

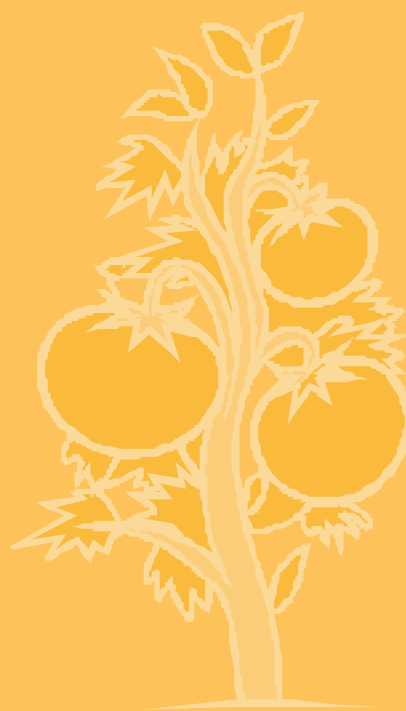
J Agric Sci
Vol. 27 No. 1
pp 1–52
Estonian Academic
Agricultural Society
Tartu, Estonia
June 2016

XXVII (1) : 1–52 (2016) : p-ISSN 1024-0845 e-ISSN 2228-4893

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

AGRAARTEADUS

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE



Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi väljaanne
Tartu 2016



Toimetuskolleegium / *Editorial Board*

Peatoimetaja / *Editor-in-chief*

Alo Tänavots Estonian University of Life Sciences

Toimetajad / *Editors*

Maarika Alaru Estonian University of Life Sciences

David Arney Estonian University of Life Sciences

Tanel Kaart Estonian University of Life Sciences

Marko Kass Estonian University of Life Sciences

Brian Lassen Estonian University of Life Sciences

Evelin Loit Estonian University of Life Sciences

Toomas Orro Estonian University of Life Sciences

Oliver Sada Estonian University of Life Sciences

Ants-Hannes Viira Estonian University of Life Sciences

Rahvusvaheline toimetuskolleegium / *International Editorial Board*

Berit Bangoura University of Leipzig, Institute of Parasitology, Germany

Ants Bender Jõgeva Plant Breeding Institute, Estonia

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

Margareta Emanuelson Swedish University of Agricultural Sciences

Martti Esala Natural Resource Institute Finland, Luke

Marek Gaworski Warsaw University of Life Sciences, Poland

Csaba Jansik Natural Resource Institute Finland, Luke

Aleksandrs Jemeljanovs Latvia University of Agriculture

Olav Kärt Estonian University of Life Sciences

Hussain Omed Bangor University, UK

Sven Peets Harper Adams University, UK

Pirjo Peltonen-Sainio Natural Resource Institute Finland, Luke

Jan Philipsson Swedish University of Life Sciences

Vidmantas Pileckas Lithuanian University of Health Sciences

Jaan Praks Estonian University of Life Sciences

Baiba Rivza Latvia University of Agriculture

Mart Sörg Tartu University, Estonia

Rein Viiralt Estonian University of Life Sciences

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

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

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

Trükk / Print: Eesti Ülikoolide Kirjastus OÜ

Kaanepilt / Cover image by johnny_automatic

AGRAARTEADUS

1 ♦ XXVII ♦ 2016

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

Agraarteaduses avaldatud teaduspublikatsioonid on retsenseeritud

SISUKORD

TEADUSARTIKLID

A. Bender

Kattevilja agrofooni ja põldtimuti külvisenormi mõju sordi 'Tika' seemnesaagile 3

M. Gaworski

Assessment of dairy production development on the example of Polish conditions and comparison with certain European countries 12

H. Kaldmäe, A. Olt, M. Ots

Kuivatatud ja konserveeritud söödateravilja mükotoksiinide sisaldusest Eestis 19

R. Kölli

Ülevaade: Rabamuld – Eesti aasta 2016 muld 26

M. Olle

Short communication: The effect of vermicompost based growth substrates on tomato growth ... 38

M. Ramin, M. Vaga, E.H. Cabezas-Garcia, E. Detmann

Comparison of methane production from individual feeds and total diets – an *in vitro* evaluation 42

RAAMATUTE ÜLEVAATED

A. Kaasik

Kõrgkooliõpik *Õhusaaste käsiraamat* 48

KROONIKA

I. Nutt

Harald Tikk 85 49

H. Peterson

Lahkus Eesti-Läti sillapea – HENN TUHERM – *in memoriam* 50

Juubelialbum Akadeemiline Põllumajanduse Selts 95 51

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE

1 ♦ XXVII ♦ 2016

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

Scientific publications published in *Agraarteadus* are peer-reviewed

CONTENTS

RESEARCH ARTICLES

A. Bender

Effect of the seeding and fertilization rates of cover crop and the seeding rate of timothy
on the seed yield of the cultivar 'Tika' 3

M. Gaworski

Assessment of dairy production development on the example of Polish conditions and
comparison with certain European countries 12

H. Kaldmäe, A. Olt, M. Ots

Mycotoxin contamination in dried and high moisture fermented cereals in Estonia 19

R. Kõlli

Review: Bog soil – Year 2016 Soil of Estonia 26

M. Olle

Short communication: The effect of vermicompost based growth substrates on tomato growth
..... 38

M. Ramin, M. Vaga, E.H. Cabezas-Garcia, E. Detmann

Comparison of methane production from individual feeds and total diets – an *in vitro*
evaluation 42



KATTEVILJA AGROFOONI JA PÕLDTIMUTI KÜLVISENORMI MÕJU SORDI 'TIKA' SEEMNESAAGILE

EFFECT OF THE SEEDING AND FERTILIZATION RATES OF COVER CROP AND THE SEEDING RATE OF TIMOTHY ON THE SEED YIELD OF THE CULTIVAR 'TIKA'

Ants Bender

Eesti Taimakasvatuse Instituut, Aamisepa 1, 48309, Jõgeva

Saabunud: 12.02.16
Received:
Aktsepteeritud: 16.03.16
Accepted:
Avaldatud veebis: 18.03.16
Published online:
Vastutav autor: Ants Bender
Corresponding author:
e-mail: ants.bender@etki.ee

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

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_bender.pdf

ABSTRACT. In the years 2012–2015, the Estonian Crop Research Institute conducted a field trial in order to investigate the effect of the seeding and fertilizer rates of the cover crop barley 'Inari', and of the seeding rate of the timothy grass 'Tika' on the seed yield. In the trial there were four variants with the cover crop's seeding rate and nitrogen fertilizer rate, and three different seeding rates of timothy grass (3, 6 and 9 kg ha⁻¹) were tested. The trial results indicated that both the seeding rate of the cover crop (variants 333 and 500 germinating seeds per m⁻²) and the nitrogen fertilizer rate (variants 60 and 90 kg N ha⁻¹) had an effect on the later seed yield of the timothy grass. Thereat the effect of the cover crop's seeding rate was smaller; the effect of nitrogen fertilizer bigger. The effect of the cover crop on the seed yield of timothy was bigger in the first year after establishment, in the following years the effect decreased. The highest timothy seed yield was obtained in the trial variant that was seeded with 3 kg of 100% pure live seeds (PLS) per hectare under the cover crop the seeding rate and nitrogen fertilizer rate of which had been reduced by one third. Economic calculations also indicated that in total of the year of establishment and three years of seed harvest, this variant turned out to be the most profitable one for the seed producer. The studied trial variants had no effect on the quality of timothy seed.

© 2016 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2016 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Eestis, nagu teisteski põhjamaades, on kõrreliste heintaimeliikide seas tähtsaim põldtimut (*Phleum pratense* L.). Viimase viie aasta jooksul on Eestis tunnustatud kõrreliste heintaimede seemnekasvatuse pindasid kokku 4780 ha, millest 1964 ha e 41,1% moodustas põldtimut. Viie viimase sertifitseerimis-perioodi vältel on sertifitseeritud kõrreliste seemneid kokku 1 374 476 kg. Põldtimuti osa selles oli 530 753 kg e 38,6%.

Liigi seemet on Eestis kasvatatud vähemalt 200 aastat pärast seda, kui siinmail hakati taanlaste eeskujul lisama põldtimutit punasele ristikule põldheina põllu külvamisel. Liigi seemnekasvatuse agrotehnika on selle aja jooksul hästi omandatud. Seemnesaak on üldiselt stabiilne ja koguseliselt tootjat rahuldav. Sellest tulenevalt ei ole teadusasutustes põldtimuti seemnekasvatust viimasel viiekümnel aastal uuritud.

Eestis on põldtimuti seemnepõlde soovitatud rajada nii katteviljata kui ka kattevilja aluste külvidena. Kattevilja aluste külvide eelised: 1) kindlustab seemnekasvatajale saagi (ja tulu) ka muidu saagitul aastal; 2) takistab umbrohtude levikut ja 3) kaitseb noori taimi ebasoodsate ilmastikuolude eest (Marshall jt, 1998). Kattevilja aluste külvide seemnesaak esimesel saagi-aastal jääb madalamaks võrreldes külvidega, mis rajatud ilma katteviljata (Timothy..., 2004). Seemnekasvataja peab leidma endale soodsa kompromissi: saada katteviljalt arvestatav saak, samal ajal allakülvi võimalikult vähe kahjustades. Selleks vähendatakse kattevilja külvisenormi ja väetatakse lämmastikuga tagasihoidlikumalt. Kanadas külvatakse kattevilja põldtimuti seemnepõllu rajamisel poole normiga (Timothy..., 2004). Ameerika Ühendriikides soovitatakse vähendada kattevilja külvisenormi heinaseemne põldude rajamisel 25–50% (Undersander jt, 1990). Eestikeelsetes vanemates

kirjandusallikates leidub soovitusi vähendada kattevilja külvisenormi vahemikus 15–50% (Korjus, 1964, 1969; Rand, 1992). Üldjuhul soovitatakse nii kodu- kui välismaises kirjanduses allakülvi korral vähendada ka kattevilja lämmastikväetise normi 25–33%. Viimased uuringud Norras on tõestanud, et seoses lühema kõrrega seisukindlate suviteravilja sortide kasutusele tulekuga ei ole enam mõttekas seemnepõldu rajades kattevilja külvisenormi ja lämmastikväetise normi vähendada (Havstad, Aamlid, 2011). Meie katse üheks eesmärgiks oli kontrollida neid Norra soovitusi Eesti kliimatingimustes ja siinsete sortidega.

Eestis on põldtimuti seemnepõllu rajamisel soovitatud kasutada külvisenormi 4–7 kg ha⁻¹ (Korjus, 1969; Rand, 1992; Annuk, Aavola, 2006), Lätis 5–7 kg ha⁻¹ (Guide..., 2008), Poolas 4,2 kg ha⁻¹ (Szczepanek, Katanska-Kaczmarek, 2012), Serbias 4–6 kg ha⁻¹ (Vučković jt, 2003), Norras 3–5 kg ha⁻¹ (Havstad, Aamlid, 2011), USA-s soovitatakse aga külvisenormi 1–2 kg ha⁻¹ (Ogle jt, 2011) ning Kanadas 1,1–2,2 kg ha⁻¹ (Timothy..., 2004). Mitme autori poolt on leitud, et põldtimuti külvisenormil vahemikus 2,5–10 kg ha⁻¹ on suhteliselt väike mõju hilisemale seemnesaagile (Fulkerson, Tossell, 1961; Wallenhammar, Anderson, 2007) ning külvisenormi suurendamine üle teatava piiri võib koguni viia seemnesaagi langusele (Hampton, Faurey, 1998; Vučković jt, 2003; Wallenhammar, Anderson, 2007). Külvisenormi täpsustamiseks meie tingimustes võeti katsesse kolm erinevat külvisenormi (3, 6, 9 kg ha⁻¹).

Uurimistöö eesmärk oli kontrollida kattevilja külvisenormi, lämmastikväetise normi ja põldtimuti külvisenormi mõju põldtimuti seemnesaagile, ühtlasi nende agrotehniliste võtete mõju seemnekasvatuse majanduslikele näitajatele.

Katsematerjal ja meetodika

Eespool loetletud eesmärkide saavutamiseks rajati 2012. aastal Jõgevale kattevilja aluse külvinäidatse, kus katteviljaks oli keskvalmiv odrasort 'Inari', mille alla külvati põldtimuti 'Tika' katselapid eri külvisenormidega. Katteviljale sobiva agrofooni selgitamiseks olid katses järgmised variandid:

- 1) kattevilja külvisenorm vähendatud (külvati 66% tavatootmises kasutatavast normist), lämmastikväetise norm vähendatud (66% tavatootmises kasutatavast normist) – kontrollvariant (St);
- 2) kattevilja külvisenorm vähendamata (100%), lämmastikväetise norm vähendatud (66% tavanormist);
- 3) kattevilja külvisenorm vähendamata (100%), lämmastikväetise norm vähendamata (100%);
- 4) kattevilja külvisenorm vähendatud (66% tavanormist), lämmastikväetise norm vähendamata (100%).

Variantide arvutamisel olid aluseks odra külvisenorm 500 idanevat tera m² (100%) ja lämmastikväetise norm N 90 kg ha⁻¹ (100%). Kattevilja variantide vahel olid eraldusribad laiusega 3 m. Kõigil kattevilja neljal agrofoonil uuriti põldtimuti külvisenorme 3, 6 ja 9 kg 100%-lise külviväärtusega seemet hektarile. Nende normidega külvates sattus m²-le vastavalt 551, 1102 ja

1653 idanevat põldtimuti seemet. Külvisenormi variandid rajati neljas korduses, katselappide asetus oli randomiseeritud. Katse kogupindala – 1240 m².

Katse rajati leostunud mullale (K₀), mille agrokeemilised näitajad olid järgmised: pH_{KCl} 5,8, P 152, K 198, Ca 1959, Mg 126 mg kg⁻¹ ja C_{org} 2,3%. Määramise meetodid: pH – ISO 10390; P, K, Ca, Mg – Mehlich III; C_{org} – NIRS. Katseala mullareaktsioon oli mõlemale katsekultuurile sobiv, fosforitarve väike, kaaliumitarve keskmine.

Katse rajamise eel külvati katsealale fosfor-kaaliumväetist käsitsi, väetisena kasutati granuleeritud liitväetist Scalsa (sisaldas mikroelementidest boori 0,02%) normiga 400 kg ha⁻¹ (P 19, K 67 kg ha⁻¹). Lämmastikväetis anti rajamisaastal ammooniumsalpeetrina vastavalt katseplaanile külvikuga Saxonia enne viimast külveelset mullaharimist. Põldtimuti seemnesaagi aastail anti lämmastikväetist kahes jaos: nädal pärast vegetatsiooni algust normiga N 70 kg ha⁻¹ ja teine kord põldtimuti kõrsumise algul (mai II pool) normiga N 35 kg ha⁻¹. Normide ja andmisaegade valikul lähtusime Norra, Rootsi ja Soome katsetulemustest ja soovitustest (Niemeläinen, Järvi, 1995; Aamlid, 1997a; Aamlid, 1997b; Wallenhammar, 1998; Havstad, 2003; Havstad, Aamlid, 2006) mis langevad kokku Eestis H. Korjuse poolt soovitatutega (Korjus, 1969). Väetisena kasutati ka seemnesaagi aastail ammooniumsalpeetrit, külvati külvikuga Hege 33.

Kattevilja külvati külvikuga Fergusson kitsarealiselt (reavahe 15 cm) 30. aprillil 2012. a. Põldtimuti allakülvi, risti kattevilja ridadega, reavahe 15 cm, tehti kaks päeva hiljem külvikuga Hege 80. Lühiealiste kaheiduleheliste umbrohtude tõrjeks pritsiti katseala ajal, mil teravili oli võrsumisfaasis herbitsiidiga MCPA 750, norm 1,0 l ha⁻¹.

Kattevilja tiheduse määramiseks loendati odra generatiivvõrsete arv pinnalt 0,5×0,5 m neljas korduses, taime kõrgust mõõdeti odra õitsemise ajal mullapinnast ohete tipuni 16 korduses. Odra terasaak määrati 14. augustil katsekombainiga Wintersteiger arvestuslappidelt pindalaga 7 m² kuues korduses, ülejäänud katseala koristati kombainiga Sampo 500. Põhk riisuti katselt koristusjärgsel päeval ja veeti minema. Odra kõrs niideti motorroboti MF 70-ga üle, kontsu kõrgus ühtlustati 15 cm peale. Teravilja proovid kuivatati dineesenkuivatis, sorteeriti, kaaluti ja arvutati saak. Saagi kvaliteedi näitajatest määrati mahumass, 1000 seemne mass ja toorproteiinisaldus. Analüüsid tehti Eesti Taimekasvatuse Instituudi biokeemia laboratooriumis.

Põldtimuti külvisenormi ja kattevilja agrofooni järele mõju selgitamiseks loendati esimesel kasutusaastal generatiivvõrsete arv pinnalt 0,5×0,5 m neljas korduses, mõõdeti generatiivvõrsete kõrgust mullapinnalt pöörispea tipuni 16 korduses ja pöörispeade pikkust 100 korduses.

Põldtimuti seeme koristati katsekombainiga Hege 140 kahefaasiliselt. Esimene läbipeks tehti täisküpsuse varases staadiumis (pöörispeade tippudel esimesed

puudenemise märgid). Teist korda peksti kontsule ühtlaselt laotatud seemnehein 5–7 päeva pärast.

Seemnemassi ventileeriti kolm ööpäeva välisõhuga ja kuivatati seejärel dineesenkuivatis. Katselappide seemnekogused sarjati käsisarjaga ja lõpp-puhastati Kamas-Westrupi laboratoorse sorteeriga LALS. Saavutati seemnete 99,8–100%-line puhtus. Artiklis esitatakse 14%-lise niiskusesisaldusega seemnesaagid I ja II koristusfaasi summana, milles II faasi osatähtsus sõltuvalt katseaastast ja variandist oli 6,2–19,9%. Kolm kuud pärast kombainimist ja puhastamist määrati laboratooriumis seemnetel 1000 seemne mass ja idanevus.

Majandusarvestuste aluseks olid tootmissisendite hinnad 2012. a kevadel, odra võimalik realiseerimishind 2012. a detsembris ning põldtimuti seemne hind detsembris 2015.

Katse rajamisaasta (2012) taimekasvuperiood oli ilmastikutingimustelt jahedapoolne, sademeterohke. Kõige rohkem sadas juunis (110 mm e 163% normist) ja augustis (130 mm e 147% normist). Odra võrsutamiseks ja hea saagi moodustumiseks olid tingimused soodsad, kuid normist lühem päiksepaiste kestus ja koristusaegsed rohked sademed ei võimaldanud saadud saagi kõrget kvaliteeti. Tingimused allakülvatud põldtimuti tärkamiseks, kasvuks ja arenguks olid kattevilja all head. Odra koristamise järel jäi põldtimuti taimede talve-eelset kasvu- ja kosumisaega vegetatsiooni-perioodi lõpuni (lõppes Jõgeva AMJ andmetel 25. oktoobril) 72 päeva. Sügis oli öökülmavaba. Esimene öökülm registreeriti Jõgeval 23. oktoobril, mis on paljude aastate keskmisest 31 päeva hiljem.

Põldtimuti esimese seemnesaagiaasta (2013) kevad oli hilisepoolne. Mai, juuni ja juuli olid aga kõik tavapärast kõrgema õhutemperatuuriga, juuni-juuli-august samas sademetevaesed. Ilmastikuolud olid põldtimuti õitsemise ja saagi valmimise ajal soodsad.

Teisel seemnesaagiaastal (2014) olid ilmaolud vastuolulised. Maikuu oli paljude aastate keskmisest soojem. Maksimaalne õhutemperatuur tõusis üle 25 °C kaheksal päeval, mis on rekord vaatlusreas 1922–2014. Efektiveid õhutemperatuure kogunes kuu jooksul 222 kraadi, mis on paljude aastate keskmisest 42 kraadi rohkem. Looduses vastas see 11-päevasele edumaale. Soojale maikuule järgnes tavatult jahe juuni. Eriti jahe oli kuu viimane dekaad – keskmine õhutemperatuur ainult 11,3 °C. Kogu vaatlusrea jooksul on nii jahe juuni III dekaad Jõgeval olnud vaid ühel aastal (1923). Neljal korral (24., 26., 27. ja 28. juunil) registreeriti taimkate pinnal koguni öökülma. 17. juunil sadas Jõgeval lumekruupe ja lumelõrtsi, 23. juunil rahet.

Juulis, põldtimuti seemnete täitumise ja valmimise ajaks ilmaolud paranesid. Kuu keskmine õhutemperatuur oli 2,5 °C võrra paljude aastate keskmisest kõrgem. Maksimaalne õhutemperatuur tõusis üle 25 °C kuu jooksul 17 päeval ja oli võrdne või üle 30 °C neljal päeval. Kuu oli sademetevaene (48 mm). Päikese-paistet oli juulis 21% paljude aastate keskmisest enam.

Ka august oli paljude aastate keskmisest soojem, kuid kahjuks sademeterohke – sademeid 131 mm, mis on 42 mm üle paljude aastate keskmise. Põldtimuti seemnete küpsmise ajal olid ilmaolud muutlikud. See sundis valima koristusaega mitte seemnete küpsustme vaid ilmaprognoosi järgi.

Kolmandal seemnesaagi aastal (2015) algas taimekasv 21. aprillil. Õhutemperatuur ületas paljude aastate keskmist ainult aprilli III ja mai I dekaadis. Järgnes jahe, paljude aastate keskmisest madalama õhutemperatuuriga kevade II pool ja suvi. Ühelgi päeval ei tõusnud Jõgeval õhutemperatuur 30 °C-ni, ainult kahel päeval juulis tõusis õhutemperatuur üle 25 °C. Aktiivne taimekasvuperiood oli sademetevaene, kuid mitte pöuane. Kõige vähem sademid langes augustis (38% paljude aastate keskmisest), mis soodustas seemnesaagi valmimist ja kahefaasilist koristamist. Kokkuvõttes võib 2015. aasta ilmaolude kohta väita, et need olid põldtimuti seemnekasvatuseks igati soodsad, mis väljendus ka saagiandmetes.

Katseandmete statistiliseks analüüsiks on kasutatud arvutiprogrammi AGROBASE-20™.

Katsetulemused ja arutelu

Kattevilja taimik, saak ja saagi kvaliteet

Allakülvatud põldtimuti kasvu ja arengut külviaastal mõjutavad valgustingimuste kaudu nii kattevilja kõrgus kui tihedus. Odra generatiivvõrsete kõrgus sõltus katse rakendatud agrofoonidest vähe (tabel 1). Odra külvisenorm generatiivvõrsete kõrgust ei mõjutanud. Lämmastikväetise täisnormi variantides olid võrreldes vähendatud lämmastikväetise variantidega odra generatiivvõrsed 1–2 cm kõrgemad, kuid see erinevus ei olnud statistiliselt usutav.

Kattevilja tihedust mõjutas nii odra külvisenorm kui lämmastikväetise annus (tabel 1). Andmete võrdlemisel oli standardiks heinaseemne kasvatus tootmispraktikas seni kasutusel olev kattevilja agrofoon, kus nii külvisenorm kui lämmastikväetise foon olid odra tavatootmises kasutuselolevate normidega võrreldes kolmandiku võrra vähendatud. Kuna odra võrsutamiseks olid tingimused ideaalilähedased, siis jäi külvisenormi suurendamise mõju taimiku tihedusele tugevamal lämmastikufoonil tagasihoidlikuks (erinevus vaid 1,8%). Külvisenormi suurendamise mõju odra tihedusele oli suurem vähendatud lämmastikväetise taseme juures (7,2%), kuid ka see erinevus ei olnud statistiliselt usutav.

Lämmastikväetise normil oli odra taimiku tihedusele külvisenormist suurem mõju. Võrreldes standardvariandiga suurenes generatiivvõrsete arv pinnatihikul 9,5% ja külvisenormi ja lämmastikväetise fooni samaaegsel suurendamisel 11,4%. Agrofooni variandis, mis külvati täiskülvi normiga ja millele anti lämmastikku normiga N 90 kg ha⁻¹, esines vähesel määral ka odra lamandumist.

Tabel 1. Oder 'Inari' katteviljana
Table 1. Barley 'Inari' sown as cover crop

Kattevilja külvise- ja lämmastikväetise norm / Seeding and fertilizer rates of cover crop					
Oder 333 id. tera m ² N 60 kg ha ⁻¹ (ST) Barley 333 viable s. m ² nitrogen 60 kg ha ⁻¹ (St)	Oder 500 id. tera m ² N 60 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ² nitrogen 60 kg ha ⁻¹	Oder 500 id. tera m ² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ² nitrogen 90 kg ha ⁻¹	Oder 333 id. tera m ² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 333 viable s. m ² nitrogen 90 kg ha ⁻¹		PD 0,05 LSD 0.05
Kattevilja tihedus, generatiivvõrseid tk m ² / Cover crop density, generative tillers, pcs m ²					
568	609	633	622		52
Generatiivvõrsete kõrgus mullapinnalt ohete tipuni, cm / Height of generative tillers from soil surface to the tip of awn, cm					
84	84	85	86		4
Terasaak, kg ha ⁻¹ / Yield, kg ha ⁻¹					
4023	4077	4870	4403		226
Mahumass, g / Volume mass, g					
675	678	669	661		8
1000 seemne mass, g / 1000 s. m., g					
49,5	48,1	47,6	47,2		0,5
Terade toorproteiinisaldus, % / Crude protein, %					
9,46	9,3	9,89	9,57		0,2

Kattevilja terasaak oli meie katses vahemikus 4023–4870 kg ha⁻¹, olles kõige madalam standardvariandis. Odra külvisenormi viimine 333 idanevalt teralt 500 idaneva terani tõstis terasaaki lämmastikufoonil N 60 kg ha⁻¹ vaid 1,3%. Lämmastiku täisnormi kasutamine suurendas usutavalt odra terasaaki: vähendatud külvisenormi variandis 9,4%, täiskülvinormi variandis aga 21,1%.

Odra saagi kvaliteedi näitajad sõltusid nii külvisenormist kui lämmastikufoonist. Suurem oli seejuures lämmastikväetise mõju. Odra külvisenorm meie katsevariantides terade mahumassi ja toorproteiinisaldust usutavalt ei mõjutanud. Täiskülvinormi kasutamisel vähenes standardvariandiga võrreldes 1000 seemne mass. Lämmastikväetise täisnormi kasutamisega kaanes usutav mahumassi ja 1000 seemne massi vähenemine, kuid terade toorproteiinisaldus tõusis.

Põldtimuti seemnetaimikut iseloomustavad näitajad esimesel kasutusaastal

Rajamisaastal rakendatud kattevilja erineva agrofooni ja põldtimuti külvisenormi mõju pidi ilmnema tõenäoliselt kõige enam seemnetaimikute esimesel kasutusaastal. Hiljem võrsumise teel seemnetaimikud ühtlustuvad ja agrotehniliste võtete mõju väheneb või kaob.

Mõõtmistulemused näitasid, et seemnetaimikute kõrgus esimesel kasutusaastal ei sõltunud nimetamisväärselt rajamisaastal rakendatud kattevilja agrofoonist (tabel 2). Mõnevõrra mõjutas taimikute kõrgust põldtimuti külvisenorm. Üldjuhul olid suuremate külvisenormidega külvatud taimikud mõnevõrra madalamad. Erinevus kõrguses oli statistiliselt usutav variantides, kus kattevilja sai rajamisaastal lämmastikku normiga 90 kg ha⁻¹.

Tabel 2. Põldtimuti taimikut iseloomustavad näitajad esimesel saagiaastal
Table 2. The indicators of timothy stand formation on the first harvest year

Kattevilja külvise- ja lämmastikväetise norm rajamisaastal					
Timuti külvise-norm	Seeding and fertilizer rates of cover crop on the year of establishment				
Seeding rate of timothy kg ha ⁻¹	Oder 333 id. tera m ² N 60 kg ha ⁻¹ Barley 333 viable s. m ² nitrogen 60 kg ha ⁻¹ (St)	Oder 500 id. tera m ² N 60 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ² nitrogen 60 kg ha ⁻¹	Oder 500 id. tera m ² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ² nitrogen 90 kg ha ⁻¹	Oder 333 id. tera m ² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 333 viable s. m ² nitrogen 90 kg ha ⁻¹	PD 0,05 LSD 0.05
Timuti generatiivvõrsete kõrgus mullapinnalt pöörispea tipuni, cm					
Height of generative tillers of timothy from soil surface to the tip of panicles, cm					
3	120	115	114	108	6
6	114	112	110	110	7
9	113	113	107	105	7
PD 0,05 / LSD 0.05	7	6	7	3	
Timuti generatiivvõrsete arv pinnaühikul, tk m ² / Generative tillers of timothy, pcs m ²					
3	1056	998	1078	1061	85
6	1098	988	1115	1161	89
9	1046	1007	1161	1195	86
PD 0,05 / LSD 0.05	79	92	97	84	
Timuti pöörispea pikkus, mm / Spike length of timothy, mm					
3	74	73	72	70	4
6	71	68	68	65	5
9	69	68	67	64	4
PD 0,05 / LSD 0.05	4	5	4	4	

Generatiivvõrsete arvu poolest pinnaühikul esimesel saagiaastal variandid samuti usutavalt üksteisest ei erinenudki. Taimikute tihedus oli seejuures 1000–1200 generatiivvõrset ruutmeetri. Usutavalt tihedamad seemnetaimikud olid katsevariantides, mis said rajamisaastal katteviljale lämmastiku täisnormi ja põldtimut oli külvatud külvisenormiga 9 kg ha⁻¹.

Külviaasta kattevilja agrofooni mõju põldtimuti pöörispea pikkusele oli tagasihoidlik. Kõrgema lämmastikväetise normiga variantides oli põldtimuti pöörispea küll mõnevõrra lühem, kuid see erinevus ei olnud üldjuhul statistiliselt usutav.

Usutavalt mõjutas põldtimuti pöörispea pikkust esimesel kasutusaastal seemnepõllu rajamisel kasutatud põldtimuti külvisenorm. Pikem oli pöörispea variantides külvisenormiga 3 kg ha⁻¹ (70,4–74,4mm). Külvisenormi korral 6 kg ha⁻¹ oli pöörispea pikkuseks 64,8–70,9 mm ja külvisenormi korral 9 kg ha⁻¹ 64,0–68,7 mm. Fulkerson ja Tossell (1961) on leidnud, et

generatiivvõrsete suurem hulk pinnaühikul mõjutab timuti seemnesaaki vähem, kui pöörispeade pikkus. Sama seos ilmnes ka Jõgeval läbiviidud katses.

Kattevilja agrofooni mõju põldtimuti seemnesaagile

Põldtimuti seemnesaak meie katses sõltus rajamisaastal rakendatud kattevilja agrofoonist, külvisenormist, seemnetaimiku vanusest ja kasutusaasta kasvuaegsetest ilmaoludest, kõikides vahemikus 595–1118 kg ha⁻¹. Seemnesaak oli seejuures tagasihoidlikum esimesel saagiaastal, suurim aga viimasel e kolmandal saagiaastal (2015).

Seemnepõllu rajamisaastal oli odra külvisenormil alla külvatud põldtimuti hilisemale seemnesaagile tagasihoidlik mõju (tabel 3). Täiskülvinormiga külvatud variantides saadi alla külvatud põldtimutilt üldjuhul küll väiksem seemnesaak, kuid erinevus standardvariandiga võrreldes püsis vaid mõne protsendi piires ega olnud statistiliselt usutav.

Tabel 3. Kattevilja agrofooni mõju põldtimuti seemnesaagile aastatel 2013–2015

Table 3. Effect of cover crop background on seed yield of timothy in 2013–2015

Timuti külvisenorm Seeding rate of timothy kg ha ⁻¹	Kattevilja külvise- ja lämmastikväetise norm rajamisaastal Seeding and fertilizer rates of cover crop on the year of establishment								PD 0,05 LSD 0,05
	Oder 333 id. tera m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ (St) Barley 333 viable s. m ⁻² , N 60 kg ha ⁻¹		Oder 500 id. tera m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ⁻² , N 60 kg ha ⁻¹		Oder 500 id. tera m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ⁻² , N 90 kg ha ⁻¹		Oder 333 id. tera m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 333 viable s. m ⁻² , N 90 kg ha ⁻¹		
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	
2013									
3	832	100,0	866	104,1	696*	83,7	738*	88,7	71
6	787	100,0	786	99,9	669*	85,0	677*	86,0	76
9	755	100,0	722	95,6	595*	78,8	628*	83,2	57
2014									
3	993	100,0	976	98,3	943*	95,0	900*	90,6	35
6	918	100,0	912	99,3	835*	91,0	851*	92,7	60
9	918	100,0	858	93,5	801*	87,3	805*	87,7	52
2015									
3	1118	100,0	1049	93,8	905*	80,9	917*	82,0	86
6	1063	100,0	1070	100,7	899*	84,6	927*	87,2	84
9	1009	100,0	984	97,5	923*	91,5	922*	91,4	77
2013–2015 kokku / total									
3	2943	100,0	2891	98,2	2544*	86,4	2555*	86,8	144
6	2768	100,0	2768	100,0	2403*	86,8	2455*	88,7	144
9	2682	100,0	2564	95,6	2319*	86,5	2355*	87,8	137

* seemnesaak standardvariandist usutavalt madalam / reliably lower seed yield than in the standard variant

Rajamisaastal kasutatud lämmastikväetise normil oli hilisemate aastate põldtimuti seemnesaagile märkimisväärne mõju. Kasutades külviaastal lämmastikku täisnormiga saadi standardvariandiga võrreldes usutavalt madalamaid seemnesaake ja seda kõigil järgnenud kolmel seemnesaagi aastal. Lämmastikväetise täisnormi korral varieerimine odra külvisenormiga hilisematele põldtimuti seemnesaakidele nimetamisväärselt mõju ei avaldanud.

Põldtimuti külvisenormi mõju seemnesaagile

Kõige kõrgemaid seemnesaake saadi põldtimuti külvisenormiga 3 kg 100%-lise külviseväärtusega seemet hektari kohta ja seda kõigis rajamisaasta kattevilja agrofooni variantides (tabel 4). Meie katseandmed ei kinnitanud väidet nagu võiks kattevilja kõrgema agro-

fooni negatiivse mõju leevendamiseks kasutada allakülvil suuremat külvisenormi. Kahel esimesel seemnepõllu kasutusaastal oli põldtimuti külvisenormi mõju seemnesaagile suurem ja saagi erinevused enamasti ka statistiliselt usutavad. Kolmandaks kasutusaastaks taimikute seemnesaagi võime ühtlustus. Erinevused saagiandmetes siis küll esinesid, kuid need ei olnud enam statistiliselt usutavad.

Kolme kasutusaasta saagi summas saadi kõigis rajamisaasta kattevilja agrofooni variantides usutavalt madalam seemnesaak katselappidelt, kus põldtimut külvati odra alla normiga 9 kg 100%-lise külviseväärtusega seemet hektarile. Külvisenorme 3 ja 6 kg 100%-lise külviseväärtusega seemet hektarile võib meie katseandmete põhjal pidada seemnesaagi võimelt samaväärseiks.

Tabel 4. Põldtimuti külvisenormi mõju seemnesaagile aastatel 2013–2015
Table 4. Effect of seeding rate on the timothy seed yield in 2013–2015

Timuti külvisenorm Seeding rate of timothy kg ha ⁻¹	Kattevilja külvise- ja lämmastikväetise norm rajamisaastal Seeding and fertilizer rates of cover crop on the year of establishment							
	Oder 333 id. tera m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ (St) Barley 333 viable s. m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹		Oder 500 id. tera m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹		Oder 500 id. tera m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹		Oder 333 id. tera m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 333 viable s. m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
	2013							
3	832	100	866	100	696	100	738	100
6	787	94,6	786*	90,8	669	96,1	677*	88,4
9	755*	90,7	722*	83,4	595*	85,5	628*	82,0
PD 0,05 / LSD 0,05	51		36		29		48	
	2014							
3	993	100	976	100	943	100	900	100
6	918	92,4	912*	93,4	835*	92,8	851	90,2
9	918	92,4	858*	87,9	801*	89,0	805*	85,4
PD 0,05 / LSD 0,05	86		61		81		64	
	2015							
3	1118	100	1049	100	905	100	917	100
6	1063	95,1	1070	102,0	899	99,3	927	101,1
9	1009	90,3	984*	93,8	923	102,0	922	100,5
PD 0,05 / LSD 0,05	127		133		131		66	
	2013–2015 kokku / total							
3	2943	100	2891	100	2544	100	2555	100
6	2768*	94,1	2768	95,7	2403	96,1	2455	93,5
9	2682*	91,1	2564*	88,7	2319*	92,7	2355*	89,7
PD 0,05 / LSD 0,05	116		125		148		125	

* seemnesaak usutavalt madalam, kui variandis, mis külvatud normiga 3 kg ha⁻¹ / reliably lower seed yield than in the variant that was seeded with the rate of 3 kg ha⁻¹

Põldtimuti seemnete kvaliteedinäitajad

Seemnete kvaliteedinäitajatest määrati igal saagiaastal puhtus, 1000 seemne mass ja idanevus. Seemnete lõpp-puhastusel saavutati kõigil katseaastail ühetaoline puhtuse tase (vähemalt 99,8%) ning nii esimesest kui teisest faasist saadud seemnete idanevus oli kõigil aastail vahemikus 98–100%. Katsevariandid nimetatud näitajaid ei mõjutanud. Seetõttu artiklis neil andmeil pikemalt ei peatuta. Ka põldtimuti 1000 seemne mass

sõltus katsevariantidest suhteliselt vähe (tabel 5). Võrreldes standardvariandiga esines usutavaid erinevusi selle näitaja põhjal vaid variantides, mille kattevilja väetamisel kasutati rajamisaastal lämmastiku täisnormi ja põldtimut külvati normidega 6 ja 9 kg ha⁻¹. Erinevused 1000 seemne massi vähenemise suunas esinesid vaid seemnepõllu esimesel kasutusaastal.

Tabel 5. Põldtimuti 1000 seemne mass, mg
Table 5. 1000 seed mass of timothy, mg

Timuti külvisenorm Seeding rate of timothy kg ha ⁻¹	Kattevilja külvise- ja lämmastikväetise norm rajamisaastal Seeding and fertilizer rates of cover crop on the year of establishment									
	Oder 333 id. tera m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ (St) Barley 300 viable s. m ⁻² , N 60 kg ha ⁻¹		Oder 500 id. tera m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ⁻² , N 60 kg ha ⁻¹		Oder 500 id. tera m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 500 viable s. m ⁻² , N 90 kg ha ⁻¹		Oder 333 id. tera m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹ Barley 333 viable s. m ⁻² , N 90 kg ha ⁻¹		PD 0,05 LSD 0,05	
	I faas phase	II faas phase	I faas phase	II faas phase	I faas phase	II faas phase	I faas phase	II faas phase	I faas phase	II faas phase
	2013									
3	554	518	552	529	557	504	549	497	20	13
6	571	536	567	527	551	512	549	516	20	21
9	563	526	567	528	548	518	550	518	15	11
PD 0,05 / LSD 0,05	13	24	31	17	11	7	20	6		
	2014									
3	548	490	543	492	538	494	539	483	19	16
6	536	487	543	498	531	494	542	489	18	19
9	544	492	539	485	540	493	536	497	20	16
PD 0,05 / LSD 0,05	15	18	21	22	15	11	15	8		
	2015									
3	556	511	543	504	558	500	554	502	19	19
6	548	504	566	514	555	506	557	497	14	20
9	551	500	549	502	550	510	558	504	18	23
PD 0,05 / LSD 0,05	18	21	23	31	13	18	15	7		

Katseandmete põhjal võib väita, et teistkordsel seemneheina läbipekkmisel saadakse seeme, mille 1000 seemne mass jääb esimese peksukorraga võrreldes madalamaks. Meie andmeil oli see erinevus sõltuvalt katsevariantist esimesel kasutusaastal vahemikus 23–53 mg e 4,3–10,5%, teisel kasutusaastal 37–58 mg e 7,5–11,8% ning kolmandal kasutusaastal 39–60 mg e 7,7–12,1%. Katsevariantide mõju ei tuvastatud.

Kattevilja agrofooni ja põldtimuti külvisenormi mõju seemnekasvatuse majanduslikele näitajatele

Põldtimuti seemnetootmise kattetulu arvestust ei ole võimalik kahjuks meie katseandmetele tuginedes teha. Puuduvad heinaseemne kasvatuse masinatööde maksumused. Katse läbiviimisel on fikseeritud tootmissisendite hinnad ning kasutusel olnud toodangu realiseerimishinnad. Nendele tuginedes oleme arvutanud seemnepõllu rajamisaasta muutuvkulud ning katsest laekunud toodangu maksumuse. Tabelisse 6 oleme

koondanud need näitajad kattevilja agrofooni variantide kohta arvestusega, et põldtimuti seemnepõld külvati külvisenormiga 3 kg ha⁻¹. Tabelisse 7 on koondatud informatsioon näitajatest, mis kujunesid kattevilja eri agrofoonide ja põldtimuti uuritud külvisenormide kohta nelja katse aasta kokkuvõttes.

Külviaasta tootmissisenditest olid suuremad kuluallikad fosfor-kaalium kompleksväetis (hind 350 € t⁻¹), ammooniumsalpeeter (300 € t⁻¹), oder 'Inari' seeme (C₁ kategooria 0,52 € kg⁻¹) ja põldtimuti seeme (E kategooria 5 € kg⁻¹). Seemnepõllu kasutusaastatel lisandus vaid kulu lämmastikväetisele, mida anti kõigile katsevariantidele võrdselt normiga N 100 kg ha⁻¹, ehk 300 kg ammooniumsalpeetrit hektarile aastas maksumusega kolmel aastal kokku 270 €.

Odra terasaaki oli võimalik realiseerida söödaks hinnaga 147 € t⁻¹. Põldtimuti seemne hind püsis läbi aastate tasemel 3 € kg⁻¹.

Tabel 6. Timuti seemnekasvatuse muutuvkulud ja toodangu väärtus külvisenormi korral 3 kg ha⁻¹
Table 6. Variable costs and production value of timothy seed production at seeding rate 3 kg ha⁻¹

Kattevilja Cover crop	Muutuvkulud Variable costs	kg ha ⁻¹	Hind Price	Maksumus Cost, € ha ⁻¹	Toodang Production	Saak/Yield kg ha ⁻¹	Hind Price	Maksumus Costs, € ha ⁻¹
Muutuvkulud / Variable costs 2012								
Variant 1	PK complex fertilizer	400	350 € t ⁻¹	140	Söödaoder	4023	147 € t ⁻¹	591
Oder 333	Ammooniumsalpeeter	175	300 € t ⁻¹	53	Feed barley			
id tera m ²	Oder / Barley C kat	157	0,52 € kg ⁻¹	82	'Tika' C kat.	2943	3 € kg ⁻¹	8829
N 60 kg ha ⁻¹	Põldtimut / Timothy E kat.	3	5 € kg ⁻¹	15	2012–2015 toodang kokku			
Barley 333	MCPA 750	1	7 € l ⁻¹	7	2012–2015 production total			9420
viable s. m ²	Kokku/Total			297				
Muutuvkulud / Variable costs 2013–2015								
N 60 kg ha ⁻¹	Ammooniumsalpeeter	3×300	300 € t ⁻¹	270				
(St)	Muutuvkulud / Variable costs 2012–2015 total:			567				
Muutuvkulud / Variable costs 2012								
Variant 2	PK complex fertilizer	400	350 € t ⁻¹	140	Söödaoder	4077	147 € t ⁻¹	599
Oder 500	Ammooniumsalpeeter	175	300 € t ⁻¹	53	Feed barley			
id tera m ²	Oder / Barley C kat	235	0,52 € kg ⁻¹	122	'Tika' C kat.	2891	3 € kg ⁻¹	8673
N 60 kg ha ⁻¹	Põldtimut / Timothy E kat.	3	5 € kg ⁻¹	15	2012–2015 toodang kokku			
Barley 500	MCPA 750	1	7 € l ⁻¹	7	2012–2015 production total			9272
viable s. m ²	Kokku/Total			337				
Muutuvkulud / Variable costs 2013–2015								
N 60 kg ha ⁻¹	Ammooniumsalpeeter	3×300	300 € t ⁻¹	270				
	Muutuvkulud / Variable costs 2012–2015 total:			607				
Muutuvkulud / Variable costs 2012								
Variant 3	PK complex fertilizer	400	350 € t ⁻¹	140	Söödaoder	4870	147 € t ⁻¹	716
Oder 500	Ammooniumsalpeeter	260	300 € t ⁻¹	78	Feed barley			
id tera m ²	Oder / Barley C kat	235	0,52 € kg ⁻¹	122	'Tika' C kat.	2544	3 € kg ⁻¹	7632
N 90 kg ha ⁻¹	Põldtimut / Timothy E kat.	3	5 € kg ⁻¹	15	2012–2015 toodang kokku			
Barley 500	MCPA 750	1	7 € l ⁻¹	7	2012–2015 production total			8348
viable s. m ²	Kokku/Total			362				
Muutuvkulud / Variable costs 2013–2015								
N 90 kg ha ⁻¹	Ammooniumsalpeeter	3×300	300 € t ⁻¹	270				
	Muutuvkulud / Variable costs 2012–2015 total:			632				
Muutuvkulud / Variable costs 2012								
Variant 4	PK complex fertilizer	400	350 € t ⁻¹	140	Söödaoder	4403	147 € t ⁻¹	647
Oder 333	Ammooniumsalpeeter	260	300 € t ⁻¹	78	Feed barley			
id tera m ²	Oder / Barley C kat	157	0,52 € kg ⁻¹	82	'Tika' C kat.	2555	3 € kg ⁻¹	7665
N 90 kg ha ⁻¹	Põldtimut / Timothy E kat.	3	5 € kg ⁻¹	15	2012–2015 toodang kokku			
Barley 333	MCPA 750	1	7 € l ⁻¹	7	2012–2015 production total			8312
viable s. m ²	Kokku/Total			322				
Muutuvkulud / Variable costs 2013–2015								
N 90 kg ha ⁻¹	Ammooniumsalpeeter	3×300	300 € t ⁻¹	270				
	Muutuvkulud / Variable costs 2012–2015 total:			592				

Kattevilja külvisenormi suurendamine täiskülvi-normini tõstis standardvariandiga võrreldes rajamis-aasta muutuvkuludid 40 € ha⁻¹ (13,5%). Sellega kaas-nes odra saagitõus 54 kg ha⁻¹ (1,3%) 8 € väärtuses. Seega ei kompenseerinud terasaagi suurenemine kül-visenormi tõstmisega kaasnenud kulutusi. Lämmastik-väetise normi viimine tavatootmise tasemele suurendas rajamisaasta muutuvkuludid 25 € võrra ha⁻¹ (8,4%). Sellega kaasnes odra saagikuse tõus 381 kg ha⁻¹ (9,4%) 56 € väärtuses. Nii kattevilja täiskülvinormi kui täislämmastikunormi samaaegne kasutamine suurendas rajamisaasta muutuvkuludid 65 € ha⁻¹ (21,9%), millega kaasnes odra saagikuse tõus 847 kg ha⁻¹ (21,1%) 125 € väärtuses. Mõlemal juhul, kui lämmastikväetist kasuta-ti täisnormiga, saadi saagilisa, mille rahaline väärtus ületas tehtud kuludid.

Muutuvkulud nelja katseaasta kohta kokku sõltusid kattevilja agrofoonist rajamisaastal vahemikus 4,2–11,5% ning põldtimuti külvisenormist vahemikus 2,4–5,3% (tabel 7). Võrreldes standardvariandiga andsid katses olnud ülejäänud kattevilja agrofooni variandid realiseeritavat toodangut (odra saak + põldtimuti kolme kasutusaasta saak arvutatuna rahaks) 142–2408 € vähem. Arvutused näitasid, et rajamisaastal saab katte-vilja saaki lämmastikväetisega tõsta ning see tasub tehtavad suuremad kulutused. Alla külvatud põldtimut aga kannatab selle tõttu kattevilja surve all ning tema hilisem seemnesaak jääb madalamaks. Odra saagi kasvu arvelt saadud tulu oli mitu korda väiksem tulust, mis jäi väiksema saagi tõttu saamata põldtimuti seem-nete müügist.

Tabel 7. Kattevilja agrofooni ja põldtimuti külvisenormi mõju seemnekasvatuse majanduslikele näitajatele rajamisaasta ja kolme kasutusaasta summas

Table 7. The effect of cover crop seeding and fertilization rates on the economic results at different timothy seeding rates on the year of establishment and three-year use of the seed field

Põldtimuti külvisenorm, kg ha ⁻¹	Kattevilja külvisenormi ja lämmastikväetise norm / Seeding and fertilizer rates of cover crop							
	Oder 333 id tera m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹ (St)		Oder 500 id tera m ⁻² N 60 kg ha ⁻¹		Oder 500 id tera m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹		Oder 333 id tera m ⁻² N 90 kg ha ⁻¹	
Timothy seeding rate, kg ha ⁻¹	Barley 333 viable s. m ⁻² , N 60 kg ha ⁻¹		Barley 500 viable s. m ⁻² , N 60 kg ha ⁻¹		Barley 500 viable s. m ⁻² , N 90 kg ha ⁻¹		Barley 333 viable s. m ⁻² , N 90 kg ha ⁻¹	
	€ ha ⁻¹	%	€ ha ⁻¹	%	€ ha ⁻¹	%	€ ha ⁻¹	%
Muutuvkulud / Variable costs								
3	567	100,0	607	107,1	632	111,5	592	104,4
%	100		100		100		100	
6	582	100,0	622	106,9	647	111,2	607	104,3
%	102,6		102,5		102,4		102,5	
9	597	100,0	637	106,7	662	110,9	622	104,2
%	105,3		104,9		104,7		105,1	
Toodangu rahaline väärtus / Economic value of production								
3	9420	100,0	9272	98,4	8348	88,6	8312	88,2
%	100		100		100		100	
6	8895	100,0	8903	100,1	7925	89,1	7012	78,8
%	94,4		96		94,9		84,4	
9	8637	100,0	8291	96	7673	88,8	7712	89,3
%	91,7		89,4		91,9		92,8	

Kokkuvõte ja järeldused

Katseandmed ja majanduslikud arvutused näitasid, et põldtimut 'Tika' seemnepõllu rajamisel oder 'Inari' alla külvates on otstarbekas vähendada nii odra külvisenormi kui lämmastikväetise normi kolmandiku võrra. Nii toimides on võimalik seemnepõllu rajamiskuludid vähendada ja saada hiljem suuremaid põldtimuti seemnesaake. Rajamisaastal katteviljale lämmastikväetise täisnormi andmisega saavutatakse küll suurem terasaak, kuid kaotus hiljem põldtimuti seemnesaagis ületab rajamisaasta täiendava tulu mitmekordselt.

Põldtimuti seemnepõld on otstarbekas külvata kitsa-realiselt normiga 3 kg 100%-lise külviväärtusega seemet hektarile. Suurem põldtimuti külvinorm ei taga suuremat seemnesaaki vaid vastupidi – võib seda vähendada.

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

Huvide konflikt / Conflict of interests

Autor kinnitab artikliga seotud huvide konflikti puudumist.

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

Kasutatud kirjandus

- Aamlid, T.S. 1997a. Nitrogen and moisture inputs to seed crop of timothy (*Phleum pratense* L.) II. Split applications of nitrogen in the seed harvest year. – Journal of Applied Seed Production, Vol. 15, p. 5–16.
- Aamlid, T.S. 1997b. Towards a model for nitrogen application to seed crops of timothy (*Phleum pratense* L.) – <http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/1997/2-25-001.pdf>
- Annuk, K., Aavola, R. 2006. Kõrrelised heintaimed. Liikide agronoomiline iseloomustus ja sordid. – Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine I osa (koostaja A. Bender). – Jõgeva, lk 78–101.
- Fulkerson, R.S., Tossell, W.E. 1961. Row width and seeding rate in relation to seed production in timothy

- (*Phleum pratense* L.) – Canadian Journal of Plant Science, Vol. 41, No. 3, p. 549–558.
- Guide book in the seed production of forage grasses (Ed. B. Jansone). 2008. – Skriveri, 265 pp.
- Hampton, J.G., Fahey, D.T. Components of seed yield in grasses and legumes. – Forage seed production. 1. temperate species (Eds. D.T. Fahey, J.G. Hampton). Wallingford, New York 1998, p. 45–69.
- Havstad, L.T. 2003. Split nitrogen application to seed crops of timothy (*Phleum pratense* L.). Herbage Seeds in the New Millennium – New Markets, New Products, New Opportunities. – Proceedings fifth International Herbage Seed Conference, 23–26 November 2003, Gatton, Australia, p. 23.
- Havstad, L.T., Aamlid, T.S. 2006. Split nitrogen application strategies in seed production of two contrasting cultivars of timothy (*Phleum pratense* L.). – Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 56, p. 241–254.
- Havstad, L.T., Aamlid, T.S. 2011. Seed production of timothy 'Grinstad'. <http://www.seemneliit.ee/wp-content/uploads/2011> [18.10.2011]
- Korjus, H. Kõrreliste heintaimede seemnekasvatus. – Taimakasvatus (koostaja A. Tääger). – Tallinn 1964, lk 620–653.
- Korjus, H. 1969. Põldheina seemnekasvatus. – Põldheinakasvatus (koostaja R. Toomre). Tallinn, lk 211–247.
- Marshall, A.H., Steiner, J.J., Niemeläinen, O., Hacquet, J. 1998. Legume seed crop management. – Forage seed production. Temperate species (Eds. D.T. Fahey, J.G. Hampton). – Cambridge, p. 127–152.
- Niemeläinen, O., Järvi A. 1995. Effect of nitrogen fertilizer application rate and timing on timothy seed crops in northern Europe – Yield and Quality in Herbage Seed Production. – Proceedings third International Herbage Seed Conference. June 18–23 1995. Halle, p. 221–225.
- Ogle, D.G., John, L.St., Tilley, D.J. Plant Guide. Timothy (*Phleum pratense* L.) – http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_phpr3.pdf [18.03.2011]
- Rand, H. 1992. Heintaimede seemnekasvatus. – Rohumaaviljelus talupidajale. – Saku-Tallinn-Tartu, lk 44–74.
- Szczepanek, M., Katanska-Kaczmarek, A. 2012. Response of timothy (*Phleum pratense* L.) cultivars to growing in diversified row spacing. – Acta Sci. Pol., Agricultura, Vol. 11, No. 2, p. 63–72.
- Timothy seed production in Western Canada. – <http://www1.agric.gov.ab.ca/departement/deptdocs.nsf/all/agdex8696> [25.06.2004]
- Undersander, D., Smith, R.R., Kelling, K., Doll, J., Wolf, G., Wedberg, J., Peters, J., Hoffman, P. Shaver R. Red clover. Establishment, management and utilization. – <http://learningstore.uwex.edu/assets/pdfs/A3492.pdf> [1.05.1990].
- Vučković, S., Simić, A., Čupina, B., Stojanović, I., Stanisavljević, R. 2003. The effect of vegetation area size on grass seed yield. – Journal of Agricultural Sciences, Vol. 48, No. 1, p. 125–134.
- Wallenhammar, A.-Ch. 1998. Nitrogen fertilization of timothy seed ley (*Phleum pratense* L.). – Seed Production. NJF-Report No 121, Seminar No 284, 29 Juni – 1. Juli 1998. Sandefjord & Landvik, Norge, p. 83–90.
- Wallenhammar, A.-Ch., Anderson, L.E. 2007. Seed production of various timothy (*Phleum pratense* L.) cultivars as affected by seeding rates. – Proceedings of the sixth International Herbage Seed Conference. Gjønnestad, Norway, 18–20 June 2007 (Eds. T.S. Aamlid, L.T. Havstad B. Boelt). Gjønnestad, p. 152–155.

Effect of the seeding and fertilization rates of cover crop and the seeding rate of timothy on the seed yield of the cultivar 'Tika'

Ants Bender
Estonian Crop Research Institute
Aamisepa 1, 48 309, Jõgeva, Estonia

Summary

The trial results and economic calculations showed that when establishing the seed field of the timothy grass 'Tika' by seeding under the barley 'Inari', it is expedient to reduce both the seeding rate of barley and the nitrogen fertilizer rate by one third. By doing this it is possible to reduce the establishment costs of the seed field and later to obtain bigger yields of timothy seed. By applying a full rate of nitrogen fertilizer to cover crop in the year of establishment, a higher grain yield will be achieved, but the loss in timothy seed yield later exceeds by several times the additional return in the year of establishment. It is expedient to seed the timothy grass field at a narrow row space with the rate of 3 kg 100% PLS per hectare. The bigger seeding rate of timothy does not guarantee a higher seed yield, on the contrary, it can reduce it. The seeding and fertilizer rates of the cover crop as well as the seeding rate of the under-sown timothy grass affect the 1000 seed weight only slightly. The studied trial variants did not affect the germinability of the seed yield.

Agraarteadus
1 * XXVII * 2016 12–18



Journal of Agricultural Science
1 * XXVII * 2016 12–18

ASSESSMENT OF DAIRY PRODUCTION DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF POLISH CONDITIONS AND COMPARISONS WITH CERTAIN EUROPEAN COUNTRIES

Marek Gaworski

Department of Production Management and Engineering, Warsaw University of Life Sciences,
02-787 Warsaw, Nowoursynowska str. 164, Poland

Saabunud: 18.12.15
Received:
Aktsepteeritud: 02.05.16
Accepted:

Avaldatud veebis: 29.05.16
Published online:

Vastutav autor: Marek
Corresponding author: Gaworski
e-mail: marek_gaworski@sggw.pl

Keywords: automatic milking system, dairy production system, indices, livestock, milk yield

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_gaworski.pdf

ABSTRACT. Changes observed in the European dairy sector in the last decades constitute an important example of transformation processes taking place in the global food economy. The aim of the study was to present an analytical approach to assessment of advance concerning certain technical and biological resources in the farm dairy production system. Data from the Polish dairy production system were used to show and assess some of the trends regarding the dairy system development, including some comparisons with other EU countries. As a result of undertaken studies, there are scientific premises to identify technical and biological solutions for optimizing the farm dairy production system, allowing sustainable improvement. Further effective transformation of the Polish dairy sector requires overcoming certain barriers hindering development of the sector, connected first of all with high dispersion in raw milk production and its low technology level, high dispersion of dairy processing, and others. Implementation of modern technical equipment for milking at dairy farms needs simultaneous improvement of dairy cow herds and other factors, e.g. economic profitability.

© 2016 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2016 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Introduction

Not only are milk and dairy products a vital source of nutrition for people, but they also present livelihood opportunities for farmers, processors, shopkeepers and other stakeholders in the dairy value chain (Muehlhoff *et al.*, 2013). As a result, dairy production ranks among the most important agricultural activities in many countries of the world, including developing as well as developed countries.

Significance of dairy production translates into dynamic improvement of all elements which create the dairy production system, *i.e.* set of objects and relationships between the objects, according to the system definition (Pabis, 1985). Improvement is expressed by achievement of advance in many areas of the dairy production system. Technical advance is represented by more and more sophisticated milking systems, ranging from bucket milking systems to AMS (automatic milking system) and AMR (automatic milking rotary). The milking systems improvement is assessed in the context of efficiency aspects (Castro *et al.*, 2012; Steeneveld *et al.*, 2012), farmer satisfaction (Wagner *et al.*, 2001),

economic aspects (Rotz *et al.*, 2003), energy consumption (Calcante *et al.*, 2016), animal welfare (Jacobs, Siegford, 2012) and others. The general public seems to be increasingly interested in the welfare of farm animals and this apprehension, along with uncertainty about food safety, may necessitate increased emphasis on functional traits to maintain or improve the consumption of milk and dairy products (Boettcher, 2001).

The assessment of dairy production also concerns the use and adoption of precision dairy farming technology by producers (Borchers, Bewley, 2015). Gathered information concerning parameters is limited to precision technologies used in or around dairy parlours (Jago *et al.*, 2013).

Many examples of dairy production development generate the research problem concerning the approach to assessing and comparing different kinds of improvement in the field of the dairy production system. One of the results of various kinds of improvements implemented can be sustainable development of dairy production as one of the most important trends in the dairy industry (von Keyserlingk *et al.*, 2013). Many farms have a common goal of becoming more sustainable.

According to the US legal definition (US Code Title 7, Section 3103), sustainability includes "an integrated system of plant and animal production practices having a site-specific application that will over the long-term: ... make the most efficient use of non-renewable resources and on-farm resources and integrate, where appropriate, natural biological cycles and controls, sustain the economic viability of farm operations, and enhance the quality of life for farmers and society as a whole".

Once the definition of sustainability is considered, it is possible to ask about the most efficient use of non-renewable resources and on-farm resources within the farm dairy production.

The aim of the study was to present an analytical approach to assessment of advance concerning certain technical and biological resources in the farm dairy production system. The dairy production system comprises different kinds of biological and technical objects as well as technological solutions, so it is the area allowing identification of some aspects of dairy production development and advance. Advance in dairy production may be analyzed in the regional and national scale. The national scale was included as the scope of analysis. Poland is one of the countries where dairy production plays an important role in the agri-food market and economy (Agriculture and Rural Economy in Poland, 2014). Especially since EU accession, Polish dairy production has experienced dynamic changes in all spheres of its performance (Malak-Rawlikowska, Żekała, 2014). Therefore, data from the Polish dairy production system were used to show and assess some of the trends regarding the dairy system development, including some comparisons with other EU countries.

The analyzed dairy production system in fact includes a wide range of material and non-material elements and their mutual relationships. For the sake of the undertaken analysis, the scope of the dairy production system was limited to some technical equipment used on dairy farms, cows, their production indices and relationships connecting elements of the dairy production system.

Materials and methods

The transformation process in the field of dairy production is characterized by many specific features and determined by initial conditions, assumed change objectives and other factors. Each material object in the dairy production system represents some kind of potential (Gaworski, Leola, 2014), so it is possible to distinguish biological and technical potential. Moreover, human potential complements the dairy production system, that including the role of human capital as management staff.

Taking into account farm dairy production as an example, biological potential expresses data describing dairy cows, *i.e.* annual milk yield per cow. Basing on the mentioned biological potential and cow herd size, it is possible to find the amount of produced milk. Technical potential in the field of dairy production is a set of more or less sophisticated technical equipment needed to operate the cow herd and the milk stream at the farm.

Moreover, economic potential may be considered in the dairy production system. Economic potential is a set of data, which decide about economic effectiveness of farm dairy production, *e.g.* ex-farm milk price, dairy production costs.

Changes within each kind of potential can be identified by adequate progress, *i.e.* biological, technical and economic progress.

Because changes within the considered system (*e.g.* dairy system) include moreover different kinds of potential, there exist premises to compare them in order to assess the effectiveness of progress implementation. When different kinds of progress are achieved at the same time, it is possible to investigate the effects of simultaneity (Gaworski, 2005) translating into certain analytical indices. One of such indices is the coefficient of AMS (automatic milking system) potential use (Gaworski, 2006), which involves a comparison of the biological potential of dairy production, *i.e.* annual milk yield per cow and technical potential expressed by necessary capacity of the automatic milking system (AMS) installed at the dairy farm. Data concerning the current annual milk yield per cow in the national scale (27 EU countries) and data concerning the minimum annual milk yield per cow operated by AMS were taken in order to calculate the coefficient of AMS potential use (c_{pu}) according to the following formula:

$$c_{pu} = \frac{A_{myc}}{A_{AMS\ min}} [-] \quad [1]$$

where

A_{myc} – current annual milk yield per cow [kg·cow⁻¹·year⁻¹];

$A_{AMS\ min}$ – minimum annual milk yield per cow operated by AMS [kg·cow⁻¹·year⁻¹].

The minimum annual milk yield per cow operated by AMS is the yield, which – for the operated cow herd size – allows obtaining such an amount of milk per year as to ensure the minimum efficiency of AMS use. The minimum efficiency of AMS use is expressed by the minimum amount of milk milked by AMS per year, which determines the performance balance of AMS use. Data concerning the minimum amount of milk milked by AMS per year are presented in the specialist literature on dairy production.

The second stage of analysis on progress at dairy farms involved a comparison of specialist technical equipment. Detailed data concerning two groups of technical equipment used at dairy farms, *i.e.* milking machines and milk coolers were taken into account.

Within the group of milking machines, some changes concerning the number of bucket milking installations and pipeline milking installations at Polish dairy farms were analyzed. Within the group of milk coolers, some changes in the number of coolers of milk in buckets and tank milk coolers were calculated. The changes were considered for an 8-year period.

To analyze changes in the technical potential for milking and milk cooling at dairy farms, an index of equipment modernity (i_{em}) (Gaworski, Priekulis, 2014)

can be proposed. The general method to calculate the i_{em} index requires, first, identification of the generations of technical equipment used in the area of activity under analysis. When the area of activity in farm dairy production is milking, it is possible to identify the following generations (G) of technical equipment:

- bucket milking machines (GI_m),
- pipeline milking machines (GII_m),
- milking parlors ($GIII_m$),
- automatic milking system – AMS (GIV_m).

Next, in the field of milk cooling at dairy farms, the following generations of technical equipment can be taken into account:

- coolers of milk in buckets (GI_c),
- tank milk coolers (GII_c)

The proposed index of equipment modernity (i_{em}) can be calculated basing on the following formula:

$$i_{em} = \frac{N_{Gh} \cdot 100}{N_{Gn}} \% \quad [2]$$

where

N_{Gh} – number of technical objects representing highest generation of modernity [-];

N_{Gn} – total number of technical objects used for the considered activity, representing all generations of technical equipment [-].

The proposed approach, expressed by equation (2), allows to compare modernity of technical equipment and changes in modernity between some dairy farms, dairy regions and countries. There can be some problems to find the value of equipment modernity (i_{em}) index for preceding periods, when the current state of the art solutions were unknown. So, for the undertaken analysis, the index of equipment modernity was calculated for two generations of milking technical equipment (GI_m and GII_m) as well as two generations of cooling equipment (GI_c and GII_c).

Results

The set of data concerning cattle production and other group of animals producing milk in Poland is available in Table 1. Taking into account such criteria as year and group of animals, it is possible to compare changes in the number of animal population directly before Poland's EU accession as well as 10 years later. Poland, like 9 more European countries, joined the EU on May 1, 2004.

The data in Table 1 show certain trends concerning the number of heads in particular groups of animals. Comparing the periods before (2003) and after (2013) EU accession, there is a decrease in the number of cows, sheep and goats kept at Polish farms. Only the total number of cattle shows an increasing trend in the considered period. Positive changes in cattle population result from the dynamic increase in the number of beef cattle, as opposed to the number of cows which showing a falling trend.

Table 1. Data concerning cattle production and other group of animals producing milk in Poland in 2003 and 2013

Group of animals, heads	Year		Change, %
	2003	2013	
Cattle	5,488,943	5,859,541	+6.75
incl. cows	2,816,000	2,530,500	-10.14
Sheep	337,792	249,481	-26.14
Goats	192,470	81,727	-57.54

Source: faostat.fao.org; stat.gov.pl, own calculations

Elaborating on the problem of cow population changes, it is possible to state that the decrease in the total cow herd size in the 2003–2013 period was accompanied by an increase in annual milk yield per cow, translating into balance of milk production in the national scale. The difference in annual milk yield per cow at Polish dairy farms within the period of 2003–2013 was shown in Table 2 together with data from other EU countries for comparison purposes.

Table 2. Changes in annual milk yield per cow during the period of 2003–2013, in $kg \cdot cow^{-1} \cdot year^{-1}$

EU country	Year		Change, %
	2003	2013	
Austria	5,483.9	6,459.8	+17.8
Belgium	6,077.7	7,547.1	+24.2
Bulgaria	3,653.3	3,977.6	+8.9
Cyprus	5,621.3	6,395.1	+13.8
Czech Republic	5,701.9	7,644.4	+34.1
Denmark	7,626.4	8,765.9	+14.9
Estonia	5,285.3	7,898.0	+49.4
Finland	7,205.0	8,222.1	+14.1
France	5,954.1	6,414.1	+7.7
Germany	6,536.8	7,292.6	+11.6
Greece	5,248.7	3,800.8	-27.6
Hungary	5,626.0	6,869.0	+22.1
Ireland	4,585.5	4,800.3	+4.7
Italy	5,916.8	5,175.4	-12.5
Latvia	3,827.7	5,527.2	+44.4
Lithuania	4,035.0	5,446.7	+35.0
Luxembourg	6,579.3	6,984.1	+6.2
Malta	5,142.0	6,374.2	+24.0
Netherlands	7,138.7	7,643.9	+7.1
Poland	4,135.1	5,387.8	+30.3
Portugal	5,763.3	7,508.1	+30.3
Romania	2,863.3	3,771.0	+31.7
Slovakia	4,962.6	6,405.1	+29.1
Slovenia	4,731.4	5,391.6	+14.0
Spain	5,764.9	7,655.4	+32.8
Sweden	8,081.6	8,458.8	+4.7
United Kingdom	6,846.7	7,757.9	+13.3

Source: faostat.fao.org, own calculations

Positive changes in annual milk yield per cow put Poland in the group of 8 countries with the highest (above 30%) increase in the amount of milk produced by one cow during the 2003–2013 period. On the other hand, it is difficult to draw explicit conclusions from a comparison of data and result of the calculations because of different initial (2003) annual milk yield per cow and some limitations of maximum milk production by cows.

The annual milk yield per cow expresses the current state of biological potential in dairy production, while changes of annual milk yield per cow represent biological progress in dairy production. In order to discuss the

significance of biological progress, one should compare this one with specific needs resulting from another, *i.e.* technical progress implemented at dairy farms. One of the most important examples of technical progress in dairy farms is the use of automatic milking systems (AMS) as an alternative solution to other milking installations (Kiiman *et al.*, 2013).

Effective use of one-stall milking robot, according to data given in some reports (Meskens *et al.*, 2001) is achieved at the level of 500,000 litres (*i.e.* 515,000 kg) of milk per year. Considering the herd size of 69 cows (60 milking cows + 15% dry off cows) operated at a dairy farm equipped with a one-stall milking robot, it is possible to calculate that one cow in the barn with an automatic milking system should produce about 7,465 kg of milk per year.

The above minimum annual milk yield per cow constitutes information about expected production potential of cows at farms equipped with the automatic milking system (AMS). On the other hand, it is possible to quote data concerning current annual milk yield per cow. Basing on such parameters, the coefficient of AMS potential use was calculated. The coefficient was calculated as a relationship between the current milk yield per cow and the above mentioned capacity of 7465 kg of milk per year.

The coefficient of AMS potential use was calculated for 2003 and 2013 taking into account the data (annual milk yield per cow) from 27 EU countries (Table 2). Differentiation of the calculated coefficient for 27 EU countries was presented in Figure 1 for 2003 and 2013.

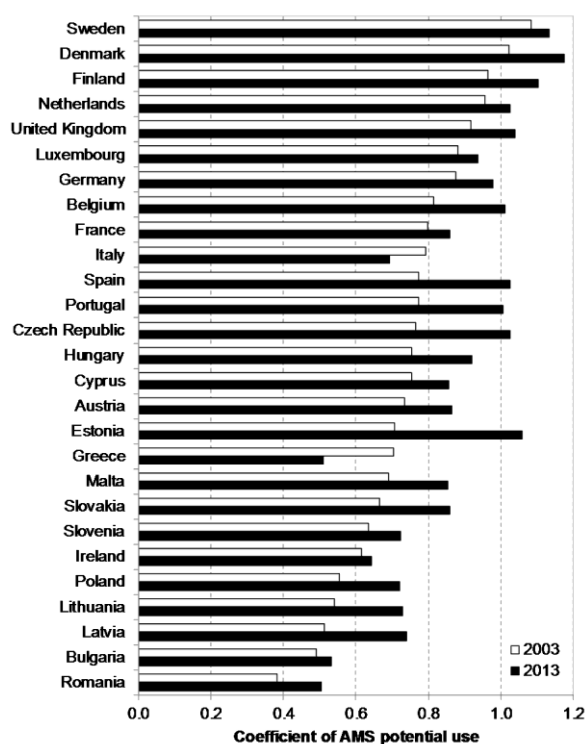


Figure 1. Coefficient of AMS potential use for 27 EU countries in 2003 and 2013

Source: author calculations on the basis of faostat.fao.org

Comparison of the coefficient values shows considerable polarization in some regional conditions connected with implementation of technical progress at dairy farms. The highest values of the coefficient can be found in north-western European countries. This means that this group of countries achieved the highest level of biological progress, as one of significant circumstances allowing effective implementation of technical progress at dairy farms.

The distribution of data presented in Figure 1 suggests the possibility to analyse changes in the coefficient values and, indirectly, increase in the biological potential of dairy production, *i.e.* annual milk yield per cow within the group of countries. For a deeper analysis, one could propose the following classification ranges for the coefficient: 0.00–0.40, 0.41–0.60, 0.61–0.80, 0.81–1.00 and 1.01–1.20. Some details concerning the number of countries in each range and mean value of the coefficient for particular ranges and compared years (2003 and 2013) were given in Table 3.

Table 3. Distribution of the coefficient of AMS potential use (c_{pu}) including ranges of values and analysed years (2003 and 2013)

Range of the c_{pu}	Number of countries in the range for the year		c_{pu} mean \pm SD for the range and year	
	2003	2013	2003	2013
0.00–0.40	1	0	0.38	0.00
0.41–0.60	4	3	0.52 ± 0.03	0.52 ± 0.01
0.61–0.80	14	6	0.73 ± 0.06	0.71 ± 0.04
0.81–1.00	6	8	0.90 ± 0.06	0.89 ± 0.05
1.01–1.20	2	10	1.05 ± 0.04	1.06 ± 0.06

Source: author calculations

Comparing the results of calculations given in Table 3, it is possible to refer to an increase in the number of countries within the highest ranges of the c_{pu} (coefficient of AMS potential use) values for the considered period, *i.e.* 2003–2013. The results show that 37% of EU countries were characterized by biological potential of cow herds which met the requirements on annual milk yield of cows operated by the automatic milking system (AMS) in 2013.

Within the second stage of analysis, the indices of equipment modernity for milking systems and milk cooling systems at Polish dairy system were calculated for two selected years (2002 and 2010), *i.e.* before and after EU accession (Figure 2).

Analysing values of the equipment modernity index within the considered period, one can indicate an increasing trend within the changes. The index of equipment modernity for milking systems (i_{emm}) increased from 3.9% to 13.8% during the 2002–2010 period. The same trend is noticeable in the case of equipment modernity index for milk cooling systems (i_{emc}). Yet, the level of changes is completely different. The value of i_{emc} index increased from 31.8% to 76.4%.

Considering the changes in the equipment modernity index, it is possible to conclude that modernity of Polish farms in respect of milk cooling equipment is higher than in the area of milking equipment. It seems

important that equipping dairy farms with milking systems generates considerably higher costs than equipping them with milk cooling techniques.

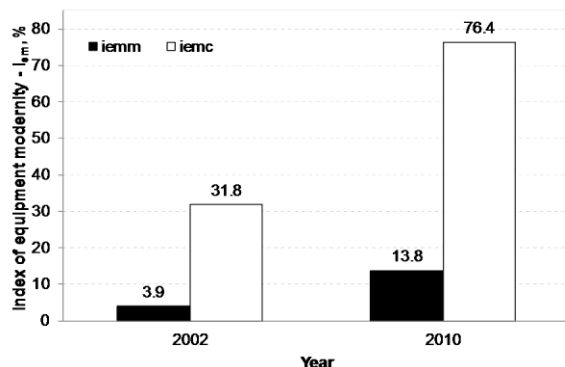


Figure 2. Index of equipment modernity: i_{emc} – index for milk cooling systems, i_{emm} – index for milking systems
Source: own calculations on the basis of data from the Polish Statistical Office

Discussion

Discussion of the proper approach to some aspects concerning the annual milk yield per cow seems important. The said yield, according to the data used for analysis, can be presented based on the overall (national) population of dairy cows as well as a group of cows under the system of dairy recording. The dairy recording system is developed in many countries, including Poland. Each year, more and more Polish farms are included in the dairy recording system managed by the Polish Federation of Cattle Breeders and Dairy Farmers. In 2014, the percentage (in relation to the total population) of cows under the dairy recording system was 32.9% and it had increased by 2.4% in comparison with 2013. Taking into account dairy farms with cow herds under the dairy recording system alone, this constituted an 8% increase in the number of recorded cows between 2013 and 2014. According to the data edited by the Federation's statistical office, the annual milk yield per cow under the recording system in Poland amounted to 7,441 kg·year⁻¹ in 2013. This is about 38% more than the average annual milk yield per cow (5,388 kg·year⁻¹) presented in Table 2. In 2014, the annual milk yield per cow under the recording system in Poland amounted to 7,582 kg·year⁻¹. Including such data in the calculation of some indices, e.g. coefficient of AMS potential use, it is possible to show that differences between some countries in the field of biological potential of dairy production are lower, so, for some farms, it is justified to equip them effectively with a modern milking technique such as the automatic milking system (AMS).

Including data from the dairy recording system managed by the Polish Federation of Cattle Breeders and Dairy Farmers, one can analyse an additional aspect important for assessment of dairy production and its effectiveness. Figure 3 presents the relationship between annual milk yield per cow and dairy cow herd size for

Polish dairy farms under the recording system, including data for 16 regions (voivodeships) in 2014.

One can state (Figure 3) that the annual milk yield per cow increases with a higher size of dairy cow herd. The relationship can be depicted by a curve with the coefficient of determination (R^2) of over 0.8. For bigger cow herd sizes (more than 40 cows per herd), the increasing trend bases on the points (data) not highly dispersed around the curve.

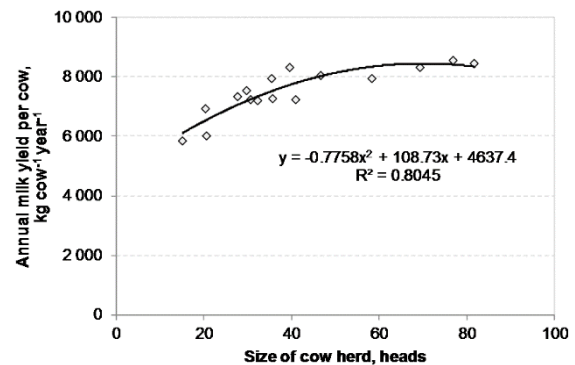


Figure 3. Relationship between the annual milk yield per cow and the dairy cow herd size for Polish dairy farms under the recording system in 2014

Source: author calculations on the basis of data from the Polish Federation of Cattle Breeders and Dairy Farmers

The growing size of dairy cow herds is accompanied by a higher annual milk yield per cow and, at the same time, needs to use higher capacity milking systems. Higher capacity milking systems are operated on cows with a higher annual milk yield, *i.e.* higher biological potential. Thus, it is possible to confirm significance of simultaneous implementation of different kinds of progress in agriculture and agricultural activities (Gaworski, 2006).

In the last 50 years, the dairy sector in most developed countries has shifted towards larger herds and greater annual milk production per cow. The driving force in this development has been the need to adopt technologies that require large capital investments and, hence, depend on larger herds to be profitable. On the other hand, most milk in developing countries is still produced in traditional small-scale systems with little or no mechanization or technological innovations (Gerosa, Skoet, 2013). In developing countries, it is evolving in response to rapidly increasing demand for livestock products. However, in developed countries, demand for livestock products is stagnating, while many production systems are increasing their efficiency and environmental sustainability (Thornton, 2010).

Equipping of dairy farms with more and more modern equipment for milking is first of all undertaken to save labour input and increase the milking capacity, especially at farms with a higher number of cows. However, implementation of more and more modern equipment for milk cooling at farms results from the need to save energy and fulfil the standards concerning milk quality, including the TBC (total bacteria count). Nowadays, in Poland, like in most European countries, there is only

one obligatory class of milk quality, *i.e.* extra class. There are no other classes, so high efficiency of milk cooling and, as a result, highly effective milk coolers constitute the most important condition to purchase milk from a farm to a dairy plant. More effective cooling is achievable by means of modern technical equipment, *i.e.* tank milk coolers, so fast increase in the number of such coolers as compared with bucket milk coolers can determine high values of the equipment modernity index for milk cooling systems.

Carried out investigations emphasize the role of annual milk yield per cow and its improvement in the context of increase of farm dairy production effectiveness. Annual milk production per cow constitutes the outcome of many factors. Advances in genetics, nutrition, and herd management have resulted in a 4-fold increase in milk yield between 1944 and 2007 (Capper *et al.*, 2009). When the problem of milk production per cow as well as farm scale is analysed, consideration of the effectiveness of dairy production against the background of sustainability seems essential. Sustainability is more than economic profitability; it also relates to environmental and societal concerns, including the quality of life of workers and the animals in dairy farms (von Keyserlingk *et al.*, 2013) and imagining the ideal dairy farm (Cardoso *et al.*, 2016). Such quality of life of animals at dairy farms can be identified by the keeping system and other facilities determining animal welfare. In 2010, a considerable share (61%) of cattle at Polish dairy farms was kept in barns with the tiestall system, while only 15.3% of cattle were kept with the use of the free-stall system. Generally, an increase in cow herd size is accompanied by preference for barns with the free-stall system. The increase in dairy production scale is the key determinant of Polish dairy farm development (Ziętara, 2012).

Conclusions

Results of carried out analyses show that many possible comparisons of dairy potential can be made in the European dairy production sector to outline differences between countries and their dairy production.

Further effective transformation of the Polish dairy sector requires overcoming certain barriers hindering development of the sector, connected first of all with high dispersion in raw milk production and its low technology level, high dispersion of dairy processing, and others.

As a result of undertaken studies, there are scientific premises to identify technical and biological solutions for optimizing the farm dairy production system, allowing sustainable improvement.

Implementation of modern technical equipment for milking at dairy farms needs simultaneous improvement of dairy cow herds and other factors, *e.g.* economic profitability.

Conflict of interests

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

References

- Agriculture and Rural Economy in Poland 2014. – Ministry of Agriculture and Rural Development, Warsaw, Poland, 140 pp.
- Boettcher, P.J. 2001. 2020 vision? The future of dairy cattle breeding from an academic perspective. – *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl.), E62–E68.
- Borchers, M.R., Bewley, J.M. 2015. An assessment of producer precision dairy farming technology use, pre-purchase considerations, and usefulness. – *J. Dairy Sci.* 98(6), 4198–4205.
- Calcante, A., Tangorra, F.M., Oberti, R. 2016. Analysis of electric energy consumption of automatic milking systems in different configurations and operative conditions. – *J. Dairy Sci.* 99(5), 4043–4047.
- Capper, J.L., Cady, R.A., Bauman, D.E. 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. – *J. Anim. Sci.* 87, 2160–2167.
- Cardoso, C.S., Hötzel, M.J., Weary, D.M., Robbins, J.A., von Keyserlingk, M.A.G. 2016. Imagining the ideal dairy farm. – *J. Dairy Sci.* 99(2), 1663–1671.
- Castro, A., Pereira, J.M., Amiama, C., Bueno, J. 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. – *J. Dairy Sci.* 95(2), 929–936.
- Central Statistical Office 2012. Warsaw, Poland, stat.gov.pl
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, faostat.fao.org
- Gaworski, M. 2005. Conditions of transformation of dairy agri-systems engineering. – SGGW, Warsaw, 293, 100 pp. (in Polish)
- Gaworski, M. 2006. Analysis of different forms of advance in dairy production. – *Veterinarija ir Zootechnika* 35(57), 48–52.
- Gaworski, M., Leola, A. 2014. Effect of technical and biological potential on dairy production development. – *Agronomy Research* 12(1), 215–222.
- Gaworski, M., Priekulis, J. 2014. Analysis of milking system development on example of two Baltic countries. – 13th International Conference on Engineering for Rural Development, Jelgava (Latvia), Proceedings, 13, 79–84.
- Gerosa, S., Skoet, J. 2013. Milk availability: Current production and demand and medium-term outlook. In: *Milk and dairy products in human nutrition*. – FAO, Rome, p. 11–40.
- Jacobs, J.A., Siegford, J.M. 2012. The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. – *J. Dairy Sci.* 95(5), 2227–2247.
- Jago, J., Eastwood, C., Kerrisk, K., Yule, I. 2013. Precision dairy farming in Australasia: Adoption, risks and opportunities. – *Anim. Prod. Sci.* 53, 907–916.

- Kiiman, H., Tänavots, A., Kaart, T. 2013. The yield and quality of milk on the farms using twice a day conventional milking in comparison with the farms using three times a day conventional and automatic milking systems. – *J. Agricult. Sci.* XXIV(2), 55–64.
- Malak-Rawlikowska, A., Żekało, M. 2014. Dairy production developments and farm strategies in Poland. – Cattle husbandry in Eastern Europe and China, EAAP Scientific Series 135, 99–114.
- Meskens, L., Vandermersch, M., Mathijs, E. 2001. Implication of the introduction of automatic milking on dairy farms: Literature review on the determinants and implications of technology adoption. – Dept. of Agricultural and Environmental Economics, KU, Leuven, 27 pp.
- Muehlhoff, E., Bennett, A., McMahon, D. 2013. Preface. In: Milk and dairy products in human nutrition. – FAO, Rome, 377 pp.
- Pabis, S. 1985. Methodology and methods of empirical sciences. – PWN, Warsaw, 267 pp. (in Polish)
- Polish Federation of Cattle Breeders and Dairy Farmers, Statistical Office, Warsaw, 2015.
- Rotz, C.A., Coiner, C.U., Soder, K.J. 2003. Automatic milking systems, farm size, and milk production. – *J. Dairy Sci.* 86(12), 4167–4177.
- Steeneveld, W., Tauer, L.W., Hogeveen, H., Oude Lansink, A.G.J.M. 2012. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. – *J. Dairy Sci.* 95(12), 7391–7398.
- Thornton, P.K. 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. – *Phil. Trans. Royal Soc. B* 365, 2853–2867.
- von Keyserlingk, M.A.G., Martin, N.P., Kebreab, E., Knowlton, K.F., Grant, R.J., Stephenson, M., Sniffen, C.J., Harner, J.P., Wright, A.D., Smith, S.I. 2013. Sustainability of the US dairy industry. – *J. Dairy Sci.* 96(9), 5405–5425.
- Wagner, A., Palmer, R.W., Bewley, J., Jackson-Smith, D.B. 2001. Producer satisfaction, efficiency, and investment cost factors of different milking systems. – *J. Dairy Sci.* 84 (8), 1890–1898.
- Ziętara, W. 2012. Organisation and the economics of milk production in Poland, trends in the past and future. – *Roczniki Nauk Rolniczych* 99(1), 43–57 (in Polish)

Agraarteadus
1 * XXVII * 2016 19–25



Journal of Agricultural Science
1 * XXVII * 2016 19–25

KUIVATATUD JA KONSERVEERITUD SÖÖDATERAVILJA MÜKOTOKSIINIDE SISALDUSEST EESTIS

MYCOTOXIN CONTAMINATION IN DRIED AND HIGH MOISTURE FERMENTED CEREALS IN ESTONIA

Helgi Kaldmäe, Andres Olt, Meelis Ots

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

Saabunud: 16.12.15
Received:
Aktsepteeritud: 17.02.16
Accepted:
Avaldatud veebis: 26.02.16
Published online:
Vastutav autor: Helgi
Corresponding author: Kaldmäe
e-mail: helgi.kaldmae@emu.ee

Keywords: dried cereals, high moisture cereals, deoxynivalenol, zearalenone

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_kaldmae.pdf

ABSTRACT. Cereal quality is estimated by chemical composition and fermentation parameters, but there is need to check for the presence of mycotoxins. Feed cereals are stored dried, with a dry matter of 86% or ensiled in a silo with a dry matter of 55–75%. A high moisture content in cereals is a good substrate for the growth of mould fungi of a range of genera (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*), the availability of their metabolites and of other undesirable microorganisms, such as bacteria and yeast. The aim of this study was to determine the nutritive quality, the concentrations of zearalenone (ZEA) and deoxynivalenol (DON) and the fermentation process of ensiled high moisture cereals prepared for feeding to cows in Estonia. A total of 190 samples of dried cereals (DC): 56 wheat, 113 barley, 11 oats, 4 triticale and 4 rye, and 147 samples of high moisture cereals (HMC) collected and analysed. The mean DM content of the DC was 86.9% and of the HMC 68.1%. In this study the DC were found to contain mycotoxins, 70.5% of the samples were positive for DON and 68.4% were positive for ZEA, while in the HMC these were 85.7 and 96.6% respectively. The mean DON content in the DC was 100.4 ppb, and the mean content of ZEA in the DC was 27.6 ppb; the contents in the for these mycotoxins in the HMC were 189.6 ppb and 163.6 ppb respectively.

The concentration of mycotoxins between the different species of cereal did not differ significantly.

The of DON and ZEA contents were related the dry matter of HMC. The DON concentration in low DM (63.3%) cereal was 220.0 ppb and of ZEA 204.5 ppb while in the higher DM (75.5%) cereal the concentrations were 141.4 ppb and 94.7 ppb respectively. The fermentation quality of the HMC was good.

The threshold mycotoxin level in feed, below which there are no negative effects on health and performance in dairy cows are, for DON under 500 ppb and ZEA under 100 ppb. These are considered low levels of toxins; moderate levels are, for DON 500–2,000 ppb and for ZEA 100–250 ppb, and high levels are over 2,000 ppb and over 250 ppb respectively. Of the samples, 94.7% of DC were at the low level of DON while 89.1% were at the low level for ZEA. Of the HMC samples, 89.7% and 50.7% were at the low level for the mycotoxins, while 9.5% had levels of DON at moderate level and 33.1% had levels of ZEA at moderate levels.

© 2016 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2016 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Söödateravilja säilitamiseks kasutatakse kas kuivatamist niiskusesisalduseni 14% või konserveerimist sileerimise teel. Konservvilja all mõistetakse kõrge

niiskuse- või madala kuivainesisaldusega (55–75%) teravilja, mille sileerimisel on kasutatud kas bioloogilist või keemilist kindlustuslisandit ning mida säilitatakse hermeetilises hoidlas. Konservvilja kvaliteet sõltub

suures ulatuses fermenteeritavast materjalist, valmistamise tehnoloogiast, (muljumine, tihendamine), puhtusest ja säilitamise tingimustest

Kõrge niiskusesisaldusega teravili on heaks substraadiks hallitusseente (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*) pärmseente ja teiste ebasoovitavate mikroorganismide (*Coli*, *Clostridium*) kasvuks ja arenguks (Potkanski, jt 2010). Mükotoksiinid on hallitusseente poolt produtseeritud sekundaarsed metaboliidid. Kõige tuntumateks loetakse aflatoksiini (AFLA), ohratoksiini (OTA), trihhotseenidest toksiin T-2 (T-2), diatsetoksikirpenooli (DAS), deoksüniivalenooli (DON), zearaleenooni (ZEA) ja fumonosiini (FUM) (Yiannikouris, Jouany, 2002; Selwet, 2009).

Hallituseente areng ja sööda sh teravilja mükotoksiinidega saastatus sõltub mitmesugustest keskkonnatingimustest, nagu temperatuurist, niiskusesisaldusest, kondensveest, keskkonna hapnikusisaldusest ja pH-st (Nelson, 1993; Queiroz jt, 2011; Laitila jt, 2014; Persson, Bötter, 2014). Siia lisanduvad veel taimede stress ja kahjustused, mida on põhjustanud ekstremaalne ilmastik (rahe, põud) või taimehaigused, mis nõrgendavad taime immuunsust ja vastupanu (Jouany, 2007; Queiroz jt, 2010). Kui teravilja kasvuperiood on vihmane, siis hallitusseente arenguks ning mükotoksiinide produtseerimiseks on loodud soodsad tingimused juba põllul, enne saagi koristust. Teravilja säilitamisel peaksid sellisel juhul olema head hoiutingimused (sobiv temperatuur ja niiskus), vältimaks edasist hallitusseente arengut ning mükotoksiinidega saastatuse kasvu (Naehrer jt, 2014). Kui aflatoksiinid arenevad vaid soojades ja niisketes keskkonnatingimustes (Whitlow, Hagler, 2005), siis paraskliimavõttes on tuntumad trihhotseenid, zearaleenoon ning fumonosiinid.

Soodsad sileerimise tingimused, korralik fermentatsioon ja hoidla hermeetilisus vähendavad hallitusseente kasvu ja mükotoksiinidega saastatust, sest nende arenguks puudub vajalik kogus hapnikku (Johansson jt, 2005; Mansfield, Kuldau, 2007).

Uurimistöo eesmärgiks oli selgitada nii kuivatatud kui ka konserveeritud teravilja mükotoksiinide sisaldust, mis olid tekkinud sööda kasutamise ajaks. On teada, et mükotoksiinid mõjuvad negatiivselt põllumajandusloomadele ja lindudele nõrgestades nende immuunsüsteemi ning hormonaalseid funktsioone (Grenier, 2014; Pestka, 2014), tekitades kõhulahtisust, vähendades söömust ja produktsiooni ning ohustades nii toodangut (liha, piima, mune) kui ka tervist põhjustades olenevalt kogustest mitmesuguseid toksikoosi ning haigusi (Jouany, Diaz, 2005; Smith jt, 2007; Mezes, Balogh, 2009).

Metoodika

Aastail 2013–2014 koguti 190 kuivatatud ja 147 konserveeritud teravilja proovi. Kuivatatult säilitatud teraviljadest uuriti 58 nisu, 113 odra, 11 kaera, 4 tritikale ja 4 rukki proovi. Konserveeritud teravili säilitati kas kiletunnelis või tranšeis. Konserveeritud teravilja sileeritakse sageli ühte suurde tranšeisse, pannes erinevad teraviljad kihiti horisontaalselt vastavalt valmimise- ja

koristamise ajale. Söötmiseks võetakse konserveeritud teravilja aga hoidlast vertikaalselt. Sellepärast ei uuritud antud töös konserveeritud teraviljade sileerimisel kasutati bioloogilist või keemilist kindlustuslisandit.

Nii kuivatatud kui konserveeritud teraviljade proovid võeti puuriga vastavalt keskmise proovi võtmise korrale. Kõikidest proovidest määrati kuivaine- ja mükotoksiinide sisaldus ning konserveeritud teraviljadest ka fermentatsiooninäitajad. Lenduvate rasvhapete, etanooli, pH ja ammoniaaklammastiku sisalduse määramiseks valmistati konserveeritud teravilja proovidest vesilahus. Selleks kaaluti 50 g proovi, millele lisati 100 ml destilleeritud vett. Segu filtreeriti ühe tunni pärast.

Konserveeritud vilja pH määrati pH meetriga (MP 120 Mettler Toledo). Ammoniaaklammastiku määramiseks kasutati Kjeldec 8400 Tecator™ Line (FOSS) analüsaatorit. Etanooli-, piimhappe- ja lenduvate rasvhapete sisaldus määrati gaaskromatograafia (Agilent Technologies 7890 A) kasutades kolonni täidisega 80/120 Carbopack B-DA/4% carbowax 20 M (Faitfull, 2002).

Uuritud proovid eelkuivatati 60 °C juures ja jahvatati 1 mm osakesteks, millest määrati kuivainesisaldus pärast termostaadis 130 °C juures konstantse kaaluni kuivatamist (AOAC, 2005). Mükotoksiinid ZEA ja DON määrati ELISA meetodil kasutades Ridasgreen® FAST kitte. Analüüsid viidi läbi Eesti Maailikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi söötmise osakonna laboratooriumis.

Katseandmed töödeldi statistiliselt kasutades SAS statistikapaketis olevat GLM protseduuri (versioon 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC USA).

Tulemused ja arutelu

2013. ja 2014. aastal Eestis uuritud kuivatatud teraviljade proovidest olid ZEAg saastunud 68,4% ja DONiga 70,5% ning konserveeritud teraviljadest vastavalt 96,6 ja 85,7% (tabel 1). Konserveeritud teraviljadest sisaldasid ühte toksiini 22 (15%) ja kahte toksiini 120 (83%) proovi ning kuivatatud teraviljadest vastavalt 64 (34%) ja 101 (53%) proovi. Ülemaailmne 4218 söödaproovi uurimine 2013. aastal näitas, et AFLA sisaldasid 30%, ZEA 37%, DONi 59% FUMi 55% ja OTA 23% uuritud materjalist, kusjuures proovide keskmine saastatuse tase oli vastavalt AFLA 10 ppb, ZEA 49 ppb, DON 458 ppb, FUM 778 ppb ja OTA 2 ppb (Kovalsky jt, 2014). Samal aastal uuriti Euroopas 1413 söödaproovi ZEAg saastumist, mille keskmine sisaldus oli 88 ppb ja maksimaalne 3950 ppb ning DONi sisaldust 1854 proovis, mille keskmine sisaldus oli 799 ppb, maksimaalne aga 18 971 ppb. 76% proovidest sisaldasid vähemalt ühte toksiini (Schaumberger, Naehrer, 2014).

Hiljutine ülemaailmne uuring tõi välja, et söödad on tavaliselt saastunud rohkem kui ühe mükotoksiiniga (Streit jt, 2013). Samuti tõdeti, et sööda mitme erineva toksiiniga saastumise mõju on veel vähe uuritud, ka ei osata täpselt hinnata toksiinide vastastikuse toime sünergismi. See omakorda teeb keeruliseks detoksifikatorite valiku (Grenier, Oswald, 2011).

Tabel 1. Mükotoksiinide sisaldus kuivatatud ja konserveeritud teraviljades

Table 1. Concentrations of mycotoxins in dried and high moisture cereals

Mükotoksiinid	Näitajad	Kuivatatud teravili	Konserveeritud teravili
<i>Mycotoxins</i>	<i>Items</i>	<i>DC</i>	<i>HMC</i>
	Kuivaine / Dry matter, %	86,9	68,1
	Proovide arv / No of samples	190	147
ZEA	Positiivsete proovide % % positive samples	68,4	96,6
	Max sisaldus, µg kg ⁻¹ Max content level, µg kg ⁻¹	209	1239
	Keskmine sisaldus, µg kg ⁻¹ Average content, µg kg ⁻¹	27,6	163,6 ^a
	Standardviga Standard error	7,3	14,9
DON	Positiivsete proovide % % positive samples	70,5	85,7
	Max sisaldus, µg kg ⁻¹ Max content level, µg kg ⁻¹	1142	2023
	Keskmine sisaldus, µg kg ⁻¹ Average content, µg kg ⁻¹	100,4	189,6 ^a
	Standardviga Standard error	8,1	21,3

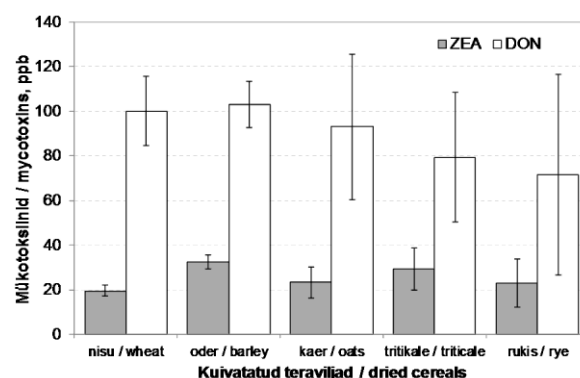
^aP < 0,001

Kuivatatud teraviljade mükotoksiinidesisaldus on toodud tabelis 2. Kuivatatud nisu ZEA sisaldus oli 19,5 ppb, odral 32,4 ppb, kaeral 23,3 ppb, rukkil 29,3 ja tritikalele 23,0 ppb, DON sisaldus vastavalt 100,1 ppb, 103,1 ppb, 93,1 ppb, 79,3 ppb ja 71,5 ppb (joonis 1).

Kuigi väikesed erinevused erinevat liiki teraviljade keskmiste toksiinide sisalduste vahel olid, ei erinenud need oluliselt (P > 0,5, tabel 2).

Norras tehtud uuringud näitasid, et mõned nisu, odra ja kaera sordid, on hallitusseente suhtes resistentsemad ning sisaldasid DONi vähem kui teised (Lillemo jt, 2014). Lõiveke jt (2008) andmetel sisaldasid Eestis 2006. a saagist uuritud teraviljad mükotoksiine 41% ja 2007. a saagist vastavalt 66%, kusjuures sagedamini esinesid T-2 ja HT-2 ning harvem DON, aflatoksiin ja ohratoksiin. Aastatel 2011–2012 uuriti Rootsis sigadele

söödetavast teraviljast võetud 188 proovi mükotoksiinidega saastumist. Analüüs näitas, et 89% proovidest sisaldasid DONi, 54% ZEA, 29% T-2e ja 16% HT-2e. DONi keskmine sisaldus kuivaines oli kaeras 461 ppb, odras 162 ppb, nisus 195 ppb ja segaviljas 101 ppb.



Joonis 1. Zearalenooli (ZEA) ja deoksünivalenooli (DON) sisaldus kuivatatud teraviljades (± standardviga)

Figure 1. Contamination of zearalenon (ZEA) and deoxinivalenol (DON) in dried cereals (± standard error)

Kaeras oli ZEA sisaldus keskmiselt 23 ppb, kuid oder ja nisu seda ei sisaldanud. Neljas seafarmis kümnest oli teraviljasöödas DON ja ZEA tase kõrge (Nordkvist, Häggblom, 2014). 2006–2014 aastal uuriti Lätis *Fusarium* tüvede esinemist teraviljades. Tõdeti, et ilmastikutingimustel (soojus, niiskus) oli teraviljades hallitusseente arengule ja mükotoksiinidega saastumisele väga suur mõju. Kui 2006 olid DONiga saastunud 4,7% koristatud teraviljadest ning ZEA ja T-2 toksiooni ei leitud üldse, siis 2007 sisaldasid DONi 27,2% uuritud proovidest ning ZEA 2,5% ja T-2e 3,7%, kusjuures suurim DON sisaldus saadi 2011. aastal talinisul – 3266 ppb (Treikale jt, 2014).

Tabel 2. Kuivatatud erinevate teraviljade mükotoksiinide sisaldus

Table 2. Concentrations of mycotoxins in dried different cereals

Mükotoksiinid	Proovide arv	Kuivainesisaldus	Keskmine ¹	Max
<i>Mycotoxins</i>	<i>No of samples</i>	<i>The concentration of dry matter, %</i>	<i>Mean¹ ± se</i>	
Nisu / Wheat				
ZEA, ppb	58	87,2	19,5 ± 2,5	127
DON, ppb	58	87,2	100,1 ± 15,4	735
Oder / Barley				
ZEA, ppb	113	86,7	32,4 ± 3,2	209
DON, ppb	113	86,7	103,1 ± 10,3	1142
Kaer / Oats				
ZEA, ppb	11	86,6	23,3 ± 6,9	100
DON, ppb	11	86,6	93,1 ± 32,6	349
Tritikale / Triticale				
ZEA, ppb	4	86,3	23,0 ± 9,3	62
DON, ppb	4	86,3	71,5 ± 29,1	188
Rukis / Rye				
ZEA, ppb	4	86,3	29,3 ± 10,8	52
DON, ppb	4	86,3	79,3 ± 45,1	263

¹Kõikide proovide keskmine kontsentratsioon ± standardviga / Mean concentration of all samples ± standard error

Kõik konservviljad sileerusid normaalselt, olenevalt kuivainesisaldusest tekkis kas rohkem või vähem happeid. Propioonhapet sisaldasid need konservviljad, mil-

lele oli seda lisatud keemilise lisandiga. Nii iso- kui palderjanhapet ning võihapet ükski konserveeritud vili ei sisaldanud. Neis proovides, mille kuivainesisaldus oli üle 80%, täheldati pärsitud käärimist. Konservviljades,

mille kuivainesisaldus oli väiksem kui 70% tekkis happeid kokku keskmiselt 21,4 g kg⁻¹ ja kuivainesisaldusega rohkem kui 70% vastavalt 11,3 g kg⁻¹.

Kuivemad konservviljad sisaldasid keskmiselt vähem mükotoksiine kui märjemad, ZEA 94,7 vs. 204,5 ppb (P < 0,001) ja DON 141,4 vs. 220,0 ppb (P < 0,05) (tabel 3). Konserveeritud teravilja kuivainesisalduse mõju

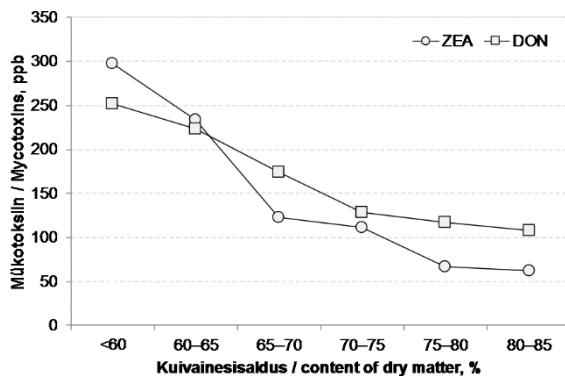
mükotoksiinide sisaldusele näitab joonis 2, mis ilmub 2013. aasta andmete baasil (Kaldmäe, 2014) ja ei muutunud kui lisati 2014. aastal kogutud andmed. Märjem teravili sileerub paremini, kuid tingimused hallituse arenguks on soodsamad ning tekib ka rohkem mükotoksiine.

Tabel 3. Konservvilja fermentatsiooninäitajad ja ZEA ning DON sisaldus sõltuvalt kuivainesisaldusest.

Table 3. The fermentation items and content of ZEA and DON depend on dry matter of high moisture cereals

Näitajad Items	Uuritud proovide keskmised Mean of tested samples — $\bar{x} \pm se$	Madalama kuivainega teravili Low dry matter cereals (<70%)	Kõrgema kuivainega teravili High dry matter cereals (>70%)
Kuivainesisaldus / Dry matter, %	68,1 ± 0,9	63,3 ± 0,6	75,5 ± 0,3
Proovide arv / No of samples	147	90	57
Kuivaines / In dry matter, g kg ⁻¹ :			
Etaanool/Ethanol	3,4 ± 0,59	3,5 ± 0,62	3,2 ± 0,61
Äädikhape / Acetic acid	3,7 ± 0,63	4,7 ± 0,31	2,3 ± 0,22
Propioonhape / Propion acid	0,3 ± 0,02	0,6 ± 0,02	0,3 ± 0,01
Iso- ja palderjanhape / Iso- and valerian acid	0	0	0
Võihape / Butyric acid	0	0	0
Piimhape / Lactic acid	12,7 ± 1,04	16,1 ± 0,97	8,7 ± 0,81
Proovis / In samples			
pH	4,6 ± 0,64	4,4 ± 0,58	4,8 ± 0,56
NH ₃ N üld N-st / Ammonia-N, % TN	2,4 ± 0,06	3,1 ± 0,11	1,5 ± 0,09
ZEA, ppb	163,6 ± 3,1	204,5 ^a ± 18,2	94,7 ^b ± 1,7
DON, ppb	189,6 ± 10,2	220,0 ^a ± 21,4	141,4 ^b ± 2,3

^{ab} P > 0,001; ^{AB} P < 0,05



Joonis 2. Konserveeritud teravilja kuivainesisalduse mõju mükotoksiinide sisaldusele (Kaldmäe, 2014)

Figure 2. The content of ZEA and DON depend on dry matter of high moisture cereals (Kaldmäe, 2014)

Nagu joonis 2 näitab, ei ole soovitatav alla 65% kuivainesisaldusega vilja konserveerida. Kesk-Euroopas sileeritakse maisi. 61,3%-lise kuivainesisaldusega muljutud maisiteravili sileeruvad hästi. Kuue kuu möödumisel tehtud analüüsid näitasid, et sööt sisaldas 133 ppb DONi, 38,97 ppb ZEAd, 70,2 ppb FUMi, AFLA 2,47 ppb AFLAt, 232,71 ppb T-2e ja 2,33 ppb OTAt. Sileerimisel kasutatud kombineeritud kindlustuslisand, mis sisaldas nii piimhappebaktereid kui ka naatriumbensoaati pärsis mõningaid toksiine (Biro jt, 2009). Söödaviilja saab täiesti ohutuks pidada siis, kui see ei sisalda mükotoksiine. Praktikas kasutatakse sageli ka vilja, milles on teatud kogus mükotoksiine. Väikesed toksiinide kogused ei ohusta alati looma tervist ega mõjuta toodangut, kuid see sõltub mitmetest teguritest. Madalate mükotoksiinisalduste juures kasutatakse detoksi-

fikatsiooniks spetsiifilisi sidujaid, mida lisatakse vastavalt toksiini kontsentratsioonile ja looma- või linnuliigile. Detoksifikaatorid toimivad seedetraktis, kuid viivad vähesel määral kaasa ka toitained. Kui lähtuda, et ZEA sisaldus söödas vähem kui 100 ppb on madal tase ning ei kujuta tavapäraselt ohtu, siis 100–250 ppb tuleks lugeda keskmiseks ning rohkem kui 250 ppb juba kõrgeks tasemeks. DON sisaldus vähem kui 500 ppb loetakse madalaks, 500–2000 ppb keskmiseks ja üle 2000 ppb juba kõrgeks ja väga ohtlikuks tasemeks (Whitlow jt, 1998). Võttes aluseks eelpool nimetatud tasemed iseloomustavad kuivatatud ja konserveeritud teravilja mükotoksiinide sisaldust tabel 4 andmed. Eestis uuritud konservviljade proovidest sisaldasid rohkem kui 100 ppb ZEA 49,3% ja rohkem kui 500 ppb DON 10,3%, kuivatatud teraviljadest vastavalt 10,9% ja 5,3%. Tuleb märkida, et enim probleeme tekitab konserveeritud teraviljades suhteliselt suures koguses esinev ZEA, mida produtseerivad *Fusarium graminearum* ja mõned teised *Fusariumi* perekonna seened. ZEA toksikoosi korral tekivad sigimisprobleemid. Mäletsejalistel tekitavad vaginiidid, abordid, viljatus. Mittetiinetel mullikatel suureneb udar. Madala tiinestumisega karjades seotati lehmade veres ja uriinis tuvastatud ZEA ning selle metaboliitide kõrget sisaldust toksiinidega saastatud sööda söötmisega (Jouany, Diaz, 2005, Bryden, 2012). Ka sigadel põhjustab ZEAGA nakatunud sööt sigimisprobleeme (Smith jt, 2011). Suurt DONiga saastatust leidis uuritud söötade proovides harva. DON põhjustab sigadel isu vähenemist, kõhulahtisust, oksendamist, viljastumishäireid ja surma, veistel aga söömuse vähene- mist ja toodangu langust (Jouany, Diaz, 2005).

Tabel 4. Mükotoksiini sisaldavate proovide iseloomustus
Table 4. The character rating of mycotoxins contamination of cereals

Mükotoksiini sisaldus <i>The content of mycotoxins, ppb</i>	Konserveeritud teravili <i>HMC</i>					Kuivatatud teravili <i>DC</i>				
	n	%	\bar{x}	$\pm se$	max	n	%	\bar{x}	$\pm se$	max
ZEA										
Madal tase / <i>Low range, <100</i>	72	50,7	49,3	2,3	99	115	89,1	29,3	1,3	93
Keskmine tase / <i>Medium range, 100–250</i>	47	33,1	158,7	1,9	235	14	10,9	143,9	1,5	232
Kõrge tase / <i>High range, >250</i>	23	16,2	555,7	16,8	1239	0	–	–	–	–
DON										
Madal tase / <i>Low range, <500</i>	113	89,7	150,8	10,7	490	126	94,7	110,7	9,7	456
Keskmine tase / <i>Medium range, 500–2000</i>	12	9,5	695,8	11,3	1099	7	5,3	724,4	16,3	1142
Kõrge tase / <i>High range, >2000</i>	1	0,8	–	–	2023	0	–	–	–	–

Järeldused

Teraviljadel on Eesti ilmastikutingimustes suur oht saastuda mükotoksiinide ZEA ja DONiga.

Kuivatatud teraviljade proovidest oli DONiga saastunud 70,5% ja ZEAGA 68,4%, keskmise sisaldusega vastavalt 100,4 ja 27,6 ppb. Konservviljade proovidest sisaldasid DONi 85,7% ja ZEA-d 96,6% keskmise sisaldusega vastavalt 189,6 ja 163,6 ppb.

Antud uuringus osutus kuivatatud teravilja kvaliteet konserveeritud teravilja kvaliteedist paremaks, sest selles oli hallituste kasvatamine enam pärsitud ning seetõttu ka mükotoksiinide sisaldus väiksem ($P < 0,001$).

Huvide konflikt / Conflict of interests

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

Tänuavaldus

Töö on teostatud Eesti Haridus- ja Teadusministeeriumi IUT projekti nr IUT8-1 täitmiseks.

Kasutatud kirjandus

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.
- Biro, D., Galik, B., Juracek, M., Simko M., Starakova, E., Michalkova, J., Gyöngyova, E. 2009. Effect of biological and biochemical silage additives on final nutritive, hygienic and fermentation characteristics of ensiled high moisture crimped corn. – ACTA VET., Brno, 78, p. 691–698.
- Bryden, W.L. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. – Animal Science and Technology, vol. 173, p. 134–158.
- Faithfull, N.T. 2002. Methods in Agricultural Chemical Analysis: a practical handbook. – CABI Publishing, UK, 266 pp.
- Grenier, B. 2014. Effects of mycotoxins on the immune system. – In: World nutrition forum Munich 2014 (ed. E.M. Binder), p. 327–336.
- Grenier, B., Oswald, I.P. 2011. Mycotoxin co-contamination of food and feed: meta-analysis of publications describing toxicological interactions. – World Mycotoxin Journal 4, p. 285–313.

Johansson, M., Emmoth, E., Salomonsson, A.C., Al-bihn, 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. 2007. Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. – Anim. Feed. Sci. Technol. 137, p. 342–362.

Jouany, J.P., Diaz, D.E. 2005. Effects of mycotoxins in ruminants. In: Mycotoxin Blue Book. ADVS Faculty Publications, p. 295–322.

Kaldmäe, H. 2014. Vilja ohustavad mükotoksiinid. – Maamajandus, nr 12, lk 13–14.

Kovalsky, P., Naehrer, K., Schwab, C., Schatzmayr, D. 2014. Worldwide occurrence of mycotoxins in feeds and feed components in year 2013. – World nutrition forum Munich 2014. Poster Book, p. 7.

Laitila, A., Virkajärvi, V., Holopainen, U., Sarlin, T., Asola, A., Jestoi, M., Rautio, J., Kaukoranta, T., Hietaniemi, V., Parikka, P. 2014. Induction of type-A trichothecene production in barley at field conditions. – NJF Report, Vol. 9, No. 8, p. 11.

Lillemo, M., Skjenned, H., Bjørnstad, Å., Buraas, T., Reitan, L., Bergersen, S., Dieseth J.A. 2014. Choice of resistant cultivars as a means to reduce the risk of mycotoxins in wheat, barley and oats – how big are varietal differences, and what are the characteristics of resistant cultivars? – NJF Report, Vol. 9, No. 8, p. 10.

Lõiveke, H., Ilumäe, E., Akk, E. 2008. Teravilja mikrobioloogiast ja ohutusest. – Agraarteadus XIX, nr 2, lk 38–45.

Mansfield, M.A., Kulda, G.A. 2007. Microbiological and molecular determination of mycobiota in fresh and ensiled maize silage. – Mycologia, 99, p. 269–278.

Mezes, M., Balogh, K. 2009. Mycotoxins in rabbit feed: a review. – World Rabbit Sci., 17, p. 53–62.

Naehrer, K., Nies, W., Malachova, A., Sulyok, M., Berthiller, F., Krska R. 2014. 2012 Mycotoxin Survey and Multi-Mycotoxin Screening in Germany. – World Nutrition Forum October 15th–18th, 2014, Munich, Poster Book, p. 6.

Nelson, C. 1993. Strategies of mold control in dairy feeds. – J. Dairy Sci. 76, p. 898–902.

Nordkvist, E., Häggblom, P. 2014. Fusarium mycotoxin contamination of cereals and bedding straw at Swedish pig farms. – Animal Feed Science and Technology, 198, p. 231–237.

- 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.
- Persson, P., Bötter, H. 2014. Eed borne *Fusarium graminearum* in cereals – introduction to new areas. – *NJF Report*, Vol. 9, No. 8, p. 13.
- Pestka, J. 2014. New insights on the mechanisms of deoxynivalenol. – In: World nutrition forum Munich 2014 (ed. E.M. Binder), p. 337–349.
- Potkański, A., Grajewski, J., Twarużek, M., Selwet, M., Miklaszewska, B., Blajet-Kosicka, A., Szumacher-Strabel, M., Cieślak, A., Raczowska-Werwinska, K. 2010. Chemical composition, fungal microflora and mycotoxin content in maize silages infected by smut (*Ustilago Madis*) and the effect of biological and chemical additives on silage aerobic stability. – *J. Animal and Feed Sciences*, 19, p. 130–142.
- Schaumberger, S., Naehrer, K. 2014. European Mycotoxin Survey 2013. – World nutrition forum Munich 2014. Poster Book, p. 11.
- Selwet, M. 2009. Effect of propionic and formic acid mixtures on the fermentation, fungi development and aerobic stability of maize silage. – *Polish Journal of Agronomy*, 1, p. 37–42.
- Smith, T.K., Diaz-Liano, G., Korosteleva, S.N., Yegani, M. 2007. Significance of feed-borne *Fusarium* mycotoxins on livestock health and reproduction. – *ISAH-2007 Tartu, Estonia*, p. 689–694.
- Smith, T.K., Diaz, G., Swamy, H.V.L.N. 2011. Mycotoxicosis in pigs. – *Eesti Loomaarstlik Ringvaade* nr. 3, p. 15–18 (in Estonian).
- Streit, E., Nährer, K., Rodriggues, I., Schatzmayr, G. 2013. Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: long-term analysis with special focus on Europe and Asia. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, p. 2892–2899.
- Treikale, O., Javoisha, B., Pugacheva, J., Vigule, Z., Feodorova-Fedotova, L. 2014. *Fusarium* species and mycotoxins in Latvian cereals. – *NJF Report*, vol. 9, No. 8, p. 34.
- 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.*, Vol. 81, p. 1189.
- Whitlow, L.W., Hagler, W.M. Jr. 2005. Mycotoxins in dairy cattle: occurrence, toxicity, prevention and treatment. – *Proc. Southwest Nutr. Conf.*, p. 124–138.
- Yiannikouris, A., Jouany, J.P. 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. – *Anim. Res.* 51, p. 81–99.

Mycotoxin contamination in dried and high moisture fermented cereals in Estonia

Helgi Kaldmäe, Andres Olt, Meelis Ots
Estonian University of Life Sciences, Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences,
Fr.R. Kreutzwaldi 46, 51006 Tartu

Summary

The cereals quality estimated by chemical composition and fermentation parameters, but it is need the control about the composition of mycotoxins. Cereals of feed stored up dried with dry matter 86% or ensiled in silo with dry matter 55–75% (moisture 25–45%). The high moisture cereals is a good substrate for mould fungi from different genera (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*), their metabolites and by other undesirable microorganisms – bacteria and yeast. The aim of this study was to determine the effect of different cereals on the final nutritive quality, concentration of zearalenone (ZEA) and deoxynivalenol (DON) and fermentation process of ensiled high moisture cereals prepared for feeding to cows in Estonia. A total 190 dried cereals (DC) 58 wheat, 113 barley, 11 oats, 4 triticale and 4 rye and 147 high moisture cereals (HMC) samples were collected and analysed. All the HMC were fermented with the use of a biological or chemical additive. The quality of fermentation of the preserved cereals was determined by GC. The mycotoxin contents in the feeds were determined by the ELISA method with the kits Ridascreen® FAST.

The mean DM content of the DC was 86.9% and of the HMC 68.1%. In this study the DC were found to contain mycotoxins, 70.5% of the samples were positive for DON and 68.4% were positive for ZEA, while in the HMC these were 85.7 and 96.6% respectively. The mean DON content in the DC was 100.4 ppb, and the mean content of ZEA in the DC was 27.6 ppb; the contents in the for these mycotoxins in the HMC were 189.6 ppb and 163.6 ppb respectively.

The concentration of mycotoxins between the different species of cereal did not differ significantly.

The DON and ZEA contents were related the dry matter of HMC. The DON concentration in low DM (63.3%) cereal was 220.0 ppb and of ZEA 204.5 ppb while in the higher DM (75.5%) cereal the concentrations were 141.4 ppb and 94.7 ppb respectively. The fermentation quality of the HMC was good.

The threshold mycotoxin level in feed, below which there are no negative effects on health and performance in dairy cows are, for DON under 500 ppb and ZEA under 100 ppb. These are considered low levels of toxins; moderate levels are, for DON 500–2,000 ppb and for ZEA 100–250 ppb, and high levels are over 2,000 ppb and over 250 ppb respectively. Of the samples, 94.7% of DC were at the low level of DON while 89.1% were at the low level for ZEA. Of the HMC samples, 89.7% and 50.7% were at the low level for the mycotoxins, while 9.5% had levels of DON at

moderate level and 33.1% had levels of ZEA at moderate levels.

Drying is more effective than fermented conservation at inhibiting mould growth, and therefore mycotoxin contamination, in cereals ($p < 0.001$).

Agraarteadus
1 * XXVII * 2016 26–37



Journal of Agricultural Science
1 * XXVII * 2016 26–37

Ülevaade: RABAMULD – EESTI AASTA 2016 MULD

Review: BOG SOIL – YEAR 2016 SOIL OF ESTONIA

Raimo Kõlli

Eesti Maaülikool, Fr.R. Kreutzwaldi 5D-111, 51014 Tartu

Saabunud: 07.04.16
Received:
Aktsepteeritud: 05.06.16
Accepted:

Avaldatud veebis: 18.06.16
Published online:

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

Keywords: bog soil, ecological services, environmental protection, Fibric Histosol, soil properties, year 2016 soil

ABSTRACT. By Estonian Soil Sciences Society for the year 2016 soil of Estonia the bog soil was elected. After WRB these soils are known as Fibric Histosols. The area of bog soils forms 5.1% from whole Estonian soil cover and 21.7% from peat soils' (or Histosols) area. In overview their classification in Estonia, conversion of local soil names into WRB system, ecological conditions of their forming and functioning, hydro-physical and chemical properties, and distribution are treated. Besides that the bog soils' productivity, peculiarities of their bogging processes, importance for society, and their influence on local economy and environmental status are analysed as well. In second part of the overview the estimations on organic carbon stocks and assessments on annual organic carbon fluxes in peaty soil cover are discussed. In the final part and in conclusions the problems connected with environmentally sustainable use and protection of bog soils are treated.

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_kolli.pdf

© 2016 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2016 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Sissejuhatus

Nüüd juba kolmandat korda valis Eesti Mullateaduse Selts (EMTS) aasta mulla. Kui esimeseks, 2014 aastamullaks, oli 'Eesti põllumehe hinnatuim muld' – leostunud muld ja 2015 aastamullaks 'õhuke muld Eesti rahuskivil' – paepealne muld, siis aastamullaks 2016 hääletati EMTS poolt Eesti märgalade üks omapärasemaid ja turvasmuldade hulgas enim tuntud rabamuld. Juba traditsiooniks saanud VI Eesti mullapäeval (4. detsembril 2015) tutvustati aasta 2016 mulda konverentsist osavõtjatele (http://pk.emu.ee/userfiles/PKI/muld/VIMP/VIMP_KolliR_rabamuld_2015.pdf), kusjuures EMTS on välja andnud ka rabamulda tutvustava teaviku (http://pk.emu.ee/userfiles/PKI/muld/Aasta_muld_2016_voldik_A4_web.pdf). Tähelepanuvääriv on juhuslik kokkulangevus, et ÜRO poolt väljakuulutatud märgalade aastal 2016 on Eestis aastamullaks valitud 'turbalasadite kasvukihiks ja hoidjaks' olev – rabamuld.

Omapärase reljeefiga eri tüüpi Eesti rabamaastikud on moodustunud ja talitlevad käesoleval ajal tänu rabamulla ja temal kujunenud taimkatte tasakaalustunud vastastikusele toimele. Rabade puhul on ainete bioloogiline ringe täielikult isoleeritud ümbritsevate alade mineraalsest pinnakattest ja selles liikuvast toiteainete

rohkest põhja- ja/või pinnaveest. Looduslike rabade orgaanilise aine produktsiooniprotsessi sisenditeks on päikese energia kõrval atmosfääri kaudsed sajuveed ja mineraalsed ained. Rabaturbamulla tüseduse kasvades selle alumine osa eraldatakse (isoleeritakse) järkjärgult aktiivsest talitlemisest, mille tõttu seda osa turbalasadist tuleks käsitleda mitte kui mulda, vaid kui maavara.

Rabaökosüsteemi koos talitleva rabamullaga võib õigustatult vaadelda kui ühte meie ürglooduse sümbolitest. Teatavasti algas turvasmuldade rabastumine Kõrg-Eesti aladel ca 7000 ja Madal-Eesti aladel ca 6000 aastat tagasi (Allikvee, Ilomets, 1995). Tänu normaalselt talitlevatele rabamuldadele oleme rikkamad kõrsoodele iseloomulike taimeliikide, nende koosluste ja taimestikule kaasneva elustiku poolest. Samas on nimetatud tuhandete aastate jooksul rabaökosüsteemide talitlemise tulemusena akumulunud märkimisväärsed kogused rabaturvast kui maavara (Raudsepp, 1946; Veber jt, 1961). Seega on rabamuldade levikualade suhtes üles kerkinud erinevad huvid. Kui looduskaitse huviobjektiks on talitlevad rabaökosüsteemid kogu nende elustiku mitmekesisusega (liigirikkusega), siis majandust huvitab ennekõike rabaturvas. Et nimetatud kahe vastandliku huviga kaasneb veel ka terve rida

muid keskkonna hea seisundi ja ühiskondliku elu arenguga seotud probleeme on selles vallas mõistlikud ühiskondlikud kokkulepped äärmiselt vajalikud. Taolised kokkulepped peaksid olema nii palju kui võimalik teaduspõhised ja samas ka kõigi (asjaga seotud) huvigruppide ettepanekuid arvestavad. Ülal-öeldust lähtudes peame oma ülesandeks selgitada antud töös veidi põhjalikumalt rabamulla rolli rabalaamade (rabaökosüsteemide) talitlemises.

Eesti rabasid on aegade jooksul uuritud erinevatest aspektidest lähtuvalt. Sooteaduslikes (telmatoloogilistes) uurimustes on rabasid käsitlenud kui teistest soodest eristuvat rabakompleksi oma väljakujunenud veolude, taimestiku, loomsete organismide ja ladestunud turba koostisega ehk siis rabasid on käsitlenud kui ökosüsteeme (Masing, 1984; Valk, 1988; Strack jt, 2008; Kõlli jt, 2012) ehk biogeotsünoose (Inisheva jt, 2011). Rohkesti leidub kirjandust rabade (geo)botaanilise käsitluse ning klassifitseerimise kohta (Laasimer, 1965; Krall jt, 1980; Allikvee, Ilomets, 1995; Laasimer, Masing, 1995; Masing, 1997; Paal jt, 1999; Paal, 2005). Ka on rabad olnud vägagi olulised objektid maastikuteaduslikes (Valk, 1988; Arold, 2005), aga eriti turbaru kui maavara käsitlevates geoloogilistes uurimustes (Raudsepp, 1946; Veber jt, 1961; Orru, 1992, 1995; Orru, Orru, 2008). Kätesaadavad on lühiülevaated turbasoode teadusliku uurimise ajaloost ja rabade osast nende seas (Laasimer, 1965; Valk, 1988, 1995; Orru 1992 jt).

Mullateaduse seisukohalt on ehk kõige olulisem (uurimisobjekti ühilduvuse mõttes) jälgida neid uurimusi, mis on tehtud seoses metsakasvatuse arendamisega rabadel ning rabamuldi mõjutava kuivendamise ja rekultiveerimisega (Valk, 1995; Lõhmus, 2006; Pikk, 2010). Suhteliselt vähe on siiski uurimusi, mis käsitlevad rabamuldade kui ülejäänud turbalasunditest eraldi seisvat moodustist (Jefimov, 1980; Valk, 1988; Kõlli jt, 2009a; Inisheva jt, 2011).

Materjal ja metoodika

Ülevaate tegemisel Eesti rabamuldadest oleme aluseks võtnud muldkeskse ja ökosüsteemse käsitluse printsiibid (Kõlli jt, 2009a, 2009b). Lühidalt öeldes tähendab see seda, et muldkatet (antud juhul turvasmuldkatet) käsitletakse vastastikustes suhetes teiste teda ümbritsevate ökosüsteemi koostisosadega (taimestik, loomastik jt), kusjuures peamiseks põhjuslikuks (determineerivaks) teguriks ökosüsteemi kõigi komponentide arengus peetakse mulda või muldkatet. Loodusliku turvasmullana (turvasmuldkattena) käsitleme vaid seda turbalasundi pindmist kihti, mis on märgatavalt öoloogilistes seostes ennekõike loodusliku taimkattega, kuid samas ka taimekooslustega seostunud elustiku ja kõigi teiste ökosüsteemi komponentidega. Öoloogiliselt talitlevast turvasmullast (s.o turbasoo pindmisest kihist) sügavamale jäävat turbalasundit käsitleme aga kui maavara. Samas võib ka see, muldkattest allpool asuv turvas, teatud tingimustes saada turvasmullaks ja seda peamiselt kahel viisil. Esiteks siis, kui turvasmuldkate pinnalt degradeerub (mineraliseerub) või tiheneb

ning turvasmuldkattena hakkavad talitlema turbalasundi sügavamal asuvad kihid. Teiseks siis, kui turvas kaevandatakse ja teisaldamise kaudu moodustatakse tehiskihiline turvasmuld või substraat taimede kasvuks.

Pikaajalise mulla-uurimise kogemuste järgi võiks turvasmuldkatte kokkuleppeliseks tüseduseks Eesti mullastikus-ökoloogilistes tingimustes võtta 50 cm (Kõlli jt, 2012). Analoogselt mineraalse muldkattega nimetatakse ka turvasmuldkatte pindmist (0–30 cm) osa pealiskullaks ja alumist (30–50 cm) osa aluskullaks. Pealiskull (epipedon, acrotelm) eristub alumisest osast taim-muld vastastikuste suhete intensiivsuse ja parema õhustatuse poolest ning just selles pealmises kihis toimustav talitlemisest sõltub valdaval määral kogu ökosüsteemi edasine areng.

Teatavasti sõltuvad eri liiki muldade muldkatete tüsedused suurel määral kliimaatilisest vööndist. Eestist lõunapoolse minnes mineraalsete muldkatete tüsedused suurenevad, põhja poole vähenevad. Nii on see ka turvasmuldkatetega ehk nende tüseduse kokkuleppelised piirid on vööndite (ja riikide) kaupa erinevad ja erinevad on ka turvasmuldade määrangud. Kui näiteks meil loetakse turvasmuldadeks neid muldasid, millede turbahorisondi tüsedus on üle 30 cm, siis USA muldade klassifikatsiooni järgi peab turvasmulla turbahorisondi tüsedus olema üle 40 cm.

Eesti muldade klassifikatsiooni (EMK) järgi jaotatakse rabamullad turbakihi tüseduse alusel kolmeks liigiks: väga õhukesed (30–50 cm), õhukesed (50–100 cm) ja sügavad (>100 cm) rabamullad. Nende erimiteks jaotamine tehakse aga pindmise 40 cm turbakihi kolmeastmelise lagunemise skaala järgi, kusjuures rabaturvasmullad on tavaliselt halvasti (tähistatud alaindeks 1-ga) ning vähemal määral keskmiselt (alaindeks 2) lagunened. Turba lagunemisastme detailsemal määramisel kasutatakse Posti 10 astmelist humifitseerumise (H1–10) skaalat (Szajdak jt, 2011), milles sõna 'lagunemise' asemel on kasutusel sõna 'humifitseerumise' aste. Nii on EMK järgi määratud halvasti lagunenud turvasmullaerimi humifitseerumise astmeks Posti skaala järgi H1–3 ja keskmiselt lagunenud turbal – H4–6 (Astover jt, 2012).

Ülevaates esitatud rabamuldade omadused pärinevad autori poolt varem tehtud kokkuvõtetest ja loengumaterjalidest (EMDK, 2008; Astover jt, 2012). Andmed rabamuldade süsinikuvarude kohta pärinevad meie varasematest uurimustest (Kõlli jt, 2009a, 2009b). Hinnangu andmisel süsiniku käibe kohta on aluseks olnud rabaökosüsteemide taimkatte produktiivsus (Kõlli, 1991) ja rabaturvaste juurdekasv, kusjuures fütomassi keskmiseks C sisalduseks on võetud 45% ja turbal 50%.

Praegusel ajal üha globaliseeruvast teaduslikust uurimistööst on möödapääsmatuks osutunud unifikatsioonid mullaklassifikatsioonide väljatöötamine ja kasutamine. Sellest lähtuvalt tutvustame ka antud töös rööbiti rahvusliku mullaklassifikatsiooniga (EMK) hoopiski laialdasemalt kasutatavat WRB (World Reference Basis for Soil Resources) klassifikatsioonisüsteemi rabamulda-

dega seonduva osas (IUSS..., 2015). Rabamulla käsitlemisel rahvusvahelisel tasemel peaksime ennekõike teadma järgmisi rabamuldi iseloomustavaid tunnussõnu ja nende tähendusi nagu: *histic* – turbast koosnev, *fibric* – halvasti lagunenuid turvas, *ombritic* – sademeveelise toitumisega (turvas)muld, *dystric* – madala küllastusastmega ja toiteelementide poolest vaene muld, *floatic* – õõtsiku turvas ja *drainic* – kuivendussüsteemiga muld. Peale selle on veel mõned tunnussõnad, mida võiks vaja minna rabamuldade ja turbaainese täpsel iseloomustamisel. Nendeks on: *hemic* – keskmiselt lagunenuid turvas; *hyperorganic* – turvasmuld tusedusega üle 2 meetri, *lignic* – rikas puuturba poolest, *transportic* – teisaldatud muld ja *relocatic* – kohapeal segatud muld.

Eesti rabamuldade jaotamine, talitlemine, omadused ja levik

Iseloomustus, jaotamine ja nimetused

Rabamuld on sadevee-toiteline (*ombritic*) alaliselt liigniiske üle 30 cm tusedusest lagunemata või vähelagunenud rabaturbast (*fibric*) koosnev tugevasti happeline looduslikus seisundis olev turvasmuld (foto 1). Kuna kõrgsoo toiteelementide poolest vaest (*dystric*) rabamulda ei mõjasta nüüdisaegsed geoloogilised protsessid on tegu normaalselt arenenuid turvasmullaga. Tihedais ökoloogilistes seostes rabamullale sobitunud loodusliku taimkatttega talitleb vaid kõrgsoo turbalasundi pindmine kiht, mille tõttu käsitleme Eesti tingimustes turvasmuldkattena (rabamullana) üksnes raba pindmist 50 cm paksust turbakihti.

EMK järgi eristatakse kolm rabamulla liiki (sulgudes mulla kood): *väga õhukesed* (R'), *õhukesed* (R'') ja *sügavad rabamullad* (R'''). Sügavad rabamullad on valdavalt tekkinud madal- ja siirdesoomuldade rabastumisel st üleminekul sega-toitega veerežiimilt toitainete vaesele sadeveega toitumisele, millega on kaasnenud vähelagunenud happelise turba ladestumine turbalasundi pinnale. Suurem osa (>96%) rabamuldadest paikneb tusedal (>1 m) turbalasundil. Nende kõrval leidub ka mineraalmaa soostumisel ehk turvastunud leedemuldade rabastumisel tekkinud õhukese (30–100 cm) turbakihiga rabamuldad, kus turbakiht on kasvanud üle 30 cm vähelagunenud toitainete vaese happelise turba arvel.

Pinnalt turbakihi kasvades surevad püsivalt õhuvaesse ja happelisse kihti jäänud juurestikuga puud ning puhmas- ja rohurinde taimed rabamullal välja ning ka nendest moodustub turvas. Turba tootmise tagajärjel sügava turbakihiga rabamullal tekib normaalse arenguga rabamulla asemele anormaalsete muldade hulka kuuluv tehismuld – *eemaldatud rabamuld* ($T \times R$). Üheks omapärasemaks rabamuldade hulka kuuluvaks mullaks on *õõtsik rabamuld* ($R\delta$). Seda mulda iseloomustab vähemalt 30 cm paksune halvasti lagunenuid turbakiht, mille all on toiteainete vaene rabalauka vesi. Eesti muldade kaardistamisühikute nimekirjas on

kokku 22 turvasmulla liiki, millest viis eelpoolnimetatut kuulub rabamuldade hulka.

Maa-ameti geoportaali kaardiserveris on olemas detailne Eesti mullakaart mõõtkavas 1 : 10 000 (Maa-ameti..., 2016). Selle kaardi lugemiseks on vaja teada mullaliikide ja erimite koodi (Maa-amet, 2001). Rabamulla koodiks on „R“ ning kolmeks turbakihi tuseduse järgi eristatud rabamulla liigiks R' , R'' ja R''' . Turba lagunemisastme järgi määratud erimitena võivad mullakaardil esineda peamiselt (>94%) R' , R''_1 ja R'''_1 , s.o halvasti lagunenuid (lagunemise aste <20%) rabaturvasmulla erimid. Hoopiski harvem võib esineda keskmiselt lagunenuid rabamulla erimeid (R'_2 , R''_2 ja R'''_2) ja nende erinevaid kombinatsioone.

Rabamuldade kuivendamisel pindmiste turbakihtide lagunemine intensiivistub mitmekordselt ja vähelagunenud pindmisest turbakihist kujuneb vähem kui 10 aasta jooksul keskmiselt lagunenuid ja edaspidi hästilagunenud (kõdu)turba kiht. Taolist pealt tugevamini lagunenuid turbakihiga (turvas)mulda ei ole enam õige nimetada rabamullaks, sest tegemist on hoopiski rabamulla degradeerumise tulemusel tekkinud siirdesoomullaga. Vahemärkusena olgu öeldud, et siirde- ehk üleminekusoomuldad on Eesti muldkattes eristatud kaks alaliiki. Üks alaliik nendest (raba ilmega siirdesoomuld, kaardil SR) on tekkinud madal-soo rabastumisel st vähelagunenud turbasamblaturba akumulatsioonil pindmisse kihti. Teine alaliik (madal-soo ilmega siirdesoomuld, SM) on tekkinud rabalaama kuivendamisest põhjustatud rabamulla degradeerumise tagajärjel. Need kaks siirdesoo-turvasmulla alaliiki on äratuntavad ka nende lõimise (antud juhul turba) valemi järgi. Esimesel juhul on pindmiseks kihiks halvasti lagunenuid (t_1) vähemalt >10 cm-ne turbakiht, millele järgnevad, kas keskmiselt (t_2) ja/või hästilagunenud (t_3) turbakihid. Teisel juhul on pindmise kihi turvas paremini lagunenuid (t_2 või t_3) võrreldes tema all asuvaga (vastavalt t_1 ja t_2).

WRB järgi on rabamulla põhিনিimetuseks *Fibric Histosol*. Loodusliku rabamulla olemust saab täpsustada tunnussõnadega *ombritic* ja/või *dystric*. Piisava täpsusega rabamulla nimetus WRB järgi olekski *Ombritic Fibric Histosol*, sest *ombritic* tähendab ühtlasi ka seda, et see muld on *dystric* iseloomuga. Õõtsik rabamulla nimetuseks on aga *Floatic Fibric Histosol*. Kui aga on vaja kasutada veel teisi tunnussõnu, siis need pannakse mulla nimetusse järellitena (välja arvatud *hemic* kui eesliide), kusjuures tähtsamad tunnussõnad omadustest lähtuvalt on põhিনিimetusele lähemal. Niisiis kui rabamulla turba tusedus on üle 2 m, siis on ta *Ombritic Fibric Histosol* (*Hyperorganic*), ja kui veel ka kuivendatud, siis *Ombritic Fibric Histosol* (*Hyperorganic, Drainic*). Seega võib sulgudes olla vajaduse korral mitu tunnussõna, mis eraldatakse üksteisest komaga. Igal tunnussõnal on olemas kahest või kolmest väikest tähte koosnev kood, kusjuures põhi- (ehk referents-) muld tähistatakse koodiga, milles on kaks suurt tähte (IUSS..., 2015). Nii on näiteks ülalpool viimasena antud mulla-nimetuse koodiks kaardil või tabelites *HS-fi.om-jo.dr*.



Foto 1. Poole meetri paksune rabaturvasmulla kiht, mille alumine osa on ca 10 cm ulatuses rabavee tasemest allpool. Autor: Tarmo Kõlli

Photo 1. Bog peat soil cover with thickness of half meter, from which lower part approximately 10 cm is situated below of bog water level

Eesti turvasmuldade klassifikatsiooni otstarbekohasuse hinnang ja selle adekvaatsuse analüüs WRB süsteemi suhtes näitas, et lokaalse klassifikatsiooni vajalikuks küljeks on turvasmuldade jaotamine kolmeks liigiks turbakihi tüseduse järgi. Teatavasti jagati mullastiku kaardistamise algaastatel Eesti turvasmullad kaheks: õhukesed (turvast 30–100 cm) ja sügavad (turvast

>100 cm). Hiljem kui selgus, et õhukesed turvasmullad on väga tundlikud nii kuivendamise kui valedes majandamise võtete suhtes, jagati õhukesed turvasmullad omakorda kaheks: väga õhukesed (30–50 cm) ja õhukesed (50–100 cm). Taoline täpsustatud ressursi määrang mullakaartidel võimaldab nüüd turvasmuldasisid

otstarbekamalt jaotada nende ökoloogiliselt põhjendatud majandamiseks ja kaitseks.

Kasutades WRB muldade omadusi kajastavaid tunnussõnu on võimalik iseloomustada rahvusvaheliselt arusaadaval viisil kõiki Eesti turvasmuldade (sh rabamulda) taksoneid, kusjuures täiendavaid selgitusi vajavad vaid turba tüsedused. Samas tuleks mullataksoneite kohta moodustatud andmebaasid eelistatult säilitada lokaalse klassifikatsiooni alusel. Lisaks sellele, et lokaalne klassifikatsioon on detailsem, on WRB süsteemi puuduseks veel ka see, et ta on käesoleval ajal kiiresti muutuv arengufaasis tema ülesehituses pidevalt tehtavate täienduste tõttu. Seega ei tohiks mingil juhul irduda algselt kohaliku klassifikatsiooni järgi tehtud määrangutest.

Tekke ja talitlemise ökoloogilised tingimused

Rabamulla turbalasund on kujunenud keemiliste elementide poolest vaese (*ombrotroofse*) sajuvee mõjul. Looduslike rabamulda pealismuld (*epipedon*) on valdavalt toiteelementide poolest vaene (*oligotroofne*) halvasti lagunenu tugevasti happeline turvas, mis sügavatel rabamuldadel ulatub ka profiili alumisse ossa. Keskmiselt ja hästi lagunenu turvaga rabamulda osakaal on väga väike (vastavalt 5% ja <1%).

Rabataimestiku ilme järgi eristatakse rabametsad ning puis- ja lagerabad. Kõige rohkem leidub Eestis puisrabasid (45–50%), millele järgnevad rabametsad (26–34%) ja lagerabad (21–24%), kuid nõmmrabad hõlmavad vaid <1% rabamulda kogupindalast (Paal jt, 1999). Metsastunud rabamuldadel kasvavad peamiselt hõredad männikud, kuid esineb ka sookasega männikuid (Lõhmus, 2006). Nii rabametsades, kui ka puisrabades ja lagerabade rabapeenardel on hästi väljakujunenud puhmarinne, mille valdavateks liikideks võivad olla sookail, sinikas, hanevits, kanarbik, kukemari, küüvits, vaevakask, jõhvikas (harilik, väike) erinevates vahekordades (fotod 2, 3 ja 4).

Suurima massi ja ka aasta juurdekasvu annab rabamulla alustaimestik siiski samblarinne. Turbasammaldest on esindatud pruun (*Sphagnum fuscum*), lillakas (*S. magellanicum*), punane (*S. rubellum*), kitsalehine (*S. angustifolium*), balti (*S. balticum*), teravalehine (*S. acutifolium*), pudev (*S. cuspidatum*) turbasammal ja veel mõned teised liigid (fotod 5 ja 6). Kahe esimese (meie rabades domineerivate turbasammalde) liiginimetused on kasutusele võetud ka turvaste klassifitseerimisel (on eristatud vastavalt fuskumi ja magellaanikumi turbad). Teistest sammaldest võib rabades leida raba-karusammalt, soovildikut, harilikku palusammalt jt Rohurinde taimedest on rabamullal levinud tupp-villpea, jänesevillad (raba, alpi), rabamurakas, valge nokkhein, rabakas, huulheinad (ümara- ja ahtalehine), tarnad (muda-, pudel-) jt (foto 7). Ka lagerabade domineerivateks liikideks on turbasamblad, millele lisandub erinevates vahekordades kanarbikku, sookailu, jänesevilla, tupp-villpead jt



Foto 2. Rabamaastik: Endla puis-peenra-älveraba. Autor: Jaanus Paal

Photo 2. Bog landscape: Endla treed-ridge-hollow bog



Foto 3. Rabamaastik: Suru raba, vaade tornist. Autor: Tarmo Kõlli

Photo 3. Bog landscape: Suru bog, view of the tower



Foto 4. Jõhvikarikas mosaiik Tudu Järvesoo rabas. Autor: Tarmo Kõlli

Photo 4. Rich in cranberry mosaic of plant cover in bog of Tudu Järvesoo



Foto 5. Pruun turbasammal. Autor: Jaanus Paal

Photo 5. *Sphagnum fuscum*



Foto 6. Lillakas turbasammal. Autor: Jaanus Paal
Photo 6. *Sphagnum magellanicum*



Foto 7. Umaralehine huulhein. Autor: Tarmo Kõlli
Photo 7. *Drosera rotundifolia*

Rabades kasvavate taimeliikide arvukus erinevates rinnetes (puu-, puhma-, rohu- ja samblarinne) on võrdlemisi tagasihoidlik. Samas paistavad rabad silma oma taim-muld komplekside väga rikkaliku mosaiiksuse poolest. Paal jt (1999) järgi on Eesti rabade mikromaastiku ja taimekoosluste osisteks mätta-, peenra-, älve- ja laukarabad, mis võivad rabalaamadel moodustada väga erinevaid rabakomplekse. Sügavaturbaliste rabade iseloomustamisel taim-muld suhete aspektist antakse igale konkreetsele rabale olemasolevatele tingimustele vastav mono- või liitkompleksi nimetus, näiteks mätтарaba, puis-mätta-älveraba, peenra-älve-laukaraba jms. Sügavatest rabamuldadest erinev aga samas ka ühtlasem taimkate moodustub õhukese turbaga nõmmrabadel. Enam levivaks taimkattedeks nendel muldadel on kanarbiku- või sookailumännikud erinevates vahelkordades turbasammaldegaga.

Rabamuldade bioloogilist aktiivsust pärsib mullapinnani ulatuva alalise liigniiskuse ja redutseerumistingimuste kõrval ka suur happesus. Pideva liigniiskuse põhjustajaks on ühelt poolt turbasammalde anatoomiline ülesehitus. Nende kudedes sisalduvad erilised rakud,

mis imavad endasse kättesaadavat vett kuni küllastumiseni, võimaldades taimel seda tarbida veevaesel perioodil. Teiselt poolt hoitakse vett epipedonis kinni ka turbasammalde poolt moodustunud käsnaana talitleva tiheda sammalde võrgustiku abil. Rabamulla hapestumist põhjustab aga ainevahetusprotsess turbasambla ja teda ümbritseva veekeskonna vahel, mille käigus taimesse neeldunud toiteelementide vahetusena erituvad rabavette vesinikioonid. Kõige selle tõttu ei allu turba pinnale langenud värske vare ega ka turbasammalde alumine surnud osa intensiivsele mineraliseerumisele, vaid ladestuvad turbana.

Puhmarinde juurestik hõlmab rabamullal vaid õhukese ajuti paremini õhustatud pindmise turbakihi. Et turbasammal laguneb aeglasemalt kui teised rabataimed, on ka turbasambla jäänuuste osakaal rabaturbas suurem võrreldes teiste rabataimedega. Nii näiteks laguneb suhteliselt kiiresti valdava osa rohurinde taimeliikide vare. Keskmiselt lagunevateks võib pidada tarnu, oksti ja okkaid, millistest jääb lagunemata ca 20–30%. Lagunemisele vastupidavateks on aga turbasamblad ja tupp-villpea maa-alused osad, millistest võib turbana säilida >80% kogumassist. Turbasammalde aeglasem lagunemine on tingitud ka nende koosseisus olevatest fenoolsetest ühenditest, mis on hästi vastupidavad iga-sugustele hüdrofüüsiprotsessidele. Tulenevalt rabamuldades toimuva arenguprotsessi seaduspärasustest on rabamuldade valdavaks koostisosaks kujunenud fuskumi-, magellaanikumi-, kanarbiku-, villpea- ja männihalvasti lagunenud turbad (Masing, 1984; Valk, 1988; Allikvee, Ilomets, 1995).

Omadused ja talitlemine

Halvasti lagunenud rabaturvasmulla pindmise 10–20 cm tuseduse kihi lasuvustihedus on väga väike (0,02–0,04 Mg m⁻³). Alumistes rabamulla kihtides on lasuvustihedus valdavalt piirides 0,05–0,06 Mg m⁻³. Seega värskest moodustunud rabaturvas (lasuvustihedusega <0,02 Mg m⁻³) tiheneb oma tasakaalulise tiheduseni (ca 0,06 Mg m⁻³) 50 cm turvasmulkatte keskmises ja alumises osas. Rabaturba tahke osa tihedus varieerub vahemikus 1,5–1,6 Mg m⁻³ ning tema üldine poorsus on suur (95–98%). Rabamulla eripind on enamasti piirides 300–450 m² g⁻¹.

Kuivendamise korral intensiivistub rabamulla turba lagunemine mitmekordselt. Kuivendatud rabamuld muutub ajapikku kõduturbaks ja ka tihkestub olulisel määral. Kõige selle tõttu turba lasuvustihedus võib kuni 10 kordselt suureneada, ulatudes >0,20 Mg m⁻³.

Rabamulla redokspotentsiaal on kõrgem pealismullas (ca 480 mV) võrreldes alusmullaga (ca 380 mV). Mikroobne biomass on rabamullas piirides 9–13 mg g⁻¹, kusjuures valdava osa sellest (80–90%) moodustab seente müetseel. Bakterite biomass on piirides 7–13%, seente spooride oma 2–11% ja aktinomütseete on vaid alla <1% (Inisheva jt, 2011).

Rabamuldade turba üldine tuhasus on valdavalt alla 3% (1,5–2,5) ja nad on väga tugevasti happelised: pHKCl on 2,5–3,0, hüdrofüütiline happesus 60–110 cmol kg⁻¹ ja liikuva alumiiniumi sisaldus

>400 mg kg⁻¹. Rabamuldade neeldunud aluste ja üldlämmastiku sisaldus on väike (vastavalt ca 20–40 cmol kg⁻¹ ja 8–12 g kg⁻¹) ning küllastusaste väga madal (10–30%), kuid suhe C : N on lai (>50).

Turba lagunemisel ehk humifitseerumisel suurenevad temas C ja N sisaldused ning vähenevad O ja H sisaldused. Suurima osa vähelagunenud turvasmullast moodustavad kergesti hüdrolüüsuvad komponendid (tselluloos, hemitselluloos) ja lahustumatu jääk. Oluline osa kuulub ka huumushapetele (ca 10–30%). Väikese osa moodustavad vees lahustuvad ühendid (ca 1–3%) ja bituumid (<3%).

Rabavee hapnikusisaldus on alusmullas väga madal <0,2 mg liitris, pealismullas on see suurem ca 6 mg l⁻¹. Rabavesi on vaene ka lämmastiku poolest sisaldades seda 0,75–1,0 mg l⁻¹, millest valdava osa moodustab orgaanilise aine hõljumis olev lämmastik. Suhteliselt rikkam on rabavesi vees lahustunud süsiniku poolest (45–110 mg l⁻¹), millest 50–60 mg l⁻¹ moodustavad fulvohapped ja 5–25 mg l⁻¹, huumushapped. Keemiline hapnikutarve on piirides 60–225 mg liitri kohta.

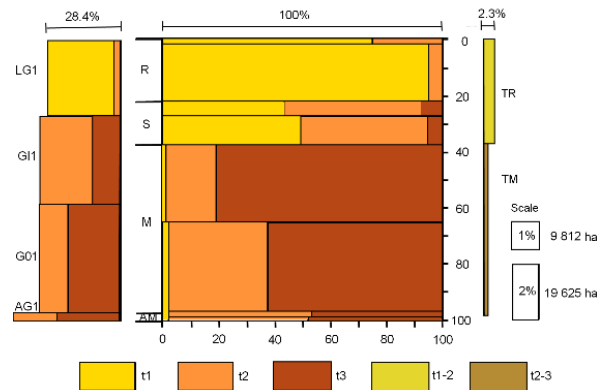
Looduslikud rabamullad on oma alalise liigniiskuse tõttu (võivad maksimaalselt mahutada 15–20 korda rohkem vett võrreldes turba kuivmassiga) külmad ja aeglaselt soojenevad. Soojuse levikut rabamulda takistab ka poorne turbakiht. Liigniiskuse ja vähese soojuse tõttu rabamulla turvas säilib praktiliselt lagunemata kujul või siis see laguneb vähesel määral vaid kuival ja soojal suveperioodil.

Levik ja teenused ühiskonnale

Rabamullad moodustavad Eesti muldkattest 5,1% ja turvasmuldadest 21,7% (joonis 1). Suurimad rabamuldade levikualad on Pärnu madalik, Alutaguse, Võrtsjärve nõgu ja Peipsi-äärsed madalikud (joonis 2). Rabade osakaal on suur (üle 20%) Muraka, Puhatu, Võlla, Emajõe Suursoo ja Palupõhja agro-mullastikulistes mikrorajoonides ning maakondadest (üle 10%) Pärnumaal ja Ida-Virumaal (joonis 3). Suuremad tüsed turbakihiga rabamullamassiivid piirnevad oma leviku äärealadel siirde- ja madaloomuldadega, kuid väiksemad (õhukesed rabamullad) – turvastunud leedemuldadega.

Talitlevate rabamuldade ühiskonnale osutatavad teenused (hüved) võivad olla oma loomult ökoloogilised, majanduslikud, teaduslikud, rekreatiivsed, esteetilised ja muud taolised. Rabad ja nende muldkate 1) rikastab piirkondlikku looduslikku mitmekesisust kõrgsoole ehk rabale omaste taimekoosluste ja nendega seotud elustiku poolest; 2) mitmekesistab piirkonna maastikku omapärase ürgloodusliku märgalaga, mida saab kasutada looduses puhkamise ja looduse tundmaõppimise eesmärgil; 3) on atmosfäärse päritoluga (raba)vee reservuaariks, mis võib kõrgsoode puhul eksisteerida ka positiivse pinnavormi kujul; 4) on rabaturbalaamasid kaitsvaks ja juurdekasvu genereerivaks kihiks; 5) eksisteerivad territooriumina, mille arvel saab vajaduse korral laiendada kõrgeproduktiivsete kultuurökosüsteemide pinda; 6) on rahva poolt hinnatud marjade (mura-

kas, jõhvikas) ja ravimtaimede looduslikuks kasvukohtaks; 7) on taimkatte ajaloolise arengu arhiiviks tänu turvas akumulatsioonide tolmuterade ja radioaktiivse süsiniku andmepangale ja 8) võimaldavad vajaduse tekkel kasutada turvasmulkattes ja tema all olevaid turvavarusid erisugusel majanduslikul otstarbel (alusturbana, aianduse kasvusubstraadina ning soojusenergia tootmise ja keemiatööstuse toorainena).



Joonis 1. Rabamuldade osatähtsus teiste Eesti turvasmuldade (100% keskmine ruut) ning selle võrdlus tehisturvas- (tulp paremal) ja turvastunud (tulp vasakul) muldadega

Mullad: R – raba-, S – siirdesoo-, M – madal soo-, AM – lammi-madal soo-, TR – tehis-raba-, TM – tehis- madal soo-, LG1 – leede-turvastunud, G11 – küllastumata turvastunud, G01 – küllastunud turvastunud, AG1 – lammi-turvastunud muld

Turba (t) lagunemise astmed: t₁ – halvasti, t₂ – keskmiselt ja t₃ – hästilagunenud turvas

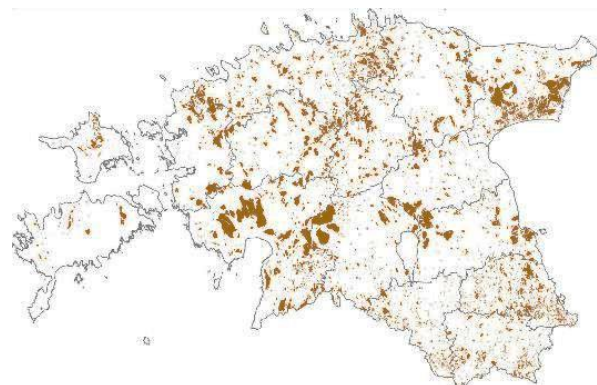
Turvasmuldade jaotus kaheks turba tüseduse järgi: Ülemine osa – väga õhukesed ja õhukesed (turba tüsedus 30–100 cm) turvasmullad (R' ja R'', S' ja S'', M' ja M'' ning AM' ja AM'') ja alumine osa sügavad (turba tüsedus >100 cm) turvasmullad (R''', S''', M''' ja AM''')

Figure 1. Role of bog soils among other peat soils of Estonia (square in the middle 100%) as compared with associated peaty soils (column on left side) and quarry peat soils (on right side)

Soils: R – bog, S – transitional bog, M – fen, AM – alluvial-fen, TR – high-bog quarry, TM – fen quarry, LG1 – peaty gley-podzols, G11 – peaty dystic gley, G01 – peaty eutric gley, and AG1 – peaty alluvial soils

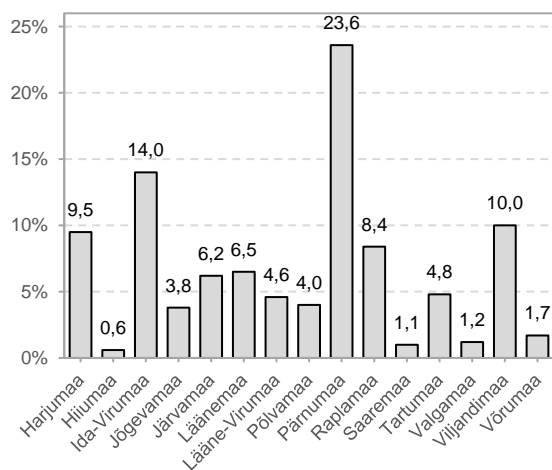
Degree of peat (t) decomposition: t₁ – slightly, t₂ – moderately and t₃ – well decomposed

Peat soils groups by peat thickness: 1) upper part thickness 30–100 cm (R', R'', S', S'', M', M'', AM' and AM'') and 2) lower part >100 cm (R''', S''', M''' ja AM''')



Joonis 2. Rabamulla levikualad. Koostanud Priit Penu ja Tambet Kikas

Figure 2. Distribution of bog soils. Compiled by Priit Penu and Tambet Kikas



Joonis 3. Rabamuldade levik Eesti maakondades. Koostanud Priit Penu ja Tambet Kikas.

Figure 3. Distribution of bog soils in Estonian Counties. Compiled by Priit Penu and Tambet Kikas.

Arutelu rabamuldade süsiniku käibe ja kaitse kohta

Rabamuldade orgaanilise süsiniku varud ja käive

Meie kalkulatsioonide järgi akumulereib üks hektar raba pindmist 30 cm tusedust turbakihti keskmiselt $43,5 \pm 3,5$ Mg ja 50 cm kiht $139,4 \pm 8,7$ Mg orgaanilist süsinikku (Kõlli jt, 2009b). Kokku on Eestimaa poolemeetrise tusedusega rabamuldakattes akumulereunud $33,7 \pm 2,1$ Tg orgaanilist süsinikku, millest $10,5 \pm 0,8$ Tg paikneb pindmises 30 cm tuseduses epipedoni kihis. Eestimaa poolemeetrise turvasmulkatte mass (kokku 543,7 Tg) moodustab ca 22,9% kogu Eesti turbaravust, mis on Orru (1992) järgi 2,37 Pg (Kõlli jt, 2009a).

Looduslike rabamuldade produktiivsus on siiski äärmiselt madal. Rabametsade valdav boniteet Va tähendab minimaalset kogust männi tüvepuitu (alla 80–100 tihumeetri hektari kohta) ja selle aastajuurdekasvu ($1,6\text{--}2,1$ tm ha kohta; Etverk, 1980). Kui võrrelda seda meie parimate ja keskmise produktiivsusega metsaökosüsteemidega, siis on see kordades (vastavalt ca 5 ja 3 korda) väiksem. Samas võib seoses rabastumise intensiivistumisega puurinde juurestik sattuda rabamulla anaeroobsesse turbakihti, mille tõttu puud surevad välja, varisevad turbasse ja nendest moodustub ajapikku kasvukohale akumulereuv puu-(männi-)turvas. Nii võib rabametsa asemele moodustuda puis- või isegi lageraba.

Kuivõrd rabastumise edenemisega väheneb puurinde (puidu-) roll rabamulla kogu produktiivsuses, siis kasutame nende muldade produktiivsuse analüüsil mõistet aasta fütoproduktiivsus (AFP). AFP, mida väljendatakse absoluutkuiva fütomassina pindalaühiku kohta ($\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$, $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$), kätkeb endas peale puurinde tüvede, võrade ja maa-aluse osa aasta produktiivsuse ka sambla, rohu- ja puhmarinde AFP (Kõlli, 1991). Rabamuldade AFP on suhteliselt stabiilne näitaja, sest teda moodustavad erinevate rinnete AFP kompenseerivad vastastikku üksteist.

Looduslikus olekus rabametsa puurinde (täiusega 0,6–0,7) AFP ulatub piiridesse $1,6\text{--}1,9$ $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$, millest tüvede puidule langeb ca 54%, okstele 15%, juurtele koos kändudega 12%, okastele 12% ja puukoorele 7%. Puisrabade puurinde AFP ei ületa tavaliselt $0,5\text{--}0,7$ $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ kohta. Mida väiksem puurinde roll seda suurem on nii ökosüsteemi kogu fütomassi kui ka selle AFP osas mosaiiksel alustaimestikul. Suurima AFP-ga raba alustaimestiku hulgas on samblarinne, mille keskmine AFP ulatub meie rabamuldadel piiridesse $0,9\text{--}1,2$ $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$. Kosykh'i ja Naumovi andmetel (2012) ulatub Eesti rabaökosüsteemidega ekvivalentsetes tingimustes kasvanud rabamulla *S. fuscum* AFP isegi piiridesse 2,5 kuni 3,5 $\text{Mg kuivmassi ha}^{-1} \text{a}^{-1}$. Puhmarinde AFP on tunduvalt tagasihoidlikum (keskmiselt $0,20\text{--}0,40$ $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$), mistõttu jäävad nad olelusvõitluses alla turbasammaldele. Rohurinde osa rabade AFP koguhulgas on keskmisena väga väike ($0,1\text{--}0,2$ $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$), välja arvatud muidugi juhtudel, kui on tegemist hästi arenenud rohurindegaga. Taolist olukorda esineb põhiliselt siiski vaid üleminekualadel rabamuldadel siirdesoo muldadele.

Üldistatult saab öelda, et meie rabamuldade AFP väljendatuna kuivmassina on $2,0\text{--}3,5$ $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ning seotud süsiniku alusel veidi alla poole sellest ($0,9\text{--}1,6$ $\text{Mg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$). Suurema produktiivsusega on puisrabad, väiksema juurdekasvuga aga lagerabad. Lääne-Siberi rabade vastavad näitajad varieeruvad ligikaudselt samades piirides (vastavalt kuivmassi $2,1\text{--}3,4$ ja orgaanilist süsinikku $1,0\text{--}1,6$ $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$; Inisheva jt, 2011). Võrreldes rabamuldade AFP meie parimate mineraalmuldadega on rabamuldade produktiivsus ca 5 korda väiksem ja võrreldes keskmise produktiivsusega muldadega üle kolme korra väiksem.

AFP on ainukeseks materiaalseks aluseks uue turba kihi tekkele, sest atmosfääri kaudne mineraalsete ainete sissetulek rabaökosüsteemi aineringses on puhtas looduses minimaalne. Looduslikult talitleva rabamulla paljuaastane keskmine turba juurdekasv oleneb kahest teineteisele vastandlikust protsessist, milleks on ühelt poolt AFP ja sellest moodustuva varise voog kasvukoha turbasse, ja teiselt, värske varise ja eelmistel aastatel moodustunud veel mitte stabiliseerunud turba lagunemise määr. Uue turba akumulereumist saab väljendada mitmel erineval moel, kas lähtuvalt turba massist, turbas sisalduva süsiniku massist või hoopiski tuseduse juurdekasvuna millimeetrites aasta kohta. Turba juurdekasvud antakse üldreeglina aasta, kuid massi juurdekasvud veel ka pindalaühiku (ha, m^2) kohta. Turba juurdekasvu hindamise teeb keerukaks juurdekasvude suur varieerumine, mis on toimunud, ühelt poolt, geoloogilises ajas sõltuvuses kliimatiliste tingimuste muutumisega. Teiselt poolt on täheldatavad selged varieeruvused ka nüüdisajal, nii seoses rabapinna mikroreljeefi ja sellega kohastunud rabataimkatte mosaiiksusega, kui ka aastast aastasse muutuvate meteoroloogiliste tingimustega. Kui rabataimkatte vegetatsiooniperioodi produktiivsuse dünaamika on aastate jooksul suhteliselt ühetaoline, siis raba pealmises kihi lagunemises on sel-

lest tunduvalt suuremad varieeruvused. Kui produktiooniprotsess saab igal aastal oma alguse soojalaine tulekuga turbapinnal olevasse taimkattesesse, siis lagunemisprotsess on ettemääratam, kuna ta on seotud nii soojuse kui õhurežiimide õigete vahetõrgete saabumisega 0–7 cm turbakihti. Võttes arvesse eelpool toodud asjaolusid oleks rabamuldade iseloomustamiseks õigem kasutada pikemate perioodide kohta arvatud keskmisi näitajaid. Ka tasub meeles pidada tõdemust, et turba akumulatsioon sõltub ennekõike turba lagunemisest, mitte aga niivõrd uue varise juurdetulekust turbamulda (Mäkilä, Saarnisto, 2008).

Paljude allikate alusel on meie rabamuldade paljuaastane keskmine turba juurdekasv $1,0 \pm 0,2$ mm (Valk, 1988; Allikvee, Ilomets, 1995). See juurdekasv on kehvativ pealiturbamulla 10–30 cm sügavusel lasuva tasakaalustunud turba puhul, sest pindmine kuni 10 cm turbakiht on vajumata ja seega veel väga väikese lasuvustihedusega ($<0,02$ Mg m⁻³). Kui turba juurdekasvu hindamine tüseduse kasvu järgi annab küllaltki hea ülevaate kogu turbalasuundi suhtes, siis turvasmuldkatte osas see näitaja ei sobi, sest selles kihis ei ole turba lasuvustihedus veel stabiliseerunud ehk selle tiheduses esinevad mitmekordsed erinevused. Turvasmuldade puhul oleks õigem anda juurdekasvu hinnang, kas turba kuivmassi või temas oleva süsiniku alusel.

Rabataimkatte turvasmulla pinnale ja või selle pindmisse kihti sattunud taimse vare pidevalt kulgev lagunemine-humifitseerumine kestab aastakümneid kuni tema stabiliseerumiseni turba anaeroobses keskkonnas. Lagunemise protsessidest säilinud vare osa käsitletakse kui turba juurdekasvu. Eestis ja Eestiga sarnastes (pedo-ökoloogiliselt ekvivalentsetes) tingimustes on looduslikult talitlevate rabaturvasmuldade juurdekasv viimase 300–500 aasta jooksul varieerunud piirides 100–580 kg C ha⁻¹ ehk 0,2–1,1 Mg ha⁻¹ turba kuivmassi aasta kohta (Mäkilä, Saarnisto, 2008). Samade autorite üldistustena on *Holotseeni* valdavalt rabaturba keskmised juurdekasvud olnud (Soomes, Lääne-Siberis, Kanadas, Alaskal) küllaltki kitsastes piirides ulatuses 150 kuni 250 kg C ha⁻¹ a⁻¹. Võttes arvesse ka meie poolt tehtud arvutusi võiks Eesti rabamuldade keskmiseks reeperjuurdekasvuks võtta 0,15–0,25 Mg C ha⁻¹ a⁻¹ ehk 0,3–0,5 tonni kuiva turvast hektari kohta aastas. Viimasena toodud suuruse vastavust konkreetse raba kohta saame kontrollida võttes aluseks kas kogu rabastumise perioodi või selle teatud osa kulgemise aja ja sellel perioodil moodustunud turbavaru.

Viimastel aastakümnetel on laekunud rohkesti andmeid CO₂ ja CH₄ emissiooni mõõtmiste kohta talitlevalt rabapinnalt (Strack jt, 2008; Salm jt, 2010; Inisheva jt, 2011). Siinjuures on olnud komplitseeritud vahetegemine CO₂ emissiooni algpõhjuste vahel. Nii eritub osa CO₂-st produktiooniprotsessi tulemusena (autotroofne hingamine), osa orgaanilise aine säilitushingamisena ja/või turba lagunemisega aeroobses keskkonnas (heterotroofne hingamine). CH₄ emissioon, mis on seotud anaeroobse keskkonnaga, toimub vaid vähe- sel määral turvasmuldkatte alumises kihis, sest põhiliselt toimub see ikkagi turvasmuldkattest allpoolasuvate

turbavarude arvel. Orgaanilise süsiniku väljumine raba- ökosüsteemist võib peale nende toimuda veel ka vees lahustunud süsiniku ja rabavees olevate orgaanilise aine peente osiste ehk hõljumi koosseisus. Ka aeg-ajalt puhkevad rabamaastiku põlengud suurendavad oluliselt CO₂ emissiooni rabamuldkattest atmosfääri.

Juhul kui on tegemist kasvava rabaga, kus iga-aastasest AFP süsinikust akumulatsioon raturbasse ca 10% ning samas esinevad ka süsiniku hüdroloogilised (rabavete liikumise kaudsed) kaod mõne protsendi ulatuses, siis keskmine CO₂ emissioon rabamullast ei tohiks ületada 0,8–1,3 Mg CO₂-C ha⁻¹ a⁻¹ ehk keskmine heterotroofne hingamine aasta jooksul peaks jääma alla 3–5 tonni CO₂ ühe hektari kohta. CO₂ emissiooni mõõdukas suurenemine ei pruugi alati olla seotud varasemate turbavarude lagunemisega, sest on võimalikud veel ka AFP aeg-ajalt toimuvad intensiivistumised. Samas on rabade ühe aasta CO₂ emissiooni suurenemine üle 12–13 tonni hektari kohta selgeks märgiks rabamuldade degradeerumise kohta.

Rabamuldade kasutamine ja kaitse

Võttes aluseks rabade ja nendel asuva muldkatte ökoloogiliste teenuste loetelu selgub, et rabade kasutamise ja kaitsega seotud probleemidest on huvitatud paljud erinevate elualade esindajad. Rabade kaitse ja kasutamise korraldamise teeb keeruliseks ka see, et suur osa rabadest on talitluslikult seotud mitte ainult teiste normaalse arenguga soomuldadega (madal- ja siirdesood), vaid ka lammi-madalsoo- ja jääksoomuldade kui anomaalsete turvasmuldadega ning samuti ka kõigi nendega kokkupuutes olevate veekogude ja turvastunud mineraalmuldadega. Nimetatud asjaoludest lähtuvalt vajab Eestimaa rabade muldkatte kasutamise ja kaitse korraldus laiapõhjalist arutelu, millesse oleks hõlmatud rabade käekäiguga seotud erinevate huvigruppide esindajad ja maavaldajad. Arutelu tulemusena tuleks leida mõistlik tasakaal, nii pikemas perspektiivis kui antud hetke majanduslikus olukorras, rabade kasutamise ja täieliku lukku panemise vahel.

Kõigile kättesaadavate kirjandusallikate (vt kasutatud kirjanduse nimekirja) järgi on Eestis olemas arvestatavates kogustes väliuurimisi ja inventuure soode sh rabade turbavarude ning nende liikide ja omaduste, taimkatte koosseisu ja tüpiseerimise ning turvasmuldade leviku ja omaduste kohta. Arvestataval hulgal on tehtud süvaurimisi turbalaamade ökoloogia ja arengu, hüdroloogia, eri liiki turvaste bioloogiliste ja keemiliste omaduste, rabade kuivendamise ja metsastamise ning kaitsega seotud probleemide kohta. Taoline uuritustase on heaks aluseks seni valitud suundade korrigeerimiseks ja kohandamiseks muutuvate majandamistingimustega. Eitada ei saa sealjuures ka mõningaid rabadega seotud probleemide senist vähest uuritust, milledest olulisemateks on jääksoodo rekultiveerimise võimaluste ja raba- ökosüsteemide süsiniku aastabilansi ja selle mõjurite uurimine. Kõigi huvigruppide vajaduste mõistlikku arvestamist ei saa tagada aga ilma olemasolevate uurimisandmete sünteesita (mida ei ole kahjuks seni vajali-

kul määral tehtud), sest see tagaks komplekssema (teaduspõhise) arutelu võimaluse turbaalade kasutamise ja kaitse osas.

Selgitamist (või revideerimist) vajab iga konkreetse raba tähtsus nii Eesti kui terviku seisukohalt, kui ka lokaalsetest huvidest lähtuvalt. Esimene valik kaitstavate rabaalade osas on seni tehtud ja peaks ka edaspidi toimuma kogu riigi seisukohalt. Mõistlik valik on selline, mis võimaldab riigil arendada teaduspõhiselt kõiki erinevaid kasutamise suundasid. Teine valik on pigem kohalike omavalitsuste või maaomanike otsustada, kusjuures majandamise kulud ja tulud lähtuksid kohalikest huvidest. Piirkondliku tähtsusega rabade suhtes võiks lubada tunduvalt rohkem manipuleerimise võimalusi. Näiteks otsustada kas sellel alal on suurem rekreatiivne ja koriluse väärtus versus turba kaevandamisel või kuivendamisel intensiivsemaks metsakasvatuseks jms.

Teenimatult on üldrahvaliku põlguse alla kistud nn soodesõja käigus rabamuldade kuivendamine (Marvet, Kukk, 2010). Kindlasti on selles osas tehtud suuremaid või väiksemaid möödalaskmisi, kuid samas on see siiski üks oluline võtte paljude teiste kõrval, mis aitab teatud rabamulda mõistlikult ühiskonna huvides ära kasutada. Nii muutub rabamuldade kuivendamisel koos defitsiidis olevate toiteelementide (milleks on tavaliselt fosfor ja mõned mikroelemendid) manustamisega nende pindmine osa (epipedon) ajapikku hästi lagunenu eutroofseks kõduturbaks ning koos sellega on rabamuld transformeerunud madalsoo ilmega siirdesoomullaks. Taolistel kuivendatud rabamuldadel saavad männi kõrval edukalt areneda ka kuusikud ja kaasikud (Valk, 1995; Lõhmus, 2008; Pikk, 2010). Kuivendatud rabade alustaimestik hakkab enam sarnanema mustika kasvukohatüüpi mineraalmuldade taimestikuga ning puistute boniteet paraneb oluliselt. Loomulikult domineerib kuivendatud rabamuldadel süsiniku emissioon selle akumulierumise üle turbamullas, kuid samal ajal saab osa kaost kompenseeritud selle talletumisega hoopiski väärtuslikumasse fütomassi, milleks on puurinde tüve puit.

Rabamuldade vale kasutamisega seotud talitluste ebasoovitavaid muutusi ja omaduste degradatsiooni on võimalik vältida maavaldaja teadlikkuse tõstmise kaudu. Prioriteedina peaks Eesti riik finantseerima jääksoode rekultiveerimist produktiivseteks püsi-rohuma- või metsa-ökosüsteemideks. Meie arvates ei ole õige teha suuri investeeringuid katkenud või katkestatud rabastumisprotsesside tagasipööramiseks, et taastada talitlevad rabad. Taolised ettevõtmised on teatavasti väga kulukad ja tulemused kaheldavad. Mõistlik oleks äärmisel juhul majandada mõnda katseala, et saada kogemusi talitleva raba taastamise alal. Aga üldiselt ei ole see meie prioriteet, sest meil on rabade haldamise mitmekesistamiseks ja uurimiseks piisavalt võimalusi olemasolevate eriilmeliste rabade arvel. Samas on muidugi teada, et nii mõneski Euroopa piirkonnas taoline mitmekesisus puudub ja seal ollakse eluliselt huvitatud rabade taastamise kogemuste väljatöötamisest. Samas, kui meil on olemas vastavad asjatundjad,

siis nad peaksid saama seda teha mitte Eesti maksu- maksja raha, vaid sellest huvitatud riikide finantseerimisel. Põhilised argumendid rabade taastamise vastu on järgmised: 1) rabaökosüsteemid on äärmiselt madala produktiivsusega ja ilmaasjata ei tasuks suurendada väheproduktiivsete maismaaökosüsteemide pindala, 2) raba floora ja fauna liigikaitse ei ole Eestis probleemiks, sest et selle saab tagada senini kaitse all olevate rabade arvel, ja 3) meil puudub rabade taastamise kogemus, mis arvatavasti on kulukas ja töömahukas protsess.

Kokkuvõtte rabade kaitsega seotust

- Vajalik on saavutada mõistlik tasakaal rabade kasutamise ning eriotstarbega ja rangusega kaitse vahel.
- Võimalikult kompleksel moel tuleks optimeerida kaitsealuste rabade hulk ja pindala, et oleks kaetud kõik olulised loodus ja keskkonnakaitsele vajadused nii kogu riigi kui regionaalsetest huvidest lähtuvalt.
- Rabade kasutamine ja kaitse peaks lähtuma rabade käesolevast seisust ja tehtud inventuuridest, kuna need on piisavalt heaks aluseks edaspidise strateegia väljatöötamisel.
- Järgides nõuet, et ei tohiks lubada rabamuldi kasutada haritava maana, on siiski paljudel juhtudel õigustatud rabamuldade senisest tunduvalt intensiivsem kasutamine. Rohkemal määral võiks lubada rabametsade kasvutingimuste parandamist niiskuse-žiimi osalise reguleerimise abil. Samas tuleks arvestada, et kompleksse kasutusplaani ja kooskõlastuse puudumisel on õigem lage- ja puisrabad jätta senisesse looduslikku seisu.
- Nutulaul Eesti rabade kadumise üle on ehk pisut liialdatud ja sellega seoses ei saa majanduslikust küljest pidada otstarbekaks talitlevate rabamuldka- tete laialdast taastamist.
- Väärtusliku põllumajandusliku maa analoogia põhjal võiks koostada vastavasisulise seadustiku ka turvasmuldade suhtes, kus on seadusega määratud pii- rangute kõrval esitatud ka nende hea kasutamise tava.

Huvide konflikt / Conflict of interests

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

Tänuavaldused

Autor avaldab tänu PMK Mullaseirebüroo juhatajale Priit Penule rabamuldade levikukaardi koostamise eest.

Kasutatud kirjandus

- Allikvee, H., Ilomets, M. 1995. Peatlands and their development. In: Estonia. Nature (Ed. A. Raukas). – Tallinn, Valgus, p. 327–347 (in Estonian).
- Arold, I. 2005. Eesti maastikud. – Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 453 lk.

- Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. 2012. Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele. – Eesti Loodusfoto, Tartu, 486 lk.
- EMDK, Eesti muldade digitaalne kogu, 2008. Eesti Maaülikool (võrguteavik) – <http://mullad.emu.ee/>
- Etverk, I. (koostaja) 1980. Metsamajanduse teatmik. – Valgus, Tallinn, 376 lk.
- Ilnicki, P. 2002. Peatlands and peats. – Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego, Poznan.
- Inisheva, L.I., Golovchenko, A.V., Szajdak, L.W. 2016. Distribution of organic compounds in the System of geochemically linked mires (the spurs of Vasyugan Mire). In: Biogenic – abiogenic interactions in natural and Anthropogenic Systems (Eds. O.V. Frank-Kamenetskaya, E.G. Panova, D.Y. Vlasov). – Springer International Publishing, Switzerland, p. 288–306.
- Inisheva, L.I., Zemtsov, A.A., Novikov, S.M. 2011. Vasyugan Mire. Natural conditions, structure and functioning. – Russian Academy of Agricultural Sciences, Tomsk, 158 pp.
- IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. – World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 182 pp.
- Jefimov, V.N. 1980. Peat soils / Torfjanõe potchvõ. Rosselhozizdat, Moskva, 120 pp. (in Russian).
- Kosykh, N.P., Naumov, A.V. 2012. The sphagnum cover of the northern West Siberian mires. In: Necessity of peatlands protection (Eds. L.W. Szajdak, W. Gaca, T. Meysner, K. Styla, M. Szczepanski). – IAFE PAS, Poznan, p. 119–129.
- 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. 1991. Ökosüsteemide fütoproduktiivsuse pedoökoloogiline analüüs. I. Metsad. – Agraarteadus II, 1:39–60.
- Kõlli, R. 2015. Rabamuld: Aasta muld 2016. – Teavik. Eesti Mullateaduse Selts, Eesti Loodusfoto, Tartu, 6 lk.
- Kõlli, R., Astover A., Noormets, M., Tõnutare, T., Szajdak, L. 2009a. Histosol as an ecologically active constituent of peatland: a case study from Estonia. *Plant and Soil*, 317(1–2): 3–17.
- Kõlli, R., Ellermäe, O., Köster, T., Lemetti, I., Asi, E., Kauer, K. 2009b. Stocks of organic carbon in Estonian soils. – *Estonian Journal of Earth Sciences*, 58(2): 95–108.
- Kõlli, R., Kukkk, L., Astover, A. 2012. The management and protection of peat and peaty soils: an ecosystem approach. In: Necessity of peatlands protection (Eds. L.W. Szajdak, W. Gaca, T. Meysner, K. Styla, M. Szczepanski). IAFE PAS, Poznan, p. 281–296.
- Laasimer, L. 1965. Eesti NSV taimkate / Plant cover of Estonian SSR. Valgus, Tallinn. 397 lk. (in Estonian)
- Laasimer, L., Masing, V. 1995. Taimestik ja taimkate / Flora and plant cover. In: Estonia. Nature. (Ed. A. Raukas). – Tallinn, Valgus, p. 364–396. (in Estonian)
- Lõhmus, E. 2006. Eesti metsakasvukohatüübid / Estonian forest site types. – Loodusfoto, Tartu, 80 lk. (in Estonian)
- Maa-amet, 2001. Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri. http://geoportaal.maaamet.ee/docs/muld/mullakaardi_seletuskiri.pdf
- Maa-ameti Geoportaal, 2016. Mullakaart. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Kaardiserver-p2.html>
- Marvet, A., Kukkk, T. 2010. Soodesõda ei lõpe kunagi: Intervjuu. – Eesti Loodus, 9: 34–39 (442–447).
- Masing, V. 1984. Estonian bogs: plant cover, succession and classification. In: European mires (Ed. P.D. Moore). – Academic Press, London, p. 119–148.
- Masing, V. 1997. Ürgsed sood kui loodusmälestised. Eesti Entsüklopeediakirjastus. – Tallinn, 96 lk.
- Mäkilä, M., Saarnisto, M. 2008. Carbon accumulation in Boreal peatlands during the Holocene – Impacts of climate variations. In: Peatlands and climate change (Ed. M. Strack). – International Peat Society, Jyväskylä, p. 24–43.
- Orru, M., Orru, H. 2008. Sustainable use of Estonian peat reserves and environmental challenges. – *Estonian Journal of Earth Sciences*, 57, 87–93.
- Orru, M. (Ed.) 1992. Eesti turbavarud / Estonian peat resources. RE Eesti Geoloogiakeskus. – Tallinn, 146 lk. (in Estonian)
- Orru, M. 1995. Eesti turbasood. Teatmik/ Estonian mires. – Handbook. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 240 lk. (in Estonian)
- Paal, J. 1997. Eesti taimkate kasvukohatüüpide klassifikatsioon / Classification of Estonian vegetation site types. Eesti Keskkonnaministeerium ja ÜRO Keskkonnaprogramm, Tallinn, 297 lk.
- Paal, J. 2005. Estonian mires. – Landesmuseum Neue Serie, 35, 117–146.
- Paal, J., Ilomets, M., Fremstad, E., Moen, A., Borset, E., Kuusemets, V., Truus, L., Leibak, E. 1999. Eesti märgalade inventeerimine 1997 / Estonian Wetland Inventory 1997. Project report. Eesti Loodusfoto, Tartu. 166 lk. (in Estonian)
- Pikk, J. 2010. Jääksoode metsastamine: Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis (koost. E. Kaar, K. Kiviste). – Eesti Maaülikool, Tartu, lk 396–402.
- Raudsepp, A. 1946. Eesti NSV turbasood / Peat mires of Estonian S.S.R. – Teaduslik kirjandus, Tartu, 240 lk. (in Estonian).
- Salm, J.-O., Soosaar, K., Maddison, M., Tammik, S., Mander, Ü. 2010. Kasvuhoonegaasid ja süsinikuaod Eesti soodest. – Eesti Loodus, 9: 422–427.
- Strack, M., Waddington, J.M., Turetsky, M., Roulet, N.T., Byrne, K.A. 2008. Northern peatlands, greenhouse gas exchange and climate change. In: Peatlands and climate change. (Ed. M. Strack). – International Peat Society, Jyväskylä, p. 44–69.

- Szajdak, L.W., Szatyłowicz J., Kölli, R. 2011. Peats and peatlands, physical properties. In: *Encyclopedia of Agrophysics* (Eds. J. Glinski, J. Horabik, J. Lipiec). – Springer, Dordrecht, The Netherlands, p. 551–555.
- Valk, U. (Ed.) 1988. *Eesti sood / Estonian Peatlands*. – Tallinn, Valgus, p. 343 (in Estonian)
- Valk, U. 1995. Utilization and protection of mires. In: *Estonia. Nature* (Ed. A. Raukas). – Tallinn, Valgus, p. 354–363. (in Estonian)
- Valk, U. 2005. *Eesti rabad: ökoloogilis-metsanduslik uurimus*. – Halo Kirjastus, Tartu.
- Veber, K., Kurm, H., Rätsep, L., Truu. 1961. *Eesti NSV turbafond*. Tallinn. (in Russian)

Review: Bog soil – Year 2016 Soil of Estonia

Raimo Kölli
*Estonian University of Life Sciences,
Fr.R. Kreutzwaldi 5D-111, 51014 Tartu*

Summary

By Estonian Soil Sciences Society for the year 2016 soil of Estonia the bog soil was elected. After WRB these soils are known as Fibric Histosols. The area of bog soils forms 5.1% from whole Estonian soil cover and 21.7% from peat soils' (or Histosols) area. In overview their classification in Estonia, conversion of local soil names into WRB system, ecological conditions of their forming and functioning, hydro-physical and chemical properties, and distribution are treated. Besides that the bog soils' productivity, peculiarities of their bogging processes, importance for society, and their influence on local economy and environmental status are analysed as well. In second part of the overview the estimations on organic carbon stocks and assessments on annual organic carbon fluxes in peaty soil cover are discussed. In the final part and in conclusions the problems connected with rational use and protection of bog soils are treated.



Short communication: THE EFFECT OF VERMICOMPOST BASED GROWTH SUBSTRATES ON TOMATO GROWTH

Margit Olle

Estonian Crop Research Institute, J. Aamissepa 1, 48309, Jõgeva alevik, Estonia
Phone: +372-6711554; E-mail: margit.olle@gmail.com

Saabunud: 28.04.16
Received:
Aktsepteeritud: 07.06.16
Accepted:
Avaldatud veebis: 15.06.16
Published online:
Vastutav autor: Margit Olle
Corresponding author:
e-mail: margit.olle@gmail.com

Keywords: tomato, growth, vermicompost, substrate

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_olle.pdf

ABSTRACT. Vermicomposting is a decomposition process involving the joint action of earthworms and microorganisms. Although microorganisms are responsible for the biochemical degradation of organic matter, earthworms are crucial drivers of the process, by fragmenting and conditioning the substrate and significantly altering its biological activity. The purpose of the work was to assess the influence of vermicompost based growth substrates on tomato transplant growth. Treatments were followed (supplier K. Compos): A) 30% vermicompost, peat, sand and dolomite stone; B) 25% vermicompost, peat, gravel, perlite; C) 25% vermicompost, peat, gravel, concrete block; D) commercially produced growth substrate bought from retail centre, as a control. Substrates containing vermicompost had increased stem diameter compared to control treatment. The tomato plant height was increased in substrates containing 25% vermicompost compared to other treatments. The number of leaves was highest in treatment C compared to other treatments. The number of flowers was increased in treatment A and lowest in treatment D. It can be summarized that for tomato the best growth substrate, regarding growth parameters is 25% vermicompost, peat, gravel, concrete block (treatment C).

© 2016 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2016 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Introduction

Vermicompost role in the nutrition of agricultural fields has attracted attention of researchers worldwide only in recent decades (Adhikary, 2012). Vermicomposting is a decomposition process involving the joint action of earthworms and microorganisms. Although microorganisms are responsible for the biochemical degradation of organic matter, earthworms are crucial drivers of the process, by fragmenting and conditioning the substrate and dramatically altering its biological activity (Dominguez, Edwards, 2004). Vermicompost produced by the activity of earthworms is rich in macro and micronutrients, vitamins, growth hormones, enzymes such as proteases, amylases, lipase, cellulose and chitinase and immobilized microflora. The enzymes continue to disintegrate organic matter even after they have been ejected from the worms (Barik *et al.*, 2011). Vermicomposting is a self-promoted, self-regulated, self-improved and self-enhanced, low or no-energy requiring zero-waste technology. It is easy to construct, operate and maintain vermicomposting. All

other biological or mechanical technologies for production of 'bio-fertilizer' are not as good as vermicomposting technology (Mistry, 2015).

Greece and Egypt valued the role earthworms played in soil, as well as all other civilizations. The ancient Egyptians were the first to recognize the beneficial status of the earthworm. The Egyptian Pharaoh, Cleopatra (69–30 B.C.) recognized the important role the worms played in fertilizing the Nile Valley croplands after annual floods (Medany, 2011). The thoughts of ancient Indian Scientist Sir Surpala (10 Cent. A.D.), who recommended to add earthworms in the soil to get good fruits of pomegranate (Sinha, 2014a). Russian scientist Dr. Anatoly Igonin claimed that nobody and nothing can be compared with earthworms and their positive influence on the whole living Nature. They create soil and improve soil's fertility and provides critical biosphere's functions: disinfecting, neutralizing, protective and productive (Sinha *et al.*, 2014b).

Vermicompost is ideal organic manure for better growth and yield of many plants due to higher nutritional value than traditional composts. This is due to increased rate of mineralization and degree of humification by the action of earthworms. Vermicompost has

also high porosity, aeration, drainage, and water-holding capacity. Presence of microbiota particularly fungi, bacteria and actinomycetes makes it suitable for plant growth. Nutrients, such as nitrates, phosphates, and exchangeable calcium and soluble potassium in plant-available forms are present in vermicompost. Plant growth regulators and other plant growth influencing materials produced by microorganisms are also present (Joshi *et al.*, 2015).

Production of cytokinins and auxins was found in organic wastes that were processed by earthworms. Earthworms release certain metabolites, such as vitamin B, vitamin D and similar substances into the soil (Joshi *et al.*, 2015).

In addition to increased N availability, C, P, K, Ca and Mg availability in the casts are found in vermicompos (Joshi *et al.*, 2015).

Vermicompost contains plant nutrients including N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu and B, the uptake of which has a positive effect on plant nutrition, photosynthesis, the chlorophyll content of the leaves and improves the nutrient content of the different plant components (roots, shoots and the fruits). The high percentage of humic acids in vermicompost contributes to plant health, as it promotes the synthesis of phenolic compounds such as anthocyanins and flavonoids which may improve the plant quality and act as a deterrent to pests and diseases (Theunissen *et al.*, 2010).

The objective of the study was to assess the effect of vermicompost based growth substrates on growth of tomato transplant.

Material and methods

The experiments were carried out in cooperation with company K. Compos glass greenhouses between December 2015 to February 2016. The tomato variety 'Bajaja' was cultivated in four treatments (exact recipes were not available due to property rights):

A) 30% vermicompost, peat, sand and if needed dolomite stone

B) 25% vermicompost, peat, gravel, perlite.

C) 25% vermicompost, peat, gravel, concrete block.

D) Commercially produced growth substrate bought from retail centre (brand not specified) and used as a control. This substrate contained peat, and useful fertilizers for vegetable plant growth.

The results of substrates analyses are in Table 1.

Table 1. The mineral composition and pH of substrates

Treat-ment	pH _{KCl}	N %	P mg kg ⁻¹ (AL)	K mg kg ⁻¹ (AL)	Ca mg kg ⁻¹	Mg mg kg ⁻¹	Org. matter %
A	6.56	1.005	2,689.2	5,029.1	2,656.5	2,193.6	29.61
B	6.79	0.305	684.0	2,423.4	2,303.3	572.2	11.80
C	6.48	0.370	859.3	2,638.2	2,131.4	626.0	13.53
D	5.58	0.968	936.3	2,478.6	4,887.1	1,066.2	76.44

The seeds in first experiment were sown on 2 December 2015. Young plants were transplanted two times: at first at spacing 5 cm into larger boxes (14 December 2015), second time into individual pot

(9 cm diameter), (16 January 2016). Plants harvested together with registration of growth results on 27 February 2016.

Each variant consisted of 16 plants. The experiment had four replicates. Each plot consisted of four plants. The experiment was repeated at the same time, i.e. in the second experiment seeds were sown on 2 December 2015, seedlings were transferred at first at spacing 5 cm into larger boxes (14 December 2015), second time into individual pot (9 cm diameter), (16 January 2016). Plants were harvested on 27 February 2016.

In the end of experiment on tomato the diameter of stem, the height of shoots, the number of leaves and the number of flowers (opened and just about to open) were measured.

The plants were grown in greenhouse with lighting from high pressure sodium lamps at light intensity of 10000 lux. The lighting period was 18 hours (04.00–22.00). A minimum day and night temperature of 23–24 °C was maintained in the greenhouse.

Analyses of variance were carried out on the data obtained using Excel. Used signs: *** – $P \leq 0.001$; ** – $P \leq 0.01$; * – $P \leq 0.05$; NS – not significant ($P > 0.05$).

Results

The stem diameter was statistically different (Table 2). Substrates containing vermicompost had increased stem diameter compared to control treatment.

The height of plants was statistically different (Table 2). The tomato plant height was increased in substrates containing 25% vermicompost compared to other treatments.

Table 2. The tomato plant characteristics mean values (\bar{x}) and standard deviations (SD) depending on growth substrates

Treat-ment	Stem diameter, mm		Height of plants, cm		Number of leaves		Number of flowers	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
A	11.6 ^a	0.8	53.7 ^{ab}	9.7	51.3 ^{ab}	3.7	22.1 ^a	9.7
B	11.3 ^{ab}	0.5	56.5 ^a	8.4	52.8 ^{ab}	4.1	12.2 ^{ab}	7.0
C	10.8 ^{ab}	0.6	54.4 ^{ab}	4.7	54.3 ^a	3.9	15.0 ^{ab}	6.6
D	9.5 ^b	0.7	45.1 ^b	6.9	48.0 ^b	2.5	7.2 ^b	2.1
P-value	<0.001		<0.01		<0.001		<0.001	

The letters 'a' and 'b' refer to the significant difference between the values in column at the level of ≤ 0.05 .

The number of tomato leaves was statistically different (Table 2). The number of leaves was highest in treatment C compared to other treatments.

The number of flowers was statistically different (Table 2). The number of flowers was increased in treatment A and lowest in treatment D.

Discussion

Vermicompost based growth substrates promoted the growth of tomato plants by increasing tomato stem diameter, plant height, number of leaves and number of flowers.

Tringovska and Dintcheva (2012) found that all vermicomposts stimulated growth of tomato transplants, with up to a 2.2-fold increase occurring in shoot biomass. Differences in growth were attributed mainly to differences in nutrient content of the potting mixtures, but some changes in physical and biological properties of the substrate could also be responsible. The examination of the data revealed that Parthenium Vermicompost applied at 5 t ha⁻¹ enhanced the growth of eggplants (Seethalakshmi, 2011).

Worms and vermicompost promoted excellent growth in the vegetable crop with more flowers and fruits development (Adhikary, 2012). Studies made on the effects of vermicompost and chemical fertilizer on the hyacinth beans (*Lablab purpureas*) it was found that growth and flower appearance were significantly higher in those plots which received vermicompost either alone or in combination with chemicals. Vermicompost increases plant growth of some vegetable crops such as tomatoes, Chinese cabbage, spinach, strawberries and lettuce (Adhikary, 2012).

Similarly, both vermicompost and its body liquid (vermiwash) are proven as both growth promoters and protectors for crop plants (Adhikary, 2012).

Accordingly, vermicompost contains a high proportion of humic substances (that is, humic acids, fulvic acids and humin) which provide numerous sites for chemical reaction and microbial components known to enhance plant growth (Theunissen *et al.*, 2010).

In present study was found that vermicompost has positive effects on the growth and flowering of crops, as also found by Mistry (2015). Application of vermicompost increases soil health, soil minerals, water holding capacity, soil micro-organisms and nutritional values of yielding crop as well as decreases plant pest populations (Mistry, 2015).

In accordance with our results it was found that vermicompost is an ideal organic manure for better growth of plants. Application of vermicompost increased seed germination, stem height, number of leaves, leaf area, leaf dry weight, root length, root number, total yield, number of fruits/plant, chlorophyll content, pH of juice, TSS of juice, micro and macro nutrients, carbohydrate (%) and protein (%) content and improved the quality of the fruits and seeds (Joshi *et al.*, 2015).

The reasons for growth promoting effect could be followed: vermicompost is rich in NKP, micro-nutrients, beneficial soil microbes like 'nitrogen-fixing' and 'phosphate solubilizing' bacteria, 'mycorrhizal fungi', humus and growth hormones – auxins, gibberlins and cytokinins. It has very high 'porosity', 'aeration', 'drainage' and 'water holding capacity' (Sinha *et al.*, 2013). Previous study suggested that treatments of humic acids, plant growth promoting bacteria and vermicomposts can be used for a sustainable agriculture discouraging the use of chemical fertilizers (Joshi *et al.*, 2015).

Conclusions

Vermicompost based growth substrates promoted the growth of tomato plants by increasing tomato stem diameter, plant height, number of leaves and number of flowers.

It can be summarized that for tomato the best growth substrate, regarding growth parameters is treatment C, which contains 25% vermicompost, peat, gravel, concrete block.

Conflict of interests

The author declare that experiments were financed by Estonian company K. Compos. I had full access to all of the data in this study and I take complete responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis.

Acknowledgements

Experiments were financed by Estonian company K. Compos.

References

- Adhikary, S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. – *Agricultural Sciences*, 3, 905–917.
- Barik, T., Gulati, J.M.L., Garnayak, L.M., Bastia, D.K. 2011. Production of vermicompost from agricultural wastes. – *Agric. Reviews*, 31(3), 172–183.
- Dominguez, J., Edwards, C.A. 2004. 17. Vermicomposting organic wastes: A review. In: *Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century* (eds. S.H. Shakir Hanna and W.Z.A. Mikhail), Cairo, pp. 369–395.
- Joshi, R., Singh, J., Vig, A.P. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. – *Reviews in Environmental Science and BioTechnology*, 14(1), 137–159.
- Medany, M. 2011. Vermiculture in Egypt: Current Development and Future Potential Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for the Near East. – Cairo, Egypt, 99 pp.
- Mistry, J. 2015. Vermicompost, a best superlative for organic farming: a review. – *Journal of Advanced Studies in Agricultural, Biological and Environmental Sciences*, 2(3), 38–46.
- Seethalakshmi, S. 2011. Response of Eggplant (*Solanum melongena* L.) To Integrated Nutrient Management Amended Soil. – *International Journal of Scientific Engineering Research*, Volume, 2(8), 1–8.
- Sinha, R.K., Soni, B.K., Agarwal, S., Shankar, B., Hahn, G. 2013. Vermiculture for Organic Horticulture: Producing Chemical-Free, Nutritive & Health Protective Foods by Earthworms. – *Agricultural Science*, 1(1), 17–44.
- Sinha, R.K., Hahn, G., Soni, B.K., Agarwal, S. 2014a. Sustainable Agriculture by Vermiculture: Earthworms and Vermicompost Can Ameliorate Soils Damaged by Agrochemicals, Restore Soil Fertility,

- Boost Farm Productivity and Sequester Soil Organic Carbon to Mitigate Global Warming. – *International Journal of Agricultural Research and Review*, 2(8): 99–114.
- Sinha, R.K., Patel, U., Soni, B.K., Li, Z. 2014b. Earthworms for safe and useful management of solid wastes and wastewaters, remediation of contaminated soils and restoration of soil fertility, promotion of organic farming and mitigation of global warming: A review. – *Journal of Environment and Waste Management*, 1(1), 011–025.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P.A., Laubscher, C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. – *International Journal of the Physical Sciences*, 5(13): 1964–1973.
- Tringovska, I., Dintcheva, T. 2012. Vermicompost as Substrate Amendment for Tomato Transplant Production. – *Sustainable Agriculture Research*, 1(2), 115–122.



COMPARISON OF METHANE PRODUCTION FROM INDIVIDUAL FEEDS AND TOTAL DIETS – AN *IN VITRO* EVALUATION

Mohammad Ramin¹, Merko Vaga¹, Edward Hernando Cabezas-Garcia¹, Edenio Detmann²

¹ Department of Agricultural Research for Northern Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences, SE-901 83, Umeå, Sweden

² Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil, 36570-900

Saabunud: 13.04.16
Received:
Aktsepteeritud: 01.06.16
Accepted:

Avaldatud veebis: 16.06.16
Published online:

Vastutav autor: Mohammad
Corresponding author: Ramin
e-mail: mohammad.ramin@slu.se

Keywords: feed interaction, greenhouse gases, gas production

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_ramin.pdf

ABSTRACT. The objective of the current study was to compare methane (CH₄) production from the *in vitro* gas production system by incubating feeds either individually or as mixed total diet. Eleven diets varying in the forage to concentrate ratio were tested. The forages were tropical grass or corn silages and the concentrate mixtures consisted of soybean grain, soybean meal, corn grain, wheat bran, urea and minerals in different proportions. There were three replicates for each diet. Methane production was reported as weighted mean for individual feeds and total diet separately. The mean of CH₄ production from total diet was 30.1 mL g⁻¹ dry matter (DM) and 30.8 mL g⁻¹ DM from the weighted mean of individual feeds. There was a weak correlation between weighted CH₄ production from individual feeds and complete diet ($r = 0.15$). It can be concluded that individual feeds cannot be used as a proxy to estimate CH₄ production from total mixed diets.

© 2016 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2016 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

Introduction

Methane (CH₄) production is a major problem in ruminant production system as it represents a significant energy loss from the diet *i.e.*, 6–6.5% of gross energy intake on average for dairy cows fed on grass silage based diets in Scandinavian countries (Huhtanen *et al.*, 2013). Many factors influence CH₄ production in ruminants such as digestibility, fat, and dry matter intake (Beauchemin *et al.*, 2009; Ramin, Huhtanen, 2013). Measuring CH₄ production from animals by respiration chambers is laborious and costly, but at the same time it is considered the most accurate method (Hellwing *et al.*, 2012).

In this context, the *in vitro* technique is an alternative method to estimate CH₄ production from ruminants (Cone *et al.*, 1996; Ramin, Huhtanen, 2012). One main disadvantage of the *in vitro* technique is that it does not take into account the dynamic of rumen, including the interaction between degradation and passage (Huhtanen *et al.*, 2008). Huhtanen *et al.* (1991) reported possible interaction between dietary components on diet digestibility, on the other hand, interaction among feeds can influence the stoichiometry of rumen fermentation which could modify CH₄ production as well.

However, the interaction between feeds has not been considered in the *in vitro* evaluation of diets.

In this way, we hypothesized that CH₄ production from individual feeds evaluation cannot be used as a predictor of CH₄ production from total diets. The objective of the current study was to compare CH₄ production from the *in vitro* gas production system by incubating feeds either individually or as total mixed diets.

Materials and methods

The *in vitro* trial was carried out at the Department of Agricultural Research for Northern Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden. The study was conducted with the permission of the Swedish Ethical Committee on Animal Research.

Eleven diets were evaluated, with seven different forage-to-concentrate ratios ranging from 90:10 to 55:45 (Table 1).

The forages ($n = 9$) were tropical grass (*Brachiaria decumbens*, $n = 5$) and corn silages (*Zea mays*, $n = 4$). The concentrate mixtures ($n = 7$) were obtained by mixing whole soybean grain, soybean meal, corn grain, wheat bran, urea and minerals in different proportions (Table 2). Seven diets were taken from two grazing trials using Zebu heifers supplemented with concentrates

containing different soybean meal and whole soybean grains contents (Silva, 2012). Three forages were taken from the first grazing trial and two forages were taken from the second grazing trial from the study conducted by Silva (2012). Moreover, four diets were evaluated from a feedlot trial using Nellore bulls fed corn silage (n = 4) and concentrates (n = 4) (Costa e Silva *et al.*, 2013) (Table 1 and 2). The ingredient proportion of concentrates in feedlot trial were the same (the ratio of

different feeds) but differed in their chemical composition as the evaluations were performed along the feedlot period using the animals at different maturities (Costa e Silva *et al.*, 2013).

All forage samples were oven-dried (55 °C, 48 h) and were ground using a knife-mill to pass through a 1-mm screen sieve. The same procedure was performed with the concentrate feeds and carefully mixed according to the correct proportion given in Table 2 to make the concentrate mixture.

Table 1. Chemical composition and digestibility of diets taken from *in vivo* trials (n = 11)

Item	Grazing trial 1 ^A			Grazing trial 2 ^B				Feedlot trial ^C			
	SM	SM:SG	SG	SM1	SM2	SG1	SG2	MS1	MS2	MS3	MS4
Actual chemical composition, g kg ⁻¹ DM											
Organic matter	917	918	918	912	921	922	922	945	946	943	942
Crude protein	112	114	112	74	80	77	75	125	132	125	120
Ether extract	15	23	30	14	13	33	28	33	29	21	24
Neutral detergent fiber	565	555	549	616	598	615	588	326	342	352	364
Diet characteristics ^D											
F:C	90:10	86:14	88:12	85:15	84:16	82:18	86:14	55:45	55:45	55:45	55:45
Organic matter digestibility (g kg ⁻¹)	587	614	616	507	493	494	497	679	696	714	732

^ASM – diet including forage (forage 1) and concentrate mixture with soybean meal as the main protein source; SM:SG – diet including forage (forage 2) and concentrate mixture with soybean meal and soybean grain as the main protein source; SG – diet including forage (forage 3) and concentrate mixture with soybean grain as the main protein source. Adapted from Silva (2012)

^BSM1 and SM2 – diet including forage (forages 1 and 2) and concentrate mixture with soybean meal as the main protein source; SG1 and SG2 – diet including forage (forages 1 and 2) and concentrate mixture with soybean grain as the main protein source. Adapted from Silva (2012).

^CMS1-4 – diets that include corn (4) silage with concentrate mixtures (4). Adapted from Costa e Silva *et al.* (2013)

^DF:C – forage to concentrate ratio (DM basis). For chemical composition of forages and concentrate mixtures see Table 2; The OM digestibility was measured *in vivo* (Silva, 2012; Costa e Silva *et al.*, 2013).

Table 2. Average chemical composition of concentrate mixture and forages separately and feed composition of concentrate mixtures

Item	Feeds from grazing trials ^A					Feeds from feedlot trial	
	SM n = 1	SM:SG n = 1	SG n = 1	Forage trial 1 n = 3	Forage trial 2 n = 2	Concentrate n = 4	Corn silage n = 4
Chemical composition, g kg ⁻¹ DM							
Organic matter	910	919	918	918	920	947	943
Crude protein	339	295	296	86	31	195	65
Ether extract	7	65	131	16	13	30	23
NDF	208	239	141	606	686	134	521
Feed composition of concentrate mixtures, g kg ⁻¹ DM							
Corn grain	0	0	0	–	–	816	–
Soybean meal	500	250	0	–	–	138	–
Soybean grain	0	250	500	–	–	0	–
Wheat bran	430	425	415	–	–	0	–
Minerals	60	60	60	–	–	26	–
Urea	10	15	25	–	–	20	–

^ASM – concentrate mixture with soybean meal as the main protein source; SM:SG – concentrate mixture with a combination of soybean meal and soybean grain as the main protein source; SG – concentrate mixture with soybean grain as the main protein source; Forage 1 and 2 – average composition of forages from trails 1 and 2; n – represents number of forage:corn silages or concentrate mixture used for that specific trial

Thus, the proportions needed for each concentrate mixture and forage for each diet (n=11) were weighted separately (depending on the ratio between forage and concentrate) in the *in vitro* bottles using an AG204DR (Mettler Toledo, Switzerland) analytical balance. Forage:corn silages and concentrate mixtures of all 11 diets were also incubated individually to later calculate CH₄ production based on the weighted mean of forage to concentrate (F:C) ratios of each diet.

Rumen fluid for all three *in vitro* incubation runs was obtained from the same two ruminally cannulated lactating Swedish Red cows about two hours after morning feeding. Cows were fed on a diet containing grass silage and commercial concentrate (60:40 on a dry matter [DM] basis). The crude protein (CP) of silage was

17.3% with a neutral detergent fibre (NDF) content of 55.1%. The commercial concentrate was Solid 220 (Lantmännen, Malmö, Sweden) mainly consisting of wheat, rapeseed meal, oat, dried sugar beet pulp and minerals. The rumen fluid was collected into pre-warmed thermos flasks previously flushed with carbon dioxide (CO₂) and afterwards filtered through four layers of cheesecloth into a buffered mineral solution (Menke, Steingass, 1988), with the ratio of rumen fluid to buffer of 20:80 (vol:vol). A fully automated *in vitro* gas production system was used as described by Cone *et al.* (1996) with recordings of gas production (GP) every 12 minutes. The recorded GP was corrected to normal air pressure (1013.5 h Pa). Samples of 1 g were weighed (total diet and individual feeds) directly into

250-mL serum bottles and incubated in 60 mL of buffered rumen fluid for 48 hours. The bottles were placed in water bath at 39 °C and gently agitated continuously during the incubations.

All 27 samples (forage:corn silages, concentrate mixtures and total mixed diets) were incubated in three *in vitro* series (runs) and were randomly distributed within the runs, resulting in three *in vitro* observations per sample. In each run, a blank (buffered rumen fluid without a sample) was incubated in duplicates. Gas samples were drawn from each serum bottle by a gas tight syringe (Hamilton, Bonaduz, Switzerland) at 2, 4, 8, 24, 32 and 48 h of incubation through a gas tight rubber suba seal (Z124567-100EA, 13, Sigma-Aldrich, Germany) that was previously installed on the pipes leading out from the *in vitro* serum bottles. Methane concentrations were determined by injecting 0.2 ml of gas into a star 3400 (CX series) gas chromatograph (Varian Chromatography, USA) equipped with a thermal conductivity detector. Calibration gas was completed using a standard mixture of CH₄ and CO₂ (100 mmol mol⁻¹) prepared by AGA Gas (AGA Gas AB, Sundbyberg, Sweden). Peaks were identified by comparison with the standard gas. Total gas production values from the fully automated *in vitro* gas production system were recorded. Methane production was measured as described by Ramin and Huhtanen (2012) and was reported as weighted means for individual feeds and total diet separately.

The statistical comparison was performed by a simple linear regression of values obtained from total diet incubations (Y) on values obtained from the weighted sum of the individual feeds (X) of respective diet, according to the model:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \times X_{ij} + R_j + \varepsilon_{ij} \quad [1],$$

where Y_{ij} is the CH₄ production obtained by incubation of diet *i* in the incubation run *j*, β_0 is the intercept, β_1 is the slope, X_{ij} is the weighted CH₄ production obtained by individual feeds incubation in the incubation run *j*, R_j is the effect of the *j* incubation run (random effect), and ε_{ij} is the random error.

The following null hypotheses were tested:

$$H_0 : \beta_0 = 0 \quad [2],$$

$$H_0 : \beta_1 = 1 \quad [3],$$

where β_0 is the intercept, and β_1 is the slope.

The CH₄ production estimates obtained by diet or individual feed incubations should be considered similar if both of the null hypotheses are not rejected.

The model adjustment was performed by using the MIXED procedure of the SAS 9.4 ($\alpha = 0.05$). As shown in Equation [1], the model adjustment took into account for the random variation among different runs.

Results and discussion

The feeds used in the current study showed to have a wide range in terms of chemical composition (Table 2). Crude protein ranging from 31 up to 339 g kg⁻¹ DM and

neutral detergent fiber (NDF) varied from 208 to 686 g kg⁻¹ DM (Table 2). Similarly, the 11 diets used in the present study had wide ranges in chemical composition and *in vivo* digestibility (Table 1).

Descriptive statistics of the *in vitro* CH₄ production is given in Table 3. The mean of CH₄ production from the total diets was 30.1 mL g⁻¹ DM and 30.8 mL g⁻¹ DM from the weighted mean of individual feeds, respectively (Table 3).

Table 3. Descriptive statistics for the methane production (mL g⁻¹ DM) obtained from incubation of total diet and from weighted information of individual feeds

Statistic	Total diet	Weighted value
Mean	30.1	30.8
Minimum	21.3	22.9
Maximum	40.4	38.9
Standard deviation	5.64	4.31
n ^A	32	

n^A: diet 11 had 2 replicates

In spite of presenting close average values, both null hypotheses were rejected ($P < 0.01$). This indicates a total lack of association between CH₄ production obtained by incubating total diets and individual feeds in the *in vitro* gas production system as shown in Figure 1.

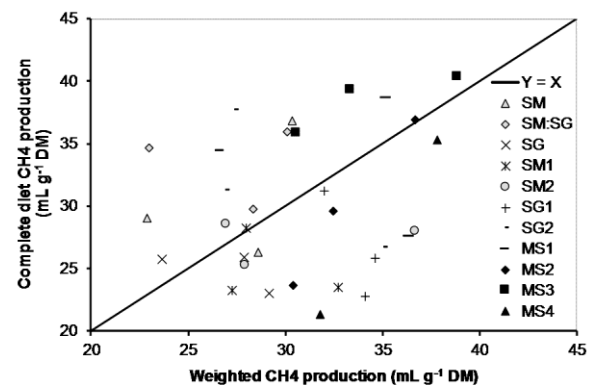


Figure 1. Descriptive relationship between the methane productions obtained from incubation of total diet ($n = 11$) and from weighted information of individual feeds. For interpretation of the reference to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of the article. For more details about the diets see Table 1. [$\bar{Y} = 22.1 \pm 7.28 + 0.26 \pm 0.235 \times X$, $r = 0.15$, P value ($\beta_0 = 0$) – 0.005, P value ($\beta_1 = 1$) – 0.003, P value ($\rho = 0$) – 0.431, $n = 32$]

This pattern is corroborated by a weak ($r = 0.15$) and non-significant ($P > 0.43$) correlation between those values and plot of residuals for CH₄ production from total diets (observed) versus predicted values from the weighted individual means (Figure 2). It is important to note that no specific effect of different diets was detected in this study. This can be stated because no clusters for different diets were observed and the scatter of the paired points from different diets was found to be homogeneously and randomly distributed around the equality line (Figure 1). Therefore, it can be inferred that the lack of association between CH₄ production obtained from total diets and weighted individual feeds was an overall pattern that did not depend upon the evaluated diet.

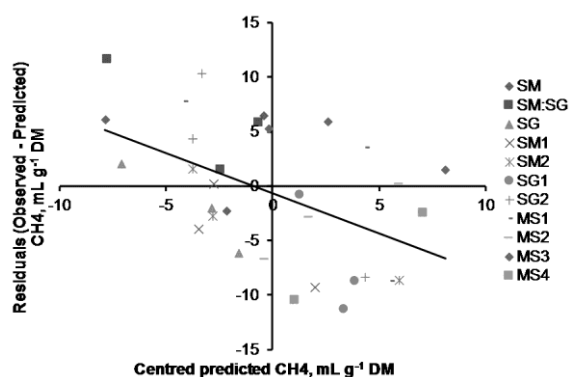


Figure 2. Plot of residuals (observed – predicted) for methane production from total diets ($n = 11$) versus values predicted from weighted individual feeds. The regression line in the graph represents the adjusted linear model for residual pattern. Predicted values were centred by subtracting the overall mean predicted value from each predicted value. For interpretation of the reference to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of the article. For more details about the diets see Table 1. [$\hat{Y} = -0.65 \pm 0.993 - 0.74 \pm 0.234 \times X$, P value ($\beta_0 = 0$) – 0.520, P value ($\beta_1 = 0$) – 0.003, $n = 32$]

The purpose of this study was to use a wide range of diets varying in F:C ratios and chemical composition taken from two grazing and one feedlot trial for evaluating CH_4 production *in vitro* from total diets and calculated based on weighted mean of individual feeds. The *in vitro* method used in the current study has been used for measuring CH_4 production in the literature for other purposes, e.g. the effect of CH_4 inhibitors and CH_4 production (Danielsson *et al.*, 2014). Ramin and Huhtanen (2012) found a high correlation between actual CH_4 production and predicted CH_4 production based on volatile fatty acids stoichiometric equations from their *in vitro* gas production system ($r = 0.97$).

Assuming a gross energy (GE) concentration of $18.5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ DM}$, the average proportion of CH_4 energy as a proportion of GE used in the present study was 6.5%. This value is close to observed *in vivo* values at the production level of intake in dairy cows (Yan *et al.*, 2000). The calculated average CH_4 as a proportion of GE used in the current study were lower than the values reported by Getachew *et al.* (2005), in which they were between 8–9% of GE intake. One reason could be due to the lower *in vivo* digestibility of diets used in the current study for our *in vitro* evaluation that will influence CH_4 as a proportion of GE intake.

Digestibility of feeds either individual or in a mixed form (complete diet) does not only depend on the physical constraints and chemical composition but also depends on their interaction when feeds are mixed. According to Detmann *et al.* (2005, 2008), the ruminal degradation of structural carbohydrates from forages should be seen as a second order process, as the microbial activity on fiber depends on both feed and medium characteristics. This is of great relevance for this study because all diets evaluated in the present study were obtained from tropical conditions (Silva, 2012; Costa e Silva *et al.*, 2013) in which fiber represents the main energy source for cattle production. This could be one

reason for the differences in CH_4 production between observed and predicted values from individual feeds observed in the current study. Other factors such as differences in digestibility of diets and feed quality could also be a reason making this discrepancy. The associative effect of feeds on diet digestibility was also reported by Huhtanen (1991), Moss *et al.* (1992) and Detmann *et al.* (2005).

It is often assumed that energy values of feeds are additive and that there are no interactions when they are mixed. For instance, calculation of energy for dairy cattle adopted by NRC (2001) takes into account only chemical composition of feeds and that the only adjustment for energy content is based on intake level and therefore no interactions are considered. However, that might not always be true (Huhtanen, 1991). In this case, different feed ingredients of a diet can influence the proportion of fermentation end products such as volatile fatty acids and gases. Moss *et al.* (1995) reported a significant increase on CH_4 as a proportion of GE when the proportion of barley concentrate was increased from 0 to 75% in sheep fed grass silage. The main change in rumen fermentation pattern was an increase in butyrate, whereas both acetate and propionate decreased with increased concentrate. In feed lot type diets in which extreme levels of concentrate are fed (around 90%) the amount of CH_4 as a proportion of GE ranges from about 2–4% and the proportion of propionate also increases to the extent of decreased acetate and butyrate (Johnson and Johnson 1995). Other factor that could alter rumen fermentation pattern is the inclusion of diets with high fat content (Beauchemin *et al.*, 2009).

Rumen retention time could also affect CH_4 production, as increased intake declines CH_4 as a proportion of GE due to a faster passage and smaller retention time of feed particles (Ramin and Huhtanen, 2013). At the same time of increased passage, microbial cell yield will increase per unit of energy fermented by diluting maintenance expenditure (Russell *et al.*, 1992). Interaction of different feeds in the rumen can change the degradation rate of fiber and modify the overall stoichiometry of the ruminal fermentation. Associative effects have occurred when the apparent digestibility of a mixture does not equal the sum of the separately determined digestibilities of its components (Mould, 1988). The same trend was found in the present study for CH_4 production, as the sum of weighted mean of CH_4 production from individual feeds was not the same as the values obtained from total diets.

When the number of feeds in a diet is increased there will be a direct effect on the equilibrium and on the relative participation of the different microbial populations in the rumen (Russell, 2002). Accordingly, the metabolic pathways of energy production in the rumen would be intensely changed, including the dynamics and amount of hydrogen production (e.g., acetate to propionate production rate) as well as the metabolic pathways for hydrogen sinks (e.g., acrylate to succinate pathways for propionate production). From this, it

could be understood that all the dynamics and the equilibrium of hydrogen incorporation in either NADH or CH₄ molecules shall be affected by diet composition and interactions caused by the presence of different feeds in the diet.

Conclusion

From the results obtained here, it can be concluded that the weighted sum of individual feeds cannot be used as a proxy for the estimation of CH₄ production from total mixed diets in *in vitro* conditions.

Conflict of interests

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

Acknowledgments

To Department of Agricultural Research for Northern Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences, INCT Ciência Animal, CNPq and FAPEMIG, for financial support. To Dr. Luiz Costa e Silva and Dr. Aline Silva, for providing the feed samples.

References

- Beauchemin, K.A., McGinn, S.M., Benchaar, C., Holtshausen, L. 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. – *Journal of Dairy Science* 92, 2118–2127.
- Cone J.W., Van Gelder A.H., Visscher G.J.W., Oudshoorn L. 1996. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. – *Animal Feed Science and Technology* 61, 113–128.
- Costa e Silva, L.F., Valadares Filho, S.C., Detmann, E., Rota, P.P., Zanetti, D., Villadiego, F.A.C., Pellizzoni, S.G., Pereira, R.M.G. 2013. Performance, growth, and maturity of Nelore bulls. *Tropical Animal Health and Production* 45, 795–803.
- Danielsson, R., Werner-Omazic, A., Ramin, M., Schnürer, A., Griinari, M., Dicksved, J., Bertilsson, J. 2014. Effects on enteric methane production and bacterial and archaeal communities by the addition of cashew nut shell extract or glycerol-An *in vitro* evaluation. – *Journal of Dairy Science* 97, 5729–5741.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Cabral, L.S., Valadares Filho, S.C., Cecon, P.R., Zervoudakis, J.T., Lana, R.P., Leão, M.I., Melo, A.J.N. 2005. Simulation and validation of digestive kinetic parameters using an *in vitro* gas production system in crossbred steers with pasture supplementation. *Brazilian Journal of Animal Science* 34, 2112–2122.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C. 2008. Nutritional evaluation of feeds or diets? A conceptual approach. Proc. 2nd International Symposium of Beef Cattle Production, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brazil, p. 21–52 (in Portuguese).
- Getachew, G., Robinson, P.H., DePeters, E.J., Taylor, S.J., Gisi, D.D., Higginbotham, G.E., Riordan, T.J. 2005. Methane production from commercial dairy rations estimated using an *in vitro* gas technique. – *Animal Feed Science and Technology* 123–124, 391–402.
- Hellwing, A.L.F., Lund, P., Weisbjerg, M.R., Brask, M., Hvelplund, T. 2012. Test of a low-cost and animal-friendly system for measuring methane emissions from dairy cows. – *Journal of Dairy Science* 95, 6077–608.
- Huhtanen P. 1991. Associative effects of feeds in ruminants. – *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 5, 37–57.
- Huhtanen, P., Seppälä, A., Ots, M., Ahvenjärvi, S., Rinne, M. 2008. *In vitro* gas production profiles to estimate extent and effective first-order rate of neutral detergent fiber digestion in the rumen. – *Journal of Animal Science* 86, 651–659.
- Huhtanen, P., Krizsan, S., Hetta, M., Cabezas-Garcia, E.H. 2013. Repeatability and between cow variability of enteric CH₄ and total CO₂ emissions. – *Advances in Animal Biosciences* 4, 588.
- Johnson, K.A., Johnson, D.E. 1995. Methane emissions from cattle. – *Journal of Animal Science* 73, 2483–2492.
- Menke, K.H., Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. – *Animal research and development* 28, 7–55.
- Moss, A.R., Givens, D.I., Phipps, R.H. 1992. Digestibility and energy value of combinations of forage mixtures. – *Animal Feed Science and Technology* 39, 151–172.
- Moss, A.R., Givens, D.I., Garnsworthy, P.C. 1995. The effect of supplementing grass silage with barley on digestibility, *in sacco* degradability, rumen fermentation and methane production in sheep at two levels of intake. – *Animal Feed Science and Technology* 55, 9–33.
- Mould, F.L. 1988. Associative effects of feeds. In: *World Animal Science B4, Feed Science*. Ørskov, E.R. (Ed.), Amsterdam: Elsevier, pp. 279–292.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Ramin, M., Huhtanen, P. 2012. Development of an *in vitro* method for determination of methane production kinetics using a fully automated *in vitro* gas system—A modeling approach. – *Animal Feed Science and Technology* 174, 190–200.
- Ramin, M., Huhtanen, P. 2013. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. – *Journal of Dairy Science* 96, 2476–2493.
- Russell, J.B. 2002. *Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition*. James B. Russell, Ithaca, NY.

- Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J., Sniffé, C.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. – *Journal of Animal Science* 70, 3551–3561.
- Silva, A.G. 2012. Soybean in multiple supplements for grazing beef heifers (in Portuguese). MS Thesis. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brazil.
- Yan, T., Agnew, R.E., Gordon, F.J., Porter, M.G. 2009. Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets. – *Livestock Science* 64, 253–263.

KÕRGKOOLIÕPIK ÕHUSAASTE KÄSIRAAMAT



Õhusaaste käsiraamat (Väljaandja: Eesti Maaülikool; toimetaja: Veljo Kimmel; autorid: Marko Kaasik, Tiit Kallaste, Veljo Kimmel, Marek Maasikmets, Steffen Manfred Noe, Hans Orru, Eduard Tamm, Erik Teinemaa; toimetanud ja kujundanud: Ajakirjade Kirjastus AS; trükk: Tallinna Raamatutrükikoda;

ISBN: 978-9949-39-074-8, 126 lk, 2015)

Õhusaaste käsiraamatu autoriteks on oma ala tunnustatud spetsialistid Tartu Ülikoolist (TÜ), Eesti Maaülikoolist (EMÜ), Säästva Eesti Instituudist ning Eesti Keskkonnauuringute Keskusest (EKUK).

Keskkond, kus mingi elus või eluta objekt paikneb, mõjutab seda nii füüsikaliste, keemiliste kui ka bioloogiliste mõjutegurite kaudu. Mida vähem sisaldab keskkond (õhk, vesi, muld jms) saasteaineid või muid potentsiaalselt ohtlikke komponente, seda väiksem on risk mitmesuguste otseste ja kaudsete kahjustuste tekkeks. Olulisemateks riskivaldkondadeks on toime inimese (looma, taime) tervisele ja heaolule, üldiselt ökosüsteemidele ja nende osadele, samuti materjalide vastupidavusele.

Käsiraamat on jagatud viide peatükki.

Esimeses peatükis käsitletakse atmosfääri koostist ja ehitust. Antakse ülevaade atmosfääri keemilisest koostisest, õhukihtide paiknemisest ning seostest, mis iseloomustavad õhu keemilise koostise looduslikke ja inimtegevusest põhjustatud muutusi ja erinevate õhukihtide segunemist.

Teine peatükk annab detailse ülevaate õhusaastest tingitud keskkonnaprobleemidest. Põhjalikult käsitletakse õhusaastet kui inimtervise riskifaktorit, saasteainete mõjusid ökosüsteemidele ning materjalidele. Peatükis on välja toodud peenosakeste kui olulise tervise riskifaktori tähtsus.

Kolmandas, mahukaimas ja ka ühes olulisemas käesoleva käsiraamatu peatükis tuuakse välja õhusaaste

tekke, leviku ja modelleerimise aspektid. Käsitletakse nii looduslikke kui ka inimtekkelisi õhusaaste allikaid, saasteallikate tüüpe, samuti primaar- ja sekundaarosa-keste teket. Õhusaaste tekke ja leviku ning atmosfääri kui pideva keskkonna modelleerimise alapeatükid annavad aimu nimetatud protsesside kompleksisusest ja keerukusest ning erineva raskus- ja täpsusastmega mudelarvutustest.

Neljandas peatükis räägitakse õhusaaste mõõtmisest. Tuuakse välja, millised on õhusaaste mõõtmise peamised eesmärgid, meetodid ning seadmed. Eraldi rõhutatakse eesmärkidest lähtuva mõõteprogrammi koostamise olulisust saadavate tulemuste interpreteerimise aspektist.

Viimases peatükis on vaatluse all teed, kuidas õhusaaste negatiivseid mõjusid leevendada. Seda globaalses maastaabis nii regulatiivsete ning praktiliste, peamiselt energia kasutamise seonduvate meetmete abil, kuid ka iga üksindi isiklike tarbimisharjumuste muutmise kaudu.

Käsiraamat on kompaktne abivahend õhusaaste kui olulise keskkonnafaktori olemuse, leviku ja toime teadvustamisel ning mõistmisel.

Vormiliselt on raamat hästi liigendatud ja suhteliselt kergesti loetav. Märkimist väärib iga peatüki juures eraldi väljatoodud olulisemate faktide ja mõistete loend. Samuti on peatükkide lõppudes nimetatud probleemid ja kitsaskohad, mis takistavad antud teema täpsemat mõistmist ning vajavad seetõttu veel põhjalikku uurimist.

Puudusena saab nimetada mõningate toimetamisel tähelepanuta jäänud keeleliste vigade ning lauseehituslike konaruste olemasolu.

Käsiraamat on heaks abivahendiks nii kõikide tasemetel üliõpilastele kui ka erialaspetsialistidele.

Allan Kaasik, PhD

Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, dotsent

HARALD TIKK 85



Käesoleval aastal jõudis oma elus auväärse versta-postini emeriitprofessor Harald Tikk.

Harald Tikk on sündinud 15. veebruaril 1931. a Viljandi- maal Olustvere vallas Tedrenurme talus Helene-Elfriede ja Hans Tiku teise pojana. Haridustee algas

Reegoldi algkoolis, millele järgnes Tääksi 7-klassiline kool ja Viljandi II keskkool. Peale keskkooli lõpetamist 1950. a asus Harald Tikk õppima TRÜ Agronoomia teaduskonna zootehnika osakonda, mille lõpetas Eesti Põllumajanduse Akadeemias õpetatud zootehnikuna 1955. a.

Üliõpilaspõlves suunas EPA omaaegne Eriloomakasvatuse kateedri juhataja dots C. Ruus üliõpilase H. Tiku varakult kateedris kana- ja hanekasvatuse probleeme lahendama. Juba õpingute ajal töötas H. Tikk eriloomakasvatuse kateedri katsetehnikuna ja jäi sellele tööle 1962. a-ni.

1962–1965 õppis H. Tikk aspirantuuris eriloomakasvatuse kateedris ja kaitses edukalt kandidaadidissertatsiooni teemal *Üleskasvatavate mõi kalkunibroilerite kasvule ja lihaomadustele*.

Peale aspirantuuri Eriloomakasvatuse kateedri assistendina ja 1966. a-st vanemõpetajana asus H. Tikk sügavuti kalkunikasvatusega seotud teemasid uurima ning kaitses 1974. a põllumajandusteaduste doktori kraadi eriloomakasvatuse alal *Uurimus kalkuniliha toodangu ja selle kvaliteedi tõstmiseks Eesti NSV tingimustes*.

Aastatel 1977–1997. töötas H. Tikk eriloomakasvatuse kateedri professori kt-na, professorina, kateedri juhataja-professorina, EPMÜ väikelooma ja linnukasvatuse osakonna juhataja-professorina ja korralise professorina. Alates 1997. a on H. Tikk emeriitprofessor.

H. Tiku peamised uurimisvaldkonnad on olnud põllumajanduslindude (kanad, kalkunid, vutid, muskuspardid jt) ja farmikarusloomade (kiskjalised karusloomad ja küülikud) aretus, söötmine ja pidamine. H. Tikk on ainukese Eestis loodud linnutõu – eesti vutitõu aretajate rühma juht.

H. Tiku pikaajalise töö tähelepanuväärsemateks teetähisteks on eesti vutitõu loomine, tema eestvõttel osteti Eestisse Inglismaalt selle aja parimad valge laiarinnalise kalkunitõu liinid, ehitati 4 kaasaegset kalkunifarmi, töötati välja meie farmidele sobiv kalkunite kunstliku seemenduse tehnoloogia, rakendati uurimistöös saadud tulemus kalkunite aretuses, söötmisses ja pidamises, töötati välja linnuvabrikute eri osakondade ehitamisel nende vahemaad õhukaudse infektsiooni vältimiseks, töötati välja ja rakendati jõusöödatehastes

ühtsed söömisnormid kõikidele põllumajanduslindude liikidele, selgitati kana- ja vutimunade ning kanabroi-leri- ja vutiliha rikastamise võimalusi ω -3-rasvhapetega ning nende mõju inimese tervisele.

Uurimisteedade andmekogude põhjal kaitsesid doktorikraadi 3, kandidaadikraadi 8 ja magistrikraadi 4 üliõpilast.

Emeriitprofessor Harald Tiku teadustöö tulemused – eesti vutitõu loomine, kalkunikasvatuse omaaegne kiire areng, muskuspardikasvatuse tehnoloogia väljatöötamine ja rakendamine, kana- ja vutikasvatussaaduste rikastamine ω -3-rasvhapetega – on leidnud rakendamist Eesti linnukasvatussaaduste toomise praktikas.

H. Tikk on olnud viljakas linnu- ja karusloomakasvatuse alaste erialaraamatute autor (koos kaasautoritega 30 nimetust), olulisimad neist *Kalkunikasvatus* (1976; 1983), *Kanamunade ja linnuliha tööstuslik tootmine* (1980, kaasautor), *Uusi põllumajanduslindude* (1986, kaasautor), *Karusloomakasvatus* (1987), *Linnukasvatus I, II, III* (1993, kaasautor), *Karusloomakasvatuse terminid* (2007, koostaja ja kaasautor), *Lindude tervishoid ja haigused* (2007, kaasautor), *Linnukasvatus I* (2007, koostaja ja kaasautor), *Linnukasvatus II* (2008, koostaja ja kaasautor), *Linnukasvatuse terminid* (2011, koostaja ja kaasautor).

Õppetööd on H. Tikk teinud linnu- ja karusloomakasvatuse valdkonnas alates 1962. aastast, lõpetades asendusõppejõuna 2007. a. Ta on olnud õpetajaks enam kui 8000-le üliõpilasele.

Harald Tiku suure panuse juures Eesti pedagoogika- ja teadusmaastikul ei saa kuidagi alahinnata ega märkimata jätta abikaasa Viive Tiku rolli, kellega koos moodustasid nad tõhusa hästitoimiva tandemi. Ühine on olnud panus ka mitmete erialaraamatute koostamisel.

Harald Tiku looduslased teadmised on muljetavaldavad. Teada-tuntud on ka tema hobid: fotograafia, kalapüük, aiandus ja mesindus. Pensionipõlves jäi rohkem aega ka reisimiseks. 1959–2009 on Harald Tikk laulnud meeskooris *Gaudeamus*.

Harald Tikku on mitmeti tunnustatud tema suure panuse eest Eesti linnukasvatusteadusse.

1987. a omistati talle ENSV teenelise teadlase aunimetus. 1988. aastal pälvis Harald Tikk eesti vutitõu loomise kollektiivi liikmena tunnustuse – ENSV Ministrite Nõukogu preemia. 2008. aastal autasustati Harald Tikku Valgetähe IV klassi teenetemärgiga.

Harald ja Viive Tikk on üles kasvatanud kaks poega. Palju rõõmu on valmistanud ka nende viis lapselast ja nende järeltulijad.

Kolleegid soovivad Harald Tikule tugevat tervist ja jätkuvalt tarmukat tegutsemist.

Irje Nutt

Lahkus Eesti-Läti sillapea – HENN TUHERM – *in memoriam*

06.09.1939–†12.05.2016



Läti Põllu- ja Metsandusakadeemia Metsandusosakonna eestseisja, prof Talis Gaitnieks ütles oma kolleegide mälestusele viidates Henn Tuhermi kohta: Ta oli suurmees- ja õpetatud aumees ning tõeline rahvuslik (Läti H. P.) patrioot, kuigi ta oli rahvuselt eestlane, kandis ta hoolt läti keele ja selle kasutuse üle, eriti noorema põlvkonna dok-

torantide poolt. H. Tuherm olla lisanud veel: "*Doktor ei ole vaid oma ala tippspetsialist, ta peab austama, hoidma ja hindama oma emakeelt*".

Läti Põllumajandusülikooli kauaaegse prorektori ja NJF Läti eestvedaja Peteris Rivza sõnade kohaselt olla H. Tuherm ülikooli senatis tihtipeale tuletanud teistele meelde läti keele õiget grammatikat – eks ta oli ise ju selleks eelnevalt rohkem vaeva näinud, kui peale paar aastaseid õpinguid Tallinna Tehnikaülikoolist eestlaste rühmaga Jelgavasse metsa- ja puidutöötlemistehnoloogiat õppima läks, sinna teadus- ja õppetööle jäi ning lätlannaga abielludes pere soetas.

Oma elu jooksul jõudis Läti Põllumajandusülikooli õppeproktor (1991–1995) metsanduse- ja puidutöötlemise emeriitprofessor, *Dr. habil. sc. ing.*, Läti Põllu- ja Metsanduse Akadeemia auliige, Eesti Maaülikooli audoktor, Rootsi Kuningliku Metsa- ja Põllumajanduse Akadeemia välisliige jpt tunnustusi pälvinud Henn Tuherm töötada 17 aastat puidutöötlemisosakonna juhatajana ja osaleda metsandusteaduskonna ja teaduskeskuse Silava ühistöös, oli üle 30 aasta valdkonna juhtivspetsialist ning teadlane. Eriti meeldis talle töö noortega; ta olla öelnud: "*... sa oled nii vana kui vana on su keskkond ...*". Ta ei piirdunud vaid õppejõutööga – peale taasiseseisvumist oli ta esimene Eesti-Läti diplomaatiline saadik. Oma eluteel oli ta tunnustatud paljude Läti ja välismaa teenetemärkide ning ordenitega:

- 1999 – Läti Põllumajandusministeeriumi medal.
- 2004 ja 2005 – Läti metsandussektori tunnustus teaduse ja noorsootöö eest.
- 2006 – allakirjutanu poolt Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi (APS) esildisena Vabariigi President Arnold Rüütli poolt määratud Valgetähe Ordeni 4. järk ning Läti Ministrite Kabineti ja Metsandussektori tunnuskiri elutöö eest.
- 2009 ja 2014 – Läti Põllumajandusülikooli kuldmedal metsandus- ja materjaliuuringute ning noorte spetsialistide koolitamise ja ülikooli sotsiaalse arendamise eest.

- 2010 – Barrikaadide medal 1991. a sündmustel osalemise eest.
- 2011 – Läti Vabariigi presidendilt Kolme Valgetähe ordeni 4. järk.

Eriti tihe kontakt oli allakirjutanal ja APSil Henn Tuhermiga 2001–2007. a. Käisime Leo Liloveri jt väiksema grupiga korduvalt Jelgavas, sõlmisime Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi ja Läti Põllu- ja Metsanduse Akadeemiaga koostöölepingu viieks aastaks, H. Tuherm käis Tartus esinemas APSi aastakonverentsil, meie aga Lätis. Ja alati oli sillapeana vahendajaks ja meile otsetõlgiks Henn Tuherm ise. APSi suurema delegatsiooni võttis ta vastu 2004. a Riias toimunud ESTO-päevade ajal. Järgmisel aastal oli ta meile teejuhiks Kuramaa ekskursiooni ajal. Tema kuju ja asjatundlik ning humoorikas jutt on mees tänini.

Mis on selle eestisoost suguvulle tagamaa? Eks ikka kodu ja kool. Uudo Järvan meenutab klassivend Henn Tuhermit Haabersti 7-klassilise kooli priimusena, arvata, et ka Tallinna Reaalkooli Gümnaasiumis kuulus ta parimate hulka. Siin ei ole palju lisada veidi Henn Tuhermi lastetoa kohta; ta oli dotsent Vilma Raudsepa ja koorijuht ning muusikapedagoog Uno Järvela vanima õe poeg. Sügisele plaanitud Haabersti kooli klassi kokkutulekule aga Henn ei jõuagi – ta kutsuti ära 12. mail k.a. Saatjaskonnaks Dobeles regiooni Bezesi kabelis olid arvukad kolleegid ja väga arvukas tudengkond lätlastele omaselt austuse ja suurejoonelisusega. Kahjuks mitte kedagi Eestist. Teate kätte saanud EMÜ juhtkond oli ilmselt hõivatud ja kahjuks APSini jõudis kurb teade 1,5 tundi enne ta matust.

Oma teenistusaja jooksul on Henn Tuherm lugenud mitmeid distsipliine, juhendanud lõpu- ja doktoritöid. Publitseeritud tööde maht ulatub 182 ühikuni, millest 20 monograafiaid, 59 on avaldatud rahvusvaheliselt ja 99 kohaliku tähtsusega. Oma erialal töötas ta kokku 53 aastat. Teda jäid mälestama ja leinama arvukad õpilased, abikaasa Aina ja kaks poega Andres ja Aigars. Mõlemad pojad on isaga sama akadeemilise haridusega ning mõlema vanema keeles ja kultuuriruumis elu edasiviijad.

Austuse ja lugupidamisega pm-knd Heldur Peterson

Järelhüüde aluseks on kaasaegsete meenutused ja Läti Põllumajandusülikooli kodulehekülj.

JUUBELIALBUM AKADEEMILINE PÕLLUMAJANDUSE SELTS 95

Head seltsikaaslased

Tänavu kevadel ilmus seltsi 95. juubelit tähistav kogumik võttes kokku seltsi toimeka ja kireva ajaloo nii sõnas kui pildis. Raamatu koostasid Ell Vahtramäe, Alo Tänavots ja Marko Kass, kujundas ja küljendas Alo



Tänavots. Saatesõna kirjutas seltsi auliige, president Arnold Rüütel.


Raamatu tellimiseks palume pöörduda seltsi sekretäri Heli Kiiman poole telefonil 731 3454 või e-posti teel heli.kiiman@emu.ee

Isade tahe

Teadlikud oleme selles: Isad, kes puhkavad mullas,
Võitlustes veristes olnud kangelasjulged ja vahvad;
Tööski ei lasknud end murda aasta-sadade kestel.
Isadel pärandiks olgu julgust meilegi kõikjal.
Rõõmu ja südidust töödeks, murdmata visadust
püüdeks;
Töö olgu kohustusnõudeks paratamatu ka meile!
Täidame viimast nii tahet isade lahkumistunnil –
Seda meilt tulevik nõuab, Eesti me sünnimaa kallis!

KARL EDUARD SÖÖT
APSile 10. aastapäeva puhul



Akadeemiline Põllumajanduse Selts 95

Põhiõhvi.
Akadeemiline Põllumajanduse Selts.

Seltsi siht ja ülesanded.

1. Põllunduse arendamine ja põllumajanduse üli-
õpetuste ja õpilaste suuremiste kaasa
aastate jooksul ja jätkumise tagamine.
2. Oma sihtide saavutamiseks korraldada
Seltsi teaduslikke teadustöid ja välisriikide
õpetuste, avatöid, teaduslikke ameti- ja
põllumajanduslike üritusi.

Seltsi koosseis.

3. Seltsi seerab koos tegev ja teadajatest liigetest
4. Seltsi tegevust ja teadustöid arendada
5. Teadajate liigetel on suure tegevuse
õigusel peale hääleõiguse.

1920-2015

