimaatilistes tingimustes on eriline indikaativne roll taim-muld süsteemi talitluste mõistmisel just huumuskatte pindmisel osal ehk metsakōdul. Meist põhjapoolasuvatel aladel suureneb metsakōdude uurimise vajadus veelgi enam, meist lõunapool suundudes aga selle komponendi roll väheneb. Seega on erinevate mullaliikide ja piirkondade seire puhul huvide fookus erinevatel muldkatte komponentidel. Teisiti öeldes ei ole muldade tasakaalulise oleku püsijäämise, ökoloogiliselt õige kasutamise ja kaitse võtmed universaalsed, vaid erinevad põhjalikult, minnes põuakartlikelt muldadelt märgadele muldadele, kergetelt lõimistelt rasketele, mineraalmuldadelt turvastele, happelistelt karbonaatsetele jms.

Mullaseire problemaatilised aspektid

Maakera eri piirkondade muldkatetele on iseloomulik märgatav unikaalsus (pedoökoloogiliselt ekvivalentsete alade vähesus või puudumine), muldade suur regioonisisene mitmekesisus ja nende omaduste suured erinevused (mineraal- ja turvasmuld, karbonaatne ja happeline muld, veerežiimilt põuakartlik kuni üleujutatud muld, lõimiselt liivad, kruusad kuni savid jms), mis eeldab detailsel taksonoomilisel tasemel (meil liigi või erimi tasemel) tehtavat seiret. Muldade mitmekesisus teeb mullaseire mahukaks võrreldes vee või õhu seiretega. Üldjuhul on muldade uurimise meetodid, klassifikatsioonid ja ka seire oma algsel arengul lähtunud põllumajanduse huvidest. Seoses sellega on looduslike alade muldade ökoloogiline iseloomustamine ja seire erisused õigustamatult vähem tähelepanu ja uurimist leidnud. Sootuks vähe tähelepanu on pälvinud nii looduslike kui kultuuristatud muldade keskkonnaseisundit määravad aspektid

(Kõlli, 1999; Blum, 2002), mida käsitleme põgusalt töö viimases osas (Kõlli, 1999).

Eestis peaks mullaseire planeerimisel ja registreerimisel korraldamisel rakendama ametlikult kinnitatud MKÜ nimestikku, mis rahuldab täielikult mullaseire vajadused (MKÜ, 1982). EMK ja MKÜ nimestik tagavad võimaluse konverteerida seiresse võetud võtmemulla nimetused nii WRB mullaklassifikatsiooni, kui ka USDA Soil Taxonomy süsteemidesse (SSS, 2014; IUSS, 2015). Rahvusvahelises suhtlemises kerkib üles ka mulla lõimise konverteerimise vajadus. Selles osas on esialgu vältimatu kahe süsteemi paralleelne kasutamine. Samas on erijuhendite alusel võimalik konverteerida Katšinski (vene süsteemi) järgi määratud lõimis WRB süsteemi, kuid mulla korese puhul on vältimatu EMK jaotuste kasutamine (Astover jt 2013; Rannik jt, 2016).

Perspektiivne mullaseire peaks lahendama ka uue adekvaatse mullainfo laekumise, mille kaudu täienevad muldkatet käsitlevad andmebaasid ja toimub mulla, kui tähtsa loodusliku ressursi ökoloogiliste aspektide arvestus. Üheks mullaseire tõhustamise asjaoluks on varasemate soliidse andmestikuga uurimisalade kasutamine. Samuti võiks arvestada nn järel-töödega mulla kirjeldamise osas, mis on eriti aktuaalne aladel, kus muld on olnud kaasseire objektiks.

Muldade käsitlemisel ja seirealade valikul on vaja tähelepanu pöörata regiooni nn ideaalsele mullale (Kõlli, 1994; Kõlli, Tamm, 2012). Selleks on antud piirkonna maksimaalse produktioonivõimega ja samas tasakaalustunud olekus olev muld. Igas regioonis võib eristada oma ideaalmullad, millised ületavad ülejäänuid oma produktiivsuse ja talitluse aktiivsuse poolest. Võrreldes nn ideaalmullaga on teistel muldadel rohkem puudeid, mis peaksid saama muldade seires fikseeritud, kusjuures mõningatest puuetest taastumine või puude progresseerumine väärrib seiramist.

Aladel, kus muldade seire on kaasseire staatuses, peaks karakteristikuid olema sellises mahus, et saaks määrata mullaerimi, selle põhiomadused ning seostada mullaandmed taimestiku, kliima, pinnakatte, loomastiku jms andmestikuga. Kõigil mullaseiresse võetud aladel tuleks tagada kavandatavate mõõtmistulemuste säilitamine ja nende liitmine olemasolevasse mullastiku andmebaasi (Jones, Buckley, 1996).

Üheks eriliseks nähtuseks Eesti muldade degradatsiooni alal on kaevandusmaastiku rikutud mullad, kus kuni 1959. aastani kaevandati põlevkivi maa all. Nendel aladel on maa-aluste kaevanduskäikude sisselangemise tõttu maapind vajunud kohati isegi üle kahe meetri. Üldiselt on muldade produktiivsus nendel ebahühtlastel aladel langenud, liigniisked mineraalmulla langatuslohud on alluvad soostumisele ja kogu ala muutunud raskesti majandatavaks, mida on keeruline ja kulukas taastada (KAUR, 2018). Mõningane seire kuluks ka nende alade parema kasutamise huvides ära.

Arutelu mõningate mulla omadustest ja talitlemisest tulenevate seirevajaduste üle, mida tasuks arvestada riikliku mullaseire programmi revideerimisel

Maa ja mulla hoidmine on suuremas ulatuses riigisisene asi võrreldes vee ja eriti õhu kaitse ja seirega, mis on valdavalt riigiüleised ressursid. Kahjuks on Eestis mullaandmebaaside läbitöötamine ja täiendamine muutunud mõneski osas mittepiisavaks või puudub hoopiski. Arhiivis seisvast andmebaasist ei ole kasu kellelegi. Mullaseire, mis on väga tihedalt seotud riigis olemasoleva mullainfoga, põhiülesandeks on jälgida muldkatte talitlemist. Toetudes varem kogutud infole saab otsustada – kas seire toimub kestlikult ja normaalses piirides. Siinjuures on väga oluline arvestada regionaalset aspekti ning muldkatte seotust ümbritseva looduse teiste komponentidega ja nendes toimuvate muutustega.

Eesti muldade seire heal (kaasaja nõuetele vastaval) tasemel mittekäivitumist, võrreldes teiste looduse komponentide seirega, seostub adekvaatse riikliku mullateenistuse puudumisega, millise üheks ülesandeks oleks olnud ka olemasoleva mullastikulise info pidev läbitöötamine, selle täiendamine ja sealhulgas ka mullaseire korraldamine. Tõsiseks puuduseks on mahajäämus kommunikatiivsete digiandmebaaside loomises ja mullateadust põhjalikult tundvate spetsialistide vähesus.

Vaadeldes Euroopa mullakaitsestrateegias välja toodud kaheksat olulist mullakaitse teemat (Blum, 2002): erosioon, orgaanilise aine vähenemine, saastumine, sooldumine, tallamine, bioloogilise mitmekesisuse vähenemine, mulla katmine ehitiste ja muude rajatistega, maalihked ja üleujutused nn mullaseire võtmes, võib tõdeda, et nendest sooldumine ja maalihked on Eesti puhul lokaalse tähtsusega. Valdavad üleujutused esinevad vooluveekogude lammidel kevadperioodil, olles looduslike rohumaamuldade tekketingimuseks, kuid oma vähese leviku tõttu nad olulist seiret ei vaja. Mullaseire ressursi ei oleks vaja kulutada ka muldade tehnoarajatistega katmise uurimisele, kuna see on maakasutuse arvestuse asi. Kuid siinjuures võiks olla nõue, et peetaks arvestust kaetud muldade pindala ja liigilise koostise ning mulla kvaliteedi üle. Mis puutub muldade erosiooni ja deflatsiooni, siis need on enamasti regionaalse tähtsusega ja esinevad taimkatteta (sh haritavatel) maadel. Kuna vee-erosiooni kõrval võib kallaklikel põldudel esineda ka tehnoloogilist erosiooni, vajab seda sorti degradatsioon seiramist mõne erinevale E-D kateenale rajatud transektiga. Enam seiramist vajab orgaanilise aine kadu muldkattest ja muldade saastumine. Teatavasti on põllumuldadele iseloomulik intensiivne ja aasta-aastalt muutuv mulla orgaanilise aine aastakäive. Tasakaalus sisendi ja väljundi korral püsib mulla huumusesisund paljuaastase keskmisena muldkatte huumushoiuvõime ehk optimaalsel tasemel (Astover jt, 2012). Üleekspluaateerimisel ja mitteküllaldase kompenseerimise korral võib mullas tekkida aga huumuse vajak. Küll aga tekivad hüppelised muutused maade kuivendamisel ja

põllumulla muutmisel püsirohumaaks, mille alal seni kindlaks tehtu vajaks edasiarendamist seire abil (Kõlli jt, 2004; Astover jt, 2012).

Enne täiel käigul muldade saastatuse seire alustamist oleks vaja teha nn rekognos- või eeluurimisi endisaegse ja praeguse aja saasteriskiga aladel. Saastatuse seire on laboratoorsete analüüside osas väga mitmekülgne ja mahukas. Aruannete järgi otsustades on selles vallas olnud võrdlemisi edukad, kuid mulla järjepideva saasteseire alla oleks mõistlik võtta vaid kriitilises seisus olevad mullad ja keskkonnaohtlikud saasteained (Klasen jt, 2017).

Laialdaselt tunduvad olevat kaasajal levinud arvamus ja hoiatused, et muldade bioloogiline mitmekesisus väheneb kõikjal drastiliselt. Juhime seoses sellega tähelepanu kahele olulisele asjaolule (1) et mullaelustiku koosseis sõltub mullaliigist ja on suuremal või vähemal määral erinev erinevates muldades ja erineva maakasutuse korral ning (2) et mullaelustiku arvukusele ja mitmekesisusele hinnangu andmine ja nende seire peaks toimuma ikkagi muldkeskselt st mullaliigi põhiselt. Seega tuleks kõigepealt kindlaks teha mullaelustiku koosseis ja talitlemine ning elupaik erinevates mullaliikides ning selle erinevate horisontide ja struktuuriagregaatide suhtes ning alles siis saab uurida põhjalikumalt elustiku adekvaatsust mullale ja selle muutumise dünaamikat.

Üldiselt ei peaks põllumuldade seireprogramm enda kanda võtma taimetoiteelementide sisalduse dünaamika jälgimist, sest see ei ole mullaliigi põhine, vaid peamiselt ikkagi muldade majandamise (kasvatatavate kultuuride vajaduse ja mullast eemaldatud varude) põhine, seega on see ka vaid konkreetse põllu (või põllumassiivi) põhine. Meie arvates ei ole mõistlik kulutada mullaseirele määratud vahendeid väetistarbe jms määramiseks ehk siis, seiret ei tehta selleks, et anda soovitusi väetiste ja taimekaitsevahendite kasutamiseks. Need asjad peaksid olema teise suunitlusega ettevõtmiste või uurimisprogrammide ülesandeks. Arvesse võiks tulla ehk vaid mulla kaltsiumi- ja huumusesisundi seire, mille tulemuste alusel saab korrigeerida mulla taimekasvatustlike omadusi mulla-parandajate (lupjamine, orgaanilised ained) kasutamise abil. Hoopiski olematu või vähearvukas on Eestis andmestik looduslike (metsa- ja rohuma-) mineraalmuldade huumuskatte ja alusmulla taimelele omastatava P, K, Mg ja Ca kohta. Taolisi andmeid on olemas vaid mõningate mullaliikide metsakõdude kohta (EMA, IV ja V) ja üksikutes teadusartiklites. Metsamaade metsakasvatustlike omaduste hindamise seiskohalt oleks vaja teada kõigi nimetatud elementide seisundit, et selgitada välja esineda võiv defitsiitsus teatud elemendi suhtes ning nende sisalduse taksonoomilised ja piirkondlikud erinevused.

Viiimastel aastakümnetel on muldkatet käsitletud mitte ainult kui tootmisvahendit põllu- ja metsamajanduses, vaid ka kui ümbritseva keskkonna head seisundit hoidvat või seda parandavat looduslikku moodustist, mis toimib tänu muldkatte ja tema koosseisus olevate

muldade talitlemisele või nendes toimuvatele protsessidele ning on suuresti erinev sõltuvalt mullaliigi omadustest (Kõlli, 1999; Blum, 2002; Kõlli jt, 2004). See muldade roll oleneb peale temas elunevate organismide veel ka muldkatte all olevate pinnakatte kihtide iseloomust.

Peamised mulla talitlused (ka funktsioonid, teenused), millistest sõltub ühe või teise mullaliigi keskkonda hoidev võime, on (1) mulla talitlemine taimedele ja MOA lagundajatele sobiva keskkonnana, (2) talitlemine taimedele omastatavate toiteelementide ja vee akumulaatorina ning vett puhastava membraanina, ja (3) mullaliigile omase mullakliima loomine mullaliigipõhise tsüklilise ja tasakaalustatud vee-, õhu-, soojus- ja hapendus-taandusrežiimide kaudu. Muldkatte keskkonnakaitsevõime on kvantitatiivselt hinnatav ja majandusliku tegevusega reguleeritav. Nii determineerib muldkatte (1) temast alguse saavate aineriingete koostise ja mahu ning (2) talitluste iseloomu, millega töödeldakse ümber mulda sattunud aineid ja puhastatakse mullas olevat või mulda läbivat vett. Erinevate mullaliikide keskkonnanahoiuvõimet saab peale võrdleva hindamise ka majandamisvõtete abil tõhusamaks muuta. Taolise hindamise ja vastava aktiivsuse korregeerimise võimaluste üle otsustamisel on aluseks sellised seirataavad mulla karakteristikud nagu mullahorisontide tüsedus, lõimised ja nende lasumise iseloom, mullaplasma seisundit näitavad eripinna indeks ja neelamismahutavus, muldkatte elustiku koosseis ja bioloogiline aktiivsus, küllastusaste ja selle vastastikune seos happesuse ja/või kaltsiumi seisundiga jms.

Õigustatud tundub olevat ettepanek muldade süsinikusalduse diferentseeritud või süvitsi minevaks seiramiseks, et jälgida ja võrdlevalt hinnata labiilse ja stabiilse süsiniku hulka ja nende vahetava muldade (KAUR, 2017, 2018). Olulise tähtsusega ja eriti vajalik on see põllumuldade puhul. Metsamuldade puhul taoline seirevajadus puudub, kuna siin selgub süsiniku käibega seotud toime huumuskatte seire kaudu. Mis puutub Eesti muldade huumuskatte (sh mulla orgaanilise süsiniku) seisundisse, siis need on leidnud kokkuvõtvat käsitlust nii teoreetilisest aspektist (Astover jt, 2012; Köster, Kõlli, 2013), kui ka MOS ja/või huumuse kontsentratsioonina mudelmuldade geneetilistes horisontides erineva maakasutuse korral (EMA, II, III, IV ja V; Kõlli jt, 2009; Kõlli jt, 2010), ning ka kokkuvõtivate artiklitena Eesti metsamaa- (Kõlli jt, 2004), haritava maa (Kõlli, Ellermäe, 2003) ja rohumaamuldade (Kõlli jt, 2007) kohta. Eestis on kogutud olulisel hulgal andmestikku, et teha esialgseid kokkuvõtteid muldade omaduste muutuste kohta seoses maakasutuse muutustega taksonoomilisel alusel. Seega ei oleks esialgu otstarbekas rajada uusi paralleelseid kohtpaikseid seirealasid haritava ja metsamaa muldadele nende erisuste hindamiseks.

Eestis senini tehtud riikliku loodusressursside seire alusel saab väita, et mullaseire vajadust on selgelt alahinnatud. Selleks tööks eraldatud väheste rahaliste vahendite kõrval ei ole täitunud lootus, et mullaseire

saab lahendada nn kaasseire korras. Negatiivseks näiteks selles osas on kasvõi rahvusvaheline (piiride ülene) metsade seisundi seire, millega loodeti lahendada ka metsamuldade seire. Kuid kahjuks on siinjuures muldkatet käsitlenud kui vaid taustsüsteemi, mis ei vasta üldsegi mitte mullaseire kaanonitele. Kõige suurem vasturääkivus esineb siin muldkatte käsitlises etteantud lasuvussügavusega mullakihtide kaudu, ignoreerides mullahorisontide tegelikke lasumise sügavusi ja huumuskatte (ehk huumusvormide) esinemist, mis on mullaseire põhifookuse asi. Selle kõige kaasnab mitteadekvaatsete proovide võtmine, millele analüüsitulemused ei oma mullaomaduste üldistamise seisukohalt olulist väärtust. Taoline mullaseire staatus – olla teenuste osutajaks kõrvalseisvate loodusobjektide seirele – ei lahenda mullaseire ülesandeid. Nn ühisseire tuleks juba algselt planeerida kokkuleppeiliselt nii, et toimuks pariteetne käsitlus ühisosade või -huvide suhtes. Peaks kehtestama nõude, et kõigil mullaga seotud seiretel peaks toimuma mulla määratlmine ka mullaseire nõuete kohaselt.

Oleme nõus arvamusega (KAUR, 2018), et mullaseire peaks hõlmama peale senini kavas olevate vaatluste veel ka mulla lämmastiku, eripinna ja neelamismahutavuse määramise ning kuivendatud põllu-, rohumaa- ja metsamulla dreeni- või kuivenduskraavivee analüüsi. Nii makrokliima mullakliimaks kujunemise huvides, kui ka mullaliigipõhise elusorganismide koosseisu ja talitlemise uurimise huvides on vaja teada ühe või teise mullaliigi õhu-, soojus-, niiskus- ja hapendus-taandusrežiime. Praeguseks ajaks on säilinud vaid väheses koguses uurimisandmeid EPA ja mõnede teiste uurimisametuste teaduslike tööde kogumikes, mis vajaksid esmajärjekorras mullaliikide lõikes digitaliseerimist. Mullakliima jälgimist põllumaadel on Eestis tehtud Jõgeval aastatel 1965–1990 (Raudsepp jt, 2017). Sellealane pärandmaterjal vääriks arhiivides üles otsimist ja digitaliseerimist ning mullaseire reeglite kohaselt süstematiseerimist, kusjuures erilist huvi pakuksid erinevate mullaliikide soojusressursside andmed.

Mullaseire probleemide üle arutlemisel paistavad silma "käärid" Euroopa tasandile esitatavate võrdlusandmete või üldistuste ja kohalikuks majanduseks vajavate andmetöötluste vahel. Esimesed vajavad heade alatundjate poolt tehtud üldistusi, teised konkreetseid andmeid kasutusüksuste (maamassiivide) või geograafiliselt positsioneeritud punktide kohta. Need kaks erisuunalist aruandlust ei kattu omavahel ja vajavad seega erinevat lähenemist ja üldistuse astet. Mõlema vajaduse kataks otstarbekalt koostatud süsteemne riiklik mullastiku andmebaas.

Üheks mullaseire probleemiks seirealade sobivuse kõrval on nende säilimine seirekõlblikena pikemas ajalisel perspektiivis. Selles osas tuleks eelistada looduskaitse all olevaid alasid. Haritavate maade seirealadel peaks säilima riigi keskmisele tasemele vastav agrotehnoloogia ja väetuskoormus. Mullaliigi (erimi) seirealaks võivad sobida hästi ka mahealad, sest seal peegelduvad kasutatava tehnoloogia kõrval tunduvalt

paremini mulla sisemistest omadustest tingitud nähtused. Eesti mullaseire võrgustiku loomisega seotud probleeme on käsitletud ka EV KKM Seirenõukogu poolt sõlmitud lepingulise töö aruandes (Kõlli, Ellermäe, 2000b).

Kokkuvõte

Eesti mullaseire tõhustamisel on olulise tähtsusega järgmised asjaolud.

(1) Muldkatte talitlusliku seisundi hindamine ja hea seisundi kestmise nõuavad võrratult rohkem kui seire aegriade fikseerimine; iga seireperioodi uued andmed tuleks võimalikult koheselt integreerida varasemate ressursi uurimustega ja jooksvalt kogutud seire andmetega.

(2) Esimese kokkuvõtva teabena mullaseire alal tuleks koostada nii trükis ilmunud kui käsikirjadena arhiivides oleva Eesti muldade seiret käsitleva materjali bibliograafiline nimestik, mis sisaldaks peale seire andmete veel ka varasemaid aruandeid, artikleid, ülevaateid, kogumikke jms., mis käsitlevad mullaseire meetodilisi aluseid, mullaseire andmete interpreteerimiseks vajalike ressursi- või algandmete kogusid ja läbiviidud seoste uurimusi. Hea kättesaadavuse huvides tuleks see nimestik varustada seire sisu käsitlevate oskussõnade süstematiseeritud loendiga, mis näitab kätte meid huvitava kirjutise teema ja asukoha.

(3) Mullaseirealad (senised ja rajatavad) peaks seostama GPS süsteemi abil olemasoleva keskkonnaseire võrgustikuga, tehes nad selle läbi georeferentseeritavaks, mis võimaldab seostada mullastiku andmeid teiste seiratavate looduse komponentide andmebaasidega.

(4) Vaja on kokku koguda varemalt laekunud andmestikud põllu- ja metsamuldade mudelite kohta (tehes vajaduse korral eksperthinnangu ja digitaliseerides andmed); kogu aktuaalse seire käigus laekunud andmestiku kasutusväärtus tõuseb kordades vaid juhul, kui see on integreeritud varem tehtud ressursi uurimustega.

(5) Asjakohaste dokumentide kogu bibliograafia nimestiku loomise kõrval on oluliselt tähtis (1) luua mullaliikide kaupa (taksonoomiline) register, mis on jaotatud maakasutusviiside kaupa, ja (2) kohtpaiksel fikseeritud seirepunktide koordinaatide register koos selle mulla kohta kogutud andmestikuga. Koos eeltoodud aasta-aastalt täiendatavate registritega on vajalik arhiivis säilitada nii aastaaruanded, kui ka perioodiliselt koostatud ülevaated.

(6) Metsamuldade talitlemisest ja omadustest põhjalikuma ülevaate saamiseks tuleks algust teha nende huumuskatete kui suhteliselt kiiresti muutuva muldkatte osa, kuid samas ka kui väga hea ökoloogilise indikaatori, süstemaatilise seirega.

(7) Aeg on küps ka alustamaks mulla-elustiku seiramist lähtuvalt muld-kesksest aspektist. Mulla-elustiku seireandmed vajavad seostamist mitte ainult mullaliigi või -erimiga, vaid ennekõike huumuskatte tüüpide (*pro* huumusvormide) ja nende eriilmeliste kihtide ja/või struktuuriagregaatidega. Üheks töövahendiks selles on eraldi Eesti haritavate ja metsamuldade kohta

koostatud huumuskatete klassifikatsioonid. Esimese lähendina on vaja mullatüübi põhiselt kindlaks teha elustiku funktsionaalsed grupid või domineerivad liigid, mille alusel saab hiljem seirata toimuda võivaid muutusi.

(8) Mullaseire eesmärgid ja nomenklatuur vajavad täpsemat fokuseerimist: mullaseirena saab võtta vaid neid uurimusi, mis on tihedalt seotud mullaga ja vajalikud tema seisundi hindamisel ning milliste puhul muld on määratletud mullaseire heale tavale vastavalt.

Huvide konflikt / Conflict of interest

Autorid kinnitavad antud tööga seotud huvide konflikti puudumist.

The authors declare the absence of any conflict of interest in relation to this paper.

Autorite panus / Author contributions

RK, TT, LE – planeerimine/analüüs;

RK, TT – kirjutamine;

RK, TT, LE – toimetamine ja heaks kiitmine.

RK, TT, LE – design/analyse;

RK, TT – writing;

RK, TT, LE – editing and approving.

Kasutatud kirjandus

- American Society of Soil Science [SSSA] 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3 – Chemical Methods. SSSA Book Series 5. SSSA, ASA: Madison, Wisconsin.
- Arold, I. 2005. Eesti maastikud. – Tartu Ülikooli Kirjastus: Tartu, 433 pp.
- Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. 2012. Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele. – EMÜ: Tartu, 486 lk.
- Astover, A., Reintam, E., Leedu, E., Kõlli, R. 2013. Muldade väliuurimine. – Eesti Loodusfoto: Tartu, 70 lk.
- Blum, W.E.H. 2002. The role of soils in sustaining society and the environment: realities and challenges for the 21st century. – In: Keynote Lectures, 17th World Congress of Soil Science, 14–21 August 2002. IUSS: Bangkok, pp. 66–86.
- Calhoun, T.E., Ellermäe, O., Kõlli, R., Lemetti, I., Penu, P., Smith, C.W. 1998. Ameerika-Balti koostööna uuritud Eesti reepermullad. – EPMÜ tead. tööde kogumik 198, 76–114.
- Eesti muldade digitaalne kogu [EMDK] 2008. Eesti muldade omadused graafikutel: põllumullad, metsamullad ja maakondade mullastik. – CD-6. EMÜ. <http://mullad.emu.ee/cd-d/CD-6/mullad6.html>
- Eesti NSV muldade inventeerimisühikute nimestik [MKÜ] 1982. Kaardistamisühikute lühidiagnostika. – Eesti Põllumajandusprojekt. Käsikiri, 19 lk.
- Eesti NSV mullastik arvudes [EMA] 1974–1989. Osad: I-1974, II-1978, III-1983, IV-1985a, V-1985b, VI-1987, VII-1988 ja VIII-1989. – Eesti Põllumajandusprojekt: Tallinn.
- FAO 2006. Guidelines for soil description. 4th ed. – FAO, Rome, 97 pp.

- IUSS Working Group WRB [IUSS] 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. – World Soil Resources Reports No. 106. FAO: Rome, 192 pp.
- Jones, R.J.A., Buckley, B. 1996. European Soil Database Information Access and Data Distribution Procedures. – JRC EC, 35 p.
- Keskkonnaagentuur [KAUR] 2014. Loodusvarad ja nende kasutamine, osa 2.6. Muldkate (koostaja R. Kölli). – Keskkonnaülevaade 2013. Tallinn, lk 75–79.
- Keskkonnaagentuur [KAUR] 2017. Riiklikku keskkonnaseire programmi kompleksseire allprogramm ning kasutajate ja kasutusvalade analüüs (koostaja K. Auväärt). – Tallinn, 52 lk.
- Keskkonnaagentuur [KAUR] 2018. Riikliku keskkonnaseire programmi mullaseire allprogramm. – Tallinn, 16 lk.
- Keskkonnaministri määrus [KKMM] 2017. Riikliku keskkonnaseire programmi allprogrammide täitmise nõuded ja kord. EV KKM, RT I, 25.01.2017, 9. – Tallinn, 4 lk.
- Keskkonnaseire seadus [KeSS] 2016. EV Riigikogu, RT I, 05.07.2017, 27. – Tallinn, 6 lk.
- Klasen, H., Linder, M., Kaukver, K. (toimetajad) 2017. Keskkonnaseire. Eesti keskkonnaseire 2011–2015. – Keskkonnaagentuur: Tallinn, 130 lk.
- Kumar, K.S., Priya, M., Sajwan, K.S., Kölli, R., Roots, O. 2009. Residues of persistent organic pollutants in Estonian soils (1964–2006). – *Estonian J. Earth Sci.*, 58:109–123.
- Kölli, R. 1994. Ideaalmuld ja muldkatte puuded. – *EPMÜ tead. tööde kogumik*, 179:9–12.
- Kölli, R. 1994. Põllumuldade huumuskatte klassifitseerimine. – *EPMÜ tead. tööde kogumik*, 178:82–86.
- Kölli, R. 1999. Muldkate kui keskkonnaseisundit stabiliseeriv meedium. – *EPMÜ tead. tööde kogumik*, 203:62–68.
- Kölli, R. 2002a. Estonian society's perception of soil at the post-soviet period. In: *Man and Soil at the Third Millennium*. Vol I. J.L. Rubio, R.P.C. Morgan, S. Asins, V. Andreu (Eds.). – ESSC, Geofoma Ediciones, Logrono, pp. 287–298.
- Kölli, R. 2002b. Large-scale digital soil map of Estonia and its application for soil conservation purposes. – *European Society for Soil Conservation, Newsletter*, 2:7–9.
- Kölli, R. 2003. Eesti metsamuldade huumuskatete maatrikstabel. CD-3. – *EPMÜ*, ISBN 9985-816-58-7.
- Kölli, R. 2010. Euroopa huumusvormide klassifikatsiooni väljatöötamisest. – *Agronoomia* 2010/2011, lk 37–44.
- Kölli, R., Asi, E., Köster, T. 2004. Organic carbon pools in Estonian forest soils. – *Baltic Forestry*, 10:19–26.
- Kölli, R., Ellermae, O. 2000a. Eksperthinnangud Eesti riikliku mullaseire programmi rakendamise kohta. I osa. EGK seirealade mullad ja nende sobivushinnang mullaseire aspektist. – EV KKM Seireõukogu. Tartu, 23 lk.
- Kölli, R., Ellermae, O. 2000b. Eksperthinnangud Eesti riikliku mullaseire programmi rakendamise kohta. II osa. Eesti mullaseire võrgustiku loomise probleemalistest aspektidest. – EV KKM Seireõukogu. Tartu, 41 lk.
- Kölli, R., Ellermae, O. 2003. Humus status of postlithogenic arable mineral soils. – *Agronomy Research*, 1:161–174.
- Kölli, R., Ellermae, O., Köster, T., Lemetti, I., Asi, E., Kauer, K. 2009. Stocks of organic carbon in Estonian soils. – *Estonian J. Earth Sci.*, 58:95–108.
- Kölli, R., Ellermae, O., Soosaar, K. 2004. Soil cover as a factor influencing the status of the environment. – *Polish J. Soil Sci.*, 37:65–75.
- Kölli, R., Kask, I. 2000. Soils and soil survey in Estonia: current state and future perspectives. Present situation and future prospects in Central European Countries, New Independent States, Central Asian Countries and Mongolia. – Prague, 69–78.
- Kölli, R., Köster, T., Kauer, K. 2007. Organic matter of Estonian grassland soils. – *Agronomy Research*, 5:109–122.
- Kölli, R., Köster, T., Kauer, K., Lemetti, I. 2010. Pedoecological regularities of organic carbon retention in Estonian mineral soils. – *Int. J. Geosci.*, 1:139–148.
- Kölli, R., Lemetti, I. 1997. Eesti Riikliku Mullaseire Programm (projekt). – Tartu, 34 lk. Käsikiri EV KKM.
- Kölli, R., Lemetti, I. 2000. Mullaseire erinevad suunad. – *EPMÜ tead. tööde kogumik, Agronoomia* 208:90–98.
- Kölli, R., Lemetti, I., Penu, P. 2004. The influence of land-use change to soil cover properties and functioning. – 4th International Congress of ESSC. Proceedings Volume, Budapest, pp. 9–12.
- Kölli, R., Tamm, I. 2012. Eesti parimate põllumuldade levik, rühmitamine ja huumusseisund. – *Agronoomia*, 15–22.
- Köster, T., Kölli, R. 2013. Interrelationships between soil cover and plant cover depending on land use. – *Estonian J. Earth Sci.*, 62:93–112.
- Lemetti, I., Kölli, R. 1998. Mulla karakteristikud. ESTSOTER. – *EPMÜ tead. tööde kogumik* 198, 67–75.
- Maa-amet [MAM] 2001. Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri. – Tallinn, 46 lk.
- Maa-uuringud [MUR] 2001. Mullastiku kaart. – <http://geoportaal.maaamet.ee>
- Petersell, V., Möttus, V., Täht, K., Unt, L. 1996. Mulla geokeemilise seire bulletin 1992–1994. – EGK, Tallinn, 84 lk.
- Petersell, V., Ressar, H., Carlsson, M., Möttus, V., Enel, M., Mardla, A., Täht, K. 1997. The Geochemical Atlas of the Humus Horizon of Estonian Soils (with 39 maps). – GSE, GSS. Tallinn, Uppsala.
- Rannik, K., Kölli, R., Kukk, L., Fullen, M. 2016. Pedodiversity of three experimental stations in Estonia. – *Geoderma Regional*, 7:293–299.

- Raudsepp, H.-M., Järvet, A., Keppart, L. 2017. 50 aastat ulatusliku agrokliima vaatlusvõrgu algusest Eestis. – EGS aastaraamat, 42. köide. Toim. A. Järvet. Tallinn, lk 119–141.
- Reintam, L. (toimetaja) 2004. Muld ökosüsteemis, seire ja kaitse. – ETA LK komisjon: Tartu-Tallinn, 207 lk.
- Reintam, L., Rooma, I., Kull, A. 2001. Map of Soil Vulnerability and Degradation in Estonia. – In: Sustaining the Global Farm. D.E. Stott, R.H. Mohtar, G.C. Steinhardt (Eds.). Selected papers from the 10th ISCO meeting held at Purdue University and USDA-ARS NSERL, 1068–1074.
- Reintam, L., Rooma, I., Kull, A., Kõlli, R. 2005. Soil information and its application in Estonia. – In: Soil Resources of Europe. 2nd ed. R.J.A. Jones, B. Houskova, P. Bullock, L. Montanarella (Eds.). ESB, OOP, EC: Luxembourg, pp. 121–132.
- Soil Survey Division Staff [SSDS] 1993. Soil Survey Manual. Handbook No 18. USDA, Washington, 437 pp.
- Soil Survey Staff [SSS] 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA, NRCS, 360 pp.
- Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.F., Sartori, G., de Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzensteiner, K., Hager, H., Englisch, M., Brêthes, A., Broll, G., Gobat, J.M., Brun, J.J., Milbert, G., Kolb, E., Wolf, U., Frizzera, L., Galvan, P., Kõlli, R., Baritz, R., Kemmers, R., Vacca, A., Serra, G., Banas, D., Garlato, A., Chersich, S., Klimo, E., Langohr, R. 2010. A European Reference Base for Humus Forms: Proposal for a morpho-functional classification. – http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/54/14/96/PDF/Humus_Forms_ERB.pdf

Review: Researches on the status of Estonian soils, directions of soil monitoring and the possibilities for intensification of monitoring

Raimo Kõlli¹, Tõnu Tõnutare¹, Laura Eiber²

¹Estonian University of Life Sciences, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Chair of Soil Science, Fr. R. Kreutzwaldi Str. 5, 51006 Tartu

²Estonian Environmental Agency, Environmental Analysis Department, Mustamäe Rd. 33, 10616 Tallinn

Summary

In the introductory part the importance of the large scale (1:10,000) digitized soil map of Estonia with soil contours related soil species databases and soil varieties models (totally 50 models about arable and 27 models about forest soils) with statistically elaborated soils' morphometric and physical-chemical properties in relation to all presented in soil profile diagnostic horizons are emphasised in receiving sound overview about actual status and changing tendencies in soil cover. The main deliberation of the work is connected with methodology of soil monitoring and with the problem – how to integrate the received from soil monitoring data with capacious databases received previously during soil survey and by scientific researches.

In the study, there are discussed about methodological problems, used terms, opportunities for laboratory analyses, possibilities for intensification of soil monitoring and about discovered shortcomings in this area. The most developed direction of Estonian soil monitoring is the monitoring of soils' pollution and of degradation. Starting from the need of the revision and improvement of governmental soil monitoring programme it is recommended to start the monitoring of forest's soils humus covers (pro humus forms) and the soil type-specific biological diversity of key (or model) soils.

It is emphasised the urgent need of realizing following tasks: (1) the newly received monitoring results should be integrated as soon as possible into the existing soil databases; (2) the published on relation Estonian soils monitoring articles, reports, overviews and others should be critically reviewed judging their importance in further soil monitoring with compiling the systematic reference list for their better availability and use, and (3) to compile the registers about location of soil monitoring areas and about key soil species and their properties.



THE EFFECT OF VERMICOMPOST ON THE GROWTH AND QUALITY OF CRESS (*LEPIDIUM SATIVUM*)

Margit Olle

Estonian Crop Research Institute, J. Aamissepa 1, 48309 Jõgeva, Estonia

Saabunud: 04.04.2018
Received:
Aktsepteeritud: 22.05.2018
Accepted:
Avaldatud veebis: 23.05.2018
Published online:
Vastutav autor: Margit Olle
Corresponding author:
E-mail: margit.olle@gmail.com
Phone: +372 671 1554

Keywords: cress, growth, vermicompost, quality.

doi: 10.15159/jas.18.02

ABSTRACT. Vermicompost is the excreta of earthworm, which are capable of improving soil health and nutrient status. Vermiculture is a process by which all types of biodegradable wastes such as farm wastes, kitchen wastes, market wastes, bio-wastes of agro based industries, livestock wastes *etc.* are converted while passing through the worm-gut to nutrient rich vermicompost. The aim was to find suitable substrate to grow cress. 1. 30% vermicompost, peat, sand and dolomite stone. 2. 25% vermicompost, peat, gravel, perlite. 3. 25% vermicompost, peat, gravel, light gravel. 4. Growth substrate bought from a shop in Estonia (seller didn't allow to usage the name of the brand). 5. 20% vermicompost and organic matter rich claysoil. Results: Most elongated cress plants were in treatment 4, and the shortest ones in treatment 5. At the same time the longest roots were measured from plants in treatment 2, but shortest in treatment 5. The thickest stem was measured by treatment 1 and the thinnest stem was by treatment 5. The chemical analyses are showing that the smallest content of nitrogen was by treatment 3 and the highest by treatment 4. The smallest content of phosphorus was by treatment 5 and the highest by treatment 4. The smallest content of potassium was by treatment 4 and the highest by treatment 5. The smallest content of calcium was by treatment 4 and the highest by treatment 3. The smallest content of magnesium was by treatment 4 and the highest by treatment 5. Conclusion: out of the results of this experiment we could conclude that the best substrate to grow cress is substrate number 3: 25% vermicompost, peat, gravel, light gravel.

© 2018 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2018 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Introduction

Vermicompost is the excreta of earthworm, which are capable of improving soil health and nutrient status. Vermiculture is a process by which all types of biodegradable wastes such as farm wastes, kitchen wastes, market wastes, bio-wastes of agro based industries, livestock wastes *etc.* are converted while passing through the worm-gut to nutrient rich vermicompost. Vermicompost produced by the activity of earthworms is rich besides the macro and micro-nutrients also in vitamins, growth hormones, enzymes such as proteases, amylases, lipase, cellulose and chitinase and immobilized microflora (Barik *et al.*, 2011).

Civilizations, including Greece and Egypt valued the role earthworms played in soil. The ancient Egyptians were the first to recognize the beneficial status of the earthworm. The Egyptian Pharaoh, Cleopatra (69–30 B.C.) said, "Earthworms are sacred." (Medany, 2011). The thoughts of ancient Indian Scientist Sir

Surpala (10 Cent. A.D.), who recommended to add earthworms in the soil to get good fruits of pomegranate (Sinha, 2014a). Earthworms are truly justifying the beliefs and fulfilling the dreams of Sir Charles Darwin who called them as "unheralded soldiers' of mankind" and "friends of farmers". They are also justifying the beliefs of great Russian scientist Dr. Anatoly Igonin, who said "Nobody and nothing can be compared with earthworms and their positive influence on the whole living Nature". (Sinha *et al.*, 2014b).

The beneficial impacts of vermicompost on soil (Sinha, 2014a):

1. Increase the 'Soil Organic Matter' (SOM), soil structure and prevent soil erosion.
2. Increase beneficial soil microbes, microbial activity and essential nutrients.
3. Improve cation exchange capacity.
4. Reduces bulk density of soil, prevents soil compaction and erosion.
5. Suppression of soil-born plant diseases.
6. Increase water holding capacity of soil.
7. Remove soil salinity and sodicity.
8. Maintain optimal pH value of soil.

Important feedback from farmers using vermicompost (Sinha *et al.*, 2009):

1. Reduced use of 'water for irrigation';
2. Reduced 'pest attack' (by at least 75%);
3. Reduced 'termite attack';
4. Reduced 'weed growth';
5. Faster rate of 'seed germination' and rapid seedlings growth and development;
6. Greater numbers of fruits per plant (in vegetable crops) and greater numbers of seeds per ear (in cereal crops), heavier in weight-better in both, quantity and quality as compared to those grown on chemicals;
7. Fruits and vegetables had 'better taste' and texture and could be safely stored up to 6–7 days, while those grown on chemicals could be kept at the most for 2–3 days.

Studies on the production of important vegetable crops have shown that in addition to increasing plant growth and productivity, vermicompost may also increase the nutritional quality of some vegetable crops such as tomatoes, Chinese cabbage, spinach, strawberries and lettuce (Adhikary, 2012).

The purpose of the work was to assess the influence of vermicompost based growth substrates on cress growth and nutrient content.

Materials and methods

The experiments were carried through in company K. Compos glassgreenhouses from December 2015 to February 2016. In present investigations cress was grown.

Treatments were followed (Company K. Compos do not want to give accurate recipes as it remains their property right):

1. 30% vermicompost, peat, sand and dolomite stone.
2. 25% vermicompost, peat, gravel, perlite.
3. 25% vermicompost, peat, gravel, light gravel.
4. Growth substrate bought from a shop in Estonia (seller did not allow to usage the name of the brand). Control.
5. 20% vermicompost and organic matter rich claysoil.

The results of substrates analyses are in Table 1. Substrates were analysed just before the start of experiment.

Table 1. The results of substrates analyses

Substrate No.	pH _{KCl}	N, %	P, mg kg ⁻¹ (AL)	K, mg kg ⁻¹ (AL)	Ca, mg kg ⁻¹	Mg, mg kg ⁻¹	Organic matter, %
1	6.56	1.005	2689.2	5029.1	2656.5	2193.6	29.61
2	6.79	0.305	684.0	2423.4	2303.3	572.2	11.80
3	6.48	0.370	859.3	2638.2	2131.4	626.0	13.53
4	5.58	0.968	936.3	2478.6	4887.1	1066.2	76.44
5	6.71	0.690	1347.1	2469.2	2691.7	792.3	12.68

The seeds in first experiment were sown on 2 November 2015 and plants harvested together with registration of growth results on 11 November 2015.

The second experiment was carried through at the same time. It means that in the second experiment the seeds were sown on 2 November 2015 and plants harvested and results notified on 11 November 2015.

The plants in experiment 1 were grown in 5 different boxes. Each treatment was represented by one box. From each box 10 plants were measured (so there was 10 replications). The sizes of boxes were (20 × 25 cm). The experiment was repeated at the same time, it means that in experiment 1 there were 5 boxes in total and also 5 boxes in experiment 2. In total 10 boxes.

In the end of experiment on cress the height of shoots, length of roots and the stem diameter were measured.

The plants were grown in greenhouse with lighting from high pressure sodium lamps at light intensity of 10 000 lux. The lighting period was 18 hours (04.00–22.00). A minimum day and night temperature of 23–24 °C was maintained in the greenhouse.

The contents of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium were determined. Nitrogen content was determined according to the Copper Catalyst Kjeldahl Method (984.13). Phosphorus determination was carried through in Kjeldahl Digest by Fiastar 5000 (AN 5242; Stannous Chloride method, ISO/FDIS 15681). Potassium determination was by the Flame Photometric Method (956.01). Calcium determination was by the o-Cresolphthalein Complexone method (ISO 3696, in Kjeldahl Digest by Fiastar 5000). Magnesium determination was by Fiastar 5000 (ASTN90/92; Titan Yellow method).

Analyses of variance were carried out on the data obtained using Excel. Used signs: *** – P < 0.001, ** – P = 0.001–0.01, * – P = 0.01–0.05; NS – not significant, P > 0.05. In order to make results more clear to understand on the tables first experiment data are given, as the second experiment gave similar results.

Results

The growth of cress

The length of the shoots was statistically different (Table 2). The length of shoots was lowest in treatment 5 compared to all other treatments.

The length of the roots was statistically different (Table 2). The length of roots is lowest in treatment 5 compared to all other treatments.

The stem diameter was statistically different (Table 2). The stem diameter was lowest in treatment 5 compared to all other treatments. The largest stem diameter was in treatment 1.

Table 2. The length of cress shoots (cm), the length of cress roots (cm) and cress stem diameter (mm) depending on growth substrates.

Substrate No.	Shoot length, cm	Root length, cm	Stem diameter, mm
1	6.09	2.98	0.40
2	5.49	4.04	0.28
3	6.04	2.50	0.30
4	7.03	3.00	0.30
5	4.96	2.00	0.20
P	***	***	***
LSD	0.12	0.07	0.04

Conclusion. Cress growth parameters are showing that best growth substrates to grow this plant are treatments 1 and 2.

The content of nutrients in cress

The content of nitrogen in cress dry matter was statistically different (Table 3). The content of nitrogen was lowest in treatment 3 compared to all other treatments.

The content of phosphorus in cress dry matter was statistically different (Table 3). The content of phosphorus was highest in treatment 4, then in treatment 2, and lowest in treatment 5 compared to all other treatments.

The content of potassium in cress dry matter was statistically different (Table 3). The content of potassium was highest in treatments 5 and 3, lowest in treatment 4 compared to all other treatments.

The content of calcium in cress dry matter was statistically different (Table 3). The content of calcium was lowest in treatments 4 and 2. The calcium content was highest in treatment 3.

The content of magnesium in cress dry matter was statistically different (Table 3). The content of magnesium was lowest in treatment 4. The magnesium content was highest in treatment 5.

Table 3. The contents (%) of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in dry matter of cress according to growth substrates.

Substrate No	N	P	K	Ca	Mg
1	6.25	0.92	7.41	0.93	0.54
2	6.36	1.03	7.73	0.74	0.56
3	6.02	0.99	8.82	0.95	0.53
4	6.49	1.18	7.14	0.71	0.4
5	6.34	0.83	8.97	0.94	0.61
P	***	***	***	***	***
LSD	0.04	0.02	0.08	0.02	0.06

Conclusion. The nutrient content of cress plants shows that best suitable growth substrate is treatment 3, because of it contains lowest amount of nitrogen, second highest content of potassium and highest content of calcium in dry matter.

Discussion

In present investigation vermicompost improved the growth parameters of cress plants. Vermicompost is proven as both growth promoter & protector for crop plants (Adhikary, 2012). It might be so because of that vermicompost is made up primarily of C, H and O, and contains nutrients such as NO₃, PO₄, Ca, K, Mg, S and micronutrients which exhibit similar effects on plant growth and yield as inorganic fertilizers applied to soil (Theunissen *et al.*, 2010). Accordingly Mistry (2015) found that vermicompost can have dramatic effects upon the germination, growth, flowering, fruiting and yields of crops. Similar results were gained at Cornell University lab in trials, where they have applying the solid vermicompost and saw a definite impact on leaf growth and weight gain (Dunn, 2011). The same way all vermicomposts stimulated growth of tomato transplants, with up to a 2.2-fold increase occurring in shoot

biomass (Tringovska, Dintcheva, 2012). Similarly data revealed that Parthenium Vermicompost applied at 5 t ha⁻¹ enhanced the growth of eggplants (Seethalakshmi, 2011). Therefore we can agree with Joshi *et al.* (2015) that vermicompost is an ideal organic manure for better growth and yield of many plants. Application of vermicompost increased seed germination, stem height, number of leaves, leaf area, leaf dry weight, root length, root number, total yield, number of fruits/plant, chlorophyll content.

Studies showed that vermicompost improved the nutrient content of cress plants. The reason might be that vermicompost contains plant nutrients including N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu and B, the uptake of which has a positive effect on plant nutrition, photosynthesis, the chlorophyll content of the leaves and improves the nutrient content of the different plant components (roots, shoots and the fruits) (Theunissen *et al.*, 2010). Similarly was found that the perusal of the data revealed that Parthenium Vermicompost applied at 5 t ha⁻¹ enhanced the food quality of eggplants (Seethalakshmi, 2011). Accordingly application of vermicompost increased micro and macro nutrients, carbohydrate (%) and protein (%) content and improved the quality of the fruits and seeds. Studies suggested that treatments of humic acids, plant growth promoting bacteria and vermicomposts can be used for a sustainable agriculture discouraging the use of chemical fertilizers (Joshi *et al.*, 2015). Vermicomposts uses as a source of organic manure in supplementing chemical fertilizer is becoming popular among the farmers of the country, increase in crop yield and nutrient uptake due to application of vermicompost (Seethalakshmi, 2011).

Conclusions

Cress growth parameters are showing that best growth substrates to grow this plant are treatments 1 and 2. The nutrient content of cress plants shows that best suitable growth substrate is treatment 3.

It can be summarized that for cress the best growth substrate, regarding growth parameters and nutrient content, is treatment 3: 25% vermicompost, peat, gravel, light gravel.

Acknowledgements

Experiments were financed by Estonian Company K. Compos.

Conflict of interest

Experiments were financed by Estonian Company K. Compos.

Author contributions

Study conception and design MO – 100%.
Acquisition of data MO – 100%.
Analysis and interpretation of data MO – 100%.
Drafting of the manuscript MO – 100%.
Critical revision and approve the final manuscript MO – 100%.

References

- Adhikary, S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. – *Agric. Sci.*, 3:905–917.
- Barik, T., Gulati, J.M.L., Garnayak, L.M, Bastia, D.K. 2011. Production of vermicompost from agricultural wastes. – *Agric. Reviews*, 31(3):172–183.
- Dunn, K. L. 2011. Vermicompost better than fertilizer. – *American Agriculturist*, April, p. 14.
- Joshi, R., Singh, J., Vig, A.P. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. – *Rev in Environ. Sci. and Bio/Technology*, 14(1):137–159.
- Medany, M. 2011. Vermiculture in Egypt: Current Development and Future Potential. – Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for the Near East. E. Yahia (Ed.). Cairo: Egypt, 99 pp.
- Mistry, J. 2015. Vermicompost, a best superlative for organic farming: a review. – *J. Adv. Studies in Agric., Biol. and Environ. Sci.*, 2(3): 38–46.
- Seethalakshmi, S. 2011. Response of Eggplant (*Solanum melongena* L.) To Integrated Nutrient Management Amended Soil. – *Int. J. Sci & Eng. Res.*, 2(8):1–8.
- Sinha, R.K., Herat, S., Chauhan, K., Valani, D. 2009. Earthworms vermicompost: a powerful crop nutrient over the conventional compost & protective soil conditioner against the destructive chemical fertilizers for food safety and security. – *Am-Euras. J. Agric. Environm. Sci.*, 5(S):14–22.
- Sinha, R.K., Hahn, G., Soni, B.K., Agarwal, S. 2014a. Sustainable Agriculture by Vermiculture: Earthworms and Vermicompost Can Ameliorate Soils Damaged by Agrochemicals, Restore Soil Fertility, Boost Farm Productivity and Sequester Soil Organic Carbon to Mitigate Global Warming. – *Int. J. Agric. Res. Rev.*, 2(8):99–114.
- Sinha, R.K., Patel, U., Soni, B.K., Li, Z. 2014b. Earthworms for safe and useful management of solid wastes and wastewaters, remediation of contaminated soils and restoration of soil fertility, promotion of organic farming and mitigation of global warming: A review. – *J. Environm. Waste Manag.*, 1(1):011–025.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P.A., Laubscher, C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. – *Int. J. Phys. Sci.*, 5(13):1964–1973.
- Tringovska, I., Dintcheva, T. 2012. Vermicompost as Substrate Amendment for Tomato Transplant Production. – *Sustain Agric Res.*, 1(2):115–122.



COMPARATIVE ASSESSMENT OF SELECTED HEAVY METAL LOAD IN THREE TILAPIINE SPECIES INHABITING OSINMO RESERVOIR, SOUTHWESTERN NIGERIA

Ayomide Omolara Olofinko¹, Henry Adefisayo Adewole², Victor Folorunso Olaleye²

¹Institute of Ecology and Environmental Studies, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

²Department of Zoology, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

Saabunud: 30.11.2017
Received:
Aktsepteeritud: 12.06.2018
Accepted:

Avaldatud veebis: 12.06.2018
Published online:

Vastutav autor: Henry
Corresponding author: Adefisayo
Adewole

E-mail:
hensaigebnos_2k@yahoo.com

Keywords: heavy metal, tilapiine, Osinmo reservoir, fillet, health, safety, consumption.

doi: 10.15159/jas.18.05

ABSTRACT. The levels of selected heavy metal in the water and fillets of *Tilapia zillii* Gervais, *Sarotherodon galilaeus* Trewavas and *Oreochromis niloticus* Lineaus in Osinmo Reservoir were assessed and compared with established regulatory limits of WHO and FEPA with a view to providing information on the water and the fish fillet heavy metal load as well as the fillet bio-accumulative potential as a likely indicator for human fish consumption safety. Water samples and fish specimens were collected monthly from Osinmo Reservoir, Ejigbo, Southwestern Nigeria for a period of 6 months. The descaled-dried fish fillet and water samples were digested and analysed for lead, chromium, iron, zinc and cadmium using Atomic Absorption Spectrophotometer (A.A.S.). The data obtained were subjected to descriptive and inferential statistics using SPSS 21. The results showed that zinc concentration which was the highest in the water samples and ranged between 144 $\mu\text{g l}^{-1}$ and 288 $\mu\text{g l}^{-1}$ was also the highest in the fillets of all the cichlid species. However, the concentrations were within the mandatory regulatory limits. The result of the study also revealed significant differences ($P < 0.05$) in heavy metal loads of the fish fillets between the cichlid fish species from Osinmo Reservoir. Irrespective of the month of sampling, the heavy metal levels in fish fillets samples were found to increase in the order: *O. niloticus* > *T. zillii* > *S. galilaeus*. However, the levels of lead (11.00–26.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ and 15.00–31.00 $\mu\text{g l}^{-1}$) and cadmium (6.33–13.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ and 2.33–12.33 $\mu\text{g l}^{-1}$) which was the least in both water and fish fillet respectively, were above the recommended regulatory acceptable limit of WHO and FEPA. The study concluded that the elevated levels of lead and cadmium in the water and the fish fillet samples assayed indicated that the two elements negatively impacted the fish fillet quality, thereby raising human health consumption safety issues.

Introduction

The steady increase in the industrial revolution has led to the increase in the pollution of the aquatic environment especially with heavy metals which are indestructible and most of which have toxic effects on organisms (MacFarlane, Burchett, 2000). Apart from the industrial revolution, human activities have been associated with increase in the concentration of metals in many of the natural water systems which have raised concerns regarding metal bio-accumulation and human health hazards (Ekpo *et al.*, 2013). Documented sources

of how heavy metals enter aquatic systems from natural sources and other anthropogenic activities include industrial or domestic sewage that contain sediments with huge quantities of inorganic anions and heavy metals (ECDG, 2002; Ekpo *et al.*, 2013), leaching from landfills/dumpsites, atmospheric deposits, and run-offs from agricultural land and drainage water which have been reported to contain pesticides and fertilizers (Edem *et al.*, 2008).

Heavy metal pollutants which compare with other types of aquatic pollution have been reported to be less visible, but its effects on the ecosystem and humans are

intensive and very extensive due to their toxicity and their ability to accumulate in the aquatic organisms (Svobodova *et al.*, 2004). Heavy metals when present in the water accumulate in tissues and organs of aquatic organism to a level that might affect their physiological state especially fish and thereby incorporated into food chain (Akan *et al.*, 2012; Ekpo *et al.*, 2013).

Fish are nutritious and essential food items which provide high-quality protein, vitamins, minerals and omega-3 fatty acids (which have been associated with health benefits due to their cardioprotective effects) (Wim *et al.*, 2007; Gamal, Shamery, 2010). Despite the many health benefits associated with fish in a diet, there are also some health risks related to fish consumption, mainly due to potential adverse effects of heavy metal contamination (Mansour, Sidky, 2002).

The accumulation of heavy metals within fish varies with route of uptake, type of heavy metal, species of fish concerned, physiology and metabolism (Olatunji, Osibanjo, 2012; Amita *et al.*, 2012). The exposure of fish and other aquatic organism to heavy metals in aquatic environment has also been shown to be a function of the concentration of the dissolved metals in the water bodies. Multiple factors including season, physical and chemical properties of water have also been reported to play a significant role in metal accumulation in different fish tissues (Hayat *et al.*, 2007). The accumulation of these contaminant residues may ultimately reach concentrations hundreds or thousands of times above those measured in the water, sediment and food (Goodwin *et al.*, 2003; Osman *et al.*, 2007). For this reason, monitoring fish tissue contamination serves as an early warning indicator of related water quality problems (Barak, Mason, 1990; Mansour, Sidky, 2002), enables detection of toxic chemicals in fish that may be harmful to consumers, and ensure appropriate action to protect public health and the environment (Adefemi *et al.*, 2008).

Fish is an important component of the human diet in Ejigbo and its environs, most of which are sourced for in Osinmo Reservoir, Ejigbo, Southwestern, Nigeria. Several studies have been done on Osinmo reservoir (Adewumi *et al.*, 2014; Adedeji *et al.*, 2015), but heavy metals bio-accumulation potential in the organ and tissue of the tilapiine species in Osinmo reservoir have not been reported. This study, therefore, intends to determine the concentration of heavy metals in the water and fillets of the tilapiine species from Osinmo reservoir and establish the fish-human consumption safety.

Materials and methods

The Study Area

The study was carried out on Osinmo Reservoir, Ejigbo, Southwestern, Nigeria. The reservoir was a man lake that was created by the impoundment of Ataro River in 2005 primarily to supply potable water. It also provides a number of ancillary benefits among which is the production of fish to the surrounding communities. The reservoir basin extends in length from Latitude

07°52.8' N to 07°53.2' N and in width from Longitude 004°21.2' E to 004°21.7' E (Figure 1). The reservoir has a surface area of about 0.78 km² with a mean depth of 3.2 meters (Komolafe, Arawomo, 2008).

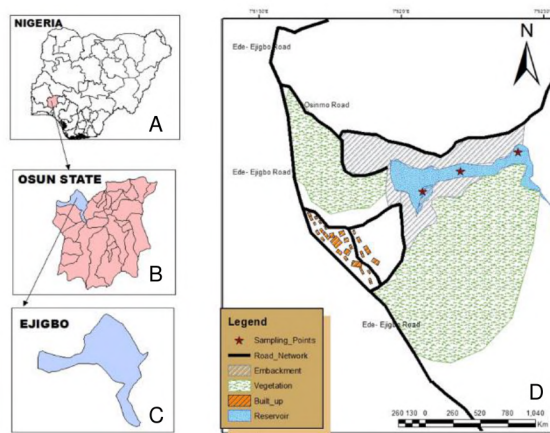


Figure 1. (A) Map of Nigeria showing Osun State, (B) Map of Osun State showing Ejigbo Local Government, (C) Map of Ejigbo Local Government (D) Osinmo reservoir. The map of the study area showing the sampling points

Sample Collection

Water sampling. Surface water samples were collected monthly for a period of 6 month (July–December 2015) from three points in the study area: the transition, open water and lacustrine area of the reservoir which was designated as Station A, B and C respectively (Figure 1). Two litres polyethene bottles washed with 5% nitric acid rinsed with distilled water and dried in an oven were used for the collection of water samples. At each sampling point, the bottles were rinsed three times with the reservoir water before the collection of the water sample. The water samples were then transported to the laboratory where they were filtered with Whatman filter paper No 42. The filtrate were then acidified with 2 ml concentrated HNO₃ per litre of filtered water to minimize precipitation and adsorption to container's wall. The water samples were then stored for digestion and heavy metal analysis.

Fish sampling. The Tilapia species used for this study were caught from Osinmo Reservoir with the help of local fishermen fishing on the Reservoir Area. Specimen of the fish species collected monthly for a period of 6 months between July to December 2015 and identified using identification keys prepared by (Adesulu, Sydenham, 2007) were those of *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon galilaeus* and *Tilapia zillii*. The fish specimens were transported to the Fish Culture Laboratory, Department of Zoology, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria in an ice chest for further processing.

Fish Preparation. In the laboratory, the specimens were cleaned by rinsing with distilled water to remove debris, plankton and other external adherents. Morphometric measurements of the fish specimens were taken by metric ruler (in centimetres) for the total length and standard length while the weight of the fish specimens

were measured using a Metler balance (Model P1210) and values recorded (to the nearest gram). The fishes were then descaled and the fillets of the fish specimen were dissected out, weighed and dried using Gallenkamp hotbox oven (Model DHG-9030A) at a temperature 60 °C for 24 hours. After drying, the samples were pulverised in clean ceramic mortar and pestle and kept in a well labelled universal specimen bottle prior to digestion for heavy metal analysis.

Heavy metal determination. Water sample and 2 g of pulverized fish sample were digested following the method of Ademoroti (1996). The levels of lead, zinc, chromium, iron and cadmium of digested samples were then read using an ALPHA 4 ChemTech Analytical (serial number 4200) Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Buck Model 205).

Statistical Data Analysis. The data obtained were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) and significant differences accepted at $P \leq 0.05$ (Zar, 2001). Where significant differences were recorded, the mean values were separated using post-hoc Tukey's (HSD) test. Descriptive statistics for all collected data were also obtained using SPSS software package Version 21.

Results

Heavy Metals Concentrations of the Water Samples Collected from Osinmo Reservoir

The mean concentrations of some heavy metals assayed in the water samples collected from Osinmo Reservoir is shown in Table 1. Analysis showed that zinc had significantly higher concentration out of the heavy metals assayed, followed by iron and chromium respectively (Table 1).

Table 1. Post-hoc multiple comparison (Duncan) of the selected heavy metal mean concentration ($\mu\text{g l}^{-1}$) in the water sample collected from the sampled stations

Heavy metals	Station A	Station B	Station C
Lead	16.50 \pm 0.99 ^a	21.17 \pm 1.51 ^b	13.83 \pm 0.87 ^a
Chromium	20.17 \pm 2.55 ^a	33.17 \pm 2.77 ^b	20.00 \pm 2.25 ^a
Zinc	254.17 \pm 9.35 ^b	197.00 \pm 15.77 ^a	204.67 \pm 9.39 ^a
Iron	39.33 \pm 2.63 ^a	66.83 \pm 2.50 ^b	38.00 \pm 3.93 ^a
Cadmium	19.17 \pm 0.95 ^a	20.50 \pm 2.22 ^a	24.33 \pm 2.44 ^a

Row means with the same superscript are not significantly different ($P > 0.05$) from each other.

Zinc concentration in Station A was found to be significantly higher ($P < 0.05$) than that in Stations B and C. The highest mean concentration of Pb, Fe and Cr were recorded in water samples collected from Station B, while Station C had the lowest concentration of Cd, Pb, and Fe. In station A, Zn had the highest concentration followed by Fe, Cr, and Cd respectively. The concentrations of Pb, Cr, and Fe were significantly higher ($P < 0.05$) in Station B than at the other two sampled Stations (Table 1). Although there was variations in the Cd levels between the three Stations, there was no significant difference ($P < 0.05$) between the three Stations (Table 1). Irrespective of the month of study, Zn had the highest concentration out of all the elements assayed followed by Fe, Cr, Cd, and Pb in that

order. In Station A, the order of heavy metal concentration was $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cr} > \text{Cd} > \text{Pb}$, while in Station B, the order of heavy metal concentration was $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cd}$. For Station C, the order of heavy metal concentration in the water samples analysed was $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Pb}$ (Table 1).

Monthly mean variation of the heavy metal concentration in the water sample collected from Osinmo Reservoir

Lead (Pb). The monthly variation in the Pb^+ concentration in the water samples collected from the different sampled stations during the period of study (Figure 2) revealed that the level of the element in station A ranged between 13.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ (July 2015) and 20.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ (November 2015). In Station B, the concentration varied between 16.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ (July 2015) and 26.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ (December 2015). In Station C however, lead concentration monitored ranged between 11.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ (September 2015) and 16.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ (August and November 2015). Comparative monthly variation in the water mean Pb^+ concentration between the sampled stations as shown in Figure 2 revealed a bimodal pattern of Pb concentration with peaks in August and November (2015) in Stations B and C during the period of study. In Station A, however, a peak concentration which occurred in August 2015 was followed by a drop in the element concentration in September which was subsequently followed by a steady increase in concentration up to December 2015.

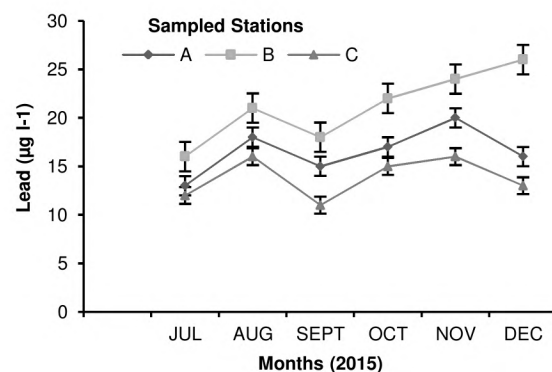


Figure 2. The monthly mean variation of lead ion concentration (\pm SEM) in the water samples collected from Osinmo reservoir

Cadmium (Cd). The mean cadmium concentration in water sample collected from Osinmo Reservoir during the study period ranged between 15.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Station B, July and September 2015,) and 31.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Station C, November 2015) (Figure 3). The highest level of Cd ion (31.00 $\mu\text{g l}^{-1}$) and lowest level of Cd ion (15.00 $\mu\text{g l}^{-1}$) was recorded in Station C in the month of September and October 2015, respectively (Figure 3). A bimodal pattern of Cd^+ concentration was recorded in all the sampled stations during the period of study. In Stations A and B, peak concentrations of Cd^+ were recorded during the months of August and October 2015, while the least concentration was recorded in September 2015. In Station C however, peak concentrations of the element occurred in September and

November 2015. The lowest Cd concentration was recorded in October 2015 (Figure 3).

Zinc (Zn). The zinc ion levels in the water samples from Osinmo Reservoir during the period of the study had the highest value of $288.00 \mu\text{g l}^{-1}$ (Station A, December 2015) and of $144.0 \mu\text{g l}^{-1}$ in Station B, (October 2015) (Figure 4). Analyses showed similar monthly pattern of variation in zinc concentration in Stations A and B (Figure 4). The variation in the two Stations showed a steady increase between July and September 2015, followed by a decline in the month of October 2015 subsequently with a steady increase till December 2015. In Station C, a peak concentration ($224.00 \mu\text{g l}^{-1}$) in August, 2015, was followed by a decline in concentration until the month of October, 2015, before an increase which culminated in the highest concentration ($241.00 \mu\text{g l}^{-1}$) of the element in the water samples during the month of December, 2015.

Chromium (Cr). The chromium ion concentrations in the water samples collected from Osinmo Reservoir during the period of study ranged between $9.00 \mu\text{g l}^{-1}$ in Station A (October 2015) and $48.00 \mu\text{g l}^{-1}$ in Station B, (December, 2015) (Figure 5). Monthly comparative analyses of the concentration of the elements between the sampled stations showed variations between the stations. In Station C, a steady increase occurred in the concentration of the element between July and December 2015. In Station A, however, the increase in concentration between July and August 2015 was followed by a decline in concentration up till October 2015, before a peak concentration ($26.00 \mu\text{g l}^{-1}$) was recorded in November 2015. In Station B, the slight increase in concentration of Cr^{2+} between July and August 2015 was followed by a declining concentration between August and September 2015. Subsequently, a steady increase in concentration occurred before a peak concentration ($48.00 \mu\text{g l}^{-1}$) was recorded in December 2015.

Iron (Fe). The mean iron concentration in water samples collected from Osinmo Reservoir during the period of study ranged between $25.00 \mu\text{g l}^{-1}$ (Station C, December 2015) and $73.00 \mu\text{g l}^{-1}$ (Station C, October 2015) (Figure 6). Comparative analyses of the Fe levels between the sampled Stations showed that in Station A, the peak levels of Fe occurred in the months of July and September, 2015, while the peak concentration of the element ($73.00 \mu\text{g l}^{-1}$) was recorded in October 2015 in Station B. However in Station C, the peak concentrations ($51.00 \mu\text{g l}^{-1}$) of Fe occurred during the month of July and October 2015. Analyses also revealed that the lowest concentration of Fe ($25.00 \mu\text{g l}^{-1}$) in all the sampled stations occurred during the month of December 2015 (Figure 6).

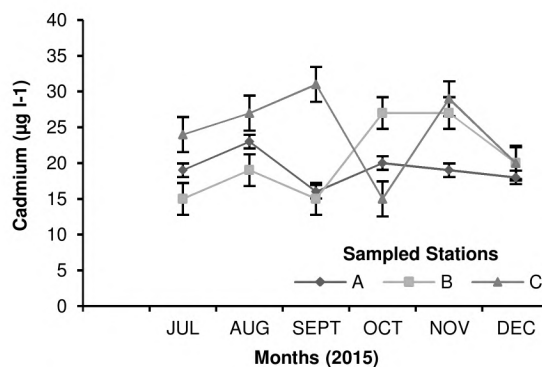


Figure 3. The monthly mean variation of cadmium ion concentration (\pm SEM) in the water samples collected from Osinmo reservoir

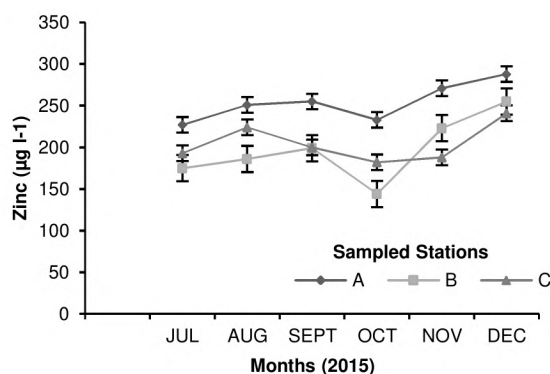


Figure 4. The monthly mean variation of zinc ion concentration (\pm SEM) in the water samples collected from Osinmo reservoir

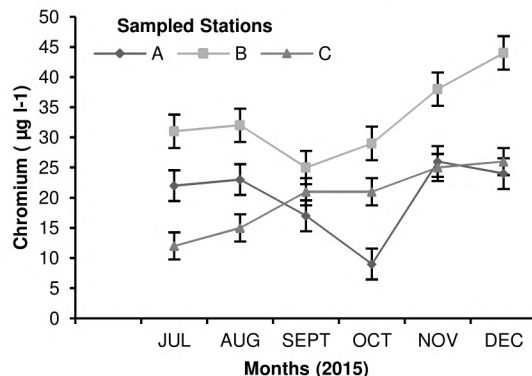


Figure 5. The monthly mean variation of chromium ion concentration (\pm SEM) in the water samples collected from Osinmo reservoir

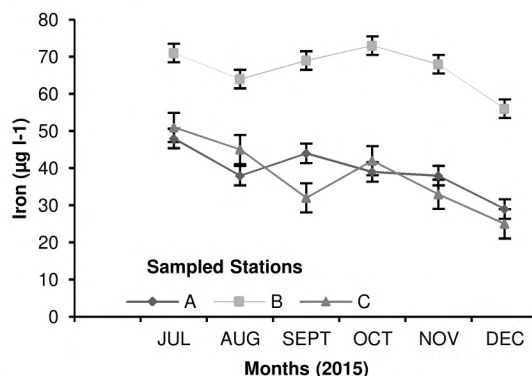


Figure 6. The monthly mean variation of iron ion concentration (\pm SEM) in the water samples collected from Osinmo reservoir

Table 2. Length-weight profile of the sampled cichlid fish specimens from Osinmo reservoir during the study period

Family	Fish species	Total number examined	Total length (cm)	Mean total length (cm)	Standard length (cm)	Mean standard length \pm SEM (cm)	Weight (g)	Mean weight \pm SEM (g)
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	30	16.00–28.00	19.85 \pm 2.50	13.00–22.70	15.97 \pm 2.04	94.99–421.08	166.90 \pm 74.23
	<i>Tilapia zillii</i>	30	11.20–26.10	18.14 \pm 3.71	9.20–21.50	13.88 \pm 3.00	83.80–373.72	151.31 \pm 72.97
	<i>Sarotherodon galilaeus</i>	30	10.30–25.50	16.23 \pm 3.45	8.30–20.80	13.00 \pm 2.78	68.29–355.13	128.05 \pm 56.50

Fish Composition and Morphometrics

Thirty (30) specimens each of three fish species: *Oreochromis niloticus*, *Tilapia zillii* and *Sarotherodon galilaeus* belonging to the family Cichlidae were assessed for the fillet heavy metal concentration during the period of study. The total length, standard length and the weight of the specimens used for the study is shown in Table 2. In all cases, sub-adults and adult specimens of the three species were analysed for the heavy metal content.

Heavy Metals Concentrations in the Fillet of the Fish Specimens

The concentration of the heavy metals assayed in the fillet of the three cichlid species studied is shown in Table 3. Irrespective of the species, Zn has the highest concentration in the fish fillet while Cd concentration was the least. In the species, the order of concentration was Zn > Fe > Cr > Pb > Cd. Generally, the levels of the assayed heavy metals were higher in *O. niloticus* while the least concentration occurred in *S. galilaeus*. The only exception was Fe where the least concentration was recorded in the fillet of *T. zillii*. Comparative analyses between the cichlid species showed that the highest Zn concentration was recorded in the fillet of *O. niloticus*. Statistical analyses revealed that the concentration of Zn was significantly higher ($P < 0.05$) in the fillet of *O. niloticus* than in the fillet of *T. zillii* and *S. galilaeus* whose concentration were however found not to be significantly different ($P > 0.05$) from each other.

Table 3. Post-hoc multiple comparison of the assayed heavy metals concentration ($\mu\text{g g}^{-1}$) in the fillets of the fish specimens in mean and \pm SEM

Heavy metals	<i>O. niloticus</i>	<i>T. zillii</i>	<i>S. galilaeus</i>
Lead	12.61 \pm 0.81 ^b	10.00 \pm 0.81 ^a	9.94 \pm 0.81 ^a
Chromium	18.44 \pm 1.63 ^a	18.22 \pm 1.63 ^a	11.67 \pm 1.63 ^b
Zinc	190.06 \pm 4.20 ^b	175.22 \pm 4.20 ^a	168.22 \pm 4.20 ^a
Iron	36.67 \pm 2.41 ^a	14.56 \pm 2.41 ^b	31.00 \pm 2.41 ^a
Cadmium	8.33 \pm 0.46 ^b	6.83 \pm 0.46 ^a	5.94 \pm 0.46 ^a

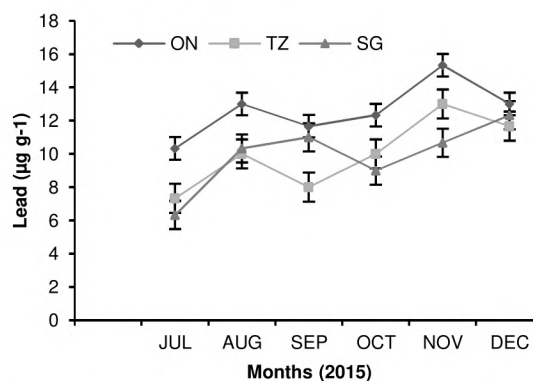
Row means with the same superscript are not significantly different ($P < 0.05$) from each other.

The concentration of Fe which was also highest in the fillet of *O. niloticus* was not significantly different ($P > 0.05$) from those of *S. galilaeus* but was significantly higher ($P < 0.05$) than the concentration of the element in the fillet of *T. zillii*. The levels of Cr in the fillet of *O. niloticus* and *T. zillii* were not significantly different ($P > 0.05$) from each other but the levels were found to be significantly higher ($P < 0.05$) than in the fillet of *S. galilaeus*. Relatively trace amounts of Pb and Cd recorded in the fillet of *T. zillii* and *S. galilaeus* were found not to be significantly different ($P > 0.05$) from each other. However, the

levels of the two elements in the two species were found to be significantly lower ($P < 0.05$) than in the fillet of *O. niloticus* (Table 3).

Monthly Variation in the Fillet Heavy Metals Concentration

Lead (Pb). The monthly variation in the Lead concentration of the fillet of the cichlid species examined during the period of study is shown in Figure 7. Irrespective of the month of sampling, similar pattern of concentration of the element was recorded in *O. niloticus* and *T. zillii* specimens caught. However, the level of Pb was higher in *O. niloticus* for each corresponding month. In *O. niloticus* and *T. zillii* fillet, higher concentrations of Pb (15.33 \pm 5.03 and 13.00 \pm 3.00 $\mu\text{g g}^{-1}$ respectively) were recorded during the month of November 2015. In *S. galilaeus*, the lowest fillet Pb concentration (6.33 \pm 3.21 $\mu\text{g g}^{-1}$) was recorded during the month of July (2015), while the highest level (12.33 \pm 4.51 $\mu\text{g g}^{-1}$) was recorded in December (2015). In *S. galilaeus*, the level of Pb rose steadily in the fish fillet sample between July and September (2015) before a decline in October (2015) which was subsequently followed by a steady increase until December 2015 (Figure 7).

**Figure 7.** Monthly variations in the lead concentration (\pm SEM) of the fillet of the fish species caught during the study period (ON – *Oreochromis niloticus*, TZ – *Tilapia zillii*, SG – *Sarotherodon galilaeus*)

Chromium (Cr). The level of chromium in the fillet of the three tilapiine species studied is shown in Figure 8. Analyses showed that although the level of the element varied between the species, between July and August 2015, *T. zillii* had the highest elemental fillet level (28.67 \pm 10.60 $\mu\text{g g}^{-1}$) while *S. galilaeus* had the least (6.33 \pm 3.21 $\mu\text{g g}^{-1}$). In *O. niloticus* and *S. galilaeus*, the levels of Cr in the fillet of the fishes were relatively stable between August and October 2015, before a steady increase was recorded between October and December 2015. In *T. zillii*, however, the

lowest Cr concentration ($12.33 \pm 3.51 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded in September 2015 while the highest concentration ($28.67 \pm 10.60 \mu\text{g g}^{-1}$) occurred in the fillet in November, 2015.

Zinc (Zn). The monthly variation in the level of zinc in the fillet of the studied cichlid species is shown in Figure 9.

Analyses showed the concentration of the element in the three species varied within a narrow amplitude. The highest zinc concentration (220.33 ± 20.50 and $205.00 \pm 42.79 \mu\text{g g}^{-1}$) in the fillet of *O. niloticus* and *S. galilaeus* specimens respectively was recorded in October 2015 while in *T. zillii*, the highest concentration ($180.00 \pm 5.00 \mu\text{g g}^{-1}$) of the element occurred in September 2015. The least zinc concentration ($121.33 \pm 16.01 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded in December 2015 in *S. galilaeus*, $169.67 \pm 1.53 \mu\text{g g}^{-1}$ *T. zillii* in November 2015 and $180.00 \pm 16.22 \mu\text{g g}^{-1}$ in *O. niloticus* in September 2015 (Figure 9).

Iron (Fe). The highest fillet Fe concentration ($44.00 \pm 18.03 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded in *O. niloticus* irrespective of the month of sampling while the least concentration ($13.00 \pm 3.61 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded in *T. zillii*. The concentration of Fe in the fillet of *T. zillii* between July and December 2015 was relatively stable (Figure 10). However, in *O. niloticus* the fish fillet Fe concentration was found to increase steadily between July and September 2015 when peak concentration ($44.00 \pm 18.03 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded before declining until December 2015. In *S. galilaeus* specimens, however, the highest Fe concentration ($39.67 \pm 9.61 \mu\text{g g}^{-1}$) in the species was recorded in September 2015, while the least concentration ($24.00 \pm 12.29 \mu\text{g g}^{-1}$) of the element in the fillet of the fish was recorded in October 2015.

Cadmium (Cd). The monthly concentration of Cd in the fillet of the three studied cichlid species varied widely (Figure 11). In *T. zillii*, the concentration of Cd increased steadily between July and September 2015 when the peak concentration ($11.33 \pm 1.15 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded before declining too ($2.33 \pm 1.53 \mu\text{g g}^{-1}$) in December 2015, when the least concentration was recorded. The concentration of Cd in *S. galilaeus* which increased in the fish fillet between July and August 2015, declined until October 2015 when the least concentration ($3.67 \pm 1.15 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded. Subsequently, the level of the element increased in the fish fillet until the maximum concentration ($9.00 \pm 2.65 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded in December 2015. The peak Cd concentration was recorded in July 2015. However, the concentration of Cd in *O. niloticus* declined between August and September 2015. Subsequently, a high concentration ($11.33 \pm 1.15 \mu\text{g g}^{-1}$) which was recorded in October 2015 was followed by a steep decline in concentration of the element until December 2015 when the least concentration ($4.00 \pm 1.00 \mu\text{g g}^{-1}$) was recorded.

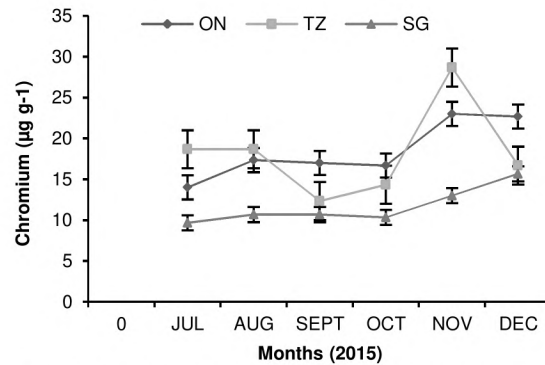


Figure 8. Monthly variations in the chromium concentration (\pm SEM) of the fillet of the fish species Caught during the study period (ON – *Oreochromis niloticus*, TZ – *Tilapia zillii*, SG – *Sarotherodon galilaeus*)

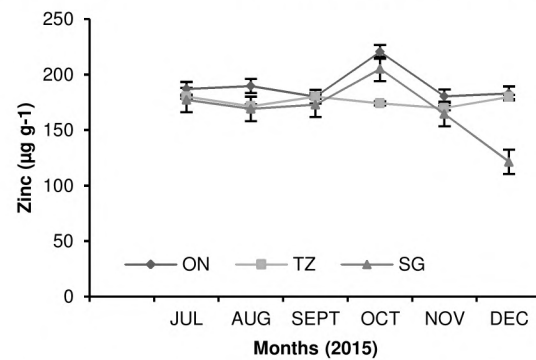


Figure 9. Monthly variations in the zinc concentration (\pm SEM) of the fillet of the fish species caught during the study period (ON – *Oreochromis niloticus*, TZ – *Tilapia zillii*, SG – *Sarotherodon galilaeus*)

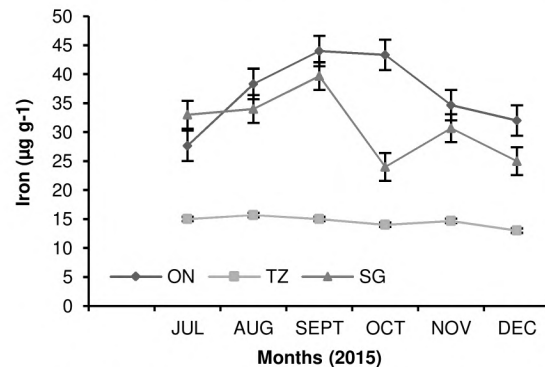


Figure 10. Monthly variations in the iron concentration (\pm SEM) of the fillet of the fish species caught during the study period (ON – *Oreochromis niloticus*, TZ – *Tilapia zillii*, SG – *Sarotherodon galilaeus*)

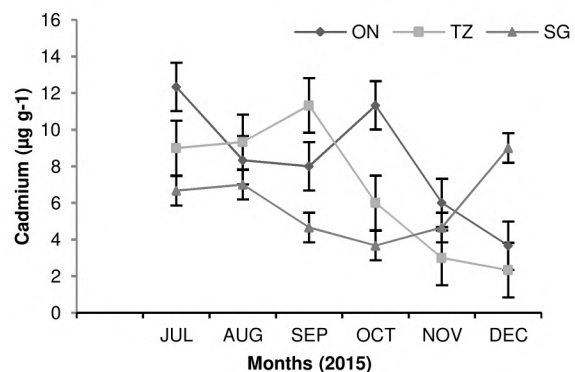


Figure 11. Monthly variations in the cadmium concentration (\pm SEM) of the fillet of the fish species caught during the study period (ON – *Oreochromis niloticus*, TZ – *Tilapia zillii*, SG – *Sarotherodon galilaeus*)

Relationship between Heavy Metal Concentration in Water and Fish Fillets

The relationship between concentration of lead in water and the fillet samples of the three studied species is shown in Figure 12. Analyses showed there was a very high positive correlation between the level of Pb in the water and fillet samples in *O. niloticus* ($r^2 = 0.8448$) and *T. zillii* ($r^2 = 0.8943$). However, there was a low correlation ($r^2 = 0.3255$) between the lead concentration in water and *S. galilaeus* fillet samples. The relationship between chromium concentration in water and fish fillet samples is shown in Figure 13. A very high positive correlation was recorded between water chromium levels and the element's concentration in the fillet of *O. niloticus* ($r^2 = 0.8822$) and *S. galilaeus* ($r^2 = 0.8849$). Comparatively, a low correlation ($r^2 = 0.2991$) was obtained between the water chromium level and the element fillet concentration in *T. zillii*. Analysis also showed a very low correlation between water Zn level and the fillet samples of *O. niloticus* ($r^2 = 0.4247$), *T. zillii* ($r^2 = 0.0645$) and *S. galilaeus* ($r^2 = 0.9395$) studied (Figure 14). Analysis showed a very low correlation between water Fe level and the fillet samples of *O. niloticus* ($r^2 = 0.0003$), *T. zillii* ($r^2 = 0.4478$) and *S. galilaeus* ($r^2 = 0.1255$) respectively (Figure 15). Also, very low correlation occurred between the water Cd level and the fillet elemental composition in the three species studied. Analysis showed the correlation coefficients recorded between Cd levels in water and fish fillet samples were: *O. niloticus* – $r^2 = 0.7520$; *T. zillii* – $r^2 = 0.0348$ and *S. galilaeus* – $r^2 = 0.1346$ (Figure 16).

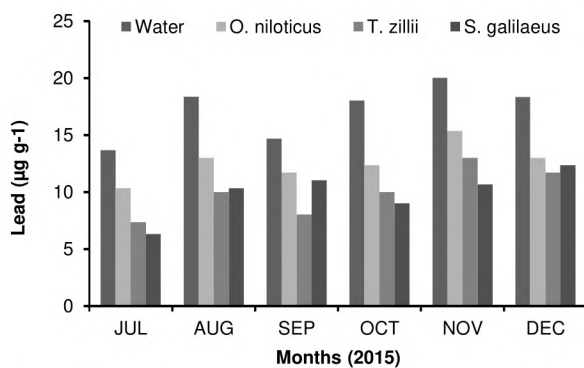


Figure 12. Relationship between Pb levels in the water and fillet samples of the fish specimens used

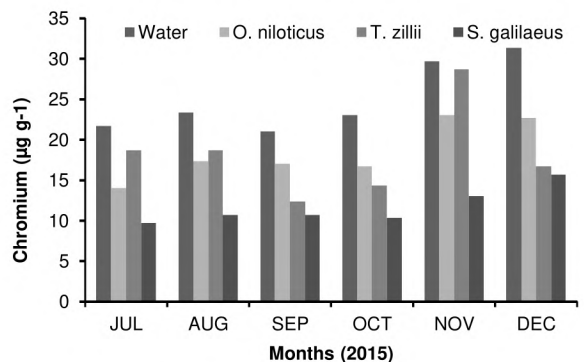


Figure 13. Relationship between Cr levels in the water and fillet samples of the fish specimens used

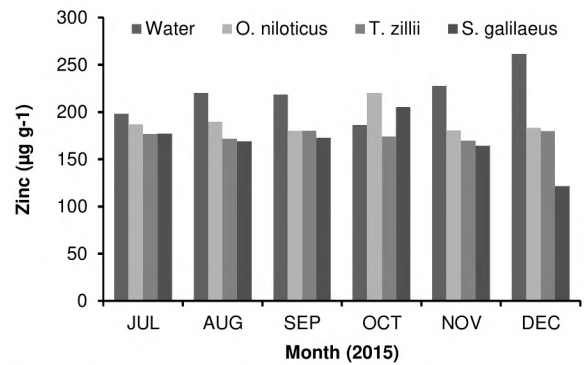


Figure 14. Relationship between Zn levels in the water and fillet samples of the fish specimens used

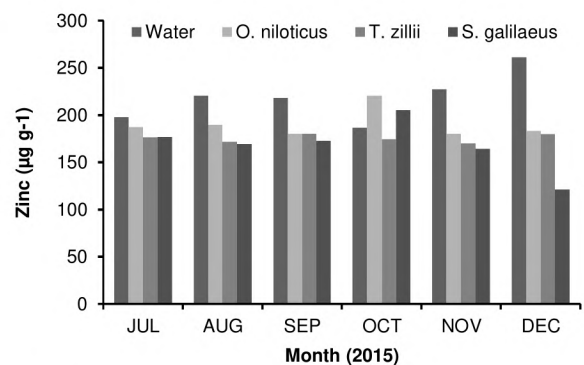


Figure 15. Relationship between Fe levels in the water and fillet samples of the fish specimens used

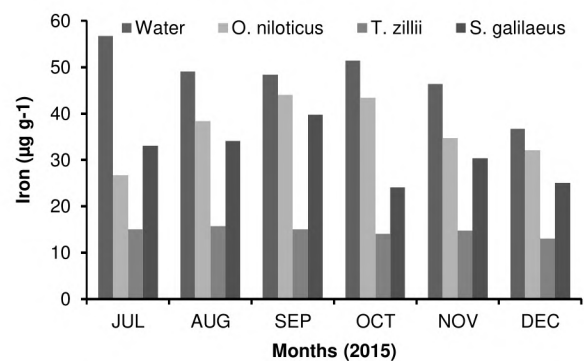


Figure 16. Relationship between Cd levels in the water and fillet samples of the fish specimens used

Discussion

Specific Variations in the Level of Selected Heavy Metals in Osinmo Water Samples

Lead concentration in Osinmo Reservoir during the period of study which recorded a monthly range value of 11.00–26.00 µg l⁻¹ was similar to the result reported by Bolawa and Gbenle (2010) from Makoko River and around Carter Bridge, Lagos State, Nigeria. Lead concentrations which were significantly higher in station B could probably be attributed to increased anthropogenic activities observed during the period of study such as the proximity of the stations to the irrigation farming being practised in close proximity of the reservoir. The level of lead in the water samples collected from the reservoir, however, differed from the findings of Olatunji and Osinbanjo (2012) who reported a higher

range of Lead values of (20.00–40.00 $\mu\text{g l}^{-1}$) in surface water of River Niger, Nigeria. Other studies of surface water from Ikpoba River, Nigeria by Oguzie, Izevbogie (2009) and Nairobi River, Kenya by Kithia (2006), also reported higher mean Lead values of 35.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ and 100.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ respectively which were however higher than the level of Lead recorded in Osinmo Reservoir during the period of study. However, irrespective of the lower values of Lead recorded in the reservoir, the values were above the maximum acceptable limit of 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ for potable water (WHO, 2002; 2003). Goel (1997) reported that Lead concentration in natural water increases mainly through anthropogenic activities. Hence, the source of Lead into the Osinmo reservoir during the period of study will likely include depositions from soil erosion and run-offs from agricultural lands within the reservoir catchment areas (DWAF, 1996). Lower levels of lead recorded in water samples from station C was probably due to the minimal pollution activities close to the sampling point. The general decrease in Lead concentration during the period of study could also be due to dilution effect from water during the rainy period as well as absorption of the element by plants and sediments in the reservoir (Kithia, 2006; Kar *et al.* 2008)

Cadmium concentration in Osinmo Reservoir during the period of the study which has a mean monthly range 15.00 and 31.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ was higher than the values reported by Ekpo *et al.* (2013) in Ikpoba River (1.00 and 2.00 $\mu\text{g l}^{-1}$) in Benin City, Nigeria. The higher levels of cadmium in the water samples across all the stations of Osinmo reservoir could be attributed to various anthropogenic activities especially ongoing agricultural activities in the area. According to Modaihsh *et al.* (2004), fertilizers such as phosphate fertilizers and other types averagely contain 13.4 $\mu\text{g g}^{-1}$ of cadmium which tends to accumulate in the soil when fertilizers are applied annually on farmlands. Some of the accumulated Cd probably get leached out of the soil and end up in the reservoir. The cadmium concentration which increased from July to September in sampling station C could, therefore, be attributed to such run-offs from the surrounding soils. The cadmium level in Osinmo Reservoir during the period of study was however found to be above the acceptable limit of 5.0 $\mu\text{g l}^{-1}$ recommended by EPA for portable water (ATSDR, 1999) and 3.0 $\mu\text{g l}^{-1}$ recommended by WHO (1984) and FEPA (2007).

Presence of zinc in water bodies such as Osinmo reservoir could be associated with human activities such as the use of chemicals and zinc-based fertilizers by farmers (Egila, Nimyel, 2002). Zinc ion concentration in water samples collected from Osinmo Reservoir during the period of study (with a monthly range value of 144.00–288.00 $\mu\text{g l}^{-1}$) was within the recommended acceptable limit for potable water of 300 $\mu\text{g l}^{-1}$ (WHO, 2008). Zinc concentrations that were higher than what was recorded in Osinmo reservoir during the present study have been reported in other water bodies. Kar *et al.* (2008) and Agatha (2010) reported a higher mean

zinc level of 78250 $\mu\text{g l}^{-1}$ from Forcado River, Nigeria. Olatunji, Osinbajo (2012) also obtained higher mean zinc values in the range of (1980.00–4030.00 $\mu\text{g l}^{-1}$) in River Niger, North Central Nigeria. Although zinc is considered to be relatively non-toxic, especially if taken orally, zinc deficiency has been reported to cause anaemia and retardation of growth and development (McCluggage, 1991). Excess amount of the element has also been reported to cause system dysfunctions that result in impairment of growth and reproduction (INECAR, 2000; Nolan, 2003).

Iron concentration in Osinmo Reservoir during the period of study which recorded a monthly value of between 25.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ to 73.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ was within the 300 $\mu\text{g l}^{-1}$ recommended permissible limits in drinking water (FAO, 1996; FEPA, 2003). During the period of study, the Fe concentration recorded in water samples from all stations were, however, smaller than a higher mean value of 380 $\mu\text{g l}^{-1}$ recorded in water upstream of Ikpoba River (Oguzie, Izevbogie, 2009). Analyses which showed the iron concentration to significantly higher in station B, however, could be related to the nearness of the sampled station to an irrigation farming scheme being practised in close proximity of the reservoir during the period of study. The decrease observed in iron concentration between the months of October to December 2015 across the sampling stations, on the other hand, might be due to the advent of the dry season which probably led to higher uptake of element by the biota. Although the level of iron in water samples collected from Osinmo Reservoir was below the maximum acceptable limit of 300 $\mu\text{g l}^{-1}$ for iron in portable water (WHO, 1984; FEPA, 2003), the concentration of the element in water from the reservoir was found to be higher than the concentration of other elements investigated except zinc. The high level of the element in the water samples could be due to the high degree of solubility of the ferrous and ferric forms of iron in water. This could be explained by the fact that iron being the most abundant in the environment could conceivably be bio-accumulated more than the other metals (Oronsaye *et al.*, 2010).

Chromium concentrations in water samples from Osinmo Reservoir during the sampling period which ranged between 9.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ to 48.00 $\mu\text{g l}^{-1}$, were below the recommended acceptable limits for potable water which is 50 $\mu\text{g l}^{-1}$ (FEPA, 2007; WHO, 2008). The Cr levels recorded were comparatively lower when compared to the levels of the element reported in other water bodies. A higher mean chromium level of 49.00 $\mu\text{g l}^{-1}$ was reported by Oyhakilome *et al.* (2012) in Owena multipurpose dam water, Nigeria. Olatunji and Osinbanjo (2012) also reported much higher mean chromium levels of 1190 to 3160 $\mu\text{g l}^{-1}$ in River Niger, Nigeria. During the period of study, however, the increase in chromium level between the months of October and December 2015 could be associated with the onset of the dry season which probably led to incremental concentration as the volume of water reduces in the reservoir.

Heavy Metal Levels in the Fish Fillet

The mean Lead concentration in the fillet of the tilapiine species analysed which were $12.61 \pm 0.81 \mu\text{g g}^{-1}$ in *O. niloticus*, $10.00 \pm 0.81 \mu\text{g g}^{-1}$ in *T. zillii* and $9.94 \pm 0.81 \mu\text{g g}^{-1}$ in *S. galilaeus* were found to be above the $2.0 \mu\text{g g}^{-1}$ recommended acceptable limit for lead in fish products (FEPA, 2003). Microhabitat utilization, feeding habits, age, sex and fish species probably determined the accumulation pattern of the heavy metal in the fishes (Kotze, 1997). The results obtained during the study however closely agreed with Okoye (1999) who reported mean values of $9.00 \mu\text{g g}^{-1}$ for lead in fishes collected from the Lagos Lagoon. The values obtained during the period of study were higher when compared to the reported values of $(0.395\text{--}0.62 \mu\text{g g}^{-1})$ by Doherty *et al.* (2010) in fishes collected from Lagos Lagoon. Bolawa and Gbenle (2010) also reported higher mean values of the element which ranged between 31.00 and $65.00 \mu\text{g g}^{-1}$ in fishes collected from Makoko River and Carter River in Lagos, Nigeria. Farombi *et al.* (2007) on the other hand, reported the Lead values of between 0.73 to $4.12 \mu\text{g g}^{-1}$ in *C. gariepinus* collected from Ogun River while Obasohan *et al.* (2006) reported a mean range values of 0.10 to $0.83 \mu\text{g g}^{-1}$ in some fishes from Ogba River, Nigeria.

Zinc which is an essential microelement required for numerous aspects of cellular metabolism occurs naturally in organisms and in the earth crust. The mean zinc concentration in the fillet of the fish species assayed were $190.06 \pm 4.20 \mu\text{g g}^{-1}$ in *O. niloticus*, $175.22 \pm 4.20 \mu\text{g g}^{-1}$ in *T. zillii* and $168.22 \pm 4.20 \mu\text{g g}^{-1}$ in *S. galilaeus*. These values were found to be below the recommended acceptable limit of $2000\text{--}13\ 000 \mu\text{g g}^{-1}$ (WHO, 2003). The order of zinc concentration in the fish species caught from Osinmo reservoir were *S. galilaeus* < *T. zillii* < *O. niloticus*. Fish has been reported to accumulate zinc from both the surrounding water and from their diet (Eisler, 1993). Although, zinc is an essential element, at high concentration it has been reported to be toxic to fish, causing mortality, growth retardation and reproductive impairment (Sorenson, 1991). Oluseye *et al.* (2012) reported a much lower mean values of zinc concentration ($0.690 \mu\text{g g}^{-1}$) in fish species caught in Dandaru Reservoir, Ibadan, when compared with those of the studied tilapiine species caught in Osinmo reservoir. Akan *et al.* (2012) also recorded a much lower mean zinc value in the range of 0.15 to $0.25 \mu\text{g g}^{-1}$ in fishes caught from River Benue in Adamawa, Nigeria when compared with the zinc levels in the studied cichlids during the period of study. However, a higher mean value of $158.30 \mu\text{g g}^{-1}$ was reported for fishes caught in Jakara River, Kano State (Ibrahim, Said, 2010). The concentration of zinc in *O. niloticus* which was significantly higher than in the other two cichlid fish species could probably be diet related. *O. niloticus* has been considered as a benthic omnivore feeds on benthic crustaceans and sessile molluscs and occasionally preying on other smaller fishes (Orban *et al.*, 2008). The higher value of the element in the fish

probably confirmed Ney and Van Hassel (1983) earlier observation that lead and zinc concentration were expected to be higher in benthic fishes.

The mean cadmium concentration in the fillet of the tilapiine fish species from Osinmo reservoir assayed which respectively were: $8.33 \pm 0.46 \mu\text{g g}^{-1}$ in *O. niloticus*, $6.83 \pm 0.46 \mu\text{g g}^{-1}$ in *T. zillii*, $5.94 \pm 0.46 \mu\text{g g}^{-1}$ in *S. galilaeus* were above the recommended acceptable limit of $1.0 \mu\text{g g}^{-1}$ (Egila, Nimyel, 2002). Although cadmium occurs naturally in the environment, the accumulation of cadmium in fish samples could be as a result of agricultural activities such as land preparation, application of agrochemicals and other activities. According to Rashed (2001), Pb and Cd concentrations are known to increase in fish tissues collected in freshwater ecosystem impacted by agricultural activities. Thus, there is the possibility of these heavy metals emanating from the chemical fertilizers, weedicides and all forms of pesticides being utilized in the cultivation of farms within the reservoir catchment area. Comparatively, Ibok *et al.* (1989) reported lower cadmium values of 0.24 and $0.45 \mu\text{g g}^{-1}$ in *P. Obscura* and *Hemichromis fasciatus* caught in some streams in Ikot Ekpene area of Nigeria. Abdulrahman and Tsafe (2004) on the other hand reported a slightly higher value of cadmium in fishes caught from Sokoto Rima River which was attributed to agrochemical usages. Kidwell *et al.* (1995) however observed that predatory fish species accumulated more mercury while the benthivores contained higher concentrations of cadmium and zinc. Bolawa and Gbenle (2010) reported a comparatively higher cadmium value of 23 to $90 \mu\text{g g}^{-1}$ from Makoko River and Carter Bridge River in Lagos, Nigeria, when compared with those of tilapiine species from Osinmo reservoir. However, Ekpo *et al.* (2013) reported a much lower mean cadmium value in the range of 1.00 to $2.00 \mu\text{g g}^{-1}$ in fishes caught from Ikpoba River, Benin City, Nigeria. The higher concentration of cadmium in fish fillets during this study especially in *O. niloticus* could be due to their ability to tolerate very high levels (14.8 mg l^{-1}) of waterborne cadmium (Garcia-Santos *et al.*, 2006).

The mean iron concentration in the fillet of the three tilapiine fish species analysed during the period of study which were $36.67 \pm 2.41 \mu\text{g g}^{-1}$ in *O. niloticus*, $14.56 \pm 2.41 \mu\text{g g}^{-1}$ in *T. zillii* and $31.00 \pm 2.41 \mu\text{g g}^{-1}$ in *S. galilaeus* respectively were below the $300 \mu\text{g g}^{-1}$ acceptable recommended limits for iron in food (FAO, 1996; FEPA, 2003). The levels of iron in the fillet of the three tilapiine species during the period of study agreed with values of between $51.32\text{--}107.54 \mu\text{g g}^{-1}$ reported by Obasohan (1997) in the fillet of fish species collected from Ogba River, Benin City, Nigeria. Although agricultural activities could have contributed to the concentration of iron in the fish fillet samples, the primary source of iron in the fillet could likely be the naturally occurring iron present in the soil (NRC, 1989). Also, the haemoglobin component of the blood which is iron-based is also probably a major contributor of the iron level in the fillet of the fishes (Camara *et al.*, 2005).

Chromium is an essential trace element in human but in excesses, it could have lethal effect on fish and wildlife (Robertson *et al.*, 1992). The mean chromium concentration in the fillet of the fish species analysed were $18.44 \pm 1.63 \mu\text{g g}^{-1}$ in *O. niloticus*, $18.22 \pm 1.63 \mu\text{g g}^{-1}$ in *T. zillii*, and $11.67 \pm 1.63 \mu\text{g g}^{-1}$ in *S. galilaeus*. The values of the element recorded in the fillet of the various tilapiine species during the period of study were found to be within the acceptable limit of $50 \mu\text{g g}^{-1}$ recommended for fish and fish products (WHO, 1984; FEPA, 2007). However, the consumption of fish from the reservoir should, however, be done with caution as cumulative effects of the element might constitute health hazards to aquatic life as well as man who feeds on the fishes (Oronsaye, 2010). Ugwu *et al.* (2012) had earlier reported a much higher chromium level ($56.00 \mu\text{g g}^{-1}$) in muscles of *O. niloticus* obtained from River Usuma, Nigeria. Agricultural activities such as application of agro-chemical like fertilizers and pesticides utilized within the reservoir catchment basin could be fingered as the source of chromium in the fish sample.

Conclusion

The study concluded that the elevated levels of lead and cadmium in the water and the fish fillet samples assayed indicated that the two elements negatively impacted the fish fillet quality, thereby raising human health consumption safety issues.

Conflict of interest

None of the authors has any potential conflict of interest related to this manuscript.

Author contributions

V.F. Olaleye designed the experimental frame work and critically reviewed the manuscript for final submission
A.O. Olofinko: Data collection, analyses and interpretation were done by the author
H.A. Adewole: This author assisted in the analysis and interpretation of some of the data, and also draft the manuscript

References

- Abdulrahman, F.W., Tsafe, A.I. 2004. Trace metals composition in fishes from Sokoto-Rima River. – Proceedings of 27th International Conferences of the Chemical Society of Nigeria, Benin City, Nigeria, pp. 219–223.
- Adedeji, A.A., Komolafe, O.O., Akinrele, O.A., Adeleke, O. 2015. Water quality and plankton biota of Osinmo reservoir, Osun State, south-west Nigeria. – *Zoology and Ecology*, 25(2):143–153.
- Adefemi, S.O., Asaolu, S.S., Olaofe, O. 2008. Determination of heavy metals in *Tilapia mossambicus* fish associated water and sediment from Ureje Dam in South-Western Nigeria. – *Research Journal of Environmental Science*, 2:151–155.
- Ademoroti, C.M. 1996. *Environmental Chemistry and Toxicology*. – Foludex Press: Ibadan. 215 pp.
- Adesulu, E.A., Sydenham, D.H.J. 2007. *The freshwater fishes and fisheries of Nigeria*. – Macmillan Nigeria Publishers Limited: Ibadan. 397 pp.
- Adewumi, A.A., Adewole H.A., Olaleye V.F. 2014. Proximate and elemental composition of the fillets of some fish species in Osinmo Reservoir, Nigeria. – *Agriculture and Biological Journal of North America*, 5(3):109–117.
- Agatha, A.N. 2010. Levels of some heavy metals in tissues of Bonga fish, *Ethmallosa fimbriata* from Forcados River. – *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1:44–47
- ATSDR. 1999. ATSDR-ToxFAQs-Zinc. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/TP.asp?id=302&tid=54>
- Akan, J.C., Mohmoud, S., Yikala, B.S., Ogugbuaja, V.C. 2012. Bio-accumulation of some heavy metals in fish samples from River Benue in Vinikilang, Adamawa State, Nigeria. – *American Journal of Analytical Chemistry*, 3:727–736.
- Amita, T., Shrivastava, P., Saxena, A. 2012. Bio-accumulation of heavy metals in different components of two lakes ecosystems. – *Current World Environment*, 7(2):293–297.
- Barak, N., Mason, C. 1990. A Survey of heavy metal levels in Eels (*Anguilla anguilla*) from some Rivers in East Anglia, England. The use of Eels as pollution indicators. – *Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie*, 75(6):827–833.
- Bolawa, E.O., Gbenle, G.O. 2010. Evaluation of lead, cadmium, chromium in Tilapia fish obtained from Makoko and Carter Bridge Rivers in Lagos, Nigeria. – *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4(10):221–227.
- Camara, F., Amaro, M.A., Barbera, R., Clemente, G. 2005. Bio accessibility of minerals in School meals: Comparison between dialysis and solubility methods. – *Journal of Food Chemistry*, 92:481–489.
- Doherty, V.F., Ogunkuade, O.O., Kanife, U.C. 2010. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in some selected fishes in Lagos, Nigeria. – *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 7(3):359–365.
- DWAF (Department of Water Affairs and Forestry), 1996. *Agricultural Water Use: aquaculture*. – South African water quality guidelines, 2nd ed., Vol. 6. 185 pp.
- ECDG. 2002. *Heavy Metals in Waste*. Final Report. – European Commission DG ENV. E3 Project ENV. E.3/ETU/0058. 86 pp.
- Edem, C.A., Akpan, B., Dosunmu, M.I. 2008. A Comparative assessment of heavy metals and hydrocarbon accumulation in *Sphyrena afra*, *Oreochromis niloticus* and *Lops lacerta* from Anantigha Beach Market in Calabar, Nigeria. – *African Journal of Environmental Pollution and Health*, 6:61–64.
- Egila, J.N., Nimyel, D.N. 2002. Determination of trace metal speciation in sediments from some Dams in Plateau State. – *Journal of Chemical Society of Nigeria*, 27:21–75.

- Eisler, R. 1993. Zinc hazards to fish, wildlife and invertebrates: A synoptic review. – U.S. Fish Wildlife Service Biology Report, 85:1–10.
- Ekpo, F.E., Agu, N.N., Udoakpan, U.I. 2013. Influence of heavy metals concentration in three common fish, sediment and water collected within Quarry Environment in Akpampa L.G. Area, Cross River State, Nigeria. – *European Journal of Toxicological Sciences*, 3:31–42.
- FAO/WHO. 1984. List of maximum levels recommended for contaminants by the Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. – Second Series CAC/FAL, Rome, 3:1–8.
- FAO. 1996. Control of Water Pollution from Agriculture. – GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Water. Burlington: Canada. 25 pp.
- Farombi, E.O., Adelowo, O.A., Ajumoke, Y.R. 2007. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African catfish (*Clarias gariepinus*) from Ogun, Nigeria. – *International Journal of Environment and Research* 4(2):158–163.
- FEPa. 2003. Guideline and Standards for Environmental Pollution and Control in Nigeria. – Federal Environmental Protection Agency, Nigeria. 112 pp.
- FEPa. 2007. Guidelines and Standards for Environmental Pollution and Control in Nigeria, Federal Environmental Protection Agency (Now NESREA), Federal Republic of Nigeria, 27 pp.
- Gamal, E.D., Shamery, M.R. 2010. Studies of contamination and quality of fresh fish meats during Storage. – *Egyptian Academies of Journal of Biological Science*, 2:65–74.
- Garcia-Santos, S., Fontainhas-Fenandes, A., Wilson, J. M. 2006. Cadmium tolerance in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following acute exposure: Assessment of some ionoregulatory parameters. – *Environmental Toxicology*, 21(1):33–46.
- Goel, P.K. 1997. Water Pollution Causes, Effects and Control. – New Age International (P) Limited Publishers: New Delhi. 56 pp.
- Goodwin, T.H., Young, A., Holmes, M., Old, G., Hewitt, N., Leeks, G., Packman, J., Smith, B. 2003. The temporal and spatial variability of sediment transport and yields within the Bradford Beck Catchment, West Yorkshire. – *Science of the Total Environment*, 314:475–494.
- Hayat, S., Javed, M., Razzaq, S. 2007. Growth performance of metal stressed major carps, *Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala* reared under semi-intensive culture system. – *Pakistan Veterinary Journal*, 27(1):8–12.
- Ibrahim, S., Said, H.A. 2010. Heavy Metals Load in Tilapia Species: A Case Study of Jakara River and Kusalla Dam, Kano State, Nigeria. – *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(1):87–90.
- Ibok, U.K., Udosen, E.D., Udoidiong, O.M. 1989. Heavy metals in fishes from some streams in Ikot Ekpene area of Nigeria. – *Nigeria Journal of Technology Research*, 1:61–68.
- INECAR. 2000. Position Paper against Mining in Rapu-Rapu. – Published by Institute of Environmental Conservation and Research, Ateneo de Naga University, Philippines. <http://www.adnu.edu.ph/Institutes/Inecar/pospaper1.asp> Accessed on 16/03/2016.
- Kar, D., Sur, P., Mandal, S.K., Saha, T., Kole, R.K. 2008. Assessment of heavy metal pollution in surface water. – *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5:119–124.
- Kidwell, J.M., Phillips, L.J., Birchard G.F. 1995. Comparative analyses of contaminant levels in bottom feeding and predatory fish using the National Contaminant Biomonitoring Program Data. – *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 54(6):919–923.
- Kithiia, S.M. 2006. The Effects of Land Use Types on Hydrology and Water Quality of Upper Athi River Basin, Kenya. – PhD Thesis. University of Nairobi Kenya. 142 pp.
- Komolafe, O.O., Arawomo G.A.O. 2008. Preliminary observations on fish species in a newly impounded Osinmo Reservoir. – *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8:289–292.
- Kotze, P.J. 1997. Aspects of Water Quality, Metal Contamination of Sediment and Fish in the Olifants River, Mpumalanga. – Rand African University: South Africa. 34 pp.
- MacFarlane, G.B., Burchett, M.D. 2000. Cellular distribution of Cu, Pb, and Zn in the Grey Mangrove (*Avicennia marina*). – *Aquatic Botanic*, 68:45–59.
- Mansour, S.A., Sidky, M.M. 2002. Ecotoxicological Studies: Heavy metals contaminating water and fish from Fayum Governorate, Egypt. – *Food Chemistry*, 78(1):15–22.
- McCluggage, D. 1991. Heavy Metal Poisoning. – NCS Magazine. Published by The Bird Hospital. CO, U.S.A. <http://www.cockatiels.org/articles/Diseases/metals.html> Accessed on 16/03/2016.
- Modaihsh, A.S., Al-Swailem M.S., Mahjoub, M.O. 2004. Heavy metals content of commercial inorganic fertilizers used in the Kingdom of Saudi Arabia. – Sultan Qaboos University of Agriculture. *Journal of Marine Science*, 9(1):21–25.
- Ney, J.J., Van Hassel, J.H. 1983. Sources of variability in accumulation of heavy metals by fishes in a roadside stream. – *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 12(6):701–706.
- Nolan, K. 2003. Copper toxicity syndrome. – *Journal of Orthomolecular Psychiatry*, 12(4):270–282.
- NRC. 1989. Recommended Dietary Allowances. 10th Edition. – Washington DC, National Academy Press. 115 pp.
- Obasohan E.E. 1997. Heavy Metals in Water, Sediments and Some Commercially Important Fishes in Ogba and Ikpoba River, Benin City. – MSc Thesis. University of Benin, Nigeria.

- Obasohan, E.E., Oronsaye, J.A.O., Obano, E.E. 2006. Heavy metal concentrations in *Malapterurus electricus* and *Chrysichthys nigrodigitatus* from Ogba River in Benin City, Nigeria. – African Journal of Biotechnology, 5(10):974–982.
- Oguzie, F.A., Izevbigie, E.E. 2009. Heavy metals concentration in the organs of the Silver Catfish, *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède) caught upstream of the Ikpoba River and the Reservoir in Benin City. – Bioscience Research Communications, 21:189–197.
- Okoye, B.C.O. 1999. Heavy metals and organisms in the Lagos Lagoon. – International Journal of Environmental Studies, 37:285–292.
- Olatunji, O.S., Osibajo, O. 2012. Determination of selected heavy metals in inland fresh water of Lower River Niger Drainage in North Central Nigeria. – African Journal of Environmental Science and Technology, 6(10):403–408.
- Oluseye, O.A., Adebajo, J.A. Mathew, A.A., Jelilah, O.A., Bamigbelu, O.R. 2012. Impact assessment of pollution from metal concentrations in water and fish – A case study of Dandaru Reservoir in Ibadan, Nigeria. – Nature and Science, 10(8):25–32.
- Orban, E., Nevgatoa, T., Di Lenaa, G., Mascia, M., Casinia, I., Gambellia, L., Capronia, R. 2008. New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets from Vietnam: Nutritional quality and safety aspects. – Food Chemistry, 110(2):383–389.
- Oronsaye, J.A.O., Wangboje, O.M. Oguzie, F.A. 2010. Trace metals in some benthic fishes of the Ikpoba River Dam, Benin City, Nigeria. – African Journal of Biotechnology, 9(51):8860–8864.
- Osman, A., Wuertz, S., Mekkawy, I., Exner, H., Kirschbaum, F. 2007. Lead induced malformations in embryos of the African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). – Environmental Toxicology, 22(4):375–389.
- Oyhakilome, G.I., Aiyesanmi, A.F., Akharaiyi, F.C. 2012. Water quality assesement of the Owena Multi-Purpose Dam, Ondo State, Southwestern Nigeria. – Journal of Environmental Protection, 3:14–25.
- Rashed, M.N. 2001. Monitory of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. – Environment International, 27(1):27–33.
- Robertson, S.M., Gamble, L.R., Maurer, T.C. 1992. Contaminant Survey of La Sal Vieja, Willacy County, Texas, U. S. Fish Wildlife Service, Region 2, Contaminants Program. – Fish and Wildlife Enhancement, Corpus Christi Field Office, Corpus Christi, Texas, USA, Study Identifier 89–2–100.
- Sorenson, E.M. 1991. Metal Poisoning in Fish. – CRC Press Incorporation: Boca Raton, Florida, pp. 119–174.
- Svobodova, Z., Celechovska, O., Kolarova, J., Randak, T., Zlabek, V. 2004. Assessment of metal contamination in the upper reaches of the Ticha Orlice River. – Czech Journal of Animal Science, 44(9):458–641.
- Ugwu, A.I., Wakawa, R.J., La'ah, E., Olotu, A. 2012. Spatial distribution of heavy metals in River Usuma sediments and study of factors impacting the concentration. – International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, 12(2):294–303.
- WHO. 1984. Guidelines for Drink Water Quality. – Recommendations, Vol. I. WHO, Geneva, pp. 193–199.
- WHO. 2002. Guidelines for drinking water quality. 4th Edition. – WHO, Geneva, 2002. 564 pp.
- WHO. 2003. Chromium, Zinc, Lead, in Drinking-Water. – Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, (WHO/SDE/WSH/03.04/4).
- WHO. 2008. Guidelines for Drinking Water Quality. 3rd Edition. – WHO, Geneva. 1–459 pp.
- Wim, V., Isabelle, S., Karen Stefan, D.H. John, V.C. 2007. Consumer perception versus scientific evidence of farmed and wild fish: Exploratory Insights for Belgium. – Aquaculture International, 15:121–136.
- Zar, J. H. 2001. Biostatistical Analysis. – Printice-Hall, Englewood Cliffs. 68 pp.



SCAB INFECTION MANAGEMENT ON APPLE LEAVES IN WESTERN BALKANS

Edmond Rexhepi¹, Harallamb Paçe¹, Hekuran Vrapit¹, Arbenita Hasani², Elena Kokthi³

¹Faculty of Agriculture and Environment, Agricultural University of Tirana. Koder Kazmez, Tirana 1001, Albania

²Faculty of Agriculture and Veterinary, University of Prishtina 'Hasan Prishtina'. Bulevardi B.C, Prishtina 10000, Kosovo

³Faculty of Economics and Information Technology, European University of Tirana. Bulevardi Gjergj Fishta 70, Tirana 2023, Albania.

Saabunud: 09.04.2018
Received: 09.04.2018
Aktsepteeritud: 18.06.2018
Accepted: 18.06.2018

Avaldatud veebis: 20.06.2018
Published online: 20.06.2018

Vastutav autor: Edmond
Corresponding author: Rexhepi
E-mail: rexhepiedmond@yahoo.com

Keywords: disease, index, infection, apple leaves scab, treatment.

doi: 10.15159/jas.18.07

ABSTRACT. The disease of apple scab caused by the pathogen of *Venturia inaequalis* is a nonstop issue to the apple cultivators. The infection requires prompt and persistent treatment so as to control the infection. Today there are a few integrated pest management products (IPM) and programs for the treatment of apple scab with various application time. The aim of this study was to identify the optimal application time frame and consolidating it with few treatment programs for dealing with the apple scab disease. For this purpose, were made eight treatment programs comprising several chemical products and were realized in three distinctive treatment periods within the same season. The research is performed amid three years 2015–2017 in one experimental orchard. The formation of the experiment is two factorial randomized block with four replications. The disease infection level was evaluated on 2400 leaves from 98 apple trees. Based on analysed disease index (DI) the treatment programs and periods were compared with each other to conclude with the best combination of fungicides and application period for scab disease management on infected leaves.

© 2018 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2018 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Introduction

In the Western Balkans, the apple fruit growers are facing the apple scab disease on yearly basis. Besides the other problems such as instability of climatic conditions (the unexpected frost temperatures on the flowers stage of the apple cultivars, hail, *etc.*), the apple scab disease is causing to them a significant loss in apple production.

Therefore, this disease is remaining the challenge for the local apple grower's community in this region.

Table 1. The yearly apple production (t) in Western Balkans, listed alphabetically (FAOSTAT. *Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Development)

Country	2014	2015	2016
Albania	82,060	91,736	101,532
Bosnia	44,795	91,471	69,062
Kosovo*	13,519	18,352	27,485
Macedonia	95,684	136,931	101,088
Montenegro	2,656	2,817	5,541
Serbia	336,313	355,664	328,369

The researchers and agricultural extension services from these countries are trying to come up with the best solutions for the treatment of this disease. One of such contribution is current research, which is performed in the country of Kosovo, which has the moderate expertise for this problem but this research has utilized the latest technology to predict and manage the scab disease infections. In this country, the apple fruit is one of the major crops that is cultivated in commercial orchards. The structure of fundamental cultivars that are in commercial production in the country and region is comprised mainly from Starking, Golden Delicious, Granny Smith, Gala, Idaret, Prima, Topaz but other cultivars such as Jonagold, Fuji, Braeburn, *etc.*, are being planted as well. Apple fruit represents approximately 60% of the total number of fruit cultivars in Kosovo. In terms of susceptibility to the diseases and pests, the apple cultivar Starking is extremely touchy.

Apple scab disease is shown in various biological phases. The first infection is started by the discharge of airborne spores. These spores enter the leaf cuticle making the arrangement of a level mycelium between the cuticle and the epidermal cell walls (Delalieux *et*

al., 2005). The disease of Apple scab which is developed by the pathogen *V. inaequalis* (Cke.) Wint. is a yearly danger to apple cultivation (Carisse *et al.*, 2009).

The pathogen *V. inaequalis* is harmful to all blooming organs of the apple crop. The infection is mainly manifested on the leaves and fruits but it also affects the sepals, petioles and blossoms. Dark green or brown spots and lesions, first show up on the leaves not long after bud break. The lesions start on the underside of the leaves, yet are more obvious on the upper side (Jamar, 2011).

When the leaves open, the upper surfaces additionally end up defenceless against disease. An injury initially shows up as a spot which is slightly discoloured than another remaining part of the leaf. The lesion is mainly roundabout and as it increments in a measure it ends up olive-hued and plushy because of the creation of asexual spores (secondary infection). Since the elder leaves are more immune to infection, the lesions that develop on unfolded leaves are commonly minor ones. Lesions that are developed on new leaves might be very expansive, some of them more than 1 cm in distance across. Infected tissues hereafter may end up puckered and contorted and the leaf lesions usually end up torn. The lesions on the fruits and leaves are for the most part rankled and dark brown in appearance with an evident edge (Vaillancourt, Hartman, 2000).

As the infection advances the whole leaf turns up a "messy olive" and tumbles to the ground. In the late spring, these essential infections deliver auxiliary conidia which taint different fruits and leaves. The conidia's may proceed with the infection through the cultivation season among periods of wetness. The pathogen of apple scab does not physiologically ruin the apple tree, but this disease causes numerical reduction of leaves and fruits and numerous vulnerable apple trees by the mid-summer are extremely defoliated (Jamar, 2011). Along these lines, the infection should be controlled with fungicides.

In the event that disease isn't managed, more than 80% of fruits of non-resistant apple cultivars can be harmed. Based on the level of infection, 10 to 15 or considerably more chemical treatments are typically required for effective management (Meszka, 2015).

The frequency of fungicide applications relies upon the source infection mass, the vulnerability of the cultivar and climate conditions, for the most part, leaf wetness, air temperature, precipitation and relative moistness (Gadoury *et al.*, 1998, Stensvand *et al.*, 1998, Carisse *et al.*, 2007).

The overall goal of this study was to develop one treatment program with available IPM products in the country and finding the optimal time frame to realize the fungicide application for managing the primary infections of apple scab. If the primary infections are managed successfully on adequate time in the spring then the secondary infections should be in low level in the summertime. Depending on the weather conditions, especially in dry seasons with temperature increment by the beginning of the summer, the secondary

infections in some cases may not require to be treated at all. This research had two main objectives. The first objective was to establish action thresholds for initiation of the spring treatments. The second objective was to combine several fungicides that would perfectly fit in the established treatment period.

Since in the cultivation zone subject of this research, up to now there were not performed any kind of similar studies for apple or pear scab disease, this research is meant to provide useful information for the apple growers and extension services in Kosovo and other western Balkan countries.

Materials and methods

This research has been done amid three years 2015–2017 in location Zhegra (N 42.378998°, E 21.485185°, altitude 550m) in the district of Gjilan, Kosovo.



Figure 1. Scheme of experiment and orchard position in the map of Western Balkan countries

In this trial is used the apple Starking cultivar which is known as most susceptible among the other cultivars. The experiment is configured in two factorial randomized blocks with four replications. The experiment is modelled with Factor A for treatment period that has three levels: a) RIMpro period (relative infection measure program); b) Phenological phases' period and c) Local farmers' period.

The RIMpro program is one of the top listed decision support system (DSS) in the Europe which is created by Bio-Fruit-Advies in the Netherlands. This program

provides warnings and notices for apple scab infection periods to the farmers and researchers that are associated online, all over the Europe, USA and Canada. The phenological phases' period is, in fact, the apple biological growth stages and for this research are utilized just six phases from the BBCH Scale: 10, 67–69, 71, 72, 74 and 85–87 (Meier, 2001) as shown in Table 2.

The second effect factor (B) is the treatment program in eight levels. The levels consist of different IPM products (Table 4). The product volumes were prepared and mixed as per manufacturer's recommendation on the product label or catalogue for each product. The third effect factor (C) is the treatment years also in three levels: 2015, 2016 and 2017.

The disease severity was determined by rating the scab. The disease severity is a measure of the amount of disease per sampling unit (Nutter *et al.*, 2006).

Each treatment program has 9 apple Starking cultivar trees per one replication and for 4 replications there is a total of 36 trees per one treatment program, thus making 288 Starking apple trees for 8 treatment programs (including the non-treated trees). The sampling was performed from the middle trees from the replication blocks (Figure 2). On the 22 July of every research year, there were randomly picked up 25 leaves (all sides of the tree) for evaluation. In the laboratory, 2400 leaves were analysed for the disease index, which was taken from 96 apple trees.



Figure 2. Replication block and sampling tree

For every treatment program, the disease infection level was checked in light of the leaf surface area infected by the pathogen *Venturia inaequalis*.

The infection assessment was defined and classified in the categories of the Standard Area Diagram (SAD). The six SAD categories are presented in percentage from 0% to 75% of the leaf surface infected area as shown in Table 3 (Hasani, 2005) which in fact are modified from 0–9 categories from Lateur and Blazek (2004).

In order to ensure the infection assessment based on SAD was going precisely, Leaf Doctor Software was utilized (Pethybridge and Nelson, 2015) to compare some of the infected leaves.

The disease index (severity) was calculated on 36 apple trees for every treatment program through pondered average with McKinney's index (McKinney, 1923), later modified by B. M. Cooke (Cooke *et al.*, 2006).

$$I = \frac{\sum (ni \times ki)}{N \times K} \times 100$$

I = disease index (DI); ni = number of leaves in respective category; ki = number of each category; N = total number of leaves analysed; K = total number of categories.

Table 2. Selected phenological phases' for intervention with fungicides

BBCH Scale	10	67–69	71	72	74	85–87
Phenological Phase						
	Mouse-ear stage: Green leaf tips 10 mm above the bud scales. First leaves separating	Flowers fading: the majority of petals fallen. End of flowering: all petals fell	Fruit diameter size up to 10mm	Fruit diameter size up to 20 mm	Fruit diameter up to 40 mm; fruit erect	Advanced ripening: increase in the intensity of cultivar-specific colour. Fruit ripe for picking

Table 3. Standard Area Diagram (SAD) for apple scab infection assessment on leaves

Leaf						
Category	0	1	2	3	4	5
Intensity level	Nothing noticed	Light intensity	Medium intensity	Strong intensity	Very strong intensity	Destructive intensity
Infection level	0% leaf surface infected	0.1–10% leaf surface infected	10.1–25% leaf surface infected	25.1–50% leaf surface infected	50.1–75% leaf surface infected	> 75% leaf surface infected

Table 4. Treatment programs and dates of application for three years

Program	IPM product	Active substance	Application years/dates		
			2015	2016	2017
1	Copper hydroxide 50WG	500 g/kg	17.04	21.04	04.04
	Dodine 400SC	400 g/l	27.04, 10.05, 25.05, 10.06	01.05, 15.05, 01.06, 16.06	22.04, 15.05, 31.05, 14.06
2	Copper hydroxide 50WG	500 g/kg	13.04	16.03	20.03
	Captan 80WG	800 g/kg	10.05, 25.05, 08.06, 07.07, 18.08	15.05, 03.06, 18.06, 07.07, 25.08	13.05, 01.06, 16.06, 05.07, 30.08
3	Copper hydroxide 50WG	500 g/kg	10.03	05.03	12.03
	Mancozeb 80WP	800 g/kg	13.04, 25.04, 11.05, 27.05, 13.06, 10.07, 25.08	25.03, 20.04, 10.05, 30.05, 15.06, 05.07, 28.08	20.03, 15.04, 08.05, 28.05, 15.06, 05.07, 15.08
4	Copper hydroxide 50WG	500 g/kg	10.03	05.03	01.03
	Tebuconazole 250EW	250 g/l	13.04, 03.05	25.03, 03.05	20.03, 02.05
5	Captan 80WG	800 g/kg	25.05, 01.06, 05.07	01.06, 12.06, 01.07	04.06, 16.06, 05.07
	Copper hydroxide 50WG	500 g/kg	10.03	05.03	01.03
6	Propineb 70WP	700 g/kg	10.05, 25.05	15.05, 01.06	13.04, 01.06
	Difenconazole 250EC	250 g/l	01.06, 07.07, 27.08	16.06, 07.07, 30.08	15.06, 04.07, 25.08
7	Copper hydroxide 50WG	500 g/kg	10.03	05.03	01.03
	Trifloxystrobin 50WG	500 g/kg	13.04, 03.05	25.03, 03.05	20.03, 05.05
8	Chlorothalonil 720SC	720 ml/l	01.06, 07.07, 27.08	01.06, 16.06, 05.07	03.06, 19.06, 07.07
	Copper hydroxide 50WG	500 g/kg	10.03	05.03	01.03
9	Cyprodinil 50WG	500 g/kg	13.04, 03.05	25.03, 03.05	20.03, 05.05
	Dithianon 700WG	700 g/kg	01.06, 07.07, 27.08	01.06, 16.06, 05.07	03.06, 19.06, 07.07
10	Control – no treatments	–	–	–	–

The trees in randomized block and other trees in the plantation were treated also with other IPM products for preventive measures against other fungal diseases or pests. Moreover, other agro-technical measures are performed for plantation administration.

The climate conditions in the orchard are measured and gathered by weather station model i-Metos 2 which has configured these parameters: temperature (°C), relative humidity (RH%), precipitation (mm), dew point (°C) and two leaf wetness sensors that provide the duration period of the leaf moisture in minutes per 24 hours. One sensor is for the leaves inside the tree wreath and another sensor is for peripheral leaves. This weather station was set up in the middle of the orchard. This station is produced and configured by Pessl Instruments from Austria and monitored by field-climate platform from the same inventor.

The ascospores catching was performed with one spore-trap which is made from the glass and wood material (Ostry and Nicholls, 1982) and was set up in the orchard centre. Afterwards, the glass slides which had one thin layer of Vaseline were observed in the microscope model B120C-E1 AmScope equipped with an advanced camera to distinguish and to take photographs of the captured ascospores in the early spring from the glass slides. The other verification was with visual inspection aiming to discover and confirm the first conidia scabby spots or lesions on the infected apple leaves.

The statistical data analysis for each treatment program respectively the averages and standard deviations are performed with statistical program Assisat, version 7.7. The comparison of mean values was completed with Tukey-Kramer HSD test and diamond plots were completed with Dunnett's test. In both tests, the level of probability is $P = 0.05$ and the utilized program is SAS/JMP 2009.

Results

In the orchard where this research is performed, the weather conditions such as temperature, precipitation, relative humidity, dew point and leaf wetness duration for three years, basically for the seasonal months that apple scab primary and secondary infections are mostly developed, are presented in below Table 5.

The natural conditions for the development of primary infection from the ascospores and secondary infection from the conidia of fungus *V. inaequalis* in the apple orchard were optimal. The three-month period April-May-June of each year had numerous rainfalls and favourable temperatures and during three years of this research, we had the development of the apple scab infections. The assessment results for disease index on leaves for Starking cultivar, during three research years, are presented in the following table.

The average disease index (DI %) on Table 6, for three years as per RIMpro period varies from 14.67% in P1 which is classified by letter C as per Tukey-Kramer test to 21.40% in P2 and is followed by letter's BC and up to 37.04% in control group of non-treated trees which is classified by letter A. The average disease index measured for three years as per phenological phases' period begins with 17.31% in P1 which is classified with letter C and then is followed by letter BC in second treatment program with DI value of 22.93% and up to 37.88% in control variant followed by letter A. Additionally, the average disease index for local farmers' period for three years starts with 19.97% in P1 classified with letter B then is followed by same letter B with DI value of 25.47% in 2nd treatment program and up to 37.98% in the control variant followed by letter A. Tukey-Kramer test show that there are statistically significant differences between the treatment programs in the three periods of treatment.

The One-Way Analysis of Variance (ANOVA) for evaluation of the apple scab disease index (DI %) on the leaves for three years that is presented in Table 7, shows statistically proven differences between the

treatments programs in all treatment periods. In the case of RIMpro, F Ratio is 12.5209; $P < 0.0001$, Phenological phases F Ratio = 7.8739; $P = 0.0003$ and Local farmer F Ratio = 6.5240; $P = 0.0009$.

Table 5. Monthly weather data for three years 2015, 2016 and 2017 measured on the experimental apple orchard

Months/Years	T °C	T °C	T °C	RH%	RH%	RH%	Rain	Dew Point	Leaf wetness inside tree wreath (min)	Leaf wetness peripheral leaves (min)
	Max.	Avg.	Min.	Max.	Avg.	Min.	(mm)	T °C Avg.		
Feb. 2015	17.2	2.63	-11.3	94.23	74.26	15.20	67.60	-1.2	10,045	11,120
Feb. 2016	23.5	8.07	-5.6	94.73	73.48	26.10	50.60	2.8	9,760	12,010
Feb. 2017	19.5	4.08	-6.5	94.15	75.90	21.90	38.80	0.3	5,580	13,365
March 2015	17.2	8.76	-4.5	98.30	75.85	47.01	104.00	0.5	19,080	19,580
March 2016	24.9	8.73	-4.9	97.56	73.96	39.67	123.20	1.8	13,210	14,935
March 2017	26.9	10.48	-2.8	92.34	63.00	23.58	21.20	1.1	7,115	20,915
April 2015	24.9	11.92	-2.1	91.88	59.95	26.29	46.00	1.2	8,490	8,785
April 2016	33.2	15.31	-1.3	96.45	62.37	25.11	37.00	5.4	3,965	5,290
April 2017	30.4	12.62	-3.5	97.29	63.68	31.23	66.80	2.7	4,235	6,585
May 2015	33.9	18.38	3.7	96.45	66.81	32.30	37.00	9.6	10,555	9,605
May 2016	31.8	14.23	1.5	99.26	75.08	35.62	117.20	8.9	14,895	18,505
May 2017	32.8	17.37	2.1	100.00	74.76	31.38	102.00	9.8	5,715	5,435
June 2015	33.7	20.30	6.9	96.25	67.97	30.43	56.00	11.3	11,570	8,125
June 2016	37.9	22.51	8.6	98.48	69.04	31.62	84.2	13.5	6,125	8,705
June 2017	39.2	22.27	6.8	100	72.66	25.20	82.4	13.9	5,500	4,200
July 2015	37.3	24.20	9.1	95.52	58.04	24.16	11.0	13.1	3,420	1,545
July 2016	37.5	23.63	8.6	97.97	66.45	29.39	96.8	14.0	5,185	4,865
July 2017	42.1	25.10	8.0	97.64	59.37	21.91	19.2	11.8	2,145	790
Aug. 2015	36.7	24.35	11.3	91.67	59.07	23.90	44.0	12.5	5,440	4,150
Aug. 2016	35.9	21.71	5.7	98.91	71.69	33.06	58.2	13.6	5,735	5,505
Aug. 2017	42.7	24.73	5.5	97.95	57.40	14.39	54.8	10.6	2,545	1,945

Table 6. Disease Index (DI %) data analysed on apple leaves for eight treatment programs realized in three treatment periods for three years (2015–2017).

Treatment Programs	Treatment Periods												
	RIMpro (a)			Average	Phenological phases (b)				Average	Local farmer (c)			Average
	DI % per program/year				DI % per program/year					DI % per program/year			
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017				
P1	15.50	16.50	12.0	14.67 C	18.63	20.25	13.05	17.31 C	21.13	22.93	15.85	19.97 B	
P2	22.50	22.58	19.13	21.40 BC	23.25	25.30	20.25	22.93 BC	25.25	28.65	22.50	25.47 B	
P3	27.00	27.78	22.38	25.72 B	28.75	30.10	24.28	27.71 B	30.00	31.63	26.13	29.25 AB	
P4	23.00	22.58	20.13	21.90 BC	25.00	26.88	22.13	24.67 BC	26.13	27.95	23.63	25.90 B	
P5	23.50	24.60	20.75	22.95 BC	26.00	28.45	23.10	25.85 BC	27.88	29.50	24.00	27.13 B	
P6	24.25	23.63	20.93	22.94 BC	25.63	27.50	22.38	25.17 BC	26.50	27.53	23.63	25.88 B	
P7	23.25	24.88	20.63	22.92 BC	25.13	27.35	22.15	24.88 BC	27.13	29.15	24.08	26.78 B	
Control	40.25	41.38	29.50	37.04 A	40.63	42.75	30.25	37.88 A	40.75	42.38	30.75	37.98 A	
Avg.	24.91	25.49	20.68	23.69	26.63	28.57	22.20	25.80	28.09	29.96	23.82	27.29	

LSD = 3.46215 for @ 0.05

The Tukey-Kramer test at a level of 5% of probability was applied. The averages not connected by the same letter are significantly different.

Table 7. One-Way Analysis of Variance (ANOVA) for disease index on leaves for eight treatment programs realized in three treatment periods for three years (2015–2017)

Treatment period	Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
RIMpro	Treatments	7	821.94576	117.421	12.5209	<0.0001*
	Error	16	150.04793	9.378		
	C. Total	23	971.99370			
Phenological phases	Treatments	7	696.96210	99.5660	7.8739	0.0003*
	Error	16	202.32060	12.6450		
	C. Total	23	899.28270			
Local farmer	Treatments	7	536.34778	76.6211	6.5240	0.0009*
	Error	16	187.91220	11.7445		
	C. Total	23	724.25998			

The diagram of means diamonds in Figure 3, provides the pairwise comparison between the treatment programs with the control group for apple scab disease management on infected leaves as per RIMpro period of treatments. The treatment programs with grey circles and italicized variable labels, such programs as from 1 to 7

are significantly different from the control program $P = 0.05$, as per Dunnett's test. The treatment programs from 1 to 7, except the program 3, are below the overall average which in this case for the RIMpro period is 23.9. The untreated apple trees from the control group are presented with a red circle and red variable label and

their mean are above the overall average (horizontal centre line of the diamond/circles plot).

The graphic in Figure 3 shows that program 1 has the lowest DI followed by program 2 and 4. As per Tukey-Kramer HSD, there are also statistically significant differences between the treatment programs but only for program 3 and 1, the difference is 11.05 and $P = 0.0079$. The other pair comparisons between the treatment programs were not statistically different.

The pairwise comparison between the treatment programs with the control group as per phenological phases treatment period is presented by the diagram of diamonds and comparison circles plot in Figure 4. The treatment programs with grey circles and italicized variable labels respectively the programs from 1 to 7 are significantly different from the control variant for the level of probability $P = 0.05$, as per Dunnett's test. Tukey Kramer HSD pair comparisons show that there are statistically significant differences between the control variable and treatment programs during phenological phase's treatment. Pair comparisons between the 7 treatment programs show statistically significant differences only between program 3 and program 1, the difference is about 10 and $P = 0.0399^*$.

The comparison among the treatment programs for apple scab disease management on infected leaves according to the local farmers' period of treatment is provided in Figure 5. The treatment programs with grey circles such programs as 1, 2, 4, 5, 6 and 7 are significantly different from the control group for the level of probability $P = 0.05$, as per Dunnett's test. The means of these 6 treatment programs are below the overall average which in this treatment period is 27.1. The Tukey-Kramer HSD pair comparisons show that there is the statistically significant difference between the treatment period and treatment programs. Only the program 3 and control do not show any statistical difference $P = 0.06$. Pair comparison between the treatment programs does not show any significant statistical difference.

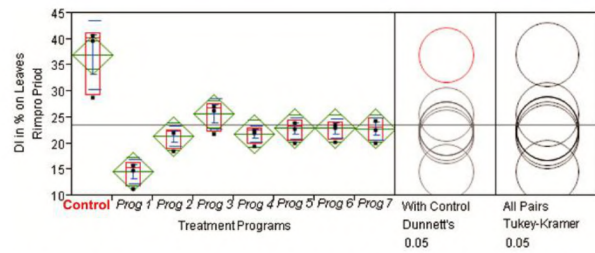


Figure 3. Diagram of means diamonds (diamond plot) and comparison circles plot for the RIMpro period.

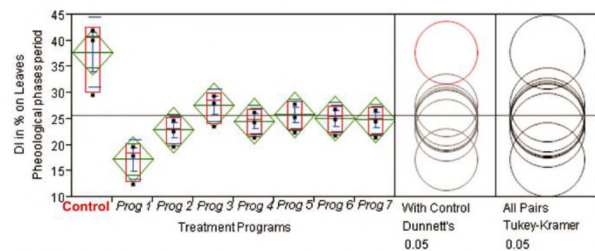


Figure 4. Diagram of means diamonds (diamond plot) and comparison circles plot for phenological phases period

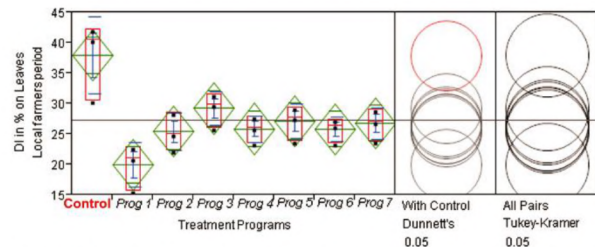


Figure 5. Diagram of means diamonds (diamond plot) and comparison circles plot for Local farmer's period.

The three-factorial Analysis of Variance (MANOVA) for the apple scab disease index (DI %) assessment on leaves for three years that is presented in Table 8, proved that this disease is influenced by a few factors. This analysis proves that all treatment factors are statistically significant. The effect of factor A (treatment years) has empirical F value of 353.79**. This value is significantly higher than theoretical F value 3.04 for the level of 5% of probability.

Table 8. Three factorial Analysis of Variance (MANOVA) for disease index (DI%) on leaves for eight treatment programs realized in three treatment periods for three years.

Sources of Variation	DF	SS	MS	F Values	
				Empirical	Theoretical 95%
Treatment Years (A)	2	1,729.00340	864.50170	353.79**	3.04
Treatment Periods (B)	2	632.27549	316.13774	129.37**	3.04
Treatment Programs (C)	7	8,145.80774	1,163.68682	476.24**	2.06
Interaction AxB	4	27.49535	6.87384	2.81*	2.42
Interaction AxC	14	383.39215	27.38515	11.20**	1.74
Interaction BxC	14	79.85340	5.70381	2.33**	1.74
Interaction AxBxC	28	19.16076	0.68431	0.28 ns	1.53
Total treatments	71	11,016.98830	155.16885	63.50**	1.36
Error	216	527.79250	2.44348	—	—
Variation total	287	11,544.78080	—	—	—

The effect of factor B, the treatment periods (three different periods of time), has empirical F value of 129.37** which is also much higher than theoretical F value for the level of 5% of probability.

Likewise, the effect of factor C, the treatment programs (eight programs with different IPM

products), have factual F value of 476.24** which is also much higher than theoretical F value, such value as 2.06 for the level of 5% probability.

The effects of interaction between the treatment years and treatment periods in three years of treatment are valued for empirical F as 2.81* and this resulted to be

a little bit higher than theoretical F value for $P = 0.05$ which is 2.42. The effects of interaction between the treatment years and treatment programs are valued at 11.20** also this resulted to be higher than theoretical F value for $P = 0.05$ which is 1.74. The effects of interaction between other two factors respectively the treatment periods and treatment programs (BxC) is valued at 2.33** and this also resulted to be higher than theoretical F value 1.74 for $P = 0.05$.

Lastly, the interaction between all treatment factors (AxBxC) resulted in factual F value of 0.281ns which is lower than theoretical F value for the level of 5% of probability. Therefore, the interaction between all three factors practically had no significant effect in regards to the protection of scabby apple leaves.

Discussion

Scab (*V. inaequalis*) normally occurs every year wherever apple trees are cultivated in Kosovo and other countries in the region. The scab issues are studied from other researchers in the western Balkans. In the country of Albania, the Skenderasi *et al.* (2013) in the region of Korça with similar weather conditions with the region where this research is conducted, has checked in few times the effectiveness of some fungicides for controlling the apple scab based on the level of infection. In Serbia, the Djordevic *et al.* (2013) has tested the resistance and tolerance of some apple cultivars to the apple scab disease. Again, in Albania, Marku *et al.* (2014) in the region of Puka has evaluated the effectiveness of bicarbonates used alone or combined with horticultural oils to fight the apple scab based on evaluated disease index. Balaz *et al.*, (2017) has evaluated the reactions of some apple cultivars to *V. inaequalis* and other diseases under natural infection in Serbia. The results showed that for three years 2015–2017, based on the comparison of three annual DI averages on Table 6, for a RIMpro treatment period, the year 2017 had the lowest annual disease index average comparing to the other two years. This is same also in other two treatment periods, the year 2017 had the lowest annual average disease index. This could be due to the strict regime of fungicide treatment that is performed on trial apple trees and the orchard in overall for the third year in a row. Also, based on the comparison of DI averages from all treatment programs realized in all treatment periods in all three treatment years which are presented in Table 6, it resulted that treatment program one has the lowest DI average than any other treatment program. This seems is due to the effects from the fungicide combination of Copper hydroxide and Dodine which has provided the best protection of leaves from the scab infection. The One-Way Analysis of Variance (ANOVA) shows that RIMpro treatment period has the biggest statistical difference comparing to other two treatment periods. Also, based on the mean comparison in all three diamond plots presented in Figures 3–5, evidently is seen that the first treatment program which is realized based on the predictions that were provided by DSS

RIMpro, had the lowest mean in all three treatment periods.

Pair comparisons between the 7 treatment programs on the phenological phases period show statistically significant differences only between program 3 and program 1, the difference is about 10 and $P = 0.0399^*$. This could be due to the fungicide Mancozeb which is used in a third treatment program and is used more than any other fungicide has not provided good protection from *V. inaequalis*. Based on the MANOVA presented on Table 8, the effect of interactions between all treatment factors is statistically non-significant, practically the small difference of climatic conditions in three different treatment years has not affected the other effects that were derived from treatment programs realized in three different periods and therefore did not change anything significantly in regards to the protection of apple leaves from the scab infection.

Conclusion

Based on the disease index assessed on leaves for three years, it appeared that IPM products from the first treatment program provided the best protection of leaves from the apple scab. This program had also the lowest number of spraying applications comparing to other programs. This protection became possible because the treatments were performed based on the accurate warnings for scab infection periods that were received from DSS RIMpro. Therefore, the RIMpro period proved to be the best treatment period for all treatment programs execution.

The second treatment program realized through the treatment period of six phenological phases of the apple tree can be seriously considered to be utilized by the apple growers in this area. Especially those farmers that do not have the possibility to be connected and to interact with any decision support system provided by extension services.

The year 2016 had the highest disease index on leaves in all treatment periods. The local farmer period had the highest disease index average of 29.96% for the year 2016 and the highest disease index average of 27.29% for all three years. This means that those farmers that continue to protect the apple tree based on their own expertise need to be brought together to interact with each other and utilize the help and support from extension services.

Besides the actual traditional apple cultivars with the domination of Starking in Kosovo and overall in the region of Western Balkans, other cultivars resistant to scab infection such as Winesap, Liberty and Jonathan should be imported and planted as well.

Acknowledgements

No funds from the public or private sector were used for this research. All expenses are covered by the authors. The orchard and instruments belonged to the first author.

Conflict of interest

The authors declare that they do not have any conflict of interest.

Author contributions

ER initiated the research (concept and design), worked on the orchard and acquisition data. HP supervised and provided the advice for the research. HV and EK performed statistical analysis and interpretation. AH drafted the manuscript and assisted the ER with the laboratory work.

References

- Balaz, J., Ognjanov, V., Keserovic, Z., Sucer, A., Janse, J., Popovic, T. 2017. Evaluation of reactions of commercial and autochthonous apple cultivars to common diseases in Serbia under natural infection. – Pestic. Phytomed, Belgrade, 32(3–4):157–172, doi: 10.2298/PIF1704157B.
- Carisse, O., Rolland, D., Talbot, B., Savary, S. 2007. Heterogeneity of the aerial concentration and deposition of ascospores of *Venturia inaequalis* within a tree canopy during the rain. – Eur. J. Plant Pathol., 117(1):13–24, doi: 10.1007/s10658-006-9069-5.
- Carisse, O., Meloche, C., Boivin, G., Jobin, T. 2009. Action Thresholds for Summer Fungicide Sprays and Sequential Classification of Apple Scab Incidence. – Plant Dis., 93:490–498, doi: 10.1094/PDIS-93-5-0490
- Cooke, B.M., Jones, D.G., Kaye, B. 2006. The Epidemiology of Plant Diseases. (2nd ed.). ISBN-10 1-4020-4580-8(PB). ISBN-101-4020-4581-6 (e-books). – Springer: Dordrecht, Netherlands, 576 pp., doi: 10.1111/j.1365-3059.2006.01506.x
- Delalieux, S., van Aardt, J., Kuelemans, W., Coppin, P. 2005. Detection of biotic stress (*Venturia inaequalis*) in apple trees using hyperspectral analysis. – Proceedings of the 4th EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy. EARSeL and Warsaw University, pp. 677–689.
- Djordjevic, B., Vulic, T., Djurovic, D., Milatovic, D., Zec, G., Radovic, A. 2013. Biological and productive characteristics of apple cultivars resistant or tolerant to scab [*Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.]. – J. of Agric. Sci., Belgrade: Serbia. 58(2), pp. 95–103, doi: 10.2298/JAS1302095D
- Gadoury, D.M., Stensvand, A., Seem, R.C. 1998. Influence of light, relative humidity, and maturity of populations on discharge of ascospores of *Venturia inaequalis*. – Phytopathol. 88(09):902–909, doi: 10.1094/PHYTO.1998.88.9.902
- Hasani, M. 2005. Sëmundjet e pemëve frutore. Publikuar në Universiteti Bujqësor i Tiranës. Tirana: Albania, fq. 88–98.
- Jamar, L. 2011. Innovative strategies for the control of apple scab (*Venturia inaequalis*) in organic apple production. – PhD thesis. University of Liege. Liege, Belgium, 2001, 196 pp.
- Lateur, M., Blazek, J. 2004. Evaluation descriptors for Malus. – In: Report of a Working Group on Malus/Pyrus. Second Meeting 2–4 May 2002, Dresden-Pillnitz, Germany. L. Maggioni, M. Fischer, M. Lateur, E.-J. Lamont, E. Lipman (Compilers). – International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, pp. 76–82.
- Marku, L., Vrapı, H., Varaku, K., Hasani, M. 2014. Integrated management for Apple scab *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. in the region of Puka in Albania. – IJGHC, March 2014–May 2014, 3(2):524–531, E-ISSN: 2278-3229.
- McKinney, H.H. 1923. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. – J. Agric. Res. 26:195–217.
- Meier, U. 2001. Growth stages of mono and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. 2nd ed. – German Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. Braunschweig: Germany, pp. 158.
- Meszka, B. 2015. Study of *Venturia inaequalis pseudothecia* development and apple scab severity under Polish conditions. – Folia Hort., 27(2):107–114, doi: 10.1515/fhort-2015-0020.
- Nutter, F.W., Paul, D.E.J., Netto, R.A.C. 2006. Disease assessment concepts and the advancements made in improving the accuracy and precision of plant disease data. – Eur. J. Plant Pathol., 115:95–103, doi: 10.1007/s10658-005-1230-z
- Ostry, M.E., Nicholls, T.H. 1982. A technique for trapping fungal spores. – U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Research Note NC-283. St Paul, USA, pp. 283.
- Pethybridge, S.J., Nelson, S.C. 2015. Leaf Doctor: A new portable application for quantifying plant disease severity. – Plant Dis., 99:1310–1316.
- Skenderasi B., Mero G.J., Zeka N., Hasani M., Cara M. 2014. Determination of terms and effectiveness of fungicides more convenient in apple scab control in Korça region in Albania. – J. Int. Acad. Res. for Multidiscip., 1(12):333–346.
- Stensvand, A., Amundsen, T., Semb, L., Gadoury, D.M., Seem, R.C. 1998. Discharge and dissemination of ascospores by *Venturia inaequalis* during dew. – Plant Dis., 82(7):761–764, doi: 10.1094/PDIS.1998.82.7.761
- Vaillancourt L.J., Hartman J.R. 2000. Apple scab. The Plant Health Instructor. – American Phytopathological Society, doi: 10.1094/PHI I-2000-1005-01

Appendix**Figures caption for Figures 3 to 5**

The top and bottom points of green diamonds are the confidence intervals (CI) as a supplement to the P-value with 95% confidence interval for each mean. The green centre line presents the mean, the width of the diamond is proportional to the size of sample group. The red boxes represent the distribution, three blue dots per diamond represent the DI values for three treatment

years and the lower/upper horizontal blue lines are the standard deviation. The grey and red circles represent the means comparison between the treatment programs. The grey circles with italicized variable labels are for

the programs that are significantly different from the control group. The black horizontal centre line of the diamond and circles plot is the overall average of the disease index (DI).

Tables as additional attachments to diamond plots

Table 1. Pair comparisons for RIMpro treatment period presented in diamonds plot

Level	– Level	Difference	Std. err. dif.	P-value	Difference
Control	Prog. 1	22.37667	2.500399	<0.0001*	
Control	Prog. 2	15.64000	2.500399	0.0002*	
Control	Prog. 4	15.14000	2.500399	0.0003*	
Control	Prog. 7	14.12333	2.500399	0.0007*	
Control	Prog. 6	14.10667	2.500399	0.0008*	
Control	Prog. 5	14.09333	2.500399	0.0008*	
Control	Prog. 3	11.32333	2.500399	0.0064*	
Prog. 3	Prog. 1	11.05333	2.500399	0.0079*	

Table 2. Pair comparisons for Phenological phase's treatment period presented in diamonds plot

Level	– Level	Difference	Std. err. dif.	P-value	Difference
Control	Prog. 1	20.56667	2.903451	<0.0001*	
Control	Prog. 2	14.94333	2.903451	0.0019*	
Control	Prog. 4	13.20667	2.903451	0.0061*	
Control	Prog. 7	13.00000	2.903451	0.0071*	
Control	Prog. 6	12.70667	2.903451	0.0086*	
Control	Prog. 5	12.02667	2.903451	0.0136*	
Prog. 3	Prog. 1	10.40000	2.903451	0.0399*	
Control	Prog. 3	10.16667	2.903451	0.0464*	

Table 3. Pair comparisons for Local farmers treatment period presented in diamonds plot

Level	– Level	Difference	Std. err. dif.	P-value	Difference
Control	Prog. 1	17.99000	2.798156	0.0002*	
Control	Prog. 2	12.49333	2.798156	0.0072*	
Control	Prog. 6	12.07333	2.798156	0.0097*	
Control	Prog. 4	12.05667	2.798156	0.0098*	
Control	Prog. 7	11.17333	2.798156	0.0181*	
Control	Prog. 5	10.83333	2.798156	0.0229*	
Prog. 3	Prog. 1	9.28333	2.798156	0.0654	
Control	Prog. 3	8.70667	2.798156	0.0950	



PÄRILIKU SKREIPIRESISTENTSUSE DÜNAAMIKA EESTI LAMBATÕUGUDEL

THE DYNAMICS OF HEREDITARY SCRAPIE RESISTANCE IN ESTONIAN SHEEP BREEDS

Erkki Sild, Sirje Värv, Haldja Viinalass

*Eesti Maaülikool, veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, tõuaretuse ja biotehnoloogia õppetool,
Fr. R. Kreutzwaldi 1, 51006 Tartu*

Saabunud: 18.04.2018
Received:
Aktsepteeritud: 28.05.2018
Accepted:
Avaldatud veebis: 04.06.2018
Published online:
Vastutav autor: Erkki Sild
Corresponding author:
E-mail: erkki.sild@emu.ee
Phone: +372 731 3467

Keywords: scrapie risk, scrapie eradication program, Estonian sheep breeds, PRNP allele frequency.

doi: 10.15159/jas.18.04

ABSTRACT. A total of 2,411 sheep from the Estonian Whitehead (N = 1301) and Estonian Blackhead (N = 1110) breeds were genotyped for markers of scrapie risk in the period 2005–2017. Sanger sequencing was used to identify nucleotide substitutions in the PRNP gene at codons 136, 141, 154 and 171 to determine corresponding amino acids in prion protein. Sheep were divided into 13 groups according to their birth year to assess the temporal changes on the genetic profile of the studied population. Seven different alleles and 16 different genotypes (12 for Estonian Blackhead and 16 for Estonian Whitehead) were identified. In the birth year group 2007 (two years after the introduction of a scrapie eradication programme) a statistically significant change in the allele ALRR frequencies was found. The selective breeding for allele ALRR (the scrapie resistant marker) increased in frequency from 0.40 to 0.70 during the period 2006–2017. Significant declines in allele frequencies ALRQ (0.40–0.20) and ALRH (0.13–0.03) were found. The frequency of the most susceptible to scrapie allele (VLRQ) was low (< 0.03), and the decrease of the frequency during the program was insignificant. Both sheep breeds showed statistically significant changes in allele, genotype and risk group frequencies between the birth year groups before the introduction of the scrapie eradication programme and at its end. The effect on genetic profile in terms of changed allele frequencies was statistically more significant in the Estonian Whitehead sheep ($p < 0.001$) than in the Estonian Blackhead sheep ($p < 0.05$).

© 2018 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2018 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Alates 2004. aastast rakendatakse kõigis Euroopa Liidu liikmesriikides ühist strateegiat lammaste transmissiivsete spongiossete entsefalopaatiate (TSE) resistentsuse saavutamiseks (Euroopa Komisjoni otsus 2003/100/EÜ). Eestis on kehtestatud lammastele prionvalgu geeni *PRNP* geenitesti läbiviimiseks kord Riikliku loomatauditõrje programmi ja rakendusmeetmete alusel. Geneetilistele markeritele põhinev lammaste skreipi haigestumise riski vähendav programm sai Eestile kohustuslikuks 1. mail 2004. Eestis kasvatatavast ligi 90 000 lambast on eesti tumeda- ja valgepealisi tõulambaid alla 5000 (ELKL, 2017; ETLA, 2016), lisaks on tunnustatud kihnu maalambad (alates 2016) ning uute imporditud tõugudena dorper ja lleyini

(alates 2018), keda on lisaks teistele parandajatõugudele imporditud Eestisse alates 2009. ja 2012. aastast.

Skreipi on surmaga lõppev neurodegeneratiivne haigus lammastel ja kitsedel. Skreipi kuulub TSE-de gruppi, kuhu kuuluvad ka veiste spongiosne entsefalopaatia (inglisekeelne lühend BSA; "hullu lehma tõbi") ja inimeste Creutzfeldt-Jakobi tõbi (inglisekeelne lühend CJD). TSE haiguste teke on seotud raku prionvalgu isovormiga. Esimest korda diagnoositi skreipit ca 250 aastat tagasi Inglismaal (Prusiner, 1998).

2016. aastal diagnoositi skreipit kahekümnes EL-i liikmesriigis 685 juhul. Klassikalist vormi diagnoositi üheksas EL-i liikmesriigis ja Islandil ning atüüpilise skreipi vormi 18 liikmesriigis ja Norras. Üle 80% skreipi juhtudest registreeriti Kreekas, Hispaanias, Itaalias ja Rumeenias. Atüüpilise skreipi juhtudest

(122) enim registreeriti Portugalis, Ungaris, Ühendkuningriigis, Hispaanias ja Norras. Haiguse esinemine oli klassikalise skreipi puhul 97,2% juhtudest ja atüüpilise skreipi puhul 57,6% seotud riskigruppidega R3, R4 või R5 (EFSA, 2017). Eestis on seniajani diagnoositud kaks atüüpilise skreipi juhtu, üks 2010. ja teine 2011. aastal (EFSA, 2016).

Hollandi (aastatel 2003–2008) nakatunud karjade andmete põhjal läbi viidud uuringu kohaselt oli lammaste vastuvõtlikkus skreipile väga erinev – sõltuvalt prioonivalgu genotüübist erines nakatunute arv tuhande lamba kohta 0–368,4 (Hagenaars jt, 2010) ja oli kooskõlas genotüübipõhiselt sätestatud riskirühmadega. Pikaajalise selektsiooniprogrammiga on oluliselt muudetud karjade geneetilise profiili ja oodatud mõjuna on saavutatud skreipiresistentsuse tõus. Samal ajal on eksperimentaalsed võrdlusuuringud erinevast keskkonnast (ja tõust) pärit, kuid sama genotüübiga lammaste puhul olnud erineva kliinilise avaldumisega, mis viitab sellele, et teistest tõugudest sissetoodava materjali puhul ei pruugi karjade resistentsuse ja genotüübi vaheline seos endisel kujul kehtida (Houston jt, 2015).

Prioonvalk on signaali ülekandes osalev kesknärvisüsteemi glükoproteiinvalk, mis asub rakumembraani välispinnal. TSE tekitajaks on defektne proteaasid-resistentne prioonivalgu vorm, mille tõttu lüsoosomidesse kuhjuvad lagundamata valgud (Diener jt, 1982). Defektne valk seondub tervega ja muudab selle sekundaarstruktuuri, st α -heeliksiks muudetakse β -lehtedeks. Selle tagajärjel hakkavad defektsed valgud kuhjuma lüsoosoomi, kuni see lõhkeb. See omakorda põhjustab raku surma ning aju muutub poorseks (käsnjaks). Mida poorsemaks aju muutub, seda raskemaks muutuvad haigusnähud – lambal kaob koordinatsioon, lammast hakkab ennast kratsima (siit ka eestikeelne nimi – kratsimistõbi), halveneb nägemine, esineb lihaste värinat ja halvatust. Haigus lõpeb surmaga.

Prioonivalgu sünteesi määrav geen *PRNP* asub 13. kromosoomis millelt kodeeritakse ja protsessitakse 209-aminohappeline valk. *PRNP*-geenis on avastatud üle 20 polümorfismi, millest skreipile vastuvõtlikkusega on seotud peptiidahela aminohapete positsioonid 136, 141, 154 ja 171. Teadaolevad mutatsioonid on järgmised: koodonis 136 GCC → GTC ja ACC (põhjustavad peptiidahelas aminohappealaniini asenduse valiini või treoniiniga), koodonis 141 CTT → TTT (leutsiin → fenüülalaniin), koodonis 154 CGT → CAT (arginiin → histidiin), koodonis 171 CGG → CAG, CAT või AAG (arginiin → glutamiin, histidiin või lüsiin). Prioonivalgu haplotüüp/alleel esitatakse sõltuvalt geenitesti tulemusest, tähistades järjest vastavad aminohapped positsioonides 136, 141, 154 ja 171. Näiteks kui koodoni 136 nukleotiidide järjestus on GCC, on prioonivalgu haplotüübi esimene aminohapealaniin (A), teine tähistatakse 141. koodoni nukleotiidide järjestuse järgi (TTT kodeerib fenüülalaniini F), kolmas 154. koodoni järgi (CGT kodeerib arginiini R) ja neljandana 171. koodoni järgi (CAG kodeerib glutamiini Q). Seega on neljatäheline variant AFRQ üks prioonivalgu haplotüüpidest (kasutatakse ka

terminit alleel) ja tähistatakse genotüübi kujul AFRQ/AFRQ. Topelt-heterosügootide puhul määratakse haplotüübid vastavalt suurima tõenäosuse põhimõttele (võetakse arvesse haplotüüpide esinemissagedused populatsioonis) või kasutatakse meetodit, mis näitab ära ainult ühe kromosoomi nukleotiidsest järjestusest tuleneva valguvariandi. Kuni 2007. aastani määrati *PRNP* genotüüpe kolme koodoni alusel (136, 154 ja 171). Kuna tuvastati üksikuid haigestunud ka skreipiresistentse genotüübiga ARR/ARR lammaste seas, siis täpsemate uuringutega avastati nende juhtumite puhul seos polümorfismiga koodonis 141 CTT → TTT, mis viib leutsiini asendumisele fenüülalaniiniga vastavas peptiidahela positsioonis ja seda skreipi vormi hakati nimetama atüüpiliseks (Moum jt, 2005; Saunders jt, 2006). Kuna selle mutatsiooni sagedus oli madal, alla 1%, siis esialgu seda riskigruppide koostamisel ei arvestatud.

Kõige olulisemaks *PRNP* polümorfismiks on (klassikalise) skreipi resistentsuse seisukohast muutus koodonis 136, mis on kõrgema riskigrupi R5 määravaks markeriks. Kui koodon 136 kodeerib valiini (V) sünteesi, on loomad skreipile kõrgeima vastuvõtlikkusega. Kõige skreipi-resistentsem on R1 grupp, kuhu kuuluvad isendid genotüübiga ALRR/ALRR. Kui alleelidest üks on ALRR, kuulub loom R2 gruppi, v.a juhul, kui genotüüp on kombinatsioonis 136. koodoni V-variantiga (ALRR/V_ _ _). Sel puhul klassifitseeritakse loomad riskigrupi R4. R5 grupp moodustub genotüüpidest, kus üks alleel on V_ _ _ ja teine mõni muu variant kui ALRR. R3 gruppi klassifitseeruvad kõik ülejäänud genotüübid.

Skreipi-resistentsuse saavutamise programmides on kesksel kohal aretusloomade genotüüpiseerimine, mis võimaldab skreipile vastuvõtlike genotüüpidega lammaste karjast väljaselekteerimist. Eesti tumeda- ja eesti valgepealiste lammaste aretusprogrammides on skreipi-resistentsuse saavutamise üheks aretusesmärgiks (ELaS, 2014^{a, b}; ETLA, 2015^{a, b}). ELKL ja ETLA aretusstrateegiatega on määratud lambakarjade skreipi-resistentsuse kolm tasandit, kus I või II taseme saamiseks ei ole lubatud kasutada muid jäärasid kui madalaimast R1 riskigrupist (genotüübiga ALRR/ALRR). Üldise põhimõttena on lubatud kasutada ainult R1 ja R2 aretuslambaid ja erandina R3 uttesid ning varem ka jäärasid (kuni 01.01.2008), kui resistentsuse genotüübiga R1-R2 aretusloomi ei ole või on neid ebapiisavalt. Välditakse R3 lammaste kasutamist aretuses, aga nende lammaste karjast eemaldamist ei nõuta nagu on ettenähtud lammastega, kes kuuluvad riskigrupi R4 või R5. Sellise markerselektsiooni eesmärk on suurendada skreipile resistentsuse ALRR ning vähendada vastuvõtliku VLRQ alleeli esinemissagedust.

Uuringu eesmärgiks oli hinnata valikust tingitud prioonigeeni geneetiliste variantide muutuse olulisust populatsioonis. Hinnati spetsiifilist markerselektsiooni mõju alleeli-, genotüübi- ja riskirühmade esinemissageduste muutuste alusel lammaste sünniaastate (1998–2017) lõikes, mis on kogutud Riikliku loomatauditõrje programmi 2005–2017 rakendumise perioodil.

Materjal ja meetodika

Lammaste skreipi-riski staatuse monitooringu raames genotüpiseeriti lambaid sünniaastatega 1998–2017. Genotüpiseeritud lammaste arv sünniaastate lõikes oli perioodil 2004–2014 keskmiselt 190. Vähem oli andmetes 1998–2003 ja 2015–2017 sündinuid (tabel 1). Analüüsis oli veidi rohkem eesti valgepealisi (EV) kui eesti tumedapealisi (ET) lambaid, vastavalt 1301 ja 1110 (sh ka ristandid parandajatõugudega), kokku 2411 lammast.

Riikliku loomatauditõrje programmi raames koguti vastavalt lammaste aretusorganisatsiooni poolt koostatud nimekirjade alusel igalt lambalt 5–10 ml K₃EDTA täisverd ja saadeti EMÜ VLI loomageneetika laboratooriumisse genotüpiseerimiseks. Tulenevalt Euroopa Komisjoni määrusest, millega (sõltuvalt liikmesriigi lambapopulatsiooni suurusest) kehtestati *PRNP* geeni-seireks nõutav lammaste arv (Euroopa komisjoni määrus 2245/2003), genotüpiseeriti Eestis igal aastal minimaalselt 100 lammast.

DNA eraldamiseks kasutati Miller jt (1988) modifitseeritud täisverest DNA eraldamise meetodit. DNA saagikust kontrolliti Nanodrop 2000-ga (Thermo Fisher Scientific, USA). Seejärel valmistati DNA töölahused kontsentratsiooniga 35 ng/μl. *PRNP* geeni polümorfismid tuvastati koodonite 136–171 piirkonnas sekveneerimise meetodil. *PRNP* geenifragmendi paljundamiseks polümeraasi ahelreaktsiooniga (PCR) võeti reaktsioonisegusse 3 μl DNA-d, lisati 0,45 μl programmi Praimer3 disainitud 5 pM pärisuunalist (5'-agc cac atg gtg gtg gag-3') ja vastassuunalist (5'-ctc tct ggt act ggg tga tgc-3') praimerit, 1,5 μl 25 mM MgCl₂, lisati 1,5 μl 10X puhvrit, 0,6 μl 5 mM dNTP-d, 0,25 μl 5 U Taq polümeraasi ning ddH₂O kuni 15 μl mahuni. PCR termotsükleri programm algas predenaturatsiooniga 96 °C juures 5 min, millele järgnes 35X tsükkel denaturatsiooniga 96 °C 15 sek, praimerite seondumisega 66 °C 10 sek ja DNA sünteesiga 72 °C 45 sek. Sellele omakorda järgnes lõplik süntees 72 °C juures 5 min ning lõpuks 4 °C püsiva temperatuuri säilitamine.

Tabel 1. Kogutud proovide arv sünniaastate ja tõugude lõikes
Table 1. Number of collected samples by birth year and breed

	1998–2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015–2017	Kokku / Total
ET	63	41	54	98	160	193	94	92	73	75	59	57	51	1110
EV	84	53	58	107	143	109	150	122	105	90	86	77	117	1301
Kokku	147	94	112	205	303	302	244	214	178	165	145	134	168	2411

ET – eesti tumedapealine lambatõug / *Estonian Blackhead sheep breed*; EV – eesti valgepealine lambatõug / *Estonian Whitehead sheep breed*

Tulemused ja arutelu

PRNP geeni varieeruvus ja alleelide esinemissagedused

Analüüsitud 2411 lambal määrati kokku 7 *PRNP* haplotüüpi (alleeli): ALRR, ALRQ, ALRH, ALHQ, AFRH, AFRQ ja VLRQ, mis olid esindatud nii juhuvalikuga aretuslammaste kui tootmiskarjade lammaste hulgas.

Esinemissageduselt prevaleerisid alleelid ALRR ja ALRQ (keskmised esinemissagedused 0,581 ja 0,306).

Amplifitseeritud 414 bp pikkust produkti kontrolliti 2,5% agarosegeelil, mis seejärel puhastati vabadest nukleotiididest ja polümeraasist kasutades reagente FastAP (*Thermosensitive Alkaline Phosphatase*) ja ExoI (*Exonuclease I*) lisades 5 μl PCR-i produktile 1 μl 10X FastAP puhvrit, 1 μl 10X ExoI puhvrit ning 0,9 μl 1 U FastAP ja 0,3 μl 20 U ExoI reagente. Segu kuumutati esmalt 30 min 37 °C juures, siis 20 min 80 °C juures ning jäeti seisma 4 °C juurde.

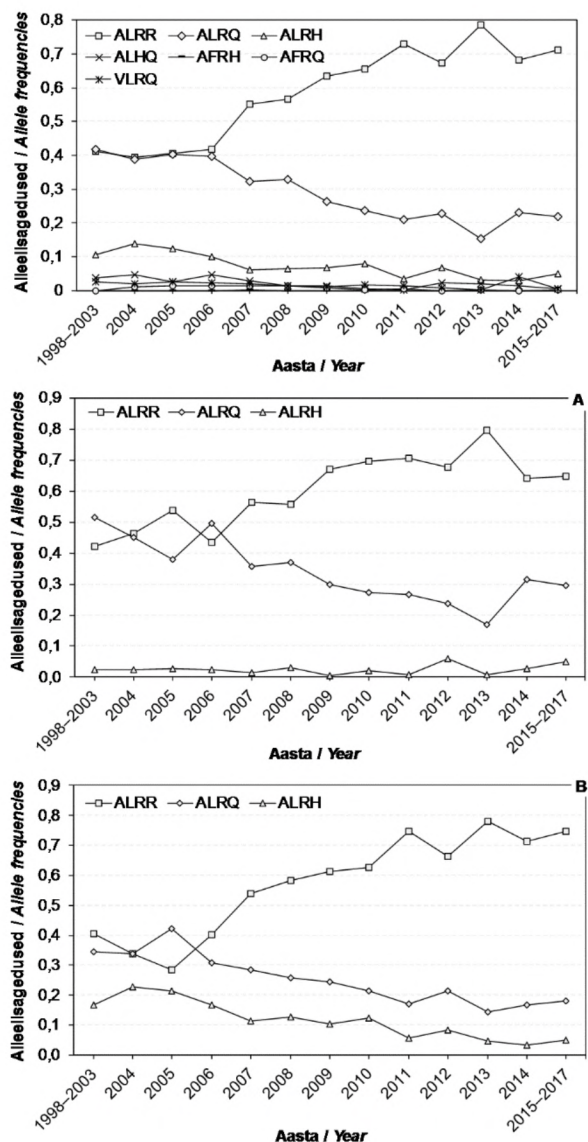
Sangeri sekveneerimisreaktsiooni jaoks kasutati *BigDye* v3.1 kitti (Applied Biosystems, USA). Reaktsiooniks kasutati 3 μl puhastatud PCR produkti. Sekveneerimisreaktsiooni produkti puhastamiseks ja väljasadamiseks kasutati 96% EtOH ja Na-atsetaati, puhastatud produkt lahustati formamiidis. Geeni järjestuste määramiseks kasutati geenianalüsaatorit ABI 3130 (Applied Biosystems, USA), toored sekvensi failid tehti loetavaks ja analüüsiti Sequences Analyses v5.2 (Applied Biosystems, USA), ja BioEdit programmidega.

Määratud *PRNP* geeni järjestuse põhjal tehti genotüpiseeritavatel lammastel kindlaks DNA polümorfismid vastavalt koodonites 136, 141, 154 ja 171. Saadud andmed kodeeriti genotüüpideks (prioon)valgu tasandil (tähistati vastavalt aminohappelisele järgnevusele).

Võrreldi 13 sünniaastate gruppi nii populatsiooni kui eesti valgepealiste ja eesti tumedapealiste lammaste lõikes. Arvutati haplotüübi-, genotüübi- ja riskigruppide esinemissagedused, gruppidevahelisi erinevusi hinnati χ^2 testi abil. Samuti kontrolliti populatsiooni alleeli- ja genotüübisageduste vastavust Hardy-Weinbergi tasakaaluseadusele. Määrati efektiivsete alleelide arv *Ne* ja heterosügootsus ning fikseerumisindeks *F*. Varasemad (1998–2003) ja hilisemad (2015–2017) sünniaastate andmed summeeriti nende sünniaastatega loomade vähese arvu tõttu.

Antud artikli materjale on osaliselt kajastatud kogumikus "Terve loom ja tervislik toit" (Sild jt, 2018). Võrdlusmaterjalina on kasutatud Euroopa Toiduohutusalaste avaldatud materjale (EFSA, 2017).

ALRR alleelisageduste oluline tõus algas pärast 2006. aastat sündinud lammaste hulgas (joonis 1). Skreipi suhtes kõige vastuvõtlikum alleel VLRQ esines Eesti lambatõugudel suhteliselt harva ning monitooring näitas selle langevat trendi (0,024-lt 0,014-ni). Erandiks oli 2014. aasta, kus eesti valgepealistel lammastel tõusis VLRQ esinemissagedus 0,060-ni. Joonisel 1 näha olevad alleelisageduste kõikumised pärast 2011. aastat on seletatavad testitud loomade kontingendi muutusega, sest lisaks tõulammastele genotüpiseeriti ka tootmisfarmide lambaid.



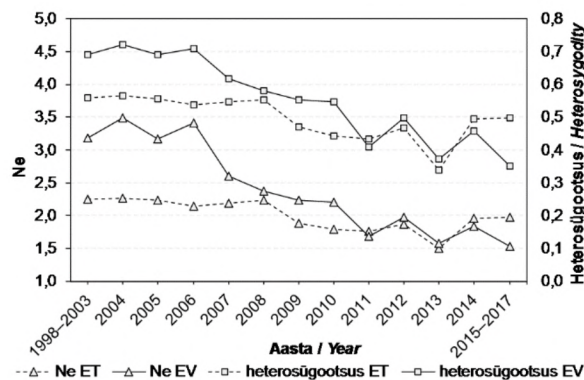
Joonis 1. *PRNP* alleelisageduste dünaamika Eesti lamba-populatsioonis sünniaastate 1998–2017 lõikes ja kõrgema esinemissagedustega alleelide esinemissagedused eesti tumedapealistel (A) ja eesti valgepealistel (B) lammastel.

Figure 1. The dynamics of the *PRNP* allele frequencies by birth year 1998–2017 in the Estonian sheep population and the predominant allele frequencies for Estonian Blackhead (A) and Estonian Whitehead (B) sheep.

Populatsiooni iseloomustas diversiteedinäitajate – efektiivsete alleelide arvu ja heterosügootsuse (joonis 2) langus. Tõugude lõikes langes efektiivsete alleelide arv ja heterosügootsus mõlemas tõus, kuid algase nende näitajate osas oli erinev. Efektiivsete alleelide arvu puhul oli langus 2013. aastaks võrreldes 2005. sünniaastaga vastavalt 2,3-lt 1,5-le eesti tumedapealistel ja 3,25-lt 1,5-le eesti valgepealistel lammastel. Heterosügootsus langes eesti tumedapealistel 0,56–0,34 ja eesti valgepealistel 0,69–0,37.

Selektiooni mõju oli statistiliselt oluline *PRNP* prevalveerivatele alleelidele – olulisuse nivoo oli kõrgeim eesti valgepealistel lammastel ($P < 0,001$), sealhulgas kõigi kolme kõrge esinemissagedusega

alleeli, ALRR, ALRH ja ALRQ puhul, ja tagasihoidlikum eesti tumedapealistel lammastel (ALRQ ja ALRR puhul $P < 0,01$), kui võrreldi ainult enne 2005. ja pärast 2015. sündinud lambaid. Madala esinemissagedusega alleelide grupist oli statistiliselt oluline ka ALHQ alleelisageduse muutus ($P < 0,01$ eesti valgepealistel lammastel ja $P < 0,05$ tumedapealistel). Alleeli ALRR esinemissageduse tõus oli oodatav ja selge markerselektiooni mõju.



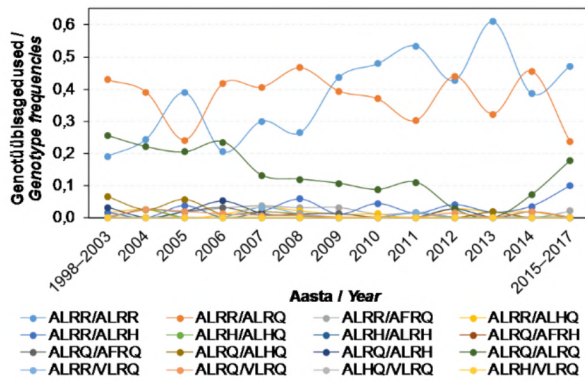
Joonis 2. *PRNP* efektiivsete alleelide arvu (N_e) ja heterosügootsuse muutused sünniaastate lõikes eesti tumedapealiste (ET) ja valgepealiste (EV) lammaste populatsioonis.

Figure 2. Changes in the number of effective alleles in *PRNP* (N_e) and heterozygosity by birth year in Estonian Blackhead (ET) and Estonian Whitehead (EV) sheep.

Genotüübid

Kokku leiti 16 erinevat genotüüpi, 12 eesti tumedapealistel ja 16 eesti valgepealistel lammastel. Kõige sagedasemad genotüübid olid ALRR/ALRR (mõlemal tõul 36%) ja ALRR/ALRQ (eesti tumedapealistel 39%, valgepealistel 29%). Järgnevad genotüübisagedused olid tumedapealistel lammastel ALRQ/ALRQ (13%) ja valgepealistel ALRR/ALRH (13%). Teisi genotüüpe esines sagedusega alla 10% (joonis 3 ja 4). Sünniaastate lõikes tõusis ALRR/ALRR genotüübi sagedus 1998–2005 aastate keskmise 27% juurest 2013–2017 aastate keskmise 49%-ni. Drastilisem oli genotüübi ALRR/ALRR esinemissageduse muutus eesti valgepealiste hulgas, kus genotüübisagedus tõusis 12%-lt kuni 55%-ni. Genotüübi ALRR/ALRQ puhul olid sünniaastate lõikes esinemissageduste muutused väiksemad. Võrreldes sünniaastagrupi lambaid järgneva sünniaastagrupiga, oli statistiliselt oluline erinevus eesti valgepealiste genotüübisagedustes aastate 2006/2007 ($P < 0,01$) ja 2013/2014 ($P < 0,05$) vahel. Alleeli- ja genotüübisagedused olid omavahelises vastavuses Hardy-Weinbergi tasakaaluseadusega ja valik üldiselt ei peegeldunud. Kõrvalekaldeid *PRNP* teoreetilise ja tegeliku genotüübijaotuse vahel leiti üksikutes sünniaasta/tõug gruppides, kuid mitte kõrge esinemissagedusega genotüüpide puhul. Statistiliselt oluliseks osutus hälve näiteks 2013. sünniaastaga eesti valgepealiste populatsiooni, kus hälvet teoreetiliselt mõjutas genotüüp ALHQ/VLRQ ($P < 0,001$).

Fikseerumisindeksi keskmine oli populatsioonis – 0,011 (sd 0,025), mis negatiivse väärtusena näitab *PRNP* heterosügootsete genotüüpide ülekaalu alleelisageduste põhjal oodatavale ja viitab välisaretusele/introducteeritud aretusmaterjali olulisusele. Ekstreemsemad näitajad ulatusid $F = 0,170$ -st (2005. sündinute hulgas) kuni $F = -0,166$ -ni (2012. ja 2013.). Kui eesti



Joonis 3. Eesti tumedapealiste lammaste *PRNP* genotüübisagedused sünniaastate lõikes.

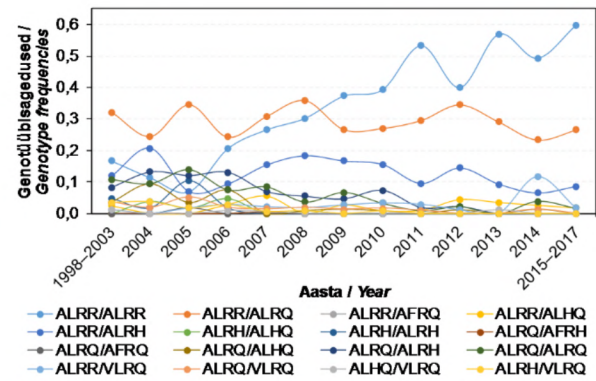
Figure 3. *PRNP* genotype frequencies in Estonian Blackhead sheep by birth year.

Riskigrupid

Pidades silmas skreipiriski vähendamist on oluline saavutada R1 grupi loomade võimalikult suur osatähtsus populatsioonis, mis tagaks kõrge skreipiresistentsuse ning väheneks skreipile vastuvõtlike R3–R5 grupi kuuluvate lammaste osatähtsus. Uuring näitas, et lammastel suurenes R1 osatähtsus üle kahe korra, keskmiselt 49%-ni (sh eesti valgepealistel 55%-ni) ja vähenes R3–R5 gruppide osatähtsus 40–50%-lt perioodi alguses 10%-ni uuringuperioodi lõpul. Sünniaastagruppide järjestikune paariviisiline võrdlus näitas neis riskigruppide proportsioonides erinevusi eesti tumedapealistel lammastel sünniaastate 2005/2006, 2006/2007 ja 2008/2009 vahel ($P < 0,05$) ning eesti valgepealiste lammaste 2010/2011–2012/2013 sünniaastate vahel ($P < 0,05$). Statistiliselt olulisem oli muutus 2006/2007 ja 2013/2014 vahel valgepealistel lammastel ($P < 0,001$). Seega avaldus selektsiooni mõju pisut varem eesti tumedapealiste lammaste populatsioonile, kuid oli olulisem eesti valgepealistele lammastele. Eristades tõu- ja tootmiskarju, oli mõju tootmiskarjadele statistiliselt madalama tõepäraga kui tõukarjadele $P < 0,05$ ja $P < 0,001$.

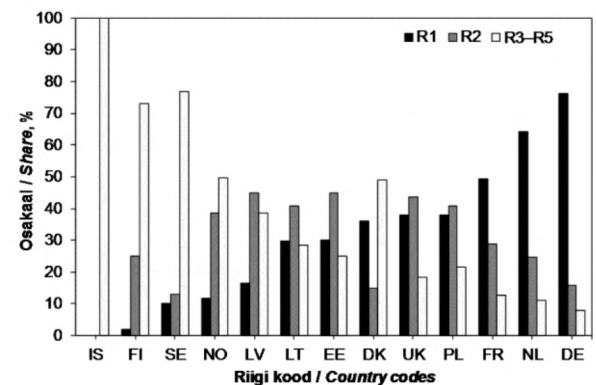
Võrreldes EFSA 2016. aasta kohta avaldatud andmeid Euroopa liikmesriikide ning Norra ja Islandi kohta, saab väita, et Eesti lambapopulatsioon on koos Läti ja Leedu populatsioonidega skreipiresistentsete gruppide R1 ja R2 osatähtsusest Euroopas keskmisel tasemel (joonis 5). Eesti lambapopulatsiooni R1 grupi osatähtsus (30%) oli 2016. aastal testitute puhul madalam kui näiteks Saksamaal ja Hollandis, kuid Eesti populatsioon oli võrreldes Islandi, Soome ja Rootsi ka oluliselt madalama vastuvõtlike riskigruppide R3–R5 osatähtsusega (25%). Madalama skreipiresistentsusega R2 lambaid oli 45%, mis on kooskõlas Eestis R2 riskigrupi kuuluvate jäärade aretusse lubamise ja kasutamisega (lisaks R1 jääradele).

valgepealiste populatsioonis olid peamiselt negatiivsed F -väärtused, siis eesti tumedapealiste lammaste puhul esines sünniaastagruppide lõikes äärmiselt kõrgeid positiivseid fikseerumisindeksi F väärtusi: 0,295 (2005. sündinute), 0,173 (2011.) ja 0,283 (2015.–2017. sündinute), mis omakorda võib olla tingitud sugulusaretatud lammaste valikust neil puhkudel.



Joonis 4. Eesti valgepealiste lammaste *PRNP* genotüübisagedused sünniaastate lõikes.

Figure 4. *PRNP* genotype frequencies in Estonian Whitehead sheep by birth year.



Joonis 5. Euroopa Toiduohutusameti (EFSA, 2017) andmetel koostatud tauditõrjeprogrammi geneetilise monitooringu tulemused 10 liikmesriigi ning Norra ja Islandi 2016. aasta kohta skreipi riskigruppide lõikes.

Figure 5. Scrapie genetic eradication programme monitoring data for ten EU member countries and Iceland and Norway from 2016 (EFSA, 2017).

Järeldused

Uuring näitas riikliku tauditõrjeprogrammi markerselektsiooni olulist mõju Eesti lambapopulatsioonile. Prioonvalgu geeni resistentsust ja vastuvõtlikkust markeerivate variantide esinemissageduste muutused ilmsid pärast 2005. aastal rakendatud määrust, kus paaride valiku suunatud mõju ilmsid 2007. sünniaastaga lammastel resistentsusmarkeri ALRR esinemissageduse statistiliselt olulise tõusuna. Analüüsitud ajalisel muutused olid 13 sünniaastagrupi alusel suhteliselt sarnased eesti valgepealiste ja eesti tumedapealiste lammaste osas, kuid olulisemad muutused alleeli- ja genotüübisagedustes ning riskigruppide profiilis olid toimunud eesti valgepealises lambatõus. Alates 2012. sünniaastagrupist täheldati alleelisageduste suuremaid

kõikumisi, mis seletuvad juhuslike statistiliste (väiksem lammaste arv) ja valimi struktuuri (viimaste aastate juhuvalikus olnud tootmisfarmide ristandlambad) mõjudena. Viimaste sünniaastate gruppides oli rohkem skreipile vastuvõtlike riskirühmade R3–R5 lambaid ning algusaastale iseloomulik valiku efekt ALRR-alleeli suhtes jäi väiksemaks ning eesti tumedapealistel lammastel pigem langes. Programmi rakendamise saavutatud skreipi päriliku resistentsuse keskmine tase võrreldes naaberriikidega nii Põhja-Euroopas kui Kesk-Euroopas. Pidades silmas impordi tähtsust meie lambapopulatsioonile, oleks sellest lähtuvalt lammaste skreipiresistentsuse geneetilise seire jätkamine riikliku tauditõrjeprogrammi raames väga oluline.

Tänuavaldus

Uurimistöö viidi läbi Eesti Haridus- ja Teadusministeeriumi projekti IUT8-2 rahalisel toel.

Huvide konflikt / *Conflict of interest*

Autor kinnitab artikliga seotud huvide konflikti puudumist. *The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.*

Autorite panus / *Author contributions*

Kõik autorid osalesid katse kontseptsiooni väljatöötamises ja planeerimises, katseandmete analüüsis ja tõlgendamises ning lõpliku käsikirja toimetamises ja heaks kiitmisel. HV ja ES tegelesid andmete kogumisega. ES ja SV tegelesid käsikirja mustandi kirjutamisega.

All authors participated in the study conception and design, analysis and interpretation of data and critical revision and they approve the final manuscript. HV and ES acquired the data, ES and SV drafted the manuscript.

Kasutatud kirjandus

- Diener, T.O., McKinley, M.P., Prusiner, S.B. 1982. Viroids and prions. – Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 79 (17):5220–5224.
- EFSA (European Food Safety Authority) 2016. EUR on Transmissible Spongiform Encephalopathies in 2015. – EFSA Journal, 14:4643, 62 pp.
- EFSA (European Food Safety Authority) 2017. The European Union summary report on surveillance for the presence of transmissible spongiform encephalopathies (TSE) in 2016. – EFSA Journal, 15:5069, 68 pp.
- ELaS (Eesti Lambakasvatavate Selts) 2014^a. Eesti tumedapealise lambatõu (ET) aretusprogramm 2015–2021. – Märja 2014. http://lammas.ee/uus/wp-content/uploads/2017/09/ET_Aretusprogramm_2015_2021_9_02_15-1.pdf, 19.01.2018.
- ELaS (Eesti Lambakasvatavate Selts) 2014^b. Eesti valgepealise lambatõu (EV) aretusprogramm 2015–2021. – Märja 2014. http://lammas.ee/uus/wp-content/uploads/2017/09/EV_Aretusprogramm_2015_2021_9_02_15-3.pdf, 19.01.2018.
- ELKL (Eesti Lamba- ja Kitsekasvatavate Liit) 2017. Aretustegevuse aastaaruanne 2016. – Märja 2017. http://lammas.ee/uus/wp-content/uploads/2017/09/Aretusaruanne-2016_ELKL.pdf, 19.01.2018.
- ETLA (MTÜ Eesti Tõulammaste Aretusühing) 2015^a. Eesti tumedapealise lambatõu aretusprogramm. – Tartu 2015. https://etla.weebly.com/uploads/5/3/8/0/53808943/et_aretusprogramm.pdf, 19.01.2018.
- ETLA (MTÜ Eesti Tõulammaste Aretusühing) 2015^b. Eesti valgepealise lambatõu aretusprogramm. – Tartu 2015. https://etla.weebly.com/uploads/5/3/8/0/53808943/ev_aretusprogramm.pdf, 19.01.2018.
- ETLA (MTÜ Eesti Tõulammaste Aretusühing). 2017. Lammaste aretustegevuse aastaaruanne 2016. – ETLA 2017, 11 lk.
- Euroopa Komisjoni otsus 2003/100/EÜ. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?qid=1516358809990&uri=CELEX:32003L0100>, 19.01.2018
- Euroopa Komisjoni otsus 2245/2003. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R2245&from=ET>, 16.04.2018
- Hagenaars, T.J., Melchior, M.B., Bossers, A., Davids, A., Engel, B., Van Zijderveld, F.G. 2010. Scrapie prevalence in sheep of susceptible genotype is declining in a population subject to breeding for resistance. – BMC Vet. Res., 6:25–25.
- Houston, F., Goldmann, W., Foster, J., González, L., Jeffrey, M., Hunter, N. 2015. Comparative Susceptibility of Sheep of Different Origins, Breeds and PRNP Genotypes to Challenge with Bovine Spongiform Encephalopathy and Scrapie. – PLoS ONE, 10:e0143251.
- Miller, S.A., Dykes, D.D., Polesky, H.F. 1988. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. – Nucleic Acids Res., 16:1215.
- Moum, T., Olsaker, I., Hopp, P., Moldal, T., Valheim, M., Benestad, S.L. 2005. Polymorphisms at codons 141 and 154 in the ovine prion protein gene are associated with scrapie Nor98 cases. – J. Gen. Virol., 86:231–235.
- Prusiner, S.B. 1998. Prions. – Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 95:13363–13383.
- Saunders, G.C., Cawthraw, S., Mountjoy, S.J., Hope, J., Windl, O. 2006. PrP genotypes of atypical scrapie cases in Great Britain. – J. Gen. Virol., 87:3141–3149.
- Sild, E., Värvi, S., Viinalass, H. 2018. Lammaste skreipi-resistentsuse monitooring PRNP geeni markerite põhjal. – Konverentsi "Terve loom ja tervislik toit 2018" artiklite kogumik, Tartu: Eesti Maaülikool. 86–92 lk.

The dynamics of hereditary scrapie resistance in Estonian sheep breeds

*Erkki Sild, Sirje Värvi, Haldja Viinalass
Estonian University of Life Sciences, Chair of Animal
Breeding and Biotechnology, Fr. R. Kreutzwaldi 1,
51006 Tartu, Estonia*

Summary

In accordance with EU regulations, the scrapie eradication programme started in Estonia in 2005. In the current study, 2,411 sheep (Estonian Blackhead and Estonian Whitehead sheep breeds) were included in the analyses for scrapie susceptibility based on PRNP genotypes. Polymorphisms in codons 136, 141, 154 and 171 of the PRNP gene were determined and the allele, genotype and risk group frequencies were calculated. Seven different alleles (haplotypes) and 16 different genotypes were found in the Estonian sheep population. The study showed a significant effect of the marker selection on the Estonian sheep, between the birth year groups of 1998–2017. Statistically significant changes in the gene frequencies were found in the sheep group born two years after the application of marker-based selective breeding in 2007. In addition to the temporal rise in the resistant ALRR allele frequency, the genotype and risk group profile changed

in the sheep population by the birth year groups'. The analysed temporal changes were relatively similar between the Estonian Whitehead and the Estonian Blackhead sheep breeds. Higher significance in changes in the allele and genotype frequencies and the risk group distributions were estimated for the Estonian Whitehead sheep compared to the Estonian Blackhead sheep. From 2012, larger fluctuations in allele frequencies were observed, partly due to random statistical effects and the lower number of sheep in the more recent birth year groups, as well as due to the inclusion of a higher proportion of sampled (crossbred) animals from commercial flocks. There was a slight rise in the frequencies of sheep in risk groups R3–R5 susceptible to scrapie in the last birth year groups as well as a lower level of ALRR allele frequency, particular in the Estonian Blackhead sheep. Compared to EFSA data on the distribution of genotypes in the EU and other reporting countries in 2016, the Estonian sheep population showed an intermediate position between Nordic and Central European countries in regard to susceptibility to scrapie (R3–R5 groups). Due to the active import of foreign breeding material it is of utmost importance to continue the genetic monitoring of the Estonian sheep population for scrapie resistance in the framework of the National Infectious Animal Disease Control Programme.

Agraarteadus
1 * XXIX * 2018 57–62



Journal of Agricultural Science
1 * XXIX * 2018 57–62

BIOSTIMULAATORI JA FUNGITSIIDIGA PUHTIMISE MÕJU SUVINISU ARENGULE JA SAAGIVÕIMELE

EFFECT OF SEED TREATMENT WITH BIOSTIMULANTS AND FUNGICIDE ON DEVELOPMENT AND YIELD POTENTIAL OF SPRING WHEAT

Pille Sooväli, Tiia Kangor, Mati Koppel

Eesti Taimakasvatuse Instituut, J. Aamisepa 1, 48309, Jõgevamaa

Saabunud: 18.04.2018
Received:
Aktsepteeritud: 18.06.2018
Accepted:
Avaldatud veebis: 20.06.2018
Published online:
Vastutav autor: Pille Sooväli
Corresponding author:
E-mail: pille.soovali@etki.ee

Keywords: spring wheat, seed treatment, biostimulant, fungicide, plant growth.

doi: 10.15159/jas.18.08

ABSTRACT. In the years 2013–2014, the Estonian Crop Research Institute conducted a field trial in order to investigate the effect of seed treatment with seaweed based biostimulants and fungicide on spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Seed treatments of the varieties 'Specifik' and 'Uffo' were used with (fludioxonil + cyproconazole) and without fungicide (biostimulants Raykat Start, Fertigrain Start) and mixture (fludioxonil + cyproconazole + Fertigrain Start), and untreated seed as the control were evaluated. The objective of this study was to assess the development, growth and yield potential of spring wheat under the action of biostimulants, with the presence and absence of treatment of seed with fungicide. In the laboratory, we measured: 1) the length of roots and shoots of germinated seed, 2) total number and total weight of grains per ear, 3) one kernel weight per ear. In the field, we evaluated: 4) plant height, 5) the number of generative tillers that were counted in one linear meter at physiological maturity. Results showed that the application of biostimulants and fungicide for seed treatment influence the wheat early development and growth of radicle. They can increase the root length however the biostimulants and fungicide can have an opposite effect on germination of wheat seed. They can decrease the length of the first true leaf emerged from coleoptile. We noticed that seed treatment with Raykat Start increased significantly ($p \leq 0.05$) the plant height of variety 'Specifik' compared to untreated. There was tendency that by using both biostimulants for seed treatment of variety 'Specifik' more generative tillers emerged, but this was not significant compared with untreated. The results suggested that solely the seed treatment with biostimulants and fungicides, there was no effect on total grain number and total grain weight per ear of wheat varieties.

© 2018 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2018 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Käesoleval ajal on kasvav nõudlus kasutada toidu tootmiseks järjest enam keskkonnasäästlikke meetodeid. Suundumused sunnivad põllumajanduses vähendama traditsiooniliste taimekaitsevahendite kasutamist ja osaliselt asendada neid ainetega, mis on keskkonnasõbralikumad. Teraviljatootmises on viimasel ajal lisaks tavapärasele pestitsiidide kasutamisele suurenenud tendents kasutada taimekaitses ka biostimulaatoreid (Maciejewski jt, 2007; Ogorek jt, 2011). Biostimulaatoritel ei ole otsest mõju kahjustajate vastu, seetõttu ei

liigitata neid pestitsiidide hulka (EBIC, 2012). Biostimulaatorid erinevad taimekaitsevahenditest selle poolest, et toimivad taime ainevahetusele, mitte otseselt taimekahjustajatele. Biostimulaatorid on ained, mis madalates kontsentratsioonides parandavad biokeemilisi protsesse taimes ja mullas ning seeläbi toetavad taime kasvu ja arengut ning kokkuvõttes suurendavad taime stressikindlust. Biostimulaatorid ei asenda väetisi ja teisi mineraalsete toitainete allikaid (Basak, 2008). Biostimulaatorid sisaldavad kasulikke aineid, rikastavad mulda ja tasakaalustavad taime ja kasvukeskkonna vastastikust mõju (Calvo jt, 2014). Seemne idanemine ja eluvõime on

esmasel tähtsusega heas seisus põllukultuuri saavutamisel ning biostimulaatoriga puhtimisel on selles oluline roll (Kumbhar jt, 2017).

Põllumajanduses kasutatavaid merevetika ekstrakte toodetakse kõige enam pruunvetikatest, sisaldades erinevaid mineraalelemente nagu lämmastik, fosfor, kaalium jne ning orgaanilistest ühenditest ka aminohappeid ja vitamiine. Üks põhilisi komponente kõigis merevetika ekstraktides on polüsahhariidid. Konkreetse toote mõju sõltub sellest, milliseid vetikaid kasutati ja kuidas neid töödeldi (Battacharyya jt, 2015). On teada merevetika ekstraktide positiivset mõju saagikusele, juure struktuurile, lehe arengule, abiootiliste stresside taluvusele nagu külm, põud, mulla struktuur, niiskus, mikrobioloogia (Arioli jt, 2015). Ka katses kasutatud biostimulaatorid Fertigrain Start ja Raykat Start on toodetud merevetikate baasil. Orgaaniliste lämmastikühenditena on aminohapped, mida katses kasutatud biostimulaatorid sisaldavad, taimede oluliseks lämmastiku allikaks ja füsioloogilistes protsessides osalejaks. See on taimede kõige tähtsam juurdumise ja võrsumise ajal. Sama kaua kestab ka keemilise puhise mõju. Biostimulaatorid aitavad taimedel ebasoodsa kasvukeskkonna korral stressitingimusi paremini taluda tugevdades taimede juurestikku, kiirendades algarengut ja mõjudes positiivselt klorofüllisisaldusele. On ka väidetud, et väikeses koguses merevetika ekstrakti kasutamine on taimede arengule soodne, suurtes kogustes on mõju vastupidine (Wally jt, 2013).

Teraviljaseemne puhtimine keemilise puhisega hävitab seemne sees ja pinnal olevad haigustekitajad ning kaitseb taimi nende varajases arengujärgus mullas olevate patogeenide eest. Lisaks parandab taimede füsioloogilist seisundit, soodustab juurekava kasvu, parandab toitainete omastamist ja tõstab taimede vastupanuvõimet haigustele (Mathre jt, 2001). Vaatamata keemiliste puhiste kõrgele efektiivsusele, on nende toimeained loodusele ohtlikud. Looduslikku päritolu biostimulaatorid on ohutumad. Lisaks sellele, et nad parandavad taimede juurestikku, stimuleerivad vastupanuvõimet, aitavad omastada toiteelemente ja võivad seeläbi tõsta ka saagikust, biolagunevad nad keskkonda säästvalt.

Eesti Taimekasvatuse Instituudis korraldatud põldkatsete eesmärk oli võrrelda, kuidas mõjutab biostimulaatori ja fungitsiidiga puhtimine suvinisu seemnete idanemist, taimede kasvu ja arengut ning kas see avaldub ka saagikomponentides.

Materjal ja meetodika

Puhtimise põldkatsed rajati suvinisu (*Triticum aestivum* L.) sortidega (2013. a) ja 'Uffo' (2014. a) Eesti Taimekasvatuse Instituudis (ETKI) randomiseeritud blokk meetodil 10 m² katselappidele neljas korduses. Nisu külvisenormiks oli 550 idanevat tera m²-le. Katse külvati leostunud mullale (Ko), mille agrokeemiline sisaldus oli: p_HKCl 6,2, P 206, K 209, Ca 1623, Mg 107, Cu 1,6, Mn 126, B 0,92 mg kg⁻¹, C_{org} 1,8%. Eelviljadeks olid kartul (2013) ja raps (2014). Külvieelse põhiväetisena segati mulda kompleksväetis NPK 17-6-18 külvinormiga 300 kg ha⁻¹. Külviseeme

puhiti nädal enne külvamist laboratoorse puhtimismasinaga Hege 11. Katsetes kasvuaegset haigustõrjet ei tehtud. Umbrohutõrje tehti teravilja võrsumisel (kasvufaasis BBCH 23–25; Meier, 2001) herbitsiidiga MCPA 750 (1 l ha⁻¹).

Katsetes kasutatud puhised on esitatud tabelis 1. Raykat Start on toodetud merevetikatest ja sisaldab makroelemente N 4%, P 8%, K 3%, mikroelemente Fe 0,1%, Zn 0,02%, B 0,03%, vabu aminohappeid 4%, polüsahhariide 15%, tsütokiniini 0,05% ja vitamiine. Raykat Start'i võib kasutada kõikide kultuuride seemnete puhtimiseks 250–300 ml t⁻¹. Fertigrain Start on toodetud merevetikatest ja kõõgiviljadest ja sisaldab aminohappeid 9%, "L"-amino happeid 6,5%, orgaanilisi aineid 30%, N 3%. Kasutatakse teravilja külvieelseks puhtimiseks 1 l t⁻¹, aitab kaasa kiiremale seemnete idanemisele ja taimede jõulisemale algarengule. Keemiline puhis Maxim Star 025 FS sisaldab toimeaineid fluodioksiinil 18,8 g l⁻¹ ja tsüprokonasool 6,3 g l⁻¹. Lisaks oli katses ka töötlemata kontrollvariant.

Tabel 1. Suvinisu katsetes 2013–2014 kasutatud puhised ja kulunormid

Table 1. Product names and doses used in spring wheat trials 2013–2014

Puhis / Product	Kulunorm / Dose (l t ⁻¹)
Kontroll / Untreated	–
Raykat Start	0,3
Fertigrain Start	1,0
Maxim Star 025 FS	1,0
Maxim Star 025 FS + Fertigrain Start	1,0 + 1,0

Laboritingimustes selgitati puhiste mõju tarkamise arengujärgus (BBCH 11) juurte ja tõusmete kasvule. Selleks mõõdeti filterpaberi rullis niiskuskambri meetodil 20 päeva idanenud teradel juurte ja tõusme pikkused. Igast variandist hinnati 100 tera (International ..., 1996).

Taimiku tiheduse määramiseks loendati põllul generatiivvõrsete arv kõikidel katselappidel kahest kohast kahel külvireal 1 m pikkuselt. Generatiivvõrsete kasvukõrgus mõõdeti piimküpsusfaasis (BBCH 73–75) kahest kordusest mulla pinnalt viljapeade tipuni.

Vahetult enne saagi koristust nisu täisküpsusfaasis (BBCH 91–92) koguti igalt katselapilt 25 viljapead juhusliku valiku teel, nende struktuurianalüüs tehti ETKI laboris. Nisupead poetati, terad loeti ja kaaluti.

Statistiline analüüs tehti MS Exelis, kasutades t-testi, leiti paariviisilisel võrdlemisel usutavad erinevused (p ≤ 0,05) erinevate puhistega variantide vahel. Kõikidele mõõdetavatele suurustele arvutati keskmine ja standardviga (SE).

Suvinisu kasvuks olid katseaastate ilmastikutingimused erinevad (tabel 2). 2013. aasta põllutingimusi Jõgeval iseloomustas keskmisest soojem kasvuperiood – mai, juuni ja juuli olid pikaajalise keskmise õhutemperatuuriga võrreldes soojemad. Maikuu arenesid taimed põldkatsetes kiiresti ja jõudsid juunikuuks tavapärasest arengust paar nädalat ette. Kasvamist soodustasid maikuu sademed. Teravili kasvas kuni kõrsumiseni tänu soojusele ja piisavale sademete hulga kiiresti. Juuni ja juuli jäid paljude aastate keskmise sademete normiga võrreldes vihmavaesemateks.

Tabel 2. 2013. ja 2014. a keskmised ja pikaajalised keskmised (1922–2013) õhutemperatuurid ning sademete summad Jõgeval
Table 2. Mean temperature and precipitation for growing season 2013 and 2014 and long-term average (1922–2013) at location Jõgeva

Kuu Month	Õhutemperatuur / Air temperature, °C		Pikaajaline keskmine Long term average	Sademed / Precipitation, mm		Pikaajaline keskmine Long term average
	2013	2014		2013	2014	
Mai / May	14,3	11,7	10,4	83	64	50
Juuni / June	17,7	13,1	14,5	37	157	67
Juuli / July	17,6	19,3	16,8	35	48	80
August / August	16,7	16,5	15,3	70	123	89
Mai–August / May–August	16,6	15,2	14,3	225	392	286

2014. aasta mai esimene pool oli jahe ja vihmane, maikuu teine pool oli kuivem ja soojem. Juunikuu oli uuesti jahe ja vihmane ning juulis olid valdavalt kuivad ja põuased ilmad. August oli pikaajalise keskmisega võrreldes soojem ja vihasem. Põldkatses mõjutas suvinisu algarengut kõikuv ilmastik, kus niiskust oli parasjagu, kuid jahedus vaheldus soojaga mitmel korral. Kõige rohkem oli mõjutatud taimede algareng, väiksem mõju oli hilisemale kasvamisemale ja arengule. Sellises olukorras sai taim suuremat tuge biopreparaatidelt.

Tulemused ja arutelu

Sordi 'Specifik' juurte pikkus erinevates variantides jäi vahemikku 28,3–49,4 ja sordil 'Uffo' 28,8–40,7 cm (tabel 3). Puhtimata kontrollvariantide andmed näitasid sortide erinevust. Hilisema sordi 'Uffo' juurestik suurenes kõikide puhitud variantide korral võrreldes lühemat kasvuaega vajava sordiga 'Specifik', mille juurestik kasvas usutavalt pikemaks puhtimata kontrollvariandis (49,4 cm).

Puhtimispreparaatidest mõjutas 'Uffo' juurte pikkust kõige enam biostimulaator Fertigrain Start, keskmine juurte pikkus oli selles variandis 40,7 cm. Puhtimispreparaatide stimuleerivat mõju sordi 'Specifik' idujuurte arengule ei olnud, vastupidi preparaadid pärssisid nende arengut ja kasvu. 'Specifiku' 100st idanema pandud terast oli oluliselt vähem arenemata juurteta teri kontrollvariandis (19 tera) ja teistest enam oli neid Raykat Stardiga puhtimisel (51 tera). 'Uffo' seemnete töötlemisel oli arenemata juurteta teri enam kontrollis (38 tera) ja Raykat Stardiga puhtimisel (32 tera) ning väike oli arenemata juurteta terade arv Fertigrain Stardiga töödeldud variandis (9 tera). Hilise sordi 'Uffo' terade üldine idanemisenergia kontrollvariandis oli väiksem kui keskvalmival sordil 'Specifik'. Tulemused näitasid, et olenevalt sordist võib biostimulaatoriga puhtimine kiirendada, kuid ka pärssida juurte arenemist. Seemnete idanemist ja selle pärssimist reguleerivad taimehormoonid ning nende omavaheline koostime on mõjutatud ka konkreetsetest geenidest (Miransari, Smith, 2014). Raykat Start sisaldab ka ühte taimehormooni (tsütokiniini). Michalski jt (2008) ja Pruszyński (2008) andmetel suurendas biostimulaatoriga puhtimine noortel taimedel nii juurestikku kui ka maapealseid osi ja nende kaudu vee omastamise võimet. Calvo jt. (2014) ja Halperni jt. (2015) järgi mõjutab biostimulaatorite aminohapete sisaldus juurte kasvu lämmastiku assimilatsiooniosalevate ensüümidega, mis edastavad lämmastiku omastamise signaale juurtes.

Häid tulemusi on biostimulaatoritega puhtimisel saadud siis, kui terade idanemisenergia on olnud tavapärasest väiksem (Miklič jt, 2016).

Sordi 'Specifik' teradel arenes 20 päevaga esimese lehega tõuse 20,8–31,0 ja sordil 'Uffo' 18,4–26,3 cm pikkuseks. Võrreldes kontrollvariandiga vähendas puhtimine usutavalt mõlemal sordil esimese lehega tõusme pikkust tera tärgamise arengujärgus nii keemilise puhise kui ka selle segus kasutamisel biostimulaatoriga. Miklič jt (2016) andmetel ei andnud biostimulaatori kasutamine koos fungitsiidiga loodetud positiivset efekti võrreldes ainult biostimulaatorit kasutades. Statistilised erinevused sordi 'Specifik' tõusme pikkuses võrreldes kontrolliga puudusid biostimulaatori Fertigrain Stardiga puhitud variandis, kuid erinevused olid olemas teiste puhistega töödeldud variantidega. Teistest enam jäi iduleht arenemata Raykat Stardiga (100st 49 teral), seguga Maxim Star + Fertigrain Start (48 teral) ja keemilise preparaadi Maxim Stariga puhtimisel (41 teral). Samas jäi kontrollvariandis iduleht arenemata 28 teral. Samaselt Michalski (2008) tulemustele, esines tera algarengus esimese lehe kasvus mõningane erinevus, kui võrrelda bioloogiliste ja keemiliste puhiste kasutamist. Teisel nisusordil 'Uffo' esines arenemata iduleheta teri eelkõige Raykat Stardiga puhitud variandis (100st 36 tera) ja kontrollvariandis (32 tera). Vähem oli iduleheta teri Fertigrain Stardiga töötlemisel (100st 17 tera). Mõlemal katseaastal oli külvi ajal mullas piisav veevaru, mistõttu ei olnud põllul tärgamistes erinevusi, 10. päevaks olid kõik variandid tärganud.

Keskvalmival suvinisu sordil 'Specifik' kasvasid taimed kontrollvariandist usutavalt pikemaks ainult Raykat Stardiga puhitud variandis (73 cm; tabel 4). Antud sordi keskmine taime kõrgus varieerus erinevates variantides 69–73 cm. Andmetest on näha, et kuigi laboris Raykat Start veidi pärssis idanemist, siis hilisemates arengufaasides soodustas taime kasvu ja arengut. Khan jt (2009) järgi leidis kinnitust, et merevetikatest toodetud biostimulaatorid, mis sisaldavad polüsahhariide, mikroelemente, kasvuhormoone, võivad mõjuda taime kasvule ja arengule stimuleerivalt, mis omakorda võib suurendada taimede resistentsust biotilise ja abiotilise stressi tingimustes.

Kõrgemakasvulisema hilise sordi 'Uffo' taimed kasvasid keskmiselt 107–109 cm pikaks. Võrreldes kontrolliga vähendas puhtimine kõikides variantides taimede kõrguskasvu, kuid usutavalt ainult Maxim Stariga puhtimisel. Maxim Star üks toimeaine tsüprokonasool kuulub triasoolide gruppi ja on teada triasooli kasvu reguleeriv mõju taime kasvule (Rademacher, 2000).

Samuti Bai ja Chaney (2001) väidavad, et triasooliga puhtimine vähendab taime kõrguskasvu. Generatiivvõrsete arv on üks saagikomponentidest. Puhtimine mõjutas suvinisu generatiivvõrsete arvu vähe. Sordil 'Specifik' oli usutavalt enam generatiivvõrseid Fertigrain Stardiga puhtimisel (74 tk m⁻¹) kui Maxim Stari kasutamisel (62 tk m⁻¹). 'Specifiku' generatiivvõrsete arv ühe meetri kohta varieerus erinevates variantides 62–74 tk m⁻¹. Statistiliselt usutavaid erinevusi teiste variantide vahel ei olnud. Hilisel sordil 'Uffo' oli võrsumine väiksem, jäädes vahemikku 52–64 generatiivvõrset külvirea ühe meetri kohta, kuid usutavad erinevused siiski puudusid. 'Uffo' väiksemat generatiivvõrsete arvu mõjutas kindlasti ka 2014. a väiksem sademete hulk mai lõpus juuni alguses.

Teravilja kasvatamisel on eesmärgiks võimalikult suurem saak, mis saavutatakse, kui taimed on kõik arengujärgud edukalt ja normaalselt läbinud. Võrsumisele panevad aluse taimekasvu algfaasides toimuvad protsessid, mõjutades oluliselt taime võrsumist ja generatiivvõrsete moodustumist (du Jardin, 2015). Merevetika baasil biostimulaatorid toimivad nii taimes kui mullas (Craigie, 2011). Keskvalmival sordil 'Specifik' olid biostimulaatoriga puhitud variantide taimed elujõulisemad, mistõttu võrsumine oli parem. Hilisel sordil 'Uffo' suurendas generatiivvõrsete arvu seguga puhtimine, kus lisaks keemilise puhise koostisesse kuulunud haigustõrje toimeainetele olid lisaks ka biostimulaatori koostises olevad orgaanilised ühendid, vitamiinid ja fütohormoonid. Kuna hilisemates

kasvufaasides taimikut biostimulaatoritega ei töödeldud, siis jäi nende mõju generatiivvõrsete moodustamisele nõrgaks ning usutavaid erinevusi võrreldes kontrolliga ei olnud, eriti hilisel sordil 'Uffo'.

Terade arv peas ja terade mass on olulised nisu saagikomponendid ning võivad määrata saagi suuruse (Fisher, 1975). Tera moodustumine ja lõplik mass sõltub toitainete kättesaadavusest ja sobivatest keskkonnamitingimustest. Mõlemad katses olnud biostimulaatorid on toodetud merevetikatest. On teada, et merevetika ekstraktiga mulla väetamine on suurendanud nisu saagikust (Duan jt, 2012) ja taime töötlemine nii juurestikku (Guiboileau, Joubert, 2012), võrsumist kui saagikust (Kumar, Sahoo, 2011). Kumbhar jt (2017) tulemused näitasid odra puhtimisel Fertigrain Startiga olulist mõju taime kasvule ja saagikomponentidele. Samas Miklič jt (2016) jõudsid järeldusele, et ainult seemnete töötlemine biostimulaatoritega saaki usutavalt ei suurendanud. Meie andmed näitasid, et ainult nisuterade puhtimine merevetikatest toodetud biostimulaatoritega ei mõjutanud usutavalt keskvalmival sordil 'Specifik' terade arvu, terade kogumassi ega ühe tera massi peas (tabel 5).

Andmetest on näha, et hilisel sordil oli terade arv, terade kogumass peas suuremad kui 'Specifikul', kuid ühe tera mass peas jäi sortidel sarnaseks. Erinevate puhiste usutav mõju puudus ka 'Uffo' terade arvule, kogumassile ja ühe tera massie peas. Puhiste kaitsev ja stimuleeriv mõju enam selliseid saagikomponente, nagu on terade arv ja mass peas, usutavalt ei mõjutanud.

Tabel 3. Suvinisu algarengut iseloomustavad näitajad (keskmine ± standardviga SE) laboritingimustes

Table 3. The results of early development of spring wheat seeds (mean ± standard error SE) in laboratory conditions

Puhis / Product	Juure pikkus, cm / Root length, cm		Tõusme pikkus, cm / Shoot length, cm	
	'Specifik' 2013	'Uffo' 2014	'Specifik' 2013	'Uffo' 2014
Kontroll / Untreated	49,4 ± 4,07 ^a	28,8 ± 3,03 ^b	31,0 ± 2,29 ^a	26,3 ± 2,46 ^a
Raykat Start 0,3	28,3 ± 3,40 ^c	33,1 ± 3,23 ^{ab}	22,0 ± 2,73 ^b	20,2 ± 2,07 ^{ab}
Fertigrain Start 1,0	38,1 ± 3,62 ^{bc}	40,7 ± 2,69 ^a	25,2 ± 2,59 ^{ab}	21,1 ± 1,61 ^{ab}
Maxim Star 1,0	38,0 ± 3,23 ^b	34,4 ± 2,74 ^{ab}	22,0 ± 2,11 ^b	18,4 ± 1,48 ^b
Maxim Star 1,0 + Fertigrain Start 1,0	31,5 ± 3,60 ^{bc}	32,6 ± 2,56 ^b	20,8 ± 2,55 ^b	18,7 ± 1,50 ^b

Erinevad tähed näitavad usutavaid erinevusi $p \leq 0,05$ (t-test) / Different letters showed the significant differences $p \leq 0,05$ (t-test)

Tabel 4. Suvinisu taimikut iseloomustavad näitajad (keskmine ± standardviga SE) põllutingimustes

Table 4. The indicators of the spring wheat stand formation (mean ± standard error SE) in field conditions

Puhis / Product	Taime kõrgus, cm / Height of plants, cm		Generatiivvõrsete arv, tk m ⁻¹ / Generative tillers, pcs m ⁻¹	
	'Specifik' 2013	'Uffo' 2014	'Specifik' 2013	'Uffo' 2014
Kontroll / Untreated	70 ± 0,8 ^b	109 ± 0,8 ^a	62 ± 4,8 ^{ab}	56 ± 2,6 ^a
Raykat Start 0,3	73 ± 0,9 ^a	108 ± 0,9 ^{ab}	67 ± 4,6 ^{ab}	52 ± 4,6 ^a
Fertigrain Start 1,0	71 ± 0,8 ^{ab}	108 ± 0,6 ^{ab}	74 ± 4,3 ^a	62 ± 4,5 ^a
Maxim Star 1,0	70 ± 0,5 ^b	107 ± 0,7 ^b	62 ± 3,3 ^b	61 ± 4,4 ^a
Maxim Star 1,0 + Fertigrain Start 1,0	69 ± 1,5 ^{ab}	107 ± 1,0 ^{ab}	68 ± 1,4 ^{ab}	64 ± 4,4 ^a

Erinevad tähed näitavad usutavaid erinevusi $p \leq 0,05$ (t-test) / Different letters showed the significant differences $p \leq 0,05$ (t-test)

Tabel 5. Suvinisu viljapea analüüsi tulemused (keskmine ± standardviga SE)

Table 5. The results of analyses of spring wheat ear (mean ± standard error SE)

Puhis / Product	Terade arv peas, tk		Terade kogumass peas, g		Ühe tera mass peas, g	
	'Specifik' 2013	'Uffo' 2014	'Specifik' 2013	'Uffo' 2014	'Specifik' 2013	'Uffo' 2014
Kontroll / Untreated	31,1 ± 1,47 ^a	39,5 ± 2,33 ^a	1,15 ± 0,065 ^a	1,43 ± 0,085 ^a	0,037 ± 0,0007 ^a	0,036 ± 0,0004 ^a
Raykat Start 0,3	33,0 ± 1,23 ^a	41,0 ± 1,78 ^a	1,20 ± 0,058 ^a	1,53 ± 0,075 ^a	0,036 ± 0,0006 ^a	0,037 ± 0,0002 ^a
Fertigrain Start 1,0	30,8 ± 0,63 ^a	40,0 ± 1,22 ^a	1,10 ± 0,041 ^a	1,45 ± 0,050 ^a	0,036 ± 0,0010 ^a	0,036 ± 0,0007 ^a
Maxim Star 1,0	33,3 ± 1,80 ^a	41,3 ± 1,03 ^a	1,18 ± 0,048 ^a	1,48 ± 0,025 ^a	0,035 ± 0,0005 ^a	0,036 ± 0,0009 ^a
Maxim Star 1,0 + Fertigrain Start 1,0	32,0 ± 0,41 ^a	42,5 ± 0,65 ^a	1,23 ± 0,048 ^a	1,50 ± 0,041 ^a	0,038 ± 0,0014 ^a	0,035 ± 0,0009 ^a

Erinevad tähed näitavad usutavaid erinevusi $p \leq 0,05$ (t-test) / Different letters showed the significant differences $p \leq 0,05$ (t-test)

On teada, et suurem generatiivvõrsete arv taimel võib vähendada terade massi, kuna taim ei suuda piisavalt fotosünteesida kõikide terade täisarenguks. Võrsumine mõjutab terade moodustumist ja saagipotentsiaali, kuna kultuurile sobiv kasvutihedus viib konkurentsi taimede arengus miinimumini (Wang jt, 2010). Ka liiga tihed taimik põhjustab nisutaimede konkurentsi toitainete ja valguse suhtes, mistõttu taime reproduktsioonivõime langeb ning osa teradest võivad jääda peenemaks, ei täitu lõpuni. Katses olnud mõlema biostimulaatori koostisse kuuluvad aminohapped, millega töötlemine suurendab Hammad ja Ali (2014) järgi nisu võrsumist, terade arvu viljapeas ja saaki, meie katses positiivset tulemust hilise sordi 'Uffo' saagipotentsiaalile ainult puhtimisega ei andnud. Keskmalmival sordil 'Specifik' suurenes veidi generatiivvõrsete arv, kuid see ei olnud statistiliselt usutav.

Kokkuvõte ja järeldused

Külvisemne puhtimine taime juurestikku alati ei suurenda. Juurdumine paranes hilisel sordil 'Uffo', sest antud sordi idanemisenergia oli kontrollvariandis tava-pärasest madalam. Mõlemal suvinisu sordil tera algarengus tõusme kasv pidurdus nii keemilise preparaadiga kui biostimulaatoriga puhtimisel. Seevastu ühe biopreparaadiga puhtimine suurendas taimede kõrguskasvu keskmalmival sordil, kuid see efekt ei ilmnud hilisel sordil. Puhtimisel biostimulaatori kasutamine koos fungitsiidiga võib taime arengule kaasa aidata nii, et ta suudab vastu panna keskkonnast tulenevatele mõjutustele. Kõige lühemaks jäid taimed hilise sordi keemilisel puhtimisel. Ainult puhtimise tulemusena nisu saagivõime ei suurenenud. Biopreparaadi kasutamine küll suurendas keskmalmiva sordi 'Specifik' generatiivvõrsete arvu, kuid see ei olnud statistiliselt usutav. Biostimulaatorite ja keemilise puhisega puhtimisel ei suurenenud kummagi sordi teised saagikomponendid (terade arv, terade kogumass peas)

Tänuavaldus

Uurimustööd toetas MAK meetme 1.7.1 rakendus-uuring "Toidu- ja tööstustarbelise teravilja sortimendi laiendamine ja sobivate kasvatustehnoloogiate täiustamine" ja Põllumeeste Ühistu Kevili.

Huvide konflikt / Conflict of interest

Autorid kinnitavad artikliga seotud huvide konflikti puudumist. *The authors declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.*

Autorite panus / Author contributions

Katsete korraldamine: MK, PS.
Katseandmete kogumine, analüüs, käsikirja kirjutamine, toimetamine: PS, TK.
Study design: MK, PS.
Sample collection and analysis, writing and editing of manuscript: PS, TK.

Kasutatud kirjandus

- Arioli, T., Mattner, S.W., Winberg, P.C. 2015. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future. – J. Appl. Physiol., 27:2007–2015.
- Bai, S., Chaney, W. 2001. Gibberellin synthesis inhibitors affect electron transport in plant mitochondria. – Plant Growth Regul., 35:257–262.
- Basak, A. 2008. Biostimulators – definition, classification and regulation. – In: Biostimulators in modern agriculture. General Aspects (Ed. H. Gavronska). Warsaw 2008, pp. 7–17.
- Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., Prithviraj, B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. – Sci Hortic-Amsterdam, 196:39–48.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. – Plant Soil, 383:3–41.
- Craigie, J.S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. – J. Appl. Physiol., 23:371–393.
- Duan, B., Jie, T., Xuebing, W. 2012. A Seaweed Fertilizer Based High Efficient Fertilization Technology on Open Field Crops – Wheat and Garlic in China. – Proceeding of the 1st World Congress on the use of Biostimulants in Agriculture, 26–29 November 2012, Strasbourg, France, p. 34.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. – Sci Hortic-Amsterdam, 196:3–14.
- European Biostimulants Industry Council, 2012. – <http://www.biostimulants.eu/>. Accessed on 25.03.2018
- Fisher, R.A. 1975. Yield potential of dwarf sprint wheat and the effect of shading. – Crop Sci., 15:607–614.
- Guiboileau, A., Joubert, J.-M. 2012. Seaweed extract used as plant nutrition and yield booster. – Proceeding of the 1st World Congress on the use of Biostimulants in Agriculture, 26–29 November 2012, Strasbourg, France, p. 36.
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., Yermiyahu, U. 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. – Advances in Agronomy (Ed. Sparks, D. L.), 129:141–174.
- Hammad, S.A., Ali, O.A. 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. – Ann. Agric. Sci., 59(1):133–145.
- International Rules for Seed Testing, 1996. The Germination Test – International Seed Testing Association (1996) – Seed Sci. Technol., 24:29–34.
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. – J. Plant Growth Regul., 28:386–399.
- Kumar, G., Sahoo, D. 2011. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of Triticum aestivum var. Pusa Gold. – J. Appl. Physiol., 23:251–255.

- Kumbhar, I., Kandhro, M.N., Dhiloo, K.H., Yaseen, M., Kumbhar, M.M., Veasar, R., Mastoi, S.M., Mastoi, P.M., Chandio, W.A., Lashari, I.A. 2017. Effect of seed soaking with fertigrain start (amino acid fertilizer) and irrigation levels on germination, growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.). – *IJAAR*, 11(6):79–91.
- Maciejewski, T., Szukala, J., Jarosz, A. 2007. Influence of biostimulator Asahi SL on qualitative tubes of potatoes. – *J. Res. Appl. Agr. Eng.*, 52(3):109–112.
- Mathre, D.E., Johnston, R.H., Grey, W.E. 2001. Small Grain Cereal Seed Treatment. – *The Plant Health Instructor*. doi: 10.1094/PHI-I-2001-1008-01.
- Meier, U. 2001. Growth stages on mono- and dicotyledonous plants. – *BBCB Monograph 2*. Federal Biological research Centre for Agriculture and Forestry, pp. 14–16.
- Michalski, T. 2008. Possibilities of maize production increase using non-conventional technologies. – *Biostimulators in modern agriculture. General Aspects* (Ed. H. Gavronska). Warsaw, pp. 30–53.
- Michalski, T., Bartos-Spychala, M., Maiejewski, T., Jarosz, A. 2008. Effect of biostimulator Asahi SL on cropping of maize grown for grain. – *Biostimulators in modern agriculture. Field Crops* (Ed. Z.T. Dabrowski). Warsaw, pp. 66–76.
- Miklić, V., Ovuka, J., Balalić, I., Hladni, N., Cvejić, S., Miladinov, Z., Jocić, S. 2016. Effect of biostimulators on seed quality, yield and oil content in sunflower. – 19th International Sunflower Conference, Edirne, Turkey, pp. 948–957. <https://www.researchgate.net/publication/304990346>. Accessed on 14.06.2018
- Miransari, M., Smith, D.L. 2014. Plant hormones and seed germination. Review. – *Environ Exp Bot*, 99:110–121. <https://pdfs.semanticscholar.org/4417/056b15977e8eff2c698b3f740bec9e369725.pdf>. Accessed on 14.06.2018
- Ogorek, R., Plaskowska, E., Skrobiszewski, A. 2011. The effect of Asahi SL Biostimulator on the growth of selected species of *Fusarium* on different culture media. – *Phytopathology*, 62:49–55.
- Pruszyński, S. 2008. Biostimulator in plant protection. – *Biostimulators in modern agriculture. General Aspects* (Ed. Gavronska, H.) Warsaw 2008, pp. 18–23.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. – *Ann. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol.*, 51:501–531.
- Wally, O.S.D., Critchley, A.T., Hiltz, D., Craigie, J.S., Han, X., Zaharia, L.I., Abrams, S.R., Prithiviraj, B. 2013. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in arabidopsis following treatment with commercial extract from the marine macroalga *ascophyllum nodosum*. – *J. Plant Growth Regul.*, 32(2):324–339.
- Wang, L., Chen, F., Zhang, F., Mi, G. 2010. Two strategies for achieving higher yield under phosphorus deficiency in winter wheat grain in field conditions. – *Field Crop Res.*, 118:36–42.

Effect of seed treatment with biostimulants and fungicide on development and yield potential of spring wheat

Pille Sooväli, Tiia Kangor, Mati Koppel
Estonian Crop Research Institute, J. Aamasepa 1, 48309,
Jõgeva, Estonia

Summary

The application of biostimulants and fungicide for seed treatment influence the wheat early development and growth of radicle.

The late maturing variety 'Uffo' root system increased for all treatments compared with medium maturing variety 'Specifik' due to the lower seed germination energy in control. The results showed that, depending on the variety, spraying with biostimulants can be accelerate, but also inhibit the roots development of seed. The most positively affected by the root length of variety 'Uffo' was biostimulant Fertigrain Start. All seed treatment products inhibited the roots development and growth of variety 'Specifik'.

Compared with untreated control, both the chemical and mixture using biostimulant seed treatments significantly reduced the shoot length of both varieties.

Compared with untreated control and seed treatment with Raykat Start increased significantly the plant height of variety 'Specifik' and seed treatment with Maxim Star decreased significantly the plant height of variety 'Uffo'.

All seed treatments had a little impact for the number of generative tillers however, in variety 'Specifik' was significantly more generative tillers with Fertigrain Start compared with Maxim Star.

There was no effect of biostimulant and fungicide seed treatments on total grain number and total grain weight per ear of spring wheat varieties.

Agraarteadus
1 * XXIX * 2018 63–68



Journal of Agricultural Science
1 * XXIX * 2018 63–68

SOIL BULK DENSITY AND PHYTOSANITARY CONDITIONS AT POTATO FIELD

Luule Tartlan¹, Edvin Nugis²

¹Estonian Research Institute of Agriculture, MTY, Teaduse 17a, 75501 Saku, Estonia

²Estonian Crop Research Institute, J. Aamisepa 1, 48309 Jõgeva, Estonia

Saabunud: 12.03.2018
Received: 12.03.2018
Aktsepteeritud: 18.05.2018
Accepted: 18.05.2018
Avaldatud veebis: 24.05.2018
Published online: 24.05.2018
Vastutav autor: Edvin Nugis
Corresponding author:
E-mail: edvin.nugis@mail.ee
Phone: +372 505 6211

Keywords: potato growing, soil bulk density, penetration resistance, soil water content, moulds, bacteria, Fusarium, phytosanitary conditions.

doi: 10.15159/jas.18.03

ABSTRACT. The aim of this paper is to present the microorganisms and their activities and soil bulk density. It is a fact that both have a great impact on soil fertility and its health status. Among the microorganisms in soil, the bacteria and fungi are the most important ones for potato cultivation; the bacteria living on the plant roots serve to uphold the nutrient intake of plants. Our previous research has shown that *Paenibacillus Polymyxa Rizobacter* fostered a better uptake of phosphorus and reduced drought stress. The potato experiments were conducted in a pH range of 5.4 to 5.9, so it was environmentally favourable for the development of soil fungi. It is well known that moulds have a well-developed filiform and a high spore production. We have found that if the genus *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Fusarium*, etc., has been left on the surface of the skin of potatoes then it will affect the disease. In 2010, the mould count remained within the range from $0.83 \cdot 10^5$ to $2.25 \cdot 10^5$. Also according to our assessments, an economic loss related to unfavourable soil bulk density for potato will occur if it is more than $1.25 \pm 0.07 \text{ Mg m}^{-3}$. At the same time, it should be noted that for the Estonian soil conditions, the accepted limit of penetration resistance is 1.0 MPa.

© 2018 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2018 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Introduction

Problems concerning soil phytosanitary conditions in Estonia were connected with lack of attention. We have found only one very interesting and deep investigation into the matter (Truu, 2008). At the same time, the soil bulk density has been investigated separately in great detail. In terms of the phytosanitary aspects, it is only the research by Marika Truu that has been carried out in a detailed manner. The author mentioned above has noted that soil microorganisms have a fundamental role in such complex systems by stabilizing soil particles, performing organic matter decomposition, and mediating nutrient cycling and energy; at that, Marika Truu (2008) has referred to Doran and Zeiss (2000). It is hard to disagree because microorganisms are playing a very important role not only in stabilizing soil particles but also in improving soil bulk density. Due to the fact that microorganisms are considered as sensible indicators (Bending *et al.*, 2004; Bossio *et al.*, 2005; Ratcliff *et al.*, 2006; Stark *et al.*, 2007; Deurer *et al.*, 2008), the soil bulk density plays not only the role as sensitive indicator of soil physical properties, but, at the

same time, it provides an easily understandable characteristic trait not only for agronomists, biologists, etc. but also for agricultural mechanics and engineers.

Relying on the aspects provided above, the objective of our investigations included: 1) to identify the soil physical properties and phytosanitary status of a potato field; 2) to find suitable ways for increasing the microbial activities and the total number of bacteria; 3) to explain the persistence of the pathogens in soil.

Materials and methods

The field experiments were carried out in 2007 (was as exploring), 2008, 2009, and 2010, and the subsequent tests with potato in 2008, 2009, 2010 and 2011. The potato field experiments have been established on the experimental field "Kõbuaed", at Saku, Harju County (preparing the potato field by traditional technology), as well as the industrial field No 4 of Mr. Kalle Hamburg farm at Ingliste, Rapla County (preparing the potato field by Scottish technology. This field was for us as pattern).

The plot size of the field "Kõbuaed" was 21 m² (total 63 m²), and the field No 4 at Ingliste –3.4 ha,

respectively. The number of repetitions was a three and the scheme of experiments was in series. The test varieties of potato was a very early variety "Elfe".

Fertilizer of potato at the field "Kõbuaed" was Cropcare 10-4-17 NPK 1000 kg ha⁻¹. Agronomic performance test area: pH 5.4–5.9; P 125–147 mg kg⁻¹; K 165–195 mg kg⁻¹; Ca 1890–2420 mg kg⁻¹; Mg 59–96 mg kg⁻¹; humus 2.7 %. The field experiments have been founded on luvi-humic gleysol (WRB) with loamy sand texture. Production experiments were carried out on Mr Kalle Hamburg's farm at Inglise on the calcareous loamy sand soil.

The overall physical conditions of the soil of the "Kõbuaed" were determined. For observation of soil water content was used the TDR (Eijkelkamp equipment), for penetration or cone resistance –hydraulic penetrometer "Alex", and for bulk density – Litvinov's ring kits. For measuring the profile of potato's furrow (Figure 1) we have used the special profilometer (designed by E. Nugis).



Figure 1. Profilometer for measuring the profile of potato's furrow (this picture represents the situation at the field at Inglise, in which the Scottish technology has been used).

For assessing the phytosanitary status we have taken the soil samples at "Kõbuaed" in the harvest period, *i.e.* every year of the trial period. These samples were analyzed in the laboratory of plant health and

microbiology of the Agricultural Research Centre by means of the following ISO standard methods: ISO 10390-94; EVS-EN 13040:2000; ICC nr 125 and 144; ICC nr 146 and TTML MB4. The soil phytosanitary status and pathogens are estimated by the moist chamber method with growing out the adherend and also cultivating at different adherents; also the Elisa test has been used. The total number of bacteria, count of mesophile of spore bacteria, mould and also the presence of *Fusarium* were determined. The determination of the weeds was based on the guide of EPPO (European Plant Protection Organisation) and requirements concerning a Good Experimental Practice (GEP). The fractional state of the potato tubers was set by the quadrangular fractionator. The tuber weight was measured and taken for the basis for the related estimations. The fractional state ranged between <28 mm and >70 mm.

The weather conditions during field experiments were typical for North part of Estonia (precipitations during vegetation period of potato in an average per month about 120 mm). The weather conditions for potato growth during trial periods are more favourable in the 2009 year than in 2008 and 2010 was more rainy years. In the year 2011 were the weather conditions analogous to the 2010 year.

The statistical estimation of data of the field experiments has been carrying out by t_{05} -criterion of Student.

Results

The soil bulk density in the different part of potato furrow changes greatly. More favourable level of bulk density is located in the centre of potato's furrow (Figure 2) and extends to a depth of 18–20 cm, whereas the flank and bottom of potato's furrow have different conditions.

The flank of the furrow is slightly more compacted, but since the soil of the "Kõbuaed" field is a relatively light one, then also its soil bulk density remains accordingly 1.06–1.25 Mg m⁻³. For the bottom of the furrow, the bulk density was significantly higher, resembling a pouch (Figure 2). The same pouch can be seen in the graph curves of the penetration or cone resistance (Figure 3).

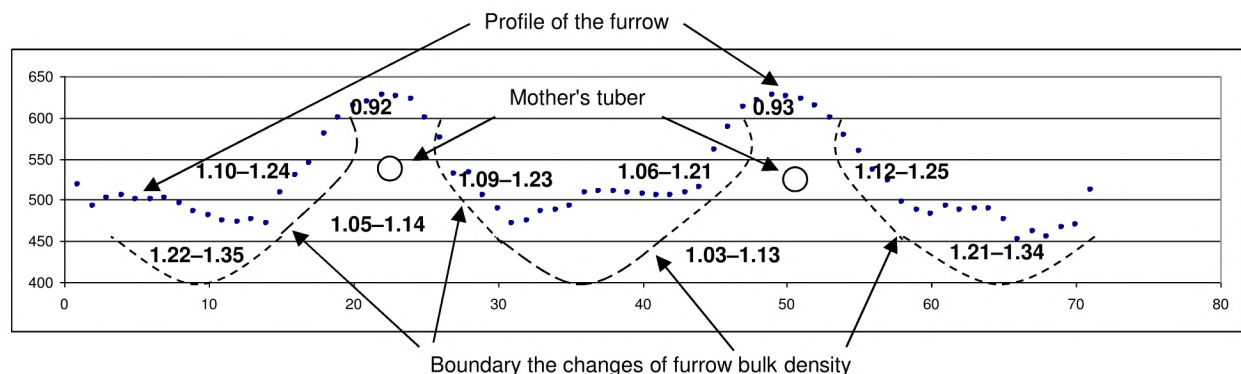


Figure 2. Soil bulk density in the experimental field "Kõbuaed" (average level Mg m⁻³) of the bottom, flank and ridge in the potato furrow (maximum LSD₀₅ = 0.07 Mg m⁻³).

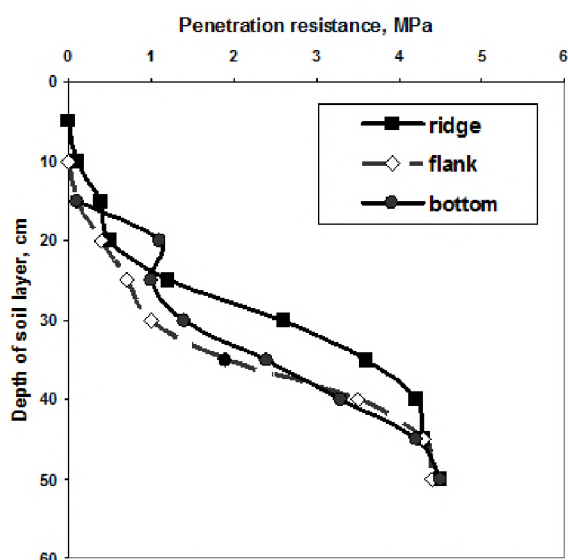


Figure 3. Soil penetration resistance in the experimental field "Köbuaed" related different part of potato furrows ($n = 11$, maximum $LSD_{05} = 0.31$ MPa; soil volume water content (%vol) $v/v = 17.6 \pm 0.9$)

In results of our investigations, we have found that the penetration resistance (Figure 3) varied in the depth of potato's seed tuber within 0.0–0.6 MPa ($LSD_{05} = 0.06$ MPa). In other words, LSD_{05} is significant at the probability level 0.06.

Penetration resistance proved to be higher in the bottom of furrows and remained in the range of 0.2–1.2 MPa ($LSD_{05} = 0.21$ MPa). For potato growing the permissible limit of cone resistance is 0.1 MPa, and the relevant bulk density -1.15 Mg m^{-3} .

With regard to the soil volume water content, this depends greatly on the years and the least of the potato growing technology. The soil volume water content for potato growing was more favourable in 2009 when the soil water content remained within 14.6–26.6 %vol ($LSD_{05} = 2.2$ %vol). Hereby, our opinion is that the

influence of weather conditions on soil physical properties was direct.

Interestingly enough, usually the total number of bacteria in the soil is depending on the agrotechnical aspects (Figure 4).

According to Figure 4, we have a most higher level of bacteria, fusarium and mould related spring barley 'Anni' trial, but inversely for the trial of spring rape 'Adios', we have had most lower results. The conditions for the development of soil bacteria is advantageous if the soil pH = 6.0 or more because that is exactly what is needed for neutral or alkaline growing conditions. The pH of the experimental field was lower, and, therefore, it was noticeable, but during the potato growing, there was a certain alignment of soil bacteria.

At the same time, it's very interesting to note that the mould count (Tartlan *et al.*, 2011) remained at the 2010th in the range of $0.83 \cdot 10^5$ to $2.25 \cdot 10^5$. Potatoes suffer from a large number of diseases, which can seriously reduce their yield especially in wet or unfavourable years, when the tubers may get infected (Table 1).

Table 1. Results of tubers skin infection with soil-inhabiting pathogens (for potato nest average = 1557 g; maximum $LSD_{05} = 363$ g)

No. of soil sample	The infection of soil-pathogens	Yield of potato nest, g
1	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Helminthosporium solani</i> <i>Streptomyces scabies</i>	847
2	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Streptomyces scabies</i>	1450
3	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Streptomyces scabies</i>	2000
4	<i>Rhizoctonia solani</i>	1800
5	<i>Fusarium</i> spp. <i>Streptomyces scabies</i> <i>Helminthosporium solani</i>	1600
6	<i>Fusarium</i> spp. <i>Alternaria solani</i>	1870
7	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Streptomyces scabies</i>	1330

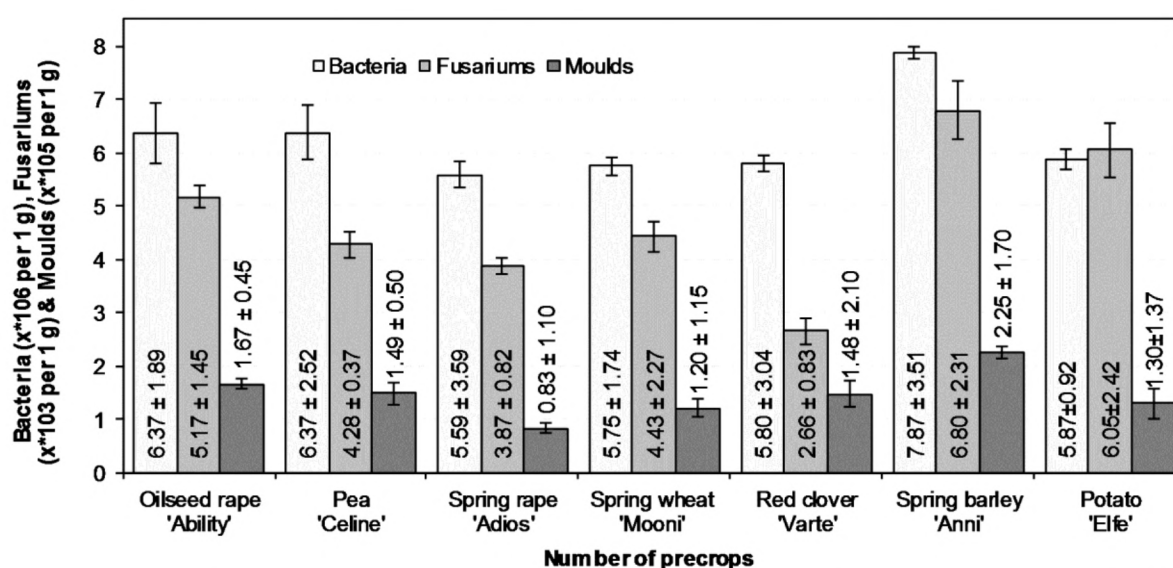


Figure 4. Bacteria, Fusariums and Moulds content ($\pm LSD_{05}$) in different soil samples of preceding crops at the field "Köbuaed" in Saku (sequence the trial plots of precrops at "Köbuaed" field the same with a number of precrops)

Discussion

According to the information in the literature (Nugis *et al.*, 2014), for us it is very important to note that the main characteristics for the soil physical properties are soil bulk density (Kadaja *et al.*, 2009; Nugis *et al.*, 2009). Also, it is possible to measure the soil cone resistance by penetrometer, whereby the bulk density could be characterized. We have identified that it is possible to measure the soil penetration resistance only when soil water contents within 0.7–0.9FC (FC – Field Capacity) or 11.0 (%g g⁻¹)–14.0(%g g⁻¹). However, these data we have had only for luvi-humic gleysol with loamy sand texture in the field "Kõbuaed".

It is an important fact that (Nugis *et al.*, 2014) there has been much discussion among the scientists on the topic as to how it would be possible to characterize the soil physical properties by penetrometer, because the soil cone resistance will depend generally on the soil moisture content. It is an incontrovertible fact that if the soil humidity is equal to the level of soil physical maturity, it will be possible to determine the soil bulk density by means of measuring the soil cone resistance. When cone resistance is being measured by the penetrometer, an average or high level of soil compaction could be assessed. "Many authors (Cubrinovski *et al.*, 2001; Botta *et al.*, 2010; Reintam *et al.*, 2009; Kuht *et al.*, 2012) indicated this opportunity" (Nugis *et al.*, 2014).

At the same time, we have found that in the case of bulk density, we have two alternatives for describing the soil bulk density through penetration or cone resistance; these include: exponential relationship $\gamma = 0.95e^{0.07k}$ and linear relationship $\gamma = 0.09k + 0.92$, where k –penetration or cone resistance (MPa) and γ –soil bulk density (Mg m⁻³). However, it should be noted that the equation of linear relationship is describing better the top soil layers and equation of exponential relationship – for subsoil layers.

In order to obtain new knowledge for higher quality potato growing for improving the quality and nutritional value of potatoes, the complex investigations have been carried out.

Concerning the soil phytosanitary conditions (Tartlan *et al.*, 2011) during the potato growing period, our complex research has shown that *Paenibacillus Polymyxa Rizobacter* fostered a better uptake of phosphorus and reduced drought stress.

General *Alternaria*, *Helminthosporium* and *Fusarium* *etc.* (Tartlan *et al.*, 2011) are the main moulds that affect the below-ground portions of potato plants. For us, it was also a very important fact that the tuber surfaces were infested by *Rhizoctonia solani*, *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Streptomyces scabies*, *etc.* Infestation of tubers showed that phytosanitary status of soil requires some improvement. In terms of food safety, it is crucial to reduce the surface contamination by pathogens.

The most important mould genus, affecting the potato disease resistance (Tartlan *et al.*, 2011), include *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Fusarium*, *etc.*

The potato experiments were conducted in a pH range of 5.4 to 5.9. It was a favourable environment for the development of soil fungi. Moulds at shallow layer need 20–21% of soil water content for the development moulds filiform and with high spore production.

To establish the necessary phytosanitary conditions for available potato growing (Table 1), the vernalization of seed potato is also important. This has also been pointed out by Stevenson *et al.* (2001), as he notes: "to minimize disease losses, the amount of soilborne and tuber-borne inoculum must be reduced. Crop rotation will reduce soilborne populations of *R solani* Ag-3". We have used also crop rotation, but the results are yet to be analysed.

The vernalization technology of seed potato has been widely used by the potato producers. In order to improve the cost-effectiveness, the vernalization technology has been improved by Kalle Hamburg, who transferred the vernalisation of seed potato into the closed meshed bags.

It should be noted that the vernalization will increase the fractional uniformity of yield, the optimum soil humidity, nutrients and disease resistance. To results of the research aimed at improving the external quality of potato tubers and reducing infection (Table 1, sample No 4) have been taken into practical use. It is also important to know that on neutral or alkaline soils, physiologically acidic fertilizers or sulphur are used to temporarily modify the soil nutrient solution.

Some authors (Lambert, Loria, 1989; Miyajima *et al.*, 1998) have written that "the fungus forms spores that persist in the soil and can survive there for several years, still being infective. After the attached soil may become contaminated with spores of this fungus and it can lead to an infection during storage". And it is said that "After storage of seed potatoes this fungus can be transferred to soil because spores are attached to the skin of the tubers". "Common scab incited by *Streptomyces scabies* is widely distributed across the world and causes marketable losses in potato production due to worse quality. Soil reaction and moisture are the most important factors affecting scab infection" (Lambert, Loria, 1989).

Concerning *Fusarium* author Stevenson *et al.* (2001) wrote a right (pp. 23–25) "the dry rot disease is caused by the fungus *Fusarium* infecting mainly stored tubers and seed tubers after planting. Soilborne inoculum is present on the surface of harvested tubers and contaminated equipment, infection occurs through wounds caused by mechanized harvesting and handling".

Finally, we suggest that the following aspects require some further investigations:

1. to specify the growth of modern diseases and food safety;
2. to specify infections with pathogens through the peel of potato;
3. to improve the preservation of potato for food and to examine the changes in its quality during the storing period;

4. to carry out a preservation trial to determine the vitamin C content in potato tubers;
5. to study the complex effects of new fertilizers and specification of the quality of potatoes during the growing season;
6. to provide the producers, by means of an online system, with the necessary information regarding the research results, including introduction, materials, methods, new approaches, and recommendations for an effective production.

Conclusions

The results of our investigations have shown that the method for determining (the first time in Saku) the soil bulk density and penetration resistance has helped to identify the potato growing conditions.

It is more appropriate to grow the potato tubers in the Estonian conditions of loamy sand luvi-humic gleysol if the penetration resistance <0.1 MPa and soil bulk density will not exceed 1.15 Mg m^{-3} . Actually, the soil bulk density was $0.92\text{--}1.13 \text{ Mg m}^{-3}$.

By selecting the precrops correctly, it will be possible to reduce the infection of potato yield with soil-inhabiting pathogens and to ensure a better health of the potato plants.

Acknowledgements

This paper is connected with the project "Methods for improving the quality and nutritional value of potatoes" (2007–2011) funded by the Ministry of Agriculture, Estonia. We are also grateful to the organisers of the international conference "Crop breeding and management for environmentally friendly farming: research results and achievements" marking the 100th anniversary of State Priekuli Plant Breeding Institute (4–6 of June 2013) for their support, and to Estonian Academic Agricultural Society particularly.

All of the above will depend on an effective cooperation. We have had a fruitful cooperation with the PA Talukartul and Eesti Kartul NPA, as well as small-scale producers from Võru and Harju County. In the field of plant protection and fertilisation, we have been cooperating closely with Baltic Agro Ltd.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

Author contributions

Study conception and design LT – 80%, EN – 20%.
 Acquisition of data LT – 80%, EN – 20%.
 Analysis and interpretation of data LT – 60%, EN – 40%.
 Drafting of the manuscript LT – 57%, EN – 43%.
 Critical revision and approved the final manuscript LT – 50%, EN – 50%.

References

- Bending, G.D., Turner, M.K., Rayns, F., Marx, M.-C., Wood, M. 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural managements regimes. – *Soil Biol. Biochem.*, 36:1785–1792.
- Bossio, D.A. Girvan, M.S., Verchot, L., Bullimore, J., Borelli, T., Albrecht, A., Scow, K.M., Ball, A.S., Pretty, J.N., Osborn, A.M. 2005. Soil microbial community response to land use change in an agricultural landscape of Western Kenya. – *Microb. Ecol.*, 49:50–62.
- Botta, G.F., Tolon-Becerra, A., Lastra-Bravo, X. Tourn, M. 2010. Tillage and traffic effect (planters and tractors) on soil compaction and soybean (*Glucine max* L.) yields in Argentinean pampas. – *Soil & Tillage Research*, 110:167–174.
- Cubrinovski, M., Ishikara, K. 2001. Correlation between penetration resistance and relative density of sandy soils. – *Proceedings of the 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Istanbul, Turkey, pp. 393–396.
- Deurer, M. Sivakumaran, S., Ralle, S., Vogeler, I., McIvor, I., Clothier, B., Green, S., Bachmann, J. 2008. A new method to quantify the impact of soil carbon management on biophysical soil properties: The example of two apple orchard systems in New Zealand. – *J. Environ. Qual.*, 37:915–924.
- Kadaja, J., Plakk, T., Saue, T., Nugis, E., Viil, P., Särekanno, M. 2009. Measurement of soil water and nutrients by its electrical properties. – *Acta Agriculture Scandinavica*, Section B, Plant Soil Science, 59:447–455.
- Kuht, J., Reintam, E., Edesi, L., Nugis, E. 2012. Influence of subsoil compaction on soil physical properties and on growing conditions of barley. *Agronomy Research*, 10(1–2):329–334.
- Lambert, D. H., Loria, R. 1989. *Streptomyces scabies*. – *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 39:387–393.
- Miyajima, K. F., Tanaka, T., Takeuchi, T., Kuninaga, S. 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 48:495–502.
- Nugis, E., Lüüs, L., Kuht, J. 2014. Results of express-diagnostics evaluation of soil basing on penetration resistance measuring. – *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture*, 64:15–24.
- Nugis, E., Tartlan, L., Simson, R. 2009. A certain results of study the soil structure related growing of preceding crops under the potato. – *Organizowana z okazji 20. dlia Szkoła Głowna Gospodarstwa Wieskiego w SGGW (Warsaw University of Life Sciences)*, 22.23. wrzesnia, pp. 88–89.
- Ratcliff, A. Busse, M. D., Shestak, C. J. 2006. Changes in microbial community structure following herbicide (glyphosate) addition to forest soils. – *Applic. Soil Ecol.*, 34:114–124.

- Reintam, E., Trükmann, K., Kuht, J., Nugis, E., Edesi, L., Astover, A., Noormets, M., Kauer, K., Krestein, K., Rannik, K. 2009. Soil compaction effects on soil bulk density and penetration resistance and growth of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). – Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil and Plant Science, 59(3):265–272.
- Stark, C., Condon, L.M., Stewart, A., Di, H.J., O'Callaghan, M. 2007. Influence of organic and mineral amendment on microbial soil properties and processes. – *Appl. Soil Ecol.*, 35:79–93.
- Stevenson, W.R., Loria, R., Franc, G.D., Weingartner, D. P. 2001. *Compendium of Potato Diseases*. (2nd ed.). – American Phytopathological Society: St. Paul, USA, pp. 16–36.
- Tartlan, L., Nugis, E. 2011. Soil structure and phytosanitary conditions depending of preceding crops at potato field. 24th NJF Congress and 2nd NFS Conference Food, Feed, Fuel and Fun, 14–16 June 2011. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, NJF Report, 7(3):197–197.
- Truu, M. 2008. Impact of land use on microbial communities in Estonian soils. Dissertation of the degree of PhD in environmental technology. University of Tartu, 57 pp.

AKADEEMILISE PÖLLUMAJANDUSE SELTSI 2017. AASTA TEGEVUSARUANNE

Mittetulundusühingu, Akadeemiline Põllumajanduse Selts, tegevuse eesmärk on kaasa aidata Eesti maaelu, põllumajanduse ning põllumajandus- ja keskkonnateaduste arengule. MTÜ liikmeteks on isikud, kes on tasunud sisseastumismaksu ning täidavad seltsi põhikirjast tulenevaid kohustusi. Seltsi asukohaks on Tartu linn. Selts on 1920. aastal Tartu Ülikooli juures asutatud Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi poolt algatatud tegevuse jätkaja.

MTÜ Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi tööd korraldab eestseisus (juhatus), kuhu kuulub 13 liiget. Seltsi tegevust suunab seltsi president PhD Marko Kass ja igapäevast asjaajamist korraldab sekretär pm-dr Heli Kiiman. Eestseisusesse kuuluvad tehnika-dr Arvo Leola, pm-knd Peep Piirsalu, pm-dr Maarika Alaru, pm-dr Ants Bender, pm-dr Merike Henno, pm-dr Toivo Univer, PhD Evelin Loit, pm-dr Enn Lauringson, pm-dr Alo Tänavots (Agraarteaduse peatoimetaja), PhD Matti Piirsalu, MSc Ell Vahtramäe ja PhD Marko Kass.

Seltsi ridades oli aruandeperioodi lõpul 224 liiget. Aktiivseid liikmeid on ligikaudu paarkümmend, mida võime järeltada nii tasutud liikmemaksude kui ka koosolekutel ning temaatilistel üritustel osalemiste alusel. Seltsi võeti 2017. aastal vastu kolm uut liiget (Tiit Rosenberg, Jaak Neerut, Tõnu Saarman). Seltsi liikmeskonnast arvati välja üks liige isikliku soovivalduse alusel. Seoses manalateele lahkumisega arvati liikmeskonnast välja kolm isikut.

2017. aastal toimus kolm seltsi eestseisuse koosolekut (üks e-koosolek) ja üks üldkoosolek. Eestseisuse koosolekute peamiseks teemaks on jätkuvalt seltsi tegevuste ja ürituste planeerimine. Aastakonverentsi ja suviste väljasõitude puhul arvestatakse jätkuvalt riigivanemate taludega. Arutati koostöövõimalusi osaleda Krahv Bergi nimelise innovatsioonipreemia loomisel. Preemiat annavad välja Eesti Rukki Selts, Sangaste vald ja Maaeluministeerium. Sõltuvalt antud organisatsioonide tegevusest planeerib selts oma järgnevad otsused. Aasta alguses tõusis meedias päevakajaliseks Eesti Taimekasvatuse Instituudi maakasutus ja seoses sellega arutati võimaliku seltsi eestseisuse poolse märgukirja saatmist kohalikule vallavalitsusele. Selts pidas lubamatuks ja ootamatuks erastada üle 100 ha katseteks kasutatavat põllupinda, teades, et katsealade mullastikule esitatavad nõuded on erilised. Katsepindade pikaajaline kasutamine on eelduseks tulemuste usutavusele ja nendest tehtavate järelduste väärtusele. Meedia aktiivse tegevuse tõttu erastamine peatati ja toetuskirja saatmine kaotas aktuaalsuse. Aasta viimasel eestseisuse koosolekul otsustati esitada Eesti Teaduste Akadeemiale ettepanek koostöölepingu sõlmimiseks, et Akadeemiline Põllumajanduse Selts võtta akadeemia assotsieerunud seltsi liikmeks. Eestseisus oli seisukohal, et seltsi tegevus ja eesmärgid on kooskõlas Eesti Teaduste Akadeemia tegevuse ja eesmärkidega. Lisaks otsustati alustada meie tegevuste tutvustamiseks sotsiaalmeedia-võrgustiku Facebook kasutamist, eesmärgiga reklaamida seltsi tegevusi seal, kus liigub noorteadlasi. Seltsi

teadusajakirja toimetus on FB kasutaja 2014. aasta septembrist ning hetkel jälgib lehte üle saja isiku üle maailma. Jätakuvalt pole lahenenud seltsi ruumi küsimus, raamatukogu on endiselt tehnikainstituudi ruumides. Eestseisusele teeb muret uute liikmete vähesus, kuigi uusi liikmeid on juurde tulnud. President ja seltsi sekretär osalevad jõudu mööda seltsiliikmete juubeliüritustel, et anda üle seltsi tänukirjad.

18. jaanuaril toimus K.E. von Baeri majas seltsi ettekanekoosolek, kus esines seltsi liige ja Eesti Taimekasvatuse Instituudi vanemteadur Peeter Viil teemal: "Uuendalikud taimekasvatustehnoloogiad ja nende evitamise tootmisse". Osales 20 seltsiliiget.

Veebruari alul kohtus seltsi president Eesti Põllumajandusmuuseumi direktoriga. Arutelu eesmärk oli ühiste ettevõtmiste läbi viimine. Plaanis korraldada ühiselt mahekonverentsi. Põgusalt käsitleti ka seltsi raamatukogu täbarat seisu.

22. veebruaril toimus Eesti Vabariigi 99. aastapäevale pühendatud kontsert-aktus K.E. von Baeri majas. Kaitseliidu Tartu maleva Elva malevkonna pealik Marko Tiirmaa pidas ettekande teemal "Laiapindne riigi- ja kodanikukaitse üksikisiku tasandil".

19. aprillil otsustas riikliku programmi "Eestikeelse terminoloogia programm 2013–2017" juhtkomitee toetada seltsi loomakasvatusalase terminoloogia toimkonna tööd (esimees Peep Piirsalu).

18. mail toimus seltsi ning Eesti Maaülikooli Mahekeskuse ja Eesti Põllumajandusmuuseumi koostöös konverents "Riigimeeste talud – Jaan Tõnissoni talu Eerikal". Teaduslike ettekannetega esinesid Tartu Ülikooli ajaloodoktor Agu Pajur teemal "Tõnisson riigimehena", maaülikooli professor Kadri Karp teemal "Jaan Tõnisson ja Eesti aiandus", maaülikooli lektor põllumajandusdoktor Kadri Just teemal "Begomovii-ruste infektsioon tomati viljas" ja maaülikooli Mahekeskuse juhataja Elen Peetsmann, kes kõneles teemal "Eesti Maaülikooli Mahekeskuse tegemised Tõnissonide majas Eerikal". Päeva teises pooles sõideti Eerikale Mahekeskusesse, kus professor Anne Luik ning keskuse juhataja Elen Peetsmann tegid ringkäigu Tõnissonide majas ja aias. Ringkäigu järel toimus seltsi aastakoosolek, kus seltsi president dotsent Marko Kass esitas tegevusaruande ning vastas seltsiliikmete küsimustele. Agraarteaduse peatoimetaja Alo Tänavots tegi ülevaate ajakirja tegevusest. Revisjonikomisjoni aruande esitas pm-mag Avo Toomsoo. Üldkoosolek kinnitas revisjonikomisjoni aruande. Osales 32 liiget.

24. augustil toimus traditsiooniline seltsi suvine väljasõit Viljandimaale. Uudistati Harri Poomi aiandustalu ning alpade kasvatusega tegelevat Pärdi talu. Pidulik lõuna toimus Olustvere mõisas. Seejärel asetamise lilled ja küünla Jaan Tõnissoni sünnitalu õuele Tänavassilmal. Suvisel väljasõidul osales 19 inimest.

31. oktoobril osales seltsi president Eesti Teaduste Akadeemia korraldatud seltside päeval TÜ Omicumis.

5. novembril tähistas Akadeemiline Põllumajanduse Seltsi (Akadeemiline Põllumajanduslik Selts) oma 97. aastapäeva.

22. novembril toimus maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi raamatukogus seltsi ajaloo päev "Professor Elmar Halleri sünnist 110 aastat". Pärast seltsi presidendi avasõnu said sõna seltsikaaslane Jaan Kuht teemal "Meenutusi professor Elmar Hallerist", Lembit Karu Eesti Põllumajandusmuuseumist teemal "Materjale professor Elmar Halleri kohta Eesti Põllumajandusmuuseumi kogudes" ja professor Halleri poeg Kristjan Haller, kes emotsionaalses ja videomaterjalidega rikastatud ettekandes "Avaldamata lugusid isast" võttis kokku olulisemad hetked suure teadlase elust. Osales 23 inimest.

1. detsembril esitas seltsi president vastavalt Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi üldkoosoleku ettepanekule ja eestseisuse otsusele kirjaliku avalduse Eesti Teaduste Akadeemia presidendile ja peasekretärile sooviga võtta selts teadusseltsina akadeemia assotsieerunud liikmeks.

13. detsembril toimus seltsi aastalõpukoosviibimine Eesti Taimikasvatuse Instituudis Jõgeval. Pidulik õhtusöök presidendi aastalõputervituse ja seltsiliikmete sõnavõttudega toimus Laisholm Pubis. Seltsi president algatas uue traditsiooni, seades sisse presidendi rändkarika tiitliga Aasta Tegija, mille pälvis olulise panuse eest seltsi teadusajakirja edendamise ja veebikeskkondade arendamise eest Alo Tänavots. Osales 28 seltsiliiget.

15. detsembril kohtusid seltsi president Marko Kass ja Agraarteaduse peatoimetaja Alo Tänavots Eesti Teaduste Akadeemia Tartu esinduses akadeemia peasekretäri akadeemik Jaak Järve ja esinduse juhataja Ülle Sirgiga. Seltsi esindajad andsid ülevaate senisest tegevusest, seltsi rollist ja tagamaadest liitumaks akadeemiaga.

20. detsembril saatis eestseisus kogu seltsi nimel õnnesoovid ja tervitused seltsiliikmele, akadeemik Hans Küütsile tema 85. juubelil.

2017. aastal andis seltsi teadusajakirja Agraarteadus / Journal of Agricultural Science toimetuse välja kaks numbrit. Toimetusse kuuluvad Maarika Alaru, Ants-

Hannes Viira, Toomas Orro, Evelin Loit, Oliver Sada, Tanel Kaart ja Marko Kass, peatoimetaja on Alo Tänavots. Kaasati uusi liikmeid rahvusvahelise toimetuskolleegiumisse. Tehniline toimetaja on Irje Nutt. Ajakiri on kättesaadav nii paberil kui veebis. Facebooki konto abil toimub samuti ajakirja info edastamine. Paberikandjal tellivad ajakirja suuremate ülikoolide raamatukogud, rahvusraamatukogu ja üksiktelijad. Koostöös Eesti Maaülikooli raamatukoguga on alates 2017. aastast ilmutatud artiklid varustatud DOI-numbriga. Ajakirja peatoimetaja esitas 5.07. taotluse Scopus andmebaasi saamiseks. Juunis ilmutuv Agraarteaduse pühendati professor Ülo Ollile.

Selts liitus Miljon+ programmiga, et toetada ideed koostada miljon eestikeelset Vikipeedia artiklit aastaks 2020. Selts seadis eesmärgiks anda oma panuse, koostades veebiartikleid seltsi sündmuste, tegevuste ja liikmete kohta. Programmist leiab ülevaate selle kodulehelt.

Selts on toetajapartner üleeuroopalisele, Euroopa Liidu LIFE programmist kaasrahastatavale projektile AgriAdapt, mille eesmärk on näidata, kuidas jätkusuutlikud kohanemismeetmed aitavad muuta loomakasvatuse- ja taimikasvatuse tegevõtteid ning püskikultuuride viljelejaid kliimamuutuste mõjude suhtes kohanemisevõimelisemaks. Nimetatud projekt viiakse läbi kooskõlastatult neljas peamises EU kliimarisiki piirkonnas: Lõuna-Euroopas, Lääne-Euroopas, Kesk-Euroopas ja Põhja-Euroopas.

Jätkuvalt tegutseb seltsi loomakasvatusalane oskussõnade toimikond koos seltsi aupresident prof Olev Saveli, seltsi asepresident dots Peep Piirsalu, prof Olav Kärt ja seltsi eestseisuse liige Alo Tänavots.

Seltsi peamised sissetulekuallikateks on endiselt liikmemaksud ja annetused. Ühekordsete toetustega on seltsi ajakirja Agraarteaduse väljaandmist rahastanud Eesti Maaülikool. Seltsil palgalisi ametikohti ei ole. Võlgnevusi seltsil pole.

Presidendi tegevusaruanne seltsi aastakoosolekul 2018.

Marko Kass, president
Heli Kiiman, sekretär

JUUBELID JA JUUBELIOOTUS

Tänavune aasta on olnud omamoodi juubelirohke. Alustades sellest, et meie armas Eesti riik tähistab oma 100. juubelit, kuni selleni välja, et 170 aastat möödub veterinaarhariduse andmise algusest Tartus. Juubelit tähistavad ka seltsikaaslastest põllumajandusteaduse suured nimed – 80 eluaastat täitus nii loomaarstiteadlase ja loomahügieeni emeriitprofessoril Jaan Praksil kui agrotehnikateadlase ja leiutajal Edvin Nugisel, söötmisteaduse ja toitumisfüsioloogia emeriitprofessor Olav Kärt sai 70, suure juubelini jõudis ka endine õppejõud ja maaülikooli õppeosakonna juhataja Anne Lüpsik, lamba- ja kitsekasvatuse dotsent Peep Piirsalu tähistab 60 juubelit. 10. mail aga tähistas oma 90. juubelit alati vitaalne ja heatahtlik president ja seltsi auliige Arnold Rüütel. Juubelit jääb meenutama hr Rüütli kingitud viirpihlakas, mis loodetavasti kasvab nüüd tema koduvärvavas olles ühtlasi selle kaitsjaks ja hoidjaks nagu vanarahvas teab rääkida.

Aga kui vaatame tulevikku, siis tähistamisväärseid juubeleid on tulemas ridamisi. Tuleval aastal täitub 100. aastat põllumajandusteaduskonna rajamisest emakeelses Tartu Ülikoolis. Seega on peagi jagatud sajandi

jagu eestikeelset kõrgharidust loomakasvatases, agroomias ja metsanduses.

Mägede taga pole ka Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi esimese saja täitumine. Nimelt mõned kuud rohkem kui kahe aasta pärast tähistab selts oma 100. juubelit. Viimasel seltsi eestseisuse koosolekul lepiti kokku, et juubeli korraldustoimkonda veab seltsi president ning juubeliraamatu kokku panemise eest vastutab Agraarteaduse peatoimetaja pm-dr Alo Tänavots. Seega üleskutse kõigile seltsiliikmetele – tulge nõu ja jõuga appi, et 2020. aastal tähistada suurejooneliselt meie seltsi sajandat juubelit.

Kõige selle juubelimelu kõrval tõstaks esile aga uudist sellest kevadest kui seltsi aastakoosolekul Jõgeval andsime aktiivsele seltsikaaslasele, põllumajandusdoktorile Ants Benderile üle Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi auliikme nimetuse. Õnnitluse Antsule ja teguderohket teadlase teekonna jätku!

Uute juubeliteni!

Marko Kass, seltsi president

ANTS BENDER VALITI APSi AULIIMEKS



Põllumajandusteadlane ja sordiaretaja pm-dr Ants Bender lõpetas Eesti Põllumajanduse Akadeemia 1971 agronoomina ja 1979 patenoloogina Moskva Patendiinstituudi Tallinna filiaali.

Ta on olnud 1976–1977 Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi kultuurrohmaade osakonna nooremteadur, 1977–1981 Tooma katsebaasi juhataja, 1981–1986 Jõgeva Sordiaretusinstituudi aretusosakonna juhataja. Juhtinud heintaimede aretust ja seemnekasvatust. Uurinud muru agrotehnikat, lutsernisortide bioloogiat,

talvekindlust, saagivõimet ja saagi kvaliteeti, looduslike lutsernivormide aretuslikku väärtust ning punast ristikut, sh polüploidiseerimise mõju punasele ristikule. Hübriidlutserni karjamaasortide 'Karlu' ja 'Juurlu' autoreid ning Eestis tunnustatud muruspetsialist.

Ants Bender on kuulunud seltsi eestseisusesse alates 1998. aastast. Teisisõnu on ta olnud kõigi seltsi taastamisjärgsete presidentide (kokku viis) juhitud eestseisustes. Ta on avaldanud seltsi ajakirjas "Agraarteadus" kümneid teadusartikleid ning arvukalt meenutusi ja juubeliõnnitlusi kolleegide kohta. Kuulub ka ajakirja toimetuskolleegiumisse. Teda iseloomustab suur töövõime, kohusetunne ja heatahtlikkus.

Õnnitlused ja edu edasises teadustöös!

Rein Viiralt

NIKOLAI KOSLOV – 90



Käesoleva aasta 6. aprillil jõudis oma elutee austusväärse 90. verstapostini EMÜ veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi veterinaarse bio- ja populatsioonimeditsiini õppetooli emeritprofessor, veterinaariadoktor Nikolai Koslov.

Järvamaal taluperes sündinud ja juba varajases noorukes eas maatööde ja loomadega kokku puutunud noormehe haridustee loomulikuks jätkuks sai pärast Tallinna I Keskkooli lõpetamist tollase EPA veterinaariateaduskond, mille ta lõpetas 1954. aastal *cum laude*.

Värske loomaarst suunati tööle Ahja Masina-Traktori jaama vanemveterinaararstiks. Samal ajal töötas ta kohakaasluse alusel ka Ahja veterinaarjaoskonna juhatajana. 1955. aastal asus ta tööle EPA patoloogilise anatoomia ja parasitoloogia kateedrisse, alguses vanemlaborandina, hiljem assistendi ja aspirandina.

1962. aastal kaitses juubilar Eesti Teaduste Akadeemia bioloogia nõukogus edukalt väitekirja hanede aspergilloosi teemal ja talle omistati kõrgema atestatsiooninõukogu otsusega bioloogiategaduste kandidaadi teaduskraad. 1960. aastal kutsuti ta eduka noore ja organiseerimisvõimelise spetsialistina tööle tolleaegse ENSV Ministrite Nõukogu Riikliku Kõrgema ja Keskerihariduse Komiteesse. Nimetatud asutuses töötas juubilar 1965. aastani vaneminspektorina, kureerides algul EPA, hiljem ka TRÜ õppe- ja teadustööd. 1965. aastal määrati N. Koslov EPA teadusprorektoriks, kellena ta töötas 1977. aastani. 1977. aasta algul kinnitati ta EPA rektori kohusetäitjaks ning hiljem samal aastal EPA rektoriks. 1988. aastal lahkus ta rektori ametikohalt omal soovil seoses 60. eluaasta täitumisega ja sooviga edaspidi täielikult pühenduda teadus- ja õppetööle.

Suurele prorektori ja rektori administratiivtöö koormusele vaatamata leidis N. Koslov aega nii õppetööks kui ka intensiivseks teadustööks sigade mükobakteriooside alal. Esmakordselt meie vabariigi tingimustes määras ta sigadel mükobakterioose põhjustavate mükobakterite *Avium-intracellulare* kompleksi liigid ja serotüübid. Tema algatusel ja aktiivsel osalusel loodi EPA veterinaariateaduskonna juurde katselauda ja uurimislaboratooriumiga mükobakteriooside uurimise

töörühm. Mahuka teadustöö tulemusena valmis juubilaril doktoriväitekiri mükobakterioosidest tingitud haiguslikest muutustest sigadel, mille ta 1984. aastal Moskvas Üleliidulises Eksperimentaalse Veterinaaria Instituudi teadusnõukogus edukalt kaitses. Samal aastal kinnitas tollane üleliiduline kõrgem atestatsioonikomisjon ka N. Koslovile omistatud veterinaariadoktori teaduskraadi. 1985. aastal omistati juubilarile ka professori kutse.

Mükobakteriooside uurimist jätkas juubilar koostöös kolleegidega TÜ kopsukliiniku mükobakterioloogia laboratooriumist ja mikrobioloogia kateedrist. Ta koostas ka Eesti Vabariigi loomade tuberkuloositõrje juhendi (1996). Uurides vasikate karjast väljalangemise põhjusi, pööras ta esmakordselt meie vabariigis tähelepanu klamüdioosi esinemise võimalikkusele veisekarjades. Ta tõestas, et klamüdioos võib suures osas olla surnultsündinud ja elujõuetute vasikate hukkumise põhjuseks. N. Koslov on selgitanud, et vasikate nakatumine klamüdioosi võib toimuda juba embrüonaalses eas (prenataalne klamüdioos). N. Koslov on avaldanud hulgaliselt teadustöid ka mikrobioloogia, epizootoloogia ja veterinaarmeditsiini ajaloo vallas. Ta on uurinud ja avaldanud artikleid tuberkuloosi profülaktikast ja diagnoosimisest, vasikate suremuse põhjustest ja klamüdioosi levikust Eesti veisekarjades. Prof Koslov emeriteerus 1995. aastal. Rektorina töötades pööras N. Koslov suurt tähelepanu tollase EPA materiaalse baasi tugevdamisele. Suuresti tänu tema initsiatiivile ja järjekindlusele sai võimalikuks tollase loomaarstiteaduskonna uue hoonekompleksi ehitamine Tähtverre ja lõpuks teaduskonna sinna kolimine. Oluline oli tema toetus ka leukoosi ja lindude haiguste uurimislaboratooriumite rajamisele ning kontaktide loomisel Soome ja naabervabariikide veterinaarõppeasutustega. 2013. aastal tunnistati ta Eesti Loomaarstide Ühingu elutööpreemia laureaadiks. Inimesena on emeritprofessor N. Koslov meeldiv kolleeg – väga tasakaalukas, sõbralik ja abivalmis. Oma töös ja toimetamistes on ta järjekindel, nõudlik nii enese kui kolleegide suhtes.

Soovime juubilarile kolleegide ja sõprade poolt jõudu, tervist ning jätkuvat optimistlikku ellusuhtumist.

EMÜ veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi kolleegide nimel

Tõnu Järveots

EDVIN NUGIS – 80



Edvin Nugis sündis 20. aprillil 1938. aastal Sulevi külas Gagra rajoonis, Abhaasias (mis kuulus Gruusia koosseisu) väljarännanud eestlaste perekonnas. 1946. aastal alustas ta kooliteed Sulevi 4-klassilises algkoolis. 1948. aastal saabus ta koos emaga Eestisse Tallinna, kus jätkas õpinguid

Tallinna 21. keskkooli kolmandas klassis. Sealjuures tuli venekeelsest õppekeskkonnast eestikeelsesse ümber kohanduda. Seejärel tuli vanemate tahtel rännata uuesti tagasi Abhaasiasse, Sulevi küla naabruses asuvasse samuti väljarännanud eestlaste Salme külla, kus tuli jätkata õpinguid 8-klassilise kooli viiendas klassis, kus õppekeeleks oli jällegi vene keel ning tuli õppida ka gruusia keelt. Seejärel asus E. Nugis edasi õppima Vene Föderatsiooni poolel asuvasse Adleri 38 keskkooli. Selle kooli lõpetamise järel 1957. aastal võeti E. Nugis armeeteenistusse. 1960. a juulikuus pärast ennetähtaegset demobiliseerimist sooritas ta edukalt sisseastumiseksamid põllumajanduse mehhaniseerimise erialale Eesti Põllumajanduse Akadeemiasse vene õppekeelega osakonda. Ühine kunstihuvi viis Edvin Nugise kokku tuntud Eesti mullateadlase Alfred Lillema tütre Maiega, kes samal ajal õppis TRÜ-s. Järgnes nende abiellumine.

Pärast EPA lõpetamist 1965. aastal suunati E. Nugis tööle Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi (EMMTUI) mehhaniseerimise osakonda algul insener-konstruktori, hiljem insenerkatsetaja ametikohale. Töö oli vastutusrikas ja samas tulevikusuundade suhtes huvitav. Nii tekkis tal huvi teaduse ja kraadiõppe järele ning juba 1987. aasta sügiseks oli tal tehnikaalase teadustöö kõrvalt sooritatud kaks kandidaadi miinimumi eksamit (filosoofia ja inglise keel). Pärast sisseastumise erialaeksami (põllutöömashinade teooria) edukat sooritamist võeti 1968. aastal E. Nugis vastu aspirantuuri kaugõppe osakonda Leningradi lähedal Puškinis asuvasse Loode Põllumajanduse Mehhaniseerimise ja Elektrifitseerimise TU Instituuti. Nelja aasta möödudes valmis prof M.G. Doganovski juhendamisel kandidaaditöö teemal "Uudismaa võsaadra ribihõlma töö uurimine". Töö kaitsmine toimus 1972. a Leedu Põllumajanduse Akadeemias Kaunases. 1973. aastast on E. Nugis tehnika-kandidaat (PhD Eng). Seejärel hakkas Edvin Nugis koos mõttekaaslaste grupiga EMMTUIs komplekselt uurima põllul töötavate raskete masinate tõttu muldade liigtihenemise põhjusi ja selle negatiivsete tagajärgede vältimise võimalusi. Katsete tulemustest koorus välja edaspidine uurimissuund, millega seoses tuli ka Riiklikult Teaduse ja Tehnika Komiteelt Eestile vajalik finantseering. E. Nugis valiti selle koordineerimiskomitee liikmeks. Komitee hakkas koordineerima

mulla tallamisega seotud uuringuid kogu N. Liidu ulatuses. Mulla masindegradatsiooni mõju selgitamiseks leiti ka mulla tallamisele kõige tundlikum taim, milleks sai kartul. Probleem hakkas haakuma kartuli reavahelaiusega, kartulipesade kasvukeskkonna optimeerimisega, vaopõhjade kobestamisega, muude kultuuride viljelemisega kuni tehnoradade kasutamiseni välja. Saabus aeg mõelda doktorikraadi peale ja EMMTUI Teadusnõukogu otsustas suunata E. Nugise doktorantuuri. Tänu paljude kolleegide kaasabile valmis tal 1987. a doktoritöö teemal: "Mulla optimaalse füüsikalise seisundi tagamine erisügavuslikuks mullaharimiseks ette nähtud tehniliste vahendite ratsionaalse kasutamise kaudu (Eesti NSV näitel)". Töö kaitses ta 1988. a lõpus Minskis, Mittermustmulla Mehhaniseerimise ja Elektrifitseerimise TU Keskinstituudis. Üleliidulise Kõrgema Atesteerimise Komisjoni poolt omistati E. Nugisele 1989. a tehnikateaduste doktori kraad.

Doktorantuuris oleku ajal sai alguse ka tema leiutus-tegevus, mille vältel omistati E. Nugisele viis autoritunnistust. Aktiivne leiundustegevus leidis tunnustust tolle aja valitsuse poolt ja aastal 1986. a omistati talle teenelise leiutaja aunimetus. 1996–2007 aastatel oli ta Eesti Leiutajate Liidu eesotsas ja aastatel 2003–2008 oli ta ka IFIA (International Federation of Inventors' Associations) täitevkomitee liige. Seisuga 1. jaanuar. 2018 on Edvin Nugise poolt koos kaasautoritega kaitstud 20 patenti ja 3 kasulikku mudelit. Sealjuures on ta ka ise õpetanud mitme kõrgkooli tudengitele patendindust ja sellega seotud asjaajamisi leiutiste taotluste Patendiametile esitamiseks. Ajavahemikul 1996–2007 oli ta ka Eesti Leiutajate Liidu president.

Kaukaaslase temperamendile omase tarmukusega asus ta mitmesuguste muude tegevuste kallale. Edvin Nugise huvide ring on üsna lai. Peale kunstiharrastuse oli ta Eesti Kinoliidu aktiivi liige. Ta on kahe filmi ("Ärge tapke vihmaussi"; "Narri põldu...") stsenaariumi kaasautor ja oli põllumajandustehnikaga seotud J. Müüri ja E. Säde tuntud dokfilmide konsultant. E. Nugis on palju energiat ja jõudu kulutanud Eesti kündjate tulemuslikuks esinemiseks künnivõistlustel. Juhendas võistlejaid, oli Kehtnas vabariiklike künnivõistluste peakohtunik ja rahvusvaheliselt VMN-i liikmesriikide künnivõistluste kohtunik. Eesti künnivõistkond oli kolmel korral (1977., 1986. ja 1988. a) kroonitud N. Liidu meistriks.

Ühiskondlik-poliitilises elus oli E. Nugis samuti aktiivne. Ta oli Liidueestlaste (nüüdse Idaeestlaste) kultuuriseltsi esimees (1988–1990), Eesti Kongressi liige ja selle Majanduskogu esimees, Keila valla abivallavanem (1964–1965) ning oli eelmise koosseisu Põhja-Tallinna halduskogu liige.

Tema tegude sfääri mahub ka rahvusvaheline tegevus. Edvin Nugis on viiel korral korraldanud rahvusvahelisi konverentse ja sümposiume koos nende materjalide publikatsioonide toimetamisega (Rahvusvaheline konverents "Soil Compaction and Soil Management" (1992); rahvusvaheline sümposioon

"Land and Soil Protection: Ecological and Economic Consequences" (1994); rahvusvaheline sümposium "Sustainable Agricultural Development and Rehabilitation" (1996); rahvusvaheline konverents "Modern Ways of Soil Tillage and Assessment of Soil Compaction and Seedbed Quality Preparation" (2001); rahvusvaheline konverents "Risks in Agriculture: Environmental and Economic Consequences" (2010). Aastatel 1999–2001 oli ta Euroopa Liidu projekti "Mulla aluskihi tihenemine" INCO-COPERNICUS Concerted Action töögrupi WG3 juht.

E. Nugis on rahvusvahelise mullaharimise organisatsiooni ISTRO (Soil Tillage Research Organisation) liige ja selle Eesti tütarorganisatsiooni (ISTRO-EHO) asutajaliige ja president (1996–2015) ning aastatel 2000–2003 ISTRO Balti riikide osakonna president. Ta

on samuti ka NJF (Nordic Association of Agricultural Scientists) ja Eesti Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi liige. Alates 1982. aastast on ka rahvusvahelise mulla-uurijate seltsi (IUSS) liige ja osales ka selle organisatsiooni New-Delhi ja Kyoto kongressidel. E. Nugis on esinenud suuliste ettekannetega arvukatel erialastel teaduskonverentsidel välismaal, sh USAs, Austraalias, Venemaal, Poolas jm.

Edvin Nugise intensiivse teadustöö tulemusena on koos kolleegidega avaldatud 225 teaduslikku artiklit eesti, vene, inglise, saksa ja poola keeles ning üks raamat eesti keeles. 2005. aastal autasustati Edvin Nugist Riigivapi viienda klassi teenetemärgiga.

Jaan Kuht

VIIVE ROSENBERG – 75



Käesoleva aasta veebruaris jõudis väärilise verstapostini tunnustatud teadlane, õpetaja ja hea kolleeg – alati aktiivne ja tegus Viive Rosenberg.

Viive Rosenberg (Aadusoo) sündis 12. veebruaril 1943. aastal Kambja vallas Pulli külas Laane talus. Alghariduse sai ta Kambja 7-klassilises koolis, sealt edasi viis koolitsee Antsla Põllumajandusteh-

nikumi ja aastal 1961 Eesti Põllumajanduse Akadeemia agronoomiateaduskonda.

Pärast kõrgkooli lõpetamist 1966. aastal, asus Viive Rosenberg elama Sakku ja tööle Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi taimekaitse osakonda nooremteadurina. Samast ajast sai alguse tema teaduslik tegevus taimsete koekultuuride alal. Aastatel 1970–1972 läbis ta aspirantuuri ning 1980. aastal kaitses Valgevene Puuviljanduse ja Kartulikasvatuse TUI-s edukalt põllumajandusteaduste kandidaadi väitekirja teemal "Tegurid, mis mõjutavad kartuli tervendamist mosaiigiviirustest meristeemmetodil".

Väitekirja valmimise perioodil tekkis Viivel omanõulise kartuli tervendamise labori rajamise idee, mille elluviimiseks kulus kümnekond aastat ränka tööd. 1987. aastal alustas spetsiaalselt selleks rajatud hoonekompleksis tööd Eesti Taimbiotehnika Uurimiskeskus EVIKA (Eesti viirusvaba kartul ja aiakultuurid), mida ta aastaid direktorina ka ise juhtis.

Viive Rosenberg on Eesti taimbiotehnoloogia-alase uurimistöö alusepanija. Teadustöö raames on ta põhjalikult uurinud ja edukalt rakendanud termoteraapia- ja meristeemmetodit kartuli ja aiataimede tervendamisel, mikroklonimist taimede paljundamisel ning istutusmaterjali kasvatamisel, pannud aluse Eestis taimede geneetiliste ressursside säilitamisele *in vitro*. Olulisel kohal tema tegemistes on alati olnud oma ideede ja teadustöö tulemuste innukas tutvustamine ning kartuli kasvatamise ja kasutamise propageerimine.

Ajavahemikus 1989–2017 juhtis Viive kahte Haridus- ja Teadusministeeriumi sihtfinantseeritavat teemat, kolme Eesti Teadusfondi granti, mitut Maaeluministeeriumi rakendusuringut, oli kolme Ettevõtluse

Arendamise Sihtasutuse projekti põhitäitjaks ja ühe Keskkonnainvesteeringute Keskuse projekti vastutavaks täitjaks.

Aastate jooksul on Viive Rosenberg avaldanud ligi 300 teaduslikku ja populaarteaduslikku artiklit, 1994. aastal ilmus raamat "Aastaring kartuliga", 2010. aastal "Kartul koduaias", 2014. aastal "Eesti kartulitoidud", peatükk raamatus "Kartulikasvatus" jne. Ta omab nelja SU autoritunnistust.

Viive on olnud hinnatud juhendaja ja suunanäitaja arvukate diplomi-, magistri- ja doktoritööde valmimisel.

Ütlemine "kes palju teeb, see palju jõuab" iseloomustab Viive ettevõtmisi nii teadus- kui ühiskondlikus tegevuses. Aastast 1988 kuulub ta Euroopa Kartuliuurijate Ühendusse, alates 1994. aastast Eesti Teadlaste Liitu, 2000. aastast Akadeemilisse Põllumajanduse Seltsi jne – need on ainult mõned näited.

Aastatel 1999–2003. töötas Viive Rosenberg EV Riigikogus. Riigikokku valituks saamisel peatas ta tööalase tegevuse direktorina, kuid jätkas teaduslikku tööd EVIKA vanemteadurina kuni 2017. aastani.

Neli koosseisu järjest kuulus ta Saku valla volikogusse, siiani jõuab ja jaksab ta tegutseda aktiivse liikmena Eesti Ettevõtlike Naiste Assotsiatsioonis.

Teaduslike saavutuste eest tunnustati Viive Rosenbergi 1998. aastal Eesti Vabariigi teaduspreemiaga, Põllumajandusministeeriumi poolt medaliga "Kalevipoeg kündmas" (1993) ja Hõbedase teenetemärgiga 2008. aastal. Aktiivse tegevuse eest koekultuuride alaste uuringute tulemuste rakendamisel ja kartuli propageerimisel pälvis Eesti Naiste koostööketi poolt Aasta Teenäitaja 2008 auväärse tiitli.

Viivet on läbi elu saatnud moto "Kui kuidagi enam ei saa, siis kuidagi ikka saab!". Oma aastatepikkuse tegevusega on ta mõjutanud Eesti ühiskonna väärtushinnanguid, genereerinud uusi ideid, olnud eeskujuks, õpetajaks, heaks kolleegiks ja mis peamine, jäänud alati iseendaks.

Endiste EVIKA kolleegide nimel soovime Viivele jõudu uute ideede teostamisel, kogumiku "50 aastat meristeemkultuuri, uurimine ja rakendused" peatset ilmumist ja head tervist ning ikka rõõmsat meelt!

Katrin Kotkas

OLAV KÄRT – 70



Käesoleva aasta alguses tähistas oma 70ndat juubelit Eesti Maaülikooli söötmisteaduse õppetooli emeritprofessor Olav Kärt.

Juubilar sündis 4. jaanuaril 1948. aastal Järvamaal Imavere vallas loomakasvatajast isa ja kultuuritöötajast-kooliõpetajast ema

perekonda. Alghariduse omandas ta Imavere kaheksaklassilises koolis, kesk- ja kutsehariduse Vana-Võidu Põllumajandustehnikumis. Huvi teadmiste vastu viis õpiahimulise maapoi si Eesti Põllumajanduse Akadeemia zootehnikateaduskonda, mille ta lõpetas 1972. aastal õpetatud zootehnikuna. Lisaks koolis kogutud teadmistele hindab juubilar kõrgelt oma isalt saadud teadmisi ja elukogemusi. Just isa käe all töötades ja õppides omandas juubilar iseseisvaks tööks vajalikud praktilised loomakasvatusalased teadmised.

Pärast akadeemia lõpetamist alustas Olav Kärt oma iseseisvat töömeheteed praktilise loomakasvatjana, esmalt Adavere näidissovhoosi vanemzootehnikuna, hiljem Hellenurme kolhoosi peazootehnikuna. Sellega aga tema pürgimised ei piirdunud, teda ajendas soov saada ja omandada üha uusi loomakasvatusalaseid teadmisi. Olav Kärdi sihipärase teadustöö alguseks võib pidada 1976. aastat, mil ta asus prof Ülo Olli juurde tööle Vabariikliku Jõusööda Kesklaboratooriumi juhataja asetäitja ametikohale. Edasi tuli loogilise jätkuna aspirantuur (1980–1982), mille raames juubilar selgitas proteiini kaitsetöötlemise võimalusi mäletsejalistel. Valmis väitekirja aga juhendaja kaitsmisele ei suunanud, teades juba ette, et noore andeka teadlase karjäärivõimalused akadeemias on piiratud. Sellest ajendatuna asus Olav Kärt nõunikuna tööle Tallinna Ministrite Nõukogu Asjadevalitsusse. Kandidaadidissertatsiooni teemal "Võimalusi proteiini efektiivseks kasutamiseks mäletsejalistel" õnnestus tal kaitsta 1983. aastal. Hiljem, pärast põllumajanduse juhtimise ümberkorraldamist, sai juubilarist põllumajandusministeeriumi teaduse osakonna juhataja.

Kui tänavuse juubilari juhendaja prof Ülo Oll sai 1992. aastal 65 aastaseks ja tal polnud enam võimalik korralise professorina jätkata, kutsus ta Olav Kärdi tagasi Tartusse enda tööd jätkama. Esimesest septembrist 1992. aastal alustaski juubilar EPMÜ Loomakasvatuse Instituudi põllumajandusloomade söötmise kateedri juhataja, korralise professorina. Pärast Eesti Loomakasvatuse ja Veterinaaria Teadusliku Uurimise Instituudi ühinemist põllumajandusülikooliga 1994. aastal, valiti ta loodud loomakasvatuse instituudi direktoriks. Paralleelselt õpetas ta tudengeid, juhtis instituuti ja viis läbi loomkatseid ning koostas doktoriväitekirja teemal "Uurimused veiste söödaratsioon energia-sisalduse suurendamise võimaluste kohta". Olav Kärt

kaitses doktoritöö 1996. aastal ja talle omistati põllumajandusdoktori teaduslik kraad põllumajandusloomade söötmise erialal.

Korralise professori ametit, millele lisandus alguses Loomakasvatuse instituudi direktori ja hiljem söötmissosakonna juhtimise kohustus, pidas juubilar kokku 19 aastat. Selle aja jooksul kujundas ta tänaseni edukalt toimiva söötmisteaduse õppetooli, pannes ühtlasi aluse kaasaegsele söötmissalasele õppetööle maaülikoolis. Erandina oma eelkäijatest oli Olav Kärt see, kes tõi õppetöösse loomade seedefüsioloogilise ja ainevahetusliku aspekti selgitamiseks, miks on vaja loomi sööta just nii nagu seda tänapäeval tehakse. Lisaks tööle ülikoolis oli Olav Kärt ka Tervisliku Piima Biotehnoloogia Arenduskeskuse initsiaator. Ühena nõukogu liikmetest ja arendussuuna juhina edendas ta aastatel 2004–2015 piimakarjakasvatuse-, toidu- ja toitumisteaduse ning ülikoolide ja ettevõtete vahelist koostööd. Ta on olnud Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi asepresident, ülikooli teadusnõukogu ja doktorinõukogu liige, Põllumajandusministeeriumi teadusnõukogu liige, EV Kõrghariduse hindamise nõukogu ja EV Teaduse ja Arendusnõukogu liige, Põhjamaade Põllumajandusteadlaste Nõukogu loomakasvatuseksiooni koordinaator, Rootsi Kuningliku Põllu- ja Metsamajanduse Akadeemia välisliige ning EV V klassi Valgetähe ordeni kavaler. 2016. aastal pälvis ta Maaeluministeeriumi kuldse teenetemärgi ja tunnustati Eesti Maaülikooli teenetemedaliga. 2011. aastal professor Olav Kärt emeriteerus andes osakonna juhtimise teatepulga üle noorematele. Samas on ta aktiivselt jätkanud õppe- ja teadustööd tegemist kuni tänaseni.

Olav Kärdi teadustöö põhisuunad on olnud seotud piimalehmadega, alates nende söötmise iseärasustest, seedefüsioloogiast ja ainevahetusest, kuni piima koostist mõjutavate teguriteni välja. Ta on koolitanud välja uue söötmisteadlaste põlvkonna, tema juhendamisel on kaitsnud 14 teaduskraadi, sh kaheksa doktori-kraadi. Räägitakse Olav Kärdi koolkonnast. Viimasel kümnendil on ta olnud 13 teadusprojekti juht või põhitäitja. Viimase 20 aasta jooksul on ta avaldanud üle 190 publikatsiooni, neist 40 eelretsenseeritavates ajakirjades ja üle 50 populaarteaduslikes põllumeeste suunatud väljaannetes. Trükiste, ettekannete ja sõnavõttudega on ta avardanud ühiskonna arusaama põllumajandustootmisest kui kaasaegsele kõrgtehnoloogiale tuginevast valdkonnast. Juubilar on mitmel korral maininud, et talle on imponeerinud ühe eaka professori kirjutis ja pilt ajakirjas "Journal of Dairy Science", kus viimane nõjatub karjaaiale ja vaatab uhkusega oma elutööd – karjamaal söövaid lehmi. Arvan, et Eestis võib Olav Kärdi õigustatult pidada Eesti loomakasvatusteaduse *grand old man*'iks ja piimakarjakasvatavate mentoriks.

Õpetajana õppeprotsessis on Olav Kärt pigem heatahtlik ja innustav ning püüab kirjandusele ja omadele uurimustele tuginedes alati edasi anda just tänapäevaseid söötmisteaduse seisukohti. Siiski teatud

reservatsiooniga, märkides, et tänasest tõest võib kümne aasta pärast pool osutada vääraks ja ta ei tea, kumb pool. Olav Kärt on otsiva vaimuga ja kaasaegsest innustuv teadlane. Temaga saab vaielda ja ta ei pane seda pahaks kui oskad oma väiteid teaduslikult põhjendatult esitada. Ta aktsepteerib teiste tõekspidamisi ja arvamust. Teadmiste kontrolli on ta enamasti teinud suuliselt, akadeemilise vestluse vormis, hindamisel on ta pigem karm aga õiglane. Kuid eks meil kõigil on juubilarist omad helged mälestused. Nagu see, et õppe-

ja teadustöö kõrvalt leidis Olav Kärt alati aega ka sportimiseks. Alguses sulgpall, hiljem ujumine. Nii innustas ta mindki koos endaga igal teispäeval ujumas käima, eks ikka selleks, et oma füüsilist vormi ei minetaks. Kirsiks tordil aga sellel järgnenud teaduse ja päevapoliitilistel teemadel toimunud vestlused.

Õnnitleme juubilarit, kolleegi ja head sõpra, soovides talle tugevat tervist, vastupidamist ja edu edaspidiseks.

Meelis Ots

ANNE LÜPSIK – 70



Anne Tamson (Lüpsik) sündis 13. märtsil 1948. aastal Mõisaküla linnas. Peres oli juba kaks tütart; 17-aastane Daisy ja 10-aastane Tiia. Isa töötas veduri peal, hiljem lukksepana depoo, ema oli kodune. Kitsarööpline raudtee ühendas Tallinna Riiga, aga oli väga tähtis liiklusvahend Kesk- ja Lääne-Eestis 1960. aastateni.

Bussiliiklus oli tollal väga algeline.

Juba põhikoolis oli Anne aktiivne kaasa lööma igal rindel, oli see isetegevus, pioneerirühmade juhendamine, metsaistutamine, töö sovhoosi põllul või farmis. Juba 7. klassis anti talle võimalus asendada haigeks jäänud 3. klassi õpetajat. Sellega sai tulevase pedagoogitöö seeme mulda visatud, mida aga toideti igas järgmises astmes. Mõisaküla keskkool jäi selja taha 1966. a.

TRÜ keemiateaduskonda saamist takistas füüsikaeksam, kuid EPA zootehnikateaduskonna linnukasvatuse õpperühm oli Eestile hoopis tähtsam. EPA ainus naisprofessor Leida Lepajõe võttis noored "tibukesed" kursusejuhendajana oma kaitse alla.

Kõik linnukasvatuse õpperühma üliõpilased mõõtsid, kaalusid ja hindasid tuhandeid kanamune Leida Lepajõe doktoritöö jaoks. Anne osales ka Leida Lepajõe, Ilme Nõmmisto ja Eevi Vägi töörühmas linnuliha koostise uuringutes.

Anne kuulus teaduskonna üliõpilasesindajana EPA ametiühingukomiteesse, kus tegeles isetegevuse küsimustega EPA klubis.

Linnukasvatavate esimene lend lõpetas EPA 1971. aastal. Anne diplomitöö juhendajaks oli professor Cerelius Ruus ja teemaks "Linnukasvatuse olukord ja perspektiivid Roela sovhoosis".

Seitsmekümnendatel aastatel oli Eestis linnukasvatus au sees; linnuvabrikuid ja linnufarme oli palju, nõudlus linnukasvatuse spetsialistide järele oli suur. EPA lõpetajaid meelitati hea palga ja korteriga. Anne suunati omal tahtel Kohtla-Järve rajooni Mäetaguse sovhoosi, kus asus tööle linnufarmi juhatajana. Energiat ja taht jäi ülegi; seda sai rakendada Mäetaguse koolis ühiskondliku töö korraldamisel, klubis lauluansambelis ning Kohtla-Järve rajooni täitevkomitees rahvasaadikuna.

Kolmeaastane praktika kogemus oli nõutav (kaasajal on sellest puudus), et võiks jätkata õpinguid aspirantuuris. Aspirandikohad olid väga limiteeritud, tavaliselt igal kateedril üks, mitte igal aastal, vaid kolme aasta möödudes vabanev koht läks uuesti komplekteerimisele. Et EPA oli veel noor (20 a), soodustati noore kaadri ettevalmistamist läbi sihtaspirantuuri teistes ülikoolides. Nii sattuski Anne Tamson Moskva Veterinaaria Akadeemia põllumajandusloomade aretuse ja geneetika kateedrisse, kus juhendajad tolleage N. Liidu tuntud korüfeed. Kolme aasta (jälle) jooksul katsed Venemaa ja Eesti haudejaamades, kohustuslike

eksamite (filosoofia alused, võõrkeel ja erialaeksam) ettevalmistamine ja sooritamine...

1977. aasta juunikuus tuli Anne Eestisse tagasi, sest kolmeaastane sihtaspirantuur oli läbi ja lõpetajatele oli töökoht seadusega tagatud. Anne võeti tööle alates 1. augustist 1977 Eesti Põllumajanduse Akadeemia põllumajandusloomade aretuse kateedri assistendina palgaga 125 rubla kuus. Kandidaativäitekiri oli valmis, aga kaitsmise järjekord oli pikk... Kandidaadikraadi kaitsmine toimus Moskvas 1978. aasta jaanuarikuus. Kaitsmise protseduur polnudki nii lihtne, sest N. Liidu avarustest ei jõudnud esimene oponent kohale, tuli määrata uus. Temale anti paar päeva aega väitekirjaga tutvumiseks. Kaitsmine toimus, aga selgus, et kohal polnud piisavalt kitsama erialanumbriga teadusdoktooreid. Teadusdoktorid n.ö toodi kohale ja kaitsmine algas otsast peale. Kõik läks hästi ja juba juunikuus oli kinnitus VAKist käes. Väljaspool Eestit polnud väitekirja kaitsmine tollal sugugi lihtne, nõukogu koosseis oli arvukas, erilaadne ja tihti peitusid suhetes intriigid.

Assistent, liiati Moskvast tagasitulnu, rakendati praktikumi õppejõuna põllumajandusloomade (pml) geneetika ja aretuse õppeaines. Õppetöö toimus sel ajal nii eesti- kui venekeelsetes õpperühmades loomakasvatuse ja veterinaaria erialal. Moskvas kogutud teadmised ja vaba vene keele oskus said värske tuulena hea vastuvõtu. Seda märgati ja 1984. a valiti Anne vanemõpetajaks; lisandusi loengud pml geneetikas ja veterinaargeneetikas variatsioonstatistika alustega. Kolme aasta pärast valiti ta dotsendi kohusetäitjaks ja kahe aasta järel 1989. a dotsendiks. Põhiõppeaineks jäi viieteistkümneks aastaks geneetika, teisi sõnu loomageneetika õppeaine. Viimane loeng oli 2013. aasta sügisel. Seega 37 aasta jooksul loomakasvatust põhi- või kõrvalainena läbima pidanud üliõpilased on tunnetanud dots Anne Lüpsiku erudeeritud õpet ning nõudlikku ja õiglast suhtumist üliõpilasesse. Nad on tänulikud saadud teadmiste eest. Kasutada on ka neli Anne Lüpsiku koostatud õppevahendit tõuaretuse geneetiliste aluste kohta.

Nooruspõlve aktiivsus osaleda igal aastal tegevustes, ettevõtmistes ja üritustel ei saanud jääda vaka alla ja kolleegidele märkamata. Aastatega oli sihikindlus andnud püsivuse võtta midagi konkreetset ette ja viia see lõpuni. Seoses geneetikaga võin kinnitada vanematelt saadud head genotüüpi, mida toetab Anne õe Tiia püüdlikkus ja sihikindlus. Olin Tiia (Toim) kursusekaaslane ja lõpetasime koos kiitusega EPA. Tiiale polnud päritud juhivaimu, aga eesmärgi saavutamise sihikindlust küll, seejuures oli ta malbe ja iseseisev. Anne Lüpsiku juubelil selgus, et meie kohtusime esmakordselt Tiia ja Tõnu pulmas 1961. aastal. Annele on sihikindlusele lisatud ka "marssalikepp", mida pole lastud põues hoida.

Esialgul usaldati nn ühiskondlike tegevuste juhtimine. Anne Lüpsik oli 1987–1989 Ühiskondlike Erialade Teaduskonna ja 1989–1990 Kultuuriteaduskonna

dekaan. Need üksused olid tollel ajal ülikooli struktuuris, et sisustada üliõpilaste vaba aega ja anda võimalusi täiendõppeks.

Oli aeg tugevdada zooinseneriteaduskonna juhtimist ja 1990. aastal valisime Anne Lüpsiku dekaaniks, mis sujuvalt läks üle 1992. a EPMÜ loomakasvatustuudi direktori ametikohaks. Kui 1994. a liitus Eesti Loomakasvatuse ja Veterinaaria Teaduslik Instituut, jätkas Anne asedirektorina õppe alal. Nendel aastatel saime tunda, kui hästi Anne valdas oma ala ja kui konkreetset toimus õppeprotsessi suunamine. Ta tundis kolleege, teadis nende võimeid ja suundumusi, selle järgi tehti muudatusi või toodi sisse uuendusi. Seda märgati ka EPMÜ juhtkonnas, ka marssalikepp polnud põues rahulik, ja alates 1997. a kuni 2008. aastani on Anne Lüpsik juhtinud EPMÜ/EMÜ küll eri nimetustega õppeosakonda, seejärel 2014. aastani olnud juhataja asetäitja, edasi peaspetsialist ja/või juhataja kohusetäitja. Kõrvaltvaatajale pole õppeosakonna juhataja tool meie ülikoolis eriti "pigine", Annel on korduvalt tulnud kohusetäitjana uue juhataja ootel tööd teha.

Teadustöö jäi küll eelmisesse sajandisse, sest administratiivne töö on enamasti selle vaenlane. Esialgu jätkati koostööd Moskva kolleegidega linnukasvatuse teemal, teine pool aga Eesti kolleegidega veisekasvatuse teemal.

Perest on välja kasvanud kaks tütar, mõlemad lõpetasid EPMÜ majandusteaduskonna, Silja raamatupidamise ja rahanduse eriala 2000 ja Saili 2002. a ökonoomika ja ettevõtluse eriala. Ema on märganud, et ka neis on olemas see teha-tahtmine. Anne on viiekordne vanaema.

Anne Lüpsik: "Õnneks on mul kogu aeg olnud see teha tahtmine ja tahe midagi organiseerida. Ise ka ei tea, miks. Käsitööinimene ma ei ole kunagi olnud. Seevastu aias tegemised ja toimetamised meeldivad siamaani. Ja kurkide marineerimine ja mooside keetmine, mahla tegemine, ja lastele see ka sobib, et mulle meeldib. Ise tunnen, et olen selline "omapäi" olija; ma ei ole kunagi vajanud sellist kambatamist, et pean kuhugi kuuluma, seevastu koostöö mulle sobib. Aga negatiivsed inimesed mitte."

Ikka on Anne Lüpsik süsteemselt töötanud, mille kinnituseks tegi ta oma 70. sünnipäevaks endale, paljudele meile, aga kõige tähtsam meie ülikooli ajaloole meeldiva kingituse "Eesti Põllumajanduse Akadeemiast Eesti Maaülikooliks. Arengud õpetegevuses 1951–2018." Sellist süsteemset ülevaadet vajaksid maaülikooli ka muud tegevusalad, näiteks teadustegevus, struktuur, miks ikka ei soovita isikulist ülevaadet ajast aega.

Anne Lüpsik: "Olen tänulik saatusele ning endale, et julgesin sihtaspirantuuri minna. Kui inimene on noor, siis ta ei heieta ja ei mõtle, kas ta saab hakkama. Muidugi saab, ainult tahtmist on vaja! Olen õnnelik, et olen saanud teha tööd, mida armastan."

Suureks abiks oli artikli koostamisel Anne Lüpsiku ülevaatebrošüür "Minu Elu Parimad Aastad".

Kolleegide nimel
Olev Saveli

PEEP PIIRSalu – 60



Jaanikuu 15-ndal päeval tähistas oma kuuekümnendat juubelit minu õpetajad, kolleeg ja seltsikaaslane Peep Piirsalu. Rakveres sündinud ja hariduse saanud poisist on aastatega kujunenud vabariigi üks tunnustatumaid lamba- ja kitskasvatuse spetsialiste. Ta omandas kõrghariduse

Eesti Põllumajanduse Akadeemias ja talle omistati zootehnikainseneri diplom 1981. aastal. Pärast akadeemiat viis elutee ta paariks aastaks tagasi kodumaile, kus tollases Rakvere rajooni "Energia" kolhoosis tuli hoolt kanda veiste ja lammaste eest.

Elu tegi oma korrekture ja 1982. aastal oli Peep tagasi Tartus Eesti Põllumajanduse Akadeemias. Tema teadlase karjäär sai alguse nooremteadurina põllumajandusloomade söötmise kateedris. Loogilise jätkuna tuli sihtaspirantuur Moskva K.A. Timirjazevi-nimelises Põllumajanduse Akadeemias aastatel 1983–85. Kandidaadi väitekirja käsitles eesti valgepealiste lammaste parandamist sisestaval ristamisel ildefransi tõugu jääradega. Muidugi Moskva-aastad oli sedavõrd õnnelikud, et Peep leidis oma armastuse ja teekaaslase kogu eluks kauni peruulanna näol.

Kandidaadikraadi (1986) kaitsmise järel jätkus õppe- ja teadustöö juba kallil kodumaal, alguses väikelooma- ja linnukasvatuse osakonna assistendina, seejärel vanemõpetajana. Alates 1990-ndast aastast on Peep Piirsalu töötanud ülikooli juures dotsendina. Murrangulistel aastatel, kui üks riigikord asendus teisega (1989–1992), oli tema täita zooseneri teaduskonna prodekaani ametikoht. Lisaks Moskvale on elu teda hiljemgi piiri taha viinud. Nimelt 1993. aastal õnnestus tal TEMPUS programmi abil kuus kuud teha teadustööd Walesis Bangori ülikooli juures.

Suurepärase teadlase tunnuseks on kõige muu kõrval tema panus sektori arengusse. Peep Piirsalu oli üks Eesti Lambakasvatajate Seltsi taasasutajatest 1990. aastal. Aastatel 1995–1997 oli ta seltsi president ning

hiljem struktuuri muudatuse tulemusel seltsi juhatuse esimees kuni aastani 2003. Just tema eestvedamisel õnnestus 1990-ndate aastate lõpul lammaste ja kitsede madal arvukus taas tõusule pöörata. Eks selleks andnud põhjust arvukad koolitused, infopäevad ja lugematu hulk artikleid nii teadusajakirjades kui põllumeestele mõeldud üllitistes. Mäletan, et lugesin isegi ülikooli ajal nii mõnegi tema artikli läbi, kuna mu vanaisa pidas Lõuna-Eestis lambaid. Eks ta vahel mind ikka tõgas mõne erialase küsimusega, et *a la* teil ju seal Tartus akadeemias seda õpetatakse, ole hea anna nõu.

Arvukalt ilmus Peep Piirsalu artikleid ajakirjas Lammas ja Kits, mida andis välja Eesti Lambakasvatajate Selts aastatel 1994–2001 ning mille toimetaja ta pikki aastaid oli. Tänapäevaks ligineb tema teadus- ja populaarteaduslike artiklite arv juba sajale. Tema monograafia Lambakasvatus I (2012. a) on nõutud raamat nii tudengite kui kasvatajate hulgas, mida poest ei leia enam ammu ja laenutatakse ainult parimatele sõpradele. Igatahes loodame, et juubilaril jätkub kergest sulge ka tulevikus, sest valdkond areneb kiiresti ning omakeelset kirjandust ei ole kunagi ülearu.

2008. aastal valiti Peep Piirsalu Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi aprillikuusel üldkoosolekul seltsi asepresidendiks, kus tema esmaseks ülesandeks oli hoida seltsi rahaasjadel silm peal. Tema eestvedamisel tegutseb alates 2013. aastast seltsi juures neljaliikmeline loomakasvatusealane oskussõnade toimikond, kes on nõuks võtnud erialase terminoloogia andmebaasi koostamise ja täiendamise. Tänuväärne ettevõtmine ja loodetavasti jätkub härrasmeestel veel jaksu seda vankrit vedada.

Teadupoolest on parim lõõgastus sport ja kalapüük. Eks ole Peepki ammusest ajast truuks jäänud jalgrattasõidule ja suusatamisele. Kas jalgpallilembus on tulnud koos poegade kasvamisega, oskab ehk juubilar ise öelda. Aga teist nii kirglikku kalameest kolleegide seas on raske leida. Mis muud, kui kalaõnne ja pikki kilomeetreid spordirajal järgmiseks kümnendiks.

Viljakat akadeemilise karjääri jätku!

Marko Kass

ENDEL KAAREP – in memoriam

20.09.1914–†20.03.2018



29. märtsil jätsime Pärnamäel hüvasti ühe vanema põllumajandusteadlase fütopatoloogi Endel Kaarepiga, kes lahkus meie seast saja kolme ja poole aasta vanuselt. Sellise auväärt eani elavad vähesed ja pajasid endiseid kaastöötajaid pole enam elavate kirjas. Eesti Maaviljeluse Instituudi kunagised töötajad tundsid teda kui alati viisakat ja sõbralikku teadusemeest,

kes omas laialdasi teadmisi kartulikasvatuse ja eriti iluaiaanduse alal.

Endel Kaarep oli sündinud Venemaal Tambovi linnas, kus tema isa Johannes Matvei (alates 1933. a Kaarep) oli leidnud tööd piimanduse ja karjaasjanduse eriteadjana. Revolutsiooni tõttu pöördus perekond tagasi Eestisse ja asus pidama vanemate talu Harku vallas Haaberstis. Keskhariõppimise omandas Endel Kaarep Gustav Adolphi Gümnaasiumis Tallinnas. Aastatel 1936–1946 õppis ta vaheaegadega Tartu Ülikooli Põllumajanduse teaduskonnas agronoomiat, kuid diplomini omandas 1960. a EPA-s. Samas kaitses 1966. a põllumajanduskandidaadi kraadi. 1938. a viibis praktilisel Saksamaal. Juba professor E. Lepiku assistendina töötamise ajal huvitasid Endel Kaarepit viirused ja bakterid ning nende mõju taimekasvatuse saagile. Hilisemad töökohad taimekaitse inspektorina ja Põllumajandusministeeriumi taimekaitse osakonna juhatajana süvendasid huvi taimehaiguste vastu. 1949. aastal ilmunud raamatus "Tähtsamad taimehaigused ja -kahjurid ning nende tõrje" koostas haiguste osa Endel Kaarep. 1960. aastal andis Eesti Riiklik Kirjastus välja mahuka käsiraamatu "Taimekaitse aias", mille taimehaiguste kirjelduste ja tõrje osa kirjutas ja varustas originaalfotodega Endel Kaarep. See raamat on senini aiapidajate kirjavara seas aukohal.

1956. aastal asus Endel Kaarep tööle Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudis algul taimekaitse osakonna juhatajana ja hiljem vanemteadurina. Tema taimekaitset käsitlevad artiklid ilmusid ajakirjas "Sotsialistlik Põllumajandus" ja ajalehtedes. Alates 1960. aastast pühendus ta kartuli viirushaiguste uurimisele ja seemnekartuli tervendamisele kloonmeetodil. Lisaks laboratoorsele uuringutele tehti ulatuslikke katseteid majandites. Seemnekartuli põldude tervislikku seisundit kontrolliti vaatluste ja kogutud leheproovide taimemahlas antiseerumite abil. Koos venna Suleviga töötati aastatel 1964–1965 välja taimeviiruste määramise tehnoloogia antiseerumite abil ja konstrueeriti vastavad seadmed. Endel Kaarepi tervise järsk halvenemine 1969. aastal katkestas töö Sakus. Oma eramusse Meriväljal ehitas ta uue labori ja jätkas uurimistööd viiruste ülekandmisega indikaatortaimedele ja tulemuste võrdlemist antiseerumitega. Kasutati ka erinevaid määramismeetodeid. Seemnekartuli tervendamise võimaluste uurimine meristeemmeetodil jätkus Sakus teaduskeskuses EVIKA.

Endel Kaarepi väga mahukal kandidaadi väitekirjal "Ilutaimede tervislik seisund Eesti NSV-s ja abinõusid selle parandamiseks" on lisaks eraldi köites originaalhaiguspildid koos haigustekitaja suurendatud fotoga. Kirjanduse nimistus on toodud 420 enamasti välismaist allikat. Lisaks aiandusalastele käsiraamatutele on ta avaldanud üle 60 artikli kogumikes ja perioodikas. Endel Kaarep on Nõukogude Eesti Preemia laureaat (1967), NSVL rahvamajandusnäituse pronksmedali (1967) ja Põllumajandusministeeriumi medali Külva- ja laureaat. Tema nimel on kaks autoritunnistust ja viis ratsionaliseerimisettepanekut".

Endel Kaarep oli suurepärase mäluga ja hea huumorimeelega kuni viimase ajani, tundis huvi endiste töökaaslaste elu ja teaduse käekäigu vastu. Mälestame ja tunneme kaasa perekonnale.

Erika Vesik

HEINO LÕIVEKE – in memoriam

11.02.1942–†30.05.2018



Maikuu eelviimasel päeval jõudis meieni kurb sõnum – igavikuteedele lahkus fütopatoloogia eriala teadlane, Eesti üks kompetentsemaid taimehaiguste tundjaid, põllumajanduskandidaat Heino Lõiveke. Ta sündis 11. veebruaril 1942 Petseri linnas, õppis Meremäe 7-klassilises koolis, Röpina Aiandustehnikumis (lõpetas 1960 *cum laude*) ja Eesti Põllumajanduse Akadeemias (1965, *cum laude*) ning suunati, kui juba õpiajal andekust ülesnäidanud lõpetaja, tööle Sakku Eesti Maaviljeluse Instituuti. Sakus kulgeski kogu tema elu ja tegevus. Õppis aastatel 1968–1970 statsionaarses aspirantuuris, 1972. a kaitses edukalt kandidaadiväitekirja teemal "Kurgi fusarioosi levik, tekitajad ja tõrjevõimalused katmikalal". Instituudis läbis ta kõik teadustöötajale võimalikud teenistusredeli astmed: oli nooremteadur ja teadur aastatel 1965–1976, vanemteadur 1976–1988 (vanemteaduri kutse omistati 1982), juhtiv teadur 1988–1994, osakonnajuhataja 1994–1998 ja instituudi direktor 2000–2002. Hiljem, kuni pensionile jäämiseni (2016) töötas jälle samas vanemteadurina. Kahel vahepealsel aastal (1998–2000) juhtis põllumajandusministeeriumi taimekasvatuse bürood.

Teadusliku uurimistöo suuna järgi võib eristada tema tegevuses kaht etappi: aastatel 1965–1976 tegeles Heino Lõiveke köögiviljade haiguste bioloogia ja tõrje võimaluste selgitamise suunal, hiljem oli pearõhk teraviljahaigustel. Uurimisobjektideks olid siis fusarioosid ja hallitusseened – nende toksilisus, toksiinide tuvastamine ning toksiinide tekke vältimine kasvatamisel ja säilitamisel. Koostöös kolleeg Paul Lättemäega pühendus ka silode mikrobioloogilise kvaliteedi küsimustele.

Heino Lõiveke oli võimekas ja viljakas kirjutaja. Tema sulest on trükki jõudnud mahukad raamatud

"Köögiviljakultuuride haigused" (Tln., 1986), "Taimekaitse käsiraamat" (Tln., 1995) ning taimekaitse peatükid raamatutes "Teraviljakasvatuse käsiraamat" (Saku, 1999), "Kartulikasvatuse" (Tartu, 2002) ja "Õlikultuuride kasvataja käsiraamat" (Saku, 2004). Avaldas trüki üle 500 teadusliku ja populaarteadusliku artikli nii kodu- kui välismaistes väljaannetes. Heino Lõiveke oli populaarne esineja Eesti Raadio ja Eesti Televisiooni saadetes "Põllumehe tund", "Kasulikku nõuannet", "Viljaveski", "Vaata aeda" ning "Aiasaade". On juhendanud Eesti Maaülikooli ja Tallinna Tehnikülikooli üliõpilaste bakalaureuse ja magistritöid, olnud doktorandi juhendaja.

Märkimisväärne oli Heino Lõivekese panus ka ühiskondlikes ametites. Ta on olnud Eesti Taimekaitse Seltsi juhatuse esimees ja kauaaegne juhatuse liige, Eesti Agronoomide Seltsi ning Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi liige, kuulunud Eesti Maaviljeluse Instituudi, Jõgeva Sordiaretuse Instituudi ja Polli Aiandus-uuringute Keskuse teadusnõukogusse, oli Tallinna Teadlaste maja nõukogu liige ning Saku valla volikogu liige. Ühiskondlikke ameteid oli teisigi. Lõi kõikjal aktiivselt kaasa, tõstas probleeme, võttis sõna.

Tema hobideks olid ehitamine (jõudis valmis ehitada kaks maja: ühe Meremäele, teise Sakku), ja laulmine (õpiajal laulis Tartus Vanemuise õppekooris, Sakus laulis meesansambelis ja segakooris Tuljak). Elu lõpuni oli südamelähedane ka hobiaiandus ja seda kõige laiemas mõttes.

Tähelepanuväärse panuse eest põllumajandusteaduse edendamise eest autasustati teda põllumajandusministeeriumi medaliga "Külvaja" (2002) ja hõbedase teenetemärgiga (2014), lisaks paljude tänu- ja aukirjadega.

Heino Lõivekese lahkumisega oleme kaotanud väga mitmekülgselt teadmistega fütopatoloogi, ereda isikupäraga hea, alati abivalmis kolleegi, seltsikaaslase.

Ants Bender

VIIVI SIKK – in memoriam

03.06.1936–†31.05.2018



31. mail lahkus igavikuteele kauaaegne EPA (EPMÜ, EMÜ) õppejõud ja teadlane emeriitdtsent Viivi Sikk.

Viivi Sikk sündis 3. juunil 1936. aastal Võrumaal (praegune Põlvamaa) Erastvere vallas. Pärast põhikooli lõpetamist läks talust pärinev tüdruk õppima Väimela Zoo-veterinaariatehnikumi. Nelja

aasta möödudes oli noorem-zootehniku kutse käes. Õpihulilise tüdrukuna ei leppinud ta aga keskharidusega. 1956. aasta sügisel sai Viivist EPA zootehnikateaduskonna üliõpilane. 1961. a lõpetas EPA zootehnikateaduskonna õpetatud zootehnikuna. Juba üliõpilasena töötas ta põllumajandusloomade söötmise kateedri juures ja sinna ta peale lõpetamist ka tööle jäi, algul töötas tehnikuna, hiljem teaduri ja õppejõuna. Aastatel 1963–1967 oli ta aspirantuuris. Kandidaadiväitekirja, teemal "Söötade fosforisisaldusest ja veiste fosforitarbe rahuldamisest Kagu-Eesti mõnedes majandites" kaitses Viivi 26. mail 1967.

Neljakümne üheksa EPA/EPMÜ/EMÜ-s töötamise aasta jooksul tegi ta ühteviisi aktiivselt nii õppe- kui teadustööd. Alguses olid tema hooleks söötmissõpetuse praktikumid, eriti söötade keemilise koostise osas, milleks teda paralleelselt kulgenud teadustöö oli hästi välja koolitanud. Hiljem tulid lisaks ka loengud. Ta õpetas loomakasvatust, loomakasvatuse aluseid ning põllumajandusloomade söötmist. Viivi Sikk juhendas üliõpilaste teaduslikke töid ning õppetöö latusamaks muutmiseks avaldas trükkis mitmeid õppevahendeid.

Tõhus oli ka Viivi Siku teadustöö. Ta avaldas kirjutisi peamiselt veiste söötmise valdkonnas. Paljudel juhtudel tähendas tema kaasautorlus "musta töö" tegemist s.o keemilisi analüüse või ulatuslikke arvutusi.

Tema poolt on kokku pandud 2004. aastal ilmunud "Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid". 2005. aastal ilmus tema sulest loomakasvatajatele vajalik käsiraamat "Loomade mineraalne toitumine".

Kolleegid jäävad Viivit mäletama väga tööka, äärmiselt täpse, kohusetundliku ning südamliku inimesena.

Kolleegide nimel
Silvi Tõlp

PROFESSOR LEIDA LEPAJÕE – 90

14. aprillil 2018 möödus 90 aastat loomakasvatusteadlase, põllumajandusteaduste doktori, Eesti Põllumajanduse Akadeemia põllumajandusloomade aretuse kateedri professor Leida Lepajõe sünnist.

Leida (Tohver) Lepajõe sündis Pärnumaa Tori valla Tohera küla Altpera talu 4-lapselises peres neljanda lapsena. Isa, Gustav Tohver oli agronoom, ema, Marta Gross üks esimesi karjakontrolli assistente Eestis.

Looduslähedus, hingesoojus, muusikaarmastus ja töökus oli selle suure pere ühtekuuluvuse aluseks. Leida Tohver (Lepajõe) koolitee sai alguse kodusest Viira algkoolist. Edasi viis tee Pärnu Tütarlaste Gümnaasiumisse. Pärast Koidula kooli lõpetamist astus Leida Tohver Tartu Riiklikku Ülikooli. Ta õppis viitele, oli hea suusataja ja võrkpallur. Tütarlaste seas ei olnud tal kursusel ega ka teaduskonnas vastast.

Siis aga toimus tema jaoks kaks väga tähtsat sündmust; ülikooli Põllumajandusteaduskonnast oli saanud Eesti Põllumajanduse Akadeemia ja Leida Tohverist Leida Lepajõe.

Leida Lepajõe lõpetas EPA Zootehnikateaduskonna I lennu kiitusega ning pärast aastast tööd zootehnikuna Otepää MTJ-s jätkas õpinguid Leningradi Põllumajanduse Instituudis aspirandina. Tema uurimisobjektiks olid munakanad ja nii liitusid kitsamas erialas nii aretusõpetus kui linnukasvatus. Mõlemas valdkonnas jätkas ta edukalt ka hilisemat uurimistööd.

1955. aastal sündis perekonda esimene poeg – Madis. 1956. aastal kaitses kandidaadiväitekirja "Pervomai kanade jõudluse parandamisest" ja asus tööle vanemõpetajana EPA põllumajandusloomade aretuse kateedrisse. Siin liikus ta edasi järjekindlalt: 1959 – dots kt, 1963 – dotsent, 1969–1971 doktorant, 1973 – prof kt, 1975 – professor.

Nagu muuseas oli Leida ja Jaan Lepajõe peresse sündinud veel kaks last; poeg Tiit 1958. aastal ja tütar Marju 1962. aastal.

Aastatel 1965–1968 oli Leida Lepajõe Zootehnikateaduskonna dekaan. Tema algatusel ja eestvedamisel võeti 1966. aastal EPA zootehnikateaduskonda vastu rühm linnukasvatuse huvilisi.

Ajalehe "Põllumajanduse Akadeemia" 1968. aasta 21. novembri väljaandes kirjutas dots. Leida Lepajõe: "Esimene linnukasvatusele spetsialiseeruvate üliõpilaste õpperühm – 14 üliõpilast – on jõudnud kolmandale kursusele. Kõige tähtsamaks sammuks spetsialiseerumisel on aga senini olnud suvine praktika, nn katsetehniline praktika. 18 nädalat viibisid üliõpilased vabariigi suuremates linnukasvatusemajandites. Nad kõik tegelesid jõkohase uurimistööga; analüüsisid detailsemalt 1300 muna, määrares iga muna puhul 12 näitajat".

Esimene n.ö linnukasvatavate rühm/lend lõpetas EPA 1971. aastal. Kõik lõpetajad asusid tööle linnukasvatuse spetsialistina linnuvabrikus, linnufarmis või põllumajandusministeeriumis. Mina oli üks nendest linnukasvatavatest.

Leida Lepajõe kaitses doktoritöö "Kanade liha- ja munajõudluse hindamine toitainete saagise ja valguväärinduse järgi" 1971. aastal. 1975. aastal sai temast EPA esimene naisprofessor. Järgnes peaaegu 20 aastat tööd pedagoogi ja teadlasena. Tema juhendamisel on kaitsnud kandidaadi väitekirja neli aspiranti. Arvukalt on ta juhendanud ja retsenseerinud diplomitöid. Tema heast sulejooksust on trükivalgust näinud mitu monograafiat ja üle paarisaja teadusliku töö. Prof Leida Lepajõe elutööks oli valguväärinduse uurimine erinevatel linnu- ja loomaliikidel ja isegi kaladel. Ta propageeris mitmeid põhimõttelisi seisukohti loomakasvatussaaduste toodangu suurendamiseks ja kvaliteedi tõstmiseks. Millegipärast ei jõudnud aga kõik teadlaste poolt pakutu praktikasse. Oma sirgjoonelise ja otsekohesuse tõttu jäid mõnedki tunnustused ja kiitused talle ütlemata ja omistamata...

Prof Leida Lepajõe oli täis tegutsemislusti ja tahtet pidevalt midagi uurida ja analüüsida. Tänu heale suhtlemisoskusele oli tal palju sõpru nii vabariigis kui mujalgi. Üliõpilased austasid teda avala südame, headuse ja teadmiste pagasi tõttu. Suuresti päris ta selle kõik oma emalt.

Leida Lepajõe on ise kirjutanud (1965. aastal) nii: "Ajäl, mida mina mäletan, algas ema tööpäev hommikul kell 4 ja lõppes õhtul kell 11. Nii kestis see aastaid ilma ühegi puhkepäevata. See ei olnud midagi iseäralikku, nii oli see tuhandetel talunaistel. Aga ema pidi oma koormat veelgi suurendama, sest tal oli kindel teadmine, et lapsed peavad koolis õppima nii kaua, kui see neil vähegi võimalik on. Emale oli see üks põhilisi seadusi. Emalt õpitu hulgas on ka teadmine, et koolis õppimise võimalustel on nii suur väärtus, et nende eest võib väga palju ära anda. Tänu olen mõelnud ka sellele, et ta õpetas hindama inimestes lihtsust, headust ja ausust".

Prof Leida Lepajõe seisis alati hea naiste, eelkõige maanaiste töötingimuste eest. Tema juhendamisel koostati mitmed diplomitööd lüpsjate tööst ja töötingimustest. Ta propageeris vajadust lühendada maanaiste tööpäeva ja pikendada lüpsjate puhkust. 1989. aastal kirjutas ta ajakirjas "Sotsialistlik Põllumajandus": "Et meie parimad maanaised pühendavad oma päevast loomadele 9...11 tundi ja lastega suhtlemisele 1...2 tundi, sellega muidugi leppida ei tohi. Suurfarmid tuleks viia olulises osas meestööjõule ja naistele võimaldada kodulähedast tööd". Veel kirjutas ta: "Arvesta loomakasvatuse planeerimisel valguväärinduse erinevusi! Valguväärinduse kasutegur on Eesti oludes piimalehmadel ja munakanadel 20...30%, peekonsigadel ja kanabroileritel 15...20%, lihavedel ja lammastel 3...10%, olenedes suuresti realiseerimisvanusest, noorloomade intensiivsest söötmisest jt teguritest".

Vaatamata suurematele ja väiksematele edusammudele ning ebaõnnestumistele, jäi Leida Lepajõe eelkõige naiseks – teadlaseks. Ta oli teadlane, kes toetus kahe jalaga maale ja kes suure visaduse ja eestlasele omase jonniga püüdis parandada meie igapäevast elu.

Ta oli ka Tartu Põllumeeste Seltsi ning Eesti Põllumajanduse Muuseumi asutajaliige, mitmete Tori päevade organisaator.

Argimuresid oskas ta peita tegemistesse, mis aitasid kaitsta meie kodu, meie tervist, loodust ja esivanemate tööd. 1983. aasta aprillis toimunud Eesti NSV naiste kongressi kõnes ütles ta nii: "Praegu õpib EPA-s statsionaarselt 2400 ning mittestatsionaarselt 1700 üliõpilast. Naisi on üliõpilastest ümmarguselt kolmandik, EPA lõpetanutest ligikaudu pooled, dotsentidest seitsmendik, professoritest kahekümnendik, laborantidest peaaegu kõik ja kõikidest teenistujatest, õppejõududest ja abiõppepersonalist pooled...".

1. septembril 1992. aastal anti Leida Lepajõe esimese naisprofessorina EPA emeriitprofessori austav nimetus.

Prof Leida Lepajõe 60-ndaks sünnipäevaks soovisid talle õnne, tervist ja tegutsemislusti veel paljudeks aastateks kolleegid põllumajandusloomade aretuse kateedrist luuletusega:

On tegusid tehtud,
on vaevasid nähtud,
tahtmised teoks tehtud said..
Teadmisi ammutas,
lapsigi sünnitas,
varakult teadlaseks sai...
Energiasit pakatab iga ta tegu,
tõest ja proteiinist peab kõige enam lugu.
Ta tõdesid rahvale kuulutab,
mis koorun'nd on uurimistööst,
ta juttu kõik kenasti usuvad,
kuid elu lä'eb mööda tõest...

Et jätkuks tal tarkust ja visadust
sel uutmise raskel teel,
et tudeng ja spets sealt ATK-st
astuks julgelt õigel teel...

Seks õnne ja tervist me soovime
sel kenal kevadekuul,
et säraks päike südames
tal kaua-kaua veel!

Prof Leida Lepajõe oli hingelt visa eesti talunaise tüüp, kes tegi tööd kindla eesmärgi nimel. Oskus kolleege ja üliõpilasi innustada ja tööle panna oli imetlusväärne. Looduslähedus ja maatöö austamine andsid talle nii palju jõudu, et ta suutis kätte võidelda õiguse oma isatalule, mida ta innukalt taastama asus.

Ja siis saabus aasta 1993. Oli 65. juubel... Oli tulemas teine ja tõsisem töösuvi kodutalus....

6. mail 1993. aastal lõppes elutee... Teha jäi veel nii palju...

Poolelijäänud töid kodutalus jäid jätkama lapsed ja lapselapsed. Teine, kurvem lugu on aga tema teadus-
alase teadustöö jätkumisega...

Mida kõike oleks ta veel jõudnud.....

Prof Leida Lepajõe on jäänud suureks eeskujuks järeltulevatele põlvedele – loomakasvatajatele ja põllumajandusteadlastele. Kindlasti hõljub tema hing siiani oma kodutalu põldude ja metsade kohal kõiki ettevõtmisi ja toimetusi jälgides...

Anne Lüpsik,
prof Leida Lepajõe endine õpilane ja kolleeg

LEO NIGUL – 90



Leo Nigul sündis 27. veebruaril 1928. aastal Järvamaal Väinjärve vallas (hilisem Koeru vald) talupidajate perekonnas.

Tema koolitee algas 1936. aastal Väinjärve Algkoolis, edasi järgnesid õpingud Pahlala ja Narva I Algkoolis, keskkoolis omandas ta Rapla

Keskoolis 1947. aastal.

Teadmistehimulise noormehena astus ta 1948. aastal Tartu Riikliku Ülikooli Põllumajandusteaduskonna zootehnika teaduskonda, millest sai 1951. aastal Eesti Põllumajanduse Akadeemia (EPA) zootehnikateaduskond. EPA lõpetas ta 1953. aastal õpetatud zootehnika kvalifikatsiooniga. Samal aastal asus ta tööle Viisu sovhoosi, kus ta töötas kaks aastat vanemzootehnikuna.

1955. aastal asus Leo Nigul ennast täiendama Eesti Loomakasvatuse ja Veterinaaria Teadusliku Uurimise Instituudis (ELVI) sihtaspirantuuris seakasvatuse erialal, mille lõpetas 1958. aastal.

Dissertatsiooni "Erinevate söötmissüsteemide mõju põrsaste kasvule ja arengule" kaitsmise järel omistati talle põllumajandusteaduste kandidaadi kraad seakasvatuse erialal ja vormistati tööle samasse instituuti tõuaretuse osakonda noorema teadusliku töötajana. Järgmisel aastal viidi ta üle instituudi alluvasse Tartu Eksperimentaalsovhoosi peazootehnik-direktori asetäitja ametikohale.

Alates 1961. aastast jätkusid Leo Niguli uurimistööd Kehtnas ELVI (alates 1994. aastast Eesti Põllumajandusülikooli Loomakasvatusteadusinstituut) seakasvatuse osakonnas, kus ta töötas pensionile minekuni, jõudes vanemteaduri, juhtivateaduri ja sektorijuhataja ametikohani. 1966. aastal omistati Leo Nigulile vanemteaduri kutse.

Oma teadustöodes on ta uurinud sigade söötmise ja pidamise, kuid ka aretuse ja seakasvatuse organiseerimisega seatud küsimusi.

Suuremahuliste loomkatsete materjalide põhjal valmis 1975. aastal doktoritöö, mille Nõukogude Liidu Kõrgem Atestatsioonikomisjon jättis kinnitamata. Sellest hoolimata jätkas ta teadusuuringuid sigade isoleeritud pidamise süsteemi, sigade söötmise, söötade valgu-energia väärdumise ja söötmistehnoloogia uurimise ning seafarmide rajamise põhjaluste väljatöötamise alal.

Eesti Vabariigi taasiseseisvumise järgselt kaitses Leo Nigul 1994. aastal teistkordselt doktoritööd teemal "Uurimusi kasvavate sigade söödaratsioonide paremustamisest proteiinisisötade, tööstusjäätmete ja ergotroopsete ainete abil" ja talle omistati põllumajandusdoktori kraad. Doktoritöö hõlmas autori enam kui

kolmekümne viie aasta jooksul tehtud sigade söötmissüsteemide tulemusi ja nende põhjal tehtud järeldusi.

Uurimistöö tulemusi on ta propageerinud arvukates artiklites, mis on ilmunud vabariiklikes ja välismaa ajakirjades. Ta on mitmete raamatute autor või kaasautor. Tema sulest on ilmunud ligi 350 mitmesugust teadustrükist, nende hulgas: "Ratsionaalne põrsakasvatus" (1963), "Veise- ja seakasvatus" (1981, kaasautorina), "Loomakasvatus kodumajapidamistes" (1984, kaasautorina), "Seakasvatavate teatmik" (1984, kaasautorina), "Sigade söötmine" (1991, kaasautorina) jt.

Leo Nigul on esinenud ettekannetega vabariiklikel, üleliidulistel ja välismaal läbiviitud konverentsidel (Saksa Demokraatlik Vabariik, Leningrad (St Peterburg), Žodino) jt.

Ta võttis aktiivselt osa ühiskondlikust tööst, olles ühingu "Teadus" lektor, Kehtna Näidissovhoosi alorganisatsiooni esimees ja ametühingukomitee liige.

Leo Nigul oli Vabariikliku Söötmissalase Uurimistöö Koordineerimiskomisjoni ning ENSV Agrotööstuskompleksi teaduslik-tehnilise nõukogu söötmissüsteemi liige. Ta kuulus ELVI zootehnika teadusliku meetodilise komisjoni, Suure Valge Seatõu tõunõukogusse, Eesti Tõusigade Aretusühistu nõukogusse ja paljude teistesse komisjonidesse. Ta oli loomakasvatustehnikumide riigieksamikomisjoni esimees, ajakirja "Sotsialistlik Põllumajandus" toimetuse kolleegiumi ja Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi liige.

Hinnatud teadlasena oli ta oodatud lektor ja nõuandja vabariigi loomakasvatusspetsialistidele ja tippjuhtidele.

Leo Nigulile omistati 1977. aastal Eesti NSV teenelise teadlase aunimetus, 1989. aastal autasustati teda Eesti NSV Ministrite Nõukogu preemiaga.

Samuti autasustati teda 1954. a Eesti NSV Ülemnõukogu Presiidiumi aukirjaga ja 1970. a NSV Liidu Ülemnõukogu poolt V.I. Lenini mälestusmedaliga.

Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium hindas Leo Niguli viljakat teadustööd tema 70. sünnipäeval 1998. aastal tänukirjaga ja mälestusmedaliga "Kalevi-poeg kündmas".

Leo Nigul oli kirglik jahimees, tema koduseintel oli näha mitmeid auhinnatud jahitrofeesid.

Leo oli inimene, kes oskas probleemidele läheneda sügavuti. Ta oli muhe, sõbralik ja särav vestluskaaslane, laia silmaringiga palju näinud ja kogunud inimene.

Kolleegina oli Leo Nigul delikaatne, osavõtlik ja abivalmis.

Leo Nigul suri 28. augustil 2008. a ja on maetud Koeru vanale kalmistule.

Aarne Põldvere
Kalju Eilart

AIMUR JOANDI – 70



Aimur Joandi sündis 27. mail 1948. aastal oma vanemate 40. eluaastal ühena kaksikutest ja peresse sai siis kokku juba seitse last. Lapsepõlve veetis ja sai omad esimesed töökoogemused Lemmakõnnu külas, isa Leo poolt 1933. aastal rajatud Naadimetsa talus, praeguses Põhja Sakala vallas Viljandimaal. Ema Helmi töötas oma kodutalu laudas kol-

hoosi lüpsjana ja Aimur käis emal abis ega pääsenud kaksikõega ka loomakarjas käimisest. Isa Leo töötas Vastemõisa metskonnas kraavide ja teetrasid väljamõõtjana. Sageli võeti Aimur ka isaga kaasa appi seadmeid kandma ja loodilatti hoidma. Kooliteed alustas ta 1955. a Kildu algkoolis. Vahepeal muudeti kool 8 klassiliseks ja ta lõpetas selle 1963. a esimese lennu koosseisus. Aastatel 1963–1967 õppis ta Olustvere Põllumajandustehnikumis, mille lõpetas diplomeeritud agronoomina. 1967. a sügisel immatrikuleeriti Aimur Eesti Põllumajanduse Akadeemia (EPA) agronoomiateaduskonna päevasesse õppesse ja 1972. talvel lõpetas stuudiumi õpetatud agronoomi diplomiga. Lõputöö "Ado Johanson Eesti põllumajanduse arendajana" valmis professor Jüri Kuumäe juhendamisel ja käsitles Aimuri vanaisa Ado Johansonit (1874–1932) elu ja tegevust. Ado Johanson oli omaaegne tuntud Eesti põllumajandustegelane, publitsist ning poliitik. Huvi Eesti põllumajanduse arenguloos vastu viis Aimuri tööle teaduri ametikohale 1968. a rajatud Eesti Põllumajandusmuuseumi, millega oli ta aktiivselt seotud juba tudengipäevil. 22. detsembril 1972. aastal mobiliseeriti ta Nõukogude Armeesse, kus teenis kuni 3. novembrini 1973. aastal, algul noorsõdurina Eesti pinnal Kloogal, seejärel küllaltki karmides tingimustes Venemaal Saraatovi lähistel ja paar viimast kuud reservohvitseride kursustel Kaasanis. Sõjaväeteenistust hindas ta ise kui mehistumise perioodi. Vahetult sõjaväeteenistusele eelnes abiellumine Tartu Ülikooli arstitudengi Marega ja pärast abikaasa õpingute järgset tööle suunamist maale, läks ka Aimur temaga kaasa ning töötas aastatel 1976–1980 Jõgevamaal Saadjärve majandis osakonnajuhatajana ja oli pärast veel mõnda aega Palal, ohutustehnika inseneri ametkonnal. Seejärel pärast uuesti muuseumisse naasmist algas Aimur Joandil selle perioodi kõige teguderohkem ja viljakam aeg. Põllumajandusmuuseumi kogude täiendamise kõrval ilmus rohkesti põllumajanduse ajalugu ja muuseumi tegevusi kajastavaid artikleid aastaraamatutes, ajakirjades ja ajalehtedes.

Kuivõrd vanu talutöid käsitlevaid originaalset filmimaterjali oli saadaval väga vähe, siis otsustati teha paljudest tegevustest ammustele töövõtetele tuginevaid filme. Algul tehti neid koostöös Etnograafiamuuseumiga, kuid kui põllumajandusmuuseumile osteti kaasaegsed filmikaamerad, hakati neid tegema Aimur Joandi

eestvedamisel ise. Nii filmiti puidust freestorude valmistamist, Tori hobusepäeva sündmusi, kunstkärgede tegemist aga ka suurfarmide piimatootmist, muuseumi kogumistöid jpm kokku 15 filmi. Neist parimaks õnnestumiseks pidas Aimur Joandi ise "Lina" (1984), mida näidati ka Eesti ja Rootsi TV-s ja mis kogus konkurssidel rohkesti auhindu, neist peaauehinna Moskvas, Tallinnas ja Liepajas (Läti). Huvi filminduse vastu viis ta osa võtma filmiamatööride tegevusest, kus ta sai õpetust mitme professionaalse filmilavastaja (E. Nõmberg, K. Kiisk) käe all, osales amatöörfilmide festivalidel ja sõpruskohtumistel Lätis, Ukrainas jm. Peale filminduse oli tal huvialasid veelgi. Juba põhikoolist alates huvitus Aimur fotograafiast, näitemängudest ja oli kodulooingi esimees. Koos vanematega huvitus jahipidamisest ja mesindusest. Viimane võinuks olla hiljem ka heaks tuluallikaks mesilasmürgi kogumise näol. Kuid sellest tuli loobuda, kuna vastava aparaadi kasutamine muutis mesilased õelaks ning ohtlikuks nii ümbruskonnale kui endale. Aimur huvitus ka muusikast. Juba koolipoisina õppis ta mängima viiulit, kitarrit ja puhkpillidest baritoni, hiljem ka altsaksofoni ja trompetit. Mängis ja esines mitmete orkestrite koosseisus.

Kui hakati uuesti looma talumajapidamisi, tegeles ta talupidamise propageerija ning organiseerijana ning oli Tartu Talunike Liidu asutajaid, selle tegevjuht ja aitas panna aluse ka nõustamissüsteemile. Tema toimetamisel anti välja taluliidu kuukirja "Talu". Samanimelist kuukirja toimetas aastatel 1910–1918 ka tema vanaisa A. Johanson.

Aimur Joandi rajas ka Tartu maakonna Ülenurme valda omale Jänesmäe talu, kuhu ehitas perele elumaja, lisaks kasvumajad ning abihooned. Aimur pidas ka põldu, kus kasvas teravilja, rapsi, kartulit ning ühel aastal ka lina, pidas mesilasi, kasvas köögivilja ning marjakultuure. Talutööde kõrval jätkus tal energiat kirjutamiseks nii koduloolisil kui põllumajanduslikke harivaid artikleid ajalehtedele, eriti maakonnalehes "Sakala" ja mitmetele ajakirjadele. Teda paelus eriti kodukandi, Suure-Jaani valla kultuuripärand, samuti sealtkandist pärit Eesti põllumajanduses ning teaduses silmapaistvate inimeste elulood. Kokku on tema sulest ilmunud neliteist monograafiat, neist enamik isikuloosid. Aimur Joandi oli ka Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi liige, osales innukalt selle tegevuses, aitas korraldada ka ise mitmeid seltsi ettevõtmisi. Aimur oli sagedane esineja konverentsidel, seminaridel ja kultuurilooapäevadel ning tema toel jätkati prof Jaan Lepajõe poolt kunagi alustatud kultuuriürituse "Lepakose lugemiste" traditsiooni endise Suure-Jaani valla Lepakose talus. Samas jätkas ta Eesti Põllumajandusmuuseumi rahvaga tihedaid suhteid. Raske haigus viis Aimur Joandi meie hulgast 25. märtsil 2014. aastal.

Koos arstist abikaasa Marega on Aimur Joandi üles kasvatanud kolm tegusat poega ja oli ka nende peredesse sündinud lapselastele igati tubliks vanaisaks.

Jaan Kuht

