

J Agric Sci
Vol. 25 No. 1
pp 3–55
Estonian Academic
Agricultural Society
Tartu, Estonia
June 2014

XXV (1) : 3–55 (2014) : ISSN 1024-0845 ESSN 2228-4893

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

AGRAARTEADUS

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE



Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi väljaanne
Tartu 2014



Toimetuskolleegium / Editorial Board:

Peatoimetaja / Editor-in-chief

Maarika Alaru Estonian University of Life Sciences

Toimetajad / Editors

Evelin Loit Estonian University of Life Sciences

Brian Lassen Estonian University of Life Sciences

Alo Tänavots Estonian University of Life Sciences

David Arney Estonian University of Life Sciences

Oliver Sada Estonian University of Life Sciences

Toomas Orro Estonian University of Life Sciences

Toimetuse sekretär / Editorial secretary

Marko Kass Estonian University of Life Sciences

Rahvusvaheline toimetuskolleegium / International Editorial Board

Sveinn Adalsteinsson Agricultural University of Iceland

Ants Bender Jõgeva Plant Breeding Institute, Estonia

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

Margareta Emanuelson Swedish University of Agricultural Sciences

Matti Esala MTT Agrifood Research Finland

Csaba Jansik MTT Agrifood Research Finland

Aleksandrs Jemeljanovs Latvia University of Agriculture

Olav Kärt Estonian University of Life Sciences

Pirjo Peltonen-Sainio MTT Agrifood Research Finland

Jan Philipsson Swedish University of Life Sciences

Vidmantas Pileckas Lithuanian Veterinary Academy

Jaan Praks Estonian University of Life Sciences

Baiba Rivza Latvia University of Agriculture

Andrzej Sadowski Warsaw Agricultural University

Mart Sõrg Tartu University, Estonia

Rein Viiralt Estonian University of Life Sciences

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

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

Agraarteaduse väljaandmist toetab Eesti Maaülikool

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

AGRAARTEADUS

2014 ♦ XXV ♦ 1

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

Agraarteaduses avaldatud teaduspublikatsioonid on retsenseeritud

SISUKORD

TEADUSARTIKLID

A. Bender

Kokkuvõtte Jõgeval läbiviidud päideroo (*Phalaris arundinacea* L.) seemnekasvatuse katsete tulemustest 3

K. Hiisaar, V. Eremeev, L. Metspalu, E. Kruus, A. Luik

Kartulimardika (*Leptinotarsa decemlineata* Say) fenoloogia ning lokaalse asurkonna kujunemine aastatel 2008–2013 Eerika katsepõllul 17

H. Kaldmäe, A. Olt, R. Leming, M. Ots

Rohu- ja maisisilode mükotoksiinidega saastatus Eestis 23

R. Kõlli, I. Tamm

"Aasta 2014 muld" – leostunud muld 30

ÜLEVAATEARTIKLID

T. Püssa

Liha oksüdatsiooni mehhanismid ning mõju toodete ohutusele ja kvaliteedile 39

KIRJAD TOIMETAJALE

B. Lassen

Aususe devalveerumine teaduses 48

RAAMATUTE ÜLEVAATED

A. Kaasik

Kõrgkooliõpik *Lüpsilehma söötmine* 50

KROONIKA

T. Univer

Julius Eslon – 120 51

T. Univer

Arthur Jaama – 100 53

J. Kuht

Aimur Joandi – *in memoriam* 55

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE

2014 ♦ XXV ♦ 1

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

Scientific publications published in *Agraarteadus* are peer-reviewed

CONTENTS

RESEARCH ARTICLES

A. Bender

Summary of trial results of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) seed production that were conducted at Jõgeva 3

K. Hiiesaar, V. Eremeev, L. Metspalu, E. Kruus, A. Luik

Phenology and formation of local population of Colorado potato beetles in 2008–2013 (*Leptinotarsa decemlineata* Say) 17

H. Kaldmäe, A. Olt, R. Leming, M. Ots

Mycotoxin contamination in grass and maize silage in Estonia 23

R. Kõlli, I. Tamm

Year 2014 soil" – the leached soil 30

REVIEW ARTICLES

T. Püssa

Meat oxidation – mechanisms and influence on quality and safety of meat products ... 39

LETTERS TO THE EDITOR

B. Lassen

Corruption of scientific integrity 48

Agraarteadus
1 * XXV * 2014 : 3–16



Journal of Agricultural Science
1 * XXV * 2014 : 3–16

KOKKUVÕTE JÕGEVAL LÄBIVIIDUD PÄIDEROO (*PHALARIS ARUNDINACEA* L.) SEEMNEKASVATUSE KATSETE TULEMUSTEST

SUMMARY OF TRIAL RESULTS OF REED CANARYGRASS (*PHALARIS ARUNDINACEA* L.) SEED PRODUCTION THAT WERE CONDUCTED AT JÕGEVA

Ants Bender

Eesti Taimekasvatuse Instituut, Aamisepa 1, 48309 Jõgeva

Saabunud: 17.02.2014
Received:
Aktsepteeritud: 03.03.2014
Accepted:

Avaldatud veebis: 20.06.2014
Published online:

Vastutav autor: Ants Bender
Corresponding author:
e-mail: ants.bender@etki.ee

Keywords: reed canarygrass, seeding rate, row spacing, nitrogen fertilizer, harvest time of stubble hay, seed yield, biofuel.

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2014_1_bender.pdf

ABSTRACT. Reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) is a naturally widespread grass in Estonia, which so far has successfully been used as a dominant species in the stands of cultural meadows on reclaimed alluvial and peat soils. Because of high and stable dry matter yield through years, in the past decades the species has been started to be used in addition to fodder production also as raw material for cellulose and energy production. Compared to other grasses, reed canarygrass is characterized by a moderate and unstable seed yield. In the years 2008–2013 a number of experiments was conducted at the Jõgeva Plant Breeding Institute in order to investigate the effect of seeding rate (4, 6, 8, 10 kg ha⁻¹), row spacing (15, 30, 45, 60 cm), nitrogen fertilizer rate (N 70, 105, 140 kg ha⁻¹) and cutting time of stubble hay (July, October, April) on the seed yield of reed canarygrass. The trial results indicated that when the seed field was established with narrow spacing (15 cm), seeding rate of 4–6 kg ha⁻¹ and nitrogen was applied at the rate of N 140 kg ha⁻¹, the reed canarygrass "Pedja" yielded in the first two years of use up to 430 kg of seed per hectare. In the following years of use the seed yield dropped drastically. It was expedient to cut the stubble hay at the end of the vegetation period (October) or even next spring (April). Besides the seed yield, it was possible to harvest from the trials 5–8 t ha⁻¹ of dry matter the energetic value of which was 140 GJ. The moisture content of straw harvested in July was 14.5–20.3%, of stubble hay harvested in April 14.3–15.2%. The straw of reed canarygrass as well as the stubble hay harvested in April can be used as energy hay, the sales revenue of which made 12% of the total estimated sales revenue.

© 2014 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2014 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Päideroog (*Phalaris arundinacea* L.) on Eestis laia levikuga kõrreline, mis kasvab looduslikult jõgedes, ojades ja järvedes kallastel, ajutiselt üleujutatavatel lamminiitudel. Liik oli põllumajanduslikus tootmises oluline ajal, mil rohusööjate loomade talvine sööt varuti poollooduslikelt rohumaadelt. 20. sajandi teisest poolest on päideroog kasutusel olnud kultuurniitude rajamisel kuivendatud madalsoo ja lammimuldadel, sest on üks väheseid kõrrelisi aas-rebasesaba, ohtetu

püsiikluste ja põldtimuti kõrval, mis sealsetes agroökoloogilistes tingimustes pikaajalise ja saagika niidutaimiku moodustab. On suure saagipotentsiaaliga. Annab Eestis kaheniitelise kasutuse korral 8–12 t kuivainet hektarilt (Koitjärvi, 1987, 1989; Annuk 1992). Eesti taasiseseisvumise järel on Eestis rohusööjate loomade (sh veiste) arv drastiliselt vähenenud, piimalehmade aastatoodang samal ajal aga mitmekordseks tõusnud. Sellega seoses on vähenenud söödavajadus, kuid tõusnud nõuded sööda kvaliteedi osas. Muutunud

oludes vähenes tootjate huvi päideroo seemnete järele. Aastatel 1995–2004 ei tunnustatud Eestis koguni ühtki hektarit päideroo seemnepõlde.

Viimastel aastatel on päideroog tõusnud huviorbiiti seoses tema võimaliku kasutamiselega biokütusena. Nõudluse kasvuga on kaasnenud liigi seemnekasvatuse pindade suurenemine. 2013. aastal tunnustati Eestis 9 kasvataja juures päideroo seemnepõlde 115 ha, mis moodustas kõrreliste heintaimede tunnustatud seemnepõldude kogupindalast 11,6%. 2012/13 hooajal sertifitseeriti 23,9 t päideroo seemet.

Liigi saagivõimet ja saagi kvaliteeti ning neid mõjutavaid tegureid on Eestis söödatootmise seisukohast lähtudes pikka aega uuritud, kuid seemnekasvatuse agrotehnikat peaaegu mitte. Agronoomilistes teatmeteostes soovitatakse seemnepõld rajada laiarealises külvis külvisenormiga 6–12 kg ha⁻¹ (Korjus, 1958; Rand 1992), niidutaimikute rajamisel on soovitatav puhaskülvinorm 15 kg ha⁻¹ (Adojaan, 1964). Laia reavahe vajalikkust seemnepõllul põhjendatakse liigi võimega levida võsunditega. Päideroo seemnesaagi kohta on eestikeelses kirjanduses andmeid vähe, enamasti on saaginumbrid tagasihoidlikud – 80–200 kg ha⁻¹ (Rand, 1992). Samasse suurusjärku jäävad selle liigi seemnesaagid ka naabermaades: Soomes 86–304 kg ha⁻¹, nelja aasta keskmine seemnesaak 100 kg ha⁻¹ (Pahkala *et al.*, 2005), Norras 265 kg ha⁻¹ (Aamlid, Havstad, 2011), Lätis 200–300 kg ha⁻¹ (Guide book..., 2008).

Päideroogu peetakse Eestis jt põhjamaades üheks kõige saagirikkamaks heintaimeliigiks. Tal on väga hästi väljaarenenud juurekava. Teise kasvuaasta lõpuks on päiderool juurte ja võsundite näol enam kui 50% kogu biomassist mullas (Kätterer, Andren, 1999). Tugev juurekava tagab teiste liikidega võrreldes sellel liigil aastate lõikes kõige stabiilsema kuivainesaagi. Samas täheldatakse päideroo seemnesaagi ebastabiilsust aastate lõikes (Østrem, 1988; Sahramaa, Hömmö, 2000; Sahramaa *et al.*, 2002; Pahkala *et al.*, 2005). Liigi puuduseks võib lugeda seemnete ebaühtlast valmimist ja valminud seemne varisemist. Varisemiskadu võib küündida isegi 90%-ni (Hermann, 1975; Sahramaa, Hömmö, 2000)

Eestis oli uue aastatuhande algul 286 000 ha kasutamata põllumaad (Astover *et al.*, 2007). Võsastumise ärahoidmiseks peeti õigeks neid alasid kasutusele võtta bioenergia tootmise eesmärgil. Päideroog, kui potentiaalne energiakultuur, pakub selleks ühe võimaluse. Kasvatajal lihtsustuks ka sortide valik, sest poleks vaja jälgida alkaloidide sisaldust, mis teatavasti on takistuseks päideroo söödaks kasutamisel (Østrem, 1987). Kasvupindade laiendamine eeldab liigi kodumaist seemnekasvatust. 2008. aastal rajati Eesti Taimikasvatuse Instituudis põldkatsed, mille eesmärgiks oli täpsustada päideroo seemnekasvatuse agrotehnikat üksikasju. Selgitati reavahelaiuse, külvisenormi ja lämmastikväetise normi mõju seemnesaagile 4 kasutusaasta jooksul. Uuriti samuti kontsheina niitmisaegu ja võimalust ühildada päideroo seemnekasvatust energiaheina tootmisega.

Katsematerjal ja meetodika

Päideroo seemnekasvatuse katsed rajati 2008. aasta mais eelneval aastal mustkesas hoitud põllule. Katsed paiknesid leostunud mullal (K₀), mille agrokeemilised näitajad katse rajamisel olid: pH_{KCl} 5,8, P 27, K 67, Ca 2150, Mg 159 mg kg⁻¹ ja C_{org} 2,4%. Rajamise eel sai katseala mineraalväetisi normiga P 19, K 67 kg ha⁻¹. Fosfor-kaaliväetisi hiljem ei kasutatud. Lämmastikväetist anti rajamisaastal külvieelse mullaharimise alla normiga N 70 kg ha⁻¹, saagiaastal normiga N 70 kg ha⁻¹ nädal pärast kasvuperioodi algust ja normiga N 70 kg ha⁻¹ pärast seemnesaagi koristamist. Lämmastikväetise kasutamist selgitavas katses toimiti vastavalt katseplaanile. Väetised külvati külvikuga Hege 33. Katsed külvati kitsarealiselt külvikuga Hege 80 külvisenormiga 6 kg 100%-lise külvisenormiga seemet ha-le, v.a reavahe laiusi käsitlevas katses, kus kasutati laia reavahega (30, 45 ja 60 cm) variantides külvikut Hege 90-1. Kõik katsed viidi läbi neljas korduses, katseplappide asetus randomiseeritud. Külviaastal pritsiti katseala umbrohtude tõrjeks herbitsiidiga MCPA 750, preparaadi kulunorm 1,0 l ha⁻¹. Pritsimise ajal olid päideroo taimed 2–4 lehe faasis. Pritsimisest kasvama jäänud umbrohtude nõrgestamiseks niideti katseala üks kord motorrobotiga MF 70 15 cm kõrguselt. Külviaasta taimik niideti ja koristati vegetatsiooniperioodi lõppedes 10 cm kõrguselt. Saak määrati kombainiga Hege 212. Saagiaastal mõõdeti seemnetaimikute kõrgust päideroo õitsemise ajal, korduste arv variandi kohta 16. Seemnesaak koristati kombainiga Hege 140 (foto 1) kahefaasiliselt: I faas, kui kergel pöörise raputamisel ilmsid seemnete varisemise nähud, II faas 6–7 päeva hiljem. Põhk kaaluti. Seemnesaak kuivatati diinesenkuivatis ja puhastati Kamas-Westrupi firma laboratoorsete masinatega. Laboratooriumis määrati seemnete 1000 seemne mass ja 6 kuud pärast koristamist idanevus. Tüü kõrgus koristamisel 60–65 cm. Kontshein koristati haljasmassi katsekombainiga Hege 212 2009. aastal oktoobris, aastatel 2011, 2012 aprillis, 2013. aastal mai algul.



Foto 1. Päideroo seemnesaagi koristamine kombainiga Hege 140

Photo 1. Harvesting of seed yield of reed canarygrass with the combine Hege 140

Katses, kus uuriti kontsheina niitmisaja mõju päideroo seemnesaagile, toimiti vastavalt katseplaanile. Põhul ja kontsheinal määrati niiskusesisaldus, mille põhjal arvutati kuivainesaadid. Külviaasta haljasmassi, kombaini põhu ja eri aegadel koristatud kontsheina biokeemilised analüüsid on tehtud Põllumajandus-uuringute Keskuse laboratooriumis, lehe-varre analüüsid aga Jõgeval.

Päideroo seemnepõllu rajamisaasta ja saagiaasta masinakulude arvutamisel on kasutatud Eesti Maaviljeluse Instituudis väljatöötatud algoritme (Masinakulude algoritmid, 2012).

Katsed viidi läbi sordiga 'Pedja'.

Külviaasta (2008) vegetatsiooniperiood oli jahedapoolne, sademeterohke (eriti juuni ja august), päideroo külvide tärkamiseks ja arenguks väga soodne. Esimene saagiaasta (2009) oli nii õhutemperatuurilt kui sademete hulgal ja jaotuselt paljude aastate keskmisele lähedane. Aastate 2010 ja 2011 vegetatsiooniperioodid olid paljude aastate keskmisest kõrgema õhutemperatuuriga ja põuased. Neil aastail olid ilmastikuolud soodsad seemnesaagi küpsemiseks ja koristamiseks, kuid suve II poolel põhjustas põud taimekasvuse seisakut, mis võis negatiivselt mõjutada järgmise aasta seemnesaaki. 2012. aasta oli temperatuurilt paljude

aastate keskmisele lähedane, tavalisest sajusema juuni (110 mm) ja augustiga (130 mm). Talved katsete läbiviimise ajal olid Jõgeval lumerohked. Lumikatte pakuseks mõõdeti üle 30 cm, talvel 2010/2011 koguni üle 50 cm.

Katseandmete statistilisel töötlemisel on kasutatud arvutiprogrammi AGROBAZE.

Katsetulemused ja arutelu

Külvisenormi katse

Kitsarealiselt rajatud külvisenormi katse saime esimesel kasutusaastal esimesel kombainimisel seemnesaadid vahemikus 213,6–311,4 kg ha⁻¹, teine läbipeks andis saagilisa 46,3–74,3 kg ha⁻¹ (tabel 1). Ülejäänud külvisenormi variantidest usutavalt suurema seemnesaagi nii esimeses kui teises koristusfaasis andis väikseima külvisenormiga (4 kg ha⁻¹) rajatud katsevariant. Külvisenormi suurendamine 2 kg ha⁻¹ võrra vähendas esimese kasutusaasta seemnesaaki 13,8%, edasine suurendamine veel 2 kg ha⁻¹ võrra omakorda 18,8%.

Kõrrelistel mõjutab külvisenorm taimiku tihedust peamiselt rajamisaastal ja esimesel kasutusaastal.

Tabel 1. Külvisenormi mõju päideroo seemnesaagile ja 1000 seemne massile kitsarealise külvi korral
Table 1. Effect of seeding rate on the seed yield and 1000 seed weight of reed canarygrass

Külvisenorm Seeding rate kg/ha	Taimede kõrgus Plant height cm	Seemnesaak, kg ha ⁻¹ Seed yield, kg ha ⁻¹				1000 seemne mass, g 1000 seed weight, g	
		I faas	II faas	I+II faas	%	I faas	II faas
2009							
4	183	311,4	74,3	385,6	100,0	1,128	0,974
6	180	274,3	58,0	332,4	86,2	1,116	0,970
8	178	213,6	46,3	259,9	67,4	1,122	0,980
10	183	220,7	48,6	269,3	69,8	1,120	0,980
LSD 0,05	5	33,3	10,0	31,3		0,012	0,030
2010							
4	189	409,7	58,1	467,8	100,0	1,110	1,011
6	182	394,5	59,7	454,1	97,1	1,108	1,011
8	181	364,4	63,6	428,1	91,5	1,104	1,004
10	181	297,9	58,3	356,2	76,1	1,114	1,018
LSD 0,05	7	44,9	9,2	45,4		0,026	0,018
2011							
4	182	69,3	29,5	98,8	100,0	1,015	0,948
6	180	48,1	22,6	70,7	71,5	1,053	0,933
8	181	36,6	20,0	56,6	57,3	0,975	0,943
10	176	23,9	16,9	40,8	41,3	0,960	0,890
LSD 0,05	8	13,1	7,0	17,3		0,107	0,031
2012							
4	170	95,2	17,2	112,4	100,0	0,734	0,686
6	165	67,3	14,5	81,8	72,8	0,709	0,699
8	166	38,2	12,4	50,6	45,0	0,732	0,704
10	160	53,3	12,2	65,4	58,2	0,742	0,705
LSD 0,05	7,4	13,0	4,4	15,6		0,049	0,074

Hiljem võrsumine ühtlustab kord-korralt rajamisel külvisenormiga saavutatud erinevused taimiku tiheduses. Sama tendents ilmnes ka meie katseandmetes. Kuigi jätkuvalt andis kõige kõrgema seemnesaagi väikseima külvisenormiga külvatud katsevariant, olid variantidevahelised erinevused seemnesaagis teiseks kasutusaastaks märgatavalt ühtlustunud. Katseviiga

arvesse võttes erines ülejäänutest vaid külvisenormiga 10 kg ha⁻¹ rajatud variant, mille seemnesaak oli 23,9% madalam külvisenormiga 4 kg ha⁻¹ rajatud variandist. Teisel läbipeksmisel saadud seemnesaadid (58,1–63,6 kg ha⁻¹) olid teisel kasutusaastal katseviiga arvestades võrdsed.

Kolmandal saagiaastal (2011) moodustas päideroog generatiivvõrseid vähe kõigis läbiviidavates katsetes kõigis uuritavates variantides. Külvisenormi katsetes jäid kahefaasiliselt koristatud seemnesaadid kõigis variantides alla 100 kg ha⁻¹. Enam-vähem samasse suurusjärku jäid seemnesaadid ka neljandal saagiaastal.

Kasutatud külvisenormid päideroo 1000 seemne massi ei mõjutanud. Teises faasis koristatud seemne 1000 tera mass oli ootuspäraselt väiksem võrreldes esimesel läbipeksemisel saadud seemnega – vahe 0,10–0,15 g. Generatiivvõrsete hõreda seisu tõttu eeldasime kolmandal saagiaastal varasemate saagiaastatega võrreldes suuremat 1000 tera massi, kuid vastandmed näitasid vastupidist. Kordustevahelised suured erinevused suurendasid piirdiferentsi väärtust – eriti esimese faasi saagi 1000 tera massides. Neljanda kasutusaasta seemne oli varasemate aastatega võrreldes 0,2–0,3 g kergem.

Kasutatud külvisenormid mõjutasid päideroo generatiivvõrsete pikkust vähe. Paljude üksikmõõtmiste keskmisena oli see üsna ühetaoline ja küündis kolmel esimesel saagiaastal 180–190 cm-ni (foto 2), neljandal kasutusaastal jäid generatiivvõrset 20 cm võrra madalamaks. Tegelikult on päideroo generatiivvõrsete keskmist kõrgust määrata keerukas, sest võrsete kõrgus varieerub väga suures vahemikus – erinevus kõrguses võib küündida kuni 1 m-ni.

Katsetulemusi kokku võttes võib nentida, et kõige suurema seemnesaagi andis päideroog külvisenormi variandis 4 kg ha⁻¹ ja seda kõigil neljal taimiku kasutusaastal. Kasutades seemnepõldu kahel saagiaastal, saadi selles parimaks osutunud variandis keskmiseks seemnesaagiks 427 kg ha⁻¹, kasutades seemnepõldu kolm aastat, saadi aastate keskmisena 317 kg seemet hektarilt. Seemnepõllu jätmise neljandaks aastaks vähendas nelja aasta keskmist seemnesaaki 170 kg-ni hektarilt.

Külvisenormi suurendamine ei suurendanud mitte ainult seemnepõllu rajamiskulusid vaid vähendas usutavalt ka seemnesaaki.

Kirjanduse andmeil soovitatakse naabermaades päideroo seemnepõlde rajada üsna erinevate külvisenormidega. Lätis soovitatakse laiarealise (60 cm) külvi korral külvisenormi 10–12 kg ha⁻¹ (Guide Book..., 2008), Loode-Venemaal kitsarealiselt külvates 4,8 kg ha⁻¹ (Lepkovitch *et al.*, 1995), Soomes on seemnesaagi katsed külvatud kitsarealiselt normiga 11,8 kg ha⁻¹ (Sahramaa, Hömmö, 2000), Norras soovitatakse normi 3–6 kg ha⁻¹ (Aamlid, Havstad 2012). Madalamat külvisenormi soovitatakse kasutada, kui niiskusolud seemnete idanemiseks on head. Norras külvatatakse päideroo seemnepõld kitsarealiselt või üle rea (reavahe siis 25–30 cm). Ülerea külvi korral saab tavakülvikuga paremini ja ühtlasemalt väikesi külvisenorme välja külvata. Eestis on varasemal ajal rajatud päideroo seemnepõlde laiarealiselt külvisenormiga 8–12 kg ha⁻¹ (Korjus, 1964).



Foto 2. Päideroo seemnetaimik on kuni 2 m kõrge
Photo 2. Plants of reed canarygrass reach up to 2 m in height

Reavahe laiuse katse

Reavahe laius vahemikus 15–45 cm esimesel kasutusaastal seemnesaaki usutavalt ei mõjutanud (tabel 2). Võrreldes kitsarealise külviga olid saaginumbrid 4,4% paremad variandis, kus külvati 45 cm reavahega. Vaid 60 cm reavahe vähendas usutavalt seemnesaaki. Teisel kasutusaastal andis teistest variantidest usutavalt kõrgema seemnesaagi kitsarealine külv. Ka teisel kasutusaastal jäi seemnesaak kõige tagasihoidlikumaks 60 cm reavahe korral. Kolmanda kasutusaasta seemnesaak jäi kõigi reavahe variantide puhul sedavõrd madalaks, et tootmises vaevalt oleks kombainiga koristamine end majanduslikult õigustanud. Ka neljandaks kasutusaastaks olukord ei paranenud – generatiivvõrseid moodustus vähe ja seemnesaak jäi väikeseks.

Katse tulemustele tuginedes võime väita, et päideroo seemnepõldu võib rajada edukalt ka kitsarealisel külvis. Saaginäitajatelt osutus just see variant kõige saagikamaks. Kasutades nii rajatud seemnepõldu kahel kasutusaastal saime keskmiseks seemnesaagiks 380 kg ha⁻¹. Jättes seemnepõllu kolmandaks saagiaastaks, langes aastate keskmine seemnesaak 269 kg-ni ha⁻¹, neljanda saagiaasta järel aga 228 kg-ni hektarilt.

Tabel 2. Reavahelaiuse mõju päideroo seemnesaagile ja 1000 seemne massile
Table 2. Effect of row spacing on the seed yield and 1000 seed weight of reed canarygrass

Rea vahe Row spacing cm	Taimede kõrgus Plant height cm	Seemnesaak / Seed yield kg ha ⁻¹			1000 seemne mass / 1000 seed weight g		
		I faas	II faas	I+II faas	%	I faas	II faas
2009							
15	191	324,3	80,4	404,7	100,0	1,152	0,968
30	187	323,0	83,2	406,1	100,4	1,115	0,930
45	193	335,4	87,1	422,6	104,4	1,119	0,946
60	197	282,3	73,1	355,4	87,8	1,108	0,955
LSD 0,05	6	25,2	10,4	18,9		0,030	0,016
2010							
15	189	322,8	32,0	354,8	100,0	1,122	1,027
30	177	284,1	30,2	314,1	88,5	1,115	1,031
45	176	295,8	31,5	327,3	92,2	1,109	1,020
60	180	273,8	30,4	304,2	85,7	1,086	0,998
LSD 0,05	8	14,9	4,6	16,8		0,017	0,032
2011							
15	183	35,5	13,5	49,0	100,0	1,078	0,880
30	180	29,5	11,7	41,2	84,1	1,068	0,925
45	182	30,2	14,4	44,6	91,0	1,058	0,945
60	186	26,8	14,7	41,5	84,7	1,100	0,945
LSD 0,05	11	5,0	2,5	3,7		0,129	0,038
2012							
15	170	89,4	15,6	105,0	100,0	0,742	0,664
30	168	74,9	14,8	89,7	85,4	0,731	0,719
45	177	79,3	19,6	98,9	94,2	0,774	0,725
60	170	84,7	14,2	98,9	94,2	0,723	0,702
LSD 0,05	7,1	29,9	2,8	31,5		0,041	0,047

Reavahelaiusest tingitud muutusi päideroo generatiivvõrsete kõrguses ei täheldatud. Selles katses võis täheldada kitsarealise külvi variandis kõrgemat 1000 tera massi, mis oli märgatav esimese koristusaja saagis.

Nagu külvisenormi katse juures juba eelpool märgitud leiab naabermaade erialakirjandusest päideroo seemnepõllu reavahelaiuse kohta erinevaid soovitusi. Vanemas kirjanduses soovitatakse päideroo seemnepõld külvata laiarealiselt, uuemas kirjanduses aga domineerivalt kitsarealiselt külvis. Soovituste muutmist ajas võivad põhjustada kaks asjaolu:

1) ajal, mil heinaseemnekasvatuses kasutati vähe herbitsiidide oli ainuvõimalus laia reavahega rajatud põllul umbrohtude üle kontrolli saavutada mehaaniliste umbrohutõrje võtetega;

2) varem peeti päideroo seemnepõldu 6–8 kasutus-aastat, nüüd ei võimalda seadused tunnustada sama kategooria paljundust üle kolme kasutusaasta. Laia reavahega rajatud põllu eelis võis ilmnedu vanematel kasutusaastatel.

Lai reavahe õigustab end olukorras, kus seemet põllu rajamiseks on vähe, taotletakse aga kõrget paljunduskoefitsienti.

Lämmastikväetise katse

Katseandmete jälgimiseks tabelis 3 on otstarbekaks meetodika osas toodule lisada järgmist. Põldkatse rajamisel anti külveelselt lämmastikku variantides 1–3 normiga N 35 kg ha⁻¹, variandis 4 aga normiga N 70 kg ha⁻¹. Nädal pärast keemilist umbrohutõrjet (päideroo taimedel 3–4 lehte) anti teist korda lämmastikku. Variantides 1 ja 2 normiga N 35 kg ha⁻¹, variantides 3 ja 4 normiga N 70 kg ha⁻¹. Variandis 2 anti kaks nädalat hiljem veel kolmaski kord lämmastikku normiga N 35

kg ha⁻¹. Kokku sai rajamisaastal variant 1 lämmastikku 70, variandid 2 ja 3 105 ning variant 4 140 kg ha⁻¹.

Saagiaastate kevadel väetati katsevariante nädal pärast vegetatsiooni algust. Siis said variandid 1 ja 2 lämmastikku normiga N 35, variandid 3 ja 4 aga normiga N 70 kg ha⁻¹. Variant 2 sai kõrsumise algul veel täiendava koguse lämmastikku, norm N 35 kg ha⁻¹. Pärast seemnesaagi koristamist anti juulis kontsheinale variantides 1–3 lämmastikku normiga N 35 kg ha⁻¹, variandis 4 aga normiga N 70 kg ha⁻¹.

Seemnesaagi andmed näitavad, et päideroo on lämmastikunõudlik liik, millele 200 kg ha⁻¹ ammooniumsalpeetrit rajamis- ja seemnesaagiaastal on liiga vähe ega võimalda liigi seemnesaagivõimel täielikult avalduda. Kevadine kasvu algul antud topelt lämmastikuanus (N 70) tõstis kahel esimesel kasutusaastal seemnesaaki 24,4 ja 26,6%, seega veerandi võrra (tabel 3). Kolmandal ja neljandal saagiaastal oli saagitõus veelgi suurem, kuigi kogu katse ulatuses oli saagitase juba märgatavalt langenud. Saagiaasta kevadine lämmastikväetise jaotatud andmine (N 35+35) võrreldes sama koguse ühekordse andmisega end ei õigustanud. Seemnesaaki see ei suurendanud, pigem vastupidi – vähendas. Erinevus variantide 2 ja 3 saaginumbrites jäi siiski katsevea piiresse. Usutavalt kõige kõrgema seemnesaagi andis katses variant 4, kus kevadkasvu algul anti 200 kg ammooniumsalpeetrit ja seemnesaagi koristamise järel veelkord 200 kg ammooniumsalpeetrit hektarile. Võrreldes variandiga 1, kus päideroo seemnetaimik sai poole vähem lämmastikku, andis variant 4 esimesel kahel saagiaastal seemet vastavalt 69,6% ja 42,4% rohkem, kolmandal ja neljandal saagiaastal aga seemnesaak tugevama väetamisega kahekordistus.

Tabel 3. Lämmastikväetise normi mõju päideroo seemnesaagile ja 1000 seemne massile
Table 3. Effect of nitrogen fertilizer on the seed yield and 1000 seed weight of reed canarygrass

N Variant	Taimede kõrgus Plant height cm	Seemnesaak / Seed yield kg ha ⁻¹				1000 seemne mass / 1000 seed weight g	
		I faas	II faas	I+II faas	%	I faas	II faas
2009							
35+35	176,4	209,0	47,1	256,1	100,0	1,115	0,987
35+2x35	182,4	241,1	60,0	301,1	117,6	1,114	1,000
35+70	179,7	258,7	60,0	318,6	124,4	1,125	0,995
70+70	179,3	355,6	78,7	434,3	169,6	1,127	0,985
LSD 0,05	5,0	27,7	8,4	28,7		0,013	0,029
2010							
35+35	182,8	241,0	37,1	278,1	100,0	1,146	0,980
35+2x35	178,9	255,9	39,5	335,3	120,6	1,119	0,978
35+70	178,7	311,1	40,9	352,0	126,6	1,108	0,966
70+70	180,8	349,3	46,8	396,1	142,4	1,128	0,990
LSD 0,05	7,4	28,2	5,5	32,2		0,021	0,022
2011							
35+35	182,0	17,9	9,7	27,6	100,0	0,948	0,820
35+2x35	178,0	20,7	10,1	50,8	184,1	0,883	0,895
35+70	182,0	36,3	18,9	55,2	200,0	0,965	0,865
70+70	179,0	36,2	24,3	60,5	219,2	0,895	0,900
LSD 0,05	6,0	4,8	4,0	6,1		0,045	0,029
2012							
35+35	180,0	68,7	13,8	82,5	100,0	0,983	0,896
35+2x35	178,0	104,5	17,1	121,6	147,4	0,991	0,878
35+70	181,0	115,3	17,1	132,4	160,5	0,994	0,914
70+70	182,0	142,8	18,6	161,4	195,6	1,011	0,916
LSD 0,05	7,1	13,1	6,6	16,5		0,026	0,024

Seemnetaimiku kõrgusele ja seisukindlusele kasutatud lämmastikukogused mõju ei avaldanud. Seemnete 1000 seemne massis kasutatud lämmastiku normid kindlasuunalisi muutusi esile ei kutsunud. Küll oli märgata katseaastate mõju sellele näitajale. Kahel esimesel saagiaastal oli see näit katsevariantides läbivalt kõrgem: esimese koristusfaasis üle 1 g, teises koristusfaasis pisut alla selle piiri. Kolmandal ja neljandal saagiaastal oli kõigis väetusvariantides mõlemas koristusfaasis 1000 seemne mass alla 1 g. Erinevus variantide ja korduste vahel oli suurem, mis suurendas ka piirdiferentsi määra.

Norras soovitatakse päideroo seemnepõllule märgatavalt kõrgemaid lämmastikunorme. Saagiaasta kevadel soovitatakse anda lämmastikku normiga N 80–100 kg ha⁻¹ ja sama kogus ka pärast seemne koristamist. Keskmine seemnesaak on seal seejuures 260 kg ha⁻¹ (Aamlid, Havstad, 2011). Lätis soovitatakse seemnepõllu rajamisel anda lämmastikku normiga N 70 kg ha⁻¹, saagiaasta kevadel aga normiga N 100 kg ha⁻¹. Aastate keskmine seemnesaak Lätis jääb vahemikku 200–300 kg ha⁻¹ (Guide Book..., 2008). Meie katses andis päideroog variandis 4 (N 70 + N 70 kg ha⁻¹) kahe esimese saagiaasta keskmisena 415 kg, kolme saagiaasta keskmisena 297 kg ja nelja saagiaasta keskmisena 263 kg seemet hektarilt.

Kontsheina niitmisaja mõju päideroo seemnesaagile

Päideroo taimiku kõrgus seemne küpsemise ajal küünib esimestel kasutusaastatel kahe meetrini. Päideroo seemnete küpsemisel kolletub ainult pöörise ja pöörise alune kõrre osa. Kõrre basaalsel osal paiknevad lehed jäävad rohelisteks sügiseni. Kombainist jääb

põllule 60–65 cm kõrgune konts (foto 3), mis selle liigi puhul soovitatakse jätta kasvama sügiseni. Kontshein koristatakse tootmispraktikas alles vegetatsiooni-perioodi lõpul.



Foto 3. Kombainimisel jäeti 60–65 cm kõrgune konts kasvama
Photo 3. At combine harvesting a 60–65 cm high stubble was left to grow

Päideroo kontsule jäänud kõrresõlme meristeemkude säilitab aktiivsuse, sinna moodustub suve teisel poolel kimp võrseid (foto 4). Taimiku lamandumise korral võivad kõrresõlmest areneda ka juured (Hovin *et al.*, 1973). Kontsheina käsitlemisvõimaluste selgitamiseks korraldati Jõgeval eraldi katse.

Külviaastal väetati kogu katseala lämmastikuga ühtlaselt: külvi eel normiga N 70 kg ha⁻¹ ja nädal pärast herbitsiid MCPA 750 kasutamist (norm 1,0 l ha⁻¹) veelkord normiga N 70 kg ha⁻¹. Esimese saagiaasta (2009) kevadel sai katseala veelkord lämmastikku normiga N 70 kg ha⁻¹. Seemnesaak koristati juulis ja saadi 399,96

e 400 kg seemet hektarilt (tabel 4). Edasi rakendati erinevaid kontsheina niiteaegu ja lämmastikväetise norme. Juulis ja oktoobris niidetud kontsheina variante võrreldi kahel lämmastikväetise foonil: N 35 ja N 70 kg ha⁻¹ antuna juulis. Kevadel said kõik variandid võrdselt lämmastikväetist normiga N 70 kg ha⁻¹.



Foto 4. Päideroo kõrresõlmede meristeem on aktiivne. Suve teisel poolel kasvab niitmisel säilinud ülemisest kõrresõlmest välja kimp noori võrseid.

Photo 4. The meristem of stem nodes of reed canarygrass is active. In the second half of summer new shoots are developing from the upper stem node preserved during cutting.

Kontshein niideti mõlemal ajal 10 cm kõrguselt. Ühes variandis jäeti kontshein üldse sügisel niitmata ja niideti see hoopis kevadel aprillis, kui muld oli juba tahenenud, kuid taimekasv ei olnud veel alanud (foto 5).

Tabelis 4 toodud katsetulemustes leidis kinnitust seisukoht, et juulis pole otstarbekas päideroo kontsheina

maha niita. Järgmise aasta seemnesaak vähenes. Ületalve põllule jäetud kõrtevaene ädal lamandus ega olnud kevadel energiaheinaks koristatav (foto 6). Niitmisejärgne tugevam lämmastikuga väetamine juulis tõstis küll järgmise aasta seemnesaaki, kuid mitte tasemeni, mis saavutati katses kontsheina oktoobris niites. Hästi mõjus seemnesaagile kontsheina pidamine põllul ületalve. Just selles variandis saadi kõige paremad katsetulemused.



Foto 5. Kontsheina niitmisaegade katse. Kombain Hege 212 koristab kontsheina aprillis. Kahel pool koristatavat lappi on variant, millelt kontshein koristati oktoobris.

Photo 5. Trial of cutting dates of stubble hay. The combine Hege 212 harvests stubble hay in April. The plot under harvest is surrounded at both sides by the variant in which stubble hay was harvested in October.

Tabel 4. Kontsheina niitmisaaja mõju päideroo seemnesaagile

Table 4. Effect of cutting time of stubble hay on the seed yield of reed canarygrass

Niitmisaeg Cutting time	N variant	Seemnesaak, kg ha ⁻¹ / Seed yield kg ha ⁻¹								
		2009		2010		2011				
			I faas	II faas	Kokku	%	I faas	II faas	Kokku	%
Juuli	N 35+N 70	400	266,5	32,4	298,9	100	45,3	7,8	53,1	100
Oktoober	N 35+N 70	400	299,4	33,4	332,8	111,3	64,1	9,6	73,7	138,8
Juuli	N 70+N 70	400	277,5	32,0	309,5	103,5	60,1	7,1	67,2	126,6
Oktoober	N 70+N 70	400	299,1	31,8	330,9	110,7	79,2	12,3	91,5	172,3
Aprill	N 70+N 70	400	319,7	34,5	354,2	118,5	99,4	13,2	112,6	212,1
LSD 0,05			38,2	9,2	25,1		18,2	5,0	13,5	

Koristades seemet kahel saagiaastal saime keskmiseks seemnesaagiks 377 kg, jätkates katset kolmandalgi saagiaastal, saadi aastate keskmiseks seemnesaagiks 289 kg ha⁻¹.



Foto 6. Kontsheina niitmisaegade katse. Keskel variant, kus kontshein hoiti põllul kevadeni. Kahel pool variant, kus kontshein koristati juulis pärast seemne koristamist. Suve teisel poolel moodustunud ädal on talve jooksul täielikult lamandunud.

Photo 6. Trial of cutting dates of stubble hay. In the centre there is the variant in which stubble hay was delayed harvested. At both sides there is the variant in which stubble hay was harvested in July after the seed harvest. The aftermath formed in the second half of summer has been completely lodged during winter.

Katsetest laekunud päideroo seemnete idanevusega probleeme ei esinenud. Pool aastat pärast koristamist (jaanuaris-veebruari) oli nende idanevus esimese koristusfaasi seemnel 83–85%, II faasi seemnel 79–82%. Katsevariandid seemnete idanevust ei mõjutanud.

Päideroo seemnepõllul külviaastal kasvanud haljasmassi ja saagiaastate kontsheina kvaliteediomadused sõltuvalt koristusajast. Kõrvalsaaduste kasutamisevõimalused

Päideroo seemnekasvatusega kaasneb toodetud seemnele lisaks külviaasta sügisel koristatav haljasmass ja saagiaastal kombainimisest põllule jääv põhk ning kontshein. Kõik need on soovitatav põllult ära koristada ja võimalusel neile leida otstarbekas rakendus. Kui seemnekasvataja tegeleb taimekasvatuse kõrval ka loomakasvatusega, on võimalus vähemalt osa kõrvaltoodangust ära kasutada loomasöödana. Hinnates päideroo seemnekasvatuse kõrvalsaadusi biokeemiliste omaduste põhjal (tabel 5), sobib söödaks kõige paremini külviaasta oktoobris koristatav haljasmass. Selle kuivaine arvestuslik seeduvus oli 71,8%, söödaväärtus 139 ühikut. Tagasihoidliku toorproteiinisalduse (9,83%) tõttu ei ole niisugune sööt sobiv kõrgetoodangulisele piimakarjale, kuid on kasutatav lihaveiste söödana (Tamm, 2005). Kombaini põhk on söödana vähem väärt (kuivaine seeduvus 61,7%, relatiivne söödaväärtus 93 ühikut, toorproteiinisaldus 9,18%), võib aga leida rakendust allapanuna. Kontsheina väärtus on nii juulis kui oktoobris koristades madala söödaväärtusega koosnedes põhiliselt puitunud kõrte basaalseist osadest. Lehtede osa on massis vaid pisut kõrgem oktoobris, seda suve teisel poolel kasvanud ädala arvel. Kontsheina koristamine juulis ei ole järgmise aasta seemnesaagi moodustumise seisukohalt otstarbekas, kuid vegetatsiooniperioodi lõpul tuleb kontshein ikkagi koristada vaatamata sellele, et talle õiget rakendust pole. Sobib see vaid biogaasijaama koos riknenud silo ja muude tootmisjääkidega.

Tabel 5. Päideroo seemnekasvatusega kaasnevate kõrvalsaaduste kvaliteedinäitajad
Table 5. Quality indices of the by-products of reed canarygrass seed production

	Koristusaeg Harvest time	Lehed Leaves %	Varred Stems %	Umbrohi Weeds %	Toorproteiin Crude protein, %	ADF	NDF	K %	Toortuhk Ash KA-s, %
1	Haljasmass (2008) sügisel Green mass (2008) autumn	58,7	36,8	4,5	9,83	29,1	48,08	1,430	10,62
2	Kombaini põhk 14.07.11 Combine straw 14.07.11	54,4	38,8	6,9	9,18	34,86	61,74	1,520	5,46
3	Kontshein 18.07.11 Stubble hay 18.07.11	30,0	62,0	8,0	5,85	41,43	64,18	0,948	5,14
4	Kontshein 10.10.11 Stubble hay 10.10.11	41,9	54,4	3,8	7,72	43,82	65,28	0,766	6,36
5	Kontshein 12.04.12 Stubble hay 12.04.12	16,9	83,1					0,181	4,87

Kui seemnekasvataja loomakasvatusega ei tegele, peab ta leidma kõrvalsaadustele mingi ratsionaalse, kasuliku rakenduse. Üheks võimaluseks on toota päideroo seemnepõllult energiaheina. Kuna selle liigi seeme valmib juuli II dekaadis, s.o ajal, mil Eestis on ilmastikutingimused üldjuhul heina kuivatamiseks kõige sobivamad, võib päideroo kombaini põhu pallida ja müüa energiaheinaks. Suvel koristatud põhu puuduseks loetakse suhteliselt kõrget kaaliumi- ja tuhasisaldust.

Nagu Jõgeval läbiviidud katse tõestas, on kontsheina võimalik koristada ka kevadel s.o ajal, mil lumikate on

sulanud ja maa tahenenud sedavõrd, et kannab koristusmasinaid. Võrreldes oktoobrikuise koristamisajaga on kontsheina kevadisel koristamisel rida eeliseid.

1. Talve ja varakevade jooksul on kontshein kuivanud sedavõrd, et koristada saab massi, mille niiskusesisaldus on alla 20%. Taoline hein on ilma täiendava kuivatamiseta põletusainena kasutatav.

2. Talve jooksul on taime maapealsetest osadest toitained liikunud maa-alustesse võsunditesse ja juurtesse. Sellega seoses ei viida neid saagiga põllult ära, seemnepõllu väetamisvajadus, eriti kaaliumi osas, väheneb

(tabel 5). Kaaliumi sisaldus maapealses biomassis on kevadel 2,5–5 korda madalam kui sügisel, mis parandab kütuse põletusomadusi (Landström *et al.*, 1996; Burvall, 1997; Kalterer *et al.*, 1998).

3. Talve jooksul lehtede ja kõrte vahekord saagis muutub: kõrte osatähtsus on kevadel kõige suurem (tabel 5). Kuna mineraalainete ja tuha sisaldus lehtedes on suurem kui kõrtes, siis viitab see muutus aprillis koristatud kontsheina parematele omadustele küttematerjalina kasutamisel. Tuhka tekib küttekoldes vähem, selle sulamistemperatuur on kõrgem (Hadders, Olsson, 1997; Pahkala, Pihala, 2000).

4. Suvisel heinaajal päideroogu energiaheinaks niites (või seemnepõllult juulis kontsheina niites) on soovitatav niitekõrgus 12–15 cm. Madalam niitmine aktiivse kasvu faasis nõrgestab taimi, sest varre basaalsas paiknevad varutoitained lähevad taimele kaduma. Selle tulemusel väheneb taimiku produktiivne kasutusiga (Annuk, 1979; Annuk, Liiv, 1981). Aprillis kuivanud taimikut energiaheinaks niites võib niiduki lõikekõrguse seada maapinna lähedale, mis võimaldab praktiliselt kogu maapealse biomassi saagina ära koristada ilma taimede arengurütmi häirimata. Niitmiskõrguse suurendamine 5 cm-lt 10 cm-ni suurendab Soome kogemustel kevadkoristamisel kuivainsaagi kadu 25% (Pahkala *et al.*, 2005).

5. Võrreldes kogu pika taimemassi ületalve jätmisega (nagu Soomes ja Rootsis) püsib kontshein oluliselt paremini püsti mistõttu kuivab kevadel kiiremini, pinnas taheneb rutem. Sellest tulenevalt saab kevadel koristamisega alustada varem, koristusaeg on pikem. Soomes soovitatakse koristada enne, kui uued võrsed ei ole pikemad kui 10–15 cm (Lötjönen *et al.*, 2009). Rohelise taimeosa sattumine koristatava massi hulka vähendab põlemisomadusi, kuid ka taimik nõrgeneb.

Kevadise koristuse puuduseks loetakse talvist saagikadu. Tsehhis on see olnud 24,5% (Stražil *et al.*, 2005), Rootsis 30% (Andersson, Lindvall, 2003) kuni 36% (Palmberg, Lindvall, 2010), Soomes 40–50% (Pahkala *et al.*, 2005), Eestis 50–60% (Energiakultuuride..., 2011). Eestis läbiviidud katsetes ei olnud tegemist mitte niivõrd maapealse biomassi vähenemisega talve jooksul niitmis- ja koristuskadudega (Raave jt, 2009). Ka USA-s läbiviidud katsete põhjal on väidetud, et tugeva lamandumise tõttu ei ole päideroog mõnel kevadel üldse koristatav (Tahir *et al.*, 2011). Meie poolt soovitatud jaotatud koristuse korral on kevadel kontshein vähem lamandunud, millest tulenevalt on koristuskaod väiksemad. Eestis on soovitatud talvekadude ennetamiseks energiaheinana koristada hilissügisel (Heinsoo jt, 2009, Heinsoo *et al.*, 2011). Kuna energiaheinana kasvatatava päideroo biomassi niiskusesisaldus Eesti Maaülikooli katsetes ei langenud sügiskuudel alla 60% ja isegi talvekuudel alla 40% piiri (Raave jt, 2008), ei oma see soovitus energiaheinana tootmisel praktilist rakendust.

Eestis on seni üritatud energiaheinana katsetes rakendada Soomes kasutusel olevat tehnoloogiat, kus

koristus toimub varakevadel külmunud maaga. Eesti Maaülikoolis läbiviidud katsete põhjal leiti, et meil seda tehnoloogiat rakendada pole võimalik, kuna Eesti talved on pehmemad ja keltts kaob koos lumikattega (Raave jt, 2008). Erinevus on mõistetav, sest Soome asub meist põhja pool. Pealegi toimus vähemalt esialgu energiaheinana tootmine Soomes turvasmuldadel, mis teatavasti sulavad kevadel mineraalmuldadest märgatavalt aeglasemalt. Erinevus keltsa kadumises on ca 2 nädalat. Jõgeval läbiviidud katsed tõestasid, et energiaheinana on võimalik koristada siin ka ülesulanud ja tahenenud pinnaselt ilma taimikut vigastamata.

Päideroo seemnekasvatuse katsetelt koristatud põhu ja kevadise kontsheina saagid

Katsetelt hakati põhusaake kaaluma teisel kasutus-aastal, kontsheina saake aga kolmanda kasutusaasta kevadel. Kokku tehti põhu ja kontsheina saagimääramisi kolmel järgneval aastal. Katseandmed on esitatud tabelis 6. Koristatud päideroo põhu niiskusesisaldus oli 2010. aastal 14,5%, 2011. aastal 20,3% ja 2012. aastal 18,2%. Kontsheina niiskusesisaldus oli 2011. aastal 14,3%, 2012. aastal 14,4% ja 2013. aastal 15,2%. Viimasel, e 2013. aastal püsis Jõgeval lumikate 11. aprillini s.o paljude aastate keskmisega võrreldes ebaharilikult kaua. Maapind tahenes alles mai alguseks. Kontsheina niitmine toimus sel aastal mitte aprillis (nagu kahel eelmisel aastal) vaid 2. mail, mil vegetatsioon oli juba alanud ja niitmisel sattus kontsheina hulka ka vähesel määral noorte võrsete lehetippe. Seetõttu oli kontsheina niiskusesisaldus eelmiste aastatega võrreldes kõrgem. Kui päideroo põletusaine lubatud niiskusesisalduse ülempiiriks on 20%, vastas kogutud materjal kõigil koristusaegadel sellele nõudele. Niisugune mass ei vaja enam täiendavat kuivatamist. Teda võib ladustada kartmata seejuures isekuumenemise ohtu. Soomes makstakse kõrgendatud hinda energiaheinana eest, mille niiskusesisaldus on alla 14% (Pahkala, 2007). Meie katsetes ei saavutatud ühelgi koristusajal seda taset.

Tabeli 6 andmete põhjal võib öelda, et ca 60% aasta kuivainsaagist on võimalik saada kevadise kontsheinana s.o ajal, mil põletusaine omadused on kvaliteedinäitajatelt parimad. Kombaini põhu saak kõikus aastate lõikes rohkem kajastades kaudselt seemnesaaki. Kontsheina saak kõikus aastati vähem.

Reavahelaius mõjutas nii päideroo põhu kui kontsheina saaki. Kitsarealiselt külvatud katsevariandilt saadi kolme aastaga kontsheina usutavalt rohkem kui variandis, mis oli külvatud 60 cm reavahega. Suur oli erinevus kahel esimesel võrreldaval aastal, kolmandaks aastaks vahe vähenes. Siis olid reavahed võrsumise tagajärjel juba peaaegu täis kasvanud. Põhusaak oli usutavalt suurem variandis, mis oli külvatud 30 cm reavahega. Kõige madalama kuivainsaagi kolme aasta summas andis katsevariant, mis oli külvatud 60 cm reavahega – 17,5 t ha⁻¹.

Tabel 6. Päideroo seemneheina põhu ja kevadel koristatud kotsheina saagid, KA t ha⁻¹
Table 6. Yields of straw and delayed harvested stubble hay of reed canarygrass, DM t ha⁻¹

Variant	Põhk <i>Straw</i> 22.07.10	Kotshein <i>Stubble hay</i> 27.04.11	Põhk <i>Straw</i> 14.07.11	Kotshein <i>Stubble hay</i> 12.04.12	Põhk <i>Straw</i> 26.07.12	Kotshein <i>Stubble hay</i> 02.05.13	Põhk kokku <i>Straw total</i>	Kotshein kokku <i>St. hay total</i>	K.h. osa <i>St. hay</i> %	KA <i>DM</i> total
Reavahe laius / Row spacing										
15 cm	3,38	4,93	2,10	4,30	2,39	3,89	7,87	13,12	62,5	20,99
30 cm	3,86	3,76	1,94	3,13	2,83	3,82	8,63	10,70	55,4	19,33
45 cm	3,20	3,58	2,55	3,42	2,39	4,56	8,13	11,55	58,7	19,69
60 cm	3,07	3,20	2,23	3,17	2,05	3,78	7,35	10,15	58,0	17,50
LSD 0,05	0,32	0,44	0,55	0,71	0,28	0,30	0,49	0,93	0,70	2,73
Külvisenorm / Seeding rate										
4 kg/ha	3,46	5,02	2,66	4,48	2,21	3,46	8,33	12,96	60,9	21,29
6 kg/ha	3,88	4,79	2,42	3,95	2,79	3,85	9,10	12,59	58,1	21,69
8 kg/ha	3,46	5,33	2,68	4,38	2,45	3,89	8,60	13,60	61,3	22,20
10 kg/ha	3,58	6,01	2,85	4,51	2,35	3,78	8,79	14,30	61,9	23,09
LSD 0,05	0,49	0,15	0,82	0,57	0,78	0,45	0,38	0,93	1,13	1,69
Lämmastikväetis / Nitrogen fertilizer										
N35 + N 35	2,51	5,49	2,30	4,10	2,05	2,83	6,85	12,42	64,4	19,27
N35+2xN35	3,11	5,55	2,54	3,74	2,35	2,97	7,99	12,26	60,5	20,25
N35 + N 70	3,17	5,54	2,76	4,04	2,21	3,25	8,15	12,83	61,2	20,98
N70+ N 70	3,58	7,81	2,96	4,16	2,28	3,57	8,82	15,54	63,8	24,36
LSD 0,05	0,34	0,79	1,36	0,49	0,27	0,33	0,41	1,18	1,06	1,19

Katses olnud päideroo külvisenormid 4, 6 ja 8 kg ha⁻¹ kolme aasta jooksul kogutud kuivainesaaki usutavalt ei mõjutanud. Usutavalt kõrgema kuivainesaagi võrreldes külvisenormi variandiga 4 kg ha⁻¹ andis vaid variant, mis külvati normiga 10 kg ha⁻¹.

Lämmastikväetise norm mõjutas oodatult kuivainesaaki kõige rohkem. Andes lämmastikku kahe võrdse annusena vegetatsiooniperioodil kokku normiga N 70 kg ha⁻¹, saadi kolme aastaga põhu ja kotsheina kuivainesaaki kokku 19,27 t ha⁻¹. Kui lämmastikunorm oli poole suurem (2×70 kg ha⁻¹) saadi päideroo põhu ja kotsheina kuivainet 5,09 t ha⁻¹ rohkem. Suurim oli viimati mainitud variandi erinevus ülejäänud variantidest esimesel võrdlusaastal, hilisematel kahel aastal jäi ületamine tagasihoidlikumaks.

Soomes, kus rajamisaastal antakse päideroo külvi eel lämmastikku normiga N 40–60 kg ha⁻¹, kasutusaastal aga normiga N 60–90 kg ha⁻¹ ja taimikut kasutatakse 10 aasta vältel, loetakse keskmiseks kevadel koristatud energiaheina kuivainesaagiks aastas 3–8 t ha⁻¹ (Pahkala, 2007). Meie moodusel seemnekasvatuse kõrvaltõudangut ära kasutades oleme saavutanud kombaini põhu ja kevadise kotsheina kuivainesaakide summas sama saagitaseme – 5,8–8,1 t kuivainet hektarilt aastas. Soomes on need tulemused saadud tootmistingimustes, koristuskadudeks arvestatakse seal 20–50% maapealsest biomassist. Meie tulemused on saavutatud katsetingimustes, kus koristuskaod on püütud viia miinimumi.

Päideroo seemnekasvatuse kõrvalsaaduste energeetiline väärtus

Kirjandusallikaist võib leida päideroo kui põletusaine kütteväärtuse kohta mõnevõrra erinevaid andmeid. Tuleneda võivad need erinevused sellest, et andmed on esitatud mitte kuivaine vaid mitmesuguse niiskuse-

sisaldusega massi kütteväärtuse kohta. Tsehhi Vabariigis on määratud päideroo varakevadel koristatud kuivaine kütteväärtuseks 17,80 KJ 1 kg KA kohta, kui aga sama põletusaine sisaldas 20% niiskust, siis ainult 14,59 KJ (Stražil, 2012). Ka niiteaeg mõjutab mingil määral kuivaine kütteväärtust. Tsehhi Vabariigis on määratud erineval ajal koristatud päideroo kuivaine kütteväärtust ja leitud, et juulis koristatud massil on see 16,91 ja varakevadel (neil märtsis) koristatud massil 17,19 KJ 1 kg kuivaine kohta (Stražil *et al.*, 2005). Ühes hilisemas töös on Stražil (2012) määranud päideroo juunis (loomisel) koristatud saagi 1 kg kuivaine kütteväärtuseks 17,74 KJ, märtsis koristatud massi kuivaine kütteväärtuseks aga 17,80 KJ. Ostrava Tehnikaülikoolis on maikuus koristatud päideroo kuivaine kütteväärtuseks mõõdetud 17,35 KJ kg⁻¹ (Raclavska *et al.*, 2011). Neuvonen (2010) on Soomes leidnud proovide keskmisena päideroo kuivaine kütteväärtuseks 17,6 KJ kg⁻¹, Hovi (1995, 2006) Eestis 17,5 KJ kg⁻¹. Lätis on määratud päideroo pelletite kütteväärtuseks koguni 18,3 KJ kg⁻¹ (Rancane *et al.*, 2012).

Kõige tagasihoidlikumaid eespool esitatud kütteväärtusi (Stražil *et al.* 2005) arvesse võttes on tabelis 7 esitatud Jõgeval läbiviidud katsetest kolme aasta jooksul koristatud päideroo kombaini põhu ja kevadise kotsheina energeetiline väärtus. Kõige vähem soojusenergiat oli päideroo seemnekasvatuse kõrvaltõudanguna võimalik saada teda laiarealiselt (60 cm) kasvatades – kolme aastaga 298,8 GJ, aastas seega ca 100 GJ hektarilt (tabel 7). Kõige enam soojusenergiat oleks võinud saada lämmastikväetise katse variandist, kus kasutati lämmastikufooni N 70 + 70 kg ha⁻¹. Siin oleks võinud koristatud kombaini põhu ja kevadise kotsheina arvelt toota soojusenergiat aastas keskmiselt 138 GJ ha⁻¹.

Tabel 7. Seemnekasvatuse katsetelt kolme aasta jooksul kogutud päideroo põhu ja kontsheina kuivaine energeetiline koguväärtus**Table 7.** Energetic value of dry matter of reed canarygrass straw and stubble hay gathered from the seed production trials over a three-year period

Variant	Põhk Straw t ha ⁻¹	Kontshein Stubble hay t ha ⁻¹	KA kokku DM total t ha ⁻¹	Põhu energeetiline väärtus En. value of straw GJ	Kontsh. energeetiline väärtus En. value of St. hay GJ	Kokku Total GJ
Reavahe laius / Row spacing						
15 cm	7,87	13,12	20,99	133,1	225,5	358,6
30 cm	8,63	10,70	19,33	145,9	183,9	329,9
45 cm	8,13	11,55	19,69	137,5	198,5	336,0
60 cm	7,35	10,15	17,50	124,3	174,5	298,8
Külvisenorm / Seeding rate						
4 kg/ha	8,33	12,96	21,29	140,9	222,8	363,6
6 kg/ha	9,10	12,59	21,69	153,9	216,4	370,3
8 kg/ha	8,60	13,60	22,20	145,4	233,8	379,2
10 kg/ha	8,79	14,30	23,09	148,6	245,8	394,5
Lämmastikväetis / Nitrogen fertilizer						
N35 + N 35	6,85	12,42	19,27	115,8	213,5	329,3
N35+2xN35	7,99	12,26	20,25	135,1	210,7	345,9
N35 + N 70	8,15	12,83	20,98	137,8	220,5	358,4
N70+ N 70	8,82	15,54	24,36	149,1	267,1	416,3

Päideroo seemnekasvatuse majanduslik arvestus

Päideroo seemnepõllu kulude-tulude arvestamisel lähtusime väetuskatse variandist, kus seemnepõld rajati kitsarealises külvis, külvisenormiga 6 kg 100%-lise külviseväärtusega seemet hektarile, KP liitväetist anti ühekordselt rajamise eel 400 kg ha⁻¹ ja lämmastikväetist 400 kg ha⁻¹ ammooniumsalpeetrina aastas jaotatult kahe annusena. Kombaini põhk ja kevadel koristatud kontshein palliti ja toodeti energiaheinaks.

Seeme kuivatati külmõhk-kastkuivatis ja viidi külvi-konditsiooni Petkus-tüüpi seemnepuhastusmasinaga. Seemnepõldu kasutati nelja saagiaasta jooksul. Põhu ja kontsheina arvestust peeti kolmel aastal. Kalkulatsioon on väetiste hinnad arvestatud seisuga 1. jaanuar 2014.

Päideroo seemnepõllu rajamisaasta arvutuslikeks kulu-deks kujunes meil 504,84 eurot hektari kohta (tabel 8).

Tabel 8. Päideroo seemnekasvatusega seotud kulude arvestus**Table 8.** Cost calculations of reed canarygrass seed production

Rajamisaasta masinakulu <i>Machinery costs on the sowing year</i>	€ ha ⁻¹	Saagiaasta masinakulu <i>Machinery costs on a harvest year</i>	€ ha ⁻¹
1 Taimiku pritsimine <i>Spraying of the stand</i>	8,37	1 Mineraalväetise külv 2× <i>Application of mineral fertilisers 2×</i>	18,02
2 Koorimine/ <i>Paring</i>	21,90	2 Kombainimine 2× / <i>Combine harvesting 2×</i>	74,20
3 Künd/ <i>Ploughing</i>	57,70	3 Põhu pallimine / <i>Baling the straw</i>	26,78
4 Mineraalväetise külv 3× <i>Application of mineral fertilisers 3×</i>	27,03	4 Põhu vedu <i>Transport of the straw</i>	15,00
5 Kultiveerimine/ <i>Cultivation</i>	19,39	5 Seemne vedu / <i>Transport of the seeds</i>	6,00
6 Külvamine/ <i>Sowing</i>	22,31	6 Seemne kuivatamine / <i>Seed drying</i>	12,00
7 Rullimine/ <i>Rolling</i>	8,20	7 Seemne puhastamine / <i>Seed cleaning</i>	15,40
8 Pritsimine / <i>Spraying of the stand</i>	8,37	8 Kontsheina niitmine / <i>Mowing the stubble</i>	20,07
9 Niitmine/ <i>Mowing</i>	19,37	9 Kontsheina pallimine / <i>Baling the stubble</i>	26,78
Kokku/ <i>Total:</i>	192,64	10 Kontsheina vedu / <i>Transport of the stubble</i>	15,00
Rajamisaasta materjalikulu <i>Costs of the materials on the sowing year</i>		Kokku/ <i>Total:</i>	229,25
1 Roundup Classic	3 l/ha	21,00	Saagiaasta materjalikulu <i>Costs of the materials on a harvest year</i>
2 Seeme/ <i>Seed</i>	6 kg/ha	36,00	1 Ammooniumsalpeeter / <i>Ammonium nitrate</i>
3 MCPA	1 l/ha	7,20	400 kg/ha
4 Ammooniumsalpeeter / <i>Ammonium nitrate</i>	400 kg/ha	106,00	Ühe saagiaasta kulu kokku: <i>Total costs of a harvest year:</i>
5 PK liitväetis / <i>PK compound fertiliser</i>	400 kg/ha	142,00	335,25
Kokku/ <i>Total:</i>		312,20	
Rajamisaasta kulu kokku <i>Total costs on the sowing year</i>		504,84	Rajamisaasta ja nelja kasutusaasta kulud kokku: <i>Total costs of the sowing and four harvest years:</i>
			1845,84

Sellest 248 eurot e pool rajamisaasta kogukuludest moodustasid kulud mineraalväetistele. Meil oli kasutada võrdluseks Eesti Maaülikooli Majandus- ja sotsiaalinstituudi poolt põllumajandusministeeriumi

tellimisel läbiviidud uurimistöo *Energiakultuuride tootmise tasuvusuuring* aruanne, kus päideroo energiahein tootmispõllu rajamisaasta kogukuludeks arvestati 452 eurot (Energiakultuuride..., 2011;

Energiakultuuride kalkulaator, 2011). Võttes arvesse väetise hindade järsku tõusu mõne viimase aasta jooksul on meie suurem kulunumber mõistetav. Aro-Heinilä jt andmetel (Neuvonen, 2010) moodustavad Soomes päideroo energiaheina põllu rajamisaasta kulud 343 eurot, kasutusaasta kasvatus- ja koristuskulud kokku aga 302 eurot hektari kohta. Pahkala jt (Pahkala *et al.* 2005) andmetel olid need kulud Soomes veel viis aastat varem samuti madalamad: rajamisaasta kulud 321,8 ja saagiaasta kulud 290,7 eurot hektari kohta. Kahel esimesel kasvuaastal Soomes saaki ei koristata. Esimene saak koristatakse kolmanda kasvuaasta varakevadel. Esimene saak on 20–40% madalam, kui edaspidistel kasutusaastatel (Pahkala *et al.*, 2005). Üldjuhul ollakse seisukohal, et mitmeaastased kõrrelised heintaimed annavad söödatootmisel suurima kuivainesaagi 1.–2. kasutusaastal (s.o 2.–3. eluaastal) (Smelov, 1966), kuid päideroog on oma aeglase algarenguga erand. Meie katseandmed tõestavad, et seemnesaagi osas on liik siiski reeglipärane – just kahel esimesel saagiaastal oli seemnesaak kõige kõrgem, hiljem aga langes drastiliselt.

Saagiaasta kogukulud kujunesid meie kalkulatsioonis 335,25 eurot hektari kohta, millest peaaegu kolmandiku moodustavad kulud lämmastikväetisele. Rajamisaasta ja nelja kasutusaasta arvestuslikud kulud kokku olid 1845,84 eurot hektari seemnepõllu kohta.

Nelja kasutusaasta seemnesaak selles katsevariandis oli kokku oli 1052 kg ha⁻¹ mida hinnaga 5 € kg⁻¹ müües on võimalik saada müügitulu 5260 €. Põllult kogunes kombaini põhku kolme aasta jooksul 8,8 t KA-s. Põhku hinnaga 30 € t⁻¹ müües on võimalik saada müügitulu 264 €. Kevadel koristatud kontsheina kogunes 15,5 t ha⁻¹, mille müügist hinnaga 30 € t⁻¹ võib laekuda 465 €. Kokku võib saada toodangu realiseerimisel müügitulu 5989 €, millest seemne osa moodustab 87,8%, põhu osa 4,4% ja kontsheina osa 7,8%. Kuna nii põhk kui kontshein tuleb nagnii päideroo seemnepõllult ära koristada, on realiseerimisvõimaluse korral otstarbekas need kõrvalsaadused toota energiaheinaks. Reali-seerimisel moodustab nende osa müügitulust ca 12%.

Eeltoodud kalkulatsiooni järgi saadi 5 tootmisaasta kohta tulu 4143 €, mis teeb aasta kohta ca 828 € ha⁻¹. Arvutamisel ei ole võetud arvesse maamaksu tasumise kohustust ning võimalikke riiklikke toetusi.

Kokkuvõte

Bioenergia tootmisel on mitmeaastastest heintaimedest Eestis enim perspektiivi päiderool. Liik on kõrge ja aastati stabiilse kuivainesaagiga, kuid tema seemnesaak on teiste söödatootmises kasutusel olevate kõrreliste heintaimede liikidega võrreldes madal ning ebastabiilne. Seemnekasvatuse agrotehnikat on seni nii meil kui naaberriikides vähe uuritud. Eesti Taimekasvatuse Instituudis korraldati aastatel 2008–2013 rida põldkatseid et selgitada külvisenormi, reavahe laiuse, lämmastikväetise normi ja kontsheina niitmisaja mõju päideroo seemnesaagile. Samadel katsetel uuriti

päideroo kombaini põhu ja kevadel koristatud kontsheina saaki ja kvaliteeti eesmärgiga realiseerida seemnekasvatuse kõrvaltoodangut biokütusena.

Katsetulemused näitasid, et päideroo seemnepõllu rajamisel võib kasutada külvisenormi 4–6 kg 100%-lise külviseväärtusega seemet hektarile. Kui ilmastikutingimused on seemnete idanemiseks soodsad (nagu meil rajamisaastal 2008), siis piisab ka külvisenormist 4 kg ha⁻¹. Kui seemnepõldu kasutatakse kuni kolm (neli) aastat, õigustab end kitsarealine külv reavahega 12,5–15,0 cm. Päideroog on lämmastikunõudlik liik. Seemnepõllu rajamisaastal tuleks lämmastikväetist anda normiga N 140 kg ha⁻¹, soovitatavalt kahes jaos, saagiaasta kevadel normiga N 70 (90) kg ha⁻¹ ja pärast seemnesaagi koristamist teist korda sama normiga. Kontshein jäetakse põllule kasvama kuni vegetatsiooni-perioodi lõpuni või kui energiaheinale on rakendust, siis järgmise aasta kevadeni. Koristades juulis kombaini põhu ja aprillis kontsheina saab paralleelselt seemnekasvatusega toota hektari kohta aastas 5–8 t päideroo kuivainet, millest ca 60% on kevadel koristatud, omadustelt parem küttematerjal. Hektarilt aastas toodetud energiaheina energeetiline koguväärtus on 100–140 GJ. Lähtudes seemnesaagist ei ole päideroo seemnepõldu otstarbekas üle 2–3 kasutusaasta pidada. Esimese kahe kasutusaasta keskmiseks seemnesaagiks meie katsete parimates variantides kujunes 380–427 kg ha⁻¹, kolme kasutusaasta puhul 269–317 kg ha⁻¹ ja nelja kasutusaasta korral 170–263 kg ha⁻¹. Parima seemnesaagiga katsevariandi baasil arvestatud rajamisaasta ja nelja kasutusaasta arvestuslikeks tootmiskuludeks kujunes 1838 € ha⁻¹ ning 4 saagiaasta seemnesaagi ja kolme aasta energiaheina müügitulu 5260 € ha⁻¹. Energiaheina müügitulu moodustas kogu müügitulust 12%.

Päideroo kaheosaline koristamine (nagu eespool kirjeldatud) ei ole rakendatav mitte ainult seemnekasvatases vaid ka energiaheina tootmisel.

Kasutatud kirjandus

- Aadojaan, A. 1964. Rohumaaviljelus Eestis. – Tallinn, 591 lk.
- Aamlid, T.S., Havstad, L.T. 2011. Herbage seed production. Based on Norwegian experiments and practice. – www.bioforsk.no/.../Estland_dec2011%20tsaa%20compress...
- Andrsson, B. Lindvall, E. 2003. Use of biomass from reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) as raw material for production of paper pulp and fuel. – www.internationalgrasslands.org/files/igc/.../1-03-003.pdf.
- Annuk, K. 1979. Päideroo niitmise sagedusest, kõrgusest ja kolmeniitelise kasutuse niidetevahelise perioodi pikkusest. – Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Tallinn, nr 27, lk 44–48.
- Annuk, K. 1992. Polderniitude rajamine ja intensiivne kasutamine turvasmuldadel. – Tallinn, 199 lk (vene keeles).

- Annuk, K., Liiv, J. 1981. Niitmise kõrgusest ja saagist. – Teaduse saavutusi ja eesrindlike kogemusi põllumajanduses. Tallinn, nr 18, lk 37–41.
- Burvall, J. 1997. Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) – Biomass and Bioenergy, Vol. 12, No 3, p. 149–154.
- Energiakultuuride (päideroo) kasvatamise ja kasutamise majanduslik hinnang Eestis. – Rakendusuuringu lõpparuanne. 2011. Projekti juht R. Värnik, täitjad: L. Oper, H. Luik, Ü. Roosmaa, K. Kall, J. Prants, Tartu, 138 lk.
- Energiakultuuride kalkulaator. 2011. www.agri.ee/enegia Guide Book in the Seed Production of Forage Grasses. (Ed. B. Jansone). 2008. Skriveri, 265 pp. (läti keeles)
- Hadders, G., Olsson, R. 1997. Harvest of grass for combustion in late summer and in spring. – Biomass and Bioenergy, Vol. 12, No. 3, p. 171–175.
- Heinsoo, K., Hein, K., Melts, I., Holm, B., Aavola, R. 2009. Päideroopõldude saak ja kvaliteet bioenergia tootmiseks. – Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine. Tartu, lk 122–130.
- Heinsoo, K., Hein, K., Melts, I., Holm, B., Ivask, M. 2011. Reed canary grass and fuel quality in Estonian farmers' fields. – Biomass and Bioenergy, Vol. 35, No. 1, p. 617–625.
- Herrmann, H. 1975. Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea* L.) – Verbreitung und Bedeutung für den Futterbau sowie Saatguterzeugung. Dissertation Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR in Berlin. 229 S.
- Hovi, M. 1995. Mítmeaastased rohhtaimede energeetilise toormena Eesti Vabariigis. – Magistriväitekiri. Tartu, 66 lk.
- Hovi, M. 2006. Energiahein kui soojusenergia tootmise potentsiaalne tooraine. – Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine II osa (koostaja A. Bender). Jõgeva, lk 655–659.
- Hovin, A.W., Beck, B.E., Marten, G.C. 1973. Propagation of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) from culm segments. – Crop Science, Vol. 13, No. 6, p. 747–749.
- Koijtjärvi, M. 1987. Sookultuuriniitude intensiivne viljelemine. – Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teadustööde kogumik LX. Turvasmuldade kasutamise intensiivistamine Eestis. Tallinn, lk 40–60 (vene keeles).
- Koijtjärvi, M. 1989. Heintaimede viljelemise intensiivistamine turvasmuldadel. – Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teadustööde kogumik LXIV. Intensiivne niiduviljelus. Tallinn, lk 62–70.
- Korjus, H. 1958. Paelrohu seemnekasvatuse kogemusi. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr 1, lk 16–18.
- Korjus, H. 1964. Kõrreliste heintaimede seemnekasvatus. – Taimekasvatus. Tallinn, lk 620–653.
- Kätterer, T., Andren, O., Petersson, R. 1998. Growth and nitrogen dynamics of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) subjected to daily fertilization and irrigation in the field. – Field Crop Research, Vol. 55, No. 1–2, p. 153–164.
- Kätterer, T., Andren, O. 1999. Growth dynamics of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) and its allocation of biomass and nitrogen below ground in a field receiving daily irrigation and fertilisation. – Nutrient Cycling in Agroecosystems, Vol. 54, p. 21–29.
- Landström, S., Lomakka, L., Andersson, S. 1996. Harvest in spring improves yield and quality of reed canary grass as a bioenergy crop. – Biomass and Bioenergy, Vol. 11, No. 11, p. 333–341.
- Lepkovitch, I., Gormin, A., Degunova, N. 1995. Perfection of the technology growing *Phalaroides arundinacea* L. for seeds at North-West Russia. – Proceedings third International Herbage Seed Conference June 18–23. 1995. Yield and quality in herbage seed production. Halle (Saale), p. 243–245.
- Lötjönen, T., Pakkala, K., Vesanto, P., Hiltunen, M. 2009. Reed canary grass in Finland. – Energy from field energy crops. A handbook for energy producers, p. 14–23.
- Masinakulude algoritmid. 2012. <http://www.eria.ee>
- Neuvonen, S. 2010. Spatial analysis in assessing bioenergy potentials. Master's thesis. Espoo, 91 pp.
- Østrem, L. 1988. Studies on genetic variation in reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.). Seed yield and seed yield components. – Hereditas, Vol. 108, p. 159–168.
- Pakkala, K. 2007. Reed canary grass cultivation for large scale energy production in Finland. NJF Seminar 405. Production and utilization of crops for energy. Vilnius, Lithuania 25–26 September 2007.
- Pakkala, K., Isolähti, M., Partala, A., Suokannas, A., Kirkkari, A.-M., Peltonen, M., Safran, M., Lindh, T., Paappanen, T., Kallio, E., Flyktman, M. 2005. Cultivation and harvesting of reed canary grass for energy production. Jokioinen, 31 pp. (in Finnish).
- Pakkala, K., Pihala, M. 2000. Different plant parts as raw material for fuel and pulp production. – Industrial Crops and Products, Vol. 11, p. 119–128.
- Palmberg, C., Lindvall, E. 2010. Intercropping of reed canary grass *Phalaris arundinacea* L. with legumes can cut costs for N-fertilization. – World Bioenergy 2010. Proceedings conference and exhibition on biomass for energy 25–27 May 2010. Jonköping – Sweden, p. 95–97.
- Raave, H., Noormets, M., Selge, A., Viiralt, R. 2008. Energiaheina tootmise võimalikkusest Eestis. – Agronoomia 2008. Tartu, lk 174–177.
- Raave, H., Espenberg, E., Laidna, T., Muga, A., Noormets, M., Selge, A., Viiralt, R. 2009. Heintaimede sobivusest ja agrotehnikast energiaheinana. – Agronoomia, 2009. Jõgeva, lk 248–253.
- Raclavská, H., Juchelkova, D., Škrobánková, H., Volfová, M., Frydrych, J. 2011. Changes in biomass energy parameters depending on the harvest season. – Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Mechanical Series. No. 2, Vol. LVII, p. 153–158.

- Rancane, S., Arshanitsa, A., Solodovnik, V., Lazdina, D. 2012. Potential of reed canary grass as an energy crop in Latvian conditions. – <http://www.silava.lv/userfiles/file/ERAF%20Lazdina/>
- Rand, H. 1992. Heintaimede seemnekasvatus. – Rohumaaviljelus talupidajale. Saku, Tallinn, Tartu, lk 44–71.
- Sahramaa, M.K., Hömmö, L. 2000. Seed production characters and germination performance of reed canary grass in Finland. – Agricultural and food science in Finland, Vol. 9, p. 239–251.
- Sahramaa, M., Hömmö, L., Jauhiainen, L. 2002. Variation in seed production traits of reed canarygrass germplasm. – Crop Science, Vol. 44, No 3, p. 988–996.
- Smelov: Смелов С.П. 1966. Теоретические основы луговодства. Москва, 367 с.
- Strašil, Z. 2012. Evaluation of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) grown for energy use. – Research in Agricultural Engineering, Vol. 58, No. 4, p. 119–130.
- Strašil, Z., Vana, V., Kaš, M. 2005. The reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) cultivated for energy utilization. – Research in Agricultural Engineering, Vol. 51, No. 1, p. 7–12.
- Tahir, M.H.N., Casler, M.D., Moore, K.J., Brummer, E.C. 2011. Biomass yield and quality of reed canary grass under five harvest management systems for bioenergy production. – Bioenergy Research, Vol. 4, No. 2, p. 111–119.
- Tamm, U. 2005. Rohusööda toiteväärtus. Saku, 88 lk.

Summary of trial results of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) seed production that were conducted at Jõgeva

Ants Bender

Estonian Crop Research Institute, Aamisepa 1, 48309 Jõgeva

Summary

In bioenergy production reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) is the most promising of perennial grasses in Estonia. The species has a high and stable dry matter yield over years, but its seed yield is low and unstable compared to that of other species used in fodder production. So far only a few studies have been performed on the agrotechnics of seed production in Estonia and in the neighbouring countries.

In 2008–2013, a number of field trials were carried out at the Estonian Crop Research Institute in Jõgeva in order to study the effect of seeding rate, row spacing, nitrogen application rate and cutting date of stubble hay on the seed yield of reed canarygrass. In the same experiments the yield and quality of straw and delayed-harvest stubble hay were investigated for the purpose of selling the by-product of seed production as biofuel.

The experiment results indicated that a seed field of reed canarygrass could be established with a seeding rate of 4–6 kg (purity and germination of seed being 100%) per hectare. When the weather conditions are favourable for germination (as we had in the year of establishment in 2008), a seeding rate of 4 kg ha⁻¹ is enough. When the seed field is used for three (four) years, sowing with a narrow row space of 12.5–15.0 cm is justified. Reed canarygrass is a high nitrogen demanding species. In the year of seed field establishment nitrogen should be applied at the rate of N 140 kg ha⁻¹, preferably in two portions: in the spring at the rate of N 70 (90) kg ha⁻¹, the second application at the same rate after the seed harvest. Stubble hay is left growing in the field until the end of the vegetation period, or, if it can be used as energy hay, until the next spring. When straw is harvested in July and stubble hay in April, it is possible to produce alongside with the seed production also 5–8 t of reed canarygrass dry matter per ha per year, of which 60% is a delayed-harvest having better properties as fuel. The total energetic value of the produced energy hay is 100–140 GJ per hectare per year. Considering the seed yield, it is not expedient to use the seed field of reed canarygrass for more than 2–3 years. In the best variants of our trials the average seed yield of the first two years was 380–427 kg ha⁻¹, of three years 269–317 kg ha⁻¹ and of four years 170–263 kg ha⁻¹. Based on the results of the best trial variant, the calculated production costs for the year of establishment and for four years of use were 1846 € ha⁻¹, the sales revenue of four years of seed yield and of three years of energy hay was 5260 € ha⁻¹. The sales revenue of energy hay made 12% of the total sales revenue.

The two-step harvesting of reed canarygrass (as described above) is applicable not only in seed production, but also in the production of energy hay.

Agraarteadus
1 * XXV * 2014 : 17–22



Journal of Agricultural Science
1 * XXV * 2014 : 17–22

KARTULIMARDIKA (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY) FENOLOOGIA NING LOKAALSE ASURKONNA KUJUNEMINE AASTATEL 2008–2013 EERIKA KATSEPÕLLUL

PHENOLOGY AND FORMATION OF LOCAL POPULATION OF COLORADO POTATO BEETLES IN 2008–2013 (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY)

Küllli Hiiesaar, Viacheslav Eremeev, Luule Metspalu, Eha Kruus, Anne Luik

Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Saabunud: 17.04.2014
Received:
Aktsepteeritud: 30.04.2014
Accepted:

Avaldatud veebis: 20.06.2014
Published online:

Vastutav autor: Külli
Corresponding author: Hiiesaar
e-mail: kyl.li.hiiesaar@emu.ee

Keywords: *generation, degree day, conventional, organic, mass of beetles, population density, potato plots, precipitation*

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2014_1_hiiesaar.pdf

ABSTRACT. In the long term five field crop rotation experiments of organic and conventional growing systems on potato plots the phenology and formation of local-population of Colorado potato beetles were monitored from 2008 to 2013. The beetles started to colonize the field from the establishment of the experiment. The initial population density of beetles was low in both, conventional and organic plots because various cereals and rape had been cultivated on the field and in the vicinity for many years previously. The number of beetles and damage level increased year after year because the potato field remained at the same block, the suitable overwintering places were nearby and the winter mortality was low. As a result of coincidence of several favourable factors like constantly high temperatures, optimal precipitation and availability of fresh food until the late autumn, the second generation of beetles developed in 2010 in Estonia for the first time. This year the number of pest increased sharply when the summer beetle's offspring reach the adult stage and started to reproduce. The unprotected plots were entirely defoliated, in the conventional plots application of Fastac 50 killed the larvae and therefore the plants had less damage. As the spraying did not destroy the adults and the eggs, the new larvae hatched soon. Early spring and warm summer promoted fast emergence of beetles and enabled development of two generation also in 2013 for the second time. During the observation period the numerous vital local Colorado potato beetles population has been developed in this area. This was facilitated by the neighbouring position of organic and conventional plots as the organic plot acted as a reservoir of the pest and the conventional plot as a food reserve.

© 2014 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2014 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Kartulimardikas (*Leptinotarsa decemlineata* Say) on muutunud probleemiks peaaegu kõikjal, kus kartulit kasvatatakse. Eestisse jõudsid esimesed mardikad pool sajandit tagasi, kuid olid esialgu siin talvitumiseks liiga külmaõrnad. Paar aastakümnet kohtasime põldudel vaid sisserännanud isendeid. Mardikas on äärmiselt hea kohastumisvõimega. Kulus vaid paar aastakümnet selleks, et Eesti jaheda ja muutliku kliimaga kohaneda ning moodustada siin talvituv kohalik püsipopulatsioon. Meie kartulimardika arengulugu kinnitab

prognoosi, mille kohaselt kulub võõrliigil uues kohas lõplikuks kinnistumiseks 15–20 põlvkonda <http://www.padil.gov.au/pbt>. Mitmed varasemad prognoosid mardika leviku kohta pole aga täppi läinud. Nii arvati, et mardikas suudab 54° laiuskraadini areneda vaid ühes põlvkonnas (Ushatinskaja, 1981). See piir kulgeb läbi Kesk-Leedu, kuid nüüdseks on see ületatud ning mardikas on viimastel aastatel andnud veel teise põlvkonna tunduvalt kaugemal põhjapool (Hiiesaar *et al.*, 2013). Arvestades kliima soojenemist ning mardika väga head kohastumisvõimet hakati kümnekond aastat tagasi just Põhja-Euroopas ennustama plahvatuslikku

kahjuri arvukuse tõusu (Baker *et al.*, 2000). Mõne prognoosi järgi võib mardika kahe täispõlvkonna areng muutuda järgnevatel aastakümnetel Skandinaavias ja Baltimaades tavaliseks (Jönsson *et al.*, 2013).

Kliima ja ilmastik on võtmetegurid, mis määravad kas ja kui hästi kohaneb putukas uues keskkonnas. Esmaseks populatsiooni arvukuse kujundajaks on siiski toit, selle kättesaadavus ja kvaliteet (Hare, 1983). Käesoleva töö autorid on viimastel aastatel jälginud kartulimardika fenoloogiat Eerika mahe- ja tavaviljeluse süsteemide katses, kus nii ilmastik kui toidutingimused on aastate lõikes kõikunud. Kuna eelnevatel aastatel kasvatati antud kohas teisi kultuure, siis oli vaatluste eesmärgiks analüüsida tegureid, mis võivad mõjutada kartulimardikate saabumist katepõllule, arengut, arvukust ning lokaalse asurkonna struktuuri kujunemist.

Metoodika

Pikaajaline viieväljalise külvikorruga (oder ristiku allakülviga – ristik – talinisu – hernes – kartul) mahe- ja tavaviljeluse süsteemides katse rajati Eerikale 2008. aastal. Iga kultuuri katselapid on 6×32 m ning rajatud blokkasetuses neljas korduses. Nii on kartuli lapid eraldatud üksteisest herne, odra ja ristiku lappidega. Antud mitmevälja süsteemi üheks kultuuriks oli 2008. a keskvalmiv kartulisort 'Ants', 2009–2011 keskvalmiv sort 'Reet' ja 2012–2013 varajane kartulisort 'Maret'. Tavaviljeluse kaks süsteemi erinesid omavahel kasutatud mineraalväetiste koguste poolest, kummiski süsteemis kasutati aga võrdselt kõiki taimekaitsevahendeid. Üks maheviljeluse süsteem oli ilma sõnnikut, teises maheviljeluse süsteemis kasutati kompostitud sõnnikut erinevalt: aastatel 2008–2011 said kartuli lapid seda 40 t/ha kohta ning 20 t/ha aastatel 2012–2013.

Mahe- ja tavaviljeluse katsebloki vahele jäi 15 m laiune puhversoon. Maheviljeluse süsteemides sünteetilisi pestitsiide ei kasutatud. Tavaviljeluses pritsiti taimi kartulimardika vastu igal aastal Fastac 50 ja Decis Mega 50EW-ga siis, kui põllule ilmusid noored tõugud ning lehemädaniku tõrjet tehti regulaarselt. Maheviljeluses kasutati kartulimardika tõrjeks kogu vaatlusperioodi jooksul üks kord (2012. aastal) taimset preparaati NeemAzal-T/S. Umbrohi eemaldati mahelappidelt käsitsi.

Kartulimardika vaatlusi viidi läbi aastatel 2008–2013 kogu vegetatsiooniperioodi jooksul. Kaks korda nädalas käidi kõik katselapid rida-realt läbi, fikseerides (I) esimeste talvitumast tulnud mardikate ilmumine põllule; (II) munemise algus; (III) esimese põlvkonna arengutsükli lõpetamine ja noormardikate väljumine mullast; (IV) esimese põlvkonna noormardikate edaspidise käitumise jälgimine: kas noormardikad jätkavad aktiivset arengut või jäävad diapausi ja kaevuvad mulda talvituma. Ilmastikuga seotud andmed pärinevad Rõhu katsejaamast.

Aastate lõikes hinnati taimede kahjustust: (1) nõrk kahjustus, kui igalt katselapilt leiti kuni 15 kollet; (2)

keskmine kahjustus 50 kollet; (3) tugev kahjustus, kui ligi 100% pealsetest oli kahjustatud.

Tulemused ja arutelu

Kartulimardika fenoloogia

Abiootilised tegurid. Kahjuri asurkonna kujunemist peab vaatama pikemaajalises perspektiivis, arvestades kõiki tegureid, mis seda mõjutavad. Arengu võtmeteguriteks on temperatuur ja niiskus. Mida kiiremini muld soojeneb, seda varem väljuvad mardikad mullast ja hakkavad otsima sobivaid elupaiku. Kirjanduse andmetel on mardika aktiivsustlaks +12°C (Sutherst *et al.*, 1991), põhjapoolsete populatsioonide jaoks mõnevõrra madalam +8,9°C (Kapustkin, 2009). Selleks, et mardikad väljuksid mullast, peab aktiivsete temperatuuride summa võrduma 60–90 kraadpäevaga ning oluline on ka mulla niiskus (Ooperi, Jolma, 2009). Ühe täispõlvkonna arenguks on vaja 300–400 kraadpäeva (Boman, 2008).

Maikuu jooksul kogunenud aktiivsete temperatuuride summa 2008., 2009., 2011. ja 2012. aastal oli vaid 12–25 kraadpäeva ning see oli mardikate hilise väljumise põhjuseks (Tabel 1).

Tabel 1. Aktiivsete temperatuuride summa (üle +10°C) ning kartulimardika põlvkondade arv aastate lõikes

Table 1. Cumulative Degree Days (over 10°C) calculated on the base of records registered in 2008–2013 by automatic meteorological station of Estonian University of Life Sciences and the number generations.

Kuu/Month	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Mai/May	12	25	59	15	25	58
Juuni/June	118	101	119	203	82	225
Juuli/July	174	203	365	301	235	226
August	175	155	242	184	140	205
September	67	73	27	75	65	32
Kokku/Sum	479	557	812	778	547	746
Põlvkondade arv Generations	1	1	2	1	1	2

Mardikad ilmusid põllule alles juuni II ja III dekaadis, munema hakkasid nädal hiljem (Tabel 2). Kartulimardikas on oma arengutüübilt fakultatiivse diapausiga pikapäeva putukas, kelle kriitiliseks päevapikkuseks on <15,8 tundi (Sutherst *et al.*, 1991). Eestis langeb see augusti teisele poolele. Eelpool nimetatud aastatel lõpetas suvine põlvkond arengutsükli alles augustis ja valdav osa esimese põlvkonna mardikatest läks peale küpsussööma talvituma. Taimedelt leidsime vaid üksikuid munakurnasid, mis võisid kuuluda nii talvitunud kui suvise põlvkonna mardikatele. Kirjanduse andmetel kestab talvitunud mardikate munemisperiood mitmeid kuid, seetõttu on raske määratleda hiliste munakurnade kuuluvust (Ushatinskaja, 1981).

Vegetatsiooniperioodi jooksul kogunenud aktiivsete temperatuuride summa, mis määrab põlvkondade arvu aastas, jäi liiga madalaks, et hilistest munakurnadest koorunud tõugud oleks jõudnud arengu lõpetada. Siiski pole aktiivsete temperatuuride summa ainuke kriteerium, mis määrab põlvkondade arvu. Liiga hiline kevad 2011. aastal ei võimaldanud teise põlvkonna

arengut, kuigi vegetatsiooniperioodi jooksul kogunes 778 kraadpäeva. Eelnevad uuringud ongi näidanud, et mida varem mardikad mullast väljuvad ja arengut alustavad, seda suurem on šanss teise põlvkonna kujunemiseks (Jönsson *et al.*, 2013).

Kartulimardika arenguks erakordselt soodsad olid 2010. ja 2013. aasta (Tabel 1). Maikuu aktiivsete temperatuuride summa, 60 kraadpäeva, meelitas varakult mardikad mullast välja. Juuni esimeses pooles ilmusid lehtedele esimesed munakurnad (Tabel 2).

Tabel 2. Kartulimardika fenoloogia aastatel 2008–2013 Eerika katsepõllul
Table 2. Phenology of Colorado potato beetles in 2008–2013 on experimental potato plots

Kuu/Month Decade	Mai/May			Juuni/June			Juuli/July			August			September		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2008						M	m				M ₁				
2009						M	m				M ₁				
2010				M	m				M ₁	m ₁		M ₂	M ₂	M ₂	M ₂
2011						M	m			M ₁					
2012						M	m			M ₁					
2013			M	m				M ₁	m ₁		M ₂	M ₂	M ₂		

M – talvitunud mardikad / overwintered beetles
m – I põlvkonna munakurnad / first generation eggs
M₁ – I põlvkonna mardikad / first generation summer beetles
m₁ – II põlvkonna munakurnad / second generation eggs
M₂ – II põlvkonna mardikad / second generation beetles

Esimese põlvkonna täistsükkel lõppes juuli teises pooles pikapäeva tingimustes (>16 h), põllule ilmusid kitinoseerumata kattetiibadega noormardikad. Juuli lõpus ja augusti alguses hakkasid need mardikad munema, pannes aluse II põlvkonnale. Vegetatsiooniperioodil kogunenud aktiivsete temperatuuride summa, ca 800 kraadpäeva oli piisav kahe täispõlvkonna arenguks. Seega oli 2010. a erakordne selle poolest, et esmakordselt arenes meie laiuskraadil (58°38' N) kartulimardikal veel teinegi põlvkond. Osa mardikatest jätkas munemist veel septembrikuus, kuid nende areng katkes halvenenud ilmastikutingimuste ja toidu nappuse tõttu (Hiiesaar *et al.*, 2013). 2013. aastal teine põlvkond nii arvukaks ei kujunenud. Seega on kinnitust leidmas prognoos, mille kohaselt eeloleva 25 aasta jooksul võib kartulimardikas Baltimaades ja Skandinaavias anda 10 erineval aastal teisegei põlvkonna (Jönsson *et al.*, 2013).

Sademed ja toit. Kõige oluliseks faktoriks kartulimardika arengus on toidu kättesaadavus ja kvaliteet, millest sõltub nii mardika kui tema järglaskonna eluvõime (Hare, 1983). Piisava kvaliteetse toidu korral munevad mardikad rohkem, tõukude areng on kiire ja suremus madal (Ferro *et al.*, 1999). Noor lehestik soodustab aktiivset arengut, vanemad koltunud lehed kutsuvad esile diapausi. Isegi ühe ja sama taime erinevatel osadel arenenud mardikad võivad käituda erinevalt (Tauber *et al.*, 1988). Toidutingimuste poolest oli 2010. aasta kartulimardika arenguks kogu vaatlusperioodi soodsaim. Kuiv ja soe suvi takistas lehemädaniku arengut. Juulis hakkasid lehed kuivama, kuid augusti sademed (Tabel 3) ja jätkuvalt kõrged temperatuurid (Tabel 1) panid kartulipuhmad uusi noori lehti kasvatama.

Värske toidu kättesaadavus oli üheks teguriks, mis stimuleeris veel septembriski mardikaid munema. Tavaliselt põhjustab lühipäev ja langevad temperatuurid diapausi formeerumist (Noronha, Cloutier, 2006).

Tabel 3. Sademete hulk (mm) aastatel 2008–2013 kuude lõikes

Table 3. Precipitation (mm) for growing period 2008–2013 registered by the automatic meteorological station of Estonian University of Life Sciences

Kuu/Month	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Mai/May	30,6	18,4	97,4	58,4	78,2	65,2
Juuni/June	108,0	151,0	98,0	35,2	98,4	29,4
Juuli/July	59,6	97,4	38,0	48,2	80,0	67,0
August	216,6	85,0	148,0	54,6	79,6	72,0
September	67,6	57,6	99,4	80,0	60,6	37,6
Kokku/Sum	482,4	409,4	480,8	276,4	396,8	271,2

Maheviljeluse katselappidel hävitas lehemädanik mitmel aastal augusti algul kartulipealsed ja tõugud jäid nälga, valmikud aga liikusid tavaviiljeluse lappidele. Toidunappus oli ka 2011. a takistuseks teise põlvkonna kujunemisel, kuigi aktiivsete temperatuuride summa oleks seda võimaldanud. Teine põlvkond arenes 2013. aastal, kuid võrreldes 2010. aastaga jäi see tunduvalt väiksemaks; juuli keskel olid maheviljeluse katselappidel kartuli pealsed juba kolletunud, noori võrseid enam juurde ei tekkinud. Toidu kvaliteet mõjutas formeerunud mardikate massi, maheviljeluse katselappidel olid need oluliselt madalamad, kui tavaviiljeluses (Tabel 4).

Tabel 4. Mahe- ja tavaviiljeluse katselappidelt kogutud kartulimardikate kaalud (mg ± hälve)

Table 4. Mean mass (mg± StD) of Colorado potato beetles on conventionally and organically cultivated potato plots

Kuupäev Date	Maheviljelus Organic plots	Tavaviiljelus Conventional plots
07.08.13	140±20	163±29
09.08.13	147±22	159±33
23.08.13	141±24	166±24
07.09.13	101±28	104±19

Septembris mardikate keskmised massid ühtlustusid, siis nappis toitu mõlema viljelustüübi katselappidel. Mardikate mass on oluline talvitumisel, alla 100 mg mardikad ei ela kevadeni varuainete nappuse tõttu (Boman, 2008; Hiiesaar *et al.*, 2013).

Talvituspaigad. Kartulimardika asurkonna kujunemisel etendab olulist osa elupaiga mikrokliima. Peale vegetatsiooniperioodi lõppu jääb vaid väike osa mardikatest samale põllule talvituma (Aljokhin, Ferro, 1999). Meie katsepõllu asend on mardikatele sobivate talvituskohtade poolest väga soodne, kuna põllu vahetus läheduses on pärna allee ning rohtunud kraaviserv, kuhu mardikad said talvituma minna. Talvitumast tulnud mardikatel ei kulunud aega ega energiat toidutaimede ülesleidmiseks ning nende areng sai selle võrra varem alata.

Taimekaitse. Katse esimestel aastatel (2008–2009) oli mardikate arvukus nii mahe- kui tavaviljeluse katselappidel madal ning taimede kahjustus nõrk. Tavaviljeluses tehti igal aastal vastavalt katseskeemile 2–3 plaanipärast pritsimist Fastac 50 ja Decis Mega 50EW-ga, kui põllule ilmusid esimesed tõugud. Pritsimine oli efektiivne vaid vastsetele, munadele ja valmikutele see ei mõjunud ning nädala pärast koorusid juba uued noored tõugud. Kalkulatsioonid on näidanud, et ühe paari kartulimardika 5 aasta jooksul produtseeritud järglaskond ületab miljardi piiri, kui ei kasutata tõrjet (Diagnostic Methods..., 2014). Meie vaatlusalusel põllul toimus kolmandal, 2010. aasta kesksuvel kahjuri arvukuse hüppeline kasv, kui põllule ilmus esimese põlvkonna arvukas järglaskond, st teine põlvkond; mahelappide kahjustus ulatus siis 100%-ni. Paljud vastsed surid seal nälga, noormardikad aga jõudsid tavapõllule, kus taimed olid veel rohelised. Ka 2011. aastal oli maheviljeluse lappidel kahjustus väga tugev, tavaviljeluses tänu kahekordsele pritsimisele vaid keskmine. Mahelappidelt koguti osa tõukusid kokku, kuid see ei olnud kuigi efektiivne. Esmakordselt pritsiti maheviljeluse katselappe 2012. aasta kesksuvel asdirahtiiniga (NeemAzal-T/S). See on troopilise neemipuu seemnete tuumadest saadud laialdase toimespektriga preparaati, mis takistab munade embrüonaalset arengut ning vastsete arengus kutsub esile morfogeneesi häireid, mille tulemusena neist ei arene normaalseid elujõulisi valmikuid (Hiiesaar *et al.*, 2009). Preparaat osutus efektiivseks, suvine põlvkond jäi väikesearvuliseks ja taimede kahjustus ei ületanud keskmist. Varajane väga soe kevad 2013. aastal meelitas juba mais mardikad väga lühikese ajavahemiku jooksul mullast välja ja need asustasid äsja tärnanud noored taimed. Kuna taimed olid väikesed, siis õnnestus kontrolli käigus maheviljeluse katselappidelt suur osa mardikaid kokku korjata, hiljem ilmus neid põllule vähe ja kahjustus jäi suhteliselt madalaks. Kartulipealsed hakkasid juba juuli lõpus kuivama, augusti alguses kui esimene põlvkond lõpetas arengu, olid kartuli pealsed praktiliselt hävinud ja mahelappidel ei olnud otstarbekas tõrjet enam teha. Valmikud liikusid tavaviljeluse lappidele, kus mahelappidele kõige lähematel taimedel loendati kümneid mardikaid. Pritsimiste tulemusena hukkusid nende järglased ja kahjustus ei ületanud keskmist. Kirjanduse andmetel on tõrje hädavajalik juba siis, kui 10% taimedest on kahjustatud (Diagnostic Methods..., 2014).

Asurkonna struktuuri kujunemine. Katse rajamise aastal asustas põldu homogeenne asurkond, mis koosnes peamiselt kaugematelt aladelt juhuslikult siia sattunud mardikatest, kelle arengulugu me ei tea. Teisel kevadel jõudsid esimesena katsepõllule nn omad mardikad, kes talvitusid samal põllul või lähikonnas. Need ei pidanud toidu otsingutele aega ja energiat raiskama vaid said kohe toituma ja paljunema hakata. Nendega võisid liituda ka kaugematelt aladelt toiduotsingul sisse rännanud mardikad.

Järgnevatel aastatel muutus asurkond heterogeensemaks. Eelnevatest töödest on teada, et sõltumata ilmastiku tingimustest jääb osa mardikaid 1 kuni 8 aastaks diapausi (Yocum *et al.*, 2011). Sellist käitumist vaadeldakse kui strateegiat, mis kindlustab asurkonna ellujäämise ka sel juhul, kui peaks tulema mardika arenguks mittesobiv aasta või lähikonnas kartulit enam ei kasvatata (de Wilde, 1981). Need pikaajalises diapausis olevad mardikad hakkavad erinevatel aastatel väljuma mullast ning moodustavad osa asurkonnast. Eriti soodsate suvede korral, nagu seda olid 2010. ja 2013. aasta, arenes suve jooksul veel teinegi põlvkond, kes liitus esimese põlvkonna nende mardikatega, kes jäid juba kesksuvel diapausi. Aeg-ajalt jõuavad põllule kagu- ja lõuna tuultega migrandid, kes rikastavad kohalikku asurkonda, kuid kelle eelnev arengulugu ja resistentsusaste on teadmata. Mida aasta edasi, seda mitmekesisema arengulooga mardikad hakkavad põldu asustama.

Kokkuvõte ja järeldused

Kui katse rajati, oli kartulimardika arvukus Eerika katselappidel madal, sest varasematel aastatel oli antud kohas kasvatatud teisi kultuure ning mardikas sattus siia juhuslikult kaugematelt aladelt. Katse kolmandal aastal, kui ilmastiku tingimused olid erakordselt soodsad, väljus kahjuri arvukus maheviljeluse katselappidel täielikult kontrolli alt. Ka järgnevatel aastatel oli mardika arvukus katsepõllul kõrge. Vaatlusaastate jooksul kujunes välja kartulimardika arvukas elujõuline lokaalne asurkond. Seda põhjustasid järgnevad tegurid:

1. Katsepõld jäi paljudeks aastateks samale kohale, see võimaldas mardikate akumulereerumist lähikonnas;
2. Mardikale soodsad talvituspaigad paiknevad katsepõllu lähedal;
3. Lumerohkete talvede tõttu ei külmunud maapind kuigi sügavalt ning mardikate suremus oli madal;
4. Mahe- ja tavaviljeluse katselappide paigutus:

I maheviljeluses tõrjet ei kasutatud, kahjur sai segamatult paljuneda, kuid jäi varakult toidu puudusesse;

II tavaviljelusega põllul insektitsiidide kasutus vähendas tõukude arvukust, kuid lehemädaniku tõrje säilitas toidubaasi. Kui mahevõllul olid kartulipealsed suve keskel juba hävinud, liikusid toiduotsingul valmikud tavapõllule, kus said lõpetada küpsussööma ja seejärel talvituma minna.

Tänuavaldus

Uurimus valmis ERA-Net CORE Organic II TILMAN-ORG ja Eesti Teadusagentuuri SF0170057s09 projektide toetusel.

Kasutatud kirjandus

- Aljokhin, A.V., Ferro, D.N. 1999. Reproduction and dispersal of summer generation Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). – Environmental Entomology, 28, 425–430.
- Boman, S. 2008. Ecological and Genetic Factors Contributing to Invasion Success. – University of Jyväskylä, Doctors Theses, Jyväskylä, 50 pp.
- Baker, R.H.A., Sansford, C.E., Jarvis, C.H., Cannon, R.J.C., Mcleod, A., Walters, K.F.A. 2000. The role of climatic mapping in predicting the potential geographical distribution of non-indigenous pests under current and future climate. – Climates, 82, 57–71.
- de Wilde, J., Hsiao, T. 1981. Geographic diversity of the Colorado potato beetle and its infestation in Eurasia. In: Advances in potato pest management (Eds. J.H. Lashomb, R. Casagrande), Hutchinson Ross Stroudsburg PA, 47–68.
- Diagnostic Methods for Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say) pbt.padil.gov.au/index.php?q=node/193&pbtID=9 [29.01.2014].
- Ferro, D.N., Alyokhin, A.V., Tobin, D.B. 1999. Reproductive status and flight activity of the overwintered Colorado potato beetle. – Entomologia Experimentalis et Applicata, 91, 443–448.
- Hare, J.D. 1983. Seasonal variation in plant-insect associations: utilization of *Solanum dulcamara* by *Leptinotarsa decemlineata* Say. – Ecology, 64, 2, 345–361.
- Hiiesaar, K., Švilponis, E., Metspalu, L., Jõgar, K., Mänd, M., Luik, A. 2009. Influence of Neem/Azal T/S on feeding activity of Colorado Potato Beetles (*Leptinotarsa decemlineata* Say). – Agronomy research, 7 (Special issue I), 251–256.
- Hiiesaar, K., Jõgar, K., Williams, I. H., Kruus, E., Metspalu, L., Luik, A., Ploomi, A., Eremeev, V., Karise, R., Mänd, M. 2013. Factors affecting development and overwintering of second generation Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in Estonia in 2010. – Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science, 63, 6, 506–515. <http://www.padil.gov.au/pbt>. (11.03.2014)
- Jönsson, A.-M., Pulatov, B., Linderson M.-L., Hall, K. 2013. Modelling as a tool for analysing the temperature-dependent future of the Colorado potato beetle in Europe. – Global Change Biology, DOI: 10.1111/gcb.12119.
- Kapustkin, D.V. 2009. Biological characteristics of Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) in North-Western region of Russia. – [<http://www.dissercat.com/content/biologicheskije-osobennosti-koloradskogo-zhuka-leptinotarsa-decemlineata-say-coleoptera-chrys>] (accessed 24.04.2012).
- Noronha, C., Cloutier, C. 2006. Effects of potato foliage age and temperature regime on prediapause Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). – Environmental Entomology, 35, 3, 590–599.
- Ooperi, S., Jolma, A. 2009. Modeling invasion dynamics of Colorado potato beetle to test spatially targeted management strategy. – 18th World IMACS/MODISM Congress, 13–17 July 2009, Cairns, Australia, 1957–1963.
- Sutherst, R.W., Maywald, G.F., Bottomley, W. 1991. From CLIMEX to PESKY, a generic expert system for pest risk assessment. – EPPO Bulletin, 21, 595–608.
- Tauber, M.J., Tauber, C.A., Obrycki, J.J., Gollands, B., Wright, R.J. 1988. Voltinism and the induction of aestival diapause in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae). – Annals of Entomological Society of America, 81, 5, 748–754.
- Ushatinskaja, R.S. 1981. Prolonged diapauses in Colorado Potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). – Nauka Publishers, Moscow, 375.
- Yocum, G.D., Rinehart, J.P., Larson, M.L. 2011. Monitoring diapause development in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, under field conditions using molecular biomarkers. – Journal of Insect Physiology, 75, 645–652.

Phenology and formation of local population of Colorado potato beetles in 2008–2013 (*Leptinotarsa decemlineata* Say)

Küllli Hiiesaar, Viacheslav Eremeev, Luule Metspalu, Eha Kruus, Anne Luik
Estonian University of Life Sciences,
Institute of Agricultural and Environmental Sciences
Kreutzwaldi 5, Tartu 51014

Summary

The phenology, damage and formation of local population of Colorado potato beetles were monitored on potato plots in organic and conventional growing systems in 2008–2013. The beetles started to colonize the plots from the very beginning of establishment, but primary the population density was low. The conventional plots were sprayed every year against the pest insects and late blight as an appropriate. On the third year the number of beetles increased sharply when the second generation larvae emerged, and then all the potato plants on organic plots were devastated. The spraying by Fastac in conventional plots killed the larvae but did not damage the egg clutches and adults. The build-ups of numerous local populations of Colorado potato beetles were determined by the factors like:

1. The experimental field remain on the same location for many years, it enabled the accumulation of beetles;
2. The closeness of suitable overwintering places favoured the beetles quickly to arrive the field in the

spring; the beetles had not to waste the time and energy for searching of suitable development places.

3. The overwintering mortality of beetles was low because of favourable snowy winters;

4. The location of the organic and conventional plots:

I On unprotected organic potato plots the beetles could undisturbedly develop and reproduce, but from the mid- summer they suffered by the lack of quality food as the late blight destroyed the potato leaves;

II On conventional plots the using of insecticides reduced the number of larvae and the fungicides preserved the potato; the starve beetles moved from organic plots to the conventional where they could to complete their maturity feeding.

Agraarteadus
1 * XXV * 2014 : 23–29



Journal of Agricultural Science
1 * XXV * 2014 : 23–29

ROHU- JA MAISISILODE MÜKOTOKSIINIDEGA SAASTATUS EESTIS

MYCOTOXINS CONTAMINATION IN GRASS AND MAIZE SILAGE IN ESTONIA

Helgi Kaldmäe, Andres Olt, Ragnar Leming, Meelis Ots

Eesti Maaülikool, veterinaarmeditsiini loomakasvatuse instituut, F.R. Kreutzwaldi 46, 51006 Tartu

Saabunud: 19.05.2014
Received:
Aktsepteeritud: 18.06.2014
Accepted:
Avaldatud veebis: 20.06.2014
Published online:

Vastutav autor: Helgi
Corresponding author: Kaldmäe
e-mail: helgi.kaldmae@emu.ee

Keywords: grass silage, maize silage, deoxynivalenol, zearalenone, mycotoxins

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2014_1_kaldmae.pdf

ABSTRACT. The silage quality estimated by chemical composition and fermentation parameters, but awareness of the composition of mycotoxins is of great importance. The aim of this study was to determine the concentration of the mycotoxins (deoxynivalenol (DON) and zearalenon (ZEA)) in silage produced on Estonian farms (n=56), in the years 2011, 2012 and 2013. A total of 596 grass, 55 maize and 10 whole-crop silage samples were collected for analyses. The silages were found to contain mycotoxins. In grass silage, 92% of samples were found to be positive for DON and 100% for ZEA, while in maize silage samples 95.7% were positive for DON and 100% for ZEA in 2013. The mean concentration of DON of grass silage was 209 ppb while the concentration of ZEA was 329 ppb. In maize silage the mean concentrations of DON and ZEA were 227 ppb and 292 ppb respectively. ZEA concentration in first-cut grass silage was a mean of 257.4 ppb, the second cut 245.0 ppb and the third cut 224.4 ppb, while the figures for DON concentrations were 214.7 ppb, 190.8 ppb and 166.3 ppb respectively. Silage with a dry matter content of <25% contained fewer of the analysed mycotoxins compared to silages with dry matters of 35–45%. During the growing period grass forage was contaminated with mycotoxins, most of all by DON and ZEA. Mycotoxin concentrations increased in the field before the forage was cut for silage making. The ZEA and DON concentrations increased with increased growth time of the forage. The maximum levels of mycotoxin contents of the grass were recorded at the time of harvest. DON and ZEA concentrations in the summer period depended on the grass species and the weather conditions.

© 2014 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2014 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Silo on mäletsejaliste ratsiooni väga tähtis komponent, eriti piimatootmisfarmides kogu maailmas. Eestis toodetakse silo peamiselt kõrrelistest ja liblikõielistest heintaimedest (92%) ja veidi maisivilisest (8%). Silo moodustab poole kuivaine koostisest lüpsilehmade ratsioonis. Seega mõjutab silo toiteväärtus ja kvaliteet nii toodangut, loomade tervist, kui sigivust. Tava-päraselt hinnatakse silo toiteväärtust keemilise koostise ja fermentatsiooni parameetrite alusel, kuid silos võivad esineda ka mükotoksiinid, mis halvendavad selle kvaliteeti.

Mükotoksiinid on hallitusseente, peamiselt *Aspergillus*, *Penicillium* ja *Fusarium* tüvede poolt produtseeritud

sekundaarsed metaboliidid (Yiannicouris, Jouany, 2002). Mükotoksiinid mõjuvad negatiivselt koduloomadele ja -lindudele, nõrgestades nende immuunsüsteemi ja hormonaalseid funktsioone, vähendavad söömust ja toodangut ning ohustavad tervist, põhjustades, olenevalt kogusest, mitmesuguseid, nii subkliinilisi kui kliinilisi haigusi (Jouany, Diaz, 2005; Whitlow, Hagler, 2005; Fink-Gremmels, 2006).

Hallitusseente areng ja sööda mükotoksiinidega saastatuse ulatus sõltub mitmesugustest keskkonnamuutustest silo materjalis (temperatuur, niiskusesisaldus, vee aktiivsus, hapnikusisaldus, pH) ning silo materjali liigist või sordist (Nelson, 1993; Queiroz *et al.*, 2011). Siia lisanduvad veel taimede stress ja

kahjustused, mis on tingitud kas ekstreemsest ilmastikust (rahe, põud) või taimehaigustest (Queiroz *et al.*, 2010).

Teatakse üle 400 mükotoksiini, kuigi laiemalt on uuritud nendest väheseid. Paraskliimavõttes valmistatud silodes esineb kõige sagedamini deoksinivalenooli (DON), zearalenooni (ZEA), fumonosiini (FUM) ja rokvefortiini C (ROC). Aflatoksiinid (AFLA) arenevad vaid keskkonnatingimustes, kus on soe ja niiske (Whitlow, Hagler, 2005).

Mükotoksiinid söödas (sh heinas ja silos) on mitmeti ohtlikud. Esiteks mõjutavad nad loomade tervist ja vähendavad toodangut. Teiseks saastavad nad loomadelt saadavaid toidutooraineid. Enamus söötades esinevad mükotoksiinid, nagu deoksinivalenool, zearalenoon, fumonosiinid, ohratoksiin A, siiski toidusse (piim, liha) üle ei kandu. Neid ei ole leitud piimast ja piimasaadustest, välja arvatud aflatoksiin (EFSA, 2004; Driehuis *et al.*, 2008).

Silo võib mükotoksiinidega saastuda taimse materjali kaudu juba põllul enne koristust, silo tegemisel, sileerimisel materjali halva tihendamise tõttu, hoidla avamisel ning silo söötmisel (Nedělník, Moravcova, 2006; Aragon *et al.*, 2011; Cheli *et al.*, 2013). Mükotoksiinid võivad tekkida taimede vegetatsiooni ajal enne koristust ja hoiustamist. Patogeenseid mikroorganisme, valdavalt *Fusariumi* esindajaid on leitud kõikidelt taimeosadelt, kuid infektsioon on sagedasem surnud kudedes. Nedělníku ja Muravcova (2006) andmetel suurenes põllul heintaimede mükotoksiinide tase just viimasel nädalal enne siloks koristust. Maisisilo DON- ja ZEA-sisaldus oli suure varieeruvusega 0,005–13,75 mg kg⁻¹, mida mõjutas taime erinevate osiste hulk. Näiteks sisaldas maisitõlvik vähem ZEA-d kui varred ja lehed.

Kaldmäe *et al.* (2011) katsed näitasid, et silos, mis pärast niitmist sileeriti ilma närvutamisetä, oli vähem mükotoksiine võrreldes närvutatud materjalist valmistatud siloga. Kui jalalt niidetud silo sisaldas aflatoksiini 0,8 ppb, zearalenooni 97,2 ppb, deoksinivalenooli 317,7 ppb, T-2 toksiini 1,6 ppb ja fumonosiini 30,8 ppb, siis 24 tundi närvutatud silo vastavalt 3,1 ppb, 171,1 ppb, 355,5 ppb, 22,7 ppb ja 89,1 ppb (Kaldmäe *et al.*, 2011). Samuti näitasid tulemused, et silokindlustuslisandi kasutamine sileerimisel ei vähendanud mükotoksiinide sisaldust silos.

Soodsad sileerimise tingimused, korralik fermentatsioon ja silo hermeetilisus vähendavad hallitusseente kasvu ja mükotoksiinidega saastatust, sest nende arenguks puudub vajalik hapniku kogus (Johansson *et al.*, 2005; Mansfield, Kuldau, 2007).

Uuringu eesmärgiks oli selgitada mükotoksiinide esinemist Eestis valmistatud silodes, analüüsida erinevate farmide silohoidlast võetud proovide mükotoksiinide sisaldust. Lisaks, selgitada materjali saastatust põllul, enne koristamist, ning milline on saastatus taimse materjali käitlemisel ja sileerimisel.

Metoodika

Kolmel aastal (2011–2013) uuriti Eesti farmides (n=56) valmistatud silode mükotoksiinide (ZEA ja DON) sisaldust. Kokku analüüsiti 596 rohu-, 55 maisi- ja 10 vilisesiloproovi. Mükotoksiinide sisaldust analüüsiti I, II ja III niite rohusilodest, kokku 185 proovis.

Põllul esinevate mükotoksiinide olemasolu uurimiseks valiti kõrreliste-, esimese ja teise aasta põldheina- ning lutsernipõld. Proove koguti kahel aastal (2012–2013) heintaimede vegetatsiooniperioodil üks kord kuus.

Ilmastikuandmed registreeriti kohalikust ilmavaatlusjaamast Tartumaal (tabel 1), mille lähedal uuritud põllud asusid. Siloks koristati kolm niidet: juunis, augustis ja septembris. Proove võeti ka põllul 24 tundi närvutatud, silohoidlasse viidud massist ja kolm kuud valminud silost.

Tabel 1. Keskmise õhutemperatuur ja niiskus rohu kasvu- perioodil 2012. ja 2013. aastal

Table 1. Average temperature and humidity at the years 2012 and 2013 on period of growth of grass

Kuu Month	Keskmise temperatuur Mean temperature °C		Niiskus Humidity %	
	2012	2013	2012	2013
Mai/May	12.3	15.0	66.0	60.4
Juuni/June	14.4	18.7	75.3	57.2
Juuli/July	18.7	18.2	79.5	56.6
August/August	15.5	17.5	86.3	57.6
September/September	12.4	11.5	89.5	66.5

Eelkuivatatud (60°C juures) ja kuni 1 mm jämeduseks jahvatatud siloproovidest määrati kuivainesisaldus termostaadis 130°C juures konstantse massini (AOAC, 2005). Mükotoksiinid ZEA ja DON määrati ELISA meetodil, kasutades selleks Ridasgreen® FAST komplekte. Analüüsid viidi läbi Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi söötmise osakonna laboratooriumis.

Mükotoksiinide sisalduse ühikule ppb vastab µg kg⁻¹.

Andmed analüüsiti, kasutades tarkvara MS Excel 2010, keskmiste olulisust hinnati t-testiga olulisuse nivool 0,05. Kuivaine klassi mõju selgitamiseks erinevate mükotoksiinide sisaldusele kasutati SAS programmi üldist lineaarset mudelit alljärgneval kujul:

$$Y_{ij} = m + KA_i + e_{ij},$$

- kus Y_i – uuritav tunnus,
 m – keskmine,
 KA_i – kuivaine klassi mõju,
 e_{ij} – juhuslik viga.

Tulemused ja arutelu

Analüüsitud tulemused näitasid, et peaaegu kõik Eesti farmides valmistatud silod sisaldasid teatud määral mükotoksiini ZEA ja DON. ZEA-sisaldusega rohusiloproove esines erineval aastal 99,3–100% ja DON-sisaldusega 92,0–99,6% ning maisisilodes vastavalt 100% ja 95,7–100% (tabel 2).

Tabel 2. Mükotoksiinide sisaldus rohu- ja maisisilodes Eestis aastatel 2011–2013**Table 2.** Mycotoxins content in grass and maize silages in Estonia in 2011–2013

Silo tüüp / Type of silage	Näitajad/Items	ZEA			DON		
Aasta/Year		2011	2012	2013	2011	2012	2013
Rohusilo / Grass silage	Proovide arv No of samples	148	223	225	148	223	225
	Positiivsete proovide % % positive samples	99,3	100	100	98	99,6	92
	Max sisaldus, $\mu\text{g kg}^{-1}$ Max content level, $\mu\text{g kg}^{-1}$	1817	625	689	1813	1402	1326
	Keskmine sisaldus, $\mu\text{g kg}^{-1}$ Average content, $\mu\text{g kg}^{-1}$	415,6	263,5	307,6	217,7	230,6	178,5
	Standard viga Standard error	8,3	7,4	9,5	16,2	15,7	14,4
	Maisi silo / Maize silage	Proovide arv No of samples	8	22	25	8	22
Positiivsete proovide % % positive samples		100	100	100	100	100	95,7
Max sisaldus, $\mu\text{g kg}^{-1}$ Max content level, $\mu\text{g kg}^{-1}$		674	639	490	522	655	487
Keskmine sisaldus, $\mu\text{g kg}^{-1}$ Average content, $\mu\text{g kg}^{-1}$		330,0	211,0	332,8	277,3	189,6	222,9
Standard viga Standard error		40,8	41,2	23,6	39,2	54,2	41,6

Ka teiste teadlaste uurimisandmed näitasid, et mükotoksiinid esinevad nii maisi kui rohusilodes. Suurbritannias 2007. aastal sisaldasid kõik uuritud maisisiloproovid keskmiselt DON 807 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ja ZEA 168 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Aragon *et al.*, 2011). Hollandis uuritud 16 farmi söödad olid enamasti saastatud DON-ga (81%) ja ZEA-ga (46%), kusjuures maisisilo sisaldas DON-i 933 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ja ZEA-d 146 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Driehuis *et al.*, 2008). Borutova ja Naehreri (2012) määrasid Euroopa regioonis kasutatavate söötade mükotoksiinide sisaldust 1166 proovis 12 kuu jooksul. Tulemused näitasid, et kõige enam esines DON (59% positiivseid proove) ja FUM (50%) mükotoksiine. Tuleb märkida, et Põhja-Euroopast pärit proovides oli FUM-i tase ainult 236 $\mu\text{g kg}^{-1}$, Lõuna-Euroopas aga 7260 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Põhja-Euroopast pärit söödaproovid sisaldasid kõige enam DON-i, keskmiselt 665 $\mu\text{g kg}^{-1}$. DON-positiivseid siloproove oli 48% ja ZEA-l 36%, keskmiste näitajatega vastavalt 462 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ja 139 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Eesti rohusilode kolme aasta keskmine DON-sisaldus oli 209 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ja ZEN-sisaldus 329 $\mu\text{g kg}^{-1}$, maisisilodel aga vastavalt 227 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ja 292 $\mu\text{g kg}^{-1}$, kusjuures aastate lõikes esinesid väikesed erinevused, mis ei olnud statistiliselt olulised.

Tuleb märkida, et mükotoksiinide ohutuks tasemeks saab pidada sööda koostist, kus neid ei esine. Siiski,

väikeste sisalduste juures nad ei ohusta iga kord looma tervist ega produktiivsust, kuid see sõltub väga paljudest teguritest ning seepärast antakse riski tasemeks erinevaid numbrilisi väärtusi (Driehuis *et al.*, 2008; Aragon *et al.*, 2011). Peab arvestama mükotoksiinide sünergismiga ja sellega, et ratsioon koosneb mitmest erinevast söödast.

Kui lähtuda, et silo ZEA-sisaldusega alla 100 ppb on madal tase ning ei kujuta tavaliselt ohtu, siis 100–250 ppb tuleb lugeda keskmiseks tasemeks ning rohkem kui 250 ppb juba kõrgeks tasemeks. DON-sisaldust vähem kui 500 ppb loetakse madalaks, 500–2000 ppb keskmiseks ning üle 2000 ppb juba kõrgeks ja väga ohtlikuks tasemeks (Whitlow *et al.*, 1998). Eestis valmistatud silod sisaldasid ZEA (>250 ppb) 48,9–63,5% ja DON (>500 ppb) 6,9–8,4% uuritud proovidest (tabel 3). Tuleb märkida, et enim probleeme tekitab silodes esinev suhteliselt suur zearalenooni sisaldus. Zearalenooni produtseerivad *Fusarium graminearum* ja mõned teised *Fusariumi* perekonna seened. ZEA toksikoosi korral tekivad sigimisprobleemid. Mäletsejalistel tekivad vaginiidid, abordid, viljatus. Mitte-tiinetel mullikatel suureneb udar, kui nad tarbisid sööta, mis oli saastatud mükotoksiinidega (Jouany, Diaz, 2005; Bryden, 2012).

Tabel 3. Positiivsete rohusiloproovide iseloomustus 2011–2013 aastal**Table 3.** Positive mycotoxins contamination of silage in 2011–2013

Mükotoksiini sisaldus, ppb Mycotoxin content, ppb	2011		2012		2013	
	n/%	\bar{x}	n/%	\bar{x}	n/%	\bar{x}
ZEA						
Madal tase / Low range, <100	21/14,3	75,0	16/7,2	63,8	15/6,7	59,1
Keskmine tase / Medium range, 100–250	44/29,9	183,7	98/43,9	176,9	67/29,8	181,3
Kõrge tase / High range, >250	82/55,8	513,4	109/48,9	370,8	143/63,5	394,4
DON						
Madal tase / Low range, <500	135/93,1	109,9	203/92	189,0	188/84,0	138,8
Keskmine tase / Medium range, 500–2000	10/6,9	890,2	19/8	675,9	19/8,4	740,6
Kõrge tase / High range, >2000	0	–	0	–	–	0

Kõige rohkem mükotoksiine sisaldasid vilisesilod, veidi vähem rohusilod (tabel 4). Vaadeldes põldheinasilode I, II ja III niidet eraldi, saadi tulemuseks, et nende keskmine kuivainesisaldus erines oluliselt ($P < 0,01$) (tabel 4). Erinevate niidete rohusilode mükotoksiinide sisalduses statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud. Ka

Leedus tehtud uurimused näitasid, et kõige enam oli saastunud mükotoksiinidega vilisesilo, vastavalt DON 471,0 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ja ZEA 397,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Baliukoniene *et al.*, 2012).

Tabel 4. Vilise- ja rohusilode mükotoksiinide sisaldus erinevates niidetes
Table 4. Concentrations of mycotoxins in silages different botanical composition and cuts

Mükotoksiin <i>Mycotoxin</i>	Proovide arv <i>No of samples</i>	Keskmine kuivainesisaldus, % <i>Mean concentration of dry matter, %</i>	Keskmine <i>Mean</i>	Min-Max
<i>Maisisilo / Maize silage</i>				
ZEA, ppb	40	27,1	292,5±22,6	16–531
DON, ppb	40	27,1	221,3±32,6	7–655
<i>Vilisesilo / Whole-crop cereals</i>				
ZEA, ppb	10	34,9	428,9±48,7	238–625
DON, ppb	10	34,9	261,9±66,8	0–560
<i>Kõrreliste-liblikõieliste silo I niide / Grass-legumes silage I cut</i>				
ZEA, ppb	67	36,0	257,4±17,8	9–798
DON, ppb	67	36,0	214,7±20,6	0–797
<i>Kõrreliste-liblikõieliste silo II niide / Grass-legumes silage II cut</i>				
ZEA, ppb	68	30,8	245,0±17,0	31–674
DON, ppb	68	30,8	190,8±17,4	7–553
<i>Kõrreliste-liblikõieliste silo III niide / Grass-legumes silage III cut</i>				
ZEA, ppb	53	22,4	222,4±14,7	40–540
DON, ppb	53	22,4	166,3±20,1	12–610

Kuivaine / *Dry matter* I/II niide/cut $P < 0,01$; I/III $P < 0,001$; II/III $P < 0,001$

Erinevate kuivainesisaldusega silode (450 proovi) ZEA- ja DON-sisalduse võrdlemisel selgus, et rohusilo kuivainesisalduse ja mükotoksiinide sisalduse vahel on tugev seos ($P < 0,01$; tabel 5). Samuti selgus, et silodes kuivainesisaldusega alla 25% esines kõige vähem mükotoksiine. Kõige enam mükotoksiine esines silodes kuivainesisaldusega 35–45%, ZEA 332,0 ppb ja DON 214,4 ppb.

Kuivainesisaldusega <25% silo algmaterjali on vähe närvutatud ja seda on lihtsam tihendada. Suurema kuivainesisalduse juures tuleb hoolikamalt materjali tallata parema tiheduse saavutamiseks. Silo kuivaine minimaalseks tiheduseks soovitatakse 240 kg KA m^{-3} (Holmes, Muck, 2004; Wang, 2012), mis vähendab hapnikusisaldust materjalis, kuna mikrofloora areng silos on esmalt hapniku kättesaadavusest (Nedělník, Moravcova, 2006).

Tabel 5. Mükotoksiinide sisalduse sõltuvus silo kuivainesisaldusest
Table 5. Concentration of mycotoxins in silage of dependence on dry matter

Näitajad <i>Items</i>	Kuivaine / <i>Dry matter</i>				SEM	P-väärtus <i>P-value</i>
	<25%	25–35%	35–45%	>45%		
Proovide arv <i>No of samples</i>	117	182	86	61		
ZEA, ppb \bar{x}	224,6 ^{abc}	307,7 ^a	332,0 ^b	289,3 ^c	17,8	<0,001
DON, ppb \bar{x}	151,4 ^{ab}	211,7 ^a	214,4 ^b	196,7	24,7	0,043

^{abc} erinevate indeksitiga keskmised samas reas erinevad statistiliselt oluliselt ($P < 0,05$)

^{abc} mean values with different letters in same row differ significantly ($P < 0,05$)

Tabelis 6 toodud tootmiskatse andmed näitavad, millal mükotoksiinid silosse tekivad. Närvutamisel mükotoksiinide sisaldus kahekordistus, mida suurendas omakorda ka rohumassi käitlemine, kaarutamine, koristamine, transportimine silohoidlasse ja tihendamine. Sileerimisel aga suurenes mükotoksiinide sisaldus mitmekordselt, timuti-punaseristiku silos DON-sisaldus 1,8 ja ZEA-l 3,7 korda ning lutsernisilos vastavalt 1,5 ja 5,6 korda. Tulemused viitavad sellele, et silo materjali kas tihendati vähe või ei olnud materjal hoidlas hermeetiliselt ja korralikult kaetud, sest silo materjalis leidis piisavalt hapnikku hallitussente arenemiseks ja mükotoksiinide tekkimiseks.

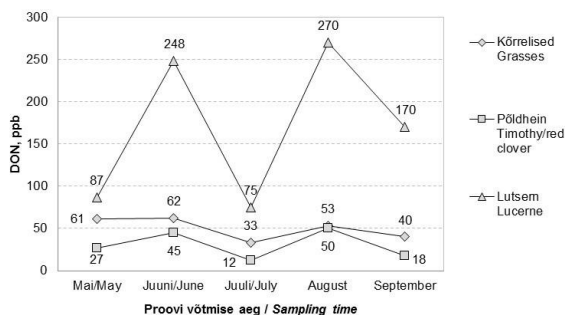
Tabel 6. Mükotoksiinide sisalduse muutus taimsest materjalist siloni

Table 6. Dynamics of concentration of mycotoxins during material on field and after silo opening

Materjal/Material	ZEA, ppb	DON, ppb
<i>Timuti-punase ristiku rohi / Grass of timothy-red clover</i>		
Põllul enne niitmist / <i>On the field before cut</i>	24,3	21,2
24 tundi närvutatud / <i>Wilted for 24 hours</i>	26,4	42,9
Rohi hoidlas / <i>Grass in the silo</i>	48,7	82,1
Silo (3 kuud) / <i>Silage (three month)</i>	180,2	155,1
<i>Lutserni rohi / Grass of lucerne</i>		
Põllul enne niitmist / <i>On the field before cut</i>	17,6	140,0
48 tundi närvutatud / <i>Wilted for 48 hours</i>	32,6	247,8
Silo (3 kuud) / <i>Silage (three month)</i>	183,7	377,0

Nii Pahlow *et al.* (2003) kui Gonzales-Pereyra *et al.* (2008) märgivad, et hallitusseened kasvavad ka madala hapnikusisalduse juures. Silomaterjali käitlemisel (vähene tihendamine ja hermeetilisus) luuakse tihti aeroobsed tingimused, mis kahjustavad fermentatsiooni ja soodustavad seente arengut. Silohoidla kiire täitmine, korralik tihendamine ja hermeetilisuse tagamine pärsivad mükotoksiinide teket (Driehuis, 2012).

Erinevate heintaimede proovide mükotoksiinide sisalduse uurimine näitas, et DON-sisaldus oli tunduvalt kõrgem lutsernipõllul võrreldes teistega (joonis 1).

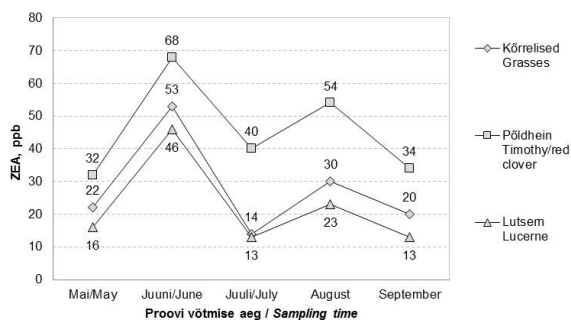


Joonis 1. Erineva heintaimiku deoksinivalenoolisisaldus (DON) põllul

Figure 1. Concentration of DON, in different grasses on the field

DON-sisaldus lutsernis tõusis juuni lõpuks 248 ppb-ni, olles augustis 270 ppb ja septembris 170 ppb, s.o enne niitmist (joonis 1). Kõrrelistel ja põldheinal selliseid suuri erinevusi ei esinenud, mida kinnitasid mõlema aasta uuringud. Esimene niide tehti juuni keskel, teine augusti keskel ja kolmas septembris lõpus ning lutsernil oktoobri algul.

ZEA-sisaldus suurenes esimese niite tegemise ajaks tunduvalt võrreldes taimede kasvu algusega, isegi 2,1–2,9 korda olenevalt heintaimikust (joonis 2). Teiseks niiteks oli ZEA-sisalduse tõus pisut väiksem. Heintaimede mikroorganismide tegevust mõjutavad peale ilmastikutingimuste ka põllul tehtavad toimingud, nagu niitmine ja väetamine (Skladanka *et al.*, 2011).

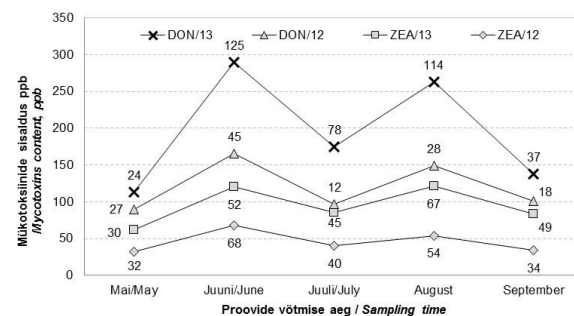


Joonis 2. Erinevate heintaimikute zearalenoosisaldus (ZEA) põllul

Figure 2. Concentration of ZEA, in different grasses on the field

Ilmastikutingimuste mõju heintaimiku (rohu) mükotoksiinide sisaldusele näitab kahel erineval aastal samadelt põldudelt kogutud proovide analüüs (joonis 3). Suur erinevus esines DON-sisalduses juunis ja augustis

2013, kus keskmine õhutemperatuur oli 4,4°C ja 2,0°C võrra soojem võrreldes 2012 aastaga (tabel 6).



Joonis 3. Timuti ja punase ristiku rohu mükotoksiinide sisaldus erinevatel kasvuperioodidel 2012. ja 2013. aastal

Figure 3. Concentration of mycotoxins of timothy/red clover grasses in different growth period on the year 2012 and 2013

Erinevate heintaimiku liikide mükotoksiinisalduse võrdlemine Tšehhis näitas, et kõige vähem oli DON-iga saastunud *F. pabulare* 31,02 ppb ja kõige enam *F. rubra* taimede segu 42,15 ppb. ZEA-sisalduse madalaim tase määrati aga *F. pabulare* materjalis. Uurimus näitas mükotoksiinidega saastatus sõltuvust liigist, koristuse ajast (DON kõrgeim juuli lõpus 51,9 ppb, ZEA oktoobri algul 86,55 ppb) ja aastast ehk ilmastikutingimustest, eriti temperatuurist ja niiskusest (Skladanka *et al.*, 2013).

Järeldused

Põllul suurenes taimse materjali mükotoksiinidega (DON ja ZEA) saastatus kuni koristamiseni, olenedes ilmastikutingimustest ja heintaimede liigist. Vilisest valmistatud silod sisaldasid kõik mükotoksiine DON ja ZEA. Rohusilodest olid 2013. aastal DON-ile positiivsed 92% ja ZEA-le 100% siloproovidest. Silodes kuivainesisaldusega alla 25% esines vähem mükotoksiine, kõige rohkem aga kuivainesisaldusega 35–45%, kus ZEA sisaldus oli keskmiselt 332 ppb ja DON 214,4 ppb.

Tänuavaldus

Uurimistöõ viidi läbi Põllumajandusministeeriumi projekti nr 8-2T10041 ja Haridus- ja Teadusministeeriumi projekti nr IUT8-1 toetusel.

Kasutatud kirjandus

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th ed. – Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.
- Aragon, A.Y., Rodrigues, I., Hofstette, U., Binder, E.M. 2011. Mycotoxin in silages: Occurrence and prevention. – Iranian Journal of Applied Animal Science, 1(1), p. 1–10.
- Baliukoniene, V., Bakutis, B., Vaivadaite, T., Bartkiene, E., Jovaišiene, J. 2012. Prevalence of fungi and mycotoxins in silage and milk in Lithuania. – Veterinaria ir Zootechnika, 59 (81), p. 3–9.

- Borutova, R., Naehrer, K. 2012. Mycotoxin survey in Europe 2010. In: Proceedings of the XVI International Silage Conference (ed. Kuoppala *et al.*) Hämeenlinna, Finland, 2–4 July 2012, p. 324–325.
- Bryden, W.L. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. – *Animal Feed Science and Technology*, vol. 173, p. 134–158.
- Cheli, F., Campagnoli, A., Dell'Orto, V. 2013. Fungal populations and mycotoxins in silages: From occurrence to analysis. – *Animal Feed Science and Technology*, 183, p. 1–16.
- Driehuis, F. 2012. Silage and the safety and quality of dairy foods: a review. – Proceedings of the XVI Intern Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 2–4 July 2012, p. 87–104.
- Driehuis, F., Spanjer, M.C., Scholten, J. M., Te Giffel, M.C. 2008. Occurrence of mycotoxins in feedstuffs of dairy cows and estimation of total dietary Intaks. – *J. Dairy Science*, 91 p. 4261–4271.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2004. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Aflatoxin B1 as undesirable substance in animal feed. – *The EFSA Journal*, 39, p. 1–27.
- Fink-Gremmels, J. 2006. Moulds and mycotoxins as undesirable substances in animal feeds. – In: *The mycotoxin factbook. Food&feed topics* (ed. D. Barug *et al.*), Wageningen Academic Published, p. 37–50.
- Gonzales-Pereyra, M.L., Alonso, V.A., Sager, R., Morlaco, M.B., Magnoli, C.E., Astoreca, A.L., Rosa C.A.R., Chiacchiera, S.M., Dalcerro, M., Cavaglieri L.R. 2008. Fungi and selected mycotoxins from pre- and postfermented corn silage. – *J. Appl. Microbiol.* 104, p. 1034–1041.
- Holmes, B.J., Muck E.E. 2004. Managing and designing punker and trench silos (AED-43). – *MidWest Plan Service*, Ames. IA., Experiment Station, p. 1–7.
- Johansson, M., Emmoth, E., Salomonsson, A.C., Albihn, A. 2005. Potential risks when spreading anaerobic digestion residues on grass silage crops-survival of bacteria, moulds and viruses. – *Grass Forage Science*, 60, p. 175–185.
- Jouany, J.P., Diaz, D.E. 2005. Effects of mycotoxins in ruminants. In: *Mycotoxin Blue Book*. – ADVS Faculty Publications, p. 295–322.
- Kaldmäe, H., Olt, A., Ots, M. 2011. Effect of additive on content of mycotoxins of grass silage. – *Proceedings II International Symposium on Forage Quality and Conservation*, November, 16–19th 2011. Sao Pedro, Brazil, DVD, p. 87–88.
- Mansfield, M.A., Kuldau, G.A. 2007. Microbiological and molecular determination of mycobiota in fresh and ensiled maize silage. – *Mycologia*, 99, p. 269–278.
- Nedělník, J., Moravcova, H. 2006. Mycotoxins and forage crops. Problems of the occurrence of mycotoxins in animal feeds. – *Conf. Proceedings 12th Intern. Symposium "Forage Conservation"*, 3–5th April 2006, Brno, p. 13–25.
- Nelson, C. 1993. Strategies of mold control in dairy feeds. – *J. Dairy Sci.*, 76, p. 898–902.
- Queiroz, O.C.M., Adesogan, A.T., Staples, C.R., Hun, J., Garcia, M., Greco, L.F., Oliveira, L.J. 2010. Effects of adding a mycotoxin-sequestering agent on milk aflatoxin M1 concentration and the performance and immune response of dairy cattle fed an aflatoxin B1 – contaminated diet. – *J. Anim. Sci.*, 88 (Suppl E). p. 543, Abstract 1142.
- Queiroz, O.C.M., Rabaglino, M.B., Adesogan, A.T. 2011. Mycotoxin in silage. In: *Proceedings of the II International Symposium on forage quality and conservation* (ed. J.L.P. Daniel *et al.*), Nov. 16–19th, 2011, Sao Pedro, p. 105–126.
- Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Oude Elferink, S.J., Spelstra S.F. 2003. Microbiology of ensiling. In: *Silage Science and Technology*, Madison, USA, p. 31–94.
- Skladanka, J., Nedělník, J., Adam, V., Doležal, P., Moravcova, H., Dohnal, V. 2011. Forage as a primary source of mycotoxins in animal diets. – *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8, p. 37–50.
- Skladanka, J., Adam, V., Doležal, P., Nedělník, J., Kizek, R., Linduskova, H., Meija, J.E.A., Nawrath, A. 2013. How do grass species, season and ensiling influence mycotoxin content in forage? – *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10, p. 6084–6095.
- Wang, R. 2012. Estimation of silage density in bunkers silos by drilling. – *Degree project*, SLU. 32 pp.
- Whitlow, L.W., Hagler, W.M. Jr. 2005. Mycotoxins in dairy cattle: occurrence, toxicity, prevention and treatment. – *Proc. Southwest Nutr. Conf*, p. 124–138.
- Whitlow, L.W., Hagler, W.M., Hopkins, B.A. 1998. Mycotoxin occurrence in farmer submitted samples of North Carolina feedstuffs: 1989–1997. – *J. Dairy Sci.* 81 (Abstract), p. 1189.
- Yiannicouris, A., Jouany, J.P. 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. – *Anim. Res.*, 51, p. 81–99.

Mycotoxin contamination in grass and maize silage in Estonia

Helgi Kaldmäe, Andres Olt, Ragnar Leming, Meelis Ots
*Estonian University of Life Sciences,
 Department of Animal Nutrition,
 F.R. Kreutzwaldi 46, 51006 Tartu*

Summary

Silage is widely used in farms and has important role in animal production and health. It is important to produce silage with high nutritional value and good hygienic quality. The silage quality estimated by chemical composition and fermentation parameters, but it is need the control about the composition of mycotoxins. Standard silage-making practices include grass selection, reduction of field and harvest stress and losses, rapid filling of the silo, tight packing, covering. A number of mycotoxins in silage are produced during the period of vegetation before harvest and storage in

the field. Post-harvest management of mould and mycotoxin contamination in silage depends on proper storage conditions include the opening the finished silage. The aim of this study was to determine the concentration of mycotoxins (deoxinivalenol (DON) and zearalenon (ZEA)) of silage making in Estonian farms (n=56) at the year 2011, 2012 and 2013. A total 596 grass-, 55 maize- and 10 whole crop silage samples were collected for analyses. All analyses were performed by the laboratory of the Nutrition Department of the Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences at the Estonian University of Life Sciences. In this study the silage contained mycotoxins, the positive samples of DON were 92% and of ZEA 100%, and maize silage 95.7% and 100% respectively at the 2013 year. The content of DON of grass silage was average 209 ppb and the content of ZEA was 329 ppb and in maize silage 227 ppb and 292 ppb

respectively. ZEA concentration in the first cut grass silage was a mean 257.4 ppb, the second cut 245.0 ppb and the third cut 224.4 ppb and DON concentration was 214.7 ppb, 190.8 ppb and 166.3 ppb respectively. The silage with a dry matter content <25% contained fewer analysed mycotoxins compared to silage with a dry matter 35–45%. During the growing period grass forage was contaminated with mycotoxins, most of all by DON and ZEA. Mycotoxins contents increased in the field before silage material cutting. The content of ZEA and DON increase by comparison with beginning growth of grass. The maximum levels of mycotoxin content of grass were recorded at the time of harvest. DON and ZEA content in summer period depending of the grass species and data of collection and of weather conditions.

Agraarteadus
1 * XXV * 2014 : 30–38



Journal of Agricultural Science
1 * XXV * 2014 : 30–38

"AASTA 2014 MULD" – LEOSTUNUD MULD

"YEAR 2014 SOIL" – THE LEACHED SOIL

Raimo Kõlli, Indrek Tamm

Eesti Maaülikool, F.R. Kreutzwaldi 1a, 51014 Tartu

Saabunud: 25.04.2014
Received:
Aktsepteeritud: 06.05.2014
Accepted:

Avaldatud veebis: 20.06.2014
Published online:

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

Keywords: leached soils, year 2014 soil, cambisols, soil properties

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2014_1_kolli.pdf

ABSTRACT. By Estonian Soil Sciences Society for the year 2014 soil the leached soils as one of the best arable soils of Estonia was elected. After WRB these soils embrace mainly Haplic & Endogleyic Cambisols (calcaric, endoskeletal). The area of leached soils forms 7.7% from whole Estonian soil cover or a little bit more than 3250 km². In overview on Estonian year 2014 soil the morphology, genesis, classification, humus status and different properties (chemical, physical, hydro-physical) are treated on detail level of Estonian Soil Classification, for which are soil species (identified by soil genesis) and soil varieties (divided on the basis of soil texture). Besides abovementioned characteristics the productivity, environment protection ability in dependence upon soil functioning and properties, usage in agriculture and forestry, and distribution in Estonia of leached soils is analysed.

© 2014 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2014 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Eesti IV mullapäeval 5. detsembril 2013. a kuulutati Eesti mullateaduse seltsi poolt aasta 2014 mullaks leostunud muld. Aastamulla nimetamise eesmärgiks on edendada muldkatte kui loodusvara kasutamise ja kaitsmise alast teadlikkust. Süsteemse ülevaate saamiseks mistahes mullaliigi või -erimi omadustest, talitlemisest ja osast Eesti muldkattes, tuleks vastavaid muldasid käsitleda nii arengu ja omaduste poolest lähedaste kui ka kaugemate ehk siis kõigi teiste muldkattes kaasnevate muldade suhtes. Häid võimalusi selleks pakuvad Eesti muldade digitaalse kogu alaosa CD2, CD4 ja CD6 (EMDK, 2008).

Materjal ja käsitluse metodoloogia

Põhiline töös kasutatav andmestik pärineb kunagise "Eesti Põllumajandusprojekti" mullastiku uurimise osakonna poolt kogutud andmestikust (Kokk, Rooma, 1974; Kokk, 1978; EPP, 1983; Maa-ameti geoportaal, 2014) ja autorite poolt tehtud üldistustest (EMDK, 2008).

Leostunud muldi käsitletakse antud töös liigi ja erimi tasemel. Taolisest esitlusest arusaamiseks oleks vaja teada muldade käsitluse spetsiifikat, tunda väliuurimise metodoloogiat või omada käeulatuses vajalikke töövahendeid kas käsiraamatu või juhendi

vormis (Astover jt, 2013). Mullaliikide üle arutlemisel on vajalik tunda vähemalt algtasemel muldade morfoloogiat ning selle aluseks olevaid mullahorisonte, nende morfoloogilisi tunnuseid ja tähistusi. Selles osas võiks käepärast olla mullaliikide nimestik ja koodid (Maa-amet, 2001; Astover jt, 2013). Mullaerimite üle arutlemisel on vaja orienteeruda mulla lõimise küsimustes st mullapeenese ja -korese nimetuste, iseloomu ja lühendite suhtes ning teada koresesisalduse astmeid. Samas on mullakorese liigid ja nende sisalduse astmed olulised juba ka mullaliikide eristamisel. Töös kasutatud korese liigid on: r – rähk, v – veeris, v^o – raudkiviveeris, kr – kruus, kb – klibu ja p – paas. Selguse mõttes kasutame antud töös ühetäheliste mullapeenese lõimiste puhul sõnu: l – liiv ja s – savi. Kahetäheliste lühendite puhul eelistame sõnade asemel vastavaid lühendeid, mis teeb töö mitte ainult kompaksemaks vaid ka arusaadavamaks. Siinkasutatud lühenditeks on: sl – saviliiv, ls₁ – kerge liivsavi, ls₂ – keskmine liivsavi ja ls – liivsavi (st ls₁-ls₂). Mullapeenese lõimise alusel eristatakse iga leostunud mullaliigi piires üks või mitu mullaerimit, mille kood koosneb märgiga '///' eraldatud mullaliigi ja lõimise koodist (nt Ko//ls, kus Ko näitab, et tegemist on leostunud mulla(liigi)ga, mille lõimis(erim) on liivsavi).

Rahvusvahelisel suhtlemisel saab toetuda World Reference Base for Soil Resources'le (WRB-le) ja FAO väliuurimise juhendile (FAO, 2006; IUSS..., 2007). Samas peab mainima, et kui Eesti mullaliikide konverteerimisel WRB süsteemi on piisavalt võimalusi adekvaatsuse saavutamiseks, siis mullaerimite puhul on see raskendatud, seoses suurte põhimõteteliste erinevustega mulla peenese, eriti aga mullakorese klassifitseerimisel

Arutelu

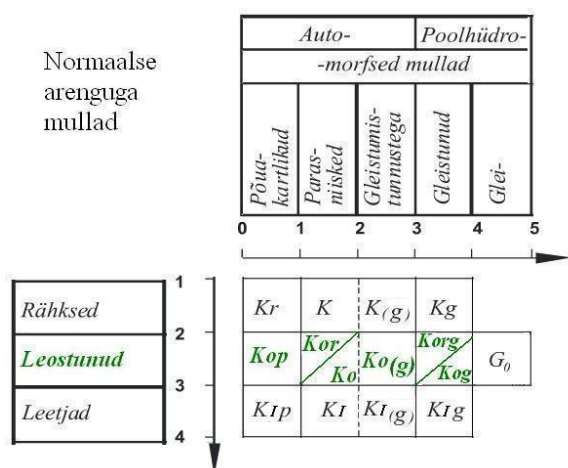
Leostunud muldade jaotamine liikideks, nimetused, teke ja lähtematerjal

Leostunud mullad jaotatakse liikideks mulla veelolude (kuivad ehk põuakartlikud, parasniisked ehk värsked ja niisked ehk gleistunud), lähtekivimi koreseisalduse (tavalised ehk tüüpilised ja koreserikkad) ja selgelt äratuntavate mullaväliste geomõjutuste (ära- ja pealeuhe) kaasmõju järgi. Eesti ametlikud leostunud muldade liiginimetused (samal ajal ka kaardistamisühikute) nimetused (kood ja täisnimi) on järgmised (Maa-amet, 2001; Astover jt, 2013):

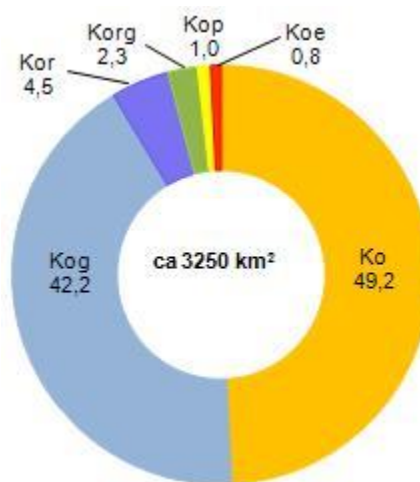
- Ko Leostunud muld
- Kog Gleistunud leostunud muld
- Kor Koreserikas leostunud muld
- Korg Gleistunud koreserikas leostunud muld
- Koe Nõrgalt erodeeritud leostunud muld
- Kop* Põuakartlik leostunud muld
- Kod* Nõrgalt deluviaalne leostunud muld
- Ko(g)* Gleistumistunnustega leostunud muld

Märkus: Tärniga on tähistatud väheesinevad ehk täiendavad liigid, milliste eristamise vajadus sõltub mullastiku kirjusest ja kontrastsusest, vastavate alaliikide rohkusest ning ala mullastikulis-ökoloogilistest tingimustest.

Leostunud mullaliikide omavahelist seost ja piirneimist teiste muldadega näitab joonis 1 ning mullaliikide omavahelist osakaalu joonis 2.



Joonis 1. Leostunud mullaliikide omavaheline seos ja piirneimine teiste muldadega
Figure 1. Interrelationships of leached soil species and their bordering with other soil types



Joonis 2. Erinevate mullaliikide osakaal leostunud muldade hulgas
Figure 2. Share of different leached soils' species among other leached soils

Leostunud muldade nimetus tuleneb mulla Ca- ja Mg-karbonaatide väljauhtumisest ehk leostumisest. Samas on leostunud muldade ühiseks peatunnuseks savistumine, mis on murenemise peente osakeste (silikaatide) ning orgaanilise aine mineraalsete laguproduktide ümberkristalliseerumine savimineraalideks. Savimineraalide kuhjumist tekkekohal näitab šokolaadipruuni värvusega metamorfse savistunud Bw-horisoni esinemine huumushorisoni (A) ja lähtekivimi (C) vahel (foto 1). Pruunist Bw-horisonist pärineb ka nende muldade üks nimetustest – pruunmullad (EMDK, 2008).



Foto 1. Leostunud metsa- (Mts) ja põllumulla (Pld) profiilid
Photo 1. Profiles of leached forest (Frs) and arable (Arb) soils

Üleminekul leetjatele muldadele kaasneb koha-pealsele savistumisele sisseuhteline savistumine st mulla ülemistest kihtidest keemiliselt murenemata ibe ja tolmu osakeste väljauhtumine ning nende ladestumine Bw-horizonti. Selle tagajärjel moodustub savi poolest veelgi rikkam tekstuurne savistunud Bwt-horizont, mille tunnuseks on savi voolusvormide (kutaanide) esinemine mulla poorides ja peentel osadel. Leostunud muldade mullapeenese keemine algab Bw-, Bwt- või BC-horisonidist ehk tavaliselt 30–60 cm sügavusest, mis näitab, et nende pindmisest osast on vähemalt 30 cm ulatuses vabad karbonaadid välja leostunud.

Leostunud muldadele on iseloomulik rohke karbonaatse korese sisaldus profiili alumises osas. Õhukese moreenkattega aladel võib mullaprofiil ulatuda ka aluspõhja paekihti ehk R-horizonti. Tüüpiliste leostunud (Ko, Kog) muldade ja nende variantide (Koe, Kop) korese osakaal alusmulla mahust on valdavalt 10–30%. Koreserikaste leostunud (Kor, Korg) muldade BC või C horisondis moodustab kores 30–70% mulla mahust või on tegemist isegi lausaldase koresega ehk räha, veerise, kruusa või klibu osakaal on >70%.

Ajutiselt liigniisketes tingimustes tekivad gleistunud leostunud (Kog, Korg) mullad. Veega küllastunud hapnikuvaeses mullas kasutavad mikroobid orgaanilise aine lagundamiseks vajaliku hapniku allikana taandumisvõimelisi mineraalühendeid. Taandumisprotsessis moodustunud alahapendilise raua ühendite reageerides mulla alumosilikaatidega tekivad mulda gleimineraalide laigud. Muldade gleistumist näitab Bwg-, Bwtg-, BCg- või Cg-horisonitides esinevad sinakad ja hallikad gleilaigud (<1/3 kogupinnast) ja roostetäpid ning värvuselt kollakaks ja pudedaks muutunud rähk ja veeris.

Kallakutel paiknevaid leostunud muldi mõjutab erosioon, mis sõltub peale asendi reljefil ka inimese maaviljeluslikust tegevusest. Nii tekivad vähese kallakusega (<5°) haritavate maade kõrgematele aladele nõrgalt ärauhitud (Koe) ning kallakute jalamile nõrgalt pealeuhitud leostunud (Kod, Kogd) mullad.

Järgnevalt on esitatud mõningaid näiteid leostunud muldade profiilidest (valem ja seletus):

A–Bwt–C	tüüpiline Ko mulla profiil,
O–A–AB–Bwt–C	Ko metsamulla profiil ülemineku- ja tekstuurse B-horisonidiga,
Od–A–Bwg–Cg	detriitse metsakõduga Kog mulla profiil,
A–Bwtg–(BCg)–Cg	Kog mulla profiil kohati esineva ülemineku horisonidiga,
(O)–A–AB–Bwt–C–R	Ko profiil laiguti esineva metsakõdu ja allasuva paega,
A–Bw–C–R	Ko või Kor mulla profiil, mille koreseline lähtekivim lasub pael.

Leostunud muldade areng, profiili ülesehitus ja omadused on suuresti tingitud mulla lähtekivimist, selle karbonaatide ja silikaatide sisaldusest ning korese iseloomust (Kokk, 1978; Maa-ameti geoportaal, 2014). Suurema osa leostunud muldade lähtekivimiks on

kollakashall keskmiselt kuni tugevasti rähkne karbonaatne liivsavimoreen. Pandivere kõrgustiku ja Kesk-Eesti liustikutekkeliste lavatasandike Ko ja Koe mullad on tekkinud kollakashalli moreeni kühmudel ja künnistel. Lainjate moreentasandike madalamate osade ning lamedate kühmade ja künniste jalamite muldadeks on aga Kog või Kod mullad. Õhukese valkjashalli tugevasti rähkse moreenkattega Harju ja Ida-Viru lavamaa paetasandikel, Saaremaal ning Lääne-Eesti rannikumadalikul esinevad leostunud mullad (Ko, Kor, Kog, Korg) koos rähkmuldadega. Mitmed leostunud mullaliigid on tekkinud veel ka karbonaatse moreenkattega voorestikel, kungastikel ja oositikel. Ko, Koe ja Kor muldade suure osakaalu eelduseks teiste muldade kooslustes on olnud ka karbonaatse kattega jääjõe veerise ja kruusarikas lähtematerjal Otepää, Haanja ja Karula kuhje- ning Sakala kulutuskõrgustikul. Tartu ja Viljandi ümbruse ja nende vahelisel alal leostunud muldade lähtekivimiks on olnud punakaspruun karbonaatne liivsavimoreen.

Huumusseisund, bioloogiline aktiivsus ja huumusprofiilid

Taimedele sobiva kasvukeskkonna loomiseks ja mulla elustikku talitlemas hoidmiseks vajab iga muld uue (värske) orgaanilise aine pidevat juurdetulekut. Leostunud metsamuldade keskmine aastavarise voog on piirides 8–10 tonni kuiva orgaanilist ainet ühe hektari kohta, millest maa-alune osa moodustab ca 25–35%. Teraviljade aastavarise kogus ei kompenseeri tavaliselt aasta jooksul ökoloogilisteks talitlusteks kulutatud orgaanilise aine koguseid ning see tuleks kompenseerida põldheinte või haljasväetiste kasvatamise või mujalt teisaldate (sõnnik, turvas) orgaanilise ainega (joonis 3). Mida suurem on põllukultuuri saagikus, seda suurem on üldreeglina ka aastavarise kogus.

Muldade huumusseisund sõltub mulla erimist ja maakasutusest. Leostunud muldade huumusvarust moodustab labiiline (värske) kiirema käibega huumus ehk eelhumus vaid mõne tonni (3–8 Mg ha⁻¹), kusjuures selle osakaal on suurem, ühelt poolt, gleistunud ja teisalt, metsamuldades. See osa huumusest varustab mulla elustikku energiaga ning taimestikku vabanevate mineraalainetega. Stabiilsest (vanast) huumusest on ca 1/3 lagunemise eest kaitstud füüsikaliste teguritega (keskmine poolestusaeg 50 aastat) ning tema täielikuks lagunemiseks kulub üle saja aasta. Suurem osa huumusest on kaitstud lagunemise eest tänu keemilisele ülesehitusele, kusjuures selle keskmine poolestusaeg on 1500–2000 aastat. See tähendab, et osa sellest huumusest on kujunenud 3000–4000 aasta tagusel ajal. Stabiilse huumuse roll on parandada mulla füüsikalise-keemilisi, füüsikalisi ja veomadusi.

Huumuse hulga ja kvaliteedi suhe on parim Ko ja Kor muldades, mille huumushorizont on rikas varise lagunemisel-humifitseerumisel moodustunud orgaanilis-mineraalsete komplekside poolest. Kuigi huumuse varud on suurimad gleistunud leostunud (Kog, Korg) muldades, on nende huumuse kvaliteet kehvem huumuse vähema täiuslikkuse tõttu. Kod muldades on

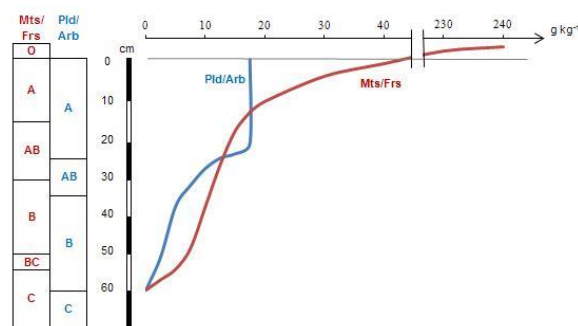
suur osa huumusest maetud ning seega eemaldatud tavakäibest. Leostunud liivsavimuldade orgaanilise aine keskmine aastakäive metsades on ca 7–8 Mg ha⁻¹, põldudel aga 5–6 Mg ha⁻¹. Sama mulla huumuse keskmine aastakäive põldude puhul on aga piirides 0,8–1,2 Mg ha⁻¹.

Mulla-elustiku tähtis roll looduslike leostunud muldade orgaanilise aine käibes nähtub kõdu segunemisest mullaga ja vihmausside koprolitide rohkusest. Mulla-elustiku tegevusest on leostunud muldades haaratud ka sõmeralise struktuuriga ülemineku(AB)- ja savistunud (Bw, Bwt) horisondid, kus on rohkesti taimejuuri, hea õhustatus, optimaalsed niiskustingimused ja soodne reaktsioon. Lähtekivimi karbonaatsuse tõttu on leostunud muldade metsavaris kaltsiumirikas ja mullas soodsad tingimused pehmehumusliku A-horisondi tekkeks. Metsade Ko muldadel moodustub värske metsamulla tüüpi huumusprofiil, mis koosneb õhukesest kihistumata poollagunenud lehe-, okka- ja oksavarise detriitse kõdu-(Od-) horisondist ning selle all asuvast huumusrikkast A-horisondist (EMDK, 2008). Tänu rohurinde varise suurele osakaalule ja varise segunemisele mullaga laguneb valdav osa uuest varisest juba esimese suve jooksul, mistõttu esineb suviti perioode, mil metsakõdu laiguti puudub ning uus kõdukiht moodustub alles sügisest lehevarisest. Gleistunud leostunud (Kog, Korg) muldade bioloogilist aktiivsust piiravad kevaditi ja sügiseti mullas valitsev anaeroobsus, mille tõttu on nende kõduhorisont veidi tusedam ja A-horisont veidi toorhumuslikum võrreldes parasniiskete leostunud (Ko, Kor) muldadega.

Põlluks haritud Ko ja Kog muldade neutraalses pehmehumuslikus A-horisondis on huumuse kontsentratsioon väiksem võrreldes metsamuldadega. Üldlammastiku sisaldus on leostunud põllu- ja metsamuldade A-horisondis praktiliselt võrdne. Erinev on aga süsiniku ja lämmastiku suhtarv (C:N), mis on metsamuldades suurem kui põllumuldades.

Leostunud looduslike (metsa- ja püsirohuma-) ja kultuuristatud (põllu- ja kultuurrohuma-) muldade

erinevus väljendub peamiselt nende huumuskatte ülesehituse ja omaduste kaudu (joonis 4; tabel 1).



Joonis 4. Huumusesisalduse vertikaalse jaotumise kõver leostunud metsa- (Mts) ja põllumullas (Pld)

Figure 4. Vertical distribution curve of humus content in leached forest (Frs) and arable (Arb) soil

Kui looduslike muldade huumuskatte on kujunenud aastakümneid kestva ühetaolise varisevoo ja selle lagunemisel mulla-elustiku toimel, siis kultuuristatud aladel kas igal aastal või üle mõne aasta segatakse huumuskatte maaharimise käigus kogu oma ulatuses läbi. Looduslike muldade huumuskatte on õhem, happelisem ja lämmastikuvaesem võrreldes kultuuristatud muldadega. Erilist tähelepanu väärib looduslike muldade huumusesisalduse sujuv vähenemine sügavuse suunas. Taolisest huumusejaotumise kõverast lähtudes on muldade võrdleval analüüsil õigem kasutada huumuse kontsentratsiooninäitajate (g kg⁻¹) asemel selle varu näitajaid (Mg ha⁻¹).

Muldkaate koosneb huumuskattest (O+A+½AB horisont) ja alusmullast (½AB+B+½BC). Väiksema tusedusega (õhemad) on vähearenenud, põuakartlikud, raske lõimisega ja liigniisked leostunud mullad. Leostunud metsamuldade O- ja A-horisondi huumusvarud ulatuvad vastavalt piiridesse 7–15 ja 70–120 Mg ha⁻¹. Põlluks haritud leostunud muldade huumusvaru on veidike suurem või sama (90–130 Mg ha⁻¹). Alusmulla huumusvaru on aga mõlema maakasutuse korral praktiliselt sama (25–40 Mg ha⁻¹).

Tabel 1. Leostunud liivsavimulla omadused erineva maakasutuse korral¹⁾

Table 1. Properties of loamy leached soil in different land use conditions¹⁾

Näitaja Characteristic	Ühik Unit	Haritav maa / Arable land n=20		Metsamaa / Forest land n=12	
		Huumuskate Humus cover	1 m kiht 1 m layer	Huumuskate Humus cover	1 m kiht 1 m layer
Tüsedus/Thickness ²⁾	cm	27	100	17	100
N varu / N stocks	Mg ha ⁻¹	7,4	11,0	2,9	5,2
Huumusvaru / Humus stocks	Mg ha ⁻¹	109	165	81	134
C:N	suhe/ratio	8,5	8,7	15,9	14,8
Liikuv Al / Mobile Al	kg ha ⁻¹	13,9	16,8	4,1	4,1
Hüdrolüütiline happesus / Hydrolytical acidity	kmol ha ⁻¹	66	126	50	133
Neeldunud alused / Basic cations	kmol ha ⁻¹	735	2412	318	2799
Neelamismahutavus / Cation exchange capacity	kmol ha ⁻¹	801	2538	368	2932
Küllastusaste / Base saturation stage	%	92	95	86	96
Eripinna indeks / Index of specific area	10 ⁵ ha ha ⁻¹	267	643	116	572
Füüsikalise savi sisaldus / Content of physical clay ³⁾	%	27	27	28	33

1) Allikas/Source: Andmebaas / Database PEDON;

2) Muldkatte keskmine tüsedus haritaval maal – 53 cm ja metsamaal 46 cm / Average thickness of soil cover on arable land 53 cm and on forest land 46 cm;

3) Kaalutud keskmine % mullapeenese suhtes / Average weighted by soil mass percentage in fine earth fraction.

Märkus: Haritavate maade Ko/lis mulla keskmine boniteet on 58 hindepunkti / Average quality of arable loamy leached soil is 58 points

Mullaerimid. Füüsikalised ja veomadused

Leostunud muldade seas on valdavateks erimiteks keskmise löimisega (ls, sl/ls) mullad. Hinnanguliselt on leostunud mullaerimite (löimiste) vähenev rida järgmine: ls(71%) > sl(17%) > liiv(9%) > savi(3%). Veidi üle poole parimate taimekasvatustlike omadustega leostunud muldade erimistest (ls, sl/ls) on kasutusele võetud haritava maana. Kerge ja raske löimisega leostunud mullaerimite haritava maana kasutamine on aga tunduvalt väiksem. Kui haritava maa mullalöimiste vähenev rida (ls(72%) > sl(18%) > liiv(8%) > savi(2%)) on praktiliselt sarnane eelpooltoodud reaga, siis metsamuldade puhul on see tunduvalt erinev: ls(56%) > sl(24%) > liiv(14%) > savi(6%).

Kollakashallil karbonaatsel moreenil kujunenud leostunud liivsavimuldade (Ko//ls, Kog//ls, Kor//ls) peense füüsikalise savi sisaldus A- ja C horisontides on valdavalt piirides 23–29% ehk tegemist on kerge liivsaviga (Kokk, 1978). Leostunud liivsavimuldade B-horisont on tavaliselt 3–7% võrra savirikkam A-horisondist. Kollakashallil karbonaatsel saviliivmoreenil kujunenud Ko//sl muldade füüsikalise savi sisaldus A-horisondis on aga valdavalt 13–19% piires.

Olulist mõju mulla omadustele avaldab ka kruusa (\varnothing 1–10 mm) sisaldus mullas. Kollakashallil moreenil kujunenud tüüpiliste leostunud muldade B- ja C-horisontide keskmine peeneteralise kruusa (\varnothing 1–3 mm) sisaldus on piirides 13–17%, A-horisondis on see aga väiksem (8–10%) (EPP, 1983).

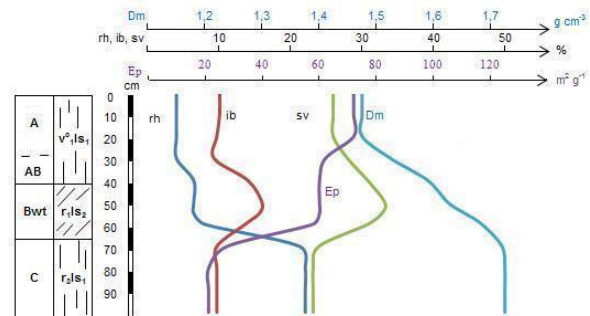
Ko ja Kog koresesisaldus (rähk, veeris) pealismullas on alla 10% ehk nad on nõrgalt koreselised või koresevabad. Haritaval maal võib leostunud mulla künnikiht sisaldada ka mullaharimise käigus kõrvalt peale kantud rähka, mida esineb sagedamini põldudel, kus leostunud mullad vahelduvad rähkmuldadega. Nõrgalt raudkiviveeriseline (v°_1) pealismuld on aga iseloomulik enamusele kulutatud moreentasandike leostunud muldadele. Tüüpiliste leostunud muldade ja nende variantide alusmuld on keskmiselt kuni tugevasti rähkne (r_2 – r_3) või veeriseline (v_2 – v_3). Ligikaudu $\frac{3}{4}$ leostunud põllumuldade pealismulla koresesisaldus on <10% ja alusmulla oma 10–20%.

Leostunud muldade enamesinevate erimite löimised on:

Ko, Kog, Koe	v°_1 ls ₁ /r ₂ ls ₂ /r ₂ ls ₁ ; ls/r ₂₋₃ ls; r ₁ ls/r ₃ ls; r ₁ sl/r ₂ ls; ls/r ₂ ls ₂ /p (v.a Koe)
Kor, Korg	r ₁₋₂ ls/r ₄₋₅ ls; v ₂ sl/v ₄ ls
Kop	liiv; liiv/kr; v ₁ sl/kr; sl/v ₄₋₅ liiv, kr
Kod	liiv, sl/r ₂₋₃ ls

Koreserikaste leostunud (Kor, Korg) muldade pealismulla koreselisus on tavaliselt piirides 5–20% (r_1 – r_2), kusjuures mullapeeneses vabu karbonaate (keemist) ei esine. Nende muldade BC või C horisondid on aga väga tugevasti (r_{4-5} , v_{4-5}) koreselised või on tegemist lausaldase rähga või veerisega. Leostunud koreserikkad põllumullad moodustavad vaid väikese osa (<4%) leostunud põllumuldadest. Valdava osa (ca 2/3) leostunud põllumuldade künnikihist sisaldab 5–20 m³ ha⁻¹ suuri (\varnothing 20–100 cm) kive. Ligikaudu 1/4 põllumuldadest jääb suurkivisus 2–5 ja 1/10 20–50 m³ ha⁻¹ piiridesse.

Olulisemad füüsikalised omadused on esitatud domineeriva leostunud mulla erimi (Ko//ls) kohta joonisel 5.



Joonis 5. Leostunud liivsavimulla füüsikalised omadused põllumaal. Näitajad: rh – rähk, ib – ibe, sv – savi, Ep – eripind, Dm – lasuvustihedus

Figure 5. Physical properties of leached loamy arable soil. Characteristics: rh – pebble, ib – particles with diameter <0.001 mm, sv – particles with diameter <0.01 mm, Ep – specific area, Dm – bulk density

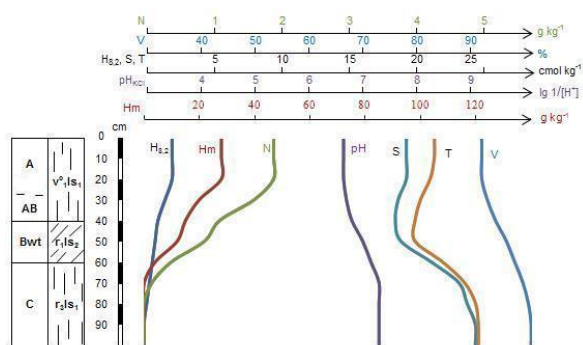
Tabelis 1 esitatud Ko//ls huumus- ja muldkatte varude arvutamisel oli aluseks mulla tusedus, lasuvustihedus, peense ja korese vahekord ning vastava näitaja sisaldus (kontsentratsioon). Sõltuvalt mullaerimist ja maakasutusest on paljude omaduste arvnäitajates täheledatavad selgelt väljendunud seaduspärased. Näiteks kui Ko//ls huumushorisondi tasakaaluline lasuvustihedus on põllumuldades ca 1,4–1,5 Mg m⁻³, siis tunduvalt kobedamad on metsamullad (1,1–1,2 Mg m⁻³); Kog//ls põllumulla huumushorisondi tasakaalustunud lasuvustihedus on ca 1,4, kuid metsamuldades on see 1,0 Mg m⁻³.

Looduslike Ko muldade huumushorisondile on iseloomulik selgelt välja kujunenud tompjas-teraline struktuur. Põldudel võib see olla vähemal või suuremal määral lõhutud. Hea struktuursuse, B-horisondi poorsuse ja alusmulla koreselisuse tõttu on leostunud mullad hea loodusliku dreanaži ja veeläbilaskvusega. Tingituna heade (tasakaalustunud) omadustega löimisest (ls₁, ls₂) ja vähesest koresesisaldusest on leostunud mullad suure väliveemahutavusega ja suudavad seega vegetatsiooniperioodi vältel taimkatet normaalselt veega varustada. Ko muldade profiili ei kogune ülavett. Kog muldade ajutine liigniiskus on enamasti põhjustatud kõrgest põhjaveetasemest, mitte aga kogunevast pinnaveest. Kõrgematel aladel paiknevate leostunud muldade põuakartlikkus (Kop) võib olla tingitud nii suurest koresesisaldusest (r_2 /r₄₋₅, v_2 /v₄₋₅), kui ka kergest löimisest (liiv, liiv/kr).

Ko//ls muldade aktiivveemahutavus 75 cm kihi kohta on ca 160 mm (üle keskmise) ja Ko//sl korral aga ca 140 mm (keskmise). Pael kujunenud Ko muldade aktiivveemahutavus on tunduvalt väiksem ja sõltub pae lasumissügavusest. Kog muldade aktiivveemahutavus on vahemikus 140–160 mm.

Keemilised omadused

Agrokeemilised omadused mullaerimi Ko//ls kohta on esitatud joonisel 6 ja tabelis 1.



Joonis 6. Leostunud liivsavimulla keemilised omadused põllumaal. Näitajad: Hm – huumuse sisaldus, N – üldlämmastiku sisaldus, pH – happesus (pH_{KCl}), $H_{b,2}$ – hüdrolüütiline happesus, S – neeldunud alused, T – neelamismahutavus ja V – küllastusaste

Figure 6. Chemical properties of leached loamy arable soil. Characteristics: Hm – humus content, N – total nitrogen content, pH – acidity (pH_{KCl}), $H_{b,2}$ – hydrolytical acidity, S – basic cations, T – cation exchange capacity and V – stage of base saturation

Ko põllumullad on reaktsioonilt (pH_{KCl} 6,5–7) taimekasvatuseks sobivaimad mullad. Looduslike Ko muldade huumushorisoni keskmine pH_{KCl} on 0,5–0,7 ühiku võrra madalam. Alumistes horisontides pH järjest tõuseb, olles lähtekivimis >7 . Ka teised happesuse näitajad (asendus- ja hüdrolüütiline happesus, liikuva alumiiniumi sisaldus), mis on küll pisut suuremad metsamuldades, ei ole probleemiks kõigi leostunud mullaliikide puhul. Leostunud muldade neelamismahutavus on kõrge ning enamiku sellest moodustavad neeldunud alused. Leostunud põllumuldade küllastusaste on kõrge (90–95%), looduslikel aladel aga veidi üle keskmise (80–90%). Üldlämmastiku sisaldus Ko muldades on keskmiselt 1,5–2,0 ja süsinikusisaldus vahemikus 14–18 g kg⁻¹ kohta. Taimedele omastatava kaaliumi poolest on rikkamad raskema lõimisega, liikuva fosfori poolest aga klandi piirkonnas asuvad leostunud mullad. Mikroelementide puudust leostunud muldadel ei esine, kuigi mulla leostumisastme suurenedes boori- ja mangaanisaldus väheneb.

Talitlemise iseärasused ja keskkonkaiitselised omadused

Parasniiskete leostunud (Ko, Kor, Koe) ja kuivendatud Kog muldade niiskusežiim on nii vegetatsiooniperioodi jooksul kui ka aastati stabiilne. Nad ei karda pikaajalisi sademeid ega lühemaid põuaperioode. Kuivendamata Kog mullad on lühiajaliselt, umbes ühe nädala jooksul kevaditi ja sügiseti liigniisked kas pealevalguvast pinnaveest või muldkattesse ulatuvast põhjaveele toetuva kapillaarvõõtmee veest. Vaid sellel perioodil on nende looduslik drenaaž teatud määral takistatud. Ebastabiilsem on niiskusežiim kergete lõimistega (kruusad, liivad, saviliivad liivadel) leostunud mulla erimitel.

Ko mullas on hea loodusliku drenaaži tõttu enamasti ülekaalus oksüdeerumistingimused. Tänu heale õhustatusele soojenevad nad kevaditi normaalselt ja nende harimisküpsuse saamisel viivitusi ei ole. Tihenemata

vett ja õhku hästi läbilaskev B-horison annab mullale head taimekasvatustiliku omadused. Kuivendamata Kog muldade niiskusežiim on igati soodne puistute ja kultuurrohumaade produktiivsusele. Mullatiheste tekkimise hoiab ära B-horisoni kobestumine talvise läbikülmumisega.

Leostunud muldade, eriti selle kõrgelt hinnatud erimite (Ko//ls, Ko//sl/ls), suur osakaal muldkattes tagab ka paikkonna parema keskkonnaseisundi. Leostunud muldade keskkonda parandav toime (keskkonnakaitseväärus) väljendub (Kõlli jt, 2004):

1) mulla võimes varustada kõrge produktiivsusega taimikuid kasvaks vajalike tingimustega, tagades intensiivse ja mahuka aineriinge, suure aastavarise hulga ning varise intensiivse muundumise mullas; kvantitatiivselt väljendub see mulla ja metsa boniteedis;

2) võimes talitleda vett puhastava membraanina ning omastatavate toiteelementide ja vee mahutina, mis sõltub mullaplasma iseloomust ja hulgast; mullaplasma dünaamilisem osa, huumus, pärineb ökosüsteemi elusast osast, savi aga mulla mineraalsest osast; huumuse ja savi koosmõju väljendub komplekselt mulla eripinna indeksi ja neelamismahutavuse kaudu;

3) mulla vee-, õhu-, soojust ja hapendus-taandus-tingimuste koosmõju kaudu; soodne mullakliima mõjutab elustiku koostist, keemilisi oksüdatsiooniprotsesse ja mullas olevate toksiliste ainete kahjutustumist; parimad tingimused selleks on perioodil, kui mulla temperatuur on $>5^{\circ}C$ ning vee- ja õhurežiim on tasakaalustunud seisus;

4) muldkatte aluse pinnakatte tüseduse ja koostise kaudu, mis talitleb kui lisakomponent mulla passiivse kaitsevõime (vt punkt 2) tagamisel ja on lähtematerjaliks muldkatte edaspidisele arenemisele;

Mullavälisest mõjuritest on muldkatte väga tihedas seoses taimkattega. Koostalitlemise mullaomadustele vastava taimkattega muldkatte keskkonnakaitseväärus suureneb. Varisest moodustunud kattekiht (metsa- või rohumaakõdu) hoiab mulla kobeda, väldib veevaru mitteproduktiivse aurumise ja toidab mulla elustikku. Mullaväliseks teguriks on ka lokaalsed meteoroloogilised tingimused, millised väärinduvad erinevates muldades erinevalt.

Viljakus (produktiivsus) ja kasutamine

Looduslikel Ko ja Kor muldadel kasvavad kõrge tootlikkusega salu- ja sūrjametsad, milles domineerivate sinilille kuusikute kõrval esineb ka männikuid ja kaasikuid. Looduslikku seisut jäänud Kog ja Korg muldadel kasvavad peamiselt naadi kaasikud ja kuuselehtpuu segametsad. Leostunud muldadel kasvavate metsade alusmets on liigirikas ja küllaltki tihe. Ka rohurinne on liigirikas ja hea produktiivsusega. Samblarinne on aga hõre, kuigi liigirikas. Iseloomulik on puhmarinde puudumine. Leostunud metsamuldade fütoproduktiivsus on enamasti 11–13 tonni kuiva massi hektari kohta aastas, mille järgi neid võib pidada kõrge produktiivsusega muldadeks. Vastavalt sellele on ka neil kasvavate puistute boniteet kõrge – Ia–II.

Ko (Kor) muldade looduslikest rohumaakooslustest on suurema osakaaluga angerpisti-lubika, lubika-

mägitarna ja mägistiku-madala mustjuure kooslused ning Kog (Korg) muldadel madala mustjuure-hariliku härgheina, kahkja tarna-madala mustjuure ja tulika-luht-kastevarre kooslused (Krall jt, 1980). Looduslikud leostunud muldadega rohumaad on keskmise sööda-väärtusega ja sobivad nii karjatamiseks oma tallamis-kindluse tõttu, kui ka niitmiseks. Nende keskmine saagikus on 1,4–2,0 tonni kuiva heina hektari kohta.

Valdava osa (ca $\frac{3}{4}$) haritavate leostunud muldade boniteet on piirides 45–60 hindepunkti. Üle 5% muldadest ületab see 60 hindepunkti piiri. Samas on Kor ja kergema lõimisega Ko muldade boniteet (kokku ca 16%) vahemikus 35–45 hindepunkti ja vaid <4% leostunud muldadest on see alla 35. Võrdluseks olgu öeldud, et Eesti haritavate maade keskmine hindepunkt on 43.

Hea viljakuse tõttu on tasaste alade Ko mullad enamasti kasutusel põllumaana, Kog mullad aga kultuurrohumaana või kuivendatud põllumaana. Ko ja kuivendatud Kog mullad sobivad valdava osa kultuuride intensiivseks kasvatamiseks. 10-pallilise hindekaala järgi on Ko/lis kasutussobivuseks odrale, nisule ja kaerale 10 ning rukkile, kartulile, linale ja põldheinale 9. Kultuuride saagikus sõltub põhiliselt väetamisest ja agrotehnikast ning sademete hulgast ja jaotusest vegetatsiooniperioodil. Kuivendamata Kog mullad ei sobi hästi teraviljade ja rühvelkultuuride kasvatamiseks, sest nende ajutine liigniiskus takistab õigeaegset mullaharimist ja saagi koristamist.

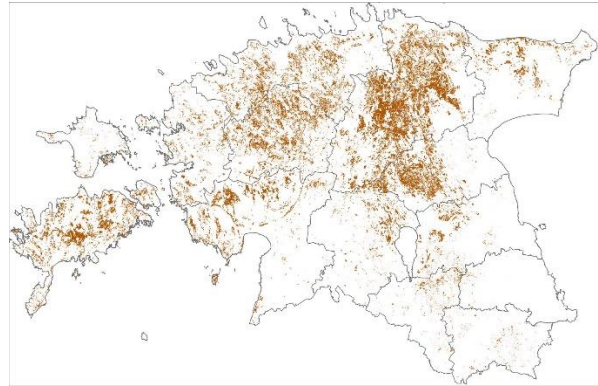
Tänu vastupidavale struktuursusele on leostunud mullad harimiskindlad. Tasastel või nõrgalt kallakulistel aladel on leostunud mullad normaalselt haritavad ja universaalse kasutussobivusega. Vaid leostunud liiv- ja savimuldi, mida esineb piiratud, peetakse keskmiselt haritavateks muldadeks. Kor muldade sügava harimise korral satub pinnale rohkesti kive ja rähka ning sellise põllu edasine kasutamine muutub keeruliseks. Kor ja Korg suur peenivisus halvendab oluliselt ka mulla viljakust.

Leostunud muldade potentsiaalse viljakuse säilitamiseks ja huumusesisalduse hoidmiseks optimaalsel tasemel kasutatakse heintaimedega külvikordasid. Kahjuks peame tõdema, et leostunud muldade kõrget potentsiaali viljakuse osas ei ole senini suudetud täielikult ära kasutada. Targa ja teadliku majandamise korral võiksime nendelt muldadelt saada vähemalt kolmandiku võrra kõrgemaid saake.

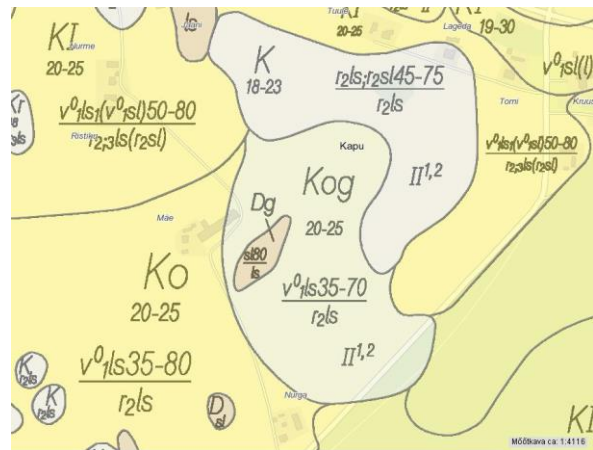
Liikide ja -koosluste levik maakondades

Leostunud muldade pindala moodustab 7,7% ehk veidi üle 3250 km² Eestimaa muldkattest (joonis 7). Andmed leostunud muldade levikust mistahes Eestimaa paigas on olemas suuremõtkavalisel (1:10000) mullastikukaardil (joonis 8; Maa-ameti geoportaal, 2014). Maakondadest on leostunud mullad kõige suurema osakaaluga Lääne-Virumaa ja Järvamaa muldkattes (vastavalt 56 ja 36%). Tuntavalt palju on neid muldi ka Harju, Rapla, Jõgeva, Saare ja Pärnu maakondade muldkattes (22–29%), kuid tagasihoidlikult (7–10%) Ida-Viru, Lääne, Tartu ja Viljandi maa

kondades (Kokk, Rooma, 1974). Leostunud mullad praktiliselt puuduvad (1–4%) Võru, Valga, Hiiumaa ja Põlva maakondades. Suurim osakaal haritavast maast (40–70%) on leostunud muldadel Koonga, Rakke, Endla, Eikla, Järva-Jaani ja Pärnu-Jaagupi agromullastikulistes mikrorajoonides.



Joonis 7. Leostunud muldade leviku Eesti skemaatiline kaart
Figure 7. Schematic map of leached soils' distribution in Estonia



Joonis 8. Väljavõte leostunud mulla kontuuridega suuremõtkavalisest (1:10000) mullastiku kaardist (Maa-ameti geoportaal, 2014)

Figure 8. Excerpt with leached soils' contours from the large scale (1:10000) soil map

Liustikutekkeliste maastike kõrgematel osadel esinevad leostunud mullad koos joonisel 1 näidatud piirnevate parasniiskete ja gleistunud muldadega. Põhja- ja Loode-Eestis kaasnevad neile rähkmullad, Kesk-Eestis ja sellest lõunapool – leetjad mullad. Lainja reljeefi madalamatel märgadel osadel kaasnevad neile aga lubjarikkad glei- ja hästilagunenud madalloomullad.

On loogiline, et leostunud muldade perekonnas kaasneb domineerivatele liikidele (Ko, Kog) suurem hulk ligilähedaselt sarnaste, kuid siiski äratuntavalt erinevate omadustega mullaliike ja -erimeid. Taoliselt väljendubki piirkondlik mullastikuline mitmekesisus. Leostunud muldade hulgas on kõige kõrgemalt hinnatud erimiks (nn vapimullaks) leostunud liivsavimuld.

**Leostunud liivsavimulla (Ko/Is) lühike arengu-
lugu on järgmine (Reintam, 1995):**

- Tekkis tundra-gleimullast ca 10 000 a tagasi;
- Emakivimiks on valdavalt keskmiselt kuni tugevasti rähkne karbonaatne liivsavimoreen;
- Aeglase algarengu (beebi) periood kestis preboreaalses ja boreaalses kliimas ca 2500 a;
- Kiire arenguperiood algas ca 7500 a tagasi sooja ja niiske atlantilise kliima tingimustes, tänu kõrgproduktiivsete laialeheliste metsade poolt toodetud varisele;
- Valdavateks mullatekkeprotsessideks on kamardumine, leostumine, bioloogiline murenemine, savistumine;
- Inimmõju etapid: alates 3300. a eKr. kohatine aleviljelus, alates pronksi ajast (2500 a eKr) maa-viljeluse areng püsipõldude rajamisega, huumuskatet muutva sügava künni periood 1950–1990; alates eelmise sajandi lõpust tavaviljeluse valdavus;
- Leostunud liivsavimulla pindala on hinnanguliselt 1150 km², millest valdav osa (70%) on kasutusel haritava maana;
- Valitsevaks levikualaks on Pandivere kõrgustik, Paide ja Põltsamaa tasandikud;
- Peetakse Eesti parimaks põllumullaks ja on valitud Eesti 2014. aasta mullaks.

Leostunud muldade iseloomustus World Reference Base for Soil Resources (WRB) järgi.

WRB süsteemi järgi kuuluvad leostunud mullad Cambisols'ide (CM) hulka (IUSS..., 2007). Seda näitab suhteliselt väheste muutustega Bw-(cambic, argic)horisont. Olulisteks tunnusteks on veel ka pehmehumuslik (mollic) huumuskate, alusmulla karbonaatsus (calcaric) ja selgete eluviaalsuse tunnuste puudumine. CM on üheks WRB referentsmullaks (kokku on neid 32). CM hulka kuuluvad ka joonisel 1 näidatud rähkmullad. CM-dega piirnevateks vähem arenenud muldadeks on Regosols ja Lithosols ning enamarenenud muldadeks Luvisols.

Leostunud muldade nimetused WRB järgi on (Eesti kood ja WRB nimetus):

- Ko Haplic Cambisol (calcaric, endoleptic)
- Kog Endogleyic Cambisol (calcaric)
- Kor Haplic Cambisol (endoskeletal, calcaric)
- Korg Endogleyic Cambisol (endoskeletal, calcaric)
- Kop Haplic Cambisol (aridic, arenic, calcaric)
- Koe Haplic Cambisol (aric, calcaric)
- Kod Haplic Cambisol (colluvic, humic, endocalcaric)

Märkus: Referentsmulda (Cambisol) määravateks kvalifikaatoriteks on: cambic, argic, mollic, calcaric; võimalikeks lisakvalifikaatoriteks aga: anthric, drainic, novic, eutric, clayic (IUSS..., 2007).

Tänuavaldused

Artikli autorid avaldavad tänu Põllumajandusuuringute Keskuse Mullaseire büroo juhatajale Priit Penule leostunud muldade levikukaardi ja liikide leviku andmete eest.

Kasutatud kirjandus

Astover, A., Reintam, E., Leedu, E., Kõlli, R. 2013. Muldade väliuurimine. Eesti Maaülikool, Tartu, 70 lk.

Eesti Põllumajandusprojekt (EPP), 1983. Haritavad mullad. Metsamullad. – Eesti NSV mullastik arvudes, III. ENSV PM, IJV, Tallinn, lk 3–92.

EMDK, Eesti muldade digitaalne kogu, 2008. Eesti Maaülikool (võrguteavik). <http://mullad.emu.ee/>

FAO 2006. Guidelines for soil description. 4th Ed. Rome, 97 pp.

IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. – World Soil Resources Reports, 103. FAO, Rome, 116 pp.

Kokk, R. 1978. Eesti NSV muldade lähtekivimite mehaaniline koostis. – Eesti NSV mullastik arvudes, II. ENSV PM, IJV, Tallinn, lk 67–76.

Kokk, R., Rooma, I. 1974. Mullaliikide levik. Agromullastikuline rajoneerimine. Kõlvikute mullastiku iseloomustus. – Eesti NSV mullastik arvudes I. ENSV PM, TTIV, Tallinn, lk 3–92.

Krall, H., Pork, K., Aug, H., Püss, Ö., Rooma, I., Teras, T. 1980. Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid ja tähtsamad taimekooslused. – Eesti PM, ZBI ja EPP, Tallinn, 88 lk.

Kõlli, R., Ellermae, O., Soosaar, K. 2004. Soil cover as a factor influencing the status of the environment. – Polish J. Soil Science, Vol. XXXVII/I, p. 65–75.

Maa-amet, 2001. Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri. http://geoportaal.maaamet.ee/docs/muld/mullakaardi_seletuskiri.pdf

Maa-ameti Geoportaal, 2014. Mullakaart. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Kaardiserver-p2.html>

Reintam, L. 1995. Muldade kujunemine. – Eesti. Loodus. (toim A. Raukas) Valgus, Tallinn, lk 419–430.

"Year 2014 soil" – the leached soil

Raimo Kõlli, Indrek Tamm
Estonian University of Life Sciences,
F.R. Kreutzwaldi 1a, 51014 Tartu

Summary

On IVth Soil Day of Estonia at December 5, 2013 by Estonian Soil Science Society for the year 2014 soil the leached soil was elected. In overview the classification, morphology and soil forming pedo-ecological conditions of leached soils are analysed. The humus status and different properties (chemical, physical, hydro-physical) are treated on detail level of Estonian Soil Classification, for which are soil species (identified by soil genesis) and soil varieties (divided on the basis of soil texture). Besides that the leached soils' productivity, environment protection ability and

usage in agriculture and forestry are treated in dependence upon these soils functioning and properties. The area of leached soils forms 7.7% or a little bit more than 3250 km² from whole Estonian soil cover. The distribution of leached soils in Estonia is analysed by Counties, agro-districts and ecological

conditions. After WRB the Estonian leached soil species embrace mainly Haplic & Endogleyic Cambisols (calcaric, endoskeletal). As conclusion the development history of the best Estonian leached soil variety (leached loamy soil) is given.

Agraarteadus
1 * XXV * 2014 : 39–47



Journal of Agricultural Science
1 * XXV * 2014 : 39–47

LIHA OKSÜDATSIOONI MEHHAANISMID NING MÕJU TOODETE OHUTUSELE JA KVALITEEDILE

MEAT OXIDATION – MECHANISMS AND INFLUENCE ON QUALITY AND SAFETY OF MEAT PRODUCTS

Tõnu Püssa

Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, toiduhügieeni osakond
F.R. Kreutzwaldi 58A, 51014 Tartu

Saabunud: 10.06.2014
Received:
Aktsepteeritud: 19.06.2014
Accepted:
Avaldatud veebis: 20.06.2014
Published online:
Vastutav autor: Tõnu Püssa
Corresponding author:
e-mail: pyssa@emu.ee

ABSTRACT. Meat is a foodstuff liable to (per)oxidation by different mechanisms including free radical and enzyme-catalyzed processes. Meat oxidation starts with lipids and heme and continues also with proteins. Oxidation that produces different undesirable chemical substances, such as leukotoxin diols, aldehydes, carbonylated amino acids, has significant influence on various quality and safety parameters of meat. Meat oxidation is favored by shortage of antioxidants in feed, high content of PUFAs and high comminution rate of meat, heat and light during processing, high pressure processing etc. Meat oxidation can be reduced by antioxidant supplements in feed and during processing, low temperatures, special packagings *etc.*

Keywords: meat, (per)oxidation, mechanisms, products, quality and safety, prevention

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2014_1_pyssa.pdf

© 2014 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2014 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Liha on väga keeruline ja pidevalt muutuv erinevate kõrg- ja madalmolekulaarsete ainete süsteem, mis on kuni termilise töötluseni teatud mõttes veel "elus". Seetõttu toimuvad säilitamisel ja töötlemisel lihas mitmesugused (bio)keemilised reaktsioonid, millest paljud mõjuvad negatiivselt liha kvaliteedile ja ohutusele. Üks selliseid protsesse on (per)oksidatsioon. Liha kalduvus oksüdatsioonile pannakse osaliselt paika juba looma aretamisel ja kasvatamisel, selle realiseerumise ulatus aga liha töötlemisel ja säilitamisel. Kuumtöötlemine, mis vabastab valkudega seondunud rauaioonid, aktiveerib heemvalgud, lagundab raku membraansüsteemid ja inaktiveerib ensüümid, kiirendab oksüdatsiooni veelgi. Oksüdatsiooni soodustab ka lihale lisatav keedusool, mis toimib raua pro-oksidatiivse aktiivsuse suurendajana (Botsoglou *et al.*, 2013).

Mis on oksüdatsioon?

Oksüdatsioon on laias mõistes keemiline protsess, mille käigus ühelt keemiliselt osakeselt (näiteks molekulilt) võetakse elektrone, mis ühinevad teise osakesega, kusjuures esimene osake oksüdeerub ning teine redutseerub ehk taandub. Tuntud tugev oksüdeerija ehk elektronide aktseptor on molekulaarne hapnik (O_2), aga veel tugevamad on hapniku alusel toimivad osoon (O_3), vesinikperoksiid (H_2O_2) ja teised peroksiidid, lämmastikhape, väävelhape, hüpokloriidid ja permanganaadid, samuti mitmesugused vabad radikaalid ehk molekularsed osakesed, millel ühel või mitmel aatomil on üksik paardumata spinn-kvantarvuga elektron, mis otsib endale paarilist.

Vabaradikaalsele oksüdatsioonile on iseloomulikud ahelreaktsioonid. Elusorganismides tekitatakse põhiliselt mitokondrites ja monotsüütides esmased radikaalid, eeskätt superoksiid anioon-radikaal ($\bullet O_2^-$), mis seejärel viiakse üle vesinikperoksiidiks (H_2O_2) ning hüdroksüülradikaalideks ($HO\bullet$). Tänu kõrgele reaktsioonivõimele eksisteerivad vabad radikaalid enamasti ülimaldalt

konsentratsioonides (10^{-4} kuni 10^{-9} M), osaledes, eriti hüdroksüülradikaal, järgmistes protsessides (Bekhit *et al.*, 2013):

1. Lipiidide, aminohapete, vitamiinide keemiline modifitseerimine, mis võib organismidel põhjustada tervisehäireid ning initsieerida ebasoovitavaid muutusi lihaskoes, mis omakorda võivad oluliselt langetada liha kvaliteedinäitajate, nagu värvi stabiilsus, lõhn, maitse, toiteväärtus, väärtusi (Kanner, 2007).

2. Uue vaba radikaali tekitamine, mis võib kahjustada DNA-d ning ahelreaktsiooni kaudu käivitada raku lipiidide (põhiliselt vabade küllastamata rasvhapete ja kolesterooli) ning valkude intensiivse oksüdatsiooni (Bekhit *et al.*, 2013).

Elusorganismide, sh loomade ja ka nende liha, korral on eriti levinud oksüdatsiooni bioloogiline vorm, ehk mingilt molekulilt vesiniku aatomi eemaldamine vaba radikaali poolt koos uue vaba radikaali tekkega. Kuna elame hapnikurikas keskkonnas, siis on põhilisteks oksüdeerijateks just reaktsioonivõimelised hapnikuosakesed (*reactive oxygen species* – ROS), nagu hüdroksüülradikaal või superoksiidanioon, aga vaba radikaal võib olla ka reaktsioonivõimeline lämmastik-hapnik osake (RNOS), nagu näiteks lämmastikoksiid $\cdot\text{NO}$ või peroksünitrit ONOO^- .

Vabad radikaalid jagunevad organismi suhtes endogeenseteks ehk sisetekkelisteks ja eksogeenseteks ehk välistekkelisteks. Nende rakule ja organismile kahjulikeks mõjudeks on DNA molekuli kahjustamine ning vabade polüküllastamata rasvhapete (PUFA-de), kolesterooli ja valkude koosseisus olevate aminohapete oksüdatsioon, millega võib kaasneda mõningate ensüümide inaktiveerumine (Pham-Huy *et al.*, 2008).

Oksüdatsioon pole siiski vaid ebasoovitav protsess, tal on ensüümide kontrolli all oluline osa elusraku elutegevuse juhtimises rasvhapete primaarsete oksüdatsiooniproduktide ehk endogeensete oksülipiinide (OL) kaudu.

Kuni organism elab tasakaalustab erinevate oksüdantide toimet raku kaitsesüsteem, millesse kuuluvad nii mitmed ensüümid nagu katalaas ja superoksiidi dismutaas kui ka madalmolekulaarsed antioksidandid nagu näiteks askorbiinhape (vitamiin C), tokoferool (vitamiin E) ja glutatioon. Organismi kaitset on võimalik toetada toidu või söödaga manustatavate antioksidantidega (radikaalide neelajate, metalliioonide kelateerijate või oksüdatsiooniensüümide inhibiitoritega) nagu taimsed polüfenoolid, tokoferoolid või karoteenid või fermenteeritud liha- ja piimatoodetes sisalduvad antioksidantsed peptiidid.

Terve looma redokssüsteemid on tasakaalus ning tema vereplasmas on vähe oksüdatiivse stressi biomarkereid. Looma haigestumisel viiakse süsteem tasakaalust välja, looma tapmisel aga see kaitsesüsteem hävitatakse. Rakkude lagunemine algab looma surma hetkel ning on põhjustatud kahest protsessist – autolüüsist, mis lagundab kudesid organismi enda ensüümide ja teiste sisemiste ainete abil ning bakteriaalsest roiskumisest,

milles kudesid lagundavad bakteritest pärit ensüümid. Mõlemal juhul lõhutakse rakkude ja organellide membraanid ning mitokondritest väljuvad vabad radikaalid. Samas avaneb lihaskude aegamisi oksüdatsioonile. Lipaasid ja fosfolipaasid, mis eemaldavad liitlipiidist hüdrolüüsi teel vaba rasvhappe, ning lipoksügenaasid jt oksüdeerimist kiirendavad ensüümid väljuvad raku kontrolli alt. Rakkude lõhkumisel pääsevad ka oksüdeerimiseks vajalikud hapnik ning vabad radikaalid oksüdeeruvatele molekulidele paremini ligi.

Oksüdatsioon on üks olulisemaid toiduainete, eriti liha, töötlemisel ja säilitamisel toimuvaid kahjulikke protsesse, võibolla isegi teisel kohal pärast mikrobioloogilist saastumist. Kergesti oksüdeeruvateks molekulideks lihases on:

- heem, mis kuulub põhiliselt müoglobiini, aga ka mõne teise lihasevalgu koostisse;
- lipiidid, ennekõike vabad (polü)küllastamata rasvhapped ja kolesterool;
- valgud.

Eri tüüpi molekulide oksüdatsioon on lihase omavahel tihedalt seotud (Bekhit, 2013).

Estevez ja Kava (2004) hinnangul on oksüdatsiooni negatiivsed mõjud ja neid tekitavad oksüdatsiooni-produktid:

1. Mõjud liha kvaliteedile.

- Värvuse muutus, rasvade rääsumine ning sellega seoses ebameeldiv lõhn, veesidumisvõime alanemine – põhjustajateks rasvhapetest moodustuvad aldehüüdid, valkude karbonüülproduktid, hüdroperoksiidid ja sulfoksiidid, samuti valkude ristseondumine ja agregeerumine.

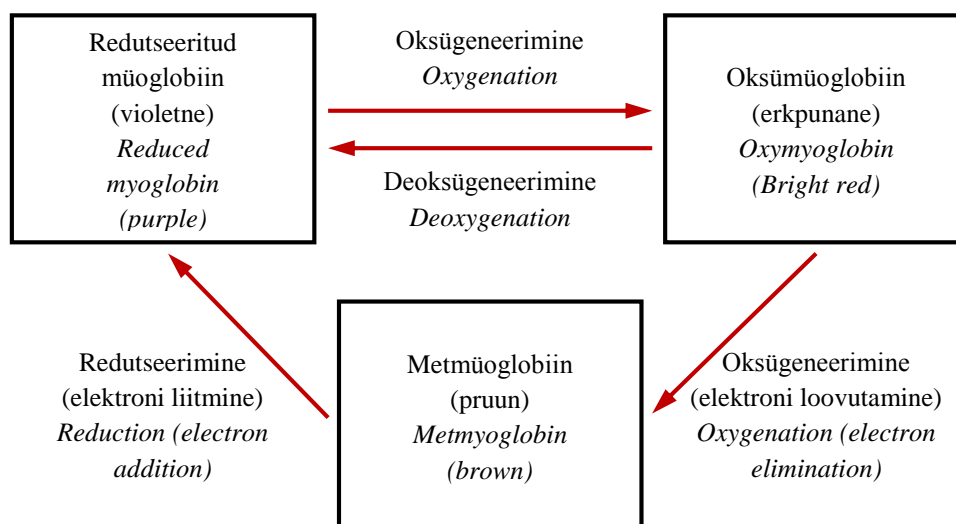
2. Mõjud liha tervislikkusele.

- Endokriinsete häirijate e hormoonsüsteemi tasakaalu rikkujate tekkimine – leukotoksiin-dioolid jt oksülipiinid.
- Mutageenide ja genotoksiliste ainete tekkimine – maloondialdehüüd (MDA).
- Normaalsete rakkude selektiivsete "tapjate" tekkimine – 4-hüdroksü-2-nonenaal (4-HNE).

Lipiidide oksüdeerumine alandab liha toiteväärtust ja sensoorseid omadusi; valkude oksüdatsioon aga muudab oluliselt nende funktsionaalseid omadusi ja ka liha tekstuuri.

Heemi oksügeneerimine ja oksüdeerimine

Lihase levinuim heemi sisaldav värviline valk, deoksmüoglobiin, muutub violetsest (müoglobiini hapnikuvaba deoksgeneeritud vorm) punaseks (oksmüoglobiini teke) hapniku liitumisel (oksgeneerumise) müoglobiini heemi rauale ning muutudes edasi rauaiooni oksüdeerumise ($\text{Fe}^{2+} - e^- \rightarrow \text{Fe}^{3+}$) tulemusena pruuniks metmüoglobiiniks (joonis 1). Nii muutub liha violetne pinnakiht viilutamise järel mõne millimeetri sügavuselt hapnikuga ühinemise tulemusena punaseks.



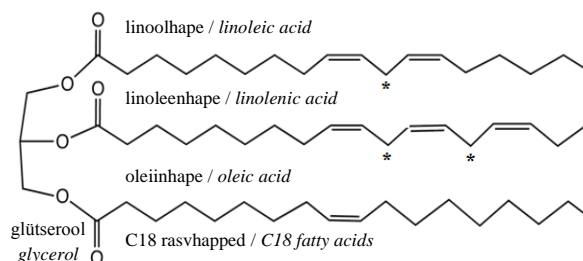
Joonis 1. Üleminekud müoglobiini eri vormide vahel
Figure 1. Transitions between different forms of myoglobin

Tekkiv punase ja pruuni ala piirpind nihkub pidevalt pinna väljapoole ning müoglobiini oksüdeerumise tõttu muutub seegi peagi pruuniks. Piirpinna saab uuesti punaseks muuta nitritiooni abil, millest tekivad NO radikaal tekitab heemiga liitumisel suhteliselt stabiilse punase nitrosomüoglobiini (MbNO) (Jacob *et al.*, 2014).

Müoglobiini oksüdatsioon põhjustab rauaioonide vabanemise heemist. Vabanenud Fe^{+++} ioonid on võimelised katalüüsima nii lipiidide (rasvhapete ja kolesterooli) kui ka valkude oksüdatsiooni lihas. Tekkivad ühendid võivad aga olla, kõrvuti rasvade N-nitroseerimisproduktidega, jämesoole vähi kõrgendatud riski allikaks. Laiaulatuslike metaanalüüside tulemused näitavad kõrgendatud vähiriski punase liha suurte koguste tarbijatel, mis võibki olla tingitud liha oksüdeerumisest ebaõige töötlemise ja säilitamise käigus (Corpet, 2012). See väide vajab kindlasti põhjalikumalt uurimist.

Rasvhapete oksüdatsioon ehk rääsumine

Vabade rasvhapete oksüdatsioon ehk rääsumine, mis võib olla kas vabaradikaalne, ensüüm-katalüüsitud või mitteradikaalne mittekatalüüsitud (Niki, 2005), on üks põhilisi lihaga toimuvaid lagunemisprotsesse, mis põhjustab lihatoote lõhna, maitse, värvi ja tekstuurimuutumist ning tekitab raku- ja genotoksilisi ühendeid (Kanner, 2007). Selles protsessis tekitatud vabad radikaalid on võimelised oksüdeerima ka erinevaid vitamiine (A, E, C) ning seeläbi vähendama liha tervislikkust. Vabaradikaalselt oksüdeeruvad põhiliselt rasvade (polüküllastamata rasvhappelised osad (oleiinhape, linoolhape, linoleenhape) (joonis 2), mis on vastuvõtlikud mitokondrite ja mikrosoomide membraanide lagunemisel vabanenud radikaalide rünnakule, eriti kui rasvhapped on lipaaside ja fosfolipaaside kaasabil eelnevalt liitlipiididest eraldatud (joonis 2).



Joonis 2. Hüpotetiline triglütseriid kolme erineva 18 süsiniku aatomiga (C18) küllastamata rasvhapetega. Täkniga on märgitud metüleenrühmade ($-CH_2-$) süsinikuaatomid, mille küljest reaktsioonivõimeline radikaal võtab vesiniku aatomi, tekitades uue radikaali ning oksüdeerides selle rasvhappe.

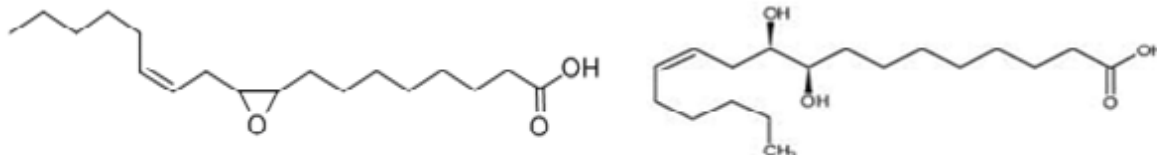
Figure 2. Hypothetic triglyceride containing three different unsaturated fatty acids with 18 carbon atoms (C18). Carbon atoms of methylenic $-CH_2-$ groups, wherefrom a radical is able to remove hydrogen atom, are marked with asterisk.

$C=C$ kaksiksidemed nõrgendavad naaber-C-H sidemeid ja delokaliseerivad vabu elektrone, mistõttu mingil radikaalil (näiteks $HO\cdot$) on vesiniku aatomit kaksiksidemete vahel asuva metüleenrühma küljest kerge eemaldada, initsieerides sel teel lipiidi oksüdatsiooni. Seejärel reageerib tekkinud uus radikaal molekulaarse hapnikuga, andes hüdroperoksiidradikaali, mis laguneb oksüdatsiooni sekundaarsete produktide, põhiliselt aldehüüdide ja ketoonide, tekkega (Min ja Ahn, 2005). Rasvhapete oksüdeerumise kiirus suureneb küllastamatuse astme (kaksiksidemete arvu) suurenedes. On hinnatud, et stearhappe (C18:0), oleiinhappe (C18:1), linoolhappe (C18:2) ning α -linoleenhappe (C18:3) oksüdatsiooni kiirused temperatuuril 25°C on suhtes 1:100:1200:2500 (Shahidi, 1992). Rasvhapete oksüdatsioonil tekkinud uued radikaalid ning mutageensed ja genotoksilised aldehüüdid nagu MDA põhjustavad ka liha valkude oksüdatsiooni (Kanner, 2007). Rääsunud rasvade suur sisaldus toidus võib põhjustada toidu kasutuse vähenemist, kõhulahtisust, kaalukadu ja juuste väljalangemist.

Vabade küllastamata rasvhapete oksüdatsioonil on kaks omavahel tihedalt seotud põhietappi:

1. etapp – oksülipiinide, kõigepealt peroksiidide, seejärel aga ensüümkatalüütiliselt hüdroperoksiidide, dieenide, epoksühapete, hüdroksühapete jne, teke.

Neid reaktsioone kiirendavad lipoksügenaasid (LOX), tsüklooksügenaasid (COX), aga ka tsütokroom P450 monoooksügenaasid (CYP450) (Niki *et al.*, 2005).



Joonis 3. Leukotoksiin (LTX) ja leukotoksiin-diool (LTXD)
Figure 3. Leukotoxin (LTX) and leukotoxin-diol (LTX-diol)

Oksülipiine leidub kõigis aeroobsetes organismides ning organismi suhtes jagatakse nad endogeenseteks ja eksogeenseteks. Endogeensed oksülipiinid, mis on rakus signaalide edasikandjad ehk sekundaarsed virgatsained, sünteesitakse rakkudes vabast polüküllastamata rasvhapetest (PUFA), enamasti linoolhapest (LA, 18:2n-6) ja arahidoonhapest (AA, 20:4n-6), mida ei säilitata tüüpiliselt kudedes, vaid vabastatakse vajaduse korral ensümaatilisel (fosfolipaasid jt) vastavast estrist. Vabade PUFA-de oksüdatiivne aktiveerimine toimub kas ensüümkatalüütilise või vabaradikaalse reaktsiooniga.

Problemaatilised eksogeensed oksülipiinid tekivad põhiliselt linoolhapest (LA – 18:2) ning jõuavad organismi toiduga, eeskätt rääsunud lihaga või ka taimeõlidega, millele pole lisatud antioksidante. Oksülipiinid liiguvad edukalt läbi biomembraanide, imendudes suhteliselt kergesti soolestikust ning jagunedes vereringe kaudu erinevatesse kudedesse ja rakkudesse. Imendunud OL molekulid võivad üle stimuleerida signaali ülekandeid Ca^{2+} -vahendatud valgu fosforüleerimiseks, mis võib viia rakkude vohamisele (kantseroogenes), kemotaksisele ja apoptoosile.

Oksülipiinide hulka kuuluvatel leukotoksiindioolidel (joonis 3) on täheldatud emaste rottide hormoon-süsteemi häirimise võimet (Markaverich *et al.*, 2007) ning mitogeenset aktiivsust koos inimese rinnavähi rakkude vohamise stimuleerimisega *in vitro* (Markaverich *et al.*, 2005). Samuti kahtlustatakse LTX-dioole tuntud tugevate keskkonnamürkide polükloorbifenüülid (PCB) poolt indutseeritud südame-veresoonkonna endoteeli funktsioneerimise häirimise võimendamises (Slim *et al.*, 2001) ning põletikueelsete tsütokiinide vabanemise suurendamises põletikulistes protsessides. LTX ja LTXD on võimelised oksüdatiivse stressi võimendamise kaudu hävitama T-rakke nekroosile ja apoptoosile sarnaste mehhanismide kaudu (Bosma-den Boer *et al.*, 2012).

Oksülipiinide sisaldust on uuritud kana, sea ja kalkuni mehhaaniliselt konditustatud lihas (*mechanically*

Selles etapis jääb polüküllastamata rasvhappe algne põhistruktuur (süsinikskelett koos karboksüülrühmaga) alles, lisatakse hapnikku sisaldavaid kõrvalrühmi (hüdroksüül-, epoksü- jt rühmad). Sel viisil tekivad ka toksilised leukotoksiinid (LTX), mille hüdrolüüsil epoksiidi hüdrolaasi juuresolekul tekivad tugevalt ja mitmekülgselt toksilised leukotoksiin-dioolid (LTXD) (joonis 3).

deboned meat – MDM) vedelikkromatograafiliselt mass-selektiivse detekteerimisega (LC-MS/MS). Rasvarikas peenestatud MDM oksüdeerub õhuhapniku ja raua ionide manulusel eriti kergesti. Teiste oksülipiinide hulgas identifitseeriti ja kvantiteeriti ka LTX-dioolid, mille kontsentratsioon oli vahemikus 20–50 ppm. Sellise MDM 100-grammise tarbimise korral keskmise inimese poolt ööpäevas on need numbrid ainult veidi madalamad kui LTX-dioolide madalaim täheldatud kahjuliku toimega doos (LOAEL) emastel rottidel (Püssa *et al.*, 2009). Seega võib MDM lisamine põhjustada oksülipiinide, sh leukotoksiin-dioolide sisalduse olulise tõusu lihatoodetes, kui MDM oksüdatsiooni ei pidurdata looduslike antioksidantide lisamisega juba MDM valmistamise ajal võimalikult madalal temperatuuril (Püssa *et al.*, 2008). LTX-dioolide ohutu ööpäevase tarbimise alampiir võib olla tegelikult veelgi madalam, sest, nagu pakendimürk bisfenool A-1 ja paljude kloororgaaniliste pestitsiidide jääkidel, lasub ka LTX-dioolidel endokriinsete häirijatena nn madala doosi mõjude ja mitte-monotoonse doos-mõju sõltuvuse kahtlus (Vandenberg *et al.*, 2012). Antud teema vajab kindlasti täiendavaid uuringuid.

2. etapp – oksülipiinide, ennekõike hüdroperoksiidide lagunemine.

Tekivad tugevasti toksilised sekundaarsed oksüdatsiooniproduktid nagu dialdehüüdid, esmajoones MDA, mis tekib kahe või enama kaksiksidemega küllastamata rasvhapete oksüdeerumisel ja 4-hüdroksü-2-nonenaal, aga ka heksanaal ja 2-nonenaal ning kolesterooli oksüdatsiooniproduktid ja lenduvad karbonüülühendid, alkoholid ja happed, mis põhjustavad rääsunud lihal iseloomulikke negatiivseid sensoorseid muutusi (*off-flavor*) (Utrera, 2013). Tekkivad aldehüüdid on riskifaktoriks mitmele tõsisele inimese haigusele. Näiteks on MDA mutageenne nii bakterite kui ka inimeste rakkudes, andes DNA molekuliga erinevaid adukte

(Bastide, 2011). Lisaks, kompleksi kaudu glutatiooni-ga, alandab MDA tunduvalt selle olulise kehaomase antioksidandi sisaldust rakkudes (Kanner, 2007). MDA-sisaldus, mida määratakse spektrofotomeetriselt nn tiobarbituurhappega (TBA) reageerivate ainete (TBARS) meetodil, on võetud enamasti ka erinevate objektide, sealhulgas liha rasvhapete oksüdatsiooniastme, mõõduks. Meetodil on ka rida puudusi, ta pole päris MDA-spetsiifiline ja rasvhapete oksüdatsioonil tekib mitmeid teisi lõppprodukte, millega TBA ei reageeri. On leitud, et TBARS-test on usaldatav toore liha ja kala korral, kuid töödeldud toiduainetes hindab meetod MDA-sisaldust üle (Papastergiadis *et al.*, 2012).

Lihas on eelkäsitatud etapid ja mehhanismid kombineerunud ja seetõttu võib korraga tekkida väga palju erinevaid lipiidide oksüdatsiooniprodukte.

Kolesterooli oksüdatsioon

Küllastamata rasvhapete oksüdatsioonil tekkinud vabad radikaalid oksüdeerivad lihas sisalduva kolesterooli erinevateks oksü-, keto- ja epoksü-kolesteroolideks, millest mitmel on näidatud proaterogeenset ehk ateroskleroosi tekitavat aktiivsust madala tihedusega lipoproteiidide (LDL) koosseisus. Kolesterooli oksüdatsioon võib lisaks toimuda ka ensüümkatalüütiliselt näiteks CYP450 abil. Oksükolesteroolid, mida leidub enim munades ja piimapulbris, kuid ka küpsetatud lihatoodetes, on osalised veel mitmes patofüsioloogilises protsessis nagu näiteks kopsuhaigus, maksahaigus, kantserogenees ja neurodegeneratsioon (Medina-Meza *et al.*, 2014).

Asjaolu, et α -epoksü-kolesterooli sisaldus inimese veres korreleerub hästi selle kolesteroolivormi sisaldusega tema toidus ning et α -epoksü-kolesterooli ei leitud nende inimeste verest, kelle toit sisaldas vaid oksüdeerumata kolesterooli, viitab sellele, et just toiduga omastatud oksüdeerunud kolesterool on veresoonte tervisele kahjulike oksüdeerunud lipoproteiidide allikaks inimese veres (Kanner, 2007).

Valkude oksüdatsioon

Liha rasvade oksüdatsioon kandub isegi näiliselt tahkes olekus (-18°C) säilitamisel edasi, eriti peenestatud liha valkudele – nii võivad rasvhapete sekundaarsed oksüdatsiooniproduktid oksüdeerida erinevaid aminohappeid. Lisaks võivad liha valgud oksüdeeruda ka reaktiivsete hapnikuosakeste, nii radikaalide kui ka molekulide, toimel. Valkude oksüdatsiooni tulemusena alanevad liha sensorikanäitajad (tekstuur, maitse, aroom) ning toiteväärtus. Kuna põhiliselt tekivad karbonüülühmi sisaldavad aminohapete derivaadid, siis kasutatakse valkude oksüdatsiooniastme määramiseks karbonüülühmadele spetsiifilist reaktsiooni 2,4-dinitrofenüülhüdraasiiniga (DNPH). Liha valkude oksüdatsiooni on võrreldes rasvhapete oksüdatsiooniga seni vähe uuritud ning selle mehhanismidest ja seda soodustavatest faktoritest on suhteliselt vähe teada. Siiski on selgunud, et lisaks karbonüülühenditele

(lüsiinist α -aminoadipiinhappe ja arginiinist ning proliinist γ -glutamiinhappe semialdehüüdid) tekivad valkude kuudepikkusel oksüdatsioonil -18°C juures ka karboksüülühendid (α -aminoadipiinhape) ning Schiffi-alused (Utrera ja Estevez, 2013), kusjuures heemi lagunemisel vabanenud Fe^{3+} -ioonidel on nendes protsessides oluline osa (Utrera *et al.*, 2014).

Liha oksüdeerumist soodustavad tegurid

Sellistest teguritest avaldas hiljuti ülevaate S. Sampels (2013).

"Valede" küllastamata rasvhapete kõrgendatud ja loomulike antioksidantide alandatud sisaldus loomasöödas

Liha kvaliteet ja ohutus algab juba söödast. Liha oksüdatiivne stabiilsus sõltub oluliselt erinevate küllastamata rasvhapete sisaldusest söödas, eriti just söötmise lõpp-perioodil. On leitud, et "õigete" rasvhapete allikate, nagu linaseemnete või vetikate, lisamine söödale suurendab ka nende hapete sisaldust lihas. Kalaõli söötmine suurendab oluliselt liha oksüdeeritavust võrreldes linaseemnete söötmisega, samas näidati, et 7% kalajahu lisamine söödale ei muuda liha oksüdeeritavust. Selliste antioksidantide nagu konjugeeritud linoolhappe (CLA), pikaahelalised ω -3-rasvhapped, aga ka vitamiinide A ja E lähteühendite, mis kaitsevad nii *postmortem* liha heemi (värvuse stabiilsus) kui ka PUFA-sid oksüdatsiooni eest, kõrgendatud sisaldused on leitud rohusöödal olnud loomade lihas (Bekhit, 2013). Vaatamata sellele, et karjamaal peetavate lammaste lihas oli tunduvalt kõrgem monoküllastamata rasvhapete (MUFA), PUFA-de, n-3 PUFA-de ja CLA-sisaldus kui kontsentreeritud söödaga kasvanud lammastel, oksüdeerub nende liha tunduvalt aeglasmalt just E-vitamiini kõrgendatud sisalduse tõttu, vastavalt 6,42 ja 1,61 mg kg^{-1} lihase kohta (Sante-Lhoutellier *et al.*, 2008). Sama tulemuse sai veiseliha kasutades ka C. Maughan jt (2012). Tõuaretuses on senini olnud vaid kolm eesmärki – kiirem lihassassi kasv, taise ja õrnem liha. See aga võib paljudel juhtudel muuta ka liha koostist (näiteks lihasesise rasva sisaldust) ja sellest tingitud muid liha omadusi, sealhulgas suurendada selle oksüdeeritavust. Warner jt (2010) leidsid korrelatsiooni liha värvitustumise (oksümüoglobiini/metmüoglobiini suhe) astme ja lihasesise rasva sisalduse vahel. Sealiha tootmisel on uudsed söötmissstrateegiad, mis soodustavad PUFA-de, eriti n-3 α -linoleen-, eikosapentaeen-(EPA)- ja dokosaheksaeenihappe-(DHA)-sisalduse suurenemist lihas, viinud samuti liha oksüdatsioonikindluse alanemisele (Botsoglou *et al.*, 2013).

Metallid

Siia kuuluvad eeskätt raud, liha enda müoglobiini, hemoglobiini ja raua talletusvalgu ferritiini heemi koosseisust, aga ka vask, tsink ning raskemetallid ensüümidest ja teistest metallovalkudest. Teiseks võib raud sattuda lihatoodetesse kokkupuutel töötlemis- masinatega kas hõõrdumise või happelise lahustumise

tulemusena. Kolmandaks metallide allikaks võivad olla pakendid, millest leostuvad metallide kogused on küll üliväikesed selleks, et põhjustada mingeid füsioloogilisi efekte, kuid piisavad liha rasvhapete oksüdatsiooni käivitamiseks.

Keedusool

Naatiumkloriidil (NaCl) on teatavad antioksidantsed omadused, kuid ta võib, eriti liha termilisel töötlemisel, olla ka oksüdatsiooni käivitav aine ehk pro-oksüdant (Niki *et al.*, 2005).

Liha peenestatuse aste

Mida peenemad on lihaosakesed, seda paremini pääseb hapnik kõikjale ligi. Samuti lõhutakse liha peenestamisel rakkude ja organellide membraanid ning lipiidide hüdrolyüsi ja rasvhapete oksüdeerumist soodustavad ensüümid pääsevad kergemini membraani lipiidideni. See kehtib näiteks hakklihade, eriti aga rasvarikaste lihamasside nagu näiteks MDM korral.

Valgus- ja soojusenergia

Mida kauem on lihatoode, eriti hakkliha, valguse käes ja suhteliselt kõrgel temperatuuril, seda tugevamini ta oksüdeerub. Selle vastu aitab liha võimalikult lühike valguse käes töötlemise aeg ja võimalikult madal temperatuur. Tavalised läbipaistvad kilepakendid võimaldavad küll lihatoode ahtatavat eksponeerimist, kuid ei kaitse liha valguse eest. Selleks peaks kasutama värvilisi või poolläbilaskvaid opalestseeruvaid pakendeid.

Kõrgsurvetöötlemine

Viimastel aastatel on maailmas levima hakanud värske liha kõrgsurvetöötlemine, mille kui ühe külmpastöriseerimise alaliigi eesmärgiks on liha säilitusaja pikendamine. Selle protsessi käigus inaktiveeruvad mikroobid, aga aktomüosiini ja müoglobiini denatüreerumise tõttu muutub rõhul umbes 200 MPa ka liha välimus. Veelgi kõrgematel rõhkudel hakkab aga membraanide lagunemise ning raua ionide vabanemise tõttu küllastamata lipiidide oksüdatsioon kiirenema (Bolumar *et al.*, 2014; Medina-Meza *et al.*, 2014).

Oksüdatsiooni pidurdamine lihas

Põhilisteks pidurdusmehhanismideks on vabade radikaalide neelamine, metalliioonide kelateerimine ehk komplekseerimine ning oksüdatsiooniensüümide, nagu tsüklooksoügenaasid, lipoksoügenaasid ja tsütokroomid, inhibeerimine.

S. Sampels (2013) toob välja, et oksüdatsiooni saab pidurdada järgmiste võtetega:

1. Liha säilitustemperatuuri alandamine. Rõhuv enamus (bio)keemilisi protsesse aeglustub temperatuuri alanedes. Võimalikud on järgmised võtted:

- Jahutamine (*Chilling* või *cooling*) +4°C juures.
- Super- e sügavjahutamine temperatuurile, mis on kas täpselt või õige veidi allpool näilist külmumpunkti ning on toiduproduktidel vahemikus –0.5

kuni –2.8°C. Lipiidide oksüdatsiooni pidurdamiseks on oluline see, et ei tekiks suuri jääkristalle, mis võiksid lõhkuda organellide membraane ning vabastada vabu radikaale ning ensüüme, mis kiirendavad lipiidide hüdrolyüsi ja intensiivistavad rasvhapete oksüdatsiooni. Selline parajalt madala temperatuuri ja vaakumi kombinatsioon pidurdab ka bakterite kasvu ja liha värvi muutumist.

- Külmutamine. Levinud on arvamus, et külmutamine temperatuurini –18°C ja seal säilitamine võimaldavad liha pikaajalist muutusteta hoiustamist. Tõepoolest, sel temperatuuril on nii bakterite kasv kui ka autolüütilised reaktsioonid oluliselt pidurdatud. Kuna aga külmutamine võib jääkristallide tekke tõttu lõhkuda rakumembraane, võib see samas suurendada liha küllastamata rasvhapete vabanemist membraanidest ning nende oksüdatsiooni. Nii tekivad lipiidide oksüdatsioonil sellised toksilised ühendid nagu leukotoksiindioolid, kolesterooli oksüdatsiooni produktid, MDA, lenduvad karbonüülühendid, alkoholid ja happed, mis põhjustavadki rääsunud lihal ebameeldivat lõhna (*off-flavor*) ning toksilisust. Lisaks polüküllastamata rasvhapetele alluvad lihas vabadest radikaalidest või rasvhapete oksüdatsiooniproductidest (eriti aldehüüdid) põhjustatud oksüdatsioonile ka valgud. Tekivad karbonüül-rühmadega (C=O) valgud, millega alaneb ka liha veesidumisvõime ning sensoorsed omadused. Sel temperatuuril pole kogu lihas sisalduv vesi külmutunud ning keemilised reaktsioonid, sh oksüdatsioon, võivad, kuigi aeglustatult, siiski edasi toimuda (Utrera, Estevez, 2013; Utrera *et al.*, 2014). Temperatuurini –18°C külmutatud liha säilumisaeg toatemperatuuril on seega väga lühike ning tuleks praktiliselt kohe kuumtöödelda. On näidatud, et nendist aspektidest lähtudes on liha optimaalne säilitustemperatuur hoopis –40°C, mille juures on vedelas olekus vaid tühine osa lihas olevast veest ning ei teki väga suuri membraanidele ohtlikke kristalle (Estevez, 2011).

2. Taimsete antioksidantide lisamine.

- Tugevate taimsete antioksidantide lisamine söötadele võib säilitamisel aidata pidurdada liha oksüdeerumist ja samuti suurendada liha antibakteriaalsust. Selline antioksidantide ladestumine lihas juba looma elu kestel välistab vajaduse eksogeensete ainete lisamiseks lihale (Bahelka *et al.*, 2011; Brewer, 2011; Andrés *et al.*, 2013).

- Nende lisamine lihale enne töötlemist. Kasutusel on väga erinevad taimsed antioksidandid, vastava hiljutise ülevaate leiab näiteks artiklist Karre *et al.*, 2013.

3. Soolamine. Keedusool (NaCl) alandab vee aktiivsust ja seob seda, mistõttu alaneb ka hapniku lahustuvus vees ning ensüümide ja bakterite aktiivsus. Keedusoolaga töötlemise (*curing*) käigus lisatakse meeldiva roosa värvi säilitamiseks ja botulismi-bakterite kasvu takistamiseks lihale tavaliselt ka nitriteid, mis, asendades värske liha oksü-vormis

müoglobiin (oksümüoglobiin) hapnikku, tekitab nitrosüülmüoglobiini, andes lihale stabiilse roosa värvuse. Nitritioonid on samas ka antioksidandid. Nitraatide ja nitritite lisamise mõistlikkus lihatoodetele on olnud vaidlusteemaks juba aastaid. Leiti, et nii toiduga manustatud kui ka soolestikumikroobide poolt nitraatidest taandatud nitritioonid reageerivad organismis sekundaarsete amiinide või amiididega (rottidele anti kantserogeenseid nitroosamiine). Vähi tekitamise võimet inimestel pole nitritioonidel siiski veel tuvastatud. Lisaks võivad nitritioonid oksüdeerida vere hemoglobiini hapnikku mittesiduvaks methemoglobiiniks, tekitades organismis hapnikupuudust ehk anoksiat. Nitritioonide maksimaalselt lubatud sisaldus toidus on 200 ppm ning ADI 0,135 mg kg⁻¹. Teisalt, suure osa nitraatidest (erinevatel hinnangutel 80–90% ADI-st, mis on 3,7 mg kg⁻¹) saame hoopis rohelistest taimedest nagu kapsas või lehtsalat. Lisaks on hakanud muutuma paradigma nitritiooni füsioloogilistest toimetest. Nitritioon, olles lähteaineks ühe tähtsama signaalmolekuli lämmastikoksiidi (NO) sünteesil organismis, omab madalates kontsentratsioonides rida positiivseid toimeid, eriti südame-veresoonkonna haiguste korral (Parathasarathy, Bryan, 2012).

4. Kuivatamine ja kuivsoolamine (*dry-curing*). Ka nendel protsessidel on üldiselt prooksidatiivne toime, mille põhjustavad pikaajaline kontakt õhuga, dehüdratsioon ning nitriti puudumine. Samas säilib tootes aga oksüdeerumist soodustav ensümaatilise aktiivsus. Sellistes toodetes nagu kuivvalmistatud sink või salaami, on spetsiifilise maitse saavutamiseks teatud hulga lipiidide oksüdatsiooni ja lipolüüsi produktide manulus lausa soovitud.

5. Suitsutamine. Eelnevalt keedusoolaga töödeldud liha pikaajaline kuumsuitsutamine kõrgendatud temperatuuril initsieerib alati teatud oksüdatsiooni. Siin avalduvad mõjud on aga kompleksed erinevate pro- ja antioksidatiivsete aspektidega. Lisaks sisaldab suits alati toksilisi aineid nagu näiteks polüaromaatsed süsivesinikud (PAH).

6. Eripakendite kasutamine. Pakendid on viimastel kümnenditel oluliselt arenenud ning oksüdatsiooni aeglustamiseks on järgmised võimalused:

- pakkimine modifitseeritud atmosfääris;
- pakkimine lämmastiku atmosfääris;
- pakkimine vaakumis;
- pakkimine koos hapnikuneelajaga.

Pakendi esmaseks eesmärgiks on pidurdada bakterite kasvu ning sellega ka toote bakteriaalset riknemist. Tarbija silmale on oluline ka liha värskusele viitava ilusa punase värvi olemasolu. Selline olukord saavutatakse modifitseeritud atmosfääri pakendis (MAP) hapniku kõrge sisaldusega, millega kaasneb süsiahapegaasilisandi bakterikasvu pidurdav toime (Esmer *et al.*, 2011). Kasutatava gaasisegu täpne koostis sõltub liha tüübist. Kõrgematel rasvasisaldustel on aga soovitatav hapnikuvaba gaasiline keskkond koos antioksidantidega nagu askorbiinhape ja/või taimsed antioksidandid (Zhou *et al.*, 2010).

Liha oksüdatsiooni uurimise tulevik

Kuna oksüdatsioon tekitab lihas mitmeid ebasoovitavaid või koguni toksilisi aineid, on oksüdatsiooni pidurdamise meetodite edasine uurimine ülioluline. Olulisemad alateemad on söötmissstrateegiate optimeerimine, mis võimaldaks suurendada taimsete antioksidantide nagu vitamiin E või polüfenoolid sisaldust lihaskoes (Bahelka *et al.*, 2011), uute efektiivsemate antioksidantide komplekside otsimine, mis toimiksid sünergiliselt ning siseneksid eelistatult just lihasrakkude kergestioksideeruvatesse lipiidsetesse membraanidesse (Kathirvel, Richards, 2009) ning oksüdatsiooniproduktide nagu oksülipiidid (eriti leukotoksiin dioolid) ja aldehüüdid tekke dünaamika ning toksilisuse mehhanismide väljaselgitamine. Teisalt ootavad arendamist modifitseeritud atmosfääriga ja muud pakendid, mis aeglustaksid liha oksüdeerumist, säilitaksid liha värvi ning teisalt ei sisaldaks lihasse migreeruvaid bisfenool A (BPA) või ftalaatide taolisi juba väikestes kogustes toksilisi ühendeid (Lee, 2010; Vandenberg *et al.*, 2012).

Kasutatud kirjandus

- Andrés, S., Tejido, M.L., Bodas, R., Morán, L., Prieto, N., Blanco, C., Giráldez, F.J. 2013. Quercetin dietary supplementation of fattening lambs at 0.2% rate reduces discolouration and microbial growth in meat during refrigerated storage. – *Meat Science*, 93, 207–212.
- Bahelka, I., Nürnberg, K., Küchenmeister, U., Lahučký, R. 2011. Chemical composition, meat quality and oxidative status of pork after supplementation of diet with vitamin E and/or vitamin E + herb extracts. – *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27, p. 853–860.
- Bastide, N.M., Pierre, F.H., Corpet, D.E. 2011. Heme iron from meat and risk of colorectal cancer: A meta-analysis and a review of the mechanisms involved. – *Cancer Prevention Research*, 4, p. 177–184.
- Bekhit, A.E.-D., Hopkins, D.L., Fahri, F.T., Ponnampalam, E.N. 2013. Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: Sources, markers, and remedies. – *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, p. 565–597.
- Bolumar, T., Andersen, M.L., Orlien, V. 2014. Mechanisms of radical formation in beef and chicken meat during high pressure processing evaluated by electron spin resonance detection and the addition of antioxidants. – *Food Chemistry*, 150 p. 422–428.
- Bosma-den Boer, M.M., van Wetten, M.-L., Pruimboom, L. 2012. Chronic inflammatory diseases are stimulated by current lifestyle: how diet, stress levels and medication prevent our body from recovering. – *Nutrition and Metabolism*, 9, p. 32.
- Botsoglou, E., Govaris, A., Ambrosiadis, I., Fletouris, D., Papageorgiou, G. 2013. Effect of olive leaf (*Olea europaea* L.) extracts on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties enriched with n-3 fatty acids. – *Journal of Science of Food and Agriculture*, 94, p. 227–234.

- Brewer, M.S. 2011. Natural antioxidants: Sources, compounds, mechanisms of action and potential applications – *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, p. 221–247.
- Corpet, D.E. 2012. Red meat and colon cancer: Should we become vegetarians, or can we make meat safer? – *Meat Science*, 89, p. 310–316.
- Esmer, O.K., Irkin, R., Degirmencioglu, N., Degirmencioglu, A. 2011. The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat. – *Meat Science*, 88, p. 221–226.
- Estévez, M. 2011. Protein carbonyls in meat systems: A review. – *Meat Science*, 89, p. 259–279.
- Estevez, M., Ventanas, S., Heinonen, M., Puolanne, E. 2011. Protein carbonylation and water-holding capacity of pork subjected to frozen storage: Effect of muscle type, premincing, and packaging. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, p. 5435–5443.
- Jacob, R.H., D'Antuono, M.F., Gilmour, A.R., Warner, R.D. 2014. Phenotypic characterisation of colour stability of lamb meat. – *Meat Science*, 96, p. 1040–1048.
- Karre, L., Lopez, K., Getty, K.J.K. 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. – *Meat Science*, 94, p. 220–227.
- Kathirvel, P., Richards, M.P. 2009. Mechanisms by which flavonol aglycones inhibit lipid oxidation better than glycosylated flavonols in comminuted muscle tissue. – *Food Chemistry*, 117, p. 75–82.
- Lee, K.T. 2010. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials – *Meat Science*, 86, p. 138–150.
- Markaverich, B.M., Alejandro, M., Thompson, T., Mani, S., Reyna, A., Portillo, W., Sharp, J., Turk, J., Crowley, J.R. 2007. Tetrahydrofurandiols (THF-diols), leukotoxindiols (LTX-diols), and endocrine disruption in rats. – *Environmental Health Perspectives*, 115, p. 702–708.
- Markaverich, B.M., Crowley, J.R., Alejandro, M.A., Shoulars, K., Casajuna, N., Mani, S., Sharp, J. 2005. Leukotoxin diols from ground corn cob bedding disrupt estrous cyclicity in rats and stimulate MCF-7 breast cancer cell proliferation. – *Environmental Health Perspectives*, 11, p. 1698–1704.
- Maughan, C., Tansawat, R., Cornforth, D., Ward, R., Martini, S. 2012. Development of a beef flavor lexicon and its application to compare the flavor profile and consumer acceptance of rib steaks from grass- or grain-fed cattle. – *Meat Science*, 90, p. 116–21.
- Medina-Meza, I.G., Barnaba, C., Barbosa-Cánovas, G.V. 2014. Effects of high pressure processing on lipid oxidation: A review. – *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22, p. 1–10.
- Min, B., Ahn, D.U. 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products. A review. – *Food Science and Biotechnology*, 14, p. 152–163.
- Niki, E., Yasukazu, Y., Saito, Y., Noguchi, N. 2005. Lipid peroxidation: Mechanisms, inhibition, and biological effects. – *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 338, p. 668–676.
- Papastergiadis, A., Mubiru, E., Van Langenhove, H., De Meulenaer, B. 2012. Malondialdehyde measurement in oxidized foods: Evaluation of the spectrophotometric thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test in various foods. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, p. 9589–9594.
- Parathasarathy, D.K., Bryan, N.S. 2012. Sodium nitrite: The "cure" for nitric oxide insufficiency. – *Meat Science*, 92, p. 274–279.
- Pham-Huy, L.A., He, H., Pham-Huy, C. 2008. Free radicals, antioxidants in disease and health. – *International Journal of Biomedical Science*, 4, p. 89–96.
- Püssa, T., Raudsepp, P., Toomik, P., Pällin, R., Mäeorg, U., Kuusik, S., Soidla, R., Rei, M. 2009. A study of oxidation products of free polyunsaturated fatty acids in mechanically deboned meat. – *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, p. 307–314.
- Püssa, T., Pällin, R., Raudsepp, P., Soidla, R., Rei, M. 2008. Inhibition of lipid oxidation and dynamics of polyphenol content in mechanically deboned meat supplemented with sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berry residues. – *Food Chemistry*, 714–721.
- Sampels, S. 2013. Chapter 6. Oxidation and antioxidants in fish and meat from farm to fork in *Agricultural and Biological Sciences*. In: *Food Industry* (ed. I Muzzalupo) <http://dx.doi.org/10.5772/53169>
- Santé-Lhoutellier, V., Engel, E., Gatellier, Ph. 2008. Assessment of the influence of diet on lamb meat oxidation. – *Food Chemistry*, 109, p. 573–579.
- Shahidi, F. 1992. Prevention of lipid oxidation in muscle foods by nitrite and nitrite-free compositions. – In: *Lipid Oxidation in Food*. American Chemical Society Symposium Series, 500 (ed. A.J.St. Angelo), Washington, DC: American Chemical Society, p. 161–182.
- Slim, R., Hammock, B.D., Toborek, M., Robertson, L.W., Newman, J.W., Morisseau, C.H.P., Watkins, B.A., Saraswathi, W., Hennig, B. 2001. The role of methyl-linoleic acid epoxide and diol metabolites in the amplified toxicity of linoleic acid and polychlorinated biphenyls to vascular endothelial cells. – *Toxicology and Applied Pharmacology*, 171, p. 184–193.
- Zhou, G.H., Xu, X.L., Liu, Y. 2010. Preservation technologies for fresh meat – A review. – *Meat Science*, 86, p. 119–128.
- Utrera, M., Parra, V., Estevez, M. 2014. Protein oxidation during frozen storage and subsequent processing of different beef muscles – *Meat Science*, 96, p. 812–820.
- Utrera, M., Estevez, M. 2013. Oxidative damage to poultry, pork, and beef during frozen storage through the analysis of novel protein oxidation markers. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, p. 7987–7993.

Vandenberg, L.N., Colborn, T., Hayes, T.B., Heindel, J.J., Jacobs, D.R.Jr., Lee, D.-H., Shioda, T., Soto, A.M., vom Saal, F.S., Welshons, W.V., Zoeller, T., Myers, J.P. 2012. Hormones and endocrine-disrupting chemicals: Low-dose effects and nonmonotonic dose responses. – *Endocrine Reviews*, 33, p. 378–455.

Warner, R.D, Jacob, R.H., Hocking, J., Edwards, E., McDonough, M., Pearce, K., Geesink, G., Kearney, G., Allingham, P., Hopkins, D.L., Pethick, D.W. 2010. Quality of lamb meat from the Information Nucleus Flock. – *Animal Production Science*, 50, p. 1123–1134.

Meat oxidation – mechanisms and influence on quality and safety of meat products

Tõnu Püssa

*Estonian University of Life Sciences,
Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences,
Department of Food Hygiene,
F.R. Kreutzwaldi 58A, 51014 Tartu*

Summary

The objective of this review article was to give a short overview of problems connected with oxidation of meat and meat products. Meat oxidation is an

undesirable process involving changes in quality and safety of meat. It starts immediately after animal slaughtering and involves heme (loss of colour and release of iron, powerful catalyst of oxidation), various lipids (chiefly free polyunsaturated fatty acids and cholesterol) and proteins by several interconnected mechanisms (free radical, enzyme catalyzed; non-radical non-catalyzed). Meat oxidation produces a number of adverse substances, such as leukotoxin diols, mono- and dialdehydes. Oxidation is accelerated by temperature, light, meat comminution, high pressure processing and so forth. Oxidation can be slowed down by addition of antioxidants either to feed or meat before processing, by lower temperatures, but using of special packaging and so forth.

Käesolev ülevaateartikkel põhineb Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi konverentsi "Terve loom ja tervislik toit 2014" ettekandartiklil, mida autor on hiljem parandanud ja täiendanud.

LETTER TO THE EDITOR: Corruption of scientific integrity

Brian Lassen

Institutions, including universities, are becoming larger, making it challenging for their administrators to support a feeling of sufficient control and oversight. The solution has been more data collection and reports, demanding a shift among academics from doing their job towards proving they are doing it. Despite the massive investment of the university and research resources into this effort, I have not met many administrators who were able to explain how this data accumulation is actively applied to improve the institutional aims or research agenda.

It is, and should, take decades to build a solid reputation as a scientist. It includes ethical thinking upon planning the studies, training to be as objective in observations as humanly possible, reporting findings with self-criticism and honesty, and not least admitting failures and shortcomings when they occur. The work must be of such transparency and excellence that it is accepted by respected academic peers. In short, the currency of a scientist is his or her integrity!

Over the recent years, I have noticed how several of the regulations imposed on the academic freedom likely have corrupted the scientific work, and worse, appear to be actively training the new generations of scientists to sell out their integrity. If this is allowed to continue, it may invite to dishonesty and potentially to fraud – the very same academic cancer the costly mountain of paperwork was supposed to prevent. Perhaps the best way of summarizing this kind of bureaucratic dilemmas dealing with science is Albert Einstein's statement that "We cannot solve a problem by using the same kind of thinking we used when we created them."

One type of corruption is that many scientists are currently forced to fill monthly time-sheets for their projects. Modern multi-disciplinary research projects need timesheets as a necessary procedural standard needed to streamline the work according to Guggenheim (2006). In timesheets the scientist is requested to write the project-related activities on a daily or even hourly basis, and verify this by his or her signature. In practice, this is quite impossible to do honestly. Even if a researcher has the luxury of working on only one project, the days and weeks in academia are fragmented with teaching, supervising, meetings, and travels. On some days, the specific project gets an occasional thought or a related email, if

anything. Other days the researcher often works day and night. The designers of time-sheets might have understood this and the unofficial solution is to "spread out" the activities on the forms and report an average number of hours that has not been calculated in any transparent way. The meaning of the forms is lost in the process, and more importantly, the scientist is lying to meet the demand posed on him or her. If a scientist did the same with another spreadsheet, one with research data, it would be called 'fraud'.

Paradoxically, mentioning this problem in a forum of researchers who are managing projects with time-sheets created panic. They expressed outright fear that such a criticism of the funding system is likely to reflect back on the delicate and costly attempt of managing project finances, rather than inspire reflection among the funding administrators monitoring them.

Perplexed, I then asked local grant administrators if they could explain how timesheets benefitted research projects and increased their chances of success, how it was measured, and where I could find cost-benefit analyses of the substantial time invested by the many parties. The answer I received was that the laws and rules applying to our case came from the manuals of the European Commission and was implemented, despite simpler options existed, and followed without further thought or question.

Articles are currently acknowledged as the accepted main unit of measurement when evaluating the worth and impact of scientists, despite the known problems with doing so. The tainting of the scientist's integrity can arise when quantity rather than quality become the priority in academic assessments. The boom of new journals, particularly in Open Access journal, has made it easier than ever to publish anything with little or no critical peer review (Bohannon 2013). This makes it more important than ever for researchers to protect the scientific integrity and resist the temptation of cutting corners to appear productive. Sneaking into the author list of articles without factually contributing, is a tempting way to create some mass on the current academic scale. Sokol (2008) formulated it bluntly: "To claim authorship in an article to which one has made no contribution is to perpetrate a fraud on the reader." Being an abusive supervisor or principal investigator, milking early-career colleagues for credits as a co-author, is one way to do this. It is naïve to think that such behaviour goes unnoticed, and even more so to think that it would not be copied by new generations of researchers.

We must protect our present and future researchers from believing that they must sell out their integrity to accomplish a scientifically acknowledged career.

Brian Lassen
*Estonian University of Life Sciences, Institute of
Veterinary Medicine and Animal Sciences,
Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu, Estonia*
e-mail: brian.lassen@gmail.com
Published online: 20.06.2014
Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2014_1_lassen.pdf

Instead of trying to evaluate the scientist by the flawed quantitative methods with no apparent cost-benefit analysis for research communities, there should be attempts to celebrate good and useful academic qualities. People who infuse passion, who bind a department together, who risk their name and career by voicing unpleasant knowledge when it is morally right, who have the courage to go to a totally new direction, who have the practical wisdom that saves time and effort in an innovative way. These skills that spring from the original idea of a scientist must be more desirable qualities than the ability to optimally please an administrative system.

Keywords: *science, integrity, fraud, administration, publishing, authorship*

Acknowledgements

Thanks to Pikka Jokelainen for editing drafts of the manuscript.

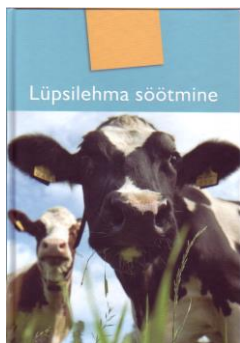
References

- Bohannon, J. Who's Afraid of Peer Review? – Science 2013 Oct; 4: 60–5.
- Guggenheim, M. Undisciplined research: the proceduralisation of quality control in transdisciplinary projects, Science and Public Policy 2006 Jul; 33(6):411–421.
- Sokol, D.K. The dilemma of authorship. BMJ. 2008 March 1; 336(7642):478.

Editor's comment

Scientific enterprise has developed to the point where it has started to impede its own effectiveness. The problem of the administrative burden and publication pressure has been discussed for years already, but the reforms to alleviate the problems are yet to be seen. The editorial board is thankful to the author for raising the issue and hopes that young scientist will have ideas, energy and courage to take action.

Kõrgkooliõpik *Lüpsilehma söötmine*



Lüpsilehma söötmine (Tõlke- raamat *Lypsylehman ruokinta*, Ecoprint AS, Tartumaa 2013. Eestipoolne väljaandja Maaelu Edendamise Sihtasutus. 134 lk. Eestikeelne korrektuur: Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, emeriitprofessor Olav Kärt).

Viimase eestikeelse, professor Ülo Olli poolt toimetatud, veiste söötmine alase kõrgkooliõpiku "Söötmissõpetus I" ilmumisest 1994. aastal möödub käesoleval aastal 20 aastat. Vahepealse kahe aastakümne jooksul on Eesti piimakarjakasvatuses toimunud kardinaalsed muutused: lüpsilehmade arv on vähenenud ligikaudu 3 korda, piimatoodang lehma kohta seevastu kahekordistunud, kasutatakse vabapidamistehnoloogiat ja täisratsioonilist segasööta, ratsioonid on enamuses silopõhised ning ka söötisel ja söödaratsioonide koostamisel lähtutakse uutest, kaasaegsetest teadmistest. Kohalike uuringute tulemustel põhinevad söötmissalased soovitusel ja praktikutele olnud kätesaadavad eeskätt Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi söötmise osakonna teadustööde kogumike, nõuandepäevade, isiklike konsultatsioonide jms kaudu. Piimalehmade söötmise kõiki aspekte puudutavat tänapäevast õpikut aga ei olnud.

Raamat *Lüpsilehma söötmine* on jagatud kolmeks osaks: planeerimine, söötmise korraldamine ning jälgimine ja parandamine.

Planeerimise osas antakse ülevaade veiste tähtsamatest toitefaktoritest, mäletsejaliste seedekulglajaprotsesside iseärasustest, veiste tüüpiliste söötade keemilisest koostisest, toiteväärtusest ning seeduvusest. Rõhutatakse söötmise planeerimise, söödabilansi ja söötmissplaani olulisust. Eraldi väärrib esile toomist söömusedekside kui sööda kvaliteeti ja toiteväärtust iseloomustavate kompleksnäitajate selgitamine ja tõlgendamine. Eesti söötmisselgust arvatatakse silo söömusedekside ainult Põllumajandusuuringute Keskuse Taimse materjali laboratooriumis analüüsitud silodele. Raamatus käsitletud teised söömusedeksid, eriti just jõusööda ja kogu ratsiooni söömusedeksid, ei ole eesti piimakarja igapäevases praktilises söötmisses mingil põhjusel rakendust leidnud. Jõusöödade toitefaktorite sisalduse juures on käsitletud ka nende tähtsusesisaldust ja koostist, millest sõltub nii vatsamikroobide energiaga varustatus kui ka vatsast mööduva energia hulk.

Puudused raamatu nimetatud osas on pigem vormilist laadi. Näiteks kasutatakse mõistet D – arv (orgaanilise aine seeduvus), mis on meie lugejale

esialgu arusaamatu. Samuti on riigiti erinev koresöötade energiasisalduse arvutamise põhimõte, mistõttu vastavad näitajad ei ole otseselt võrreldavad. Sarnaste puuduste vältimiseks oleks raamatu võinud varustada peatükiga, kus riikidevahelised erinevused nii mõistete kui ka muude oluliste näitajate osas oleks kohe raamatu alguses selgitust leidnud.

Söötmisselgust osas pööratakse peamine tähelepanu söötmisselgust kui protsessile tehnoloogia valiku ning tehniliste lahenduste aspektist, selgitatakse söötmisselgust põhitoodeid karjatamisperioodil ning ühe olulisema teemana rõhutatakse söötmisselgust täpsuse olulisust riskiperioodidel s.t kinnis- ja poegimisjärgsel perioodil, samuti käsitletakse ettesöötmisselgust seonduvat probleematikat. Veidi pealiskaudselt jääb kinnislehmade söötmisselgust osas katioonide-anioonide bilansi tähenduse, tähtsuse ja selle baasil tehtavate otsuste lahti seletamine.

Raamatu kolmandas, jälgimise ja parandamise osas on rõhk asetatud mitmesugustele indikaatoritele, millega on võimalik iseloomustada ja hinnata lüpsilehmade söötmisselgust tasakaalustatust ja otstarbekust piima kvaliteedi, looma tootmuse, karja tervise, majandusliku tasuvuse ja keskkonnanahoiu näitajate alusel. Esiletoomist väärrib looma tootmuse praktiliseks hindamiseks täpsete jooniste ja kirjeldustega juhendi olemasolu.

Teoreetilise materjali kõrval sisaldab õpik hulgaliselt illustreerivaid näiteid praktilisest tootmisest.

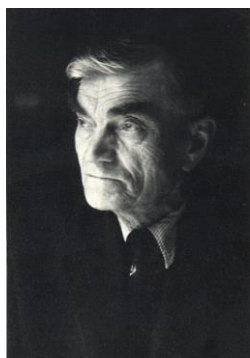
Vormiliselt on raamat hästi liigendatud ja kergesti loetav, kõik leheküljed on varustatud märksõnadega, mis hõlbustab vajaliku lõigu leidmist. Raamat *Lüpsilehma söötmine* on arusaadav ka lugejale, kes ei oma põhjalikke bioloogia sh loomakasvatusealaseid eelteadmisi. Puudusena saab nimetada mõnede, kas tõlkimise käigus tekkinud või toimetamisel tähelepanuta jäänud vigade olemasolu. Näiteks leheküljel 54 on orgaanilise aine põhikomponentide loendist jäänud välja valgud. Leheküljel 127 on vahetusse läinud metaboliseeruva energia ja -proteiini mõisted.

Raamat on suunatud eeskätt talunikele ja Eesti mõistes väiketootjatele, kelle lüpsikarjas on kuni 100 piimalehma. Paljud üldisemat laadi põhitoodeid on aga hõlpsasti ülekantavad ka suurtootmisselgust. Kindlasti on raamat suurepäraseks abivahendiks loomakasvatajatele ja vastava eriala konsulentidele. Eeldatavasti kujuneb raamat käepäraseks õppematerjaliks nii kutse- kui ka ülikoolis õppijatele.

Allan Kaasik, PhD

Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, dotsent

JULIUS ESLON – 120



Käesoleva aasta 8. juulil möödub 120 aastat silmapaistva aiandusteadlase ja sordiaretaja Julius Esloni sünnist. Luuviljaliste aretaja sündis Mai ja Jakob Esloni peres Muuksi külas Kolga vallas Harjumaal. Mõneti omapärane oli Julius Esloni haridustee, mida iseloomustab püsiv edasipüüd ja eneseharimine. Alghariduse sai ta Kolga 2-klassilises ministeeriumikoolis, kus õppetöö toimus vene keeles. Seejärel läks Tallinnasse raamatuköitmist õppima ja töötas meistri käe all 5 aastat. Sel ajal sai alguse ka Juliuse lugemiskirg. 1915. aastal mobiliseeriti ta sõjaväkke. Sõdurisaabastes läbis Julius Eslon I maailmasõja ja oktoobrirevolutsiooni-järgse kodusõja raskused.

Peale sõda asus tööle Petrogradi autoremonditehase töölisena, õppides samal ajal töölisfakulteedis (1921–1924), mille järel astus Leningradi Põllumajanduse Instituuti. Tema toonasteks õppejõududeks olid kuulsad professorid V.V. Paškevitš, N.I. Vavilov, V.I. Rõkov jt. Julius Eslon oli tõenäoliselt ainukene inimene Eestis, kes õppis legendaarse sordiaretaja I.V. Mitšurini juures. Seda kinnitab I.V. Mitšurini-nimelise Kozlovi pomoloogilise katsepuukooli direktori Gorškovi poolt antud tunnistus, et Eslon oli seal praktiliselt 3. maist kuni 22. oktoobrini 1928. aastal, märkides järgmist: "Ta töötas puukoolis, köögiviljaaias ja puuviljaistanduses ning puuviljataimede aretusaias ja muude katsete korraldamisel, mis andis praktikandile võimaluse omandada teadmised viljapuu uute sortide aretustööst". Leningradi Põllumajanduse Instituudi agronoomide kolmas lend lõpetas 1929. aastal, mis järel töötas Eslon aastatel 1929–1932 aiandusagronoomina ja laborandina Saraatovi Põua-instituudi aianduslaboris ja Saraatovi Puuviljanduse katsepunktis Alam-Volga kraisis. Aastatel 1932–1933 töötas Leningradi Tsonaalses Köögiviljanduse katsejaamas avamaa köögiviljakultuuride spetsialistina ja hiljem Leningradi Puuvilja- ja Marjakultuuride katsejaamas (1933–1941), algul selektsiooni ja sordiuurimise osakonna assistendina, hiljem teadurina. Alates 1941. aastast selektsiooni ja sordikatse osakonna juhatajana ning hiljem katsejaama direktorina.

Sõja-aastatel (1942–1943) töötas Eslon Leningradi linna Maaosakonna soovil ajutiselt köögiviljakasvatuse agronoomina. Tema juhtimisel kasvatati kartuleid, kapsaid jt köögivilju piiramisrõngas oleva linna üleskaevatud haljasaladel. Blokaadi lõpukuudel mobiliseeriti Julius Eslon sõjaväkke ja oli aastatel 1943–1945 Eesti Laskurkorpuse tagavarapolgus. Vabanes sõjaväeteenistusest 1945. aasta suvel ja määrati alates sama aasta 1. septembrist vastloodud Polli Aianduse-Mesinduse Uurimise Instituudi direktori asetäitjaks teaduse alal. Hilisemas Teaduste

Akadeemia Põllumajanduse Instituudi Polli filiaalis oli puuviljanduse osakonna juhatajaks aastatel 1947–1952, hiljem töötas sealsamas vanemteadurina kuni 1964. aastani. Julius Eslon oli A. Siimoni kõrval Polli teadusasutuse ülesehitaja. Polli tulekul olid tal olemas varasem administratiivse töö ja mitmekülgne praktilise teadustöö kogemus. Palju vaimujõudu ja praktilist tööd kulus puuvilja- ja marjakultuuride kollektsiooni kogumisele ja katseaedade rajamisele. Tema põhitööks kujunes ploomi- ja kirsisortide kogumine, uurimine ja aretamine.

Julius Eslon oli suure töövõimega sordiaretaja. Aastatel 1946–1963 tehti igal kevadel sortidevahelisi ristamisi eesmärgiga saada talvekindlaid, suurte ja maitsvate viljadega järglasi. Edukamatel aastatel tehti ristamisi 40 kuni 60 kombinatsioonis ja ühel aastal (1955) suudeti tolmeldada isegi 11 000 õit. Esloni poolt üles kasvatatud seemikute koguarv vajab välja selgitamist. 1946. aastal ristatud 'Liivi kollase munaploomi' ja 'Edinburghi' seemikute hulgast pärineb 'Polli munaploom'. Loodusliku vabatolmlemise seemnete külvist valis ta 3 sorti: 'Edinburghi' (1946) seemikute hulgast valiti 'Julius', 'Liivi kollase munaploomi' (1947) järglane on 'Karksi', 'Wilhelmine Späthi' (1948) seemikute hulgast 'Suhkruploom'. Varajase valmimise ajaga sortide saamiseks ristati 'Skorospelka kruglaja' sordiga 'Ruth Gerstetter'. Mõlemad lähtevanemad on varavalmivate viljadega, mis jõuavad tarbimisküpsuse astmesse augusti esimesel dekaadil. 1954. aastal aga saadi ristamise tulemusel 'Esloni varane' ja 'Polli varane'. Lähtevanemad 'Skorospelka krasnaja' ja 'Emma Leppermann' andsid uue sordi 'Polli viljakas'. Kolme viimase sordi ja 'Julius' aretustöö viis lõpule Arthur Jaama. Samas peab mainima, et hapu- ja maguskirsi aretustöö ei krooninud edu, kuna uusi, varem aretatud sorte ületavaid aretisi ei saadud. Samal ajal Julius Esloni poolt Eestisse toodud Leningradi sordiaretaja F. Teterevi suhteliselt talvekindlast maguskirsi sordist 'Leningradi must' on kujunenud hea lähtevanem uute sortide aretamisel. Selle sordi looduslikult tolmlenud seemikute hulgast on valitud uued sordid: 'Anu', 'Irma', 'Johan', 'Meelika' ja 'Norri'. Eslon tõstis esile ühe klooni hapukirsi madalakasvulise rikkaliku saagiga ja omajuursena Mõisaküla linnas ja ka mujal levivate vormide hulgast. Ta tegi kindlaks, et valitud kloon sarnaneb Lätis Pures ja Tukumsis kasvatatava ning Leedu 'Žagarikirsi' nime all tuntuga. Nii kujunes Eestis paljundatav hapukirsi sort 'Läti-Leedu madalkirss'.

Pakaseline talv 1939–40. aastal põhjustas aianduses katastroofi – hävis 86% ploomi- ja 81% kirsipuudest, lisaks hävis osa puid sõjakeerises. Peale sõda, juba 1945. aastal alustati talvekahjustused üle elanud viljapuude, eriti seemikute väljaselgitamist ja hindamist. Aastatel 1946. ja 1947. selgus Polli filiaali teadlaste läbiviidud uurimuse järgi, et võrreldes 1939. aasta tasemega oli ploomipuudest säilinud kõigest 7% ja

kirsipuudest 11%. Paremini olid säilinud sordid: 'Liivi kollane munaploom', 'Emma Leppermann', 'Edinburgh' ja kohalik sinine ploom. Uurimistöö laienes ja 1948. aastal avastati ja registreeriti kogu Eesti ulatuses 111 õuna-, 19 pini-, 11 ploomipuu-, 3 kreegi, 5 hapukirsi ja 2 maguskirsi erinevat seemikut. 1949. aastal rajati Pollis ja Saaremaal Karjas kohalike sortide ja seemikvormide katseaed. Eelpooltoodud uurimistöö üks eestvedajaid oli Julius Eslon.

Julius Esloni algatusel tutvustati Polli sordikollektsioonide tarbeks mitmeid puuvilja- ja marjakultuuride sorte Leningradist, Moskvast, Mitšurinskist ja mujalt. Omades sidemeid, sõlmis Eslon mitme Venemaa katsejaamaga koostöölepinguid. Ta tellis 1947. aastal musta sõstra aretustööks seemneid Altai Puuvilja- ja marjakasvatuse katsejaamast. Sellest lähtematerjalist saadi Pollis esimesed neli musta sõstra sorti. Altai valitud seemiku nr 67-57-1 seemnete külvist valiti kaks uut musta sõstra sorti 'Hiline must' ja 'Festival'. Sort 'Uus must' pärineb aretise 7-38-4 ja 'Polli pikk-kobar' aretise 3-38-2 seemnete külvist. Mitme olulise sordiomaduse nagu talve- ja haiguskindlus kõrval on nende sortide puuduseks varajane vegetatsioon ja õitsemise algus, mistõttu hilised kevadised öökülmad kahjustavad õisi.

Julius Eslon pälvis viljaka aretustöö eest mitmeid medaleid, aukirju ja diplomeid. 1967. aastal anti neljale Polli teadurile, nende hulgas ka Eslonile Nõukogude Eesti preemia puuvilja- ja marjakultuuride rahvaselektsioonisortide uurimise, kasutusele võtmise, uute sortide aretamise ning puuvilja- ja marjakultuuride suurte saakide kasvatamise, agrotehniliste aluste väljatöötamise eest.

Suure administratiivse töö kõrvalt jõudis Julius Eslon kirjutada suhteliselt vähe, tema sulest on ilmunud ligikaudu 20 teadusartiklit. Sõjajärgne uurimistöö viljapuude talvekindlusest ja sortide vastastikusest viljastamisest jäid kahjuks käsikirjaliseks. Samas on Eslon järgmiste oluliste trükiste *Aianduse käsiraamat* (1955), *Andmeid puuviljasortide talvekindluse kohta Eestis* (1957) ja *Eesti pomoloogia* (1970) kaasautor.

Eslon oli innukas raamatusõber, tema mahukas raamatukogus oli 2815 ekshliibriseega (kujundas aiandusteadlasest kolleeg Evald Pärtel) varustatud vene-, saksa- ja eestikeelset trükist. Raamatukogu likvideerimisel 1964. aastal jagus sealt raamatuid mitmele asutusele – 131 raamatut ja ajakirja omandas Teaduste Akadeemia keskraamatukogu, sõjajärgse Vene Entsüklopeedia köited ja suurem osa aiandusala-seid trükiseid, koguarvult 213 nimetust jõudsid Polli teadusasutuse raamatukokku. Tallinna Antikvariaadi kaudu läks käibesse 241 nimetust, ent oma osa said ka nooremate raamatusõprade erakogud.

Inimesena mäletatakse suurt aiandusteadlast vähenõudliku, suure distsipliinitundega, südamliku ja rõõmsameelsena. Tema peres ei olnud lapsi, kuid kolleegide lastele oli ta mõnuseks vanaisaks. Hobiks oli raamatute köitmine, seeläbi pikenes tänu meistri-le paljude ajakirjade ja pehmeaaneliste lasteraamatute eluiga paari inimpõlve võrra.

Julius Eslon suri 88 aasta vanuselt oma kodus Pollis 4. novembril 1982. aastal ja on maetud Karksi-Nuia Arumäe kalmistule.

Esloni varasemaid bibliograafilisi andmeid võib leida *Eesti aianduse biograafilisest leksikonist* (Tln, 1988) lk 27; *Eesti Entsüklopeedia* 14. köitest (Tln, 2000), lk 61; *Eesti Teaduse biograafiline leksikon* 1. köitest (Tln, 2000) lk 256; K. Kask *Puuviljandus Eestis* (Tartu, 2010) lk 167–169.

Toivo Univer

Eesti Maaülikooli Polli Aiandusuuringute Keskus

Dr. Toivo Univer, of the Polli Horticultural Research Centre (Estonian University of Life Sciences), looks back at the research career of horticultural researcher and plant breeder Dr. Julius Eslon, who would have celebrated his 120th birthday this July.

ARTHUR JAAMA – 100

Aiandusteadlane ja sordiaretaja Arthur Jaama sündis 7. novembril 1914. aastal Tartumaal Rõngu vallas Koruste külas Koosa talus. Kooliteed alustas Rõngu Algkoolis (1923–1927), mis hiljem jätkus Tartu Reaalkoolis. Kutsealased teadmised omandas ta Jänedra Põllumajanduskoolis (1936–1939) ja pärast seda töötas Eesti Lambakasvatavate Seltsi zootehnikuna (1939–1941). Teise maailmasõja puhkedes Arthur Jaama mobiliseeriti ja ta teenis Punaarmees (1941–1945). Pärast sõda jätkas õpinguid Tartu Ülikooli põllumajandusteaduskonnas (1945–1949). Seejärel oli ta (1950–1952) Teaduste Akadeemia Põllumajanduse Instituudi aspirant ja kaitses 1953. aastal põllumajandusteaduste kandidaadi kraadi väitekirjaga teemal *Eesti NSV-s levinumaid kohalike ploomi- ja kreegipuude vorme ja sorte ning nende majanduslik tähtsus*. Aspirantuuriaegne uurimistöo jätkus Saaremaal ja laienes Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse TU Instituudi Karja katsepunktis nooremteadurina (1953–1958). Väitekirjas käsitletav ja järgneva perioodi uurimistöo on avaldatud trükises *Kohalike ploomi- ja kreegisorte* (1959) ja kolmes populaarteaduslikus artiklis.

1958. aastal sai Arthur Jaama töökohta instituudi puuviljanduse osakonda Polli katsebaasi ja hakkas uurima marjakultuuride agrotehnikat: põõsaste lõikamist, väetamist ja umbrohtude tõrjet herbitsiididega. Pärast aiandusteadlase Julius Esloni (möödub täna sünnist 120 aastat) siirdumist pensionile 1964. aastal, sai Arthur Jaama ülesande jätkata pooleliolevat sordiaretustööd luuviljaliste suunal. Järgnevate aastate uurimistöo tulemuseks olid uued sordid: 'Julius' (1975), 'Polli varane' (1975), 'Esloni varane' (1976) ja 'Polli viljakas' (1976). Järgnevas aretustöös koos abikaasa Eevi Jaamaga viidi läbi aedploomi sortidevahelisi, kuid ka eri ploomiliikidesse kuulunud sortidevahelisi ristamisi, samuti seemnete kiiritamist röntgenikiirgusega ja töötlemist kolhitsiiniga. Arthur Jaama aretusfondis on olnud ligikaudu 1300 ploomi ning 700 hapu kirsu ja maguskirsu seemikut. Rikkaliku aretusmaterjali hulgas analüüsis ta sortide 'Pärnu sinine', 'Noarootsi punane', 'Liivi kollane munaploom' ja 'Wilhelmine Späth' seemikperekondade majanduslik-bioloogiliste tunnuste muutlikkust ja päritavust. 'Liivi kollase munaploomi' hübriidjärglaskonna talvekindluse päritavus oli eriti kõrge. Isasortide pärilik mõju hübriidjärglaskonnas vilja suurusele ja maitsele, viljakande algusele, viljade kujunemisaja pikkusele oli kõrge. Samal ajal isasortide mõju hübriidide saagikusele ja viljamahla kuivaine sisaldusele ei olnud statistiliselt tõenäoline. 'Wilhelmine Späthi' hübriidseemikute vilja suuruse ja viljakande alguse, isasortidelt päritavuse koefitsient oli suur (vastavalt 44 ja 60%). Samal ajal hübriidseemikute saagikuse, viljade kujunemise aja pikkuse ja koristamise aja pikkuse koefitsiendid olid poole võrra madalamad, kuid viljade maitse hinne ja suhkrute sisaldus ei olnud isasortide omadustest. 'Wilhelmine Späthi' ja 'Tartu

kaunitari' hübriidide hulgas valiti suurte viljadega, heamaitsega ja saagikas ploomisort 'Ave'.

Arthur Jaama elutöö luuviljaliste sortide aretusel on muljetavaldavalt suur. Tema aretajakäsi on tegutsenud 25 uue sordi loomisel: koos Julius Esloniga aretati neli ploomisorti; abikaasa Eevi Jaamaga 12 sorti ploome ('Amitar', 'Ave', 'Kadri', 'Kressu', 'Liisu', 'Norgen', 'Radiolus', 'Sargen', 'Suur Tõll', 'Vikana', 'Vilmitar', 'Vilnor'), ühe hapu kirsu sordi ('Jagoli') ja neli maguskirsu sorti ('Arthur', 'Polli rubiin', 'Polli murel', 'Tõmmu'); koos Heljo Jänesega kolm maguskirsu sorti ('Elle', 'Ene', 'Irma') ja ploomisort 'Polli Emma' (2013). Neile lisandub kümnekond aretist (Eha, Ene, Kanaria, Piret (kuivploom), Polli merevaik, Tiit jt). Arthur Jaama saavutas olulist edu võrreldes varem kasvatatud sortidega varavalmivate ('Kressu', 'Liisu', 'Kadri'), suureviljaliste ('Ave', 'Suur Tõll', 'Radiolus') ja tiheda viljalihaga ('Amitar') ploomisortide ning varavalmivate ('Elle') ja talvele vastupidavate maguskirsusortide ('Arthur', 'Tõmmu') aretusel.

Lisaks on Arthur Jaama uurinud ploomipuude kasvatuses mitut olulist küsimust. Näiteks ploomisortide fenoloogiat, õiealgete teket ja õiepungade arengut, ploomisortide vastastikust viljastumist, ploomisortide talvekindlust eriti suuremahuliselt 1978/79. aasta karmi talve järgselt ning ploomipuude reageerimist mulla lupjamisele.

Arthur Jaama teadmised ja kogemused on talletatud raamatutes *Ploomid* (Valgus, 1971) ja *Kirsipuu* (Valgus, 1976). Hiljem on need teosed koos Eevi Jaamaga välja antud täiendatud ja ümbertöötatud trükkides (vastavalt 1990 ja 1992). Samuti osales Jaama *Eesti pomoloogia* (Valgus, 1970) koostamisel (koostanud Gerhard Hansman). Tema kirjutatud on Eesti puuviljanduse ajalooline osa koos J. Kerdiga ning kirjeldused kaheksa Eesti kohaliku ploomisordi kohta. Arthur Jaama on avaldanud üle 100 teadusliku ja populaarteadusliku artikli.

1960-ndast aastast oli Arthur Jaama vanemteaduri ametikohal. 1971. aastal omistati Jaamale ENSV teenelise teadlase aunimetust. NSVL Rahvamajanduse Saavutuste näitusel on pälvinud kaks hõbemedalit.

Arthur Jaama rajas Jõgeva Näidissovhoosis uute ploomisortidega katseaiat, kus ta pensionärina töötas aastatel 1988–1991.

Arthuri ja Eevi peres kasvasid tütar Eve (1950) ja poeg Jaanus (1951). Arthur Jaamal oli väga hea lauluhääl (tenor) ja selle pärandas ta oma tütrepojale Jaagole. Kolleegid mäletavad veel vanaisa ja tütrepoja kooslaulmist. Jaago oskas imeliselt imiteerida tolle aegset supertähte Anne Veskit. Loomulikult olid kõik Anne Veski laulud tal ka peas (tol ajal oli Jaago 5 aastane). Arthur Jaama poeg omandas metsanduse eriala ja uuris metsanduse ajalugu. Tema tütar, keda köitis meie rahva pärandkultuur, töötas kogu elu Eesti Rahva Muuseumis.

Kolleegid hindasid Arthur ja Eevi Jaamat kui väga töökaid, tööle pühendunud, inimesest hoolivaid ning eriti lapsi armastavaid inimesi.

Arthur Jaama suri 31. märtsil 1995. aastal Tartus ja ta on maetud Pauluse kalmistule.

Arthur Jaama varasemaid bibliograafilisi andmeid võib leida ajakirjast *Sotsialistlik Põllumajandus* 1974, 23, lk 1100; *Eesti aianduse biograafilisest leksikonist*, Tln, 1988, lk 40–41; *Eesti Põllumajandusentsüklopeedia* 1. köitest, Tln, 1988, lk 309; *Eesti Nõukogude Entsüklopeedia* 4. köitest, Tln, 1989, lk 32; ajakirjast *Agraarteadus* 1994, V, 4: lk 473–474; *Eesti Teaduse*

biograafiline leksikon 1. köitest, Tln, 2000, lk 438–439; K. Kask *Puuviljandus Eestis* Tartu, 2010, lk 172–173.

Toivo Univer

Eesti Maaülikooli Polli Aiandusuuringute Keskus

Dr. Toivo Univer, of the Polli Horticultural Research Centre (Estonian University of Life Sciences), looks back at the legacy of the research career and personal life of renowned researcher and plant breeder Dr. Arthur Jaama, who would have celebrated his 100th birthday this November.

AIMUR JOANDI – in memoriam

27.05.1948–†25.03.2014



25. märtsil lahkus meie hulgast manalateele teadur ja kultuuriloolane Aimur Joandi. Ta sündis 1948. aasta lehekuul, 27. mail pere kaheksanda lapsena. Lapsepõlvkodu asus nüüdse Suure-Jaani valla Lemmakõnnu külas Vastsemõisas, kuhu isa Leo oli rajanud 1933. a Naadimetsa talu. Ema Helmi töötas kolhoosi lüpsjana sama talu kunagises laudas, kus alles 8–9 aastane Aimur aitas emal juba lehmi lüpsata ja veelgi varem käis koos oma kaksikõega karjas. 1955. aasta septembrist alates alustas ta oma kooliteed Kildu algkoolis ja lõpetas 1963. a kevadel juba sama kooli esimese kaheksaklassilise lennu lõpetajana. Ühes mitmete teiste sama kooli lõpetajatega sai Aimur Joandist samal sügisel Olustvere Põllumajandustehnikumi õppur. Agronoomidiplomini jõudis ta 1967. a kevadel ja juba samal sügisel immatrikuleeriti Aimur Joandi Eesti Põllumajanduse Akadeemia agronoomiateaduskonna tudengiks. EPA-s tekkis Aimuril huvi Eesti põllumajanduse arenguloo vastu ja nii kirjutas ta sellealase töö, mis käsitles Eesti ärksa põllumajandustegelase, tema vanaisa Ado Johansonu elu ja tegevust, mis valmis Jüri Kuuma juhendamisel. Talvel 1972 lõpetas Aimur Joandi EPA õpetatud agronoomi diplomiga ja sai suunamise EPA juures toimiva põllumajandusmuuseumi teaduri ametikohale, kus töötas kokku kuni 1990. aastani, kuid jätkas muuseumiga koostööd ka pärast sealt lahkumist. Vahepealsetesse aastatesse jäid ka sõjaväeteenistus ja lühiajaline töötamine osakonnajuhatajana Saadjärve sovhoosis ning ohutustehnika insenerina Jõgevamaal Palal. Kui 1980. aastate lõpupoole hakati uuesti looma talumajapidamisi, tegeles ta talupidamise propageerija ja organiseerijana ning oli Tartu Talunike Liidu üks asutajaid ja tegevjuht. Tema toimetamisel anti välja taluliidu kuukirja "Talu".

Aimur Joandi rajas Ülenurme valda Jänesmäe talu, kuhu ehtas elumaja ja tootmispinnad, pidas mesilasi, kasvas teravilja, köögivilja ning marjakultuure. Talutööde kõrval jätkus tal energiat kirjutamiseks nii koduloolisi kui põllumajanduslikke harivaid artikleid ajalehtedele, eriti maakonnalehes *Sakala* ja mitmetele ajakirjadele. Neid võib kokku lugeda üle kaheksaja. Teda paelus eriti kodukandi Suure-Jaani valla kultuuripärand, samuti sealtkandist pärit Eesti põllumajanduses ja teaduses silmapaistvate inimeste elulood. Kokku on tema sulest ilmunud neliteist monograafiat, neist enamik isikuloolised. Muuseumiperioodil huvitus Aimur ka talutootmist käsitlevate filmide tegemisest ja juhendas muuseumi juures filmiklubi. Kokku on muuseumis tema nimega seotult neliteist erineva sisuga filmi. Ta oli ka Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi liige, osales innukalt selle tegevuses, aitas korraldada ja organiseeris ka ise mitmeid seltsi ettevõtmisi. Aimur oli tubli kõneleja konverentsidel, seminaridel ja kultuurilooapäevadel ning tema toel jätkati prof Jaan Lepajõe poolt kunagi alustatud kultuuriürituse "Lepakose lugemiste" traditsiooni Suure-Jaani valla Lepakose talus.

Koos arstist abikaasa Marega on Aimur Joandi üles kasvatanud kolm tublit poega, kes kõik on tegusad infotehnoloogia vallas. Aimur oli ka nende peredes sündinud kahe lapselapse hoolitsev vanaisa.

Mälestus Aimur Joandist kui isikupärasest värvikast mehest, heast ja abivalmist kolleegist, koolivennast, sõbrast ja seltsikaaslasest jääb meis kõigis püsima. Oma loominguilise pärandiga väärrib ta ka ise kohta Eesti ja oma kodukoha kultuuriloos.

Jaan Kuht

