

# AGRAARTEADUS

2012 ♦ XXIII ♦ 1

---

Väljaandja:	Akadeemiline Põllumajanduse Selts
Peatoimetaja:	Maarika Alaru
Keeletoimetaja:	Vaike Leola
Address:	Kreutzwaldi 1, 51014 Tartu,
e-post:	maarika.alaru@emu.ee
www:	<a href="http://aps.emu.ee">http://aps.emu.ee</a> , <a href="http://agrt.emu.ee">http://agrt.emu.ee</a>

---

Agraarteaduses avaldatud teaduspublikatsioonid on retsenseeritud

## SISUKORD

### TEADUSTÖÖD

<i>A. Bender.</i> Varase punase ristiku ( <i>Trifolium pratense L.</i> ), hulgilehise lupiini ( <i>Lupinus polyphyllus Lind.</i> ) ja inkarnaatristiku ( <i>Trifolium incarnatum L.</i> ) väetussväärtus haljasväetiskultuurina kasvatamisel .....	3
<i>M. Järvan, L. Lukme, A. Akk, L. Edesi, A. Adamson.</i> Talinisu saagikus, saagi kvaliteet ja küpsetusomadused sõltuvalt lämmastiku ning väävliga väetamisest .....	12
<i>M. Järvan.</i> Lehekaudselt antud väävli mõju talinisu saagikusele, saagi kvaliteedile ja küpsetusomadustele .....	21
<i>T. Järvis, E. Mägi, B. Lassen.</i> Sigade parasiidid Eestis ja nende levikut mõjutavad tegurid .....	28
<i>H. Kaldmäe, C. Rebase, A. Olt, M. Ots.</i> Hobuste silo toiteväärtusest ja kvaliteedist .....	38
<i>P. Lättemäe, B. Osmane, I.-H. Konosonoka, S. Wigley, J.M. Wilkinson.</i> Erinevate silokatmissüsteemide mõju tranšeesilo pealmise kihi kvaliteedile .....	43
<i>V. Pöder, A. Annuk.</i> Energia tarbimise sobivus tuulegeneraatorite võimsusega .....	49
<i>P. Sooväli.</i> Integreeritud taimekaitse kasutamine odral ja kaeral .....	55
<i>M. Särekanno, K. Kotkas, V. Roosenberg, J. Kadaja.</i> Eri meetoditel paljundatud ja avamaal kasvatatud kartuli meristeemtaimede produktiivsuse näitajate analüüs .....	63
<b>KROONIKA</b>	
<i>E. Kalde.</i> Ilmast, viljast ja meist endist .....	72

# JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE

2012 ♦ XXIII ♦ 1

---

Published by:	Academic Agricultural Society
Editor in Chief:	Maarika Alaru
Technical Editor:	Vaike Leola
Address:	Kreutzwaldi 1, 51014 Tartu
e-mail:	maarika.alaru@emu.ee
www:	<a href="http://aps.emu.ee">http://aps.emu.ee</a> , <a href="http://agrt.emu.ee">http://agrt.emu.ee</a>

---

## CONTENTS

### SCIENTIFIC WORKS

<i>A. Bender.</i> Fertilization value of early red clover ( <i>Trifolium pratense L.</i> ), Washington lupin ( <i>Lupinus polyphyllus Lind</i> ) and crimson clover ( <i>Trifolium incarnatum L.</i> ) as green manure crops .....	3
<i>M. Järvan L. Lukme, A. Akk, L. Edesi, A. Adamson.</i> Effect of nitrogen and sulphur fertilization on yield, crop quality and baking properties of winter wheat .....	12
<i>M. Järvan.</i> Effect of foliar applied sulphur on yield, quality and baking properties of winter wheat .....	21
<i>T. Järvis, E. Mägi, B. Lassen.</i> Pig parasites and factors, influencing their occurrence in Estonian farms .....	28
<i>H. Kaldmäe, C. Rebase, A. Olt, M. Ots.</i> Nutritive value and quality of silages for horses .....	38
<i>P. Lättemäe, B. Osmane, I.-H. Konosonoka, S. Wigley, J.M. Wilkinson.</i> Effect of silo sealing system based on an oxygen barrier film on composition and losses from the upper layer of grass/clover crops ensiled in farmscale silos .....	43
<i>V. Pöder, A. Annuk.</i> Compatibility of energy consumption with the capacity of wind generators .....	49
<i>P. Sooväli.</i> Integrated plant disease management in spring barley and oat production .....	55
<i>M. Särekanno, K. Kotkas, V. Roosenberg, J. Kadaja.</i> Analysis of productivity indicators of field-grown potato meristem plants multiplied by different methods .....	63

### CHRONICLE

<i>E. Kalde.</i> About weather, yield and us .....	72
--	----

# VARASE PUNASE RISTIKU (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.), HULGALEHISE LUPIINI (*LUPINUS POLYPHYLLUS* LIND.) JA INKARNAATRISTIKU (*TRIFOLIUM INCARNATUM* L.) VÄETUSVÄÄRTUS HALJAS- VÄETISKULTUURINA KASVATAMISEL

Ants Bender

Jõgeva Sordiaretuse Instituut, Aamisepa 1,  
Jõgeva alevik 48309

**ABSTRACT.** In 2008–2011, field trials were carried out at the Jõgeva Plant Breeding Institute in order to identify the possibilities of using the early red clover cultivar 'Jõgeva 433', Washington lupin with Jõgeva breeding number 4 and crimson clover of Italian origin as green manure. The fertilization value of the above species was studied after autumn ploughing in the year of sowing and on the second year from sowing, based on the yield and grain quality of spring wheat 'Vinjett' and barley 'Inari'. The in-ploughed biomass as well as its composition were recorded. By the time of ploughing Washington lupin has produced the most abundant biomass. Of the studied species crimson clover had the lowest fertilization value, the stubble and roots of seed plants that were ploughed in resulted only in 6–7% of extra yield of spring wheat in the following year. Crimson clover had no fertilizing aftereffect in the second year. The fertilization values of red clover and Washington lupin were more or less equal. Their statistically significant positive effect on the increase of yield of spring wheat and barley lasted for 3 years, on the quality of grain for 2 years. Red clover that was ploughed into the ground in the year of sowing gave the maximum extra yield of 27% in spring wheat compared with 0 N 0 variant, and Washington lupin 23%, respectively. In the second year of aftereffect Washington lupin gave in barley an extra yield of 26.8%, red clover 10.1%, and in the third year 10.4 and 12.1%, respectively. Green manure increased the contents of crude protein and gluten in spring wheat and that of crude protein in barley.

The fertilization value of all studied species was higher in the case they were sown without a cover crop.

**Keywords:** *Trifolium pratense* L., *Lupinus polyphyllus* Lind., *Trifolium incarnatum* L., green manure, spring wheat, barley, yield, quality.

## Sissejuhatus

Suurtootmise tingimustes olid kolhoosides-sovhoosides alati koos nii taimekasvatustootmine kui loomakasvatus. Üks täiendas teist: taimekasvatus kindlustas loomakasvatust söötadega, loomakasvatus aga taimekasvatust orgaanilise väetisega. Suurtootmise lõpetamise järel tekkis hulgaliselt ainult taimekasvatusele spetsialiseerunud tootjaid, kelle mulla huumusvaru saab orgaanilise aine lisa pikki aastaid vaid purustatud ja sisseküntud teravilja ning õlikultuuri põhu näol. Uues situatsioonis tuleb neil senisest enam mõelda mullaviljakuse säilitamisele või parandamisele. Appi on võetud vahepeal unustuse hõl-

ma vajunud haljasväetised. Üldjuhul külvatakse selleks otstarbeks punast ristikut. Taimekasvatussaaduste tootja, kes sööta ei vaja, künnab kasvanud haljasmassi sisse.

Punase ristiku seemnesaak Eestis on ilmastikuloolest tingituna ebastabiilne. Enamikel aastail ei jätku kohapeal toodetud seemnest ja seda tuleb sisse osta. Samal ajal on Jõgeval aretatud ristikusordid läbilöögi-võimelised ka väljaspool Eestit. Sordid 'Ilte' ja 'Varte' kuuluvad riiklikku sordinimekirja Soomes, Rootsis ja Norras, sort 'Ilte' ka Venemaal. Kui leiaks asendaja punasele ristikule haljasväetiskultuurina, väheneks seemne impordivajadus, omatoodetud seemne võiks kasutada loomasööda tootmiseks või müüa sissetuleku suurendamiseks hoopis välismaale.

Põhja- ja Kesk-Eestis, kus mullareaktsioon on neutraalne või leeliseline, asendab punast ristikut valge mesikas. Liigi kasvatamise agrotehnikat ja väetusväärtust on Kuusikul põhjalikult uuritud (Haller, 1953; Kõrgas, 1963). Lõuna-Eestis on juba mõisnike ajal kergema lõimisega muldadel kasvatatud selleks otstarbeks hulga-lehist lupiini. Seda liiki uuris professor Nikolai Rootsi Tartu Ülikooli taimekasvatuse katsejaamas enne II maailmasõda (Eesti..., 1946) ja soovitati tootmises haljasväetisena kasvatada veel pärast II maailmasõda (Aami-sepp *et al.*, 1964; Hallik *et al.*, 1965). Jõgeva Sordiaretusjaamas tegeldi viiekümnendail aastail ka selle liigi aretusega. Olid olemas perspektiivsed aretusnumbrid, välja oli töötatud hulga-lehist lupiini kasvatamise agrotehnika (Tupits, 1954). Hiljem taandus liik unustusehõlma. Haljasväetistele ei pööratud tähelepanu olukorras, kus majandid ei suutnud toodetud sõnnikukoguseidki väetisena ära kasutada ja mineraalväetisi oli kasutada rikkalikult.

Tootjate taastekkinud huvist liigi vastu innustust saanuna, hakati Jõgeval Eesti taasisesivsuse järel jälle hulga-lehist lupiini aretusega tegelema. 2004. aastal esitati üks perspektiivne aretusnumber (Jõgeva 4, sordinime ettepanekuga 'Lupi') riiklikku sordikatsetusse. Aretustöö toimus suunitlusega, et sorti kasutatakse ainult haljasväetisena. Alkaloidide sisaldusele, mis on selle liigi puhul söödana kasutamisel probleem, tähelepanu ei osutatud, sest haljasväetisena kasutades ei oma alkaloididesisaldus otsust tähtsust.

Ka meiega analoogseis tootmisoludes naaberriikides on taastunud huvi hulga-lehist lupiini kui haljasväetiskultuuri vastu. Venemaal on juba aretatud kaks sorti 'Pervenets' ja 'Truvor' (Lupins..., 2002), Soomes üks selle liigi sort 'SF/TA' (Aniszewski, 1993). Läti sordiaretajad esitasid 2011. aastal ühe hulga-lehist lupiini perspektiivse aretise PMK Viljandi sordikatsepunkti riiklikesse katsetustesse.

Liik on pälvinud uurijate tähelepanu hea õhulämmastiku sidujana – 200–400 kg hektari kohta (Heinsoo *et al.*, 1986), Soome teadlaste andmetel 250–350 kg/ha (Kurlovich *et al.*, 2007). Alkaloide sisaldavaid hulgalehise lupiini vorme kasutatakse keemiatööstuse toorainena, vähese alkaloidisisaldusega sorte aga valgurikka loomasöödana (Aniszewski, 1992; Kurlovich *et al.*, 2008). Läti teadlaste andmeil on hulgalehise lupiini haljasmass osutunud sobivaks tooraineks biogaasi tootmisel (Dubrovskis *et al.*, 2011).

Jõgeva Sordiaretuse Instituudis korraldati aastatel 2008–2011 haljasväetistaimede võrdluskatse, mille peamine eesmärk oli võrrelda punase ristiku ja hulgalehise lupiini väetusväärtust. Katsesse oli võetud uuritava liigina ka inkarnaatristik (sün kahkjaspunane ristik), mis varem Jõgeval läbiviidud katsetes on osutunud Eesti tingimustes üheaastastest ristikutest kõige perspektiivsemaks. Seda liiki külvatakse Vahemeremaades ja USA lõunaosariikides karjatavatele aladele talveperioodi söödavajaduste rahuldamiseks (Knight, 1985). Talv neis paigus tähendab jahedat sademeterohket perioodi. Aretatud on nn kõvaseemnelised sordid, mis oskuslikult korraldatud karjatamise korral külvavad samale kasvukohale taas ja taas ning jätavad mulje, nagu oleks tegemist püsikuga (Ever *et al.*, 1996). Liigi headeks omadusteks loetakse: leplikkust kasvukoha mullastiku ja kliimaga (üheaastastest ristikutest kõige leplikum), rikkalikku seemnesaaki, efektiivset kokkusobimist segus teiste liikidega ja suurt õhulämmastiku sidumisvõimet – puhaskülvi korral kuni 155 kg/ha (Frame, J). Põhjapoolsetes piirkondades soovitatatakse seda liiki külvata haljasväetiseks (Hoveland, Evers, 1995). Levinud on tava külvata teda viinamarjaistandustes, viljapuu- ja köögiviljaaedades ridade vahele.

### Materjal ja meetodika

Katse rajati 2008. a neljaosalisena. Esimeses osas külvati hulgalehine lupiin, punane ristik ja inkarnaatristik kattevilja allakülvina, teises osas ilma katteviljata. Katse I ja II osa künti külviaasta sügisel ümber, eesmärgiga selgitada moodustunud ja mulda viidud biomassi järelmõju suvinisu (2009) ning järgnevalt odra (2010, 2011) saagile ja saagi kvaliteedile. Katse kolmandas osas külvati samad liigid kattevilja allakülvina (v.a inkarnaatristik, mis asendati teise hulgalehise lupiini variandiga) ja neljandas osas ilma katteviljata. Katse kolmanda ja neljanda osa eesmärk oli kasvatada haljasväetiskultuure veel üks aasta (2009), künda siis ümber ja selgitada väetusväärtust suvinisu (2010) ja sellele järgnenud odra (2011) saagile ning saagi kvaliteedile. Katteviljana kasutati odra sorti 'Inari', mis külvati vähendatud külvisenormiga (200 kg/ha, 375 idanevat tera/m<sup>2</sup>), lämmastikväetist rajamisaastal ei kasutatud. Väetusväärtuse hindamisel kasvatati suvinisu 'Vinjett' (260 kg/ha, 500 idanevat tera/m<sup>2</sup>) ja otra 'Inari' (240 kg/ha, 450 idanevat tera/m<sup>2</sup>).

Võrdlusvariantidena olid katses rajamisel põldtimutiga seemendatud alad (nii katteviljata kui kattevilja alla külvatuna), millel väetusväärtuse hindamiseks olid suvinisu puhul lämmastikväetise variandid N 0, N 60 ja N

120 ning odra puhul N 0, N 60 ja N 90 kg/ha, antud ammooniumsalpeetrina. Katses olid kõik variandid viies korduses, katselapid ei olnud randomiseeritud.

Rajamisaasta mai ja juuni I pool olid vähete sademetega. Lehekirbu kahjustuse ja võrsumisaegse põua tõttu jäi kattevilja hõredaks ja madalaks. Alates 14. juunist oli suvi sademeterohke, allakülvide arenguks väga soodne. Teravilja valmimise ajal oli augustis ainult kaks vihmavaba päeva. Nii inkarnaatristik, hulgalehine lupiin kui punane ristik kasvasid kõik katteviljast üle. Teraviljasaaki neil variantidel ei olnud võimalik koristada, 11. oktoobril künti eelnevalt maharullitud kattevilja koos allakülvist moodustunud massiga 24–25 cm sügavuselt mulda. Samal ajal künti sisse ka puhaskülvid. Odra koos allakülvatud põldtimutiga niideti, pakiti suurtesse kottidesse, kuivatati ventileerides, peksti katsekombainiga ja määrati kattevilja terasaak, mis oli 1,236 kg/ha. Inkarnaatristiku seeme valmis septembris. 24. septembril moodustunud mass niideti ja eemaldati põllult: sisse künti sellel liigil ainult tüü ja juurestik.

Katse kolmandal ja neljandal osal, samuti põldtimutiga külvatud lappidelt I ja II katseosal niideti rajamisaastal kasvanud mass oktoobri I dekaadi lõpul ja eemaldati põllult. Järgmisel aastal koristati lupiin ja punane ristik seemneks (juuli, august). Inkarnaatristiku asemel katsesse võetud teiselt hulgalehise lupiini variandilt koristati õitsemise alguses üks niide haljasmassi. Niidetud mass ja kombainimisel tekkinud põhk eemaldati katsealalt, sisse künti ainult ädal ja juurestik.

Põldtimutiga külvatud katsealadel, kus lämmastikväetist ei kasutatud, arenes teisel aastal mulla seemnevarust valge ristiku ja põldtimuti taimekooslus, kust oli võimalik koristada septembris valge ristiku seemnesaak. Kuna valge ristik on samuti õhulämmastikku siduv ja enda järel mulda jättev, mõjutas see asjaolu hilisemaid katsetulemusi.

Katses määrati sisseküntav haljasmassisaak kombainiga Hege 212, juurte saagi ja paiknemise määramiseks võeti proovid künnikihi (25 cm) ulatuses pinnalt 15 x 30 cm, 5 cm paksuste kihtidena, millest juured pesti välja.

Katse viidi läbi leostunud mullal (K<sub>0</sub>), mille agrokeemilised näitajad olid järgmised: pH 5.8, P 27, K 67, Ca 2,150, Mg 159 mg/kg ja C org 2.4%.

Fosfor-kaaliväetisi anti ainult ühel korral katse rajamise eel normiga P 19 ja K 67 kg/ha.

Katse rajamisel külvati punase ristiku sort 'Jõgeva 433' külvisenormiga 12 kg/ha, põldtimut 'Jõgeva 54' külvisenormiga 8 kg/ha ja inkarnaatristik (sorditu materjal, Itaaliast Perugia Ülikoolist hangitud ja kohapeal paljundatud) külvisenormiga 20 kg/ha – kõik kitsarealiselt külvikuga Hege 80 ning hulgalehine lupiin Jõgeva aretusnumber 4 ('Lupi') külvisenormiga 30 kg/ha külvikuga Hege 95-1 reavahega 30 cm.

Suvinisul määrati lisaks terasaagile saagi kvaliteedinäitajatest toorproteiini- ja kleepvalgusisaldus, gluteeniindeks, mahumass ning 1,000 seemne mass, odral toorproteiinisaldus, mahumass ja 1,000 seemne mass.

Teraviljade saaki ja kvaliteeti mõjutasid kasvuperioodi ilmastikuolud: 2009. a oli sademeterohke, 2010 aga 2011 kõrge õhutemperatuuri ja vähete sademetega.

## Tulemused

### Külviaasta jooksul moodustunud ja sügisel sisseküntud biomass

Külviaasta sügisel enne kündi niideti ja eemaldati põldtimutiga külvatud katsealalt rohi. Nendel lappidel künti mulda vaid juurtemass koos tüüga. Mulda viidi katteviljajata külvi korral 3.18 ja külvi korral kattevilja alla 3.28 t/ha peamiselt põldtimuti juurte kuivainet (tabel 1). Et inkarnaatristik üheaastase kultuurina läbis kogu arengutsükli juba septembriks, koristati taimik seemneks. Põhk eemaldati põllult, sisse künti tüü ja juurestik, mis liigil oli vähene: vaid 320–480 kg/ha.

Hulgalehine lupiin andis katses võimsaima haljasmassi- ja juurtesaagi nii katteviljajata kui kattevilja alla külvatuna. Sisse künti 40.86 tonni lupiini haljasmassi, mida võrdsustatakse väetusväärtuselt sõnnikuga (Tupits, 1954), lisaks 28.20 t tüüd ja juuri. Koos sisseküntud katteviljajaga olid vastavad numbrid 43.66 ja 30.93 t/ha. Kokku künti sisse katteviljajata külvi korral 12.98 t lupiini kuivainet, koos katteviljajaga 13.60 t/ha. Lehtede-varte ja juurte kuivaine suhtes olid biomassi komponendid osatähtsusest ligilähedased. Punane ristik jättis sisseküntuna mulda 7.45–7.96 t biomassi kuivainet, mis moodustas katteviljajata külvi korral 61.3% ja allakülvi korral 54.8% hulgalehise lupiini biomassist.

**Tabel 1.** Haljasväetiskatses külviaasta sügisel künniga mulda viidud biomass

**Table 1.** Biomass ploughed in as green manure in the autumn of the sowing year

	Haljas- mass, t/ha <i>Green mass,</i> t/ha	Haljasmassi kuivaine, t/ha <i>DM of green</i> <i>mass, t/ha</i>	Juurte ja tüü mass, t/ha <i>Mass of roots</i> <i>and stubble</i>	Juurte ja tüü kuivaine, t/ha <i>DM of roots</i> <i>and stubble</i>	Biomass kokku, t/ha <i>Biomass</i> <i>DM total, t/ha</i>
<i>Katteviljajata külvi / Without cover crop</i>					
Põldtimut / <i>Ph. pratense</i>	0	0	14.29	3.18	3.18
Hulgal. lupiin / <i>L. polyphyllus</i>	40.86	6.71	28.20	6.27	12.98
Punane ristik / <i>Tr. pratense</i>	16.37	4.28	13.02	3.70	7.96
Inkarnaatristik / <i>Tr. incarnatum</i>	0	0	1.45	0.32	0.32
<i>Külvi kattevilja alla / With cover crop</i>					
Põldtimut / <i>Ph. pratense</i>	0	0	14.78	3.28	3.28
Hulgal. lupiin / <i>L. polyphyllus</i>	43.66	6.73	30.93	6.87	13.60
Punane ristik / <i>Tr. pratense</i>	15.03	3.83	17.28	3.62	7.45
Inkarnaatristik / <i>Tr. incarnatum</i>	0	0	2.15	0.48	0.48

### Külviaasta sügisel sisseküntud haljasväetiskultuuride väetusväärtus

Kõik külviaasta sügisel sisseküntud kolm haljasväetiskultuuri suurendasid usutavalt esimesel järelmõjuaastal suvinisu 'Vinjett' saaki (tabel 2). Võrreldes variandiga, kus sisse künti põldtimuti tüü ja juurestik ning lämmastikväetist nisule ei antud, saadi eelmisel aastal katteviljajata külvatud katseosal haljasväetiste toel nisu enamsaaki 5.9–23.9%, kattevilja alla külvates aga 7.3–27.0%. Inkarnaatristik, millel künti sisse vaid tüü ja juurestik, suurendas järgnenud suvinisu saaki kõige vähem (vastavalt 5.9–7.3%), kõige rohkem aga punane ristik (vastavalt 23.9–27.0%). Hulgalehise lupiini variantidelt saadud hektarisaak ei erinenud usutavalt punase ristiku järel kasvanud suvinisu saagist. Nii punase ristiku kui hulgalehise lupiini väetusväärtus, hinnatuna terasaagi alusel, võrdus lämmastikväetise foonil N 120 kg/ha saadud saagiga. Erinev oli haljasväetistega mulda viidud lämmastiku ja mineraalväetisega mulda viidud lämmastiku mõju tera kvaliteedile. Ühekordselt suvinisu külvi ajal antud mineraallämmastik vähendas 1,000 seemne massi ja mahumassi, haljasväetisest pärit lämmastik aga mitte. Neist vabaneb lämmastik pika aja jooksul ja taimede varustamine on ühtlane kogu kasvuperioodi jooksul, mis aitabki tagada kõrgemat suvinisu kvaliteeti. Kolmest haljasväetisest kindlustas kõige kõrgema toor-

proteiini- ja kleepvalgusisalduse hulgalehine lupiin, madalaima inkarnaatristik.

Võrreldes haljasväetiskultuuride kasvatamist katteviljajata ja katteviljaaluse külvinä, võib katseandmete põhjal väita, et katteviljajata kasvatamine kindlustas järgmisel aastal suvinisul kõrgema terasaagi ning terades kõrgema toorproteiini- ja kleepvalgusisalduse. Suurim terasaagi tõus oli inkarnaatristiku puhul (5.6%), suurim erinevus toorproteiini- ja kleepvalgusisalduses oli punasel ristikul.

Varasematest katsetest on teada, et sõnniku ja haljasväetiste sissekünni saaki tõstev mõju ulatub ühest aastast kaugemale. Sisseküntud punase ristiku mõjust realiseerub esimesel aastal 82–84%, ülejäänud järgmisel aastal (Viil, Võsa, 2005). Eesti Maaülikoolis haljasväetiskultuuridega läbi viidud uurimistööst selgus, et esimese aastaga laguneb sisseküntud maapealsest biomassist 60–70%, kahe aastaga 70–80%. Juurte lagunemine on aeglasem. Aastaga lagunes juurte massist 50–60%, kahe aastaga 65–85% (Lauringson *et al.*, 2011). Kuna hulgalehise lupiini varred ja juured on punase ristiku vartest ja juurtest oluliselt jämedamad ning eelduste kohaselt peaksid lagunema aeglasemalt, huvitas katse korraldajat, kui kaua kestab selle liigi väetav mõju. Sel eesmärgil kasvatati suvinisu järel veel kahe aastal otra 'Inari'.

**Tabel 2.** Suvinisu 'Vinjett' terasaak ja kvaliteet haljasväetiskatse variantides, kus haljasmass künti sisse külviaasta sügisel. Esimene järelmõju aasta (2009)

**Table 2.** Yield and grain quality of yield of the spring wheat 'Vinjett' in trial variants in which biomass was ploughed in the autumn of the sowing year. The first year of aftereffect (2009)

Jrk nr	Variant	Terasaak kg/ha	%	Mahumass, g	1,000 seemne mass, g	Toorproteiini-sisaldus, %	Kleepvalgu-sisaldus, %	Gluteeni-indeks
No		Grain yield		Volume weight, g/l	1,000 seed weight, g	Crude protein content, %	Gluten content, %	Gluten index
Külv kattevilja alla / With cover crop								
1	Timut N 120	5,030	125.0	707	30.68	13.06	25.58	43
2	Lupiin	4,952	123.0	749	37.22	12.78	26.32	48
3	Timut N 0	4,025	100	772	36.52	10.50	17.60	49
4	P. ristik	5,110	127.0	759	34.84	11.94	22.84	34
5	In. ristik	4,317	107.3	781	36.92	10.92	18.94	58
6	Timut N 60	4,845	120.4	758	33.12	11.96	23.18	45
PD / LSD 0.05		184		14	0.38	0.2	0.73	
Katteviljata külv / Without cover crop								
1	Timut N 120	5,434	126.2	706	28.68	13.58	31.38	37
2	Lupiin	5,220	121.3	756	35.62	13.38	27.24	40
3	Timut N 0	4,305	100	765	36.00	13.68	21.46	42
4	P. ristik	5,332	123.9	747	32.82	13.60	24.80	42
5	In. ristik	4,560	105.9	777	37.04	14.32	19.74	48
6	Timut N 60	4,980	115.7	765	32.70	13.32	24.00	36
PD / LSD 0.05		219		12	0.35	0.42	0.96	

2010. aasta suve teine pool oli põuane ja saagitase neil variantidel, kus mineraallämmastikku ei lisatud, jäi tagasihoidlikuks (tabel 3). Variandis, kus odrale anti ammoniumsalpeetrina N 90 kevadel ühekordse annusena, taimik osaliselt lamandus. Sellest tulenevalt olid seal saak, terade mahumass ja toorproteiinisaldus madalamad. Inkarnaatristiku mõju sissekännile järgnenud teise aastasse ei ulatunud. Terasaak neil katselappidel jäi standardvariandistki madalamaks. Sisseküntud hulgalehine lupiin ja punane ristik andsid veel teiselgi järelmõjuaastal statistiliselt usutava saagilisa. Suuremad saaginumbriid saadi jätkuvalt sellelt katseosal, kuhu haljasväetiskultuurid olid külvatud katteviljata. Külvates katteviljata, andsid punane ristik ja hulgalehine lupiin tasemelt lähedase odra terasaagi (vastavalt 3,192 ja 3,140 kg/ha), kuid hulgalehise lupiini järel oli odra 1,000 seemne mass ja toorproteiinisaldus usutavalt kõrgemad kui punase ristiku järel.

Nii punase ristiku kui hulgalehise lupiini järelmõju ulatus kolmandassegi järelmõju aastasse. Katsealal, kus haljasväetised külvati kattevilja alla, jäi odra saak võrreldes katteviljata külvatule alla. Suurem väetuse järelmõju oli variantides, kus haljasväetuskultuuride külv oli toimunud kattevilja alla. Võrreldes N 0 variandiga suurenes odrasaak seal punase ristiku järel 7.9%, hulgalehise lupiini järel 10.4%.

Katteviljata külvatud katseosal oli üldine saagitase kõrgem. Punase ristiku järelmõjul suurenes odra terasaak 12.1%, hulgalehise lupiini järel 3.9% (ületamine ei ole statistiliselt usutav). Külviaasta sügisel sisseküntud haljasväetiste mõju saagi kvaliteedi näitajatele kolmanda järelmõjuaastani ei küündinud.

Kolme aasta teravilja saagiandmeid liites andis tava- tootmises kasutatav lämmastikväetamise tase (suvinisule N 120, odrale N 90 kg/ha) lämmastikuga väetamata variandiga võrreldes 4,902 kg saagilisa (60.5%). Seda juhul, kui eelviljaks oli oder (kattevilja). Odra kui kattevilja allelopaatilise järelmõju puudumisel oli tavataseme lämmastikväetise saaki tõstev toime kolme aasta summas 3,973 kg/ha (41.6%). Mõõdukas väetamine lämmastikuga (nii suvinisule kui odrale N 60 kg/ha aastas) andis kolme aastaga N 0 variandiga võrreldes teravilja- saagi lisa 4,404 kg/ha (54.4%) ja 3,591 kg/ha (37.6%), esimene number odra kui eelvilja järel ja teine, kui see mõju puudus.

Hulgalehise lupiini kui kattevilja alla külvatud ja külviaasta sügisel sisseküntud haljasväetise saaki suurendav mõju kolme järgneva aasta summas küündis lämmastikuga väetamata variandiga võrreldes 1,730 kg/ha ehk 35.4%. Saadud terasaagi lisa võrdus 39.3% sellest enamsaagist, mis saadi tavatootmises suvinisu ja odra kasvatamisel kasutusel oleva lämmastikväetise normidega. Kattevilja alla külvatud punane ristik andis kolmel järgneval järelmõju aastal teravilja saagilisa 1,458 kg ehk 29.7%.

Katteviljata külvatud ja samal sügisel sisseküntud hulgalehise lupiini järelmõjul saadi väetamata variandiga võrreldes kolme aasta vältel kokku 1,188 kg/ha ehk 29.3%, punase ristiku järel aga 1,540 kg/ha ehk 38.8% teravilja saagilisa. Kui võrrelda neid enamsaake tava- tootmises kasutusel oleva lämmastikväetise foonil saadud saakidega, küündis hulgalehise lupiini väetav mõju 33.1% ja punasel ristikul 42.9%-ni.

**Tabel 3.** Odra 'Inari' saak ja saagi kvaliteet teisel ja kolmandal aastal pärast haljasmassi sisseküüdi külviaasta sügisel  
**Table 3.** Yield and quality of yield of the barley 'Inari' in the second and third year after ploughing in the biomass in the autumn of he sowing year

Jrk nr	Variant	Terasaak kg/ha	%	Mahu- mass, g	1,000 seemne mass, g	Toorproteiini- sisaldus, %
No	2008. a	Grain yield kg/ha		Volume weight, g/l	1,000 seed weight, g	Crude protein content, %
Teine järelmõju aasta / Second year of aftereffect (2010)						
Külvi kattevilja alla / With cover crop 2008						
1	Timut N 90	4,943	214.6	592	40.46	11.20
2	Lupiini	2,921	126.8	656	43.06	11.40
3	Timut N 0	2,303	100	657	41.08	10.94
4	P. ristik	2,536	110.1	661	41.74	11.08
5	In. ristik*	2,192	95.2	654	40.98	11.12
6	Timut N 60	4,760	206.7	622	40.88	11.02
	PD / LSD 0,05	307		9	1.15	0.18
Külvi katteviljata / Without cover crop 2008						
1	Timut N 90	4,576	154.8	583	39.78	12.60
2	Lupiini	3,140	106.2	650	42.84	11.52
3	Timut N 0	2,957	100	655	41.16	10.78
4	P. ristik	3,192	107.9	658	41.60	10.98
5	In. ristik*	2,682	90.7	656	40.62	10.96
6	Timut N 60	4,879	165.0	625	40.38	11.02
	PD / LSD 0.05	196		7	0.94	0.21
Kolmas järelmõju aasta / Third year of aftereffect (2011)						
Külvi kattevilja alla / With cover crop 2008						
1	Timut N 90	3,030	170.9	655	45.34	11.22
2	Lupiini	1,958	110.4	667	47.08	11.56
3	Timut N 0	1,773	100	668	47.06	11.12
4	P. ristik	1,913	107.9	674	47.36	10.88
5	In. ristik*	1,815	102.4	665	45.88	11.18
6	Timut N 60	2,900	163.6	658	46.20	11.70
	PD / LSD 0,05	301		7	1.14	0.36
Külvi katteviljata / Without cover crop 2008						
1	Timut N 90	3,516	153.5	660	46.68	11.92
2	Lupiini	2,181	95.2	675	46.72	11.42
3	Timut N 0	2,291	100	678	47.50	11.26
4	P. ristik	2,569	112.1	680	47.88	11.62
5	In. ristik*	2,188	95.5	675	47.16	11.18
6	Timut N 60	3,285	143.4	668	46.74	11.50
	PD / LSD 0.05	242		4	1.12	0.32

\* koristati seemneks / seed harvest

### Kattevilja mõju haljasväetiskultuuride väetusväärtusele

Üldjuhul oli katteviljata külvatud haljasväetiskultuuride väetusväärtus kolme järgneva aasta vältel kõrgem, võrreldes katteviljaaluste külvidega. Vaid ühel juhul, teisel järelmõju aastal andis oder 'Inari' lämmastikväetise foonil N 90 kõrgema terasaagi variandis, kus põldtimut oli külvatud kattevilja alla (tabel 4). Punase ristiku puhul oli suvinisu ja odra terasaagi summaarne kaotus suurim – kolme aastaga ligikaudu 1.5 t/ha. Hulgalehise lupiini

puhul saadi katteviljast tingitud terasaaki 0.9 t/ha vähem. Kuna sisseküüntud biomass oli kattevilja alla külvi korral enamikel juhtudest suurem kui haljasväetiskultuuride katteviljata külvides, sai hilisem madalam terasaak tulebuda kattevilja allelopaatses järelmõjust. Hulgalehise lupiini ja punase ristiku variantides künti koos haljasväetisega sisse ka kogu moodustunud odra biomass.

Arvestades mullaviljakuse füsioloogilist, fütosanitaarset ja tehnoloogilist aspekti on haljasväetiskultuuride katteviljata külvi mõju kindlasti parem.

**Tabel 4.** Kattevilja negatiivne järelmõju, kg/ha  
**Table 4.** Negative aftereffect of cover crop, kg/ha

Haljasväetis Green manure	Suvinisu Spring wheat	Oder I Barley I	Oder II Barley II	Kokku Total
Põldtimut / Ph. pratense N 120 või / or N 90	404	367*	486	523
Hulgalehine lupiini / L. polyphyllus	268	219	423	910
Põldtimut / Ph. pratense N 0	280	644	518	1,442
Punane ristik / Tr. Pratense	222	656	656	1,534
Inkarnaatristik / Tr. Incarnatum	263	490	373	1,126
Põldtimut / Ph. pratense N 60	135	119	385	639

\* kattevilja allakülvi variandis saadi kõrgem saak kui katteviljata külvatud variandis / In the variant with undersowing the yield was higher than that of the variant without a cover crop

### Haljasväetiskultuuride biomass teise kasvu aasta sügisel

Kui haljasväetiskultuurid jäetakse kasvama teiseks kasvu aastaks, tuleb otsustada, milline kultuur järgneb. Kui talivilvi, tuleks tavalist mullaharimistehnikat kasutades sisseküünd teha üks kalendrikuu enne talivilja külvi, et muld jõuaks vajaliku tiheduse ni vajuda. Kui kasutada olev tehnika võimaldab mulda tihendada, võib künni hilisemaks jätta. Liiga varajane sisseküünd soodustab orgaanilise aine lagunemist, mis viib paratamatult taime-toitainete väljaleostumiseni sügiseste sadude ja kevadiste lumesulamisvetega. Nii hulgalehisel lupiinil kui varasel punasel ristikul on saagitase kõrgeim täisõitsemisel, mis on ajaliselt lupiinil juuni II dekaadis ja varasel punasel ristikul juuni lõpul. Kui liblikõieliste järel on kasv külvata suviteravili, tuleb liblikõieliste ümberküünd jätta maksimaalselt hilisele sügisesele ajale või koguni järgmise aasta kevadele, nagu viimasel ajal Eestis soovi-

tatud on (Lauringson *et al.*, 2006; Talgre *et al.*, 2009; Lauringson *et al.*, 2011). Meie katseskeem nägi ette hinnata liblikõieliste eelkultuuride väetuseväärtust suvinisu saagi ja saagi kvaliteedi kaudu. Sel eesmärgil lasti punasel ristikul ja hulgalehisel lupiinil läbida kogu arengutsükkel kuni seemnete valmimiseni. Seemne kombineerimise järel eemaldati põhk ja lasti areneda ädalal, mis oktoobri II dekaadil sisse künti. Selles katseosas oli variant, kus hulgalehist lupiini kasutati kahenii-teliselt. Esimene niide tehti enne täisõitsemist, mass eemaldati põllult, suve II poolel moodustunud ädal künti sisse. Katsevariandiga selgitati hulgalehise lupiini võimet toota teisaldatavat haljasväetist. Kirjanduses leidub soovitusi kasvatada hulgalehist lupiini niitelise haljasväetisena, eesmärgiga teisaldata ja laotada koristamisel peenestatud mass kartuli- või köögiviljapõldudele (Hallik *et al.*, 1965; Kurlovich *et al.*, 2007).

**Tabel 5.** Haljasväetiskatses teise kasvu aasta sügisel mulda küntud biomass  
**Table 5.** Biomass ploughed in as green manure in the autumn of the second year

	Haljas- mass, t/ha <i>Green mass</i> t/ha	Haljasmassi kuivaine, t/ha <i>DM of green</i> <i>mass, t/ha</i>	Juurte ja tüü mass, t/ha <i>Mass of roots</i> <i>and stubble</i>	Juurte ja tüü kuivaine, t/ha <i>DM of roots</i> <i>and stubble</i>	Biomass kokku, t/ha <i>Biomass DM</i> <i>total, t/ha</i>
Katteviljata külv / <i>Without cover crop</i>					
Põldtimut / <i>Ph. pratense</i>	0	0	13.25	3.56	3.56
Hulgal. lupiin / <i>L. polyphyllum</i> *	34.08	4.09	15.56	8.78	12.87
Punane ristik / <i>Tr. Pratense</i>	15.56	3.73	11.06	3.33	7.06
Hulgal. lupiin / <i>L. polyphyllum</i> **	33.35	4.00	13.33	7.66	11.66
Külv kattevilja alla / <i>With cover crop</i>					
Põldtimut / <i>Ph. pratense</i>	0	0	15.50	3.78	3.78
Hulgal. lupiin / <i>L. polyphyllum</i> *	34.93	4.30	16.67	8.33	12.63
Punane ristik / <i>Tr. pratense</i>	16.67	3.83	11.28	3.22	7.05
Hulgal. lupiin / <i>L. polyphyllum</i> **	29.04	3.49	10	7.14	10.63

\* esmakasv seemneks / *first growth for seed*; \*\* esmakasv teisaldatavaks haljasväetiseks / *first growth for green manure to be removed*

Teise kasvu aasta sügisel künti mulda hulgalehise lupiini ja punase ristiku ädal koos tüüga (tabel 5). Hulgalehisel lupiinil oli esmakasvu haljasmassi koristamise järel ädalakasvu aega 130, seemnesaagi koristamise järel 92 päeva, punasel ristikul seemnesaagi koristamise järel 70 päeva. Suve teise poole väga soodsas ilmastiku pärast valmis põldtimuti lappidel sinna isekülvist arenenud valge ristiku seeme. Neilt lappidelt niideti seemnehein 18. septembril, mille järel ädalat enam ei moodustunud. Sisseküntud biomass oli suurim hulgalehisel lupiinil – sõltuvalt variandist ja rajamismoodusest 10.63–12.87 t kuivainet hektari kohta. Olulise panuse sellesse kogusesse andis liigi võimas juurekava. Põldtimuti lappidel suurendasid juurtemassi (arvestatud koos tüüga) valge ristiku juured, eriti aga viimase mullapinnal roomavad varred.

Eelmise aasta rajamismoodus (katteviljata, katteviljaga) sisseküntava biomassi kogust ühesuunaliselt ei mõjutanud.

### Teise kasvu aasta järel sisseküntud haljasväetiskultuuride väetuseväärtus

Suvinisu 'Vinjett' andis üldjuhul suurema terasaagi katseosal, kus haljasväetiskultuurid olid külvatud kaks aastat tagasi katteviljata (tabel 6). Haljasväetiskultuuridest kindlustas esimesel järeilmõju aastal kõrgeima terasaagi hulgalehise lupiini variant, kus esmakasvu saak niideti ja eemaldati ning sisse künti vaid ädal. Arvestades katseviga, võrdus lupiini väetuseväärtus selles variandis 120 kg/ha mineraallämmastiku väetuseväärtusega. Hulgalehise lupiini ja punase ristiku seemnepõllu ümberkünni järel saadi ligilähedaselt võrdne suvinisu saak vaid mõningase eelistusega punase ristiku kasuks. Hulgalehise lupiini järel oli suvinisu terade mahumass usutavalt suurem, toorproteiinisaldus aga ühe protsendi võrra kõrgem kui punase ristiku järel. Hulgalehise lupiini järel oli mõnevõrra suurem ka terade kleepvalgu-saldus, kuigi selle soovitatavat taset (28–29%) ükski katses olnud haljasväetiskultuur ei kindlustanud. Küll saavutati see tase (ja ületati) mineraallämmastiku (N 120 kg/ha) toel. Gluteeniindeks oli katses läbivalt soovitud tasemel, kuna optimaalseks loetakse vahemikku 60–90.



Kaks aastat kasvatatud liblikõieliste haljasväetiskultuuride väetuväärtust uuriti veel teisel järelmõju aastal (2011). Selle aasta suve teine pool oli väga põuane, mistõttu katsesse külvatud odra 'Inari' terasaagid jäid madalaks (tabel 7). Katses andis mineraalväetisena antud lämmastik N 90 kg/ha 37–46% ja normiga N 60 kg/ha 18.4–20.9% saagilisa. Haljasväetiskultuuride panus saagi mõjutamisel jäi ebaoluliseks. Punase ristiku

ja lupiini võrdluses oli eelis esimesel. Tema järelmõjul suurenes odra terasaak 5.3–14.9%, paranesid ka saagi kvaliteedinäitajad. Hulgatehisel lupiinil järelmõju kas puudus või oli odra terasaagis standardvariandiga võrreldes isegi usutav tagasimine. Võib oletada, et pikka aega väldanud põua tõttu lagunes orgaaniline aine muldas aeglaselt ning odrataimed kannatasid lämmastiku puuduse all.

**Tabel 6.** Suvinisu 'Vinjett' terasaak ja saagi kvaliteet pärast haljasväetiskultuuride sissekünni teise kasvuaasta sügisel. Esimene järelmõju aasta (2010)

**Table 6.** Yield and grain quality of the spring wheat 'Vinjett' after ploughing of green manure crops in the autumn of the second growth year. The first year of aftereffect (2010)

Jrk nr	Variant	Terasaak kg/ha	%	Mahumass, g	1,000 seemne mass, g	Toorproteiini-sisaldus, %	Kleepvalgu-sisaldus	Gluteeni-indeks
No		Grain yield, kg/ha		Volume weight, g/l	1,000 seed weight, g	Crude protein content, %	Gluten content, %	Gluten index
Külv kattevilja alla / With cover crop 2008								
1	Timut* N 120	4,768	122.6	693	29.68	15.22	33.62	86
2	Lupiin*	4,380	112.6	748	31.26	12.72	25.80	90
3	Timut* N 0	3,890	100	715	31.92	11.92	23.44	91
4	P. ristik*	4,626	118.9	722	33.08	12.02	23.26	93
5	Lupiin**	4,712	121.1	745	33.39	12.86	26.26	87
6	Timut* N 60	4,714	121.2	720	32.22	12.78	26.44	91
	PD / LSD 0,05	305		19	2.5	0.23	0.57	
Katteviljata külv / Without cover crop 2008								
1	Timut* N 120	5,118	119.0	712	30.57	14.82	32.92	77
2	Lupiin*	4,655	108.2	762	33.85	12.68	25.82	83
3	Timut* N 0	4,302	100	749	32.04	11.28	21.70	91
4	P. ristik*	4,818	112.0	736	33.22	11.72	22.84	86
5	Lupiin**	5,000	116.2	752	33.28	12.70	25.84	80
6	Timut* N 60	4,541	105.6	709	31.31	12.74	26.04	84
	PD / LSD 0.05	272		8	0.75	0.26	0.46	

\* esmakasv seemneks / first growth for seed; \*\* esmakasv teisaldatavaks haljasväetiseks / first growth for green manure to be removed

**Tabel 7.** Oder 'Inari' terasaak ja saagi kvaliteet pärast haljasväetiskultuuride sissekünni teise kasvuaasta (2009) sügisel. Teine järelmõju aasta (2011)

**Table 7.** Yield and grain quality of the barley 'Inari' after ploughing in green manure crops in the autumn of the 2nd year. The second year of aftereffect (2011)

Jrk nr	Variant	Terasaak kg/ha	%	Mahumass, g	1,000 seemne mass, g	Toorproteiini-sisaldus, %
No	2008. a	Grain yield, kg/ha		Volume weight, g/l	1,000 seed weight, g	Crude protein content, %
Külv kattevilja alla / With cover crop						
1	Timut*	3,590	146.1	661	47.06	11.86
2	Lupiin*	2,462	100.2	676	47.66	11.58
3	Timut*	2,457	100	672	47.78	12.08
4	P. ristik*	2,823	114.9	679	48.02	12.00
5	Lupiin**	1,897	77.2	670	46.10	11.84
6	Timut*	2,909	118.4	668	46.20	11.50
	PD / LSD 0.05	212		7	0.84	0.40
Katteviljata külv / Without cover crop						
1	Timut*	3,662	137.5	663	48.14	12.18
2	Lupiin*	2,699	101.3	676	48.54	11.52
3	Timut*	2,664	100	682	48.64	11.60
4	P. ristik*	2,806	105.3	681	49.48	11.46
5	Lupiin**	2,469	92.7	687	49.22	11.18
6	Timut*	3,220	120.9	680	48.44	11.60
	PD / LSD 0.05	297		9	1.3	0.26

\* esmakasv seemneks / first growth for seed; \*\* esmakasv teisaldatavaks haljasväetiseks / first growth for green manure to be removed

## Kokkuvõte

Katses olnud haljasväetiskultuuridest on inkarnaatristik üheaastane, suhteliselt vähearenenud juurekavaga taim, mille täisõitsemise e optimaalse sissekünni aeg esimesel

külvivõimalusel külvates jõuab kätte juuli II pooleks. Seega on teda põhimõtteliselt võimalik kasvatada tali-viljade väetamiseks. Augusti lõpul või septembris valmivad inkarnaatristiku seemned, mille järel taimed surevad ädalat moodustamata. Künniga viivitamine

oktoobri lõppu ja novembri algusesse või koguni järgmise kevadeni efekti ei anna, sest taimede suremise järel algab nende lagunemine ja vabanenud toitained kantakse sügiseste sadude ja kevadiste lumesulamisvetega künnikihist välja. Meie katseandmetel annab suvinisu inkarnaatristiku seemnepõllu järel siiski saagilisa 6–7%. Teise järelmõjuaastasse inkarnaatristiku väetav toime ei küüni.

Varast punast ristikut võib haljasväetisena sisse künda külviaasta sügisel või lükata künd edasi järgmisele kevadele. Taimik on kergesti ümberküntav. Taimik sureb nii sügis- kui kevadkünni korral täielikult ega muutu järelkultuuris umbrohuks. Jättes punase ristiku kasvama teiseks aastaks, jõuavad varased sordid täisõitsemise ehk optimaalse sissekünni järku, mil kõigi liblikõieliste lämmastiku sidumise võime on maksimumis. Juuni lõpu künd on aga taliviljade külvi eel ajalisel liiga varajane. Otstarbekas on punase ristiku esmakasv kasutada juuni keskel söödaks (kui leidub tarbija), niita, peenestada ning vedada teisale haljasväetiseks (komposteerimiseks) või biogaasi tootmiseks ja künda sisse ädal taliviljade väetamiseks. Võimalik on kasvatada varase punase ristiku seemet, mis valmib augusti keskpaigas. Seejärel kasvanud ädal on võimalik haljasväetisena sisse künda hilissügisel või järgmisel kevadel.

Külviaasta sügisel ümberküntud varane punane ristik kindlustab esimesel järelmõju aastal lämmastikuga väetamata alaga võrreldes suvinisu enamsaagi kuni 27%, suurenevad saagi toorproteiini- ja kleepvalgusisaldus. Positiivne järelmõju ulatub ka teise ja kolmandasse järelmõju aastasse. Punase ristiku seemnepõllu järel annab suvinisu väetamata variandiga võrreldes kuni 18.9% enamsaaki. Teisel järelmõju aastal annab sisseküntud punane ristik odra saagilisa kuni 14.9%.

Hulgalehine lupiin moodustab külviaastal punasest ristikust märkimisväärselt suurema biomassi. Liigi juurekava on tugevalt arenenud, juured kohati sõrmejamedused. Kamar on küll lihtsalt sisseküntav, kuid taimejuured püsivad sügise ümberkünni järel kevadeni mullas elus ning neist taastuvad lupiinitaimed võivad risustada järelkultuure. Külviaasta sügisel ümberküntud hulgalehise lupiini biomass haljasväetisena suurendas suvinisu terasaaki kuni 23%, andis teisel ja kolmandal järelmõjuaastal odra enamsaaki vastavalt kuni 26.8 ja 10.0%. Hulgalehise lupiini jämedate taimeosade pikaldasema lagunemise tulemusena mõjutab (ja parandab) ta järelkultuuride saagi kvaliteediomadusi.

Teisel eluaastal jõuab hulgalehine lupiin täisõitsemise arengufaasi juuni lõpuks, mil moodustunud biomassi taliviljade tarbeks sisse künda on liiga vara. Vajalike masinate olemasolul võib hulgalehise lupiini esmakasvu niita, peenestada ja vedada haljasväetiseks hilja külvatavate köögiviljade põllule. Võimalus on kasvanud massi kasutada ka biogaasi tootmiseks. Lupiini seemne saak valmib juuli II dekaadis, mille koristamise järel moodustab liik vegetatsiooniperioodi lõpuks ädala. Seemnepõllu ädala sisseküünd kindlustas väetamata alaga võrreldes kuni 12.6% kõrgema suvinisusaagi, teiseks aastaks jäi järelmõju tagasihoidlikuks.

Katteviljata rajatud haljasväetuskultuuride väetuseväärtus on märkimisväärselt tõhusam kui kattevilja alla külvatult.

Eeltoodud kokku võttes võib punast ristikut ja hulgalehist lupiini käsitleda kui väetusväärtuselt võrdseid haljasväetiskultuure. Hulgalehist lupiini ei saa soovitada maheviljelejale, sest herbitsiide kasutamata võib liik jääda tülika umbrohuna tootmist segama.

## Kirjandus

- Aamisepp, I., Eichenbaum, E., Haller, E., Kaarli, K., Kiik, H., Kivi, V., Kotkas, H., Korjus, H., Leivategija, L., Liiv, J., Länts, L., Mälksoo, A., Pedaja, V., Polna, H., Randalu, I., Ruuge, J., Seksel, H., Toomre, R., Tupits, H., Tuul, S., Tõnisson, H., Tääger, A., Viirand, M., Vahenõmm, K. 1964. Taimekasvatus. Tallinn, 814 lk. Aniszewski, T. 1992. The alkaloid-rich and alkaloid-poor Washington lupine (*Lupinus polyphyllus* Lind.) as a industrial crop. – Industrial Crops and Products, vol. 1, Issues 2–4, p 147–155.
- Aniszewski, T. 1993. Nutritive quality of the alkaloid-poor Washington lupin (*Lupinus polyphyllus* Lind.) var SF/TA as a potential protein crop. – Journal of the Science of Food and Agriculture, 61, pp. 409–421.
- Dubrovskis, V., Adamovits, A., Plume, I., Kotelenecs, V., Zabarovskis, E. 2011 Biogas production from greater burdock, largeleaf lupin and sosnovsky cow parsnip. – Engineering from rural development. Jelgava, pp. 388–392.
- Eesti põllumajandusteadus põllumehe teenistuses (toimetanud J. Ümarik). 1964. Tartu, 616 lk.
- Evers, G. W., Davidson, A. D., Doctorian, D. S. Reseeding of crimson clover. <http://cnrit.tamu.edu/cgrm/forres96/pdfs/fitresee.pdf>.
- Foveland, C. S., Evers, G. W. 1995. Arrowleaf, crimson and other annual clovers. – Forages: an introduction to grassland agriculture. Vol. 1 (ed. Barnes, R. F., Nelson, C. J., Collins, M., Moore, K. J.) Iowa State Univ. Press, pp. 249–260.
- Frame, J. *Trifolium incarnatum* L. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/DATA/PF000502.HTM>. Haller, E. 1953. Valge mesikas haljasväetis- ja söödataimena. – Agrotehnika, söödatootmise ja loomade söötamise küsimusi. Tallinn, 79–122 lk.
- Hallik, O., Heinsoo, J., Jaagus, V., Kiik, H., Lepajõe, J., Nõges, T., Pant, R., Raig, H., Sarv, J., Sutter, H., Toomre, R., Vint, E. 1965. Maaviljeluse käsiraamat (koostanud A. Talvoja). Tallinn, 644 lk.
- Heinsoo, J., Jaama, E., Jõudu, J., Reimets, E. Viileberg, K. 1986. Taimekasvatus (koostaja E. Reimets). Tallinn, 318 lk.
- Knight, W. E. 1985. Crimson clover. – Clover science and technology (ed. N. L. Taylor). Madison, Wisconsin, pp. 491–502.
- Kurlovitch, B., Earnshaw, P., Marja-Aho, K., Parviainen, V. Komenlupiini (*Lupinus polyphyllus* Lind.) käyttönotolle Suomessa. <http://lupin-fin.blogspot.com/>.
- Kurlovich, B., Earnshaw, P., Varala, M. Perennial forms of Washington lupin (*L. polyphyllus* Lind.) for effective use in Finland. <http://lupin-fin.blogspot.com/>.
- Kurlovich, B., Stoddard, F. L., Earnshaw, P. 2008. Potential and problems of *Lupinus polyphyllus* Lind. Domestigation. – Lupins for health and wealth (ed. Palta, J. A., Berger, J. D.) Proceedings of the 12th international lupin conference 14–18 Sept. Fremantle, Western Australia, pp. 304–307.
- Kõrgas L. 1963. Valge mesika saagikusest, talvekindlusest ja mõjust mullaviljakusele. – Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teadustööde kogumik III. Saku, lk. 19–37.

- Lauringson, E. Talgre, L. Roostalu, H. 2006. Haljasväetiskultuuride orgaanika moodustumise ja lämmastiku sidumise võime ning selle mõju järelkultuuride saagile. – *Agrooomia*. Jõgeva, lk 34–37.
- Lauringson, E., Talgre, L., Roostalu, H., Makke, A. 2011. Mulla huumus seisundi ja toitainete bilansi reguleerimise võimaluste ning haljasväetuskultuuride fütoproduktiivsuse selgitamine tava- ja maheviljeluse tingimustes. Rakendus-uuringu 2008–2010 lõpparuanne, 78 lk. [http://www.emu.ee/userfiles/Teadus/PM%20aruanded/Lauringson\\_PMaruanne.pdf](http://www.emu.ee/userfiles/Teadus/PM%20aruanded/Lauringson_PMaruanne.pdf).
- Lupins. Geography, classification, genetic resources and breeding. (ed. B. S. Kurlovich). St. Petersburg, 2002, 468 p.
- Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., Astover, A., Eremeev, V., Selge, A. 2009. The effects of pure and under-sowing green manures on yields of succeeding spring cereals. – *Acta Agriculturae Scandinavica. B. Volume 59, Number 1*, pp. 70–76.
- Tupits, H. 1954. Paljulehise lupiini kasvatamine haljasväetiseks. Tallinn, 29 lk.
- Viiil, P., Võsa, T. 2005. Liblikõielised haljasväetised. Eesti Maaviljeluse Instituudi infoleht nr 148. Saku, 16 lk.

**Fertilization value of early red clover (*Trifolium pratense* L.), Washington lupin (*Lupinus polyphyllus* Lind) and crimson clover (*Trifolium incarnatum* L.) as green manure crops**

Ants Bender

**Summary**

Of the studied green manure crops crimson clover is a perennial plant with relatively modest root growth, the full flowering of which, i.e. the optimum ploughing time, occurs in the second half of July provided it was sown at the earliest opportunity. Thus, in principle it is possible to grow it for the fertilization of winter crops. In the end of August and in September crimson clover seeds mature after which plants die without forming an aftermath. Postponing ploughing till the end of October or beginning of November or even till next spring is not effective, because after dying the plants start to decompose and the released nutrients are washed off from the tillage layer by autumn rains or snow melt water in spring. Our trial results indicated, however, that after crimson clover seed field the spring wheat yielded 6–7% extra. No fertilizing effect of crimson clover was found in the second year.

Early red clover can be ploughed into the ground as green manure in the autumn of the sowing year or next spring. It is easy to plough in the plants. Both in the case of autumn and spring ploughing plants die completely and do not turn into weeds in the following crop. When red clover is left growing for the second year, early varieties reach the stage of full

flowering, i.e. the optimum time for in-ploughing, during which the nitrogen fixation ability of all legumes is highest. However, ploughing in the end of June is too early to be used as fertilizer before sowing of winter crops. It is expedient to use the first growth of red clover in the middle of June for fodder (provided there is a consumer), to cut, to chop and transport it elsewhere to be used as green manure (composting) or to produce biogas, and to plough in the aftermath as fertilizer for winter crops. It is possible to produce early red clover seed, which becomes mature in the middle of August. The new regrowth can be then ploughed in as green manure in late autumn or next spring.

Early red clover that is ploughed into ground in the autumn of the sowing year guarantees in the first year of aftereffect a 27% higher yield of spring wheat in comparison with the area that receives no N-fertilizer; the crude protein and gluten contents of the grain also improve. The positive aftereffect extends also to the second and third year. After the seed field of red clover spring wheat yields 18.9% extra compared with the unfertilized variant. In the second year of aftereffect the ploughed red clover increases the barley yield by 14.9%.

In the year of sowing, Washington lupin forms considerably more biomass than red clover. The root system of the species is well developed; roots can be as thick as fingers. The sod is easily ploughable, but the roots remain alive until next spring and the recovering lupin plants may interfere with the aftercrops. The biomass of Washington lupin that was turned under in the autumn of the sowing year affected the spring wheat yield by increasing it up to 23%; in the second and third year of aftereffect, it gave an extra yield of barley up to 26.8 and 10.0% respectively. Due to a longer decomposition of thicker parts of lupin plants it affects (and improves) the grain quality of aftercrops.

In the second year of life Washington lupin reaches the stage of full flowering in the end of June, when it is too early to plough in the biomass as fertilizer for winter crops. Provided that the necessary machinery is available, the first growth of Washington lupin can be cut, chopped and transported as green manure to the fields of vegetables that are sown late. It is also possible to use it for the production of biogas. The seed yield of lupin becomes mature in the second decade of July, after harvesting of which lupin will yield regrowth by the end of the vegetation period. Ploughing in this aftermath ensured up to 12.6% higher spring wheat yield in comparison with the unfertilized area. In the second year the aftereffect remained modest.

The fertilization value of green manure crops that were established without a cover crop was considerably higher than that of crops with a cover crop.

Considering the above, it can be claimed that as to their fertilization value red clover and Washington lupin are equal green manure crops. Washington lupin cannot be recommended to organic farmers, because without the use of herbicides the species may become a troublesome weed.

# TALINISU SAAGIKUS, SAAGI KVALITEET JA KÜPSETUSOMADUSED SÖLTUVALT LÄMMASTIKU NING VÄÄVLIGA VÄETAMISEST

Malle Järvan<sup>1\*</sup>, Lea Lukme<sup>2</sup>, Ann Akk<sup>2</sup>, Liina Edesi<sup>1</sup>, Ando Adamson<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaviljeluse Instituut, taimekasvatuse osakond, Teaduse 13, Saku 75501

<sup>2</sup> Põllumajandusuuringute Keskus, taimse materjali labor, Teaduse 4/6, Saku 75501

\*e-mail: malle.jarvan@eria.ee

**ABSTRACT.** The present study is based on the field trials conducted on break-stony soil during 2004–2008. The objective of this work was to investigate the effect of sulphur fertilization on the grain yield, quality and baking properties of winter wheat (*Triticum aestivum*). Sulphur was applied with NS-fertilizer Axan at the rate of S 10–13.6 kg ha<sup>-1</sup> accompanied with nitrogen background of N 100 kg ha<sup>-1</sup>, which effect was compared to effect of ammonium nitrate at the same rate of N. The rates of N- and NS-fertilizers were divided into two portions and applied at the beginning and at the end of tillering.

Sulphur application increased the grain yield as the average of four years by 21.7%. But, with the increasing yields under influence of sulphur, the protein and wet gluten concentrations in grains decreased. However, sulphur supply increased significantly the quality of wet gluten because the gluten index – a measure of gluten strength – rose by 27.6% as the average of four years. Although sulphur application in many cases decreased protein and wet gluten content in wheat grain significantly, it improved the biological quality of protein because the amino acids concentration in protein increased as the average of four years as follows: methionine – 28%, cysteine – 20%, threonine – 11% and lysine – 8%. Due to sulphur fertilization all major parameters of winter wheat's baking quality improved: stability and quality number of dough, loaf volume and specific volume, round loaf's height to diameter ratio, and porosity of bread.

**Keywords:** sulphur fertilization, winter wheat, yield, protein, wet gluten, amino acids, baking properties.

## Sissejuhatus

Veel mõnikümmend aastat tagasi esines põllukultuuridel väävlipuudust harva. Tänapäeval aga – seoses vääveldioksiidi olulise vähenemisega atmosfääris ja väetiste sortimendi muutumisega – on väävel saanud üheks põhiliseks taimekasvatustoodangut limiteerivaks toitaineiks (McGrath, 2003; Loudet, 2008; Reinbold *et al.*, 2008). Üha suuremal määral leiab kajastamist väävlipuuduse mõju taimede kasvule ja saagikusele, uuritud on ka väävlivaeguses kasvanud nisu omadusi ja sobivust toodete valmistamiseks (MacRitchie, Gupta, 1993; Reinbold *et al.*, 2008).

Väävli olulisust nisu kasvatamisel rõhutavad paljud teadusuuringud (Randall *et al.*, 1990; Zhao *et al.*, 1999; McGrath, 2003; Järvan *et al.*, 2006; Weber *et al.*, 2008; Mars, 2009). Enamasti on leitud, et väävliga väetamine suurendas paralleelselt nii saagikust kui saagi kvaliteeti (Byers, Bolton, 1979; Podlesna, Cacak-Pietrzak, 2008;

Habtegebrial, Singh, 2009; Mars, 2009), kuid mõnel puhul on saagi suurenemisega kaasnunud terade proteiinisalduse vähenemine (Järvan *et al.*, 2006; Weber *et al.*, 2008). On ilmnud ka, et mulla omadustest ja ilmastiku tingimustest sõltuvalt võib talinisu saagikuse ja proteiinisalduse vaheline korrelatsioon olla kas negatiivne või positiivne (Järvan *et al.*, 2009).

Taimede toitumises on väävel kogu taime kasvuperioodi jooksul tihedalt seotud lämmastikuga (Fitzgerald *et al.*, 1999; Flaete *et al.*, 2005; Thomason *et al.*, 2007). Kui tegemist on nende toiteelementide optimaalsete kasutusnormidega, on suhted sünergistlikud, st mõlemad elemendid soodustavad teineteise omastamist. Kui aga üht nendest elementidest on liiga suure kontsentratsioon, hakkab see teise elemendi omastamist pärsima ning võib seeläbi saagikust vähendada ja saagi kvaliteeti halvendada (Järvan, 2008). Väävli kättesaadavus mõjutab oluliselt proteiini kvaliteeti, sest väävel kuulub paljude tähtsate ühendite, nagu tsüsteiini, metioniini, koensüümide, sulfoliipiidide jt, koostisesse (Aulakh, 2003; Singh, 2003; Loudet, 2008). On leitud, et väävli toimel kiireneb valkude ainevahetusrada ja suureneb väävlit sisaldavate aminohapete – metioniini ja tsüsteiini – sisaldus proteiinis (Byers, Bolton, 1979; Wrigley *et al.*, 1980; Granvogl *et al.*, 2008; Reinbold *et al.*, 2008; Habtegebrial, Singh, 2009). Kui väävli kättesaadavus on piiratud, soodustab see väävlivabade või madala väävlisisaldusega reservvalkude moodustumist väävlirikaste valkude arvel. Proteiini erinevad fraktsioonid teatavasti aga mängivad tähtsamat rolli küpsetusomaduste kujunemisel. Gliadiinidest ja gluteeniinidest, mis moodustavad 80–85% jahu kogu proteiini, sõltuvad nisujahu funktsionaalselt tähtsad omadused, mis annavad taignale elastsuse ja venivuse (Kuktaite, 2004). Nisujahu tehnoloogilised omadused ja valmistoote kvaliteet olenevad kleepvalgu kvaliteedist, mida omakorda on võimalik mõjutada väävli kättesaadavusega (Randall, Wrigley, 1986; Zhao *et al.*, 1999; Koehler *et al.*, 2004). Mitmed uurimused (Zhao *et al.*, 1999; McGrath, 2003) kinnitavad, et nisu küpsetuskvaliteeti mõjutab niivõrd mitte lämmastiku kontsentratsioon terades kui just väävli kontsentratsioon.

Poolas läbiviidud talinisu väetuskatsetes selgus, et parimate tehnoloogiliste omadustega terasaak saadi, kui väetamisel lämmastiku ja väävli vahekord (N : S) oli 8–10.5 : 1 (Podlesna, Cacak-Pietrzak, 2008). Sellisel juhul suurenes proteiini ja kleepvalgu kontsentratsioon terades ning ühtlasi avaldus positiivne mõju mitmele taigna kvaliteedi parameetritele – nagu moodustumise aeg, stabiilsus, pehmenemise aste ja kvaliteedinumber. Ka meie 10-variandilistes, N ja S erineva vahekorraga väetuskatsetes, mida mitmel aastal korraldati Eesti erinevates mullastik- kliimatilistes tingimustes, selgus, et talinisu suurimad

saagid saadi variantides, kus pealtväetamisel anti lämmastikku ja väävlit vahekorras 10 : 1 (Järvan, Adamson, 2005; Adamson, Järvan, 2006). Käesolevas artiklis on vaatluse alla võetud väävliga väetamise mõju talinisu saagi kvaliteedile, aminohappelisele koostisele ja küpsetusomadustele just sellise N : S vahekorra puhul.

### Materjal ja meetodika

Käesoleva töö alus on põldkatsed, mis korraldati Sakus talinisu sordiga 'Lars' aastail 2004–2008. Katsed viidi läbi Üksnurmes külvikorraldajal. Talinisu eelnes varajane punane ristik, mis pärast seemne koristamist mulda künti. Katsed paiknesid rähkmullal – *Calcaric Cambisoi* (FAO–UNESCO, 1994), mille agrokeemilised näitajad olid järgmistes piirides:  $pH_{KCl}$  6.6–7.2,  $C_{org}$  1.9–2.3%, P 90–116 mg kg<sup>-1</sup> (Egner-Riehm, DL-meetod), K 168–206 mg kg<sup>-1</sup> (DL), Ca 2040–2320 mg kg<sup>-1</sup> (Egner-Riehm-Domingo, A-L meetod), Mg 52–87 mg kg<sup>-1</sup> (A-L). Veeslahustuva väävlis (ISO 11048) sisaldus mullas kevaditi, vegetatsiooniperioodi algul oli S 6–12 mg kg<sup>-1</sup>. Kuna mulla fosfori- ja kaaliumisisaldus oli kõrge, siis 2004. ja 2005. aasta talinisu ei antud külvi eel mineraalväetist; 2007. ja 2008. aasta talinisu alla anti sügisel kompleksväetisega N12 P26 K50 S15 kg ha<sup>-1</sup>.

Põldkatses oli kümme varianti, milles uuriti erinevate väävlis sisaldavate väetiste, väävlis andmise aegade ja kasutusnormide mõju N100 foonil. Käesolevas töös on nendest vaatluse alla võetud kolm järgmist varianti: 0- ehk väetamata variant; N-variant ehk ammoniumsalpeetrina N 100 kg ha<sup>-1</sup>; NS-variant, milles anti Axaniga N100 S10 kg ha<sup>-1</sup> (2004. ja 2005. aastal) ja Axan Superiga N100 S13.6 kg ha<sup>-1</sup> (2007. ja 2008. aastal). Väetisnorm jaotati kaheks annuseks ning külvati katselappidele talinisu võrsumise alg- ja lõppfaasides, see on arenguastmetes 21–22 ja 25–30 (Zadocks *et al.*, 1974). Katsed viidi läbi 25 m<sup>2</sup> suurustel katselappidel neljas korduses. Kasvuperioodide ilmastiku andmed on esitatud tabelis 1. Sademed ja õhutemperatuur registreeriti katsepõldude vahetus läheduses paikneva mõõteaparatuuriga.

**Tabel 1.** Kasvuperioodide keskmised õhutemperatuurid ja sademed Sakus aastail 2004–2008 ning pikaajalised keskmised Jõgeval (1922–2009)

**Table 1.** Mean air temperature and precipitation for growing seasons 2004–2008 at Saku, and long-term average at Jõgeva (1922–2009)

Kuu/Month	2004	2005	2007	2008	Keskmine Average
Keskmine õhutemperatuur / Air temperature, °C					
Mai/May	9.5	9.7	10.8	8.8	10.2
Juuni/June	12.4	13.0	15.1	13.2	14.4
Juuli/July	15.7	17.2	16.2	15.3	16.7
August	16.3	15.7	17.3	14.1	15.3
Mai–august/May–August	13.5	13.9	14.8	12.8	14.2
Sademed/Precipitation, mm					
Mai/May	35	47	27	10	50
Juuni/June	75	39	8	96	66
Juuli/July	218	82	42	53	81
August	48	136	75	161	87
Mai–august/May–August	376	304	152	320	284

Saagid koristati kombainiga, kuivatati, sorteeriti ning arvestati 86% kuivainele. Võeti teraproovid variantide kõikidelt kordustelt, millest Põllumajandusuuringute Keskuses määrati igäühes eraldi esmased kvaliteedinäitajad (langemisarv, proteiini- ja kleepvalgusisaldus, gluteenindeks). Aminohapete määramiseks koostati iga variandi kohta keskmine teraproov, millest laboris tehti analüüsid kolmes korduses. Talinisu küpsetusomaduste määramise ja prooviküpsetuste tegemise jaoks võeti katsevariandi iga korduse saagist keskmine teraproov mahuga á 1.5 liitrit ning ühendati koonddprooviks massiga ~4 kg.

Teravilja kvaliteedianalüüsid ja prooviküpsetused viidi läbi Põllumajandusuuringute Keskuse taimse materjali laboris. Proteiin määrati AOAC 2001.11 järgi. Märja kleepvalgu sisaldus ja kvaliteet määrati ICC Standard No. 155:1994 järgi. Märj kleepvalk eraldati nisušrotist Glutomatic seadmega, saadud kogust nimetatakse märja kleepvalgu sisalduseks. Kleepvalgu kogust tsentrifuugiti ettenähtud tingimustel läbi erikonstruktsiooniga sõela. Sõelale jäänud märja kleepvalgu suhet kogu kleepvalku nimetatakse gluteenindeksiks ja see iseloomustab märja kleepvalgu kvaliteeti. Langemisarv määrati EN ISO 3093:2009 järgi. Aminohapete määramiseks kasutati meetodeid EVS-EN ISO 13903:2005 ja HPLC UV (Perkin Elmer LC System).

Küpsetuskatsed viidi läbi etapiviisiliselt. Kõigepealt toimus laborile küpsetusomaduste määramiseks esitatud teraproovide jahvatamiseks ettevalmistamine. Terad jahvatati laboratoorse veskiga QC 109. Jahudel lasti teatud aeg laagerduda. Seejärel määrati jahu kvaliteedinäitajad: niiskus vastavalt EVS-EN ISO 712:2010 või PMK/TML 1:2005; toorproteiini sisaldus vastavalt AOAC 2001.11 või infrapuna analüsaator Infratec NIT 1275 Analyseriga; langemisarv vastavalt EN ISO 3093: 2009; märja kleepvalgu sisaldus ja kvaliteet vastavalt ICC 155:1994. Taigna küpsetusomaduste määramine toimus Farinograaf Brabender seadme abil vastavalt ICC 115/1:1992. Taigna staadiumis määrati jahu veesidumisevõime %-des, taigna moodustumise aeg minutites, taigna stabiilsus minutites, taigna pehmenemisaste FU-des ja kvaliteedinumber (Maslov *et al.*, 1960; Põld, Maasing, 1971). Järgnes taigna valmistamine retseptuuri järgi, taigna tükeldamine, vormimine ja küpsetamine. Valmistootte ehk saia staadiumis määrati pätsi ruumala, eriruumala ning eriruumala ja proteiini suhe, ümara toote kõrguse ja diameetri suhe, sisu poorsus 1 : 10 ja poorsus %-des (Maslov *et al.*, 1960; Põld, Maasing, 1971).

Saagikuse ja keemiliste analüüside tulemuste statistiline analüüs tehti andmetöötlusprogrammiga JMP 5.0.1 (SAS Institute, Cary, N.C.), kasutades Tukey-Krameri testi (HSD).

### Tulemused ja arutelu

Katseala mullas oli liikuva väävlis (S) sisaldus kõikidel aastatel madal – taimekasvu algul vaid 10 mg kg<sup>-1</sup> ringis. Talinisu pealtväetamisel koos lämmastikuga antud väävel osutus eriti efektiivseks 2004. aasta tingimustes, mil väävlis vabanemine mulla varudest oli väga jaheda varakevade tõttu tõenäoliselt pidurdunud. Sel aastal saadi Axaniga (N60 S6 + N40 S4 kg ha<sup>-1</sup>) väetamisega 1.48 t ha<sup>-1</sup> ehk 43.0% suurem saak kui ammonium-

salpeetriga (N60 + N40 kg ha<sup>-1</sup>) väetamisel (tabel 2). 2005. aastal suurenes saagikus väävlil mõjul 15.7% ja 2008. aastal – 28.6%. 2007. aastal korraldati Sakus kaks identset katset erinevatel külvikorraväljadel, kus mullarim oli küll sama (rähkmuld), kuid mõnevõrra erinevad olid mulla agrokeemilised näitajad – pH, P- ja K-sisaldused. 2007. aasta katsete tulemused olid peaaegu ühesugused – N-variantis oli talinisu saagikus 63.1–66.5% suurem ja NS-variantis 70.6–73.1% suurem kui väetamata variantis. Selle aasta ülimalt põuastes tingimustes ei avaldanud väävel usaldusväärset mõju talinisu saagikusele. Sakus rähkmullal läbi viidud viie põldkatse keskmisena suurenes talinisu saagikus väävliga väetamise mõjul 0.96 t ha<sup>-1</sup> võrra ehk 17.6%.

Talinisu langemisarv vastas toidunisu esitatavatele nõuetele 2004., 2007. ja 2008. aasta kõikides katsevariantides. N- ja NS-variantides oli langemisarv kahel aastal kõrgem kui väetamata variantis. 2005. aasta talinisu saagi erakordselt madala langemisarvu peapõhjus oli see, et sagedased vihmahood ei võimaldanud õigeaegset koristamist ja osa teri kippus peas kasvama hakkama. Kuid nagu hilisemad kvaliteedianalüüsid ja küpsetustestid (tabel 3) näitasid, oli ka sellisest viljast võimalik saada päris normaalse kvaliteediga lõpptooted.

Suured erinevused, sõltuvalt aastast, ilmnisid nisu proteiini- ja kleepvalgusisalduses. Kui võrrelda nende sisaldusi näiteks N-variantis, milles anti N 100 kg ha<sup>-1</sup>, ja kui 2004. ja 2005. aastal oli proteiinisaldus 14% ringis, siis 2007. ja 2008. aastal oli see vaid umbes 10.5%. Samasuu-

nalised ja olulised olid erinevused ka kleepvalgusisaldustes. Kuigi mõne autori (Thomason *et al.*, 2007) järgi on põua ja kõrge temperatuuri tingimustes kasvanud nisu proteiinitase tavaliselt kõrgem, ei saa seda järeldust täies ulatuses rakendada meie 2004.–2008. aasta katsete kohta. Kui võrrelda nende aastate ilmastikutingimusi, siis maist kuni augusti keskpaigani, mil nisu koristati, oli sademete hulk järgmine: 2004 – 394 mm, 2005 – 260 mm, 2007 – 95 mm ja 2008 – 270 mm. Seega, 2005. ja 2008. aasta kasvuperioodid olid normaalse sademete hulgaga, 2004. aasta oli sademerohke, 2007. aasta aga erakordselt põuane. 2004. ja 2005. aasta kevadel tuli vihma piisavalt ja regulaarselt, seetõttu oli pealtväetiste mõju kiire. Teatavasti lämmastiku kõrge omastatavus soodustab nii nisutaimede biomassi formeerumist kui ka lämmastiku viimist aminohapete kujul kasvavatesse teradesse (Wrigley *et al.*, 1980; Zörb *et al.*, 2010). Arenevad terad vajavad reservalkude sünteesimiseks lämmastikku ja väävlit, mida nad generatiivse kasvu ajal peavad saama kas väliskeskkonnast või vegetatiivsetes kudedes talletunud reservidest (Fitzgerald *et al.*, 1999). Kui väetamisel kasutatakse kõrgeid lämmastikunorme, kuid väävlit lisaks ei anta, võib see esile kutsuda väävlipuuduse, mis suuresti mõjutab terade kvaliteeti (Timms *et al.*, 2006; Grove *et al.*, 2009). Rohke lämmastikuga väetamine, samal ajal kui taimed olid väävlinaljas, on suurendanud küll proteiini üldkogust, kuid proteiini reoloogilised omadused, mis on väga olulised nisujahu küpsetuskvaliteedi seisukohalt, muutusid seejuures tublisti (Wieser *et al.*, 2004; Flaete *et al.*, 2005).

**Tabel 2.** N- ja NS-väetamise mõju talinisu 'Lars' saagile, saagi kvaliteedile ja aminohapete sisaldusele Sakus rähkmullal aastail 2004–2008

**Table 2.** The effect of N- and NS-fertilization on the grain yield, quality and content of amino acids of winter wheat on break-stony soil at Saku in 2004–2008

Näitajad <i>Properties</i>	2004			2005			2007 – I katse / <i>trial</i>			2007 – II katse / <i>trial</i>			2008			2004–2008		
	0	N	NS	0	N	NS	0	N	NS*	0	N	NS*	0	N	NS*	0	N	NS
Saak/Yield, t ha <sup>-1</sup>	3.15 <sup>b</sup>	3.44 <sup>b</sup>	4.92 <sup>a</sup>	4.58 <sup>c</sup>	5.08 <sup>b</sup>	5.88 <sup>a</sup>	3.47 <sup>b</sup>	5.66 <sup>a</sup>	5.92 <sup>a</sup>	3.49 <sup>b</sup>	5.81 <sup>a</sup>	6.04 <sup>a</sup>	3.44 <sup>c</sup>	7.20 <sup>b</sup>	9.26 <sup>a</sup>	3.63 <sup>c</sup>	5.44 <sup>b</sup>	6.40 <sup>a</sup>
Langemisarv / <i>Falling number</i> , sek	358 <sup>a</sup>	352 <sup>a</sup>	364 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>	305 <sup>b</sup>	340 <sup>a</sup>	342 <sup>a</sup>	290 <sup>b</sup>	334 <sup>a</sup>	321 <sup>a</sup>	276 <sup>b</sup>	309 <sup>a</sup>	322 <sup>a</sup>	258	279	283
Proteiin/ <i>Protein</i> , %	10.6 <sup>b</sup>	14.1 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	11.1 <sup>c</sup>	13.9 <sup>a</sup>	13.4 <sup>b</sup>	7.9 <sup>c</sup>	10.6 <sup>a</sup>	10.1 <sup>b</sup>	7.8 <sup>b</sup>	10.4 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	7.8 <sup>b</sup>	10.4 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	9.0	11.9	11.1
Kleepvalk / <i>Wet gluten</i> , %	23.0 <sup>b</sup>	31.9 <sup>a</sup>	25.1 <sup>b</sup>	21.9 <sup>b</sup>	31.6 <sup>a</sup>	30.2 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	22.8 <sup>a</sup>	21.0 <sup>a</sup>	11.7 <sup>b</sup>	23.0 <sup>a</sup>	21.5 <sup>a</sup>	11.7 <sup>b</sup>	19.4 <sup>a</sup>	18.6 <sup>a</sup>	15.9	25.7	23.3
Gluteeniindeks / <i>Gluten index</i> , %	77 <sup>a</sup>	45 <sup>b</sup>	74 <sup>a</sup>	79 <sup>a</sup>	32 <sup>c</sup>	51 <sup>b</sup>	98 <sup>a</sup>	75 <sup>b</sup>	90 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	76 <sup>c</sup>	84 <sup>b</sup>	90 <sup>a</sup>	79 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup>	88	61	76
Sisaldus terades / <i>Content in grains</i> , g kg <sup>-1</sup>																		
CYS	2.60 <sup>a</sup>	2.34 <sup>b</sup>	2.53 <sup>a</sup>	2.35 <sup>b</sup>	2.23 <sup>b</sup>	2.91 <sup>a</sup>	1.47 <sup>b</sup>	1.74 <sup>a</sup>	1.76 <sup>a</sup>	1.43 <sup>b</sup>	1.77 <sup>a</sup>	1.82 <sup>a</sup>	1.25 <sup>b</sup>	1.45 <sup>a</sup>	1.48 <sup>ab</sup>	1.82	1.91	2.10
THRE	3.17 <sup>a</sup>	3.73 <sup>a</sup>	3.75 <sup>a</sup>	2.82 <sup>ab</sup>	2.74 <sup>b</sup>	3.40 <sup>a</sup>	3.09 <sup>b</sup>	4.03 <sup>a</sup>	3.90 <sup>a</sup>	3.13 <sup>b</sup>	3.97 <sup>a</sup>	4.08 <sup>a</sup>	2.01 <sup>b</sup>	2.43 <sup>a</sup>	2.41 <sup>a</sup>	2.84	3.38	3.51
METH	2.04 <sup>b</sup>	1.86 <sup>c</sup>	2.14 <sup>a</sup>	1.77 <sup>a</sup>	1.26 <sup>b</sup>	1.98 <sup>a</sup>	1.12 <sup>b</sup>	1.44 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>	1.07 <sup>c</sup>	1.36 <sup>b</sup>	1.44 <sup>a</sup>	0.95 <sup>b</sup>	1.11 <sup>a</sup>	1.15 <sup>a</sup>	1.39	1.41	1.62
LYS	4.88 <sup>b</sup>	5.24 <sup>a</sup>	4.66 <sup>c</sup>	3.28 <sup>a</sup>	3.13 <sup>a</sup>	3.65 <sup>a</sup>	2.56 <sup>a</sup>	2.77 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>	2.42 <sup>b</sup>	2.71 <sup>a</sup>	2.65 <sup>ab</sup>	2.68 <sup>b</sup>	3.17 <sup>ab</sup>	3.44 <sup>a</sup>	3.16	3.40	3.39
Sisaldus proteiinis / <i>Content in protein</i> , g kg <sup>-1</sup>																		
CYS	24.5	16.6	21.8	21.2	16.0	21.7	18.6	16.4	17.4	18.3	16.8	18.2	16.2	13.9	14.6	19.8	15.9	18.7
THRE	29.9	26.7	32.3	25.4	19.7	25.4	39.1	38.0	38.6	40.1	37.8	40.8	25.8	23.4	23.6	32.1	29.1	32.1
METH	19.2	13.2	18.4	15.9	9.1	14.8	14.2	13.6	13.9	13.7	13.0	14.4	12.2	10.7	11.3	15.0	11.9	14.6
LYS	46.0	37.2	40.2	29.5	22.5	27.2	32.4	26.1	25.0	31.0	25.8	26.5	34.5	29.1	31.5	34.7	28.1	30.1
Hektari kohta / <i>From hectare</i>																		
proteiini/ <i>protein</i> , kg ha <sup>-1</sup>	334	485	571	508	706	788	274	600	598	272	604	616	268	745	945	331	628	704
LYS, kg ha <sup>-1</sup>	15.4	18.0	23.0	15.0	15.9	21.4	8.9	15.7	15.0	8.4	15.6	16.3	9.2	21.7	29.8	11.4	17.4	21.1

Katsevariantid/Treatments: 0 – väetamata / without fertilizer; N – ammooniumsalpeeter / ammonium nitrate, N 100 kg ha<sup>-1</sup>; NS – Axan, N100 S10 kg ha<sup>-1</sup>;

NS\* – Axan Super, N100 S13.6 kg ha<sup>-1</sup>.

Aminohapped / Amino acids: CYS – tsüsteiin/cysteine; THRE – treoniin/threonine; METH – metioniin/methionine; LYS – lüsiin/lysine.

Erinevate ülaindeksitega väärtused on tabeli rea ja aasta ulatuses usutavalt erinevad ( $P < 0.05$ ). / The values with different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).

**Tabel 3.** N- ja NS-väetamise mõju Sakus rähkmullal kasvatatud talinisu 'Lars' küpsetusomadustele aastail 2004–2007  
**Table 3.** The effect of N- and NS-fertilization on the baking properties of winter wheat growing on break-stony soil at Saku in 2004–2007

Näitajad Properties	2004			2005			2007 – I katse / trial			2007 – II katse / trial			2004–2007		
	0	N	NS	0	N	NS	0	N	NS*	0	N	NS*	0	N	NS
<b>JAHU/FLOUR</b>															
Langemisarv Falling number, sek	358	412	371	67	91	84	295	316	325	315	350	340	259	292	280
Proteiin/Protein, %	9.5	12.3	10.4	9.0	12.2	11.7	6.9	9.4	9.0	6.8	9.2	9.0	8.1	10.8	10.0
Kleepvalk / Wet gluten, %	25.9	31.8	28.6	22.3	33.3	31.8	13.0	23.6	22.3	15.6	24.4	22.2	19.2	28.3	26.2
Gluteenindeks Gluten index, %	76	49	79	90	48	78	95	69	94	93	91	89	88	64	85
<b>TAIGEN/DOUGH</b>															
Veesidumisvõime 14% niiskuse juures / Water absorption, %	59.0	62.6	60.0	54.2	62.2	57.9	53.8	58.0	56.3	52.0	57.3	54.6	54.8	60.0	57.2
Taigna moodustumise aeg Development time, min	3.0	2.5	2.4	2.5	2.5	3.0	1.2	1.9	1.9	1.0	2.0	1.5	1.9	2.2	2.2
Stabiilsus/Stability, min	3.4	3.8	5.1	1.6	1.6	4.0	3.6	3.6	4.2	2.1	4.0	2.9	2.7	3.2	4.0
Pehmenemise aste Degree of softening	97	70	76	154	154	120	111	103	100	124	102	135	122	107	108
Kvaliteedinumber Quality number	52	50	59	31	32	49	23	33	37	20	35	27	32	38	43
<b>SAUBREAD</b>															
Ruumala / Volume, cm <sup>3</sup>	1,468	1,457	1,414	1,510	1,604	1,765	1,244	1,597	1,561	1,029	1,585	1,473	1,313	1,561	1,553
Eriuumala Specific volume, cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	3.78	3.69	3.57	3.95	4.14	4.58	3.38	4.32	4.21	2.79	4.23	4.00	3.48	4.10	4.09
Eriuumala: proteiin Specific volume: protein	0.40	0.30	0.34	0.44	0.34	0.39	0.49	0.46	0.47	0.41	0.46	0.45	0.43	0.39	0.41
Kõrgus: diameeter Height: diameter	0.40	0.33	0.40	0.45	0.40	0.54	0.41	0.37	0.45	0.36	0.38	0.47	0.40	0.37	0.46
Poorsus 1:10 / Porosity	4	2	3	2	1	3	6	4	6	4	5	6	4.0	3.0	4.5
Poorsus/Porosity, %	76	76	72	83	86	81	79	80	81	76	80	79	78	80	78

0 – väetamata / without fertilizer; N – ammoniumsalpeeter / ammonium nitrate, N 100 kg ha<sup>-1</sup>; NS – Axan, N100 S10 kg ha<sup>-1</sup>; NS\* – Axan Super, N100 S13.6 kg ha<sup>-1</sup>.

Meie 2004. ja 2005. aasta katsetes lämmastik koguses N 100 kg ha<sup>-1</sup> suurendas talinisu saagikust vaid 9–11%, kuid mõjutas oluliselt proteiinisaldust ja koostist. Lämmastiku mõjul suurenes terade proteiinisaldus nendes katsetes vastavalt 33 ja 25% ning kleepvalgusisaldus 39 ja 44%. Samal ajal halvendas ühekülgne lämmastikuga väetamine proteiini kvaliteeti. Proteiini degradatsiooni esimene märk oli gluteenindeksi väärtuse vähenemine – N-variandis oli see 42 ja 59% võrra madalam kui väetamata variandis. Lämmastikuga väetamine põhjustas olulisi muutusi ka mõne aminohappe sisaldustes.

2007. aastal valitses tugev pöud kevadest alates kuni juuli keskpaigani. Seetõttu ei suutnud talinisu taimed pealtväetistega antud toitaineid kätte saada. Terade moodustumise ja valmimise ajal oli taimede kasutuses lämmastikku ja väävlit tõenäoliselt liiga vähe selleks, et sünteesida proteiini normaalsel määral. Sellel aastal piirdus proteiinisaldus N-variandis vaid 10.6%-ga ja NS-variandis 10.1%-ga, kleepvalgusisaldused olid vastavalt 22.8% ja 21.0%.

2008. aasta katses olid talinisu proteiini- ja kleepvalgusisaldus enam-vähem samal tasemel kui 2007. aastal. Nende madala sisalduse põhjusi võis olla mitu. Esiteks ilmastik, mis oli kuni juuni keskpaigani suhteliselt kuiv. Seetõttu ei saanud tahkes vormis antud pealtväetised piisavalt mõjule pääseda. Teiseks, nisu valmimise faasis valitsesid jahedad, pilvised ja vihmased ilmad, ka see võis proteiini sünteesile negatiivselt mõjuda. Kolmas madala proteiinisalduse põhjus võis olla

proteiini nn lahjenemise efekt, sest sel aastal oli talinisu saagikus märksa kõrgem kui eelmistel aastatel. Thomason *et al.* (2007) järgi on nisu saagikus ja proteiinisaldus pöördvõrdelises sõltuvuses just tingituna nn lahjenemisest taime sees. Ka Weber *et al.* (2008) uurimuses korreleeruvad kõrgemad saagikused madalamate proteiinisaldustega ning seda seostatakse samuti lahjenemise efektiga.

Lämmastiku ja väävliga väetamine mõjutas mitte ainult proteiini ja kleepvalgu kontsentratsiooni, vaid ka kleepvalgu kvaliteeti, mille näitaja on gluteenindeks. Gluteenindeks väljendab pärast tsentrifuugimist spetsiaalsele sõelale jäänud kleepvalgu suhet kleepvalgu koguhulka (Perten, 1990). Selle väärtus näitab gluteeni tugevust – kas gluteen on küpsetusomaduste seisukohalt mitteküllaldane, sobiv või suurepärase. Saiatoodete valmistamiseks aktsepteeritava nisu gluteenindeksi väärtus on piirides 60–90% (Tayyar, 2010). Kesk-Euroopa nisu-sortide jaoks optimaalne gluteenindeks on 75–90% (Curic *et al.*, 2001).

Meie katsetelt kogutud nisuproovide gluteenindeksid varieerusid tublisti, olenevalt aastast ja katsevariandist piirides 32–98% (tabel 2). Gluteenindeksi madalaima väärtusega terasaigid saadi 2004. ja 2005. aastal ainult lämmastikuga (N100) väetatud, ilma väävlita, variandis. Olgugi et selle variandi puhul suurenesid proteiini ja kleepvalgu kontsentratsioonid terades lämmastiku mõjul oluliselt, olid gluteenindeksid vaid 45% ja 32% ning sellist nisu ei saa küpsetuskvaliteedi poolest sobivaks pidada. Meie varasemad uuringud (Järvan *et al.*, 2006)

erinevatelt väetusvariantidelt pärinevate nisujahudega on näidanud, et mitmed küpsetuskvaliteedi parameetrid – nagu taigna stabiilsus ja kvaliteedinumber, pätsi maht, ümara toote kõrguse ja diameetri suhe, sisu poorsus – halvenesid oluliselt, kui nisuterade gluteenindeks oli väiksem kui 50%. Meie 2004.–2008. aasta katsetes põhjustas ühekülgne lämmastikuga väetamine talinisu gluteenindeksi olulise vähenemise – viie katse keskmisena langes see 30.7%. Ka Garrido-Lestache *et al.* (2004) ja Ames *et al.* (2003) on leidnud, et suuremate lämmastikunormide kasutamine, vaatamata proteiini kontsentratsiooni suurenemisele nisuterades, ei ole suutnud gluteeni tugevust positiivselt mõjutada, sest gluteenindeksi väärtus on vähenenud.

Väävel normiga 10–13.6 kg ha<sup>-1</sup> mõjutas talinisu kleepvalgu kvaliteeti, väljendatuna gluteenindeksina, positiivselt 2004., 2005. ja 2007. aastal. Nelja katse keskmisena oli gluteenindeks NS-variandis 31% kõrgem kui N-variandis. Väävli positiivset toimet nisu gluteenindeksile on märkinud ka Garrido-Lestache *et al.* (2004).

Nisu bioloogiline kvaliteet nii toiduvilja kui sööda seisukohalt sõltub suurel määral nii proteiinisisaldusest kui ka selle koostisest. Tavaliselt proteiinisisalduse suurenedes langeb mõne asendamatu aminohappe (sealhulgas lüsiini, treoniini ja tsüsteiini) sisaldus (Maner, 1987). Nisu proteiinis leidub aminohappeid umbes kahekümne ringis, neist kümnet võib pidada asendamatuks, sest loomorganism ei suuda neid ise sünteesida, vaid peab saama ratsiooniga (Shewry, 2009). Asendamatu aminohapetest nisu proteiinis on suurimas defitsiidis lüsiin (McDonald *et al.*, 2002; Shewry, 2009), mis on väga tähtis sööda seisukohalt. Näiteks sigade söötmises on lüsiin esmasem limiteeritud aminohape, sellele järgnevad treoniin, valiin ja metioniin (Maner, 1987). Paljud teadlased (Byers, Bolton, 1979; Mortensen *et al.*, 1992; Granvogl *et al.*, 2008; Zörb *et al.*, 2010) märgivad, et nisuterade aminohappeliste koostist on võimalik mõjutada väetiste teadliku kasutamisega. Byers, Bolton (1979) uurimuses vähenes väävlipuuduse korral nisuterade ja -jahu aminohapete koguhulgas metioniini ja tsüsteiini osatähtsus, viimane neist eriti oluliselt. Väävlipuuduse korral vähenes nisus ka lüsiini- ja treoniinisisaldus ning seda enam, mida rikkalikumalt väetati lämmastikuga (Byers, Bolton, 1979). Seega, väävlipuuduses kasvatatud nisu toiteväärtus langes oluliselt.

Väävel kui tsüsteiini ja metioniini koostisesse kuuluv element on väga tähtis valkude sünteesi jaoks. Peale selle on nendel aminohapetel veel teisigi rolle (Mortensen *et al.*, 1992). Mõlemal väävlit sisaldaval aminohappel on suur tähtsus nisujahu küpsetuskvaliteedi väljakujunemises. Proteiini suurema kontsentratsiooni tulemuseks ei ole sugugi alati küpsetusomaduste paranemine, sest proteiini taseme suurenedes lämmastiku ja väävli vahekord muutub mittesoovitavas suunas (Timms *et al.*, 2006). Toidunisu terades peaks N : S suhe olema väiksem kui 17 (Hagel, 2005). Tänapäeval kasutatud leidnud praktika, kus teravilju väetatakse suurte lämmastikunormidega ilma, et väävlivajadus oleks rahuldatud, annab põhjust saagi kvaliteedi pärast muretsemiseks (Tea *et al.*, 2007). Lämmastikuga väetamine

mõjutab esmajoones proteiini kontsentratsiooni, samal ajal kui väävel reguleerib valkude koostist ja kvaliteeti (Zörb *et al.*, 2010). Väävliga väetamine suurendab väävlit sisaldavate aminohapete, tsüsteiini ja metioniini, sünteesi ning suurendab neid aminohappeid sisaldavate valkude kogust (Granvogl *et al.*, 2008).

Meie väetuskatsetes, mis viidi läbi rähkmullal aastail 2004–2008, avaldus lämmastiku ja väävli mõju mõne aminohappe sisaldusele talinisu terades mitmeti (tabel 2). 2004. aastal lämmastik normiga N 100 kg ha<sup>-1</sup> suurendas lüsiinisisaldust 7.3%, kuid vähendas tsüsteiinisaldust 10.0% ja metioniinisaldust 9.7%. Kui lisaks lämmastikule anti ka väävlit koguses S 10 kg ha<sup>-1</sup>, siis väävli mõjul suurenesid tsüsteiini- ja metioniinisisaldus vastavalt 8.1% ja 15.1%. 2005. aasta tingimustes oli väetamise mõju nisuterade aminohapete sisaldusele suurem kui eelmisel aastal. Ühekülgset lämmastikuga väetamise puhul täheldati eriti suurt metioniinisisalduse vähenemist (28.2%). Samal ajal aga väävli mõjul aminohapete sisaldus suurenes järgmiselt: tsüsteiin – 30.5%, metioniin – 57.1% ja treoniin – 24.1%. Selles suhtes on meie tulemused analoogilised teiste teadlaste tulemustega (Aulakh, 2003; Koehler *et al.*, 2004; Granvogl *et al.*, 2008), millest järeldub, et väävliga väetamine suurendab väävlit sisaldavate aminohapete – tsüsteiini ja metioniini – sisaldust saagis. Sama kinnitavad ka Habtegebrail, Singh (2009), kes lisavad veel, et väävli andmine suurendas ka lämmastikväetise kasutamise efektiivsust. 2007. ja 2008. aastal, kui ilmastikutingimused ei olnud proteiini sünteesimiseks kuigi soodsad, ei mõjutanud lämmastiku ja väävli andmine ka aminohapete sisaldust nisu terades. Kokkuvõtlikult 2004.–2008. aasta katsete kohta, lämmastiku ja väävliga väetamine ei mõjutanud aminohapete sisaldust terades usutavalt, välja arvatud vaid metioniini, mille sisaldus väävli mõjul suurenes nelja aasta keskmisena 20.1%.

Kuigi Sakus rähkmullal läbi viidud katsetes NS-väetamine võrreldes N-väetamisega paljudel juhtudel vähendas oluliselt proteiini- ja kleepvalgusisaldust talinisu terades, parandas väävel proteiini bioloogilist kvaliteeti. Kui aminohapete kontsentratsioonid nisu terades ümber arvestada nende kontsentratsioonile proteiinis, selgus, et N-variandi puhul oli aminohapete kontsentratsioon proteiinis alati väiksem kui väetamata variandis (tabel 2). Kui võrrelda väetamata 0-variandiga, siis ühekülgne lämmastikuga väetamine (N100) rikkus taimekasvuks vajalike toiteelementide omavahelist tasakaalu ja kutsus esile väävlipuuduse tugevnemise, mis ilmselgelt kajastus ka proteiini koostise muutumises. Meie tulemused on analoogilised teiste teadlaste (Timms *et al.*, 2006; Shewry, 2009; Zörb *et al.*, 2010) järeldustega, et lämmastikuga väetamine ilma väävlivajadust rahuldamata toob kaasa nisu proteiini toiteväärtuse ja küpsetuskvaliteedi halvenemise.

Kui võrrelda aminohapete kontsentratsioone N- ja NS-variandi nisude proteiinis, siis selgus, et väävli mõjul suurenes aminohapete sisaldus nelja aasta keskmisena järgmiselt: metioniin – 28.1%, tsüsteiin – 20.4%, treoniin – 11.1% ja lüsiin – 8.2%. Loomade söötmise seisukohalt on väga oluline, kui palju proteiini ja asendamatu aminohappeid pinnaühiku kohta võimalik saada on. Vaatamata sellele, et väävliga väetami-



se mõjul nisuterade proteiinisaldus vähenes, võimaldas tänu oluliselt suuremale saagikusele lämmastikväetisega koos antud väävel saada hektari kohta 83 kg proteiini rohkem. Hektari nisusaakides sisalduvad aminohapete kogused olid väävlit saanud väetusvariandi puhul märksa suuremad kui ilma väävlita. Nelja aasta keskmisena olid aminohapete arvestuslikud kogusaagid väävliga väetamise mõjul suuremad: metioniin – 46.4%, tsüsteiin – 36.1%, treoniin – 21.8% ja lüsiin – 21.3%.

Nisu tarvitamisel toiduviljaks on väga oluline teada, millise kvaliteediga on jahu küpsetusomadused. Teatavasti olenevad need mitmetest teguritest, millest olulisemad on õige sordivalik, ilmastikutingimused, agrotehnika, sealhulgas ka väetamine. Nii näiteks uurimistöös, kus võrreldi erinevate proteiinisaldustega talinisupartiisid, mis saadi suurenevate lämmastikunormidega kasvatamisel, selgus, et jahude küpsetusomaduste parandamine toimus vaid kuni teatud keskpärase proteiinisalduseni, sellest suurema puhul aga enam mitte (Timms *et al.*, 2006). Ühtlasi selgus ka, et madala ja keskpärase proteiinisaldusega jahude kleepvalk oli ühesuguse kvaliteediga ning küpsetise omadustes erinevusi ei olnud. Kuid kõrgeima proteiinisaldusega nisu puhul pätsi maht vähenes ja poorsuse hinne halvenes. Analüüsid näitasid, et terade proteiinisalduse suurenedes vähenes nendes väävlit ja lämmastiku suhe ning see korreleerus ka väävlit sisaldavate aminohapete – tsüsteiini ja metioniini – osatähtsuse vähenemisega (Timms *et al.*, 2006).

Meie 2004.–2008. aasta väetuskatsete 0-, N- ja NS-variantide talinisuudega viidi samuti läbi küpsetusomaduste määramised ning prooviküpsetused (tabel 3). Need tööd tegi ja tulemusi kommenteeris Põllumajandusuuringute Keskuse sektorijuhataja Lea Lukme.

2004. aasta saagist valmistatud jahude langemisarv kõigis katsevariantides oli kõrge, suurim oli see N-variandil. Langemisarv iseloomustab nisujahus sisalduvate proteolüütiliste fermentide võimet lagundada valke. Kvaliteetse nisujahu langemisarv on 240–250 sek. Võrreldavates proovides oli fermentide aktiivsus väike ja seetõttu viidi langemisarvud linnasejahu lisamisega 250 sekundi peale. Liiga kõrge langemisarv on samuti halb: toode on väikese mahuga, tiheda sisuga ja kahvatu koorikuga. Proteiini kogus oli eriti suurenenud N-variandil, sellega seonduvalt oli suur ka märja kleepvalgu kogus, kuna valkainete hulk nisujahus on sellega tihedalt seotud. Kleepvalgu kvaliteeti iseloomustab tema elastsus, venitatus. Nisujahu standardis on kvaliteedi mõõtjaks gluteenindeks. Elastsus on omadus pärast venitamist taastada oma esialgne kuju. Praktiliste kogemuste põhjal võib väita, et heade leivaküpsetusomadustega nisujahul on gluteenindeks 70–90%. N-variandil oli gluteenindeks madal, mis kajastus ka saia ruumalas, olles võrdne 0-variandiga, kus kleepvalgu kogus oli 5.9% väiksem.

Taigna veesidumisvõime on seotud kleepvalgu kogusega. Selle tõesust oli selgelt näha ka meie nisujahude puhul. Nimelt oli suurema kleepvalgu koguse puhul veesidumisvõime ca 3% võrra suurem ja vastupidi. Veesidumisvõime on vee maht milliliitrites, väljendatuna 100 grammi 14% niiskusesisaldusega jahu kohta, mis on vajalik maksimaalse konsistentsiga 500FU (FU – farinograafi ühik) taigna saamiseks. Veesidumisvõimest sõl-

tub taigna väljatulek: mida suurem see on, seda kasulikum pagari seisukohast.

Taigna stabiilsus on aeg minutites, kui kõvera hari esimest korda lõikab 500FU joont ja kui kõvera hari langeb allapoole 500FU joont. See väärtus annab ettekujutuse jahu vastupanujõust segamisel. Pehmenemiseaste on erinevus taigna moodustumise aja lõpukõvera keskkoha (kui kõver lõikab 500FU joont) ja kõvera punkti vahel 12 minutit hiljem.

Taigna moodustumise aeg näitab, kui kiiresti jahu valk imab endasse vett ja moodustub taigen. Võrreldavatel proovidel olid need ajad enam-vähem võrdsed. Antud aastal (2004) vastasid kõikide variantide veesidumisvõimed normaalsete küpsetusomadustega nisujahudele. Kvaliteedinumber oli NS-variandil kõrgem kui N-variandil. Kvaliteedinumber on pikkus millimeetrites mööda ajatelge veelisamispunkti ja selle punkti vahel, kui kõvera tipu kõrgus alaneb 30FU võrra, võrreldes taigna moodustumise aja tipuga. Kvaliteedinumber iseloomustab ka kleepvalgu kvaliteeti.

Valmistootte puhul väljendub kleepvalgu kvaliteet väga hästi ümara toote kõrguse ja diameetri suhtes. Selle aasta nisude puhul oli ümara toote kõrguse ja diameetri suhe väga väike N-variandil. Selle variandi jahu madal küpsetuskvaliteet ilmnes juba ka gluteenindeksis, kuna kleepvalgu kvaliteet oli madalpoolne. Sisu struktuuri näitaja – poorsus 1 : 10 oli N-variandil samuti kehvem kui teistel variantidel, sisu oli suurte tühimike ja pooridega. Poorsus 1 : 10 on toote sisu struktuuripildi võrdlus vastava sisu struktuuripildiga.

2005. aasta saagi nisujahude langemisarvud olid kõikides katsevariantides väga madalad. Sellisel juhul on  $\alpha$ -amülaasi aktiivsus kõrge; sel puhul tähtlik, mis annab tootele tema struktuuri ehk nn karkassi koos kalgendunud valkudega, laguneb küpsetusprotsessis kiiresti. Toimub tähtlase kiire veeldumine. Kleepvalgu-sisaldus N- ja NS-variantidel oli kõrge.

Toote maht oleneb kleepvalgu kogusest ja selle kvaliteet väävlisidemetek tekkest valgus. Väävlit molekulis tekkinud sidemeid nimetatakse ristsidemeteks, mis annavad tootele tugeva valkude karkassi. Kui sidemed on tugevad, võib järeldada, et valkudes sisaldub optimaalne kogus väävlit. 2005. saagiaastal oli valmistootte ruumala kõige suurem NS-variandi puhul, tervelt 161 cm<sup>3</sup> ehk 10% suurem kui N-variandil. Antud juhul oli NS-variandi nisu proteiinis väävlit sisaldavaid aminohappeid tsüsteiini ja metioniini oluliselt rohkem – vastavalt 35.6 ja 62.6% – kui N-variandi puhul (tabel 2) ning see kajastus ka jahude küpsetusomadustes. Seda paremust kinnitas ka ümara toote kõrguse ja diameetri suhe, mis NS-variandi puhul oli väga hea (0.54) võrreldes N-variandiga, mille puhul see oli vaid 0.40. NS-variandil oli ka taigna stabiilsus rohkem kui kaks korda suurem ja poorsus 1 : 10 tunduvalt parem kui N-variandil.

2007. aasta katsete puhul olid nisujahude langemisarvud kõikidel katsevariantidel kõrged. Kleepvalgu kogused olid kõigil variantidel väikesed, sellest võis teha järelduse, et jahud on madalate küpsetusomadustega. N-variandi jahul oli kleepvalgu koguse kohta väga hea taigna veesidumisvõime ja sellest tulenevalt oli ka saia ruumala suurem, võrrelduna 0- ja NS-

variandiga. Kuid N-variandi puhul ilmnes selgesti, et kui veesidumisvõime ja kleepvalgu kogus ei ole omavahel tasakaalus, siis väljendus see ka ümara toote kõrguse ja diameetri suhtes. N-variandi ümaral tootel oli see näitaja oluliselt väiksem kui NS-variandi tootel.

Küpsetuskatsete kokkuvõtteks võib teha järgmisi järeldusi:

- N- ja NS-variantide puhul oli kõikidel aastatel langemisarv kõrgem kui 0-variandil; N- ja NS-variantide langemisarvudes ei täheldatud reeglipäraseid erinevusi;
- proteiin ja kleepvalk oli NS-variandil madalam, kleepvalgu kvaliteet väljendatuna gluteenindeksina aga kõrgem kui N-variandil;
- NS-variandil oli taigna veesidumisvõime väiksem, kuid taigna stabiilsus (minutites) suurem ja kvaliteedinumber kõrgem kui N-variandil;
- valmistoote ruumala oli N- ja NS-variandil suurem kui 0-variandil; ümara toote kõrguse ja diameetri suhe oli NS-variandil suurem kui N-variandil;
- talinisu sort 'Lars' ei kuulu oma küpsetusomadustelt kõige paremate talisortide hulka, kuid läbiviidud küpsetuskatsed tõestavad, et N- ja NS-väetiste kasutamise suurendatakse valgu kogust ja parandatakse tema omadusi, mille tulemusena saavutatakse taigna paremad küpsetusomadused ja valmistoote märkimisväärselt parem kvaliteet.

### Järeldused

Talinisu väetuskatsetest, mis korraldati rähkmullal aastail 2004–2008, võib teha järgmisi järeldusi:

- Põhja-Eesti rähkmullal kannatab talinisu sageli väävlipuuduse all, seetõttu võib saagikus ja lämmastikväetiste kasutamise efektiivsus jääda madalaks. Talinisu pealtväetamisel lämmastikuga (N) koos antud väävel (S) vahekorras 10 : 1 suurendas terasaaki viie katse keskmisena 0.96 t ha<sup>-1</sup> ehk 17.6%;
- talinisu väetamine ainult lämmastikuga (N 100 kg ha<sup>-1</sup>) suurendas tublisti küll proteiini ja kleepvalgu sisaldust terades, kuid samal ajal kleepvalgu kvaliteet halvenes, mille esmane näitaja oli gluteenindeksi oluline vähenemine. Lämmastikuga koos antud väävli mõjul suurenes gluteenindeks viie katse keskmisena 24.6%;
- talinisu väetamisel väävliga paranes oluliselt proteiini bioloogiline kvaliteet, sest tähtsamate aminohapete sisaldus nisu proteiinis suurenes katseaastate keskmisena järgmiselt: metioniin – 28%, tsüsteiin – 20%, treoniin – 11% ja lüsiin – 8%. Lämmastikuga koos antud väävel võimaldas saada kõrgeväärtsuliku proteiini 83 kg ha<sup>-1</sup> võrra rohkem kui ühekülgne lämmastikuga väetamine;
- lämmastiku ja väävliga tasakaalustatud väetamisel olid talinisu jahu mitmed küpsetuskvaliteedi näitajad ja valmistoote omadused paremad kui ainult lämmastikuga väetatud nisu puhul.

### Tänuavaldused

Uurimistöö on läbi viidud Põllumajandusministeeriumi rahastatud rakendusüritingute projektis 'Tera- ja kaunviljade ning õlikultuuride toidu- ja söödakvaliteedi parandamise võimaluste selgitamine, rakendades majanduslikult efektiivseid ning keskkonnasäästlikke agrotehnoloogilisi meetmeid' (2006–2010).

### Kirjandus

- Adamson, A., Järvan, M. 2006. Väävli mõju talinisu saagistruktuuri elementidele ja saagikusele. – EMVI teadustööde kogumik LXXI. Taimekasvatuse. Saku, 61–66.
- Ames, N. P., Clarke, J. M., Dexter, J. E., Woods, S. M., Selles, F., Marchylo, B. 2003. Effects of Nitrogen Fertilizer on Protein Quantity and Gluten Strength Parameters in Wheat Cultivars of Variable Gluten Strength. – *Cereal Chemistry*, 80 (2), 2003–211.
- AOAC Official Method 2001.11. Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds – Block Digestion Method Using Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid. – *Journal of AOAC International*, 85, No. 2002, 309–317.
- Aulakh, M. S. 2003. Sulphur Nutrition to Crops. In: Abrol, Y. P. & Ahmad, A. (eds). *Sulphur in Plants*, pp. 341–346. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Byers, M., Bolton, J. 1979. Effects of nitrogen and sulphur fertilisers on the yield, N and S content, and amino acid composition of the grain of spring wheat. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 30, 3, 251–263.
- Curic, D., Karlovic, D., Tusak, D., Petrovic, B., Dugum, J. 2001. Gluten as a standard of wheat flour quality. – *Food Technology & Biotechnology*, 39 (4), 353–361.
- EN ISO 3093:2009. Wheat, rye and their flours, durum wheat and durum wheat semolina – Determination of the falling number according Hagberg-Perten.
- EVS-EN ISO 13903:2005. Animal feeding stuffs – Determination of amino acid content (based on Commission Directive 98/64/EC).
- FAO UNESCO Soil Map of the World, 1994. Revised Legend. FAO, ISRIC. Wageningen, 140 pp.
- Fitzgerald, M. A., Ugalde, T. D., Anderson, J. W. 1999. Sulphur nutrition changes the sources of S in vegetative tissues of wheat during generative growth. – *Journal of Experimental Botany*, 50, No. 333, 499–508.
- Flaete, N. E. S., Hollung, K., Ruud, L., Sogn, T., Faergestad, E. M., Skarpeid, H., Magnus, E. M., Uhlen, A. K. 2005. Combined nitrogen and sulphur fertilisation and its effect on wheat quality and protein composition measured by SE-FPLC and proteomics. – *Journal of Cereal Science*, 41, 3, 357–369.
- Garrido-Lestache, E., López-Bellido, R. J., López-Bellido, L. 2004. Effect of N rate, timing and splitting and N type of bread-making quality of wheat under rainfed Mediterranean conditions. – *Field Crops Research*, 85 (2/3), 213–236.
- Granvogl, M., Wieser, H., Koehler, P., von Tucher, S., Schieberle, P. 2008. Influence of sulfur fertilization on the amounts of free amino acids in wheat. Correlation with baking properties as well as with 3-aminopropionamide and acrylamide generation during baking. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4271–4277.
- Grove, H., Hollung, K., Moldstad, A., Faergestad, E. M., Uhlen, A. K. 2009. Proteome Changes in Wheat Subjected to Different Nitrogen and Sulfur Fertilizations. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4250–4258.

- Habtegebrail, K., Singh, B. R. 2009. Response of Wheat Cultivars to Nitrogen and Sulfur for Crop Yield, Nitrogen Use Efficiency, and Protein Quality in the Semiarid Region. – *Journal of Plant Nutrition*, 32, 10, 1768–1787.
- Hagel, I. 2005. Sulfur and baking-quality of bread making wheat. – *Landbauforschung Völkenrode, Special Issue* 283, 23–36.
- HPLC UV (Perkin Elmer LC System). – *Journal of Chromatographic Science*, 40, January 2002, 14–18.
- ICC Standard No. 155:1994. Determination of Wet Gluten Quantity and Quality (Gluten Index ac. to Perten) of Whole Wheat Meal and Meal Flour.
- ISO 11048. (1995). Soil Quality – Determination of water-soluble and acid-soluble sulfate. 18 pp.
- Järvan, M. 2008. Väävel taimele tootumises. AS Rebellis, Saku. 88 lk.
- Järvan, M., Adamson, A. 2005. Pealtväetamisest antud vääveli mõju talinisu saagi kujunemisele. – *Teadustööde kogumik* 220. Agronoomia 2005. Tartu, lk. 66–68.
- Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A. 2009. Vääveliga väetamise mõju talinisu saagikusele, proteiini kvaliteedile ja küpsetusomadustele. – *Agraarteadus*, 20 (2), 8–15.
- Järvan, M., Lukme, L., Akk, A. 2006. Vääveli mõju talinisu proteiini bioloogilisele kvaliteedile ja küpsetusomadustele. – *EMVI teadustööde kogumik LXXI. Taimekasvatuse Saku*, 123–128.
- Koehler, P., Wieser, H., Gutser, R., von Tucher, S. 2004. Influence of sulphur fertilization on the quantitative composition of gluten protein types in wheat flour. – In D. Lafiandra, S. Masci, R. D'Ovidio (Eds.), *The gluten proteins*, pp. 188–191. Royal Society of Chemistry (Great Britain).
- Kuktaite, R. 2004. Protein Quality in Wheat. Changes in Protein Polymer Composition during Grain Development and Dough Processing. – *Doctoral Thesis*, Swedish University of Agricultural Sciences. Alnarp, 39 pp.
- Loudet, O. 2008. New research paves the ground for changes in the approach to sulphur fertilization. – *New AG International*, March 2008, 78–82.
- MacRitchie, F., Gupta, R. B. 1993. Functionality-composition relationships of wheat flour as a result of variation in sulphur availability. – *Australian Journal of Agricultural Research*, 44, 1767–1774.
- Maner, J. H. 1987. Nutritional advantages and problems related to the use of cereal grains in feeds. – In R. Sansoucy, T. R. Preston, R. A. Leng (Eds.), *Proceedings of the FAO Expert Consultation on the substitution of imported concentrate feeds in animal production systems in developing countries*, pp. 49–57. 9–13 September 1985, Bangkok.
- Mars, E. 2009. Effect of sulphur fertilization on the quality and quantity of winter wheat. – *PhD. thesis*, Debrecen. 25 pp.
- Maslov, I. N., Tžizova, K. H., Skvarkina, T. I., Zapenina, H. B., Zaklodina, F. I. 1960. Tehnilis-keemiline kontroll leivatööstuses. Moskva, 362 lk. (vene keeles).
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A. 2002. Amino acids. – In *Animal Nutrition*, sixth edition, pp. 55–61. Harlow: Pearson Education.
- McGrath, S.P. 2003. Sulphur: A secondary nutrient? Not anymore! – *New AG International*, March, 70–76.
- Mortensen, J., Eriksen, J., Nielsen, J. D. 1992. Sulfur Deficiency and Amino Acid Composition in Seeds and Grass. – *Phyton (Horn, Austria)*, 32, 3, 85–90.
- Perten, H. 1990. Rapid measurement of wet gluten quality by the gluten index. – *Cereal Foods World*, 35, 401–402.
- Podlesna, A., Cacak-Pietrzak, G. 2008. Effects of Fertilization with Sulfur on Quality of Winter Wheat. – In Khan, A. N., Singh, S., Umar, S. (eds.): *Sulfur Assimilation and Abiotic Stress in Plants*, Springer Berlin Heidelberg, 355–365.
- Pöld, E., Maasing, E. 1971. Pagaritoodete tehnoloogia. Valgus, Tallinn. 151 lk.
- Randall, P. J., Freney, J. R., Smith, C. J., Moss, H. J., Wrigley, C. W., Galbally, I. E. 1990. Effects of additions of nitrogen and sulfur to irrigated wheat on heading on grain yield, composition and milling and baking quality. – *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 30, 95–101.
- Randall, P. J., Wrigley, C. W. 1986. Effects of sulphur supply on the yield, composition, and quality of grain from cereals, oilseeds, and legumes. – *Advances in Cereal Science*, 8, 171–206.
- Reinbold, J., Rychlik, M., Asam, S., Wieser, H., Koehler, P. 2008. Concentrations of Total Glutathione and Cysteine in Wheat Flour as Affected by Sulfur Deficiency and Correlation to Quality Parameters. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 6844–6850.
- Shewry, P. R. 2009. Wheat. – *Journal of Experimental Botany*, 60 (6), 1537–1553.
- Singh, B. R. 2003. Sulfur and Crop Quality — Agronomical Strategies for Crop Improvement. – *Abstracts of COST Action 829 Meetings*, Braunschweig, Germany (May 15–18, 2003), 35–36.
- Tayyar, S. 2010. Variation in grain yield and quality of romanian bread wheat varieties compared to local varieties in northwestern Turkey. – *Romanian Biotechnological Letters* 15, 2, 5189–5196.
- Tea, I., Genter, T., Naulet, N., Lummerzheim, M., Kleiber, D. 2007. Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effects on flour bread-making quality. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2853–2859.
- Thomason, W. E., Phillips, S. B., Pridgen, T. H., Kenner, J. C., Griffey, C. A., Beahm, B. R., Seabourn, B. W. 2007. Managing Nitrogen and Sulfur Fertilization for Improved Bread Wheat Quality in Humid Environments. – *Cereal Chemistry*, 84 (5), 450–462.
- Timms, M. F., Bottomley, R. C., Ellis, J. R. S., Schofield, J. D. 2006. The baking quality and protein characteristics of a winter wheat grown at different levels of nitrogen fertilization. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32 (7), 684–698.
- Weber, E. A., Koller, W.-D., Graeff, S., Hermann, W., Merkt, N., Claupein, W. 2008. Impact of different nitrogen fertilizers and an additional sulfur supply on grain yield, quality, and the potential of acrylamide formation in winter wheat. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171, 643–655.
- Wieser, H., Gutser, R., von Tucher, S. 2004. Influence of sulphur fertilisation on quantities and proportions of gluten protein types in wheat flour. – *Journal of Cereal Science*, 40, 239–244.
- Wrigley, C. W., Du Cros, D. L., Archer, M. J., Downie, P. G., Roxburgh, C. M. 1980. The sulfur content of wheat endosperm proteins and its relevance to grain quality. – *Australian Journal of Plant Physiology*, 7, 755–766.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, S. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. – *Weed Research*, 14, 415–421.
- Zhao, F. J., Hawkesford, M. J., McGrath, S. P. 1999. Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. – *Journal of Cereal Science*, 30, 1, 1–17.
- Zörb, C., Grover, C., Steinfurth, D., Mühlhling, K. H. 2010. Quantitative proteome analysis of wheat gluten as influenced by N and S nutrition. – *Plant and Soil*, 327, 1, 225–234.

**Effect of nitrogen and sulphur fertilization on yield, crop quality and baking properties of winter wheat**

Malle Järvan, Lea Lukme, Ann Akk, Liina Edesi,  
Ando Adamson

**Summary**

Sulphur being rare deficient for agricultural crops some twenty or thirty years ago, today has become one of the most limiting nutrients for agricultural production in Europe. Decreasing sulphur deposition from the air, and the use of more concentrated fertilizers that contain less sulphur, have led to reports of sulphur deficiencies in winter wheat. Sulphur deficiency significantly affects the production and quality of wheat, particularly the baking properties of wheat flour.

This research work is based on the field trials conducted at Saku in Northern Estonia (59° 18'N, 24° 39'E) on break-stony soil during 2004–2008. The content of water-soluble sulphur in this soil at the beginning of vegetation season was low, i.e. S 6–12 mg kg<sup>-1</sup>. The objective of present work was to investigate the effect of sulphur fertilization on the grain yield, quality and baking properties of winter wheat (var. Lars). Sulphur was applied with NS-fertilizer Axan or Axan Super at the rate of S 10 or 13.6 kg ha<sup>-1</sup> accompanied with nitrogen background of N 100 kg ha<sup>-1</sup>, which effect was compared to effect of ammonium nitrate at the same rate of N. The rates of N- and NS-fertilizers were divided into two portions and applied at the beginning and at the end of tillering. The quality analyses

and baking tests were performed in the plant production laboratory of the Agricultural Research Centre.

The results of field trials had shown that the effect of sulphur fertilization depended highly from weather conditions during growth season. In years with sufficient precipitation, sulphur increased the grain yields by 15.7–43.0% but had no significant effect in droughty conditions. With the increasing yields under influence of sulphur, the protein and wet gluten concentrations in grains decreased. However, sulphur supply increased significantly the quality of wet gluten because the gluten index – a measure of gluten strength – rose by 27.6% as the average of four years. Although sulphur application in many cases decreased protein and wet gluten content in wheat grain significantly, it improved the biological quality of protein because the amino acids concentration in protein increased as an average of four years as follows: methionine – 28%, cysteine – 20%, threonine – 11% and lysine – 8%.

The quality analyses made at the stages of flour, dough and bread, have shown that many baking properties had a decreasing values when wheat was fertilized one-sided with nitrogen while the plants suffered under sulphur deficiency. Due to sulphur fertilization all major parameters of winter wheat's baking quality improved: stability and quality number of dough, loaf volume and specific volume, round loaf's height to diameter ratio, and porosity of bread. Thus, in the production of bread-making wheat sulphur deficiency should be avoided as much as possible.

# LEHEKAUDSELT ANTUD VÄÄVLI MÕJU TALINISU SAAGIKUSELE, SAAGI KVALITEEDILE JA KÜPSETUSOMADUSTELE

Malle Järvan

Eesti Maaviljeluse Instituut, taimekasvatuse osakond, Teaduse 13, Saku 75501

e-mail: malle.jarvan@eria.ee

**ABSTRACT.** *This study with winter wheat (Triticum aestivum, var. Lars) was carried out in 2004 and 2005 on two different soil lacking in available sulphur. The objective of this work was to investigate the effect of foliar applied sulphur on the grain yield, quality and baking properties. As sources of sulphur the dissolved ammonium sulphate (S 24%), liquid fertilizer Sulfur F3000 (S 340 g l<sup>-1</sup>) and fungicide Thiovit Jet (S 800 g kg<sup>-1</sup>) were applied at the tillering and shooting stages. In the trial No. 1, ammonium sulphate and Sulfur at the different rates were added into Silmet's liquid N-fertilizer which contained N 170 g l<sup>-1</sup>, and were sprayed on wheat plants at the rate of N 60 + 60 kg ha<sup>-1</sup> (2004) or N 40 + 40 kg ha<sup>-1</sup> (2005). In the trial No. 2, the effect of Thiovit sprayed at the tillering and shooting stages with the rates of 3 and 6 kg ha<sup>-1</sup> on the background of N 60 + 60 kg ha<sup>-1</sup> as solid ammonium nitrate was investigated.*

*On the calcareous soil, the foliar application of sulphur increased the grain yield by 11–55%, depending on the growth stage, sulphur source and application rate. Under the influence of sulphur, the contents of protein and wet gluten decreased but the gluten index value increased which indicated the better quality of gluten. The foliar applied sulphur improved the baking quality of wheat. On the weakly acid soil, foliar applied sulphur, as a rule, had an insignificant effect on the grain yield and quality.*

**Keywords:** *sulphur, foliar fertilization, Thiovit, winter wheat, yield components, protein, baking properties.*

## Sissejuhatus

Taimede juurekaudne toitainetega varustamine võib kasvu ja arengu jaoks kriitilistel perioodidel ajutiselt olla ebapiisav. Seda isegi siis, kui mullas on toitaineid küllaldaselt. Põhjustatud võib see olla mulla ebasoodsatest keemilistest või füüsikalistest omadustest tingitud halvast toitainete omastatavusest, samuti keskkonna stressiteguritest. Põhjus võib olla ka taimejuurte aktiivsuse vähenemine reproduktiivsetes arengufaasides. Sellistes olukordades võimaldab lehekaudne väetamine aktiivselt kasvavate taimede lühiajalist toitainevajadust kiiresti ja efektiivselt rahuldada (Gransee, 2004; Järvan, 2007).

Intensiivses taimekasvatases tuleb üsna sageli ette mõne toiteelemendi puuduse tõttu tekkinud saagikuse langust ja saagi kvaliteedi halvenemist. Samal ajal jääb ka teiste toiteelementide efektiivsus ebapiisavaks. Näiteks langeb Gransee (2004) andmeil lämmastiku kasutamise efektiivsus juba üsnagi lühiajalise magneesiumi-, boori-, mangaani- või väävlipuuduse korral. Ka pikaajalistes põldkatsetes Põhja-Eesti karbonaatsel mullal on

täheldatud, et vaatamata mulla heale boniteedile ja regulaarsele NPK-väetiste andmisele on lämmastikväetise kasutamise efektiivsus jäänud väga madalaks. Nagu selgus, oli selle üks olulisi põhjuseid liikuva (veelahustuva) väävli vähesus mullas (Adamson, Järvan, 2006). Väävlipuuduse leevendamisel kas siis mulda või lehekaudse antud väävlühendite abil, mis oluliselt suurendas talinisu saagikust, suurenes oluliselt ka lämmastiku kasutamise efektiivsus.

Lehekaudset väetamist ei tohi siiski käsitleda kui taimede toitumise alternatiivset viisi (Mengel, Kirkby, 1987; Toselli, 2003). See on vaid täiendav võimalus, põhiliseks jääb ikka toitainete omastamine juurte kaudu.

Väävlit on lehekaudse võimalik anda mitmesuguste keemiliste ühenditega. Ei maksaks unustada, et lehtede kaudu siseneb ka atmosfääris leiduv vääveldioksiid. Lehekaudse omastatud väävlit efektiivsus on lehtede kaudu teguritest, sealhulgas keskkonna tingimustest, taimede kasvufaasist, väävli vormist jm. Teatud juhtudel on talinisu kõrsumise algus- ja loomise lõppfaasis lehtede kaudu antud elementaarne väävel mõjunud efektiivsemalt kui mulda antud mitmesugused väävli vormid (Ryant, Hřivna, 2004). Tea *et al.* (2007) andmeil assimileerus elementaarses vormis antud väävel nisu lehtedes suuremal määral ning oli efektiivsem kui sulfaatvormis väävel. Terade täitumise faasis lehekaudse antud väävel võimaldas kompenseerida väävlipuudust ning sellest tulenevalt paranesid nisu küpsetusomadused (Tea *et al.*, 2007).

Märgistatud väävliga (<sup>35</sup>S) tehtud uurimustes on selgunud, et kuigi lehtede kaudu vastu võetud elementaarse väävli kogused olid väikesed, metaboliseerus see tsüsteiini, metioniini, glutatiooni ja teiste väävlit sisaldavate ühendite koostisosisena (Legris-Delaporte *et al.*, 1987b; McGrath, Till, 1993). Nisutaimede pritsimisel lämmastiku ja väävli radioaktiivseid isotoope (<sup>15</sup>N ja <sup>34</sup>S) sisaldavate lahustega öitsemisfaasis, mil nisu lehepinna indeks on maksimaalne, selgus, et väetised absorbeerusid ja assimileerusid hästi ning jaotusid terades mitmesuguste valkude koostisosades. Eriti rohkesti leidis neid märgistatud elemente gliadiinide ning madal- ja kõrgmolekulaarsete gluteniinide osades (Tea *et al.*, 2003). Teatavasti just need eelnimetatud valkude alarühmad mängivad suurt rolli nisujahust valmistatud taigna omaduste väljakujunemisel.

Väävlipuudust on võimalik leevendada ka väävlit sisaldavate taimekaitsevahendite, näiteks jahukaste tõrjeks lubatud Thiovit Jet abil. See fungitsiid sisaldab 80% elementaarset väävlit (Taimekaitsevahendid ..., 2008). Saksa teadlaste uurimusest on selgunud, et noored talinisu- ja rapsitaimed suutsid lehtede kaudu omastada – siiski võrdlemisi piiratud koguses – selle ühendiga antud elementaarset väävlit (Gransee, 1997). Thiovit Jet väävelväetisena on end õigustanud ka Kuubas läbi

viidud uurimuses: kaitstes kultuure seenhaiguste eest on pritsimine Thiovit 2–6 kg ha<sup>-1</sup> annustega samal ajal oluliselt suurendanud ka saagikust; ühtlasi rõhutatakse, et parimaid tulemusi andis pritsimine taime varasemates kasvujärgkudes (Socorro *et al.*, 2008).

Elementaarset väävlit sisaldavad preparaadid toimivad erinevaid mehhanisme pidi nii fungitsiidina kui taimetoitainena. Sellist kahesuunalist toime-mehhanismi on selgitatud Wells *et al.* (1986) ja Legris-Delaporte *et al.* (1987a) teadusuuringutes. Seenorganismis elementaarväävel redutseerub väävelvesinikuks (H<sub>2</sub>S) ja sel juhul sulfiidioon toimib rakuainevahetuses mürgina. Kõrgemate taimede, antud juhul nisu, lehtedesse sisenenud elementaarne väävel aga oksüdeerub sulfaatiooniks, mis ei ole taime suhtes mürgine ja mis on tavaline väävlit vorm taimede toitumises. Sellisel juhul on võimalik väävlipuudust välistada vähemalt osaliseltki (Wells *et al.*, 1986; Legris-Delaporte *et al.*, 1987a).

Põhja-Eesti karbonaatsel mullal võib talinisu kergeti tekkida väävlipuudus. Kevadisel pealtväetamisega tahkes vormis antud NS-väetised võimaldasid seda vältida (Järvan *et al.*, 2012). Samal ajal kerkis üles küsimus, kas talinisu väävlipuudust on võimalik leevendada ka lehtede kaudu, pritsides mitmesuguste väävlit sisaldavate ühenditega. Käesoleva uurimistöö eesmärgiks seati selgitada, kuidas ammooniumsulfaadi, Sulfur F3000 ja Thiovit Jet lahustena antud väävel mõjutab talinisu saagikust, saagi kvaliteeti ja jahu küpsetusomadusi.

### Materjal ja meetodika

2004. ja 2005. aastal viidi Sakus läbi neli põldkatset, selgitamaks lehekaudselt antud väävlit mõju talinisu sordile 'Lars'. Katsed viidi läbi Üksnurmes külvikorra-väljadel. Talinisu eelne varajane punane ristik, mis pärast seemne koristamist mulda künti. Katsemuldade agrokeemilised näitajad olid järgmised: 2004 – pH<sub>KCl</sub> 7.2, C<sub>org</sub> 2.2%, P 90 mg kg<sup>-1</sup> (Egner-Riehm, DL-meetod), K 206 mg kg<sup>-1</sup> (DL), Ca 2320 mg kg<sup>-1</sup> (Egner-Riehm-Domingo, A-L meetod), Mg 87 mg kg<sup>-1</sup> (A-L), veeslahustuv S 8 mg kg<sup>-1</sup>; 2005 – pH<sub>KCl</sub> 5.6, C<sub>org</sub> 1.9%, P 102 mg kg<sup>-1</sup>, K 147 mg kg<sup>-1</sup>, Ca 1560 mg kg<sup>-1</sup>, Mg 46 mg kg<sup>-1</sup>, S 9.9 mg kg<sup>-1</sup>. 2004. aasta talinisu ei antud külvi eel mineraalväetist, 2005. aasta talinisu alla anti kompleksväetisega N10 P20 K50 S10 kg ha<sup>-1</sup>. Katsed viidi läbi 25 m<sup>2</sup> suurustel katselappidel neljas korduses.

Esimeses katses anti talinisu lämmastik Silmeti lämmastikvedelväetisena. See kujutab endast ammooniumsulpeetri lahust, mis sisaldas veidi ka naatrium-sulpeetrit ja milles lämmastiku (N) sisaldus oli ~170 g l<sup>-1</sup> (Järvan, 2003). Katsevariandid on esitatud tabelis 1. 2004. aastal anti kontrollvariandile Silmeti vedelväetisega N 60 kg ha<sup>-1</sup> võrsumise algfaasis (EC 21, 6. mail) ja teist korda N 60 kg ha<sup>-1</sup> kõrsumise faasis (EC 31–32, 2. juunil). Lahjendamata väetis pritsiti taimikule selgpritsi abil. Vastavalt katsevariandile lisati Silmeti vedel-

väetisega enne pritsimist vastavas koguses (5, 10 või 15 l ha<sup>-1</sup>) Sulfur F3000 (sisaldab liitri kohta 340 g S ja 148 g N) või lahustatud ammooniumsulfaati (sisaldab S 24% ja N 21%). 2005. aastal sai kogu katseala 5. mail ammooniumsulpeetriga N 34 kg ha<sup>-1</sup>. Kontrollvariandile anti Silmeti vedelväetist normiga N 40 kg ha<sup>-1</sup> esimest korda 20. mail (nisu kasvufaasis EC 24) ja teist korda 30. mail (EC 31–32). Katsevariantide puhul lisati Silmeti vedelväetisega vastavas koguses Sulfurit ja lahustatud ammooniumsulfaati.

Teises katses anti talinisu lämmastik tahkes vormis, ammooniumsulpeetriga. Kõikidele katselappidele anti seda normiga N 60 + N 60 kg ha<sup>-1</sup>. 2004. aastal väetati 12. mail (võrsumisfaas, EC 22–23) ja 2. juunil (kõrsumisfaas, EC 31–32); 2005. aastal väetati 10. mail ja 30. mail. Vastavalt katsevariandile (vt tabel 2) pritsiti osa variante eeltoodud kuupäevadel Thiovit Jet lahustega kas võrsumise või kõrsumise faasides. Pritsimislahuse kulunorm oli 300 l ha<sup>-1</sup>, pritsiti selgpritsiga. Talinisu loomisfaasi alguses määrati lipulehes 30 proovi keskmine klorofüll sisaldus klorofüllmeetriga Minolta SPAD. Katsevariantide kõikidelt katselappidelt võeti enne saagi koristamist proovivihud 0.25 m<sup>2</sup> pinnalt. Määrati produktiivsete võrsete arv taime kohta, keskmine terade arv peas ning 1,000 tera mass, võttes arvesse kõik peas moodustunud terad. Hiljem määrati 1,000 tera mass (> 2.5 mm) ka puhastatud ja sorteeritud saagist.

Saagid koristati kombiniga, kuivatati, sorteeriti ning arvestati 86% kuivainele. Võeti teraproovid variantide kõikidelt kordustelt, millest koostati koondproov esmaste kvaliteedinäitajate (langemisarv, proteiini ja kleepvalgu sisaldused, gluteenindeks) määramiseks. Talinisu küpsetusomaduste määramise ja prooviküpsetuste tegemise jaoks võeti katsevariandi iga korduse saagist keskmine teraproov mahuga ~1.5 liitrit ning ühendati koondprooviks massiga ~4 kg. Talinisu kvaliteedianalüüsid ja prooviküpsetused tehti Põllumajandusuuringute Keskuse taimse materjali laboris.

Proteiin määrati AOAC 2001.11 järgi. Märja kleepvalgu sisaldus ja kvaliteet määrati ICC 155:1994 järgi. Langemisarv määrati EN ISO 3093:2009 järgi. Küpsetuskatsed viidi läbi etapiviisiliselt. Terad jahvatati laboratoorse veskiga QC 109. Jahudel lasti laagerduda. Seejärel määrati jahu kvaliteedinäitajad: niiskus vastavalt EVS-EN ISO 712:2010 või PMK/TML 1:2005; toorproteiini sisaldus vastavalt AOAC 2001.11 või infrapuna analüsaator Infratec NIT 1275 Analyseriga; langemisarv vastavalt EN ISO 3093:2009; märja kleepvalgu sisaldus ja kvaliteet vastavalt ICC 155:1994. Taigna küpsetusomaduste määramine toimus Farinograaf Brabender seadme abil vastavalt ICC 115/1:1992. Taigna staadiumis määrati jahu veesidumisvõime, taigna moodustumise aeg, taigna stabiilsus, taigna pehmenemisaste ja kvaliteedinumber. Valmistootte ehk saia staadiumis määrati pätsi ruumala, eriruumala ning eriruumala ja proteiini suhe, ümara toote kõrguse ja diameetri suhe ning sisu poorsus.

Saagistruktuuri elementide ja saagikuse andmed töödeldi dispersioonanalüüsi meetodil.

**Tabel 1.** Lehekaudselt ammooniumsulfaadi ja Sulfur F3000-ga väetamise mõju talinisu 'Lars' saagistruktuuri elementidele, saagikusele ja saagi kvaliteedile 2004. ja 2005. a**Table 1.** The effect of foliar application of ammonium sulphate and Sulfur F3000 on winter wheat at Saku in 2004–2005

Aasta/Year Katsevariant/Treatment	Viljavihu analüüs Analysis of sheaf			Koristamisel / At harvesting			Saagi kvaliteet / Crop quality			
	Produktiiv- võrseid tai- me kohta / Productive sprouts per plant, tk	Terade arv peas / Number of grains per ear, tk	1,000 tera mass (kõik moodustu- nud terad) / 1,000 grain weight (all grains), g	Saak Yield t ha <sup>-1</sup>	Saak Yield %	1,000 tera mass (> 2.5 mm) 1,000 grain weight, g	Langemis- arv Falling number sek	Proteiin Protein %	Kleepvalk Wet gluten %	Gluteen- indeks Gluten index %
<b>2004, Katse / Trial I</b>										
Väetamata / Without fertilizer	1.16	24.2	44.0	2.93	-	59.9	358	13.7	21.9	84
N**60 + N**60 (kontroll/control)	1.20	27.7	45.2	3.54	100	59.7	370	14.1	31.6	45
+ S <sub>AS</sub> 3 + 3 kg ha <sup>-1</sup>	1.51	33.7	43.7	5.09	144	57.2	355	12.1	29.0	59
+ S <sub>AS</sub> 6 + 6 kg ha <sup>-1</sup>	1.68	33.3	44.6	5.27	149	57.4	372	11.7	25.2	58
+ S <sub>Su</sub> 1.7 + 1.7 kg ha <sup>-1</sup>	1.52	32.7	43.4	4.49	127	57.4	380	13.1	30.4	47
+ S <sub>Su</sub> 3.4 + 3.4 kg ha <sup>-1</sup>	1.70	32.6	42.1	4.95	140	57.1	368	12.6	27.9	46
+ S <sub>Su</sub> 5.1 + 5.1 kg ha <sup>-1</sup>	1.65	32.7	40.8	4.99	141	54.9	380	12.2	26.8	60
PD /LCD <sub>05</sub>	0.19	4.0	1.9	0.41	12					
<b>2005, Katse / Trial I</b>										
N* 34 katse foon	2.18	35.6	41.6	5.01	-	42.6	63	12.1	26.6	60
+ N**40 + N**40 (kontroll/control)	2.24	41.7	41.6	5.51	100	44.5	70	13.6	30.7	49
+ S <sub>AS</sub> 3 + 3 kg ha <sup>-1</sup>	2.79	39.4	41.0	5.71	104	44.8	70	13.7	31.5	54
+ S <sub>AS</sub> 6 + 6 kg ha <sup>-1</sup>	3.45	38.8	34.4	5.58	101	41.6	62	13.5	30.8	45
+ S <sub>Su</sub> 1.7 + 1.7 kg ha <sup>-1</sup>	2.70	38.4	38.5	5.47	99	43.1	62	13.6	31.5	46
+ S <sub>Su</sub> 3.4 + 3.4 kg ha <sup>-1</sup>	2.89	37.4	42.7	5.56	101	44.2	64	13.6	31.2	54
PD /LCD <sub>05</sub>	0.33	4.2	2.9	0.52	9	2.1				

N\* – lämmastik ammooniumsulfaadiga / with ammonium nitrate, kg ha<sup>-1</sup>; N\*\* – lämmastik Silmeti vedelväetisega / with Silmet's liquid fertilizer; S<sub>AS</sub> – väävel (S) ammooniumsulfaadina / as ammonium sulphate; S<sub>Su</sub> – Sulfur F3000-na / as Sulphur F3000.

**Tabel 2.** Thiovitiga pritsimise mõju talinisu 'Lars' saagistruktuuri elementidele, saagikusele ja saagi kvaliteedile Sakus aastail 2004–2005**Table 2.** The effect of the spraying with Thiovit on the winter wheat yield and quality in 2004–2005

Aasta/Year Katsevariant/Treatment	Viljavihu analüüs Analysis of sheaf			Koristamisel / At harvesting			Saagi kvaliteet / Crop quality			
	Produktiiv- võrseid tai- me kohta / Productive sprouts per plant, tk	Terade arv peas / Number of grains per ear, tk	1,000 tera mass (kõik moodustu- nud terad) / 1,000 grain weight (all grains), g	Saak Yield t ha <sup>-1</sup>	Saak Yield %	1,000 tera mass (> 2.5 mm) 1,000 grain weight, g	Langemis- arv Falling number sek	Proteiin Protein %	Kleepvalk Wet gluten %	Gluteen- indeks Gluten index %
<b>2004, Katse / Trial II</b>										
N*60 + N*60 (kontroll/control)	1.12	23.0	44.0	3.03	100	55.3	386	14.4	29.8	23
+ Thiovit 3 kg ha <sup>-1</sup> võrsumisfaasis / at tillering	1.34	29.7	46.1	3.93	130	55.5	382	13.3	27.9	42
+ Thiovit 6 kg ha <sup>-1</sup> võrsumisfaasis / at tillering	1.56	33.6	45.8	4.69	155	58.2	382	12.7	28.0	52
+ Thiovit 3 kg ha <sup>-1</sup> kõrsumisfaasis / at stem elongation	1.12	25.8	46.4	3.35	111	60.1	385	14.2	31.5	44
+ Thiovit 6 kg ha <sup>-1</sup> kõrsumisfaasis / at stem elongation	1.28	29.4	49.4	4.39	145	58.3	357	14.0	33.4	64
PD /LCD <sub>05</sub>	0.07	3.6	4.4	0.54	17	1.0				
<b>2005, Katse / Trial II</b>										
N*60 + N*60 (kontroll/control)	1.46	35.7	41.6	5.63	100	44.7	74	13.1	31.6	52
+ Thiovit 3 kg ha <sup>-1</sup> võrsumisfaasis / at tillering	1.62	33.9	41.7	5.92	105	46.2	68	12.9	29.5	56
+ Thiovit 6 kg ha <sup>-1</sup> võrsumisfaasis / at tillering	2.19	32.9	39.5	6.14	109	44.2	72	12.8	29.8	56
+ Thiovit 6 kg ha <sup>-1</sup> kõrsumisfaasis / at stem elongation	1.57	37.2	42.4	5.76	102	45.7	70	13.1	30.2	51
PD /LCD <sub>05</sub>	0.18	1.6	3.1	0.44	7					

N\* – lämmastik ammooniumsulfaadiga / N\* as ammonium nitrate, kg ha<sup>-1</sup>.

## Tulemused ja arutelu

2004. aasta esimeses katses anti talinisule kogu lämmastikunorm ( $N\ 60 + 60\ kg\ ha^{-1}$ ) Silmeti vedelväetisega seda eelnevalt lahjendamata. Selline suur vedelväetise kogus ( $N60$ , s.o  $\sim 350\ l\ ha^{-1}$ ) ei jäänud täies mahus lehtedele – seda enam, et me ei lisanud mingit märgamisvahendit –, vaid osa sattus ka maapinnale. Hiljem, sademetes lahustunult, tõenäoliselt jõudis ka see osa väetisainetest juurte kaudu taimedesse. Teatavasti on praktilise tootmise tingimustes sageli raske eristada, milline osa taimikule pritsitud väetisainetest sisenes taime lehtede ja milline osa juurte kaudu (Mengel, Kirkby, 1987). 2004. aastal talinisu pritsimine võrsumisfaasis ei tekitanud lehepõletusi üheski katsevariantis, vaatamata sellele, et maikuu alguse ilmad olid sademeteta ja päikesepaistelised ning maksimumtemperatuurid ulatusid  $26\ ^\circ C$ -ni. Katsevariante kavandades pidasime lehepõletuste tekkimist siiski üsna tõenäoliseks, sest tegemist oli ju ammooniumsulfaadi kõrgekonsentratsioonilise lahusega, millesse teatud katsevariantides oli lisatud veel ammooniumsulfaati või Sulfurit. Küll aga tekitas lehepõletusi kõrsumisfaasis olevate nisutaimede väetislahustega pritsimine. Silmeti väetisega pritsitud katselappidel oli pruunistunud umbes pool taime tipmisest lehest, Sulfuri-lisandiga variantidel esines põletus kogu lehe pinnal. Umbes nädal pärast kõrsumisfaasis pritsimist taimiku kõrbunud välimus muutus intensiivselt roheliseks, sest noored lehed arenesid normaalselt. Lehekaudselt väävlit – kas siis Sulfuri või ammooniumsulfaadina – saanud katselappidel kasvasid taimed jõulisemalt kui kontrollvariantis.

Üldiselt tekivad lehtedel põletused siis, kui lehekaudselt antakse väetisi palavatel päikesepaistelisel päeval. Sellistes tingimustes aurub väetislahuste vesi kiiresti, toitesoolad akumulatsioonid lehepinnal ega saa enam lehte siseneda; tagajärg on lehepõletus (Mengel, Kirkby, 1987; Schönherr, 2004). Kuna toitesoolade läbitungimine lehe kütikulast ja sisenemine taimerakkudesse – ehk penetratsioon – ei sõltu keskkonna temperatuurist, küll aga õhu relatiivsest niiskusest (Schönherr, 2004), tuleks pritsida õhtu eel, mil õhuniiskus on kõrgem ja alaneva õhutemperatuuri tingimustes on lehepõletuste oht märksa väiksem.

Ka teiste teadlaste katsetes pole lehepõletused olnud sugugi haruldased. Nii märgivad näiteks Phillips ja Mullins (2004), et talinisule arengufaasis GS 30–32 (s.o kõrsumise alguses) pealtväetiseks antud N- ja NS-väetiste (ammooniumnitraat, ammooniumsulfaat, karbamiid-ammooniumnitraat ehk UAN) lahused tekitasid lehepõletusi. Suuremate N-normide korral olid põletused tugevamad, seejuures väetise liik ei avaldanud olulist mõju. Vaatamata sellele, et väävlit lisand väetises (UAN + S) suurendas põletust, ei põhjustanud see saagilangust. Curley (1994) kogemustest järeldus, et kui võrsumise ajal lahustena antud N- või NS-väetiste suurte normide tagajärjel kerged või mõõdukad lehepõletused ka tekkisidki, oli lõpptulemus siiski saagi oluline suurenemine.

Eelmainitud autoriga samalaadseid tulemusi saadi ka meie 2004. aasta katses. Võrreldes kontrollvariantiga suurenes talinisu saagikus lehekaudselt ammooniumsulfaadina antud väävlit mõjul  $43.8\text{--}48.9\%$  ja Sulfurina

antud väävlit mõjul  $26.8\text{--}41.0\%$  (tabel 1). Suurema saagi kujunemises oli väävlilisandil oluline roll saagikomponentide osatähtsuse mõjutamises. Nimelt suurendas väävel produktiivvõrsete moodustumist  $25.8\text{--}41.7\%$  ja terade arvu peas  $17.7\text{--}21.7\%$ . Samal ajal aga ei jõudnud kõik viljapeas moodustunud terad normaalselt täituda ning 1,000 tera mass kas vähenes või ilmnis tendents vähenemise suunas.

2005. aasta varakevadel, lumiseene kahjustusest tingituna, oli talinisu taimik katselappidel märksa hõredam, kuid hiljem võrsus see intensiivsemalt kui eelmisel aastal. Pealtväetamisel Silmeti lämmastikvedelväetisega ammooniumsulfaadi või Sulfuri vormis lisatud väävel soodustas eriti tugevalt produktiivvõrsete väljaarene-mist, nende arv ühe taime kohta suurenes  $20.5\text{--}54.0\%$ . Kuid mida rohkem produktiivvõrseid taimel kasvas, seda väiksemaks jäi moodustunud terade keskmine mass. Näiteks, kui kahel pritsimisel anti ammooniumsulfaadina väävlit  $S\ 6 + 6\ kg\ ha^{-1}$ , siis produktiivvõrsete suurenedes  $54\%$  võrra vähenes 1,000 tera mass  $17.3\%$ . Seejuures olulised nihked saagikomponentides ei kajastunud saagi suuruses, sest lehekaudselt väetatud katsevariantide saagikustes ei ilmnunud usutavaid erinevusi. Ka sellel aastal tekitas N- ja NS-väetistega pritsimine talinisu lehepõletusi.

Miks lehekaudselt antud väävel ühel aastal (2004) oli väga efektiivne, teisel (2005) aastal aga mitte, võis olla tingitud mitmest põhjusest. 2005. aasta talinisu tõenäoliselt ei kannatanud väävlipuuduse all. Esiteks, külviaegselt antud kompleksväetisega sai katseala ka väävlit koguses  $S\ 10\ kg\ ha^{-1}$ . Teiseks, 2005. aasta kevad oli eelmise aasta kevadest, mis oli kaua väga külm ja sademeteta, tunduvalt soojem ja sademerohkem, mispärast olid tingimused väävlit vabanemiseks mulla orgaanilisest ainest soodsad. Kolmas põhjus võisid olla ka erinevused katsepõldude muldade agrokeemilistes omadustes. 2004. aastal paiknes katse tugevalt karbonaatsel rähkmullal, 2005. aastal aga nõrgalt happelisel saviliivmullal. Teatavasti, kui mulla pH ja Ca-sisaldus on liiga kõrge, on väävlit vabanemine mulla orgaanilisest ühenditest ja taimedele omastamine pidurdatud (Mengel, Kirkby, 1987; Järvan *et al.*, 2011) ning sellisel juhul võib väävlit väetamine üsna efektiivseks osutuda.

Talinisu kasvuaegne väetamine Silmeti lämmastikvedelväetisega suurendas mõlemal katse aastal terade proteiini- ja kleepvalgusisaldust (tabel 1). Kui Silmeti lämmastikväetisesse oli lisatud väävlit ammooniumsulfaadina, siis 2004. aasta katse tingimustes vähenes nisu proteiinisaldus  $2.0\text{--}2.4$  sisaldusprotsendi võrra ja kleepvalk  $2.6\text{--}6.4$  sisaldusprotsendi võrra, samal ajal aga suurenes oluliselt gluteeniindeks, mis teatavasti näitab kleepvalgu kvaliteedi paranemist (Curic *et al.*, 2001; Järvan *et al.*, 2006; 2012). 2004. aasta katses vähendas ka Sulfurina lisatud väävel nisu proteiini- ja kleepvalgusisaldust. Oma arvukates katsetes aastaist 2003–2008, mis viidi läbi Sakus karbonaatsel rähkmullal, oleme üldiselt täheldanud, et väävlit toimetel vähenes talinisu proteiini- ja kleepvalgusisaldus ka tahkete väetistega pealtväetamisel, kuid proteiini bioloogiline kvaliteet paranes oluliselt (Järvan *et al.*, 2012).

Meie katse tulemustest mõnevõrra teistsuguseid tulemusi on saadud Pakistanis, kus karbonaatsel mullal läbi



viidud katsetes uuriti nisu lehekaudset väetamist karbamidi ja ammooniumsulfaadiga. Kõige suurema kleepvalgusisaldusega saak saadi variandis, kus normaalsel lämmastiku foonil (N60 + N60) anti ammooniumsulfaadiga S 5 kg ha<sup>-1</sup> nisu õitsemise ajal ja veel teistkordselt S 5 kg ha<sup>-1</sup> pärast õitsemist (Saeed *et al.*, 2011).

Meie teises katses uuriti, kas väävlipuudust võimaldab kompenseerida ka talinisu pritsimine erinevates arengufaasides Thiovit Jet lahustega (katsevariandid vt tabel 2). Märkimisväärne, et kummalgi katseaastal ei tekkinud vajadust kasutada Thiovitit kui fungitsiidi, sest jahukastet ei esinenud.

Thiovitit ja elementaarväävli lahustega pritsimist on teatud määral uuritud ka mujal. Nii näiteks Tšehhimaal väävliga väetamise viiside uurimisel selgus, et talinisu kõrsumise algul ja loomise lõppfaasis lehtede kaudu kahel korral antud elementaarne väävel mõjus efektiivsemalt kui mulda antud väävli vormid (Ryant, Hřivna, 2004). Inglismaal tehtud katsetes anti suvinisule võrsu- (GS 23) ja kõrsumise (GS 30–32) faasis lehekaudselt Thiovit (80% S) normidega 10 ja 20 kg ha<sup>-1</sup>. Positiivset mõju nisu saagikusele ei täheldatud üheski katsevariandis, kuigi ühel juhul (Thiovit 10 kg ha<sup>-1</sup>, pritsitud võrsumisfaasis) suurenes viljapeade arv pinnaühiku kohta (Hussain, Leitch, 2007). Millegipärast kasutasid selle uurimuse autorid üsna suuri Thioviti norme. Eestis on selle preparaadi kulunorm teraviljadele 3–5 kg ha<sup>-1</sup> (Taimekaitsevahendid ..., 2008).

Meie katsetes pritsiti talinisu taimi Thioviti lahustega võrsu- (EC 22–23) ja kõrsumise (EC 31–32) faasis. 2004. aasta katses intensiivistus selle mõjul klorofüllisüntees – Thiovitiga pritsitud katselapid eristusid värvuse poolest selgelt kontrollvariandi lappidest. Kui kontrollvariandi taimede lipulehtedes oli keskmine klorofüllinäit 32.2 SPAD-ühikut, siis võrsumisfaasis pritsitud taimedel oli see 44.9–49.3 ja kõrsumisfaasis pritsitud taimedel 39.8–41.0. Lehtede kõrgem klorofüllisisaldus teatavasti loob head eeldused saagikuse suurenemiseks. 2005. aastal oli talinisu lipulehtede keskmine klorofüllisisaldus kõikides katsevariantides üsna ühesugune, piirides 47.9–49.7 SPAD-ühikut.

Võrsumisfaasis pritsimine oli mõlemal aastal efektiivsem kui hilisem pritsimine ja suurem kasutusnorm (Thiovit 6 kg ha<sup>-1</sup>) efektiivsem kui poole väiksem norm (tabel 2). Võrsumisfaasis pritsimine 2004. aasta katses suurendas produktiivvõrsete teket 19.6–39.3% ja terade arvu peas 29.1–46.1% ning nisusaaki 29.7–54.8%. Thioviti suurema normi korral suurenes ka 1,000 tera mass 2.9 g võrra. 2005. aasta katse tingimustes lehekaudselt võrsumisfaasis antud Thiovit normiga 6 kg ha<sup>-1</sup> suurendas oluliselt (50.0%) produktiivvõrsete teket, kuid et keskmine terade arv peas vähenes ja ilmnis tendents ka 1,000 tera massi vähenemisele, siis nisu saagikus suurenes vaid 0.51 t ha<sup>-1</sup> võrra ehk 9.0%.

Talinisu võrsumisfaasis pritsimisel Thiovitiga vähenes proteiini ja kleepvalgu sisaldus nisuterades. Kõrsu-

misfaasis pritsimise korral me sellist reeglipärasust ei täheldanud. Prantsusmaal tehtud uurimuses selgus, et nisu korduv pritsimine elementaarset väävli sisaldavate lahustega kõrsumisfaasist kuni loomiseni pidurdas proteiini sünteesi ja mõne proteiini koostisesse kuuluvate aminohapete akumulierumist tera moodustumise algfaasides, kuid ei muutnud nende aminohapete suhtelist sisaldust valminud terades (Legris-Delaporte, Landry, 1987). Kuigi 2004. aastal Thiovitiga pritsimine proteiini- ja kleepvalgusisaldust nisuterades vähendas, suurenes selle mõjul oluliselt gluteenindeksi väärtus, mis kontrollvariandi terades oli erakordselt madal, vaid 23%. Sellest võis oletada, et Thioviti mõjul paranesid nisu küpsetusomadused, mis hiljem ka tõeks osutus.

Esimese ja teise katse valikuliste variantide nisudega viidi läbi ka küpsetusomaduste määramine ja prooviküpsetused, mille tulemused on esitatud tabelis 3. Kui omavahel võrrelda 2004. aasta katse nr 1 variante, siis selgus, et kõikides lehekaudselt väävli saanud variantides – vaatamata sellele, et nende puhul proteiini- ja kleepvalgusisaldused olid madalamad kui kontrollvariandil – olid jahude küpsetusomadused oluliselt paremad. Lehekaudselt antud väävli mõjul oli jahu gluteenindeks kõrgem, taigna stabiilsus kestvam ja kvaliteedinumber kõrgem; pätsi maht oli 16.9–24.8% suurem, eriruumala suurem ja sisu poorsus parem. Eriti suur erinevus ilmnis ümara toote kõrguse ja diameetri suhetes: kui kontrollvariandi tootel oli see vaid 0.22 ning toode oli madal ja laialivajunud, siis väävliga variantide toodetel oli kõrguse ja diameetri suhe 0.39–0.42 ning toodete nn karkass tugev. 2005. aasta katse tingimustes, mil lehekaudselt ammooniumsulfaadi või Sulfurina manustatud väävel peaaegu ei mõjutanud talinisu saagikust ja saagi esmaseid kvaliteedinäitajaid, ei mõjutanud see praktiliselt ka jahude küpsetusomadusi.

Teise katse puhul, milles talinisu väävlipuuduse leevendamiseks kasutati Thioviti lahusega pritsimist, mõjus see positiivselt ka jahu küpsetusomadustele. Kõrgeima saagikuse taganud variandis, mille puhul talinisu võrsumisfaasis pritsimisel kasutati Thioviti normiga 6 kg ha<sup>-1</sup>, oli jahu gluteenindeks kõrgem, taigna stabiilsus ja kvaliteedinumber parem, küpsetise maht 21.3% suurem ning suuremad olid ka eriruumala ning ümara toote kõrguse ja diameetri suhe.

Käesoleva töö kokkuvõtteks võib teha järelduse, et talinisu väävlipuudust on võimalik leevendada ka lehekaudselt, kasutades selleks mitmesuguste väävli sisaldavate ühendite (ammooniumsulfaat, Sulfur F3000, Thiovit Jet) lahustega pritsimist. Teatud juhtudel võib lehekaudne väetamine tekitada taimelehtedel nõrku kuni mõõdukaid põletusi ning saagi proteiini- ja kleepvalgusisalduse vähenemist, kuid sellele vaatamata talinisu saagikus enamasti suurenes ja jahu küpsetusomadused paranesid. Väävliga lehekaudse väetamise efektiivsust mõjutavad mitmesugused tegurid, sealhulgas ilmastik, mulla omadused ning taimede kasvufaas.

**Tabel 3.** Lehekaudselt väävliga väetamise mõju Sakus rähkmullal kasvatatud talinisu 'Lars' küpsetusomadustele aastail 2004–2005  
**Table 3.** The effect of the foliar application of sulphur on the baking properties of winter wheat growing on break-stony soil at Saku in 2004–2005

Aasta / Year Katsevariant / Treatment	JAHU / FLOUR				TAIGEN / DOUGH					SAI / BREAD				
	Lange- misarv Falling number, sek	Proteiin Protein %	Kleep- valk Wet gluten, %	Gluteen- indeks Gluten index, %	Veesisu- misvõime Water absorp- tion, %	Moodus- tumise aeg Develop- ment, min	Stabiil- sus Stabi- lity, min	Pehme- nemise aste Degree of softe- ning	Kvali- teedi- number Quality number	Ruum- ala Volu- me, cm <sup>3</sup>	Eri- ruumala Specific volume, cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	Kõrgus : diameeter Height : diameter	Poor- sus Porosity, 1 : 10	Poor- sus Porosity, %
<b>2004, Katse / Trial I</b>														
N**60 + N**60 (kontroll / control)	407	12.1	33.6	54	63.0	2.5	2.5	60	41	1258	3.23	0.22	2	64
+ S <sub>AS</sub> 3 + 3 kg ha <sup>-1</sup>	397	10.8	30.6	83	60.8	2.5	6.9	64	86	1524	3.88	0.42	4	69
+ S <sub>AS</sub> 6 + 6 kg ha <sup>-1</sup>	397	10.5	30.0	81	60.5	3.8	6.2	69	90	1570	4.04	0.39	5	73
+ S <sub>Su</sub> 3.4 + 3.4 kg ha <sup>-1</sup>	400	11.4	32.9	73	61.2	3.7	7.0	58	97	1470	3.82	0.40	1	75
<b>2005, Katse / Trial I</b>														
N* 34 katse foon	72	11.3	28.1	80	56.7	3.0	2.6	124	44	1713	4.65	0.41	5	83
+ N**40 + N**40 (kontroll / control)	97	12.0	31.8	75	58.5	3.0	4.7	106	54	1771	4.66	0.43	6	83
+ S <sub>AS</sub> 3 + 3 kg ha <sup>-1</sup>	94	12.2	32.2	82	58.4	3.8	5.3	105	70	1669	4.28	0.45	6	81
+ S <sub>Su</sub> 3.4 + 3.4 kg ha <sup>-1</sup>	91	12.2	31.2	77	58.1	3.7	4.7	105	62	1638	4.24	0.55	6	82
<b>2004, Katse / Trial II</b>														
N*60 + N*60 (kontroll / control)	427	12.4	30.5	46	63.9	2.7	2.8	55	44	1242	3.21	0.35	5	69
+ Thiovit 6 kg ha <sup>-1</sup> võrsumisfaasis at tillering	403	11.4	31.7	68	63.0	3.8	3.1	64	59	1507	3.77	0.40	4	70
+ Thiovit 6 kg ha <sup>-1</sup> kõrsumisfaasis at stem elongation	402	12.4	35.3	66	62.4	4.7	9.6	121	49	1438	3.74	0.30	3	73

N\* – lämmastik ammooniumsulfaadiga / with ammonium nitrate, kg ha<sup>-1</sup>; N\*\* – lämmastik Silmeti vedelväetisega / with Silmet's liquid fertilizer;  
 S<sub>AS</sub> – väävel (S) ammooniumsulfaadina / as ammonium sulphate; S<sub>Su</sub> – Sulfur F3000-na / as Sulphur F3000

## Tänuavaldused

Uurimistöö on läbi viidud Põllumajandusministeeriumi rahastatud rakendusuringute projektis 'Täiendavate agrotehniliste võtete abil põllukultuuride kasvu- ja toitumistingimuste parandamise ning kasvatamise tasuvuse suurendamise uurimine' (2003–2007). Suur tänu Mati Kuuskalale abi eest põldkatsete läbiviimisel ja Lea Lukmele küpsetuskatsete tegemisel.

## Kirjandus

- Adamson, A., Järvan, M. 2006. Väävli mõju talinisu saagis-  
 traktuuri elementidele ja saagikusele. – EMVI teadustööde  
 kogumik LXXI. Taimekasvatus. Saku, 61–66.
- Curic, D., Karlovic, D., Tusak, D., Petrovic, B., Dugum, J.  
 2001. Gluten as a standard of wheat flour quality. –Food  
 Technology & Biotechnology, 39 (4), 353–361.
- Curley, S. (Editor). 1994. Foliar Nutrition. Midwest Laborato-  
 ries, Inc., Omaha, NE. 81 pp.
- Gransee, A. 1997. Aufnahme von elementarem Schwefel über  
 Blatt bei Weizen- und Rapspflanzen. Martin-Luther- Uni-  
 versität Halle-Wittenberg, Forschungsbericht (Berichtszeit-  
 raum 01.01.1995–31.12.1996).
- Gransee, A. 2004. Foliar application of Mg, S, B and Mn has a  
 role in ensuring the optimum use of other macronutrients.  
 – New AG International, June, 66–67.
- Hussain, Z., Leitch, M. H. 2007. The Effect of Sulphur and  
 Growth Regulators on Growth Characteristics and Grain  
 Yield of Spring Sown Wheat. – Journal of Plant Nutrition,  
 30, 1, 67–77.
- Järvan, M. 2003. Silmeti vedelväetise katsetamise tulemustest  
 taliteraviljade pealtväetamisel. – Hüva Nõu, Eestimaa Ta-  
 lupidajate Keskkliit, Saku, lk. 4–5.
- Järvan, M. 2007. Põllukultuuride lehekaudselt väetamisest.  
 Soovitusi põllukultuuride kasvatajatele. AS Rebelleis,  
 Saku, lk. 14–17.
- Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A. 2011. Effect of sulphur  
 fertilization on grain yield and yield components of winter  
 wheat. – Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil  
 and Plant Science. (in press, accepted 16th November  
 2011).
- Järvan, M., Lukme, L., Akk, A. 2006. Väävli mõju talinisu  
 proteiini bioloogilisele kvaliteedile ja küpsetusomadustele.  
 – EMVI teadustööde kogumik LXXI. Taimekasvatus.  
 Saku, 123–128.
- Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L., Adamson, A. 2012.  
 Talinisu saagikus, saagi kvaliteet ja küpsetusomadused  
 sõltuvalt lämmastiku ja väävliga väetamisest. – Agraar-  
 teadus, XXIII, 1.
- Legris-Delaporte, S., Ferron, F., Landry, J., Costes, C. 1987a.  
 Foliar application of micronized sulfur in wheat: effect  
 upon sulfur and nitrogen metabolism of sulfate deprived  
 plants. In A. Colerno (ed.) Elemental Sulphur in Agricul-  
 ture. Vol. 1. Syndicat Français du Soufre, Marseille,  
 France, pp. 365–368.
- Legris-Delaporte, S., Ferron, F., Landry, J., Costes, C. 1987b.  
 Metabolization of elemental sulphur in wheat leaves con-  
 secutive to its foliar application. – Plant Physiology, 85,  
 1026–1030.
- Legris-Delaporte, S., Landry, J. 1987. The effect of foliar  
 application of elemental sulphur on the accumulation of  
 protein-incorporated amino acids in developing wheat  
 grain. – Journal of Cereal Science, 6, 2, 119–123.
- McGrath, S. P., Till, R. 1993. Sulphur uptake following foliar  
 application of elemental sulphur. – Journal of the Science  
 of Food and Agriculture, 63, 120–126.
- Mengel, K., Kirkby, E. A. 1987. Principles of Plant Nutrition.  
 International Potash Institute, Bern/Switzerland, 687 pp.
- Phillips, S. B., Mullins, G. L. 2004. Foliar Burn and Wheat  
 Grain Responses Following Topdress-Applied Nitrogen

- and Sulfur Fertilizers. – *Journal of Plant Nutrition*, 27 (5), 921–930.
- Ryant, P., Hrivna, L. 2004. The effect of sulphur fertilization on yield and technological parameters of wheat grain. – *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E*, 59, 4, 1669–1678.
- Saeed, B., Khan, A. Z., Gul, H. 2011. Physio-chemical Qualities of Wheat Varieties as Influenced by Nitrogen and Sulfur Fertilization. – *Pakistan Journal of Nutrition*, 10 (11), 1076–1082.
- Schönherr, J. 2004. Foliar Penetration of Inorganic Nutrients: Laws and Case Studies. – *New AG International*, June, 68–69.
- Socorro, M., Sanzo, R., Fabre, L., Meneses, P. 2008. Effect of Thiovit Jet 80 GD as sulfur fertilizer in foliar spray for irrigated rice. – *Revista Cubana del Arroz*, 10 (2), 160–167.
- Taimekaitsevahendid ja kasvuregulaatorid kasutamiseks Eesti Vabariigis. 2008, Saku. 220 lk.
- Tea, I., Genter, T., Naulet, N., Lummerzheim, M., Kleiber, D. 2007. Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effects on flour bread-making quality. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2853–2859.
- Tea, I., Genter, T., Naulet, N., Morvan, E., Kleiber, D. 2003. Isotopic study of post-anthesis foliar incorporation of sulphur and nitrogen in wheat. – *Isotopes in Environment and Health Studies*, 39, 289–300.
- Toselli, A. 2003. The Role of Foliar Nutrition in Plant Nutrition Management. – *New AG International*, June, 62–63.
- Wells, B. R., Bacon, R. K., Sabbe, W. E., Sutton, R. L. 1986. Response of sulfur deficient wheat to sulfur fertilizer. – *Journal of Fertilizer Issues*, 3 (2), 72–74.

### Effect of foliar applied sulphur on yield, quality and baking properties of winter wheat

Malle Järvan

#### Summary

The field trials with winter wheat (*Triticum aestivum*, var. Lars) were carried out in 2004 and 2005 in Northern Estonia on two different soil lacking in available sulphur. The effect of foliar applied sulphur on the grain yield, crop quality and

baking properties of wheat flour was investigated. As sources of sulphur the dissolved ammonium sulphate (S 24%), liquid fertilizer Sulfur F3000 (S 340 g l<sup>-1</sup>) and fungicide Thiovit Jet (S 800 g kg<sup>-1</sup>) were sprayed on the wheat plants at the tillering and shooting stages. In the trial No. 1, ammonium sulphate and Sulfur at the different rates were added into Silmet's liquid N-fertilizer which contained N 170 g l<sup>-1</sup>, and were sprayed on wheat plants at the rate of N 60 + 60 kg ha<sup>-1</sup> (2004) or N 40 + 40 kg ha<sup>-1</sup> (2005). In the trial No. 2, the effect of Thiovit sprayed at the tillering or at the shooting stages with the rates of 3 and 6 kg ha<sup>-1</sup> on the background of N 60 + 60 kg ha<sup>-1</sup> as solid ammonium nitrate was investigated.

On the calcareous break-stony soil (pH<sub>KCl</sub> 7.2), the foliar fertilization with sulphur added as ammonium sulphate at the rate of S 3 + 3 kg ha<sup>-1</sup> into liquid N-fertilizer increased the grain yield by 44%. The addition of Sulfur F3000 at the rate of S 3.4 + 3.4 kg ha<sup>-1</sup> increased the yield by 40%. The foliar fertilized sulphur decreased the contents of protein and wet gluten in wheat grain but significantly increased the gluten index value which indicated that sulphur improved the quality and strength of gluten. On the weakly acid soil (pH<sub>KCl</sub> 5.6), foliar applied sulphur, as a rule, had an insignificant effect on the grain yield and quality.

The applying of Thiovit Jet to eliminate the sulphur deficiency in the calcareous soil was very effective. In that case Thiovit sprayed with the rates of 3 and 6 kg ha<sup>-1</sup> at the tillering stage of wheat plants increased the grain yield by 30% and 55%, respectively. The application of Thiovit solutions at the shooting stage had a lower effect than the Thiovit application at the earlier growth stage.

The foliar application of sulphur improved the baking quality of wheat in all treatments. Under the influence of sulphur, the following baking properties were increased: the stability and quality number of dough; volume, specific volume and porosity of bread. The great differences occurred in the round loaf's height to diameter ratios which were notably higher when sulphur was applied.

The results of this investigation had shown that on the occasion of sulphur deficiency in soil, the foliar application of certain sulphur-containing substances allowed to prevent the decline of yield and quality of wheat.

# SIGADE PARASIIDID EESTIS JA NENDE LEVIKUT MÕJUTAVAD TEGURID

Toivo Järvis, Erika Mägi, Brian Lassen

Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, Kreutzwaldi 62, Tartu 51014

e-mail: erika.magi@emu.ee

**ABSTRACT:** In last time more attention has been directed to elaboration of parasite control measures based on use of possible small quantities of antiparasitic drugs with application of animal treatments in optimal time, considering used management conditions, age of animals and season of the years. To work out and apply into practice parasite control measures, knowledge of parasite population dynamics and epidemiology is necessary.

In this article the study results on pig parasites and factors, influencing their occurrence in Estonian farms are presented and discussed. The data of technical profile on each farm had been described: farm type, veterinary-sanitary conditions, age groups of pigs, the use of antiparasitic drugs. Analysis of prevalence and intensity of infection in four main parasite groups were carried out: *Ascaris suum*, *Oesophagostomum* spp., coccidian and other parasites.

The logistic model was used to compare parasite prevalence in different breeding systems and Wilcoxon test was used to determine the differences in parasite infection between farm types and pig age groups.

**Keywords:** pig parasites, prevalence, infection intensity, farm type, age group.

## Sissejuhatus

Parasitaarhaigused (algloomtõved, lameusstõved, ümarusstõved, lest- ja putuktõved) on koduloomadel kõige sagedamini esinev haigusrühm. Kuigi paljudel juhtudel kulgevad parasitaarhaigused ilma selgelt avalduvate kliiniliste tunnusteta, põhjustavad nad ulatusliku leviku tõttu suuremat majanduskahju kui teised haigusrühmad. On leitud, et sigade parasitaarhaigustest põhjustatav kahju ületab bakterite ja viiruste tekitatut (Popiolek *et al.*, 2009). Kokkuvõttes on suurima kahju põhjus just sümptomiteta kulgevad parasitoosid. Uurimustes rõhutatakse juurdekasvu vähenemist, halvenenud söödakasutust, indlemise aktiivsuse langust, väiksemaid pesakondi ja imikpõrsaste elujouetust (Lawlor, Lynch, 2007). Parasiidid halvendavad sigade tervislikku seisundit, soodustades sellega teiste nakkushaiguste levikut karjas (Nosal, Eckert, 2005). Lisaks on kodusiga epidemioloogiliselt oluline nakkusallikas teistele loomadele ja inimesele (Popiolek *et al.*, 2009).

Seda, et sigade parasiidid on põhjustanud suurt majanduslikku kahju seakasvatusele eelkõige halvema söödaväärinduse, juurdekasvu ja elundite praakimise tõttu, kinnitavad veel mitmete teadlaste uuringud (Nansen, Roepstorff, 1999; Joachim *et al.*, 2001).

Sigade nakatumise nugiussidega on soodustanud ka teiste seedekulgla haiguste (põhjustanud *Lawsonia in-*

*tracellularis* ja salmonellad) teket (Mansfield, Urban, 1996; Pearce, 1999; Steenhard *et al.*, 2002).

Parasiitide põhjustatav kahju seakasvatusele erineb suurel määral, sõltudes geograafilisest piirkonnast, farmitüübist, sigade pidamisviisist jt teguritest, samuti erinevate parasiidiliikide virulentsusest ja invasiooni intensiivsusest.

Teadmisteta parasiitide esinemise või mitteesinemise kohta kasutavad seakasvatavad antiparasiitikume harjumuspäraselt või juhuslikult või ravivad vaid sigu, kellel on ilmnenud kliinilised haigustunnused. Samal ajal aga jäävad muutmata sigade pidamistingimused, mis oluliselt mõjutavad nakkuse levikut. Selle tulemusena võivad parasiitidega mittenakatunud sead saada keemilist ravi, mille liigsagedane kasutamine põhjustab ravimiresistentsuse teket. Antiparasiitikumide pikajaline regulaarne manustamine nõrgestab loomade haigusimmuunsuse väljakujunemist, ravimijäägid aga sisalduvad nii sealihase kui ka saastavad organismist väljutatuna väliskeskkonda (Jackson, 1993; Nansen, Roepstorff, 1999). See omakorda võib mõjustada ökoloogilist tasakaalu looduses.

Eeltoodud arvestades on sigade parasitofauna küsimuste selgitamise põhjal võimalik sigade parasitooside selliste tõrjemeetmete väljatöötamine, mis põhinevad antiparasiitikumide võimalikult vähesel kasutamisel. Seejuures peab arvestama sigade pidamisviisi, loomade vanust jm, pöörates põhitähelepanu sigade parasiitidega nakatumise vältimisele: eri vanuserühmade lahus pidamine, farmihoonete desinvasioon, sulgude regulaarne puhastamine jne. (Roepstorff *et al.*, 2001; Carstensen *et al.*, 2002; Baumgartner *et al.*, 2003; Gerwert *et al.*, 2004).

Senised uurimused sigade parasiitide levikust Eestis on ammused ja käsitlevad üksikküsimusi (Kaarma, 1979; Talvik, 1998). Mõnes Eesti seafarmis on parasiitide levimus ulatunud 25–35%-ni kõikidest uuritud sigadest (Kaarma, Mägi, 2001; Mägi, Sahl, 2002).

Sigade parasitooside tõrje teaduslikult põhjendatud soovituste rakendamine võimaldab parandada sigade heaolu, oluliselt vähendada parasiitide põhjustatavat majanduslikku kahju, saada rohkem ja kvaliteetsemat toodangut, vähendada keskkonna saastumist antiparasiitikumide jääkidega ning vähendada ka teiste loomaliikide ja inimese nakatumise ohtu.

Püstitatud eesmärgi saavutamine eeldab sigade parasiitide populatsioonibioloogia ja epidemioloogia tundmist. Arvestades, et erinevalt teistest haigusetekiitajatest teevad paljud parasiidid arenemistsükli teatud etapi läbi väliskeskkonnas, sõltub nende levik suurel määral piirkonna kliimaatilistest tingimustest ning sigade söötmis- ja pidamisviisist.

Käesoleva uurimuse (2006–2010) eesmärk on selgitada sigade nakatatus parasiitidega Eesti seafarmides

ning leida selle seoseid farmitüüpide, -hügieeni ja sigade vanusega.

### Materjal ja meetodika

Koprooloogilised uuringud viidi läbi kokku 84 sigalas, mis paiknesid Eesti 11 maakonnas (Saare, Hiiu, Pärnu, Harju, Järva, Viljandi, Lääne-Viru, Tartu, Valga, Põlva ja Võru). Uuritud sigalatest oli suurfarme (201–11,000 siga) 31, keskmise suurusega farme (11–200 siga) 17, väikefarme (1–10 siga) 31 ja omaette grupina ökofarme 5.

Koproproovid (á 10 g) võeti pisteliselt igalt uuritava sigade grupilt kas pärasoolest või värskelt eritatud väljaheitest. Kõik kogutud proovid sildistati ja hoiti laborisse transportides jahedas kastis. Laboris säilitati uurimismaterjal külmikus +4°C juures mõni päev (maksimaalselt üks nädal) enne uurimiseks ettevalmistamise alustamist. Proovid võeti järgmistelt sigade rühmadelt: kuni kolme kuu vanused põrsad (sh imikpõrsad); 3–6 kuu vanused sead; emised; kuldid. Suur- ja keskmise suurusega farmides võeti sõltuvalt sigade arvust erinevatest sulgudest 12–20 proovi, väikefarmides 1–8 ja ökofarmides 9–30 proovi. Kokku võeti uurimiseks parasiitide noorvormide suhtes 3,678 sigade koproproovi.

Proovide uurimiseks ettevalmistamisel rakendati McMasteri meetodit. Flotatsioonivedelikuna kasutati NaCl küllastatud vesilahust (erikaal 1.18–1.20). Parasiitide munade leidmiseks kasutati mikroskoobi 80–100-kordset suurendust. Koktsiidide ootsüstide leidmiseks ja täpsemaks määramiseks kasutati ka tugevat suurendust (400-kordne). Koktsiidide ootsüstide leiuga proovides lasti ootsüstid sporuleeruda (proov segati Petri tassis 2.5% kaaliumdikromaadi (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) lahusega ja jäeti seisma toatemperatuuril kuni kaheks nädalaks), et eristada *Eimeria spp.* ja *Isospora suis*’t. Krüptosporiidide leidmiseks uuriti sea väljaheite äigepreparaati Ziehl-Neelsen meetodil.

Iga uuritud sigala kohta koguti andmed parasiitide levikut mõjutavatest teguritest, nagu sigade pidamis- tehnoloogia, sigala veterinaar-sanitaarne seisukord, anti-parasiitikumide kasutamine jm. Parasiitide munade mehaanilise edasikandumise uurimiseks sigalas kontrolliti vahekaikudest, talitajate jalanõudelt ja sigalast eemaldatud sõnnikust võetud proove, kokku 75 proovi neljast uuritavast farmirühmast.

Sigade nakatumise ekstensiivsuse ja intensiivsuse analüüsid tehti eraldi nelja parasiidigrupi kaupa – uuriti nakatumist *Ascaris*’ega, *Oesophagostomum*’iga, koktsiididega ja muude parasiitidega. Farmitüüpide ja vanusegruppide vahelisi erinevusi parasiitidega nakatumise ekstensiivsuses testiti kahefaktorilise logistilise mudeli abil, millest leiti nii farmitüübi ja vanusegrupi mõju statistilist olulisust näitavad *p*-väärtused kui ka farmitüüpide ja vanusegruppide paariviisilisi erinevusi hindavad nakatumise šansside suhted. Lisaks testiti logistilise mudeli alusel vanusegruppide vaheliste erinevuste statistilist olulisust ka üksikute farmitüüpide kaupa.

Hinnang parasiitidega nakatumise keskmisele intensiivsusele iga farmi kohta leiti üksnes nakatunud sigade baasil minimaalse ja maksimaalse parasiitide arvu poolsumma kujul. Nii farmide kui ka vanusegruppide vaheliste erinevuste statistilise olulisuse testimiseks kasutati Wilcoxon testi, kusjuures kõrvale jäeti vastava parasiidi leiuta farmid või vanusegrupid.

Tuvastatud erinevused loeti statistiliselt oluliseks *p* < 0.05 korral. Andmete statistiline analüüs viidi läbi tabelarvutusüsteemi *MS Excel* ja statistikapaketi *SAS* abil.

### Tulemused ja arutelu

Parasiitide esinemise suhtes uuritud farmide ja sigade arvu kohta farmitüüpide kaupa on esitatud ülevaade tabelis 1 ja parasiitidega nakatumise intensiivsused ning parasiidi leiuga farmide hulk on toodud tabelis 2.

**Tabel 1.** Uuritud farmide ja sigade arv farmitüüpide kaupa  
**Table 1.** Studied farm types and pig numbers

	Suurfarmid/ <i>Large farms</i>	Keskised farmid / <i>Smaller conventional farms</i>	Väikefarmid/ <i>Small farms</i>	Ökofarmid/ <i>Ecological farms</i>	Kokku/ <i>Total</i>
Uuritud farmide arv <i>Number of farms</i>	31	17	31	5	84
Keskmine sigade arv farmis (min, max) / <i>Mean pig number on farm</i> (min, max)	2,454.2 (245, 10,500)	37.1 (13, 96)	3.3 (1, 8)	23.6 (9, 37)	915.9 (1, 10,500)
Uuritud sigade arv <i>Number of pigs</i>	3,016	468	103	91	3,678
Keskmine uuritud sigade arv (osakaal) farmis / <i>Mean studied pig number (% of</i> <i>studied pigs on farm)</i>	97.3 (6.4%)	27.5 (86.6%)	3.3 (100.0%)	18.2 (85.4%)	43.8 (61.9%)

**Tabel 2.** Keskmised (ja maksimaalsed) parasiitidega nakatumise intensiivsused (munade arv 1 g koproproovis) ja parasiidi leiuga farmide hulk farmitüüpide kaupa ning farmitüübi mõju statistilist olulisust näitavad Wilcoxon'i testiga leitud *p*-väärtused  
**Table 2.** The mean (maximum) values of the intensity of pig parasite infection (epg, opg) and the number (%) of affected farms by farm types. *P*-values showing the statistical significance of farm type's effect were calculated with Wilcoxon test

Parasiidi liik <i>Parasite species</i>	Iseloomustus <i>Characteristic</i>	Suurfarmid <i>Large farms</i>	Keskmiised farmid/ <i>Smaller conventional farms</i>	Väikefarmid <i>Small farms</i>	Ökofarmid <i>Ecological farms</i>
<i>Ascaris</i> ( <i>p</i> = 0.52)	<i>n</i> (%)	13 (41.9%)	13 (76.5%)	16 (51.6%)	4 (80.0%)
	<i>x</i> (max)	509.2 (10,000)	381.5 (2,000)	210.0 (1,400)	215.0 (1,200)
<i>Oesophagostomum</i> ( <i>p</i> = 0.14)	<i>n</i> (%)	9 (29.0%)	11 (64.7%)	18 (58.1%)	5 (100%)
	<i>x</i> (max)	1832.2 (15,000)	4828.2 (15,000)	6790.0 (120,000)	3746.6 (15,000)
Koktsiidid <i>Coccidian</i> ( <i>p</i> = 0.14)	<i>n</i> (%)	5 (16.1%)	5 (29.4%)	6 (19.4%)	4 (80.0%)
	<i>x</i> (max)	1,194.0 (10,000)	1,314.0 (5,000)	208.3 (360)	1,358.6 (9,174)
Muud parasiidid <i>Other parasites</i> ( <i>p</i> = 0.64)	<i>n</i> (%)	4 (12.9%)	3 (17.6%)	4 (12.9%)	4 (80.0%)
	<i>x</i> (max)	312.5 (2,000)	1,830.0 (10,000)	247.5 (1,000)	1,322.5 (10,000)

Töö tulemusena selgus, et uuritud seafarmidest olid parasiitidega invadeerunud 71.4%, kõikidest uuritud sigadest aga 22.7%. Rohkem kui pooltes uuritud farmides esines seasolge *Ascaris suum* (54.8%) ja sea sõlmpihltlane *Oesophagostomum spp* (51.2%). Need parasiidid olid ka domineerivad sigadel leitud parasiitide hulgas (vastavalt 15.1% ja 14.0%). Koktsiidide rühma ainuraksete parasiitidega tabandunud seafarme oli 23.8% uuritustest ja koktsiididega nakatunud sigu 6.6% uuritustest.

Koktsiidide hulgas domineerisid tugevasti eimeeriad, neid leiti kõigis koktsiididega tabandunud farmides (100%) ja 211-l koktsiididega tabandunud seal (86.5%). Liigiliselt määrati *Eimeria porci*, *E. polita*, *E. suis*, *E. neodebliecki*, *E. scrofae* ja *E. debliecki*. Metssearistanditel leiti *E. guevarai*.

Isospoore (*Isospora suis*) leiti kahes (10%) koktsiididega tabandunud sigalas ja 12-l (4.9%) koktsiididega nakatunud seal. Isospooridega olid nakatunud peamiselt imikpõrsad, aga erandina leiti neid ka kahel võõrdepõrsal ja ühel emisel.

Krüptosporiide (*Cryptosporidium sp*) oli sigadel kolmes (15%) koktsiididest tabandunud farmis ja 53-l koktsiididega tabandunud seal (21.7%).

Muudest parasiitidest leiti sigadel sea varbussi *Strongyloides ransomi* 18 farmis (21.4%) ja sea piugussi *Trichuris suis*'t seitsmes sigalas (8.3%). Kõikidest uuritud sigadest olid varbussidega nakatunud 4.0% ja piugussidega 1.8%.

Ühes farmis diagnoositi neljal emisel ka sea süüdik-lesta *Sarcoptes scabiei var. suis* tabandus.

Parasiitidega nakatumise astet ehk invasiooni intensiivsust hinnatakse teadusuuringutes loomade väljutatud parasiitide munade ja koktsiidide ootsüste arvu alusel 1 g koproproovi kohta (McMasteri meetod). See näitaja on aga vaid ligikaudne, kuna puudub otsene positiivne korrelatsioon väljutatud parasiidimunade arvu ja parasiitide arvukuse vahel organismis. Invasiooni intensiivsuse lahtimõtestamisel tuleb arvestada asjaoludega, et parasiidimunad ei paikne koproproovis ühtlaselt, erinevatel parasiidiliikidel on erinev viljakus, ümarussidel munevad vaid suguküpsed emasindiviidid, peremeeslooma immuunsus pärsib parasiitide munevust, selle nõrgenedes (nt poegimisperiodil) parasiitide munevus suureneb jm.

Käesolevas uurimistöös leitud invasiooni intensiivsuse väärtused on väga erinevad: *Ascaris suum* minimaalselt 20, maksimaalselt 10,000 muna ühe grammi rooja kohta, *Oesophagostomum spp* minimaalselt 20 ja maksimaalselt 120,000 ning koktsiidide ootsüste minimaalselt 100 ja maksimaalselt 10,000 ühe grammi kohta. Tulemused näitavad, et invasiooni intensiivsus Eestis enamlevinud sigade parasiitidega on mõnevõrra väiksem suurfarmides, kuid statistiliselt olulist erinevust invasiooni intensiivsuse ja farmitüübi vahel ei ilmnud. Statistiliselt olulist seost ei selgunud ka sigade invadeerituse intensiivsuse ja sigade vanusegruppide vahel.

Sigade seedekulgla helmintidest on Leedus diagnoositud kõige sagedamini *Ascaris suum* ja *Oesophagostomum sp*, harvem *Trichuris suis* (Petkevičius ja Pereckiene, 2009).

Poolas leiti sigadel neli helmindiliiki, lisaks eespool nimetatutele ka *Strongyloides ransomi*. Tabandunud sigu oli vaid 14.41% (Popiolek *et al.*, 2009). Suurim levimus registreeriti *T. suis*'el (5.93%), järgnesid *A. suum* (5.08%), *O. sp.* (3.4%) ja *S. ransomi* (0.85%). Teises Poola uuringus (Wieczorek-Dabrowska ja Balicka-Ramisz, 2008) leiti sigadel *Ascaris suum* (tabandunud 83.67%) ja *Oesophagostomum dentatum* (26.53%). Vastavas uuringus Saksamaal leiti, et emised olid nakatunud 79%-s uuritud farmidest *O. sp.*-ga, 8% farmidest *T. suis*'ega, 7% farmidest *A. suum*'iga ja 29% farmidest *Eimeria spp.*'ga (Gerwert *et al.*, 2004).

Teine uuring Saksamaal (Joachim *et al.*, 2001) tuvastas, et uuritud nuumikutest 34.9% olid nakatunud helmintidega, neist *O. sp* 27.5%, *A. suum* 10.5%. Koktsiidide ootsüste ja *Balantidium coli* tsüste leiti kohati ja vähesel arvil. Uuring Madalmaades (Eijck, Borgsteede, 2005) selgitas, et sigade seedekulgla parasiidid on laialt levinud. Lisaks seasolkmele, sea sõlmpihltlasele ja sea piugussile leiti sageli ka koktsiidide nakkust (66.7% sigadel traditsioonilistes seafarmides).

Hispaanias läbi viidud uuring näitas, et parasiitsetest soolepatogeenidest esines seafarmides *Cryptosporidium*'i (53% farmidest), *Giardia*'t (7%) ja helminte (38%). Diagnoositi kolm helmindiliiki (*A. suum*, *T. suis* ja ilmselt *O. sp*), kusjuures sagedamini esinev oli *A. suum* (81.7% sigadel) (Reinoso, Becares, 2008; Fiuza *et al.*, 2009). Sigade parasiitidega nakatatus uuringul

Türgis leiti põhiliselt ainurakseid – *Cryptosporidium sp.* 8,8% uuritustest, *Giardia spp* 3.7% ja *Balantidium coli* 1.6%, lisaks *A. suum* 4.1% uuritud sigadest (Kirkoyun Uysal *et al.*, 2009). Uuring Kreeka seafarmides näitas, et sigadel esinevad samad parasiidiliigid (-grupid), nagu eespool toodud uuringutes, erinevustega põhiliselt mõnede parasiidiliikide levimuses. Nii leiti, et strongüliidid (ilmselt *O. sp.*) ja koktsiidid esinesid kõige sagedamini. Helmintidest diagnoositi veel *A. suum* ja *T. suis* (Theodoropoulos *et al.*, 2009).

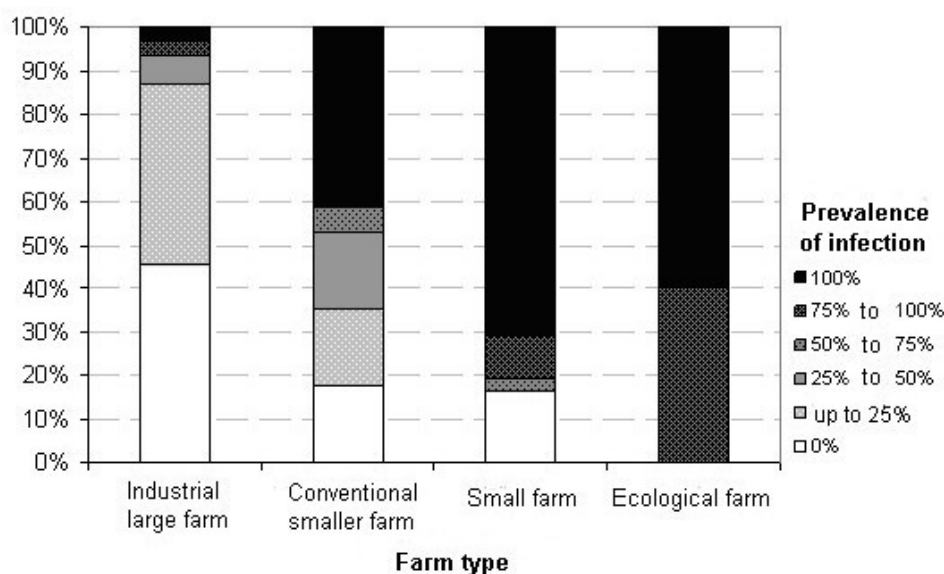
Ainuraksetest parasiitidest on uurimustes imikpõrsastel (5–28 päeva vanad) leitud *Isospora suis*'t 27.8% pesakondadest ja 66.7% uuritud sigalates, seevastu *Eimeria spp* vaid 2.6% pesakondadest 11.5% sigalates (Karamon *et al.*, 2007, 2009; Longkiær, Roepstorff, 2008). Ühes Saksamaa uuringus leiti, et 45% imikpõrsastest oli tabandunud *Isospora suis*'ega ja 30% *Eimeria spp*'ga (Damriyasa, Bauer, 2006).

Teises uuringus (Niestrath *et al.*, 2002) märgitakse, et traditsioonilistes seafarmides Saksamaal leiti *I. suis*'t 83%-s uuritud farmidest ja 42.5% pesakondadest. 2–4 päeva vanuste põrsaste uuringul Tšehhis (Hamadejova, Vitovec, 2005) saadi *I. suis*'e levimuseks 24.8%.

Mitmetest uurimustest nähtub, et *Isospora suis* esineb sagedamini 7–14 päeva vanustel imikpõrsastel, aga

teda võib leida ka vanematel sigadel. Nii leiti *I. suis*'e levimuseks imikpõrsastel (vanuses 11 päeva kuni 3 nädalat) 16.3%, võõrutatutel (vanuses 4 nädalat kuni 6 kuud) aga 6.4% (Farkas *et al.*, 2004; Johnson *et al.*, 2008). Erinevused sigade invadeerituses on arusaadavad, kuna uurimistulemused olenevad suuresti sigade pidamisviisist (farmitüübist), uuritud sigade vanusest, farmide veterinaar-sanitaarsest seisundist, antiparasiitikumide kasutamisest ja mitmetest muudest teguritest.

Joonisel 1 on kujutatud erinevat tüüpi farmide jaotumist invasiooni ekstensiivsuse (levimuse) alusel. Märgatav on selge tendents – mida väiksem ja nn maalähedasem on farm, seda enam on selles parasiitidega nakatunud sigu. See seos osutus ka statistiliselt oluliseks ( $p < 0.001$ ). Nii oli uuritud ökofarmidest kõigis parasiitidega nakatunud 75% või enam sigu, 100%-line parasiitide levimus ilmnes 60%-l ökofarmidest. Väikefarmidest oli nakatunud sigadeta vaid 16.1%, samas oli parasiitide levimus 75% või suurem 80.7%-l väikefarmidest. Keskmise suurusega farmidest ei leitud parasiite 17.6%-l, täielik (100%-line) parasiitide levimus ilmnes 41.2%-l keskmise suurusega farmidest. Suurfarmidest oli koguni 87.1%-l invasiooni ekstensiivsus alla 25%, sh oli parasiidivabad 45.2% suurfarmidest. Vaid 3.2%-l suurfarmidest oli kõik uuritud sead parasiitidega nakatunud.



**Joonis 1.** Erinevat tüüpi farmide jaotumine nakatunud sigade esinemissageduse alusel  
**Figure 1.** Dependence between pig parasite infection and farm types

Statistiliselt oluline erinevus ( $p < 0.05$ ) parasiitidega nakatumises ilmnes kõigi farmitüüpide vahel (tabel 3). Seejuures on ökofarmis peetaval seal šanss nakatuda parasiitidega 3.8 korda suurem kui väikefarmis peetaval seal; 13.9 korda suurem võrreldes keskmise suurusega farmis peetava seaga ja 85.3 korda suurem võrreldes suurfarmis peetava seaga. Väikefarmides peetaval sigadel on nakatumisšanss võrreldes mittenakatumisega 3.7 korda suurem kui keskmise suurusega farmides ja 22.4 korda suurem kui suurfarmides; keskmise suuruse-

ga farmides aga 6.1 korda suurem kui suurfarmides. Sigade vanusegruppide osas nii selget erinevust ei ilmnenud. Sigade nakatumine on väiksem nooremate loomade korral. Seejuures on parasiidinakkuse šanss suurem 3–6 kuu vanustel sigadel ja emistel. Kultide väiksem nakatumine on ilmselt tingitud selle suurest erinevusest keskmise suurusega farmides, mis farmitüübi mõju elimineerimisel võimendub veelgi ja korvab kultide suurema nakatumise ülejäänud farmides.

**Tabel 3.** Farmitüüpide vahelised (ülalpool diagonaali) ja vanusegruppide vahelised (allpool diagonaali) erinevused nakatumise ekstensiivsuses. Esitatud on kahefaktorilisest logistilisest mudelist leitud olulisuse tõenäosused, šansside suhted ja nende 95% usaldusintervallid

**Table 3.** Differences between farm types (above the diagonal) and age groups (below the diagonal) in prevalence of infection. Probabilities of significance found by two-factorial logistic model, odds ratios and their 95% confidential intervals are displayed

Farmitüüp ( $p < 0.001$ )/ Farm type	Võrdlusrühmad/Comparison groups				
	Suurfarm / Large farm	Keskm. farm / Smaller conventional farm	Väikefarm / Small farm	Ökofarm / Ecological farm	
Ökofarm / Ecological farm	85.26 (38.49; 188.83)	13.91 (6.21; 31.16)	3.81 (1.51; 9.56)	1	Kuldid/Boars
Väikefarm / Small farm	22.41 (13.68; 36.70)	3.66 (2.18; 6.14)	1	2.43 (1.51; 3.89)	Emised/Sows
Keskmine farm / Smaller conventional farm	6.13 (4.87; 7.71)	1	0.88 (0.71; 1.08)	2.13 (1.35; 3.34)	3–6 kuud/months
Suurfarm / Large farm	1	0.43 (0.33; 0.55)	0.36 (0.28; 0.50)	0.91 (0.56; 1.46)	< 3 kuud/months
	< 3 kuud/months	3–6 kuud/months	Emised/Sows	Kuldid/Boars	Vanusegrupp/ Age group ( $p < 0.001$ )
	(Võrdlusrühmad)/(Comparison groups)				

Vanusegruppide vaheline erinevus osutus statistiliselt oluliseks suur- ja keskmise suurusega farmides ( $p < 0.001$ ). Väike- ja ökofarmides vanusegrupi statistiliselt olulist mõju parasiitidega nakatumise ekstensiivsusele ei ilmnenud ( $p = 0.65$  ja  $p = 0.94$ , vastavalt). Põhjus võib siin olla eelkõige suhteliselt väike uuritud sigade arv nendes farmitüüpides.

Nii farmitüüpide kui ka vanusegruppide vaheline erinevus *Ascaris suum*'iga nakatumise ekstensiivsuses osutus statistiliselt oluliseks ( $p < 0.001$ ). Nakatumine oli väikseim suurfarmides ja suurim väikefarmides. Erinevalt üldisest parasiitidega nakatumisest ning ka *Oesophagostomum*'iga, koktsiididega ja muude parasiitidega nakatumisest, oli seasolkmega nakatumine ökofarmides keskmine ega erinenud oluliselt sigade nakatumise ekstensiivsusest keskmise suurusega farmides.

Vanusegruppide osutusid *Ascaris*'ega enim nakatunuks 3–6-kuused sead, väikseim oli nakatumise ekstensiivsus alla 3 kuu vanuste sigade ja kultide rühmas. Seejuures osutusid vanusegruppide vahelised erinevused statistiliselt oluliseks nii suurfarmides ja keskmise suurusega farmides ( $p < 0.001$ ) kui ka ökofarmides ( $p = 0.05$ ). Ainsana ei olnud vanusegrupi mõju nakatumisele statistiliselt oluline väikefarmides ( $p = 0.12$ ).

Sigade erinev nakatumine vanusegrupiti on oluliselt põhjustatud erinevate parasiidiliikide immunogeensusest. Saab eristada kahte gruppi helminte. Ühe grupi helmintide nakkus on harilikult maksimaalne noorsigadel (*S. ransomi* eriti põrsastel, *A. suum* ja *T. suis* noortel nuumikutel), põhjustatuna suurest immunogeensusest. Teise grupi kuuluvad *O. spp.* ja *Hyostroglylus rubidus*, mis esinevad enim vanematel sigadel. See näitab nimetatud nugiusside väikseimat immunogeensust (Roepstorff *et al.*, 1998). Sigade nakatumise tasemele vanusegrupiti avaldab mõju ka farmitüüp. Väikestes ökofarmides peetakse sigu väljas ja neid ei dehelmintiseerita metafülaktiliselt. Sigade seespidamise korral aga

kasutatakse anthelmintikume rohkem või vähem regulaarselt (Nansen, Roepstorff, 1999).

Sea **sõlmpihlasega** nakatumine Eesti erinevat tüüpi farmides osutus statistiliselt oluliselt erinevaks, seejuures esines neid sagedamini ökofarmides ja kõige harvem suurfarmides. Farmitüübi mõju kõrvaldamise järgselt ilmneb, et vanusegruppide osutus nakatumine suurimaks emistel ja väikseimaks alla kuuvanuste sigade grupis.

Farmitüüpe eraldi analüüsid ilmnes statistiliselt oluline erinevus vanusegruppide vahel vaid suurfarmides ja keskmise suurusega farmides ( $p < 0.001$ ). Öko- ja väikefarmides oli sigu erinevates vanusegruppides statistiliselt oluliste erinevuste ilmnemiseks liiga vähe.

Statistiliselt oluliselt ( $p < 0.05$ ) erines sigade nakatumine **koktsiididega** kõigi farmitüüpide vahel, seejuures esinedes sagedamini ökofarmides ja kõige harvem suurfarmides. Ökofarmides peetaval seal on šanss saada koktsiididega nakatatud 21.5 korda suurem võrreldes väikefarmis peetava seaga ja 47.6 korda suurem šanss võrreldes suurfarmis peetava seaga.

Kõigi farmitüüpide peale kokku on koktsiididega nakatumise ekstensiivsus emiste hulgas statistiliselt suurem teiste seagruppidega võrreldes. Üksikute farmitüüpide osas ilmnesid sarnaselt üldise parasiitidega nakatumisega statistiliselt olulised vanusegruppide vahelised erinevused suur- ja keskmise suurusega farmides. Väike- ja ökofarmides vanusegrupi statistiliselt olulist mõju koktsiididega nakatumise ekstensiivsusele ei ilmnenud (vastavalt  $p = 0.60$  ja  $p = 0.46$ ).

Võrdlevalt on Taanis ökofarmide sigade invadeeritust uurides leitud, et *A. suum*'i levimus võrdpõrsaste hulgas oli 28%, nuumikutel 33% ja emistel 4%, aga *O. spp* puhul olid vastavad arvud 5%, 14% ja 20% (Carstensen *et al.*, 2002). Samad autorid märgivad ka koktsiidide (tõenäoliselt *Eimeria spp.*) esinemist kõikides sigalates. Koktsiidid ja strongüliidid (ilmselt *O. spp*) olid kõige enam levinud kõigis sigade vanusegruppides, nende esinemise ja vanusegrupi vahel leiti ka statistili-



selt oluline seos. Kõige suurem oli koktsiidide levimus kultidel ja võõrdpörsastel, strongüliide oli enim emistel ja kultidel (Theodoropoulos *et al.*, 2009). Ühes uurimuses leiti *A. suum*'i 6.7%-l üle kuue kuu vanustel sigadel, alla kuue kuu vanustel seasolget ei tuvastatud (Kirkoyun Uysal *et al.*, 2009). Lindgren *et al.* (2008) märgivad suurt invasiooni intensiivsust *A. suum*'i ja *O. spp*'ga ökofarmide noorsigadel. Eijck ja Borgsteede (2005) leidsid, et imikpörsaste nakatumine koktsiididega oli suur kõigis kolmes farmitüübis (vabapidamisfarmides, ökofarmides ja nn traditsioonilistes sigalates), sh ökofarmides oli see suurim, ulatudes 90.9%-ni. Selles uurimuses olid umbes nelja nädala vanused imikpörsad, mitmetes teistes aga kuni 23 (27) päeva vanused. Uurimustest on teada, et *Isoospora suis*'e nakkus on suurim umbes kahe nädala vanustel imikpörsastel. Kui aga nakkustase on madal, on täheldatud prepatentaja pikenemist. Eespool märgitud uurimuses leiti *Eimeria spp.* nakkust kõige enam emistel vabapidamis- (87.5%) ja ökofarmides (80%).

*A. suum*'i leiti sagedamini nuumikutel vabapidamis- (42.9%) ja ökofarmides (54.55) (Petkevičius, Pereckiene, 2009). Huvitav on asjaolu, et *A. suum*'i mune leiti ka kahelt imikpörsalt. Arvestades, et seasolkme prepatentaeg on pikem (6–8 nädalat) ja intrauteriinne ega laktogeenne nakkustee ei ole seasolkme puhul teada, tuleb seda leidu pidada valepositiivseks. *A. suum*'i munad pidid sattuma pörsa seidekulglasse nn transiidina sissesöömise tagajärjel. *A. suum*'iga ja *O. spp*'ga kõige enam nakatunud olid nuumikud ja nooremised. Uuringus Poola seafarmides leiti, et emised olid nakatunud helmintidega kaks korda sagedamini kui nuumikud, invasiooni intensiivsus oli neil aga peaaegu sama (Popiolek *et al.*, 2009). Ainuraksetest parasiitidest oli *Isoospora suis*'e levimus (16.3%) võõrutamiselsetel pörsastel (11 päeva kuni 3 nädala vanused) oluliselt suurem kui võõrutatutel – 6.4% (Johnson *et al.*, 2008). Imikpörsaste laialdast nakatumist isosporidega kinnitavad ka Karamon *et al.* (2007) ning Damriyasa ja Bauer (2006). Viimaste andmeil leiti isospoore 45% uuritud farmides, kusjuures ootsüstide väljutamine saavutas maksimumi 2–3-nädalastel pörsastel, millele järgnes järsk langus. 2–47 päeva vanuste pörsaste uurimisel Tšehhis leiti isospoore 24.8% sigadest. Levimus oli suurim 13 päeva vanustel sigadel – 46.3% (Hamadejova, Vitovec, 2005).

Seoses sigade väljaspidamise levimisega Taanis on suurenenud seespidamisel tavaliste helmintide invasiooni intensiivsus, mille tagajärg võib olla kasvu pidurdumine või isegi kliinilised tunnused noorsigadel. Ühel ajal suureneb sigu tabandavate parasiidiliikide arv. Ökofarmid on eriti kõrge riskiastmega, kuna Taani seadusandlus seab siin ranged piirangud, sh anthelmintikumide kasutamise keeld helmintooside metafülaktikaks, kolmekordne keeluaeg pärast anthelmintikumide kasutamist sigade ravi otstarbel, võõrutamine pärast seitsmendat elunädalat jm (Carstensen *et al.*, 2002). Uuringus Saksamaal (Joachim *et al.*, 2001) tuvastati, et sigadel farmis, kus kasutati teistest farmidest pörsaste sissetoomist nuumamiseks, oli *Ascaris suum*'i levimus 46.4%, samal ajal kui suletud tootmistsükliga farmides oli see 32.4%. Esimeses farmigrupis oli suurem ka *A. suum*'i väljutatav keskmine munade arv 1 g-s. Samuti leiti

erinevus, ehkki mitte statistiliselt oluline, sigade nakatatuses helmintidega sõltuvalt sigala pöranda tüübist. *A. suum*'i levimus nuumaperioodi lõpuks oli kogu ulatuses perforeeritud pörandate korral väiksem (25.8%) kui osaliselt perforeeritud pörandate korral (37%).

Sigade seespidamisel võib esineda väga olulisi erinevusi *A. suum*'i levimuses, mis on tingitud sigalahügieenist ja füüsikalise-keemilistest teguritest. Sigade pidamistingimused võivad mõjuda nii, et *A. suum*'i levimist kuni suure levimuse ja intensiivse nakatumiseni ei toimugi. Sigade väljaspidamisel võib *A. suum* nakatada pörsaid nende elu esimestel nädalatel ja jätkuv nakkus võib põhjustada suure n-ö piimaplekkide hulga maksas 7–10 nädala vanustel sigadel (Jolie *et al.*, 1998). Sigade parasiitide alane uurimus Hollandis näitas, et helmintidega nakatus oli suurem vabapidamisega farmides ja ökofarmides võrreldes traditsioonilistes farmides peetavate sigadega: *A. suum* vastavalt 50%, 72.7% ja 11.1%; *O. spp.* 25%, 27.2% ja 22.2%; *T. suis* 37.5%, 36.4% ja 11.1%. Koktsiidide levimus oli vastavalt 43.8%, 90.9% ja 66.7% (Eijck, Borgsteede, 2005).

Ökofarmis sügavallapanul peetavatel sigadel saavad sea sõlmpihlased areneda kogu aasta jooksul (küllaldaselt kõrge temperatuur) ja/või nakkusvastsed säilitavad eluvõime pikaks ajaks. Nakkusvastsete arenemine võib olla pidurdatud väliskeskkonnas, sõltudes eelkõige ilmastikust (külm, kuivus) ja parasiitidele varju pakkuvast taimestikust. Seda, et ökofarmide sigadel on endo- ja ektoparasiidid tavaline ja suur probleem, kinnitavad mitmed uuringud (Nansen, Roepstorff, 1999; Carstensen *et al.*, 2002; Baumgartner *et al.*, 2003; Day *et al.*, 2003; Hovi *et al.*, 2003). Hollandi autorite (Meulen *et al.*, 2006) arvates võivad sead ca 90% ökofarmides olla nakatunud parasiitidega. Austria ökofarmidest üle 75% leiti sigadel endoparasiite, kusjuures umbes 50%-l tapetud sigadel olid maksas nn piimaplekkid, 24%-l kopsukahjustused ja 18% olid tabandunud sea süüdiklestega (*Sarcoptes scabiei var. suis*). Väikefarmide sead on olnud rohkem invadeeritud seidekulgla helmintidega kui sead suurfarmides (Petkevičius, Pereckiene, 2009). Sees peetavad sead olid nakatunud vähema arvu helmindiliikidega, väiksem oli neil ka helmintide levimus ja väljutatavate munade arv võrreldes sigadega, kel oli võimalik viibida ka väliskeskkonnas (Popiolek *et al.*, 2009). Sama järeldus leidub *Isoospora* nakkuse kohta, kinnitatakse, et väljas peetavatel sigadel oli selle ainurakse parasiidi levimus suurem (Johnson *et al.*, 2008). Siin tuleb arvestada ka asjaolu, et väljas peetavate sigade asustustihedus oli suurem ja et nende varjualustes olid kas õlgedega kaetud betoonpörandad või ainult maapind. Sees peetavate sigade farmipörandad olid aga augustatud, võimaldades nii vähendada *Isoospora* nakkusvõimeliste ootsüstide sattumist suu kaudu sigade organismi. Karamon *et al.* (2007) võrdlevad imikpörsaste (vanuses 5–28 päeva) nakatumist isosporidega ja eimeeriatega. *I. suis* määrati 27.8% pesakondadest 66.7% farmides, *Eimeria sp* aga vaid 2.6% pesakondadest 11.5% farmides. Seda erinevust võib seletada ka erinevusega nende kahe koktsiidide perekonna arenemistsükli. Nimelt sporuleeruvad (saavutavad nakkusvõime) isosporide ootsüstid keskkonnas kiiresti (24–48 tunniga), kuna eimeeriate ootsüstidel kulub selleks 5–12

päeva (sõltuvalt liigist). Lisaks võib mikrokliima poe-gimissulus (umbes 30°C) lühendada veelgi isosporide sporuleerumiseks vajalikku aega 12 tunni võrra, samal ajal kui eimeeriare sporuleerumine võib samadel tingimustel isegi saada pidurdatud (Lindsay *et al.*, 1984). *I. suis*'ega tabandunud sigu leiti rohkem suurfarmides ja *Eimeria sp.* nakkust oli enam väikefarmides (Karamon *et al.*, 2007). Seda võib seletada halbade hügieenitingimustega ja suboptimaalse temperatuuriga, mis olid selles uuringus sagedased just väikefarmides. Mõne autori arvates ongi farmi hügieenilise olukorra üks indikaatoreid eimeeriare leid sigadel – mida madalam on farmihügieen, seda sagedamini eimeeriareid leitakse.

Käesoleva teadustöö tarbeks seatalitajate jalanõudelt, sigalate vahekaikudest ja sulgude ümbrusest ning eemaldatud sõnnikust võetud proovides parasiitide mune/ootsuste ega vastseid ei leitud. Paljudes farmides oli kasse, linde, väikenärlisi jt loomi.

Väga heaks hinnati sigala veterinaar-sanitaarne olukord (üldmulje sigalast, kuivus, valgustus, koristamine, desomatid jms) 8.3%-l (kõik suurfarmid), heaks 46.4%-l, rahuldavaks 34.6%-l ja halvaks 10.7%-l uuritud sigalatest. Viimasesse rühma kuulusid kõik ökofarmid, kolm väikefarmi ja kaks keskmise suurusega farmi. Hinnang sigalas töötavate inimeste tingimustele nakkuse levitamise seisukohalt andis eelmisega enam-vähem sarnase tulemuse. Väga hea oli see 8,3%-l (kõik suurfarmid), hea 41.7%-l, rahuldav samuti 41.7%-l ja halb 8.3%-l (neli ökofarmi, kolm väikefarmi ja üks keskmise suurusega farm) sigalatest.

Antiparasiitikumide kasutamise selgitamisel ilmnis, et 32.2%-l farmidest kasutatakse neid regulaarselt, 20.2%-l farmidest juhuslikult (aeg-ajalt) ja 47.6%-l farmidest antiparasiitikume ei kasutata, sh kõikides ökofarmides. Antiparasiitikumidest kasutati valdavalt ussnugiliste vastaseid, vaid mõnes üksikus farmis ka ainuraksete vastaseid preparaate.

Saksamaal nuumikute sigalas läbi viidud uurimuses (Joachim *et al.*, 2001) võrreldi sigala põrandatüüpide mõju *A. suum*'i ja *O. spp.* levimusele. Leiti, et seasolkme levimus üleni augustatud põranda puhul oli suurem kui osaliselt augustatud põranda puhul, ehkki erinevus statistiliselt oluline ei olnud. Tulemus on üllatav, kuna loogiline on, et kogu ulatuses perforatsioonid põrand vähendab nakkusohtu ja on kergemini puhastatav. Ilmselt mõjusid uurimistulemusele ka muud tegurid, nagu mitteküllaldane puhastamine ja desinfektsioon. Autorid järeldavad, et kasutatav põrandatüüp ei ole nii oluline tegur kui sigade pidamisviis ja hügieen sigalas. Võrreldi ka parasiitide levikut uutest ja vanades sigalates. Uute sigalate sulud olid siledade seinte ja põrandaga, kui vanades sigalates olid need karedad ja ebatasased. Vanades sulgudes peetavatel sigadel oli *A. suum*'i levimus 63%, uutest aga 27.9%. Vanades sulgudes oli suurem ka uurimisel leitud seasolkmete munade arv (uutes < 50–3,650/g, vanades < 50–7,350/g). Karedaid ja ebatasaseid pindu on raskem puhastada, *A. suum*'i munad on aga teatavasti väliskeskkonnas väga vastupidavad. Autorid leidsid, et ühekordne anthelmintikumi (flubendasool) kasutamine nuumamise alguses ei välista *A. suum*'i ja *O. spp.* nakkust nuumamise jooksul. Nimelt vahetult pärast sigade dehelmintiseerimist parasiitide mune ei

leitud, aga nuumaperioodi lõpuks esines *A. suum*'i mune juba 33% ja strongüliidimune 6%-l proovides. See võis olla tingitud kas sigalasse jäänud parasiitide noorvormidest, vaatamata eelnevale puhastamisele ja desinfektsioonile, või sigadest, kes väljutasid parasiitide mune enne ravi, esimeste päevade jooksul pärast paigutamist nuumikute osakonda. Võimalik on ka, et anthelmintikum ei mõjunud seasolkmete rändevastsetele ja nad said lõpetada oma arenemistsükli ja täiskasvanud solkmetena munema hakata. On väidetud, et nuumikute nakatumist *A. suum*'iga ei saa välistada isegi heade hügieenitingimustega ja dehelmintiseerimisega nuumikuea alguses, kui võrddepõrsaste hügieen ja dehelmintiseerimine on puudulik. Beloeil *et al.* (2003) rõhutavad, et sea siseparasiitide levik intensiivse tootmistehnoloogiaga farmides on võimalik, kui tõrjeprogrammis ei keskenduta poegivate emiste vabastamisele parasiitidest. Ka osutavad nad tähelepanu närliste tõrje vajadusele ja allapanu ning põrandatüübi olulisusele nakkuse säilimisel ja levimisel sigalas.

*A. suum*'i esineb ka intensiivse tootmistehnoloogia korral, aga mida parem on sigala hügieen, seda hiljem sead nakatuvad. Majanduslikust seisukohast on hiline nakatumine parem, eriti kuna nakkus põhjustab põrsastel suuremat kasvuaeglustumist kui vanematel sigadel. Gerwert *et al.* (2004) märgivad, et sigade nakatumisel strongüliididega on riskiteguriteks õlgallapanu ja sigade karjatamine. Leiti ka positiivne seos viimastest dehelmintiseerimisest möödunud aja ja strongüliidide munade arvu vahel roojas. Sigalahügieeni ja füüsikalise-keemiliste tegurite tähtsust *A. suum*'i levikus rõhutavad mitmed autorid. Sigade dehelmintiseerimise korraldamisel soovitatakse hinnata olukorda, millest alates anthelmintikumide manustamine ei ole enam majanduslikult ega füüsiliselt otstarbekas (Theodoropoulos *et al.*, 2009). Väikestes sigalates on sageli halvad veterinaar-sanitaarsed tingimused, mis soodustavad eimeeriare levikut. Nii on mõne autori arvates *Eimeria spp* levimus farmi hügieenilise olukorra indikaator. Karamon *et al.* (2007) uurimuses leiti imikpõrsastel isospoore, samal ajal kui emistel oli neid harva. Autorid järeldavad, et eelmise pesakonna isosporide ootsüstidega saastatud sulud olid imikpõrsaste nakatumise peamisi põhjuseid. Isosporide nakkuse metafülaktikaks soovitatakse toltrasuriili, mis osutus tõhusamaks sulfoonamiididest, vähendades rohkem nii ootsüstide eritumist kui ka kõhulahtisust ja suurendades juurdekasvu (Scala *et al.*, 2009). Toltrasuriili võib edukalt kasutada ka põrsaste raviks isosporoosi korral (Mundt *et al.*, 2007).

Seega, nii meie uuringud kui kirjandusandmed kinnitavad, et parasiitide levik sigalates on tihedas seoses loomakasvatuse tehnoloogia ja organiseerimise põhiküsimustega. Ekstensiivse loomakasvatustehnoloogia korral on nii otsese arenemistsükliga kui ka vaheperemeeste osavõtul arenevad parasiidid laialt levinud. Intensiivse loomakasvatustehnoloogia puhul langevad kõigepealt ära viimasena nimetatud parasiitide põhjustatud haigused, sest aastaringse ruumispidamise korral katkeb sigade kontakt parasiitide vaheperemeestega. Intensiivne loomakasvatustehnoloogia vähendab ka sigalate suurema puhtuse, kuivuse, desinfektsiooni jms abil mitmete vaheperemeheta arenevate parasiitide (strongüloidid,

eimeeriad jt) levikut, samas loomade tiheda kontakti ja suure arvu tõttu on suurfarmides soodsad tingimused seal püsima jäänud parasiitide kiireks ja hulgaliseks levikuks.

### Järeldused

Olulised momendid parasiitide leviku vältimisel sigalates on:

- 1) noorloomade isoleeritud pidamine, kuna vanemad sead on sageli haigustunnusteta parasiidikandjad, noorloomad aga nakkusele vastuvõtlikud;
- 2) sulgude igapäevane ja harvem põhjalik koristamine. Koos sõnnikuga eemaldatakse ruumidest parasiitide noorvormid, mis saavutavad nakkusvõime allapanus ja sõnnikus. Sigala kuivus (kuiv allapanu, põranda kalle, kanalisatsiooni-, ventilatsiooni- ja küttesüsteemi korrasolek) pidurdab parasiitide noorvormide arengut ja kiirendab nende hukkumist;
- 3) veterinaarhügieeni üks põhiegleid on loomapartii- de ruumidesse korraga sissetoomine ja väljaviimine. See võimaldab voorudevahelisi aegu kasutada ruumide põhjalikuks puhastamiseks, jooksvaks remondiks, desinfektsiooniks ja deratisatsiooniks;
- 4) suletud farmi režiim, sel puhul ei lubata farmi kõrvalisi isikuid;
- 5) desomatid aitavad vältida parasiitide sissetoomist farmi;
- 6) juurdetoodud loomi tuleb hoida profülaktilises karantiinis, sel ajal neid uurida parasiitide suhtes ja vajadusel ravida;
- 7) parasiitide mehaanilise edasikandmise vältimine. Selleks peavad loomatalitajatel olema tööjalatsid ja rõivad ning nende pesemis- ja desinfitseerimisvõimalus kohapeal. Parasiitide levitajateks võivad olla ka närilised, kassid, linnud jt. Seepärast on tarvis takistada nende sissepääsu sigalatesse;
- 8) antiparasiitikumide põhjendatud kasutamine nii metafülaktiliselt kui ka ravi otstarbel.

### Tänuavaldus

Uurimistööd on finantseerinud Eesti Põllumajandus- ministerium (projekt T6040).

### Kirjandus

- Baumgartner, J., Leeb, T., Gruber, T., Tiefenbacher, R., 2003. Husbandry and animal health on organic pig farms in Austria. – *Animal Welfare*, 12, 4, 631–635.
- Belœil, P. A., Chauvin, C., Fablet, C., Jolly, J. P., Eveno, E., Madec, F., Reperant, J. M. 2003. Helminth control practices and infections in growing pigs in France. – *Livest. Prod. Sci.*, 81, 1, 99–104.
- Carstensen, L., Vaarst, M., Roepstorff, A. 2002. Helminth infections in Danish organic swine herds. – *Vet. Parasitol.*, 106, 3, 253–264.
- Damriyasa, I.M., Bauer, C. 2006. Prevalence and age-dependent occurrence of intestinal protozoan infections in suckling piglets. – *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.*, 119, 287–290.
- Day, J.E.L., Kelly, H., Martins, A., Edwards, S.A. 2003. Towards a baseline assessment of organic pig welfare. – *Animal Welfare*, 12, 4, 637–641.
- Eijck, I. A. J. M., Borgsteede, F. H. M. 2005. A survey of gastrointestinal pig parasites on free-range, organic and conventional pig farms in the Netherlands. – *Vet. Res. Commun.*, 407–414.
- Fiuza, V.R. da S., Cosendey, R.I.J., Pimentel, F.F., Oliveira, F.C.R. de. 2009. *Cryptosporidium* spp. in pigs from familiar and technical farms of north and northwest regions of the Rio de Janeiro State. – *Escola de Med. Vet., Brazil, Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*, 10, 2, 356–365.
- Farkas, R., Szeidemann, Zs., Majoros, G. 2004. Prevalence and geographical distribution of isosporosis in swine farms of Hungary. – *Proc. of the 18th Intern. Pig Vet. Soc. Congr., Hamburg, Germany*, 248.
- Gerwert, S., Failing, K., Bauer, C. 2004. Husbandry management, worm control practices and gastro-intestinal parasite infections of sows in pig-breeding farms in Münsterland, Germany. – *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.*, 111, 10, 398–403.
- Hamadejova, K., Vitovec, J. 2005. Occurrence of the coccidium *Isospora suis* in piglets. – *Vet. Med. Czech*, 50, 4, 159–163.
- Hovi, M., Sundrum, A., Thamsborg, S. M. 2003. Animal health and welfare in organic livestock production in Europe: current state and future challenges. – *Livest. Prod. Sci.*, 80, 41–53.
- Jackson, F. 1993. Anthelmintic resistance — the state of play. – *Brit. Vet. J.*, 149, 123–138.
- Joachim, A., Dulmer, N., Dauschies, A., Roepstorff, A. 2001. Occurrence of helminths in pigs fattening units with different management systems in northern Germany. – *Vet. Parasitol.*, 96, 135–146.
- Johnson, J., Samarasinghe, B., Buddle, R., Armson, A., Ryan, U. 2008. Molecular identification and prevalence of *Isospora* sp. in pigs in Western Australia using a PCR–RFLP assay. – *Exp. Parasitol.*, 120, 2, 191–193.
- Jolie, R., Bäckström, L., Pinckney, R., Olson, L. 1998. Ascarid infection and respiratory health in feeder pigs raised on pasture or in confinement. – *Swine Health Prod.*, 6, 115–120.
- Kaarma, A. 1979. Pig oesophagostomosis (parasite pathology, influence to productivity, epizootology, prophylactic measures). – Doctorial dissertation in veterinary medicine, Tartu, 467 p. (vene keeles).
- Kaarma, A., Mägi, E. 2001. Sigade ümarusstõbede mõningatest epizootoloogilistest iseärasustest Eestis. – *APS Toimetised, Tartu*, 2, 93–99.
- Karamon, J., Ziomko, I., Cencek, T. 2007. Prevalence of *Isospora suis* and *Eimeria* spp. in suckling piglets and sows in Poland. – *Vet. Parasitol.*, 147, 1–2, 171–175.
- Karamon, J., Ziomko, I., Cencek, T. 2009. *Isospora suis* infection in piglets – problem that still exists. *Krajowa Izba Lekarsko Weterinaryjna, Warszawa, Poland, Zycie Weterinaryjne*, 84, 4, 308–311.
- Kirkoyun Uysal, H., Boral, Ö., Metiner, K., Atilla Ilgaz, A. 2009. Investigation of intestinal parasites in pig feces that are also human pathogens. – *Acta Parasitol. Turcica*, 33, 3, 218–221.
- Lawlor, P.G., Lynch, P.B. 2007. A review of factors influencing litter size in Irish sows. – *Irish Vet. J.*, 60, 359–366.
- Lindgren, K., Lindahl, C., Höglund, J., Roepstorff, A. 2008. Occurrence of intestinal helminths in two organic pig production systems. In: *Cultivating the future based on science*, 2: Livestock, socio-economy and cross disciplinary

- research in organic agriculture. – Proc. of the Second Sci. Conf. of the ISOFAR, Modena, Italy, 2008, 202–205.
- Lindsay, D.S., Ernst, J.V., Current, W.L., Stuart, B.P., Stewart, T.B. 1984. Prevalence of oocysts of *Isoospora suis* and *Eimeria* spp from sows on farms with and without a history of neonatal coccidiosis. – J. Am. Vet. Med. Assoc., 185, 419–421.
- Longkjaer, M., Roepstorff, A. 2008. Survival of *Isoospora suis* oocysts under controlled environmental conditions. – Vet. Parasitol., 152, 186–193.
- Mansfield, L.S., Urban, J.F. 1996. The pathogenesis of necrotic proliferative colitis in swine is linked to whipworm induced suppression of mucosal immunity to resident bacteria. – Vet. Immunol. Immunopathol. 50, 1–17.
- Meulen, J. van der, Werf, J. T. N. van der, Kijlstra, A. 2006. Questionnaire survey of disease prevalence and veterinary treatments in organic pig husbandry in the Netherlands. – Vet. Rec., 159, 816–818.
- Mundt, H.C., Mundt-Wüstenberg, S., Daugschies, A., Joachim, A. 2007. Efficacy of various anticoccidials against experimental porcine neonatal isosporosis. Parasitol. Res., 100, 401–411.
- Mägi, E., Sahlk, M., 2002. Sigade ümarusstõbede ealisest dünaamikast Eesti seafarmides. – Veterinaarmeditsiin, Tartu, ELÜ, 65–72.
- Nansen, P., Roepstorff, A. 1999. Parasitic helminths of the pig: factors influencing transmission and infection levels. – Int. J. Parasitol., 29, 6, 877–891.
- Niethard, M., Takla, M., Joachim, A., Daugschies, A. 2002. The role of *Isoospora suis* as a pathogen in conventional piglet production in Germany. – J. Vet. Med., Series B, 49, 4, 176–180.
- Nosal, P., Eckert, R. 2005. Gastrointestinal parasites of swine in relation to the age group and management system. – Medycyna Wet., 61, 435–437.
- Pearce, G.P. 1999. Interactions between dietary fibre, endoparasites and *Lawsonia intracellularis* bacteria in grower-finisher pigs. – Vet. Parasitol., 87, 51–61.
- Petkevičius, S., Pereckiene, A. 2009. The prevalence of gastrointestinal helminths in industrial, conventional and back yard pig farms in Lithuania. – Veterinarija ir Zootechnika, 46, 48–54. (In Lithuanian).
- Popiolek, M., Knecht, D., Boruta, O., Kot, M. 2009. Effect of breeding conditions, phenology, and age on the occurrence of helminths in pigs. A preliminary study. – Bull. Vet. Inst. Pulawy, 53, 213–220.
- Reinoso, R., Becares, E. 2008. The occurrence of intestinal parasites in swine slurry and their removal in activated sludge plants. Biores. Tech., 99, 61–65.
- Roepstorff, A., Murrell, K.D., Boes, J., Petkevičius, S. 2001. Ecological influences on transmission rates of *Ascaris suum* to pigs on pastures. – Vet. Parasitol., 101, 2, 143–153.
- Roepstorff, A., Nilsson, O., Oksanen, A., Gjerde, B., Richter, S.H., Örtenberg, E., Christenson, D., Martinsson, K.B., Barlett, P.C., Nansen, P., Eriksen, L., Helle, O., Nikander, S., Larsen, K. 1998. Intestinal parasites in swine in the Nordic countries: prevalence and geographical distribution. – Vet. Parasitol., 76, 305–319.
- Scala, A., Demontis, F., Varcasia, A., Pipia, A.P., Poglayen, G., Ferrari, N., Genchi, M., 2009. Toltrazuril and sulphonamide treatment against naturally *Isoospora suis* infected suckling piglets: Is there an actual profit? – Vet. Parasitol., 163, 362–365.
- Steenhard, N.R., Jensen, T.K., Baggesen, D.L., Roepstorff, A., Moller, K. 2002. Excretion in feces and mucosal persistence of *Salmonella* ser, Typhimurium in pigs subclinically infected with *Oesophagostomum* spp. – Am. J. Vet., 63, 130–136.
- Talvik, H., 1998. Prepatent periods and species composition of different *Oesophagostomum* spp. populations in Estonia and Denmark. – Dissertation for the commencement of the degree Doctor of Philosophy, Tartu University, 102 p.
- Theodoropoulos, G., Stevens, K.B., Hartsa, A., Theodoropoulou, H., Pfeiffer, D.U. 2009. Farm-level factors associated with above-average production on pig farms in Evia, Greece. – Prevent. Vet. Med., 89, 3–4, 163–166.
- Wieczorek-Dabrowska, M., Balicka-Ramisz, A. 2008. Occurrence and control endoparasites in fattening pigs using Fenbentat 4%. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica, 264, 7, 111–116.

### Pig parasites and factors, influencing their occurrence in Estonian farms

Toivo Järvis, Erika Mägi, Brian Lassen

#### Summary

In total 3,678 fecal samples from pigs (groups < 3 months, 3–6 months, sows and boars) of 84 pig farms (31 industrial large farms, 17 smaller conventional farms, 31 small farms and 5 ecological farms) were collected and investigated for parasite eggs/oocysts. Data analysis was performed using MS Excel and SAS 9.1.

Intestinal parasites were observed on 71.4% of farms and in 22.7% of pigs. An examination revealed the presence of 4 helminth (*Ascaris suum*, *Oesophagostomum* spp., *Strongyloides ransomi* and *Trichuris suis*) and 9 coccidian species (*Eimeria porci*, *E. polita*, *E. suis*, *E. neodebliecki*, *S. scrofae*, *E. debliecki*, *E. quevarai*, *Isoospora suis*, *Cryptosporidium* sp.).

The dominant roundworms were *Ascaris suum* (in 54.8% of farms) and *Oesophagostomum* spp (in 51.2% of farms). Infection with *Strongyloides ransomi* was diagnosed in 21.4% and with *Trichuris suis* in 8.3% of farms. The dominant coccidian genera turned to be *Eimeria* – found on all farms affected by coccidian and in 86.5% of pigs.

The evident tendency has been detected – the number of infected pigs was in correlation with farm type. On farms of more “natural” management systems essentially more pigs excreted parasite eggs/oocysts in comparison with farms of traditional indoor systems ( $p < 0.001$ ). Thus on all examined ecological farms at least 75% of examined pigs were infected with parasites, all pigs (100%) were infected in 60% of eco-farms. Only 16.1% of small farms were parasite-free, infection occurred in 75% or more pigs on 80.7% of farms. Prevalence of infection was small (< 25%) on 87.1% of large farms, incl. 45.1% parasite-free large farms. All examined pigs were infected with parasites only on 3.2% of large farms

Statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) occurred between pig herds of different farm types: pigs on ecological and small farms had a risk to be infected (OR) respectively 85 and 22 times bigger than on large farms.

Pigs in age group 3–6 months and sows had biggest risk to be infected. The difference between age groups was statistically significant on large farms and conventional smaller farms ( $p < 0.001$ ).

Veterinary-sanitary conditions were estimated as very good on 8.3% of pig farms (all large farms), and as bad on 10.7% of farms (all ecofarms, three small farms and two conventional smaller farms).

Antiparasitic preparations have been used regularly on 32.2% of farms (large farms) and occasionally on 20.2% of

farms (mainly smaller conventional farms). Pigs on 47.5% of farms (mainly small and ecological farms) were not treated.

It was concluded, that:

1. The farm type and pig number in herd themselves did not influence on the spread of pig parasites: it was directly dependent on hygienic conditions and prophylactic measures carried out on farms.
2. In swine herds with traditional management system treatment of sows is needed before littering. Piglets would be treated after weaning.
3. In farms with modern management technology and very good hygienic conditions the use of antiparasitic drugs is not needed.
4. The hygienic and management conditions on ecological farms are needed to improve. The pastures would be changed and breeding sows must be parasite-free.
5. Data on species composition and infection levels would help to work out effective parasite control methods in different farm systems based on minimal use of antiparasitic drugs.

# HOBUSTE SILO TOITEVÄÄRTUSEST JA KVALITEEDIST

Helgi Kaldmäe, Cheryl Rebase, Andres Olt, Meelis Ots  
Eesti Maaülikool  
e-mail helgi.kaldmae@emu.ee

**ABSTRACT.** *The basic feeds for the horse are pasture grass, hay and silage. In the Nordic countries horses are predominantly fed hay in winter. Developments in silage bailing technology have made it possible to prepare smaller portions of silage of ideal composition for the horse. While hay is usually prepared from only the first cut of grass, silage can be made from two cuts. Therefore, the preparation of silage as feed for the horse is becoming widely accepted. The aim of this study was to determine the chemical composition, nutritive value and quality of both hay and silage that horses (n = 263) received. A total of ten typical silage and eight typical hay samples were collected for analysis. The nutrient content of the silage was higher compared to the hay (P < 0.05). The silage prepared for the horse contained 7.9 MJ/kg metabolizable energy (0.6 MJ/kg more than hay), and 50 g/kg of digestible protein (twice as much as the hay (P < 0.01)). The silage with a dry matter content of 40–50% fermented well, but ensiling at >60% DM restricted fermentation. The dry matter content of the silage prepared from the second cut was lower compared to that of the first cut.*

*The zearalenon concentration in the silage was a mean of 71.6 ppb, and the deoxinivalenol concentration was 35.1 ppb while in hay these were at concentrations of 90.0 ppb and 168.5 ppb respectively. Silage contained fewer analysed toxins compared to hay (P < 0.05).*

**Keywords:** silage, hay, nutritive value, fermentation, mycotoxins.

## Sissejuhatus

Viimasel aastakümnel valmistatakse ja söödetakse Euroopas ja Põhja-Ameerikas üha rohkem hobustele silo. Seoses rullsilotehnoloogia kasutuselevõtmisega tekkis sobiv võimalus valmistada silo väiksemates kogustes, mida Eesti hobusekasvatajad on suhteliselt palju kasutama hakanud. Kui heina toodetakse meie regioonis ühest niitest, siis silo vähemalt kahest, mis võimaldab rohumaid ökonoomsemalt kasutada.

Hobuste silosöömuse kohta on mitmesuguseid andmeid. Moore-Colyer & Longland (2000) leidsid, et 50%- ja 68%-lise kuivainesisaldusega silo söid hobused rohkem kui heina, alla nende protsentide söödi aga vähem. Rootslased valmistasid samast niitest kõrreliste (timut, aruhein) silo kuivainesisaldusega 30.9%, kuivsilolo 57.7% ja 68.4% ning heina 88.4%. Söömuse uurimise katses eelistasid hobused silo enam 75% võrreldes kuivsiloga ja heinaga. Katseloomad valisid silo 72 korral 84-st. Kõige pikem söömuse aeg oli silol, järgnesid kuivsilomadalama kuivainega, kõrgema kuivainega ja seejärel hein, mis tõestas silo eelistust heinale (Müller & Uden, 2007). Muhoneni *et al.* (2008) uuringud näitasid, et

sporthobused söid silo kuivainet päevas 10.0 kg, kuid heina kuivainet 9.3 kg.

Hobustele soovitatakse valmistada silo kuivainesisaldusega 40–50% (Ralston, 2009). Kui materjali kuivaine on üle 65–70%, siis tuleks see Lingvalli järgi (2006) heinaks edasi kuivatada, sest sellise kuivaine juures on fermentatsioon pärsitud. Eesti tingimustes on aastakümneid uuritud veiste söödeta silo toiteväärtust, omastamist ja kvaliteeti, kuid puuduvad andmed hobustele söödeta silo kohta. Seepärast on uurimistöo eesmärk selgitada ratsataludes kasutatava silo ja heina keemilist koostist ning toiteväärtust ja kvaliteeti.

## Materjal ja meetodika

Uurimistöökas valiti välja neli ratsatalu, milles hobuste söötmiseks kasutati heina ja silo. Heina söödeti rendihobustele vastavalt omaniku soovile. Taludes peeti kokku 263 hobust, tegeldi ratsaspordiga ja ratsahobuste kasvatamise ning väljaõpetamisega. Kokku uuriti 8 heina- ja 10 silopartiid. Kõik silod olid valmistatud rullsilotehnoloogiat kasutades. Nende valmistamisel ei kasutatud kindlustuslisandeid. Kolm silopartiid oli tehtud teisest niitest. Söödapartiidest võeti analüüsamiseks keskmised proovid.

Silo fermentatsiooninäitajad, äädikhappe-, propioonhappe-, isopalderjan- ja palderjanhappe-, võihappe- ja piimhappe- ning etanoolisisaldus, aga ka pH ja ammoniaaklämmastiku (NH<sub>3</sub>-N) sisaldus määrati proovi vesilahusest. pH määrati pH-meetriga (MP 210), NH<sub>3</sub>-N sisalduse määramiseks kasutati Kjelttec 2300 (FOSS) analüsaatorit. Etanooli, piimhappe ja nimetatud lenduvate rasvhapete sisaldus määrati kromatograafiliselt (Agilent Technologies 7890A GC system), kasutades kolonni täidisega 80/120 Carbopack B-DA/4% carbowax 20 M (Faithfull, 2002).

Kuivatatud konstantse kaaluni 60 °C juures ja kuni ühe millimeetri jämeduseks jahvatatud proovidest määrati kuivaine-, toorproteiini-, toortuha- toorrasva- ja toorkiusisaldus (AOAC, 2005). Kuivaine määrati peenestatud proovi kuivatamisel termostaadis 130 °C juures konstantse kaaluni. Toortuha kontsentratsiooni määramiseks proov tuhastati muhvelahjus 550 °C juures. Toortuha lahusest määrati leekfotomeetriga kaltsiumisisaldus ja kolorimeetriselt anorgaanilise fosfori sisaldus.

Toorproteiin määrati Kjeldahli meetodil, kasutades Kjelttec 2300 analüsaatorit (FOSS Tecator Technology), toorkiusisaldus Fibretec süsteemiga, toorrasvasisaldus Soxtec 2043 analüsaatoriga (FOSS).

Mükotoksiinid zearalenoon ja deoksinivalenool määrati ELISA meetodil, kasutades RIDASCREEN® FAST kitte nr R 5502 ja R 5902.

Sööda metaboliseeruva energia sisaldus arvutati seeduvate toitainete koguste ja kaloriväärtuste abil, kasutades metaboliseeruvuse koefitsienti (Oll & Tõlp, 1997).

Kuna hobuste metaboliseeruv energia päriselt ei vasta mäletsejaliste omale, siis kasutati rootslaste välja-töötatud üleminekuvõrrandit (Jansson, 2004)

$$ME_h = 1,12 ME_r - 1,1,$$

kus  $ME_h$  – metaboliseeruv energia hobustele (MJ/kg) ja  
 $ME_r$  – metaboliseeruv energia mäletsejatele (MJ/kg).

Koresööda seeduv proteiin hobustele arvutati INRA järgi, kus kuivatatud rohu jaoks kasutatakse valemit (Martin-Rosset, 2004)

$$SP = -25,96 + 8,357 TP,$$

kus SP – seeduv proteiin (g kg<sup>-1</sup>) ja  
TP – toorproteiin (%).

$$SP_{hob} = SP \times K,$$

kus  $SP_{hob}$  – seeduv proteiin hobustele (g kg<sup>-1</sup>),  
SP – seeduv proteiin (g kg<sup>-1</sup>) ja  
K = 0,85 koresöötades.

Andmed analüüsiti, kasutades statistikatarkvara SAS protseduuri GLM.

## Tulemused ja arutelu

Silo ja heina keskmine keemiline koostis ja toiteväärtus on toodud tabelis 1. Uuritud taludes oli silo keskmine kuivainesisaldus 48.4% ning heinal 84.6%. Silos oli keskmiselt rohkem toorproteiini, 101 g kg<sup>-1</sup> (P < 0.05) ning seeduvat proteiini, 50.0 g kg<sup>-1</sup>, võrreldes heinaga, kus oli vastavalt 66 g kg<sup>-1</sup> ja 24.6 g kg<sup>-1</sup> (P < 0.05). Ka metaboliseeruva energia sisaldus oli silodes keskmiselt suurem kui heinal (P < 0.001). Hein sisaldas rohkem toorkiudu ning lämmastikuta ekstraktiivaineid, mis viitab hilisemale koristusajale. Kõiki toitaineid kuivaines sisaldas silo rohkem kui hein.

Rohusööda keemiline koostis ja toiteväärtus sõltub heintaimiku sordist, arengufaasist ja keskkonnatingimustest (Kaldmäe *et al.*, 1998; Vadi *et al.*, 2003), mis vegetatsiooniperioodil iga päev muutub. Kibbali (2001) Eestis läbiviidud uuringud näitasid, et kevadel väheneb kõrreliste heintaimede proteiinisaldus keskmiselt 0.3–0.4 ja ristikurohke põldheinale 0.2–0.3 protsendiühiku võrra päevas. Kui tahtakse silo proteiinisalduseks 16% ja toorkiusisalduseks 19–20%, tuleks kõrrelistest esimene niide koristada loomise lõpu faasis. Kuna siloks koristatakse heintaimed varasemas faasis kui heinaks, sisaldab sööt rohkem proteiini ja vähem kiudaineid ning seedub seetõttu heinaga võrreldes paremini (Moore-Colyer & Longland, 2000). Soomes peetakse optimaalseks sporthobuste silo toorproteiinisalduseks 100–120 g kg<sup>-1</sup>, imetavatele märkele 120–150 g kg<sup>-1</sup> ja kerge tööd tegevatele hobustele 80–100 g kg<sup>-1</sup> kuivaines (Artturi, 2011).

**Tabel 1.** Hobustele valmistatud silo ja heina keskmine keemiline koostis ja toiteväärtus

**Table 1.** Chemical composition (in dry matter) and nutritive value of silage and hay for horses

Näitajad/Items	Silo/Silage n = 10	Hein/Hay n = 8	P väärtus
Kuivaine / Dry matter, %	48.4	84.6	< 0.001
Kuivaines / In dry matter:			
toorproteiin / crude protein, g kg <sup>-1</sup>	101	66	0.017
toortuhk / crude ash, g kg <sup>-1</sup>	72	45	0.002
toorkiud / crude fibre, g kg <sup>-1</sup>	308	344	0.018
torrasv / crude fat, g kg <sup>-1</sup>	29	20	< 0.001
N-ta e.a. / N-free extractives, g kg <sup>-1</sup>	490	525	0.058
kaltsium / calcium, g kg <sup>-1</sup>	11.3	5.0	0.003
fosfor / phosphorus, g kg <sup>-1</sup>	2.3	1.7	0.007
metaboliseeruv energia/ metabolizable energy, MJ kg <sup>-1</sup>	7.9	7.3	< 0.001
seeduv proteiin / digestible protein, g kg <sup>-1</sup>	50.0	24.6	0.017
Orgaanilise aine seeduvus / Organic matter digestibility, %	56	51	< 0.001

**Tabel 2.** Ratsahobustele valmistatud silode fermentatsiooni kvaliteet

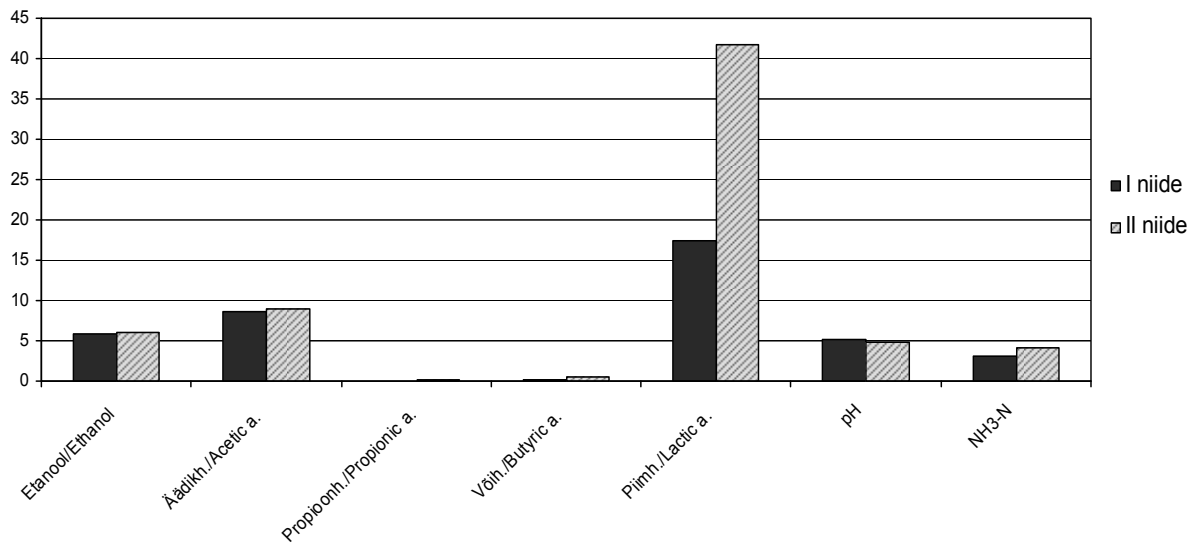
**Table 2.** The fermentation quality of silage for horses

Näitajad/Items	Talu	Talu	Talu	Talu
	Farm A	Farm B	Farm C	Farm D
Kuivaine / Dry matter, %	44.5	40.0	46.1	59.5
Toorproteiin / Crude protein in DM, g kg <sup>-1</sup>	135	80	98	84
Toorkiud / Crude fibre in DM, g kg <sup>-1</sup>	289	300	323	324
Kuivaines / In dry matter:				
etanool / ethanol, g kg <sup>-1</sup>	10.0	3.9	3.0	5.1
äädikhape / acetic acid, g kg <sup>-1</sup>	7.0	11.2	13.1	6.1
propioonhape / propionic acid, g kg <sup>-1</sup>	0.1	0	0	0
palderjanhape / valeric acid, g kg <sup>-1</sup>	0	0.1	0	0
võihape / butyric acid, g kg <sup>-1</sup>	0.3	0.5	0	0.3
piimhape / lactic acid, g kg <sup>-1</sup>	24.9	43.2	30.6	3.3
pH	5.0	4.3	4.8	5.6
Ammoniaak-N üld N-st Ammonia-N of total N, %	3.4	4.7	3.7	2.4

Erinevate talude silode keskmised fermentatsiooninäitajad on toodud tabelis 2. Vastavalt silo kuivainesisaldusele, võib täheldada, et silod fermenteerusid täielikult talude A, B ja C söödapartiides. Talu D silode kuivainesisaldus küündis 60%-le, mille tõttu oli fermentatsioon pärsitud ning tekkis vähem happeid. Nii etanoolisisaldus, kui piimhappe- ja lenduvate rasvhapete sisaldus näitas, et silo käärimiskvaliteet oli hea. Võihapet ( $0\text{--}0.5\text{ g kg}^{-1}$ ) ja palderjanhapet ( $0\text{--}0.1\text{ g kg}^{-1}$ ) kuivainesilod kas üldse ei sisaldanud või sisaldasid minimaalselt.

Head kvaliteeti kinnitas ka pH ja ammoniaaklämmastiku sisaldus üldlämmastikust – 2.4–4.7% (tabel 2).

Esimese niite silode kuivainesisaldus oli keskmiselt 53.5% ja teisel niitel 36.7%, toorproteiinisaldus vastavalt  $90\text{ g kg}^{-1}$  ja  $128\text{ g kg}^{-1}$ , kuid teine niite sisaldas ka rohkem punast ristikut. Esimese ja teise niite silode keskmisi fermentatsiooninäitajaid iseloomustab joonis 1. Silo fermentatsiooni kvaliteet oli hea. Piimhapet sisaldasid teise niite silod rohkem ( $P < 0,01$ ), mis oli tingitud materjali väiksemast kuivainesisaldusest.



**Joonis 1.** Esimesest ja teisest niitest valmistatud silode etanooli-, äädikhappe-, propioonhappe-, palderjanhappe-, võihappe- ja piimhappesisaldus ( $\text{g kg}^{-1}$  kuivaines),  $\text{NH}_3\text{-N}$ / üld N (%) ja pH

**Figure 1.** The content of fermentation items (ethanol, acetic, propionic, butyric, lactic acid  $\text{g kg}^{-1}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  of total N (%) and pH) in the first and second cut silages for horses

McDonald *et al.* (2002) järgi toimub silomaterjalis, mille kuivainesisaldus on kõrgem kui 50%, piiratud fermentatsioon, mille tõttu tekib ka vähem happeid ning pH silos jääb kõrgeks. Seda on näha talus D valmistatud silodes, kus kuivainesisaldus oli 59.5% (varieeruvus 55.9–64.5%). Nende silode pH väärtus jäi kõrgeks – 5.6 ning äädikhappesisaldus ( $6.1\text{ g kg}^{-1}$ ) ja piimhappesisaldus ( $3.3\text{ g kg}^{-1}$ ) kuivaines oli tunduvalt väiksem, võrreldes teistes taludes valmistatud silodega (vt tabel 2). Piimhappebakterid nende silode käärimises ei domineerinud, mida näitab silo piimhappe ja äädikhappe väga madal suhe, 0.5. Zimmermani (2002) väitel on piimhappe ja äädikhappe suhe fermentatsiooni efektiivsuse indikaator. Madal suhe näitab, et piimhappebakterid ei domineerinud fermentatsioonil ning piimhappe teke ei olnud küllaldane. Kuna ebasoovitavaid happeid nendes silodes ei tekkinud ja ammoniaaklämmastiku sisaldus üldlämmastikust oli normi piires, saab väita, et antud silode puhul oli tegemist pärsitud fermentatsiooniga, mitte vale käärimisega. Kungi & Shaveri (2001) soovitusel peaks piimhappe ja äädikhappe suhe jääma kahe ja kolme vahele. Uuritud talude silodes oli see A-s 3.5, B-s 3.8, C-s 2.3 ja D-s 0.5, mis näitab, et kolmes esimeses talus valmistatud silodes oli toimunud soovitud piim-

happeline käärimine. Silomaterjali närvutamise viiakse klostriidide ja enterobakterite aktiivsus minimaalseks, kuid piimhappebakterite areng toimib edasi (McDonald, 1991).

Tabel 3 näitab silo ja heina toksiinide keskmist sisaldust uuritud söötade partiides. Tabelist on näha, et hein sisaldas veidi rohkem uuritud toksiine, keskmiselt zearalenooni (ZEN) 90 ppb ja deoksünivalenooli (DON) 113.1 ppb. Uuritud silod sisaldasid keskmiselt ZEN-i 71.6 ppb ja DON-i 35.1 ppb, mis on heinaga võrreldes ( $P < 0.05$ ) vähem.

Tuleb märkida, et erinevate silopartiide toksiinide sisalduse kõikumine oli suhteliselt suur, mis tõenäoliselt sõltus sööda valmistamise tehnoloogiast kinnipidamisest, nt niite kõrgusest, põllu tasasusest, kaarutamisest, materjali tihendamisest jms.

Mükotoksiinide mõju hobustele on suhteliselt tagasihoidlikult uuritud. Mükotoksiinid põhjustavad mitmesuguseid terviseprobleeme, k.a koolikuid, neuroloogilisi häireid, halvatust, ülitundlikkust ja ajukahjustusi. Väikese toksiinide sisaldusega sööda pidev kasutamine avaldub vähenenud söömuses, juurdekasvus ja sigivuses.



**Tabel 3.** Ratsataludes valmistatud silo ja heina toksiinide sisaldus  
**Table 3.** Content of mycotoxin of silage and hay for horses

Mükotoksiin/Mycotoxin	Silo/Silage	Hein/Hay
Proovide arv / No of samples	10	8
Zearalenoon (ZEA) / Zearalenon, ppb		
$\bar{X}$	71.6	90.0
min	20.0	24.3
max	134.8	168.5
Deoksünivalenool (DON) / Deoksinivalenol, ppb		
$\bar{X}$	35.1*	113.1
min	12.1	30.1
max	73.5	358.7

\*  $P < 0.05$

Teadlased on silodest isoleerinud väga erinevaid hallitusseente perekondi, sealhulgas *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* tüvesid, kes teatud tingimustes produtseerivad toksilisi aineid. Kusjuures rohu- ja vilise-silodes võivad olla erinevad hallitusseente tüved (Lew, 2001). Enamik hallitusseeni satuvad silosse silomaterjalist ja keskkonnast. Tšehhis uuriti 65 siloproovist mükotoksiinide sisaldust 2002–2003. aastal. Positiivseks osutus 93% kõrreliste silodest, 96% vilise silodest ja 100% liblikõieliste silodest. Nii sisaldasid põldheina silod keskmiselt DON-i kuivaines 630 ppb ja ZEN-i 179 ppb, kõrreliste silod aga vastavalt 550 ppb ja 1,197 ppb (Nedelnik & Moravcova, 2006). Uurijad leidsid, et mükotoksiine sileerimise käigus juurde ei produtseeritud, need olid juba eelnevalt silomaterjalis olemas. Silo halval käsitlemisel võib neid aga ka juurde tekkida. Kui silomaterjal ei ole küllalt hästi tihendatud või kile on katki ja hapnik pääseb hoidlasse, hakkavad hallitusseened toksiine juurde produtseerima.

### Järeldused

Silo toitainete kontsentratsioon oli kõrgem kui heinas ( $P < 0.05$ ). Uuritud hobuste silo sisaldas metaboliseeruvat energiat  $7.9 \text{ MJ kg}^{-1}$ , mis on võrreldes heinaga  $0.6 \text{ MJ kg}^{-1}$  võrra rohkem, ja seeduvat proteiini  $50 \text{ g kg}^{-1}$ , mis on kaks korda rohkem ( $P < 0.01$ ) kui heinal. Silo kuivainesisaldusega 40–50% oli hästi fermenteerunud, kuid silo kuivainesisaldusega 60% pärsitud käärimisega.

Silo sisaldas võrreldes heinaga vähem toksiine.

### Kasutatud kirjandus

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.
- Artturi, 2011. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi>
- Faithfull, N. T. 2002. Methods in Agricultural Chemical Analysis: a practical handbook, CABI Publishing, UK, 266 pp.
- Jansson, A. 2004. Feed recommendations for Horses.– Dept. of Equine Studies. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Kibbal, I. 2001. Uurimusi silo kvaliteeti mõjutavatest teguritest. Väitekiri, Tartu, 65.
- Kaldmäe, H., Karis, V. Kärt, O. 1998. The effect of harvest time of grass on the nutritive value of grass feeds. – International Conference of animal nutrition in Tartu, p. 42–48.

- Kung, L. ja Shaver, R. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. – Focus on Forage, Vol 3, No. 13, p. 1–7.
- Lew, H. 2001. Occurrence of toxigenic fungi and related mycotoxins in plants, food and feed in Austria. In: Occurrence of toxigenic fungi, Cost Action 835, EC 2001, p. 3–12.
- Lingvall, P. 2006. Production of high-quality silages for horses.– In: Forage Conservation. p 84–95.
- McDonalds, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A. 2002. Animal Nutrition. – 6th ed. Harlow. Prentice Hall, 693.
- McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E., 1991. The biochemistry of Silage. – Chalcombe publications, p. 340.
- Martin-Rosset, W. 2004. Nutritional values for horses.– Tables of composition and nutritional value of feed materials, WAP & INRA, Paris, p. 57–65.
- Moore-Colyer, M. J. S., Longland A. C. 2000. Intakes and *in vivo* apparent digestibilities of four types of conserved grass forage by ponies. – Anim. Sci., vol. 71, p. 527–534.
- Muhonen, S., Lindberg, J. E., Bertilsson, J., Jansson, A. 2008. Digestibility and plasma glucose and insulin concentrations in athletic horses after abrupt feed changes between grass silage and hay. – In: Nutrition of the exercising horse, EAAP publication No. 125. WAP, pp. 93–95.
- Müller, C.E., Uden, P. 2007. Preference of horses for grass conserved as hay, haylage or silage. – Animal Feed Science and Technology, vol.132, p. 66–78.
- Nedelnik, J., Moravcova, H. 2006. Mycotoxins and forage crops. Problems of the occurrence of mycotoxins in animal feed. – In: Conference Proceedings 12th Intern. Symposium Forage Conservation, Brno CR, p.13–25.
- Oll, Ü., Tölp, S. 1997. Söötade energiasisalduse arutamise juhend koos abitabelitega. – Tartu, 83.
- Ralston, S. L. 2009. Forage Substitutes for Horses. – Equine and Alternate Species, p. 1–3.
- Vadi, M., Kaldmäe, H., Kirsell, R. 2003. Taime arengufaasi mõjust silo toiteväärtusele. – Agraarteadus, XIV, nr 1, 54–59.
- Zimmerman, C. 2002. Silage fermentation analysis. – Blue seal feeds. February, p. 1–3.

### Nutritive value and quality of silages for horses

Helgi Kaldmäe, Cheryl Rebase, Andres Olt, Meelis Ots

### Summary

The basic feeds for the horse are pasture grass, hay and silage. In the Nordic countries horses are predominantly fed hay in winter. Developments in silage bailing technology make it possible to prepare smaller portions of silage of ideal composition for the horse. While hay is usually prepared from only the first cutting of grass, silage can be made from two cuts. Thus, the preparation of silage for the horse has become widely accepted.

The aim of this study was to determine the chemical composition, nutritive value and quality of both hay and silage that the 263 horses received. A total of ten silage and eight hay average samples were collected for analysis.

In addition to the chemical composition and nutritional value, the toxin content of both feeds was also determined. For the silage, the quality of fermentation was estimated based on the contents of acetic, propionic, isovalerianic, valerianic, butyric and lactic acids, ethanol and ammonia, and pH. All analyses were performed by the laboratory of the Department of Nutrition of the Institute of Veterinary Medicine and Ani-

mal Sciences at the Estonian University of Life Sciences, according to internationally accepted methods.

The nutrient content of silage was higher compared to hay ( $P < 0.05$ ). In this study the silage prepared for the horse contained 7.9 MJ/kg of metabolizable energy (0.6 MJ/kg more than hay), and 50 g/kg of digestible protein (twice as much as the hay ( $P < 0.01$ )). The silage for horse with content of dry matter 40–50% fermentation was good, but ensiling at > 60%

DM which restricts fermentation. The dry matter content of the silage prepared from the second cut was lower compared to that of the first cut.

The content of zearalenon of silage was average 71,6 ppb and the content of deoxinivalenol was 35,1 ppb and in hay 90,0 ppb and 168,5 ppb respectively. Silage contained fewer toxins compared to hay ( $P < 0.05$ ).

# EFFECT OF A SILO SEALING SYSTEM BASED ON AN OXYGEN BARRIER FILM ON COMPOSITION AND LOSSES FROM THE UPPER LAYER OF GRASS/CLOVER CROPS ENSILED IN FARM-SCALE SILOS

P. Lättamäe<sup>1</sup>, B. Osmane<sup>2</sup>, I-H. Konosonoka<sup>2</sup>, S. Wigley<sup>3\*</sup> and J. M. Wilkinson<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estonian Research Institute of Agriculture, Teaduse 13, Saku 75501, Estonia

<sup>2</sup> Research Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine, Latvia University of Agriculture, 'Sigra',  
1 Instiuta Street, Sigulda, Latvia LV-2150

<sup>3</sup> Bruno Rimini Ltd, 309 Ballards Lane, London N12 8NP, United Kingdom

<sup>4</sup> School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus, Loughborough,  
LE12 5RD, United Kingdom

**Abstract.** Two experiments were conducted to investigate the extent to which a silo sealing system based on the oxygen barrier film 'Silostop' (S; 45 µm thickness) influenced the preservation quality of silage in the upper layer of the silo compared to a conventional sealing system comprising white-on-black polyethylene film (C; 150 µm thickness). Primary growth grass/clover crops were ensiled for 120 days in bunker silos split lengthways and covered with either S or C. Losses were estimated by burying bags beneath the top surface (Experiment 1) or by weighing inedible material (Experiment 2). Yeast counts were similar for the two crops at harvest, but the mould count was numerically higher in the crop at harvest in Experiment 2 than in Experiment 1, possibly reflecting wet weather. Silage in the upper 30 cm layer under S had higher concentrations of lactic acid than material stored under C ( $P < 0.05$ ). In both experiments, counts of yeasts, moulds and clostridial spores were numerically lower for silage under S than for silage under C. Mycotoxins were not detected in silage samples. Losses of DM from the upper 30 cm layer in Experiment 1 averaged 5.0% and 2.5% for C and S, respectively. In Experiment 2, inedible silage fresh weight discarded from the top 30 cm layer was 1.7 tonnes (0.1%) and 100 tonnes (5.9% of total fresh weight ensiled) for S and C, respectively. Oxygen barrier film has the potential to reduce top spoilage and improve the microbiological quality of grass/clover silage.<sup>1</sup>

**Keywords:** Silage, silos, polyethylene film, oxygen barrier film, losses.

## Introduction

The upper layer of silage in bunker silos covered with conventional polyethylene film can deteriorate if oxygen ingress occurs by permeation through the top polyethylene film during the storage period. Bolsen (1995) estimated that over 25% of the silage mass is within the top 1 metre of a 1000-tonne bunker silo of 12 metres width, 32 metres length and 3.7 metres height. Waste silage near the top surface can therefore account for a significant proportion of the total mass in poorly sealed silos and farmers are advised to discard material adjudged to be inedible by livestock. Nevertheless, inedi-

ble material may be included accidentally with edible silage in the diet of livestock. Whitlock *et al.* (2000) recorded decreases in the intake of silage by cattle given increments of surface-spoiled maize silage in the diet with the first increment of spoiled silage, 5.4% of diet dry matter (DM), having the greatest detrimental effect. If mycotoxins are present in the spoiled material, there may be adverse effects on animal health (Wilkinson, 1999).

The development of co-extruded oxygen barrier (OB) film for use in forage conservation, in which polyethylene is combined with other polymers such as polyamide, introduces the possibility of restricting the ingress of oxygen through the top surface cover of the silo and into the upper layer of the ensiled crop. Wilkinson & Rimini (2002) observed no visible surface mould and lower losses of dry matter (DM) in ryegrass ensiled for 175 days in laboratory silos covered either with OB film of 45 µm thickness, compared with either double or single layers of conventional polyethylene film of 125 µm thickness. Silage adjudged visually to be inedible was significantly less for the material stored under OB (3.5% of total silage DM) compared to that stored under a double layer (14%) or under a single layer of conventional polyethylene film (20%).

In farm-scale silos, losses of silage from the upper layer of bunker silos tended to be lower when the silos were covered with OB film compared to a single layer of standard polyethylene film (Kuber *et al.*, 2008; Rich *et al.*, 2009; Basso *et al.*, 2009). Borreani *et al.* (2007) found, with untreated maize silage stored in a split single farm-scale bunker silo under either OB film or under conventional film (C), that loss of DM from bags buried in the upper 40 cm layer was 37% and 10% for OB and C, respectively ( $P < 0.05$ ). The reduction in loss of DM was attributed to a reduction in mould count and was also associated with a reduction in butyric acid spore count (Borreani & Tabacco, 2008).

The two studies described here were undertaken with grass/clover crops ensiled in farm-scale bunker silos to compare the effect, on the preservation of silage in the top 30 cm layer, of a silo sealing system based on OB film compared to a sealing system based on conventional polyethylene film.

\* Corresponding author: Simon\_Wigley@brunorimini.net

## Materials and methods

### Experiment 1 – Estonia

The experiment was conducted at Kehtna Cooperative Farm, 45 km from Saku, Estonia (Kehtna, 58° 55'N, 24° 54'E). A primary growth red clover-grass sward, in its second year from sowing, was mown with a rotary mower (Lely), harvested between 15 and 18 June 2009, and ensiled in a single bunker silo (39 m x 13 m x 3 m) of 1000 tonnes capacity with concrete walls and floor. The crop, comprising red clover at the start of flowering and a mixture of grass species at ear emergence, was harvested after a 2 to 3-hour wilting period in swaths, in dry weather, with a 'Pöttinger Jumbo' forage wagon. The crop was treated at harvest with an inoculant ('Sil-All', Alltech Inc.) at an application rate of 3 litres per tonne of crop fresh weight. The crop was packed into the silo as evenly as possible with a T-150K heavy tractor of 11 tonnes in weight. Both sides were compacted to the same average height of filled material of 2.5 metres.

One half of the top surface of the silo was covered lengthways with OB film ('Silostop', Industria Plastica Monregalese, Mondovi, Italy) of 45 µm thickness, on which was placed a woven polypropylene net to reduce exposure of the film to ultra-violet (UV) light (Treatment S). The other half of the top surface was covered with a single layer of conventional white-on-black plastic film of 150 µm thickness (Treatment C). The conventional film was protected by a single layer of car tyres. Divisions between sheets and the outer edges of the silo were weighted down with 20 kg bags of woven polypropylene containing gravel. Eight samples, each of 0.3 kg fresh weight, were taken from the upper 30 cm layer after filling was completed and bulked into two samples for microbiological and compositional analysis.

The storage period lasted for 120 days, after which four samples of the silage were taken by corer to a depth of 30 cm from the top surface of each side of the silo, avoiding the peripheral area, for chemical and microbiological analyses, and for assessment of aerobic stability.

Concentrations of volatile fatty acids (VFA), ethanol, ammonia N and the pH values of the silage samples were determined in silage liquor following homogenation of the samples in distilled water. Ammonia N was determined by using the Kjeldahl 1030 Autosystem. Ethanol, VFA and butandiol were determined by gas chromatography (Faithfull, 2002). Concentrations of DM, crude protein (CP) crude fibre (CF) and ash were determined on dried and ground samples (AOAC, 1990). Water-soluble carbohydrates (WSC) were determined by the Bertran method (Thomas, 1977). Mycotoxins were determined in the silage samples by standard high-performance liquid chromatography. Aflatoxin was determined according to method EN-14123 (Estonian Centre for Standardisation (EVS), 2008), ochratoxin A by method EN-14132 (EVS, 2003), deoxynivalenol by method EN-15891 (European Committee for Standardisation, 2009) and T-2 toxin by the EC-IRMM method (European Commission, 2006). The limits of determination of toxins were: Aflatoxin B<sub>1</sub>, 0.1 µg kg DM<sup>-1</sup>; ochratoxin A (OTA), 0.9 µg kg DM<sup>-1</sup>;

deoxynivalenol (DON), 250 µg kg DM<sup>-1</sup>; T2 toxin, 7.0 µg kg DM<sup>-1</sup>.

Four gauze cloth bags (2.0 kg fresh weight) were filled with the same grass/clover crop during the silo filling period and placed within the top 30 cm of each side of the silo. The difference in the weight of the bags before and after the storage period was used to calculate loss of DM.

Four sub-samples of silage of 25 g fresh weight were taken from the 30-cm depth cores and placed in insulated polystyrene boxes for assessment of aerobic stability. Two separate boxes for each treatment were kept at a constant ambient temperature of 25°C. Aerobic stability was defined as the amount of elapsed time for the first colonies of mould to appear on the surface of silage. The total duration of the study was seven days (168 hours).

The data for chemical composition were statistically analyzed by the Tukey test. A single sub-sample was derived by mixing and pooling four sub-samples from each side of the silo for determination of microflora and mycotoxins; statistical analysis was therefore not possible on these data.

### Experiment 2 – Latvia

The experiment was conducted at 'Kalnadambrani' Farm in the Viesītes region of Latvia, 145 km from Riga (57° 4'N, 25° 65'E). A primary growth red clover-grass sward, in its third year from sowing, was mown with a Kverneland mower-conditioner and harvested by Claas forage harvester between 2 and 6 June 2009. The red clover was at the start of flowering and the grass, a mixture of species, was at ear emergence. The crop was harvested after a 24-hour wilting period in wet weather and a total of 1700 tonnes fresh weight was ensiled in a single bunker silo (42 m x 14 m x 4 m) with concrete walls and floor. The material was packed into the silo as evenly as possible with two tractors, a K-700 and a K-701 tractor, 14 and 12 tonnes in weight respectively, to a height of 3.5 metres on both sides of the silo. An inoculant comprising *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium* ('Kofasil Life', Proventus Farm Pluss, SIA) was added to the crop to provide about 10<sup>6</sup> colony forming units (CFU) per gram of fresh crop.

Half the silo was covered lengthways with OB film ('Silostop', treatment S) 45µm thickness, on which was placed a woven polypropylene anti-UV net. The other half of the top surface was covered with a single layer of conventional white-on-black plastic film (Treatment C, 150µm thickness). The conventional film was protected by car tyres (1 tyre per 2 m<sup>2</sup>). Divisions between sheets and the outer edges of the silo were weighted down with 20 kg bags of woven polypropylene containing gravel. Four samples were taken at random from the upper 30 cm layer of the crop at the end of the silo filling period for microbiological and compositional analysis of the crop at harvest.

The duration of the storage period was 120 days. On opening the silo for feed-out, six samples of silage each of 1.5 kg fresh weight were taken at random from each side of the silo, avoiding the peripheral area, to 30 cm depth from the top surface of each side of the silo by

corer for chemical and microbiological analyses and for assessment of aerobic stability. Each sample was divided into three equal sub-samples: One for chemical analysis, one for microbiological analysis and one for aerobic stability, which was assessed visually by exposing each sample to air at a constant ambient temperature of 27° C for a total period of 8 days.

Concentrations of chemical components in the fresh crop at harvest and of the silage were determined by standard methods: DM by ISO 6496–1999 (International Organization for Standardization, 2010); ash by ISO 5984–2002; CP by LVS EN ISO 5983–1–2005 (Latvian National Standards Institute, 2010); WSC by GOST 26171–91 (Russian Federation National Classification of Standards, 2010), NDF and ADF by the FiberCap 2021/2023 system. Net energy for lactation (NEL) was calculated from total digestible nutrients (TDN, % of DM) as follows:  $TDN = 88.9 - (ADF \times 0.779)$ ,  $NEL (MJ \text{ kg DM}^{-1}) = (0.0245 \times TDN - 0.12) \times 4.184$  (Beca, 2004). Concentrations of water-soluble nitrogen (WSN) and ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>-N) were determined by the method of Moisiso and Heikonen (1989). Silage pH (GOST 26180–84) and concentrations of fermentation products were determined by standard methods (Russian Federation National Classification of Standards, 2010): Lactic acid (GOST 23638–90), acetic acid (GOST 23638–90), butyric acid, (GOST 23637–90) and ethanol (determined in silage liquor following homogenation of the samples in distilled water and then by gas chromatography (Faithfull, 2002)).

Total bacterial count was determined by method LVS EN ISO 4833:2003 A (Latvian National Standards Institute, 2010), yeast and mould count by LVS ISO 21527–2:2008 (Latvian National Standards Institute, 2010), Butyric acid bacteria spore count (*Clostridium tyrobutyricum*) by anaerobic cultivation on selective Bryant and Burkey broth (Biolab Zrt, Romania). The limit of detection for the counts of total bacteria, yeasts and moulds was 1 colony forming unit (cfu)  $\times 10^1$ . Mycotoxins were determined as described in Experiment 1 with the same limits of detection.

Losses were calculated by weighing the harvested crop as it was ensiled and by weighing all the material removed from the silo during the feed-out period. The height of the filled silo (i.e. the distance from the floor to the top surface) and during the feed-out period was measured in six places on each side of the silo to assess the extent to which the two sides may have changed in height during the storage period.

The data for chemical composition were statistically analyzed by the Tukey test using Statistical Package for Social Sciences 17.0 for Windows (SPSS Inc. Chicago, IL, USA). Single pooled sub-samples of

silage were analysed for microflora and mycotoxins and no statistical analyses were possible on these data.

## Results and discussion

The use of farm-scale silos for the experiments had the advantage of being directly relevant to commercial practice in two European countries. However, by dividing a single silo at each location into two halves lengthways, there was the possibility that air might move from one side of the silo to the other during the storage period. To minimise the risk of air movement between the two sides of the silos, a continuous line of gravel bags was placed down the centre of each silo and there was a central overlap of the two films of about 1 metre at the centre which was not used for sampling. A weakness of the design was that the protective cover was not the same for the two films, although both the woven polypropylene and the car tyres would not be expected to have major inhibitory effects on oxygen ingress through the two plastic film covers. Nevertheless, the experiments were effectively a comparison of two contrasting systems of silo covering. The rationale for taking replicate samples at random from each side of the silos was to take account of possible variation in silage density in the upper layer of the silos.

The chemical composition of the crops at harvest is shown in Tables 1 and 2 for Experiments 1 and 2, respectively. The two grass/clover crops used in the two experiments were of similar composition with respect to DM, CP and WSC; both crops had relatively low concentrations of DM and WSC. The concentration of ash was somewhat higher in the crop harvested in Experiment 1 than in Experiment 2. The microbiological characteristics of the crops at harvest are in Table 3. Yeast counts were similar for the two crops, but the mould count of the crop harvested in Experiment 1 was lower ( $6.3 \times 10^4$  cfu  $g^{-1}$ ) than that of the crop harvested in Experiment 2 ( $8.85 \times 10^8$  cfu  $g^{-1}$ ). This may have been a consequence of wet weather during the field wilting and harvesting periods. Muck *et al.* (2003) noted that populations of moulds in crops after wilting are normally less than  $10^6$  cfu  $g^{-1}$ , and Pahlow *et al.* (2003) stated that the typical population range of moulds on plants prior to ensiling was  $10^3$  to  $10^5$  cfu  $g^{-1}$  in fresh crop. The high mould count found in the crop harvested in Experiment 2 may have been a contributory factor to the poor fermentation quality of the material stored in the upper 30 cm layer under C (Table 2). No spores of *Clostridium tyrobutyricum* or mycotoxins were detected in the fresh crops.

**Table 1.** Experiment 1: Chemical composition of the crop at harvest and of the upper layer of silage covered with either conventional polyethylene (C) or oxygen barrier film (S)

Type of covering	Crop at harvest		Silage		
		C	S	s.e.d.	Sig.
Dry matter (DM, g kg <sup>-1</sup> )	251	310	294	14.6	NS
pH	-	4.5	4.2	0.19	NS
Crude protein (CP, g kg DM <sup>-1</sup> )	152	151	156	3.60	NS
Ammonia - N (g kg total N <sup>-1</sup> )	-	59.0	48.0	3.20	P < 0.05
Crude fibre (CF, g kg DM <sup>-1</sup> )	262	254	256	6.12	NS
Ash (g kg DM <sup>-1</sup> )	96.0	95.0	97.0	2.30	NS
Water-soluble carbohydrates (g kg DM <sup>-1</sup> )	74.0	-	-	-	-
Metabolizable energy (MJ kg DM <sup>-1</sup> )	10.0	-	-	-	-
Lactic acid (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	44.0	94.0	16.5	P < 0.05
Acetic acid (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	17.5	19.5	2.24	NS
Propionic acid (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	3.15	0.30	0.24	P < 0.05
Butyric acid (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	6.20	0.45	2.70	P < 0.05
Ethanol (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	0.85	1.35	0.62	NS
Butandiole (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	1.60	0.45	0.16	P < 0.05

**Table 2.** Experiment 2: Chemical composition of the crop at harvest and of the upper layer of silage covered with either conventional polyethylene (C) or oxygen barrier film (S)

Type of covering	Crop at harvest		Silage		
		C	S	s.e.d.	Sig.
Dry matter (DM, g kg <sup>-1</sup> )	220	207	221	17.2	NS
pH	-	8.5	3.7	2.37	P < 0.05
Crude protein (CP, g kg DM <sup>-1</sup> )	151	110	142	3.82	P < 0.05
Ammonia - N (g kg total N <sup>-1</sup> )	-	145.0	69.0	7.87	P < 0.05
Ash (g kg DM <sup>-1</sup> )	71.0	91.0	80.0	4.76	NS
NDF (g kg DM <sup>-1</sup> )	508	603	570	15.4	NS
ADF (g kg DM <sup>-1</sup> )	327	460	434	10.2	P < 0.05
Water-soluble carbohydrates (g kg DM <sup>-1</sup> )	75.0	9.9	14.5	2.80	P < 0.05
NEL (MJ kg DM <sup>-1</sup> )	6.0	4.8	5.2	0.34	NS
Lactic acid (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	0.60	17.1	3.50	P < 0.05
Acetic acid (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	3.10	12.6	2.72	P < 0.05
Butyric acid (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	6.10	0.0	0.54	P < 0.05
Ethanol (g kg DM <sup>-1</sup> )	-	11.0	24.0	2.32	P < 0.05

The chemical composition of the upper surfaces of the silages (samples taken to 30 cm depth from the top surface of the silos) is shown in Tables 1 and 2 for Experiments 1 and 2, respectively. Differences due to type of covering in chemical parameters were generally small in Experiment 1. However, in Experiment 2 concentrations of CP and WSC were lower, and concentrations of ash and acid detergent fibre higher, in silage covered by treatment C compared to that covered by treatment S (Table 2).

In Experiment 1, concentrations of NH<sub>3</sub>-N, butyric acid and butandiole were lower, while the concentration of lactic acid was higher for silage under S than for silage under C (P < 0.05). In Experiment 2, mean pH value and concentration of ammonia N were substantially higher in samples taken from silage under C

than from silage stored under S (P < 0.05). Concentrations of both lactic and acetic acids were lower for silage under C compared to the silage under S in Experiment 2 (P < 0.05).

In both experiments counts of yeasts and clostridial spores were numerically lower for silage stored under S than under C (Table 3). In Experiment 2, the total bacterial count was markedly higher for silage under C than under S. In Experiment 2, vegetative cells and spores of *Clostridium tyrobutyricum* were detected in silage under C but not in material stored under S. Counts of moulds were lower for the silages stored under S than under C in both experiments (Table 3), as Borreani *et al.* (2007) also found for untreated maize silage. Mycotoxins were not detected in any of the silage samples in either experiment.

**Table 3.** Experiments 1 and 2: Microbiological characteristics (cfu/g) of the crops at harvest upper layer of silages covered with either conventional polyethylene (C) or oxygen barrier film (S)

Type of covering	Experiment 1			Experiment 2		
	Crop at harvest	Silage		Crop at harvest	Silage	
		C	S		C	S
Yeasts (cfu g <sup>-1</sup> )	4.5 x 10 <sup>4</sup>	1.3 x 10 <sup>4</sup>	6.8 x 10 <sup>2</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	2.2 x 10 <sup>7</sup>	2 x 10 <sup>5</sup>
Moulds (cfu g <sup>-1</sup> )	6.3 x 10 <sup>5</sup>	6.2 x 10 <sup>3</sup>	4.4 x 10 <sup>2</sup>	8.85 x 10 <sup>8</sup>	8 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>2</sup>
<i>Clostridium tyrobutyricum</i> vegetative cells (cfu g <sup>-1</sup> )	-	-	-	Not detected	1.95 x 10 <sup>6</sup>	Not detected
<i>Clostridium tyrobutyricum</i> spores (g <sup>-1</sup> )	Not detected	1.8 x 10 <sup>4</sup>	6.8 x 10 <sup>2</sup>	Not detected	1 x 10 <sup>2</sup>	Not detected
Total bacterial count (cfu g <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	1.15 x 10 <sup>12</sup>	4 x 10 <sup>8</sup>

cfu = colony forming units

The higher concentrations of lactic acid in the silages stored under S probably reflected restricted development during the storage period of lactic acid-utilising micro-organisms such as *C. tyrobutyricum*. The count of spores of *C. tyrobutyricum* was numerically higher for silage stored under C than under S (Table 3), in agreement with the findings of Borreani & Tabacco (2008). These authors found that the higher counts of butyric acid bacterial spores were associated with higher mould counts, possibly as a consequence of oxygen ingress through the conventional film. Kwella & Weissbach (1991) observed that clostridial sporulation can be encouraged in silage which is exposed to oxygen.

In Experiment 2, silage in the upper 30 cm stored under C showed evidence of substantial deterioration during the storage period. The total quantity of silage fresh weight discarded in Experiment 2 from the top 30 cm layer because it was adjudged visually to be inedible by livestock was 1.7 tonnes (0.1%) and 100 tonnes (5.9% of the total 1700 tonnes fresh weight ensiled) for S and C, respectively. This material had a high pH and high ammonia-N concentration, a low concentration of lactic acid (Table 2) and a relatively high count ( $1.95 \times 10^6$  cfu g<sup>-1</sup>) of vegetative cells of *C. tyrobutyricum* (Table 3). The deterioration was probably the result of oxygen diffusion through the conventional silo sealing film, especially in the summer months. Borreani & Tabacco, (2008) noted that the rate of oxygen diffusion can increase to more than 3000 cm<sup>-3</sup> m<sup>-2</sup> per 24h through conventional polyethylene film (180 µm thickness) if the temperature of the film is increased to 50°C by hot weather. The number of tyres per square metre was probably inadequate to restrict oxygen ingress through the conventional film in Experiment 2. Bernades *et al.* (2009) found that the upper layer of maize silage stored in experimental silos of 500 litres capacity under conventional plastic film (150 µm thickness) which was covered with a layer of soil had lower pH and a lower count of yeasts compared to the same crop stored under the same film without a covering of soil. Silage stored without soil showed a marked elevation in temperature between 60 and 120 days of storage whilst that stored under soil or under an OB film did not. Losses of DM were 29.7% and 5.4% for the uncovered and soil-covered film treatments, respectively. Comparable loss of DM in the same experiment from silage sealed with OB film (125 µm thickness) without soil covering was 11.8%.

Losses of DM from bags buried in the top 30 cm of the silo in Experiment 1 averaged 5.0% and 2.5% for C and S, respectively, in agreement with previous work with ryegrass (Wilkinson & Rimini, 2002). Borreani *et al.* (2007) found that loss of DM from the upper 40 cm layer was 10% for maize ensiled with no additive treatment and covered with an OB film of 125 µm thickness under farm-scale conditions in Italy. Comparable loss of DM averaged 38% for the same crop ensiled under conventional polyethylene film of 180 µm thickness. In Experiment 2, there was no change in the mean height of settled silage under S; in contrast there was a mean decrease of 5 cm in height of settled silage

for material stored under C during the storage period. Wilkinson & Rimini (2002) found that inedible silage was significantly lower, for ryegrass ensiled under C compared to material ensiled under S; they also observed that there was no visible top surface mould on the silos covered with S but the depth of visible mould in silage under C was 15.3 cm from the top surface.

In Experiment 1 there was no visible mould development in any of the silage samples during the entire 7-day period of exposure to air. In Experiment 2, samples of silage under S showed no visible mould development during the 8-day period of exposure to air, whilst three of the six samples of silage stored under C showed visible mould development after 7 days exposure to air.

In conclusion, these results and those of others illustrate that to achieve low losses of DM from the upper layer of silos and to maintain good silage hygienic quality, it is important to place an effective protective layer on top of conventional polyethylene film in order to restrict oxygen permeation through the film, or alternatively to use an oxygen barrier film.

## References

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. *Official Methods of Analysis*. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, V A, pp. 68–88.
- American Society for Testing Materials (ASTM). 2005. Standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor. <http://www.astm.org/Standards/D3985.htm>. Accessed 19 November 2010.
- Basso, F.C., Bernades, T.F., Casagrande, D.R., Lodo, B.N., Roth, A.P.T.P. & Reis, R.A. 2009. Aerobic deterioration in corn silage sealed with oxygen barrier film under farm conditions. *Proceedings, XV International Silage Conference*, Madison, Wisconsin, July 2009 pp. 211–212.
- Bernades, T.F., Nussio, L.G., Amaral, R.C. & Shogor, A.L.B. 2009. Sealing strategies to control the top losses of corn silage. *Proceedings, XV International Silage Conference*, Madison, Wisconsin, July 2009 pp. 213–214.
- Bolsen, K.K. 1995. Issues of top spoilage losses in horizontal silos. In: *Silage: Field to Feedbunk*. NRAES-99. NRAES, Ithaca, New York, USA pp. 137–150.
- Bolsen, K.K., Dickerson, J.T. Brent, B.E. Sonon, R.N. Jr., Dalke, B. Lin, C.J. & Boyer, J.E. Jr. 1993. Rate and extent of top spoilage in horizontal silos. *Journal of Dairy Science*. **76**, 2940–2962.
- Borreani G., Tabacco E. & Cavallarin L. 2007. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. *Journal of Dairy Science*. **90**, 4701–4706.
- Borreani, G. & Tabacco, E. 2008. Low permeability to oxygen of a new film barrier prevents butyric acid bacteria spore formation in farm corn silage. *Journal of Dairy Science*. **91**, 4272–4281.
- Estonian Centre for Standardisation (EVS), 2008. European standard method EN14123. Foodstuffs: Determination of aflatoxin B1 and the sum of aflatoxin B1, B2, G1 and G2 in hazelnuts, peanuts, pistachios, figs and paprika powder – high performance liquid chromatographic method with post-column derivatisation and immunoaffinity column cleanup (EN 14123:2007:E). European Committee for Standardisation, Brussels.

- Estonian Centre for Standardisation (EVS), 2003. European standard method EN14123. Foodstuffs - Determination of ochratoxin A in barley and roasted coffee - HPLC method with immunoaffinity column clean-up (EN 14132: 2003: E). European Committee for Standardisation, Brussels.
- European Commission, 2006. Joint Research Centre Institute for Reference Materials and Measurements. Determination of T-2 and HT-2 toxins in grain cereals and animal feed by gas-chromatograph method GC/MS.
- European Committee for Standardisation 2009. European standard method EN15891. Foodstuffs – Determination of deoxynivalenol in cereals, cereal products and cereal based foods for infants and young children – HPLC method with immunoaffinity column cleanup and UV detection (EN15891:2010:E). European Committee for Standardisation, Brussels.
- Faithfull, N. 2002. *Methods in Agricultural Chemical Analysis: A Practical Handbook*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 266 pp.
- International Organisation for Standardization (ISO), 2010. Catalogue of International Standards. [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=12871](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=12871). Accessed 23 October 2010.
- Kuber R., Bolsen, K.K., Wigley, S., Wilkinson, J.M. & Bolsen, R. E. 2008. Preservation efficiency and nutritional quality of whole-plant maize sealed in large pile silos with an oxygen barrier film (Silostop) or standard polyethylene film. *Proceedings, 13th International Conference on Forage Conservation*, Nitra, Slovak Republic, pp. 178–179.
- Kwella, M. & Weissbach, F. 1991. Clostridial spore content of silages and influence of air contact. In: *Forage Conservation Towards 2000* Pahlow, G. & Honig, H. (eds). Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft 123, Braunschweig, Germany pp. 477–450.
- Latvian National Standards Institute (LVS), 2010. Catalogue of Latvian Standards. <http://www.lvs.lv/en/services/catalogue/standardListByICS.asp?ics=576>. Accessed 23 October 2010.
- Moisio, T. & Heikonen M. 1989. A titration method for silage assessment, *Animal Feed Science and Technology*, **22**, 341–353.
- Muck, R.E., Moser, L.E. & Pitt, R.E. 2003. Post-harvest factors affecting ensiling In: *Silage Science and Technology*. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. (eds). American Society of Agronomy, Madison, USA. pp. 251–304.
- Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Oude Elferink, S.J.W.H. & Spoelstra, S.F. 2003. Microbiology of ensiling. In: *Silage Science and Technology*. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. (eds). American Society of Agronomy, Madison, USA. pp. 31–93.
- Rich, K., Schrool, T., Wigley, S & Wilkinson, J.M. 2009. Effect of an oxygen barrier film ('Silostop') on composition and losses of organic matter from the upper layers of forage sorghum ensiled in large bunker silos. *Proceedings, XV International Silage Conference*, Madison, Wisconsin, July 2009 pp. 305–306.
- Russian Federation National Classification of Standards (GOST), 2010. Accessed 23 October 2010.
- Thomas, T. A. 1977. An automated procedure for the determination of soluble carbohydrates in herbage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **28**: 639–642.
- Whitlock, I.a., Wistuba, T., Siefers, M.K., Pope, R., Brent, B.E. & Bolsen, K.K. 2000. Effect of level of surface-spoiled silage on the nutritive value of corn silage-based rations. *Kansas State university Agricultural Experimental Station Report of Progress*. **850**, 22.
- Wilkinson, J.M. 1999. Silage and animal health. *Natural Toxins*, **7**, 221–232.
- Wilkinson, J.M. & Rimini, R. 2002. Effect of triple co-extruded film on losses during the ensilage of ryegrass. *Proceedings, XIII International Silage Conference, Auchincruive, Scotland*. Gechie, L & Thomas, C. (eds) pp.168–169.

### Erinevate silokatmissüsteemide mõju tranšeesilo pealmise kihi kvaliteedile

P Lättemäe<sup>1</sup>, B Osmane<sup>2</sup>, I-H Konosonoka<sup>2</sup>, S Wigley<sup>3,2</sup> and J M Wilkinson<sup>4</sup>

#### Kokkuvõte

Selleks, et selgitada uude katekile süsteemi Silostop (S; paksusega 45 µm) efektiivsust võrreldes tavalise must/valge polüetüleenkilega (C; paksusega 150 µm), viidi läbi kaks sileerimiskatset. Eesmärk oli uurida katmissüsteemi mõju silo ülemiste kihtide käärimise kvaliteedile, mikrobioloogilisele koostisele ja söödakadudele. Värskest lõigatud punase ristiku ja kõrreliste segu sileeriti tranšeesse ja kaeti pikuti pooleks vastavalt S ning C kilega. Siloproovid võeti 120 päeva pärast. Kuivainekaod määrati kontrollkatsete abil silos (katse1). Söödakaod määrati söödamatu ja riknenud silo kaalumise teel (katse 2).

Pärmide arvukus koristamisel oli sarnane mõlemas katses, kuid hallituste arvukus oli ilmselt vihmade tõttu tunduvalt kõrgem teises katses. Silo ülemiste kihtide piimhappesisaldus oli tunduvalt kõrgem S-variantis ( $P < 0.05$ ). Mõlemas katses oli klostriidide eoste arv, pärmide ja hallituste arvukus väiksem S variantis. Mükotoksiine üheski variantis ei esinenud. Keskmised kuivainekaod esimeses katses olid C ja S variantis vastavalt 5.0% ja 2.5%. Söötiskõlbmatu silo ülakihi hulk katses 2 oli 1.7 tonni (variant S) ja 100 tonni (variant C). Silostop silohoidla katmissüsteemil on suur potentsiaal, et silo pinnaosa riknemist vähendada ning silo mikroobset koosseisu ja käärimise kvaliteeti parandada.

<sup>2</sup> Corresponding author: Simon\_Wigley@brunorimini.net



# ENERGIA TARBIMISE SOBIVUS TUULEGENERAATORITE VÕIMSUSEGA

Vahur Pöder, Andres Annuk  
Eesti Maaülikooli tehnikainstituut, Kreutzwaldi 56, Tartu 51014  
e-mail: vahur.poder@emu.ee

**ABSTRACT.** This is an overview paper about thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Energy Use; defended on 2011 in Estonian University of Life Sciences.

The aim of this thesis was to describe efficient autonomous wind energy system (with maximum power utilization and reliable energy supply). The autonomous system consists of wind generator and storage device. Data from a group of small-power wind generators was obtained and their power curves analyzed. A second order polynomial was created to describe the normalized power curve of wind generator. The concept of an energy lull was introduced to describe periods without energy production due to periods without wind. The annual mean capacity of a small wind turbine generator was calculated by using a normalized power curve for six different locations in Estonia. The length of energy lulls was found from wind data and method for calculation of energy lull probability was proposed.

**Keywords:** wind energy systems, energy lulls, power curves of wind generators.

## Sissejuhatus

Taastuenergia osatähtsus Eestis on erinevate arengukavade toel kiiresti kasvamas. Kogu energiatarbest peaksid taastuvad energiaallikad 2020. aastaks moodustama 25% ja nende abil saadud elektri osatähtsus peaks olema vähemalt 15%. (Eesti..., 2009; Eesti..., 2010). Enam on suurenenud tuuleenergia osatähtsus ning toodetud energia hulk. Olgugi et põhiosa Eestis on kaetud elektrivõrguga, leidub siiski rakendusi autonoomsetele tuuleenergiasüsteemidele. Enamik elektrivõrguga ühendatud tuulegeneraatoreid paikneb kõrge keskmise tuulekiirusega aladel (rannik ja saared keskmise aastase tuulekiirusega 5–7 m s<sup>-1</sup>). Vajadus tuuleelektri järgi võib tekkida ka sisemaal, kus keskmine tuulekiirus on 2.5–3.5 m s<sup>-1</sup> (Annuk *et al.*, 2008). Kasutada tuleks madala käivitava tuule kiirusega generaatoreid, mille võimsus on suhteliselt väike (kuni 100 kW), mis omakorda piirab tarbijate valikut. Püsiv energiavarustus tuleb tagada tuulegeneraatorit ning salvestusseadet üle dimensioneerimata.

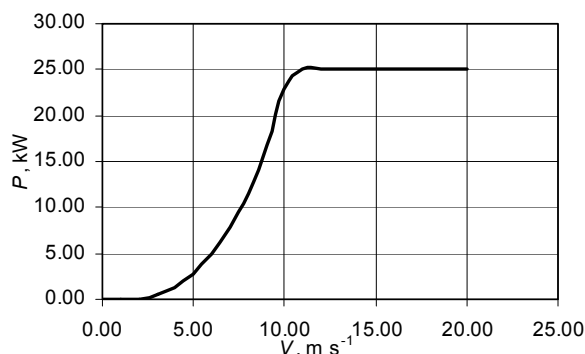
## Metoodika

Valiti välja grupp väikese võimsusega horisontaalse võlliga tuulegeneraatoreid, mida iseloomustas madal käivitav tuulekiirus (2–2.5 m s<sup>-1</sup>). Generaatorite andmete alusel koostati normaliseeritud generaatori tunnusjoon. Leitud tunnusjoone abil arvutati tuulegeneraatori suhteline elektritoodang aastase keskmise tuulekiiruse alusel, antud seoste kirjeldamiseks koostati polünoom.

Tuuleandmeteks kasutati EMHI (Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi) ning Eesti Maaülikooli tuulemõõtejaama (paikneb Viljandi lähistel) andmeid. Andmed sisaldasid ühe tunni sammuga keskmise tuulekiiruse mõõteandmeid 10 m kõrgusel aastatel 2004–2008. Andmeid töödeldi SciCosLabi ning Microsoft Exceli abil. Tuulekiirused arvutati ümber suurematele kõrgustele, kasutades valemite Hellmani eksponendi väärtuseid  $k_H = 0.25$  ranniku ja  $k_H = 0.29$  sisemaa korral. Valiti iseloomulikud asukohad: Jõgeva, Tõravere ning Viljandi sisemaa ning Pakri, Tiirikoja ja Virtsu ranniku tuuleolude kirjeldamiseks.

## Tulemused ja arutelu

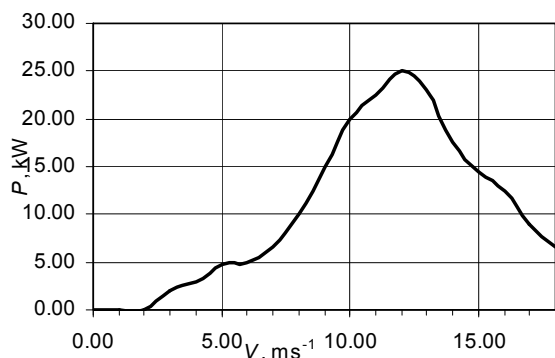
Horisontaalse võlliga tuulegeneraatorite tunnusjooned võib vastavalt kujule jagada kahte gruppi (näiteks A ja B). Joonisel 1 on näidatud grupi A tüüpiline tunnusjoon (Eoltec, 2006).



**Joonis 1.** Tuulegeneraatori Eoltec WindRunner 11–25 tunnusjoon (tüüp A)  
**Figure 1.** Eoltec WindRunner 11–25 wind turbine generator power curve (type A)

Seda tüüpi generaatorit iseloomustab tuule kiiruse suurenemisel sujuv väljundvõimsuse tõus ja selle stabiliseerumine kiirusel 11–16 m s<sup>-1</sup>. Sellistel generaatoritel on käivitav tuule kiirus 2.5–5 m s<sup>-1</sup>, kusjuures madalamad väärtused kehtivad väiksema võimsusega generaatorite korral (võimsus kuni 100 kW). Tavaliselt on selline tunnusjoon suurte tuulegeneraatoritel väljundvõimsusega rohkem kui 1 MW. Taolistel generaatoritel on seiskav tuule kiirus 25 m s<sup>-1</sup>.

Joonis 2 kirjeldab tüüp B tunnusjoonega tuulegeneraatorit (Tuulivoimala, 2007).



**Joonis 2.** Tuulegeneraatori Tuulivoimala WP20kW tunnusoone (tüüp B)

**Figure 2.** Tuulivoimala WP20kW wind generator power curve (type B)

Sellistel generaatoritel pole stabiilset nimivõimsust, väljundvõimsus saavutab maksimumi tuule kiirustel 11–14 m s<sup>-1</sup> ja hakkab suurematel kiirustel vähenema. Sellisel tuulegeneraatoril on käivitav tuule kiirus 2.5–3 m s<sup>-1</sup>. Tüüpiselt on selline tunnusoone väiksema võimsusega generaatoril (kuni 50 kW) ning nende juhtimiseks kasutatakse väärtusreguleerimist (*stall regulation*) või kõrvalekalde muutmist (*yaw control*). Selliste generaatorite tootjad annavad seadme kirjelduses tavaliselt väiksema võimsuse, kui seade tegelikult suudab anda. 20 kW nimivõimsusega tuulegeneraatori tippvõimsus on 25 kW (joonis 2) ja seda ei lülitata välja isegi suuremate tuulekiiruste korral.

Töös valiti välja rühm suhteliselt madala keskmise tuulekiirusega sobivaid väikese võimsusega generaatoreid (tabel 1) (Eoltec Chi, 2003; Eoltec Chi, 2004; Eoltec Wind, 2006; Proven Energy, 2007; Tuulivoimala, 2007).

**Tabel 1.** Väikese võimsusega tuulegeneraatorite andmed  
**Table 1.** Data of small-power wind generators

Generaator	Käivitav tuulekiirus, m s <sup>-1</sup>	Nimi- (maksimum) võimsus kW	Tunnus joone tüüp	Nimivõimsuse tuulekiirus, m s <sup>-1</sup>
Eoltec WindRunner 11–25	2	25	A	11
Eoltec Scirocco 5.5–6000	2	6	A	12
Eoltec Chinook 17m–65kW	2	65	A	11
Proven 2.5	2.5	2.5 (2.8)	B	12
Proven 6	2.5	6 (6.4)	B	11
Proven 15	2.5	15 (16)	B	11
Tuulivoimala WP1000W	2.5	1 (1.65)	B	9
Tuulivoimala WP2000W	2.5	2 (2.75)	B	10
Tuulivoimala WP3KW	2.5	3 (4)	B	10
Tuulivoimala WP5KW	2.5	5 (6.2)	B	10
Tuulivoimala WP10KW	2.5	10 (13)	B	11
Tuulivoimala WP20KW	2.5	20 (25)	B	10

Energiatoodangut saab hinnata generaatori tunnusoone põhjal:

$$P = f(V), \quad (1)$$

kus  $V$  on tuule kiirus, m s<sup>-1</sup>;  $P$  on vastav generaatori väljundvõimsus, kW.

Tabelis 1 toodud tuulegeneraatorite tunnusoonte alusel koostati normaliseeritud tuulegeneraatori tunnusoone (joonis 3) (Pöder *et al.*, 2009):

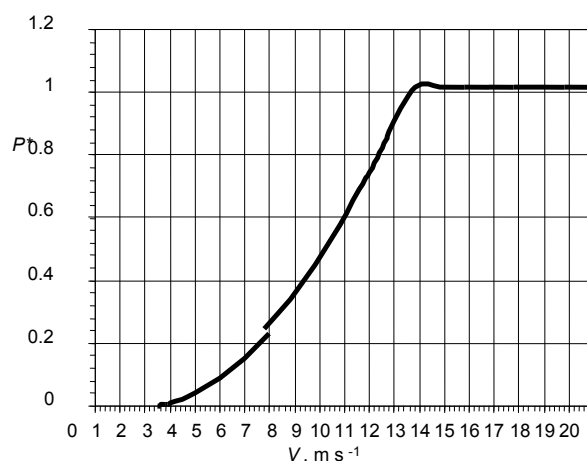
$$P^* = \frac{P}{P_N} \rightarrow P^* = \{0-1\} \quad (2);$$

$$0 < V < 2.5 \rightarrow P^* = 0 \quad (3);$$

$$2.5 \leq V \leq 12 \rightarrow P^* = 0.0078V^2 - 0.0229V + 0.0086 \quad (4);$$

$$V > 12 \rightarrow P^* = const \quad (5),$$

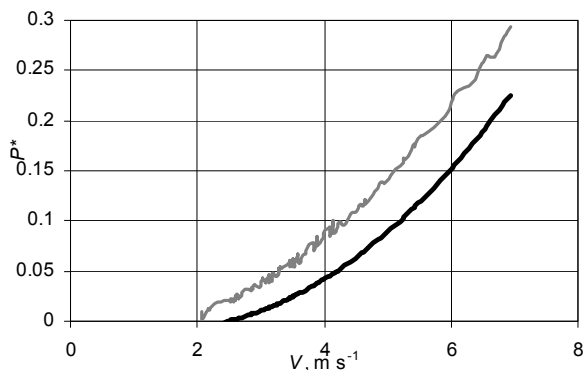
kus  $P^*$  on suhteline väljundvõimsus;  $P$  on hetkevõimsus, kW;  $P_N$  on generaatori nimivõimsus, kW;  $V$  on tuule kiirus, m s<sup>-1</sup>.



**Joonis 3.** Tuulegeneraatori normaliseeritud tunnusoone  
**Figure 3.** Normalized power curve of WTG

Tegeliku generaatori tunnusoone saab normaliseeritud tunnusoone ordinaadi väärtuste korrutamisel tuulegeneraatori nimivõimsusega. Antud tunnusoone kehtib enamiku väikeste tuulegeneraatorite korral, millel on käivitav tuulekiirus 2.5 m s<sup>-1</sup> ja seiskav 25 m s<sup>-1</sup>, nimivõimsus saavutatakse kiirusel 12 ± 1 m s<sup>-1</sup>.

Töös arvatati valitud asukohtade alusel aasta keskmise tuulekiiruse ja generaatori väljundvõimsuse seos 60 andmehulga alusel (joonis 4). Tuulekiirused arvatati ümber kõrgustele 30 ja 50 m. Tuulekiirused üle  $12 \text{ m s}^{-1}$  on sisemaal harvad ja seetõttu piisab generaatori tunnusjoone algusosa modelleerimisest (Annuk *et al.*, 2008).



**Joonis 4.** Keskmised aastased suhtelised tuulegeneraatori võimsused vastavalt mõõdetud tunni keskmistele kiirustele (hall joon) ning aasta keskmisele tuulekiirusele (must joon)

**Figure 4.** Average annual capacities according to measured hourly wind speed (grey line) and according to average annual wind speed (bold line)

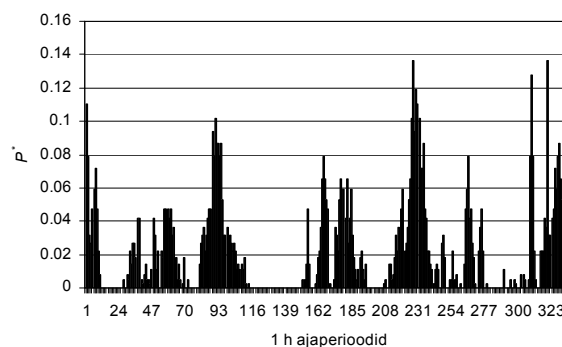
Ühe tunni jooksul mõõdetud keskmiste tuulekiiruste alusel leiti keskmine tuulegeneraatori võimsus, mis on kõrgem kui aasta keskmise tuule kiiruse alusel leitud võimsus (joonis 4). Kahe tunnusjoone erinevus on 1.3 korda tuulekiirusel  $7 \text{ m s}^{-1}$  ja suureneb tuule nõrgenemisel.

Mõõdetud tunnikeskiste tuulekiiruste alusel koostatud graafikut saab kirjeldada polünoomiga:

$$P^* = 0.0066V_m^2 - 0.0004V_m - 0.0208 \quad (6).$$

Antud polünoomi korrelatsioonikoefitsient on  $r^2 = 0.9978$ .

Energiaauku saab kirjeldada kui ajaperioodi, millal tuul kas puudub või on selle kiirus alla  $2.5 \text{ m s}^{-1}$ , st on tuulegeneraatoritele ebapiisav. Tuuleta ajaperioodid on energiatoodangu graafikul selgesti eristatavad (joonis 5).



**Joonis 5.** 30 m kõrgusel paikneva normaliseeritud tuulegeneraatori suhtelise võimsuse graafik Viljandis kahe nädala jooksul 2006. aasta kolmandas kvartalis

**Figure 5.** Normalized WTG production chart in Viljandi over two weeks in the 3rd quarter of 2006 at a height of 30 m

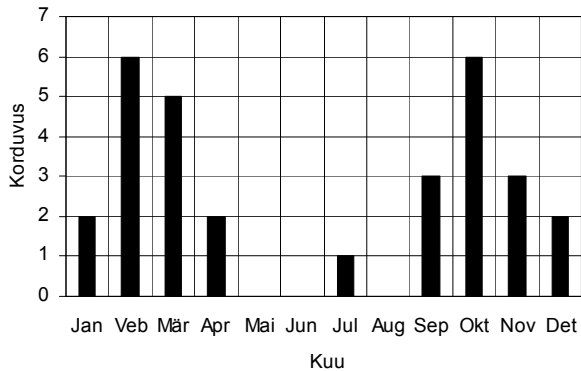
Maksimaalse energiaaigu pikkus  $t_{\max}$ , tunnis kasvab kiiresti keskmise tuulekiiruse vähenemise korral (tabel 2).

**Tabel 2.** Keskmised tuulekiirused, suhtelised tuulegeneraatori võimsused, kestuselt maksimaalse ja järgmise energiaaigu ajalised pikkused koos nende standardhälvetega

**Table 2.** Average wind speeds, relative wind generator capacities, means of maximum duration of energy lulls  $T_m$  and the subsequent size of energy lulls with their standard deviations

Asukoht	Kõrgus, m	Tuule kiirus $V, \text{ m s}^{-1}$	Võimsus, $P^*$	Maks energia auk, $t_{\max}, \text{ h}$	Standardhälve, $\delta, \text{ h}$	Standardhälve, $\delta^*, \%$	Järgm energia auk, h	Standardhälve, $\delta, \text{ h}$	Standardhälve, $\delta^*, \%$
Viljandi	30	3.0	0.0363	93.0	17.7	19.0	71.6	13.5	18.9
	50	3.5	0.0573	61.8	8.9	14.4	53.2	5.6	10.6
Pakri	30	6.09	0.2263	24.2	6.2	25.8	17.8	1.6	9.0
	50	6.92	0.2889	20.8	2.4	11.5	16.0	1.1	6.9
Virtsu	30	4.84	0.1296	39.4	9.9	25.0	29.6	5.5	18.5
	50	5.5	0.1769	35.0	9.9	28.4	23.4	4.2	18.0
Jõgeva	30	3.61	0.0649	53.4	8.6	16.1	46.8	8.2	17.4
	50	4.19	0.0983	45.2	9.6	21.2	36.6	4.3	11.7
Tõravere	30	3.66	0.0626	49.0	6.7	13.7	43.4	2.5	5.8
	50	4.24	0.0957	37.0	3.3	8.9	34.0	5.5	16.1
Tiirikoja	30	3.0	0.0389	86.2	28.7	33.3	60.0	9.6	16.0
	50	3.41	0.0565	65.6	10.8	16.4	54.0	8.0	14.9

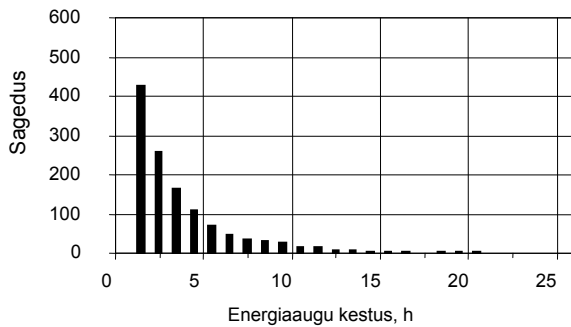
Tuuleandmete alusel esinesid pikima kestusega energiaaugud sügis- ja talvekuudel, suurima tõenäosusega veebruaris ja oktoobris (joonis 6).



**Joonis 6.** Maksimaalse kestusega energiaaukude korduvus aastatel 2004–2008 kuues asukohas

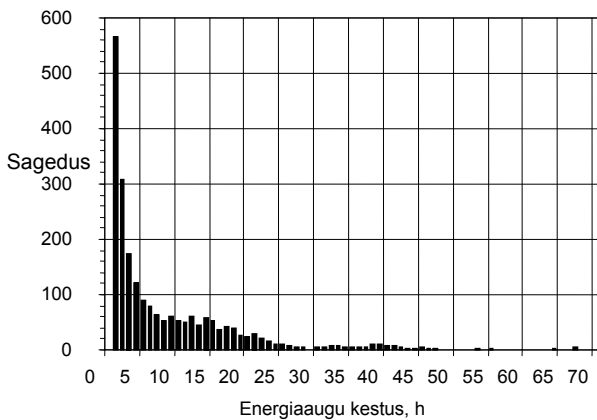
**Figure 6.** Recurrence of maximum energy lulls during 2004–2008 in six locations

Pakri ja Viljandi tuuleandmetel alusel on lühima kestusega energiaaugud kõige sagedasemad (joonised 7 ja 8).



**Joonis 7.** Pakri energiaaukude histogramm aastatel 2004–2008

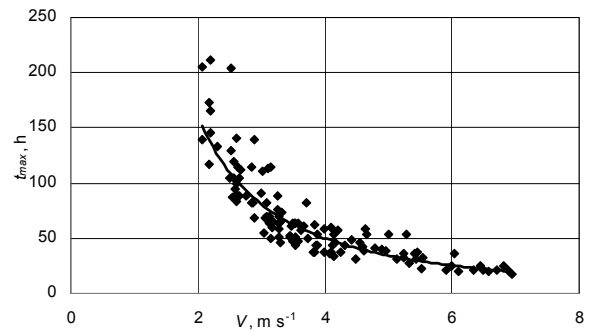
**Figure 7.** Histogram of energy lulls during 2004–2008 in Pakri



**Joonis 8.** Viljandi energiaaukude histogramm aastatel 2004–2008

**Figure 8.** Histogram of energy lulls during 2004–2008 in Viljandi

Kirjeldata seost energiaaugu maksimaalpikkuse  $t_{\max}$  ning keskmise tuulekiiruse vahel (joonis 9).



**Joonis 9.** Korrelatsioon energiaaugu maksimaalse kestuse ning aastase keskmise tuulekiiruse vahel aastatel 2004–2008 kuues asukohas

**Figure 9.** The correlation between the maximum duration of energy lulls and annual average wind speed during 2004–2008 in six locations

Seos avaldub kui

$$t_{\max} = 513.79V^{-1.683} \quad (7)$$

Korrelatsioonikoefitsient antud seosele oli  $r^2 = 0.85$ .

Autonoomse energiasüsteemi korral peab salvestussüsteem tagama energiavarustuse maksimaalse pikkusega energiaaugu jaoks. Täpseks olukorra analüüsiks on vajalikud pikemaajalised tuulekiiruse mõõtmised (Kaldellis 2002; Celik, 2003). Samas on võimalik tuule parameetrite tõenäosuste kirjeldamine Weibulli jaotuse abil (Mathew, 2006).

Mõõteandmete alusel on võimalik energiaaugu suhtelist pikkust  $l$  kirjeldada Weibulli jaotuse abil (Pöder *et al.*, 2010). Kumulatiivne jaotusfunktsioon  $F(l)$  avaldub:

$$F(l) = \int_a^l f(l) dl = 1 - e^{-\left(\frac{l}{c}\right)^k} \quad (8)$$

kus  $f(l)$  on tõenäosuse tihedusfunktsioon;  $l$  on energiaaugu kestus;  $c$  on Weibulli skaalategur;  $k$  on Weibulli kujutegur.

Kindla kestusega energiaaugu esinemise tõenäosuse saab leida kumulatiivse jaotusfunktsiooni abil. Tõenäosus, et energiaaugu kestus jääb vahemike  $l_1$  ja  $l_2$  vahele, avaldub:

$$P(l_1 < l < l_2) = e^{-\left(\frac{l_1}{c}\right)^k} - e^{-\left(\frac{l_2}{c}\right)^k} \quad (9)$$

Keskmine energiaaugu kestus  $t_m$ , h on:

$$t_m = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (10)$$

kus  $t_i$  on sama kestusega energiaaukude kogukestus, h;  $n$  on energiaaukude arv.

Suhtelise energiaaugu kestus on võrdne tuulekiiruse mõõteandmetel põhineva lühima energiaaugu kestusega ühes tunnis, seega  $l_m = t_m$ .

Keskmise energiaaugu esinemise tõenäosus  $P(l_m)$  on:

$$P(l_m) = e^{-\left(\frac{l_m}{c}\right)^k} \quad (11),$$

kus  $l_m$  on keskmise energiaaugu kestus.

Weibulli jaotuse parameetrite  $c$  ja  $k$  määramiseks on olemas mitmeid meetodeid. Antud töös kasutati 2004.–2008. aasta Pakri (rannikuala) ja Viljandi (sisemaa) tuuleandmete töötlemiseks graafilist meetodit (Mathew, 2006). 30 m kõrgusel esineva tuulekiiruse ning energiaaakude tulemused on tabelis 3.

**Tabel 3.** Tuulekiirused ja energiaaugud  
**Table 3.** Wind speeds and energy lulls

Asukoht	Keskmine tuulekiirus $V_m, m s^{-1}$	Max energia- auk, $t_{max}, h$	Keskmine energia- auk $t_m, h$	Weibulli kujutegur $k$	Weibulli skaalategur $c$
Pakri	6.1	36	3.4	0.773	2.418
Viljandi	3.0	114	8.8	0.727	2.557

Tabeli 3 alusel on keskmisel tuulekiirusel mõju keskmisele ning maksimaalsele energiaaugu kestusele. Weibulli kuju- ja skaalategurid mõlemale asukohale on sarnased.

### Järeldused

Väikese võimsusega tuulegeneraatorite (nimivõimsus < 100 kW ja käivitatav tuulekiirus  $3 m s^{-1}$ ) tunnusjooned on võimalik jagada vastavalt graafiku maksimumvõimsuse järgsele omadusele kahte gruppi. Kuna tuulekiirused  $> 3 m s^{-1}$  on Eesti sisemaal harvad, saab tunnusjoone esimest tõusvat osa modelleerida teise järgu polünoomiga.

Energiaaugud on ajaperioodid ilma tuuleenergia toodanguta. Energiaakude sagedus on suurem sisemaal ja kõige tihedamini esinevad lühema kestusega energiaaugud. Energiaaugu esinemise tõenäosust saab kirjeldada Weibulli jaotuse abil.

### Kirjandus

Annuk, A., Kokin, E., Palge, V., Pöder, V., Lepa, J. 2008. Wind energy application problems in inland Estonia. – Agronomy Research, 6, Eesti Maaülikool, Tartu, p. 169–179.

Celik, A. N. 2003. A simplified model for estimating the monthly performance of autonomous wind energy systems with battery storage. – Renewable Energy, 28, p. 561–572.

Eesti elektrimajanduse arengukava aastani 2018. 2009. [https://valitsus.ee/UserFiles/valitsus/et/valitsus/arengukavad/majandus-ja-kommunikatsiooniministeerium/Eesti\\_elektrimajanduse\\_arengukava.pdf](https://valitsus.ee/UserFiles/valitsus/et/valitsus/arengukavad/majandus-ja-kommunikatsiooniministeerium/Eesti_elektrimajanduse_arengukava.pdf) [16.02.2011].

Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020. 2010. [https://valitsus.ee/UserFiles/valitsus/et/valitsus/arengukavad/majandus-ja-kommunikatsiooniministeerium/Eesti\\_taastuvenergia\\_tegevuskava\\_aastani\\_2020.pdf](https://valitsus.ee/UserFiles/valitsus/et/valitsus/arengukavad/majandus-ja-kommunikatsiooniministeerium/Eesti_taastuvenergia_tegevuskava_aastani_2020.pdf) [16.02.2011].

Eoltec Chinook E15–75&E17–65. 2003. [http://www.pyrosolar.nl/Chinook\\_Engels.pdf](http://www.pyrosolar.nl/Chinook_Engels.pdf).

Eoltec Scirocco E5.6–6. 2004. [http://www.pyrosolar.nl/Scirocco\\_Engels.pdf](http://www.pyrosolar.nl/Scirocco_Engels.pdf) [16.02.2011].

Eoltec WindRunner 11–25 Wind Turbine Performances. 2006. [http://www.pyrosolar.com/WR\\_power\\_eng4.xls](http://www.pyrosolar.com/WR_power_eng4.xls) [16.02.2011].

Kaldellis, J. K. 2002. Optimum autonomous wind-power system sizing for remote consumers, using long-term wind speed data. – Applied Energy, 71, p. 215–233.

Mathew, S. 2006. Wind Energy. Fundamentals, Resource Analysis and Economics. Springer, Berlin, 246 p.

Proven Energy Infopack. 2007. [http://www.provenenergy.co.uk/pdf/Proven\\_InfoPack\(export\).pdf](http://www.provenenergy.co.uk/pdf/Proven_InfoPack(export).pdf) [16.02.2011].

Pöder, V., Lepa, J., Palge, V., Peets, T., Annuk, A. 2009. The estimation of needed capacity of a storage system according to load and wind parameters. – Oil Shale, 26(3S), p. 283–293.

Pöder, V., Peets, T., Toom, K., Annuk, A. 2010. The estimation of wind lull and consumption factor influence on autonomous wind energy system. – Agronomy Research, 8, Eesti Maaülikool, Tartu, p. 226–235.

Tuulivoimala Technical Data–WP3KW, WP5KW, WP10KW, WP20KW. 2007. <http://www.silmukkavirta.fi/tuotteet/tuulivoimat/tuulivoimalat/wp-kw.pdf> [16.02.2011].

### Compatibility of energy consumption with the capacity of wind generators

Vahur Pöder, Andres Annuk

#### Summary

According to different development plans, the importance of renewable energy resources in Estonia should be growing. Of the range of different renewable resources, the proportion and growth of wind generated electricity is the highest. Most of current grid-connected wind generators are located in coast area and on islands with high average wind speed ( $5–7 m s^{-1}$ ) in Estonia, but there might be need for wind electricity in inland (average wind speed  $2.5–3.5 m s^{-1}$ ). Autonomous wind energy systems might have some applications in locations without an existing electric network. Such a system might consist of a wind turbine generator and a storage device. Wind data analysis is necessary to estimate the energy production of a wind generator. Momentary and average wind speeds over a specified period can be used to describe potential wind energy.

The aim of the research was to describe efficient autonomous wind energy system in area with low average wind speed. It means wind energy system with maximum power utilization factor and reliable energy supply. Data from a group of small-power wind generators was obtained and their power curves analyzed. A second order polynomial was created to describe the power curve of the wind generator. The annual mean capacity of a small WTG was calculated by using this normalized power curve for six different locations in Estonia.

Annual energy production could be calculated using wind data and expected generator capacity, but it does not describe the reliability of the energy supply. Relatively long periods without wind may occur. The concept of an energy lull was introduced to describe periods without wind energy production. Storage device should be able to ensure an energy supply for the duration of a maximum energy lull. The length of energy lulls was found from wind measurement data. Method for the calculation of probabilities of energy lulls was described.

**Results and conclusions:**

1. The power curves of small wind generators (nominal power of  $< 100$  kW and a cut-in speed of  $< 3$  m s<sup>-1</sup>)

may be divided into two groups, according to the form of the curve after it reaches the maximum. Because wind speeds exceeding 13 m s<sup>-1</sup> are rare in inland of Estonia, the first rising slope of the power curve can be accurately modeled by a second order polynomial.

2. Energy lulls are periods without wind energy production. The duration of energy lulls is highest inland, and the frequency of the shortest energy lulls is higher. The probability of an energy lull can be described by the Weibull distribution.

# INTEGREERITUD TAIMEKAITSE KASUTAMINE ODRAL JA KAERAL

Pille Sooväli

Jõgeva Sordiaretuse Instituut, Aamisepa 1, Jõgeva alevik 48309

**ABSTRACT.** Efficacy of the fungicide tebuconazole was tested in two treatment regimes in three spring barley and four oat varieties belonging to different resistance categories in years 2003–2005, the effect of fungicide on fungal contamination of harvested barley grain was tested in 2004–2005 and the effects of four fertilizer doses and two variants of chemical treatments on fungal disease infection and yield of two oat varieties was tested in 2006–2008. All experiments were carried out at Jõgeva Plant Breeding Institute. The impact of the fungicide on the control of major barley pathogens *Pyrenophora teres* and *Cochliobolus sativus* and oat pathogens *Pyrenophora avenae* and *Puccinia coronata*, as well as kernel yield was studied in the field trials. The fungicide treatment had a strong impact on the control of infection of *P. teres* and increase grain yield. For the more resistant barley genotype, fungicide application had relatively low returns because of the much higher level of biological resistance and small disease-related yield reductions. There were no single solutions for timing of the fungicide application on oat. Depending on the weather conditions, better efficacy in disease control or higher economic return was achieved from fungicide use at flag leaf stage or at heading stage. The significant differences in levels of disease infection and grain yields between fertilizer and chemical inputs and oat varieties were observed. The infection level of oat diseases and yield increase resulting from intensive fertilizers with pesticides were mostly influenced by the yearly weather conditions. It was found that the fungicide and genotype factors contributed to the variance seen in fungal contamination. The time of fungicide application had clear effect on the incidence of phytopathogenic fungal species. The results illustrate the possibility of use of fungicide and variety resistance based disease control strategy for reduction of seed contamination by fungal spores.

**Keywords:** spring barley, oat, resistance, fungicide, application time, fertilizer, yield, profitable.

## Sissejuhatus

Integreeritud taimekaitse eesmärk on pestitsiidide kasutamise piiramine, vältides seejuures võimalikke negatiivseid kõrvalmõjusid. Euroopa Nõukogu ja Komisjoni direktiiv 3607/09, millega kehtestatakse ühenduse tegevusraamistik pestitsiidide säästval kasutamisel, seab eesmärgiks vähendada taimekaitsevahendite kasutamisega seotud ohtusid inimese tervisele ja keskkonnale ning sõltuvust pestitsiidide kasutamisest (Official Journal of the European Union 24.11.2009). Ühe olulisema komponendina direktiivi eesmärkide saavutamisel nähakse integreeritud taimekaitse laiaulatuslikku rakendamist, rõhutades seejuures seonduvate teadusuuringute olulisust. Eesti tingimustes ei ole fungitsiidide vähenda-

tud kulunormide kasutamise efektiivsust keskkonnasõbraliku taimekaitse meetodina seni teaduslikult uuritud. Selles osas pakub käesolev töö uudset teaduslikku informatsiooni.

Eestis on odral enamlevinud ja saagikadu põhjustav lehestikuhaigus võrklaiksus (haigustekitaja *Pyrenophora teres*) ja kõrreliste pruunlaiksus (haigustekitaja *Cochliobolus sativus*) (Tamm, 2003a). Kaera kahjustavad ja saagikust mõjutavad kasvu ajal kõige enam kaera kroonrooste (haigustekitaja *Puccinia coronata*) ja pruunlaiksus (haigustekitaja *Pyrenophora avenae*) (Tamm, 2003b).

Taimehaiguste arenemiseks on vajalik nii peremeestaime kui patogeeni populatsioonide olemasolu (Agrios, 1997). Taimehaiguste esinemise sageduse ja arengu kiiruse piiramisel on oluline roll haiguskindlate sortide kasvatamine. Olenevalt resistentsuse tüübist ja haigustekitaja populatsioonist võib haiguskindlam sort mõjutada nii patogeeni kogust kui nakkuse arengu kiirust (Yuen, Djurle, 1998; Wolpert *et al.*, 2002; Das *et al.*, 2007).

Haiguskindlate sortide aretuses on kasutada kahte tüüpi resistentsust. Rassispetsiifiline resistentsus tagab täieliku haiguskindluse patogeeni teatud rasside suhtes. Praeguseks on rassispetsiifilise resistentsuse kasutamisest loobutud kiiresti ja suurte vahemaade taha levivate, taime kasvuperioodi jooksul mitut põlvkonda tootvate ja suure geneetilise muutlikkusega haigustekitajate suhtes, mille populatsioonides arenevad kiiresti uued, resistentseid sorte nakatavad genotüübid. Polügeenne ehk horisontaalne resistentsus tagab osalise, kuid mitte täieliku haiguskindluse haigustekitaja kõigi genotüüpide suhtes, ning kontrollib infektsiooni ulatust ja nakatumise kiirust peremeestaimes. Parima ja pikemaajalise haiguskindluse tagab mõlema resistentsustüübi kooskasutamine (Jalali, Bhargava, 2002; Wolpert *et al.*, 2002).

Taimehaiguste tõrjeks kasutatakse kaitsva ja tõrjuva toimega fungitsiidide. Kaitsva toimega fungitsiidid tagavad uute infektsioonide tõrje, vähendades sellega patogeeni kogust. Fungitsiidi mõjuperioodi möödudes on patogeenid võimelised jällegi taime nakatama, kuid taim on vahepeal edasi kasvanud ning haigustekitaja teda enam niivõrd ei ohusta. Tõrjuva toimega fungitsiidid hävitavad haigustekitajad nakatunud taime kudedes. See grupp fungitsiidide töötab haiguse koguse vähendajana, kuid mõju on lühemaajaline. Kiiresti progresseeruvate taimehaiguste suhtes omavad patogeeni kogust vähendava tõrjuva toimega fungitsiidid väikest efekti (Yuen, Djurle, 1998).

Seega omavad haiguskindlad sordid ja fungitsiidid sarnaseid mõjusid haigustekitajate populatsioonide piiramisel ja taimehaiguste tõrjel. Taimede haiguskindluse ja fungitsiidide oskuslik kooskasutamine võimaldab tagada taimehaiguste efektiivse ja keskkonnasäästliku tõrje. Kuna haigustekitajad võivad geneetiliselt muutuda ja sellega seoses väheneb taimede haiguskindlus või

fungitsiidi toime efektiivsus, on vaja anda teaduslikult põhjendatud praktilisi täpsustusi taimekaitse soovitude kohta. Käesoleva uurimuse eesmärgid on Eesti tingimustes selgitada sordi resistentsuse ja fungitsiidi kasutamise võimalused efektiivse haigustõrje tagamisel, sordi resistentsuse täiendamine fungitsiidide vähendatud normide kasutamisega epidemioloogiliselt olulisel ajal; kasvuaegse haigustõrje mõju seemnega edasikanduvate haigustekitajate nakkuse vähendamisele; väetamise ja taimekaitse koosmõju kaera haiguste esinemisele ja saagikusele.

### Metoodika

Efektiivsuskatseid majanduslikult optimaalsete fungitsiidi koguste ja kasutamisaegade selgitamiseks odral ja kaeral uuriti 2003.–2005. aastani, kasvuaegse haigustõrje mõju odraterade saastumisele mikroorganismidega uuriti 2004.–2005. aastani, väetisfooni ja fungitsiidide kasutamise mõju kaerahaiguste esinemisele uuriti 2006.–2008. aastani. Kõik katsed viidi läbi Jõgeva Sordiaretuse Instituudis. Põldkatsed korraldati leostunud mullal ( $K_0$ ), mille pH oli 5.8, P 190, K 180, Ca 1520, Mg 64, Cu 1.3, Mn 41, B 0.7 mg kg<sup>-1</sup>. Odra ja kaera haigustõrje katsed külvati optimaalsel ajal mai alguses 20 m<sup>2</sup> randomiseeritud katselappidena kolmes korduses, külvienormiga 500 idanevat tera 1 m<sup>2</sup>. Külvielselt anti 500 kg ha<sup>-1</sup> mineraalväetist Kemira Power 18 (18 N, 9 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 9 K<sub>2</sub>O) normiga 80 kg N ha<sup>-1</sup>. Pealtväetisena kasutati AN 43 normiga 80 kg ha<sup>-1</sup> kultuuri võrsumise kasvufaasis (BBCH 21–22). Kõigis katsetes kasutati sertifitseeritud puhtimata seemet ja tehti keemiline umbrohutõrje. Terasaagid koristati kombainiga Hege 125 C, kaaluti ja sorteeriti. Saagid arvutati ümber 14% niiskusesisaldusele.

Odra haigustõrje katses kasutati sorte 'Anni', 'Barke' ja 'Extract', kaera haigustõrje katses sorte 'Jaak', 'Villu', 'Hecht' ja 'Belinda'. Katsetes kasutati triasoolide rühma fungitsiidi Folicur 250 EW (toimeaine 250 g tebukonasooli), odral jagatud (2 x 0.5 l ha<sup>-1</sup>) ja programmi I-Taimekaitse soovitatud kulunorme 0.3 l ha<sup>-1</sup> (2003), 0.16 l ha<sup>-1</sup> (2004), 0.15 l ha<sup>-1</sup> (2005) ning kaeral täisnormi (1.0 l ha<sup>-1</sup>) erinevatel pritsimisaegadel, lisaks kontrollvariandid. Mõlema kultuuri puhul hinnati taimehaigustesse nakatumist visuaalselt saajaprotsendilise skaala alusel kolmelt ülemiselt lehelt vahetult enne igat pritsimist ja kaks nädalat pärast tõrjet. Viimane hindamine tehti vahaküpsuse kasvufaasis (BBCH 81–83).

Kaera väetise ja fungitsiidide efektiivsuse hindamise katses külvati sordid 'Villu' ja 'Flämingsprofi' 9 m<sup>2</sup> lappidele kolmes korduses mai algul külvinormiga 600 idanevat tera 1 m<sup>2</sup>. Külvielselt kasutati kompleksväetise Kemira Power (N<sub>18</sub>P<sub>4</sub>K<sub>7</sub>) nelja erinevat väetisnormi (N0 = N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> kg ha<sup>-1</sup>; N1 = N<sub>60</sub>P<sub>13</sub>K<sub>23</sub> kg ha<sup>-1</sup>; N2 = N<sub>100</sub>P<sub>22</sub>K<sub>39</sub> kg ha<sup>-1</sup>; N3 = N<sub>140</sub>P<sub>31</sub>K<sub>54</sub> kg ha<sup>-1</sup>). Kaera kõrsumise kasvufaasis (BBCH 32) anti kasvuregulaatorit CCC (toimeaine chlormequat chloride 750 g l<sup>-1</sup>) 1.0 l ha<sup>-1</sup>, leheväetist Folicare normiga 8 kg ha<sup>-1</sup> (N<sub>12</sub>P<sub>20</sub>K<sub>7</sub> g kg<sup>-1</sup>, BBCH 21–22), (N<sub>18</sub>P<sub>8</sub>K<sub>15</sub>, BBCH 51–52, loomise alguse faas), (N<sub>10</sub>P<sub>2</sub>K<sub>33</sub>, BBCH 71–72, varajane piimküpsuse faas). Fungitsiididega tehti järg-

mised pritsimised: Tilt 250 EC (toimeaine propikonasool 250 g l<sup>-1</sup>) kulunormiga 0.5 l ha<sup>-1</sup> võrsumise lõpus – kõrsumise alguses (BBCH 29–30) 2006. aastal, Folicur 250 EW kulunormiga 1.0 l ha<sup>-1</sup> loomise alguses (BBCH 50–51) 2007. ja 2008. aastal. Taimehaigustesse nakatumist hinnati visuaalselt üheksapallilise skaala alusel kolmelt ülemiselt lehelt. Viimane hindamine tehti vahaküpsuse kasvufaasis.

Kõigi katsete fungitsiididega pritsimised tehti jalgrattapritsiiga 6 Hardy pihustitega 4110–12, poomi laius 2.5 m, vee kogus 300 l ha<sup>-1</sup>.

Fungitsiidi kasutamise majandusliku tasuvuse arvutamisel arvestati odra ja kaera 2003.–2005. aasta keskmist kokkuostuhinda 0.1 € kg<sup>-1</sup>, pritsimiskuludeks 7.7 € ha<sup>-1</sup> ja Folicur 250 EW täisdoosi maksumuseks 33.55 € ha<sup>-1</sup> (kõik hinnad ilma käibemaksuta).

Koristatud terade pinnalt määrati haigustekitajate liigiline koosseis igast katse variandist 25 teralt kolmes korduses niiskuskambri meetodil (10 päeva Petri tassis 20 °C juures 12 h ööpäev režiimil) ja mikroskopeerimisega (Olympus CX 31, 40 x suurendus). Esinenud seenete liigid väljendati %-des iga variandi kohta: (nakatunud terade arv / kogu terade arv) x 100.

Andmete statistiliseks analüüsiks kasutati tarkvara-programmi Agrobase<sup>TM</sup> 20. Tulemuste statistilisel analüüsil kasutati dispersioonanalüüsi, mille abil leiti determinatsioonikoeffitsiendid. Sortide keskmise saagikuse ja piirdiferentside leidmiseks kasutati NNA (Nearest Neighbours Analysis) meetodit. Olulisusnivooks võeti 0.05.

Ilmastikuandmed saadi katsepõllule paigaldatud agrometeoroloogilise automaattilmajaama Metos Compact abil. 2003. aasta ilmastikku iseloomustas vihmane mai, keskpärase temperatuuriga juuni, soe ja kuiv juuli ning väga vihmane august. 2004. aastal iseloomustas põuane mai, tavapärasest jahedam ja väga vihmane juuni, kuiv juuli ning vihmane august. 2005. aasta vegetatsiooniperioodi ilm oli juunis ja juulis väga kuiv ning sademetevaene ja juuli ning augusti õhutemperatuurid ületasid pikaajalisi keskmisi selle perioodi temperatuure. 2006. ja 2007. aasta õhutemperatuurid olid küll teiste katse-aastate sama perioodiga võrreldes kõrgemad, kuid pikaajaliste keskmistega võrreldes jäid madalamaks. 2006. aastal oli põuane juuni, 2007. aastal juuni ja juuli. Nii 2006. kui 2007. aasta olid suhteliselt sademetevaesed, kuid vihmasema 2008. aasta sademete hulk ületas ka pikaajalist keskmist sademete summat ning teravilja koristusperiood langes märga vihmaperioodi.

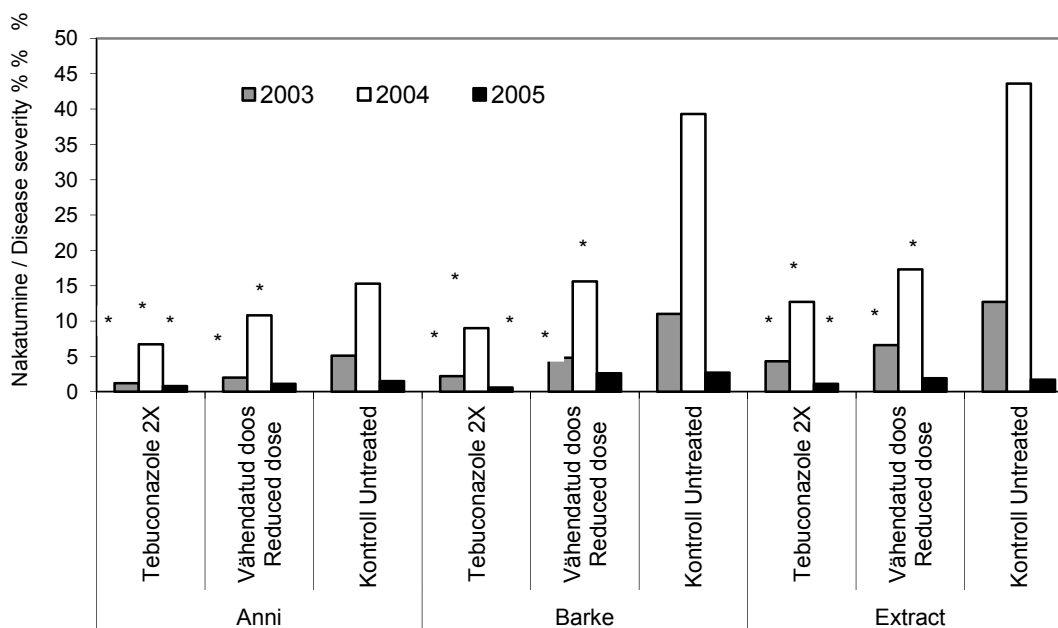
### Tulemused ja arutelu

Odra haigustõrje katses saavutati võrklaiksuse (haigustekitaja *Pyrenophora teres*) levikuks soodsamatel, 2003. ja 2004. aastal kõige efektiivsem tõrje Folicur 250 EW täisdoosi jagatud pritsimisega, sama tendents esines ka võrklaiksuse levikuks vähemoodsal, 2005. aastal (joonis 1). Kuid ka vastavalt I-Taimekaitse programmi soovitatud kulunorm oli haiguse tõrjeks piisav 2003. a õigeaegse tõrje korral. Kirjandusest võib leida andmeid, et vähendatud fungitsiidi koguse kasutamise efektiivsus sõltub kasvuaasta ilmastikutingimustest ja sordi resis-



tentsuse tasemest (Jørgensen *et al.*, 1996; Hardwick *et al.*, 2000; Henriksen *et al.*, 2000; Jørgensen *et al.*, 2003). Kõrreliste pruunlaiksuse (haigustekitaja *Cochliobolus sativus*) infektsiooni intensiivsus jäi madalaks

2003. ja 2005. aastal, aga 2004. aastal kahjustas taime olulisel tasemel, vajades kõige efektiivemaks tõrjeks kahekordset jagatud kulunormiga pritsimist.



**Joonis 1.** Tebukonasooli efektiivsus võrklaisuse tõrjel ja pritsimata kontroll odra 2. lehel erinevatel sortidel 2003.–2005. a, statistiliselt usaldusväärne erinevus ( $P < 0.05$ ) võrreldes pritsimata kontrolliga

**Figure 1.** Efficacy of tebuconazole application against *P. teres* and untreated control on L-2 leaves in spring barley varieties in 2003–2005, significant difference at the 0.05 level of probability as compared with the untreated control

Ka kõige väiksemad preparaatide kogused vähendasid odral haiguse levikut, eriti haiguste levikule soodsal 2004. aastal. I-Taimekaitse soovituste järgimine oli igati põhjendatud, kuna programm arvestas sordi resistentsuse ja ilmastiku näitajatega. Taimekaitse ja tootmine on efektiivsed, kui nad on kohandatud konkreetse sordi vajadustele konkreetsetes tingimustes. I-Taimekaitse soovitas kasutada väiksemat vastuvõetavat soovituslikku doosi võrreldes tavapritsimisega. Haiguskind-

lamal sordil 'Anni' jäid fungitsiidi erinevate koguste kasutamisel tõrjeefektiivsused küllaltki sarnaseks, seega täisnormi kasutamine oli enim õigustatud ainult vastuvõtlike sortide 'Extract' ja 'Barke' puhul haiguste levikule soodsal aastal. Katsetulemuste dispersioonanalüüsi andmed näitasid, et mõlema taimehaiguse intensiivsusele oli kõige suurem aasta mõju (tabel 1). Katsetulemuste näitasid, et haiguskindlamad odrasordid vajavad vähem intensiivset kaitset.

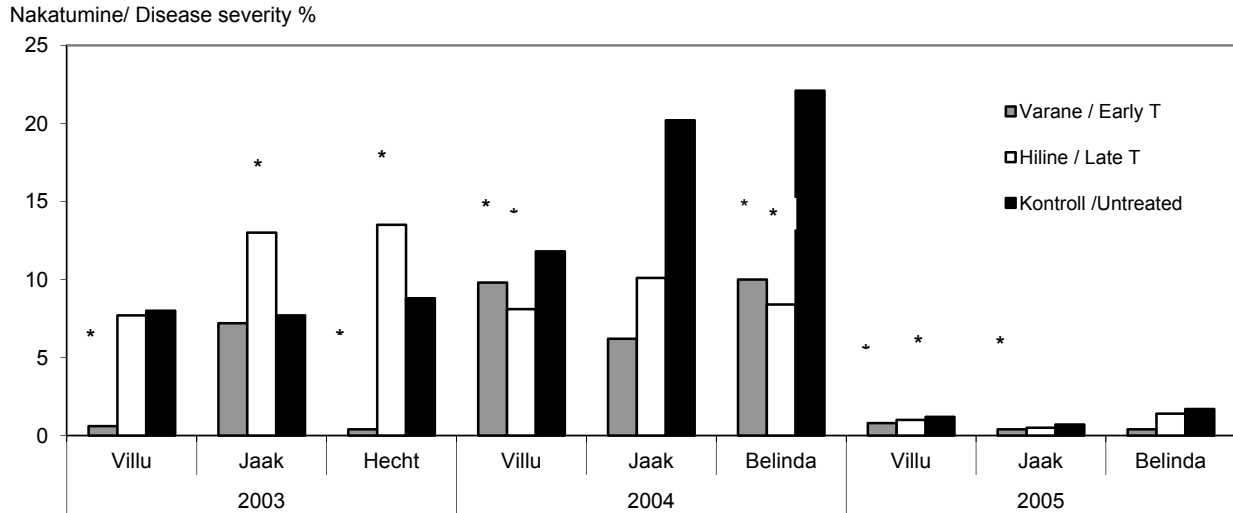
**Tabel 1.** Odra nakatumine haigustesse *P. teres* ja *C. sativus* erineva variatsiooni allika puhul (ANOVA)

**Table 1.** Infection of spring barley by *P. teres* and *C. sativus* at different variation sources

	<i>P. teres</i>	$P > F$	<i>C. sativus</i>	$P > F$
Pritsimine/Treatment	20.8	0.000	4.0	0.000
Aasta/Year	58.0	0.000	38.8	0.000
Sort/Variety	7.7	0.000	37.0	0.000
Aasta x pritsimine / Year by treatment	8.7	0.000	2.0	0.000
Aasta x sort / Year by variety	2.8	0.000	16.4	0.000
Aasta x sort x pritsimine / Year by variety by treatment	2.1	0.000	1.8	0.000
R <sup>2</sup>	0.7236		0.4608	

Kaera haigustõrje katses saavutati 2003. aastal oluline pruunlaiksuse infektsiooni vähenemine Folicur 250 EW täisdoosi kasutamisel lipulehe kuni viljatupe avanemise kasvufaasides (BBCH 37–41, varane tõrje) haigusele

vastuvõtlikumatel sortidel 'Villu' ja 'Hecht' (joonis 2). Pruunlaiksuse tõrje hilisemates kasvufaasides loomise lõpust õitsemise alguseni (BBCH 59–63, hiline tõrje) ei olnud efektiivne ühelgi katseastal.

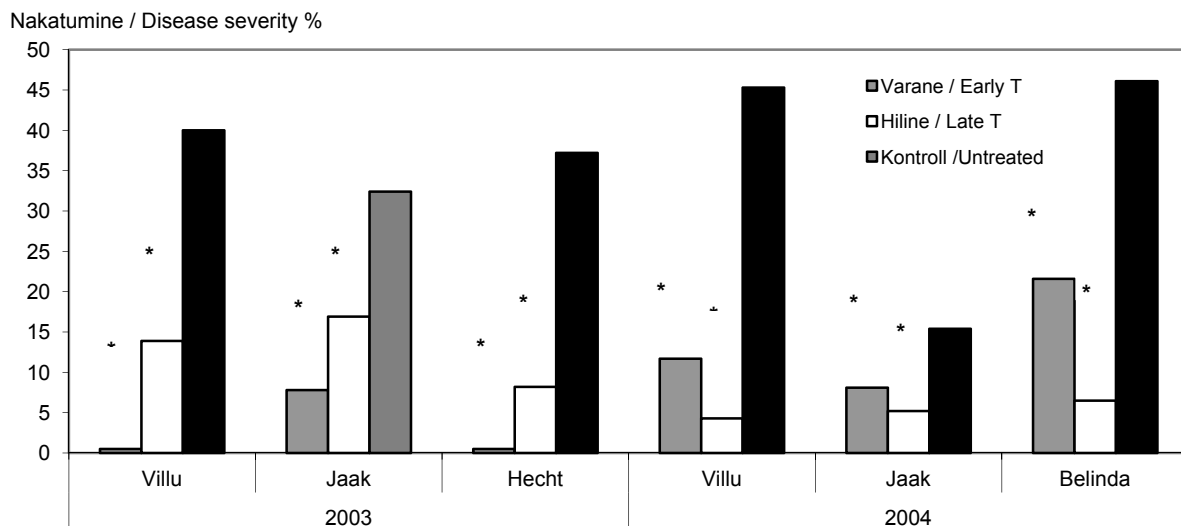


**Joonis 2.** Tebukonasooli efektiivsus kaera pruunlaiksuse tõrjel ja pritsimata kontroll kaera sortidel 2. lehel 2003.–2005. a, statistiliselt usaldusväärne erinevus ( $P < 0.05$ ) võrreldes pritsimata kontrolliga

**Figure 2.** Efficacy of tebuconazole application against *P. avenae* and untreated control on L-2 leaves in oat varieties in 2003–2005, significant difference at the 0.05 level of probability as compared with the untreated control. T – treatment

Kaera kroonrooste tõrjel oli varane pritsimine (BBCH 37–41) efektiivsem 2003. aasta soojal ja keskmiste sademetega suvel kõikidele erineva resistentsuse tasemega sortidele (joonis 3). 2004. aasta jahedamal suvel, kui haiguse lööbimine hilines ja peremeestaimede nakatumise tase jäi madalamaks, osutus efektiivsemaks hiline pritsimine (BBCH 59–63). Kroonrooste virulentsuse spekter ja sellele soodsad levimistingimused mõjutasid pritsimisaja efektiivsust. Üldiselt jäi keemilise tõrje mõju nõrgaks olukordades, kus haigustekitaja juba kahjustas taime, kuid vältis efektiivselt

uut eoste põlvkonda. Kõige madalam efekt haigustõrjele saadi resistentsemal sordil 'Jaak'. Katsega tõestati, et oluline on pritsimise ajastamine, mis põhineb taimehaiguste survele. Kui haigus lööbib hilja, ei ole selle bioloogiline mõju nii suur. Sageli arenevad taimehaigused juulis sademete tõttu hüppeliselt, õigeaegne tõrje võimaldab selle ära hoida. Katsetulemused andsid selge tõenduse suurtest hooajalistest erinevustest haigustõrje ajastamises. Kaeral ei ole sageli haigustõrje vajalik (Newton *et al.*, 2003).



**Joonis 3.** Tebukonasooli efektiivsus kaera kroonrooste tõrjel ja pritsimata kontroll kaera sortidel 2. lehel 2003.–2005. a, statistiliselt usaldusväärne erinevus ( $P < 0.05$ ) võrreldes pritsimata kontrolliga

**Figure 3.** Efficacy of tebuconazole application against *P. coronata* and untreated control on L-2 leaves in oat varieties in 2003–2005, significant difference at the 0.05 level of probability as compared with the untreated control. T – treatment

Taimehaigusesse nakatumist mõjutab oluliselt sort, väetise kasutamine ja ilmastikutingimused (Krupinsky *et al.*, 2007). Kaera väetise ja fungitsiidide efektiivsuse hindamise katses kaerahaiguste esinemist mõjutavate

faktorite analüüs (tabel 2) kinnitab, et ainult külveelse väetamise korral korreleerub kroonrooste intensiivsus tugevasti aasta ilmastiku, sordi resistentsuse ja mulda viidud väetise kogusega ( $R^2 = 0.933$ ,  $P < 0.001$ ).

Sarnaselt Krupinsky *et al.* (2002) tulemustega, mõjutas pruunlaiksuse esinemist enam aasta, väetamine, sordi haiguskindluse ja aasta koosmõju ning aasta ja väetamise koosmõju ( $R^2 = 0.838$ ,  $P < 0.001$ ). Intensiivsel väetise- ja taimekaitsefoonil oli suurim seos aasta ja kroonrooste esinemise vahel. Samal foonil oli ka sordi mõju märkimisväärsem võrreldes ilma taimekaitseta väetami-

se variantidega. Väetamise ja taimekaitse kooskasutamisel omas suurimat mõju aasta ( $R^2 = 0.712$ ,  $P < 0.001$ ). Võrreldes kontrolliga intensiivistus väetiskoguste suurenemisel nii kroonroostesse kui pruunlaiksusesse nakatumine. Oodatult vähendas keemilise taimekaitse kasutamine mõlemasse haigusse nakatumise taset kõikides väetamise variantides.

**Tabel 2.** Kaera nakatumine haigustesse *P. coronata* ja *P. avenae* erineva variatsiooni allika puhul (ANOVA)

**Table 2.** Infection of oat by *P. coronata* and *P. avenae* at different variation sources (ANOVA)

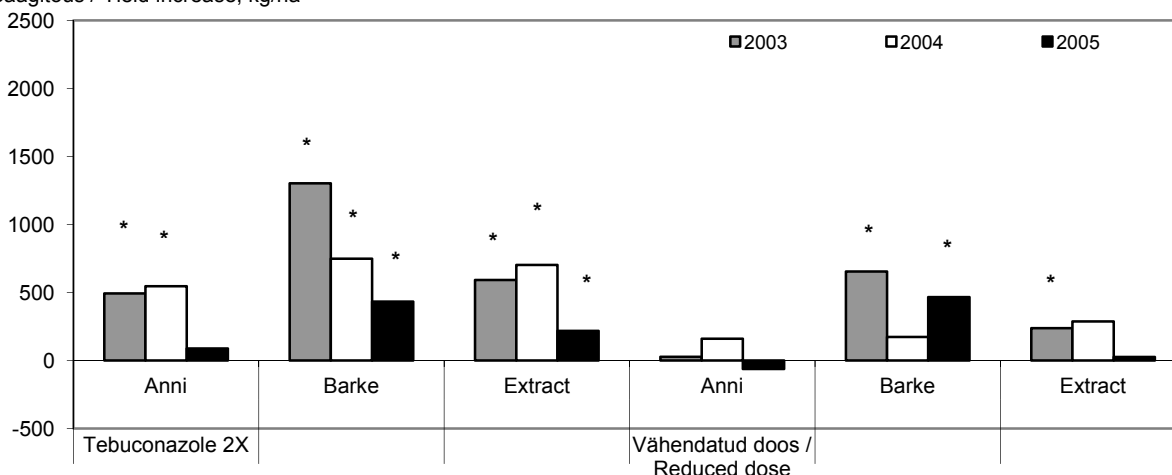
	<i>P. coronata</i>	SED(df)	<i>P. avenae</i>	SED(df)
Mulla väetis / Soil fertilization				
Aasta/Year	70.4 ***	0.1866 (2)	61.0 ***	0.1741 (2)
Sort/Variety	5.4 ***	0.1523 (1)	0.7 ns	0.1421 (1)
Pritsimine/Treatment	2.5 ***	0.2154 (3)	8.5 ***	0.2010 (3)
Sort x aasta / Variety by year	9.0 ***	0.2638 (2)	6.3 ***	0.2462 (2)
Aasta x pritsimine / Year by treatment	5.8 ***	0.3731 (6)	6.7 *	0.3482 (6)
R <sup>2</sup>	0.9328		0.8384	
Mulla väetis +CCC / Soil fertilization + CCC				
Aasta/Year	44.9 ***	0.1445 (2)	19.6 ***	0.1132 (2)
Sort/Variety	14.2 ***	0.1180 (1)	15.7 ***	0.0924 (1)
Pritsimine/Treatment	1.2 ns	0.1668 (3)	15.5 ***	0.1307 (3)
Sort x aasta / Variety by year	8.7 ***	0.2043 (2)	6.4 **	0.1601 (2)
Aasta x pritsimine / Year by treatment	6.9 *	0.2890 (6)	14.2 ***	0.2264 (6)
R <sup>2</sup>	0.7794		0.7394	

\* olulisus/significance at  $P < 0.05$ ; \*\* olulisus/significance at  $P < 0.01$ ; \*\*\* olulisus/significance at  $P < 0.001$ ; ns – ebaoluline / non-significant

Suurema enamsaagi saamise tõenäosus oli suurem kõrgema saagitaseme korral (joonis 4). Kuigi täisnormiga pritsimisel saadakse suure tõenäosusega suurem saak, olid keskmise haiguse levikuga aastatel kulutused fungitsiidile suuremad võrreldes saagilisast saadud kasumiga. Odra enamsaagi (väljendatud hektari saagina  $\text{kg ha}^{-1}$ ) väärtuse ja majandusliku tasuvuse ( $\text{€ ha}^{-1}$ ) analüüs näitas, et väga olulised olid fungitsiidi hind ja kultuuri oodatav realiseerimishind. Sarnaselt Soome (Laine *et al.*, 2007) ja Bavaria (Tischner, Schenkel, 2006) tulemustega selgus ka siin, et võrreldes enamsaagi hinda fungitsiidile ja pritsimisele tehtud kulutustega, oli fungitsiidi kasutamine

majanduslikult kasulik väiksema haiguskindlusega odra-sordil 'Barke' kõigi katseaastate I-Taimekaitse ja 2003., 2004. aasta jagatud pritsimistega variantides ning sordi 'Extract' 2003., 2004. aasta mõlemas töödeldud varian-dis. Arvestades odra realiseerimishindu oleks haigustõrjes mõttekas suurendada I-Taimekaitse soovituslikku kulu-normi ja loobuda suure kuluga kahekordsest pritsimisest. Katsetulemused Taanis näitavad sarnast tendentsi (Jørgensen *et al.*, 2000). Täisnormiga haigustõrje oli õigustatud ainult vastuvõtliku sordi puhul haiguste levi-kule soodsal aastal.

Saagitõus / Yield increase, kg/ha

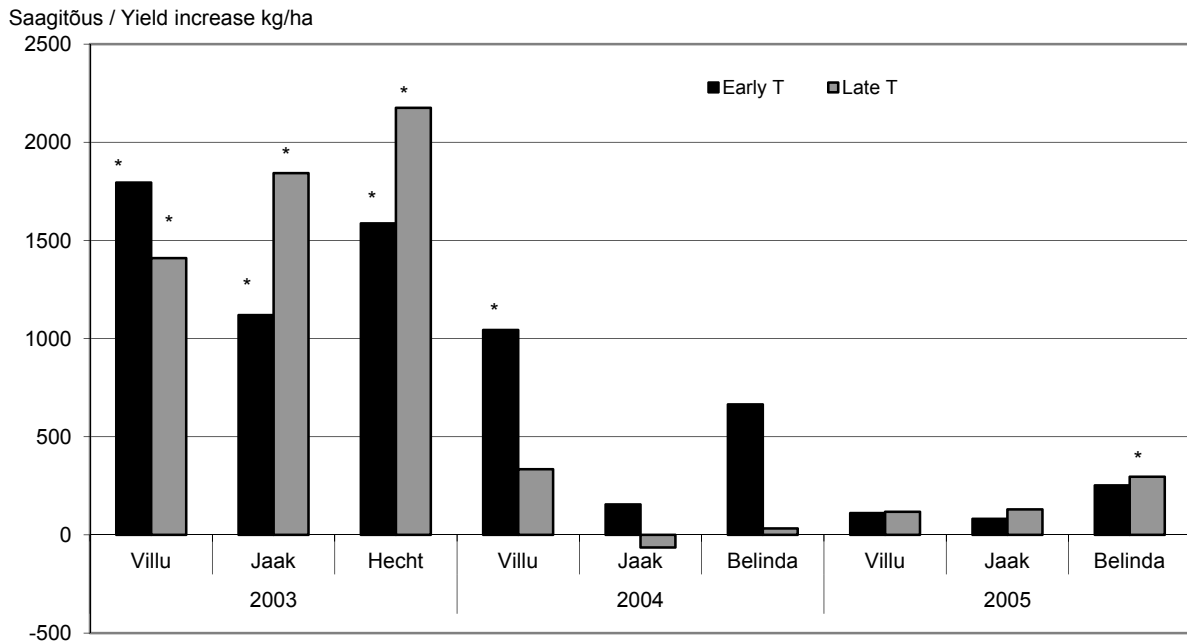


**Joonis 4.** Odra saagitõus võrreldes pritsimata kontrolliga 2003.–2005. a, statistiliselt usaldusväärne erinevus ( $P < 0.05$ ) võrreldes pritsimata kontrolliga

**Figure 4.** Yield increase  $\text{kg ha}^{-1}$  of spring barley in fungicide treatments in comparison with untreated control crop in 2003–2005, significant difference at the 0.05 level of probability as compared with the untreated control

Kaera katses oli saagitõus positiivne enamikes töödeldud variantides (joonis 5). 2003. aastal kattis kõigi variantide puhul enamsaagist saadud tulu fungitsiidi ja töö maksumuse. 2004. aastal oli majanduslikult tulus haiguste vastuvõtlikumate sortide varane ehk ennetav tõrje. Fungitsiidi tõrjeaja valik ennetava või kaitsva

toimena, vastavalt sordi haiguskindlusele, aitas vähendada taimehaiguse intensiivsust ning mõjutas haiguse levikut. Ka kaera enamsaagi (väljendatud hektari saagina  $\text{kg ha}^{-1}$ ) väärtuse ja majandusliku tasuvuse ( $\text{€ ha}^{-1}$ ) analüüs näitas, et väga olulised olid fungitsiidi hind ja kultuuri oodatav realiseerimishind.



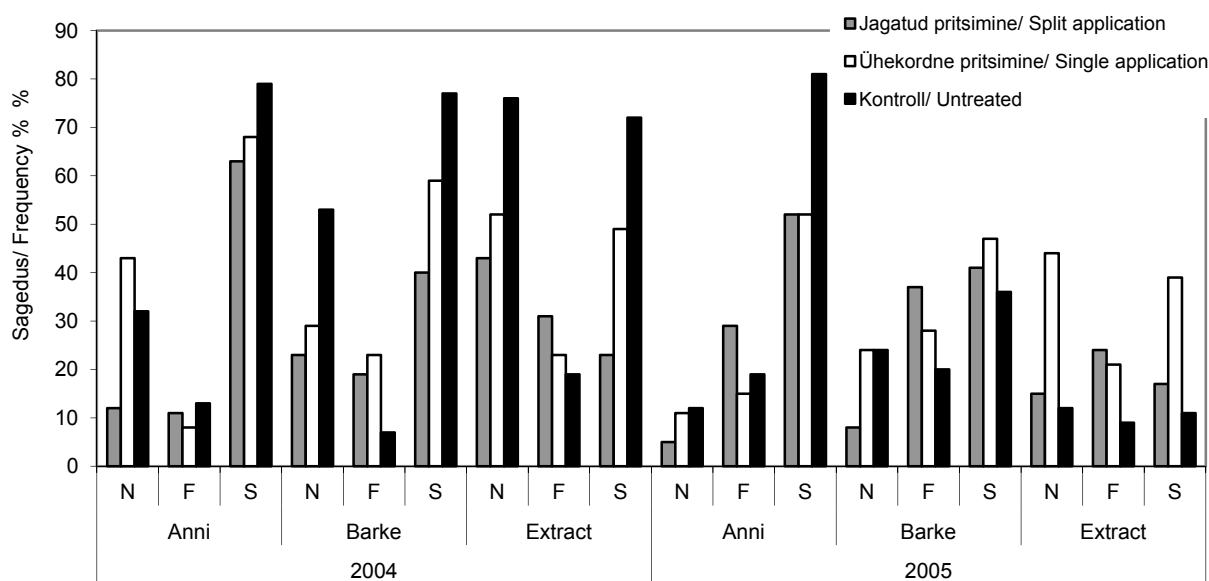
**Joonis 5.** Kaera saagitõus võrreldes pritsimata kontrolliga 2003.–2005. a, statistiliselt usaldusväärne erinevus ( $P < 0.05$ ) võrreldes pritsimata kontrolliga

**Figure 5.** Yield increase  $\text{kg ha}^{-1}$  of oat in fungicide treatments in comparison with untreated control crop in 2003–2005, significant difference at the 0.05 level of probability as compared with the untreated control

Nendes odra ja kaera haigustõrje katsetes ei ole välja toodud terade kvaliteedi ja fungitsiidi kasutamise vahelisi seoseid, kuid fungitsiidi kasutamisel võib paraneda terade kvaliteet sellisel määral, et sellest tõuseb teravilja hind ja muutub ka tasuvus, kuna kõrgem kvaliteet võimaldab realiseerida saaki kõrgema hinnaga.

Teraviljal arenevad patogeensed haigustekitajad kurnavad taimeosi, mis alluvad kergesti ka valminud teradel parasiteerivatele saprotroofsetele seentele, ning suurendavad tera pinnal ja idupiirkonnas haigustekitajate ja hallituste seente kahjustavat toimet (Mercer, Rud-

dock, 2002). Odra genotüüp ja kasvuaegne fungitsiidi kasutamine mõjutavad koristatud terade saastumist mikrosetega (joonis 6). Katsetes selgus, et sortide ja fungitsiidide valikuga saab lisaks kasvuaegsete taimehaiguste tõrjeefektiivsuse tõstmisele mõjutada ka järgmistesse aastatesse edasikanduvate fütopatogeensete ja saprotroofsete seente esinemist. Samuti on kasvuperioodi ilmastikutingimused tugevas seoses fütopatogeensete seente esinemisega odra teradel. Ainult *Alternaria* perekonna liikide puhul ei olnud aastal usutatavat mõju.



**Joonis 6.** Fütopatogeensete ja saprotroofsete seente esinemine odrasortide teradel erineva pritsimise korral 2004.–2005. a, N – nekrotroofid; F – fakultatiivsed saprotroofid, S – saprotroofid. PD0.5 = 0.10 (N); 0.11 (F, S)

**Figure 6.** Occurrence (%) of phytopathogenic and saprotrophic fungi in grain of spring barley varieties with different tebuconazole application 2004–2005. a., N- necrotrophes; F – facultative saprotrophes, S – saprotrophes LSD 0.05 = 0.10 (N); 0.11 (F, S)

### Kokkuvõte

Teraviljade lehestikuhaiguste keemilise tõrje efektiivsust mõjutab integreeritud lähenemine, kuhu kuulub taimekahjustajate määramine ja nakatumise ulatuse hindamine põllul, agrotehniliste ja keemiliste meetodite kasutamine ning kasvukohale sobiva haiguskindlama sordi valimine. Katsetulemustest võib järeldada, et arvestades keemilise taimekaitse hindasid, on kasulik haigustõrje võimalik, kui fungitsiide kasutatakse alates haigustesse nakatumise teatud tasemest. Majanduslikus mõttes ei ole tulus püüda fungitsiidi kasutamise hoida kultuur täiesti haigusvabana. Väga oluline on valida kohalikele põlluoludele sobivaim haiguskindel sort. Vale sordivaliku puhul võib majanduslik tulu oluliselt väheneda. Seega, keemiline tõrje on kõige tasuvam taimehaigustele keskmise vastuvõtlikkusega odrasortidel fungitsiidi vähendatud kulunormi kasutamisel. Taimehaigustele vastuvõtlikuma sordi puhul on saagikadu haiguste tõttu suurem, kui suudab seda kompenseerida fungitsiidi kasutamine, ja haiguskindlama sordi puhul sageli ületab fungitsiidi kasutamise maksumus saagitõusu arvelt saadud vilja hinna.

Kaera haigustõrjele ei ole ühest lahendust. Parima majandusliku kasumi saavutamiseks peab arvestama nii ilmastiku kui ka sordi resistentsusega. Fungitsiidi kasutamine on tulusam vastuvõtlikumal sordil haiguste levikule soodsamal aastal. Selgus, et haiguskindlam kaerasort Eesti oludes harilikult ei vaja keemilist haigustõrjet.

Keskmise ja suurema väetise koguse muldaviimine mõjutab kaera kroonroostesse nakatumise taset võrreldes väetamata variandiga.

Odra terade saastumist fütopatogeensete seentega mõjutavad nii kasvuhooaja ilmastikutingimused, sordi resistentsus kui ka fungitsiidi valik ja tõrje aeg. Fungitsiidid mõjuvad hästi lehestikuhaiguste tõrjele,

kuid neil on nõrk mõju koristatud terade saastumisele saprotroofsete seentega.

### Kirjandus

- Agrios, G.N. 1997. Plant pathology 4<sup>th</sup> edn. Academic Press, San Diego, p.115–142.
- Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC. – Official Journal of the European Union 24.11.2009. L 309 p. 1–50.
- Das, M.K., Griffey, C.A., Baldwin, R.E., Waldemaier, C.M., Vaughn, M.E., Price, A.M., Brooks, W.S. 2007. Host resistance and fungicide control of leaf rust (*Puccinia hordei*) in barley (*Hordeum vulgare*) and effects on grain yield and yield components. – Crop Protection 26(9), p. 1422–1430.
- Hardwick, N.V., Slough, J.E., Jones, D.R. 2000. Cereal disease control – are fungicides the sole answer? – Proceeding of the BCPC Conference: *Pests and Diseases* 2, p. 647–654.
- Henriksen, K.E., Jørgensen, L.N., Nielsen, G.C. 2000. PC-Plant Protection – a Danish tool to reduce fungicide input in cereals. – Proceeding of BCPC Conference: *Pests and Diseases* 2000, 1–3, p. 835–840.
- Jalali, B.L., Bhargava, S. 2002. Gene expression during host plant and fungal pathogen interactions. – Proceeding of the *National Academy of Science of India* 72, p. 235–255.
- Jørgensen, L.N., Hagelskjaer, L., Nielsen, G.C. 2003. Adjusting the fungicide input in winter wheat depending on variety resistance. – Proceeding of BCPC International Congress: *Crop Science & Technology*. 1, 2, p. 1115–1120.
- Jørgensen, L.N., Henriksen, K.E., Nielsen, G.C. 2000. Margin over cost in disease management in winter wheat and spring barley in Denmark. – Proceeding of BCPC Conference: *Pests and Diseases* 2000, p. 655–662.

- Jørgensen, L.N., Secher, B.J.M., Nielsen, G.C. 1996. Monitoring diseases of winter wheat on both a field and a national level in Denmark. – *Crop Protection* 15 (4), p. 383–390.
- Krupinsky, J.M., Bailey, K.L., McMullen, M.P., Gossen, B.D., Turkington, T.K. 2002. Managing Plant Disease Risk in Diversified Cropping Systems. – *Agronomy Journal* 94 (2), p. 198–209.
- Krupinsky, J.M., Halvorson, A.D., Tanaka, D.L., Merrill, S.D. 2007. Nitrogen and tillage effects on wheat leaf spot diseases in the Northern Great Plains. – *Agronomy Journal* 99, p. 562–569.
- Laine, P., Jalli, M., Hannukkala, A. 2007. Fungicides in field crops. In M. Jalli, J. Ketola, P. Koski and P. Laine (eds). Trial Report: *Fungicides and Insecticides*. – MTT Agrifood research Finland. Jokioinen: MTT. pp. 33.
- Mercer, P.C., Ruddock, A. 2002. Disease management of spring barley with reduced doses of fungicides in Northern Ireland. – *Crop Protection* 24 (3), p. 221–228.
- Newton, A.C., Lees, A.K., Hilton, A.J., Thomas T.B. 2003. Susceptibility of oat cultivars to groat discoloration: causes and remedies. – *Plant Breeding* 122, p. 125–130.
- Tamm, Ü. 2003a. Geneetilised ressursid õlleodra aretamisel. Väitekiri, Tartu, pp. 68–84.
- Tamm, I. 2003b. Genetic and environmental variation of grain yield of oat varieties. – *Agronomy Research* 1, p. 93–97.
- Tischner, H., Schenkel, B. 2006. Entscheidungsmodelle zur gezielten Schadpilzbekämpfung in Sommergerste. Versuch 812. In: Versuchsergebnisse aus Bayern. 2006. – Getreide. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Institut für Pflanzenschutz, Freising-Weißenstephan, pp. 16.
- Wolpert, T.J., Duncle, L.D., Ciuffetti, L.M. 2002. Host-selective toxins and avirulence determinants: What's in a name? – *Annual Review of Phytopathology* 40, p. 251–285.
- Yuen, J.E., Djurlle, A.M. 1998. Some Notes on Epidemiology An Introduction to Disease in Plant Populations. – NOVA-BA Post-graduate Course: *Management Aspects of Crop Protection and Sustainable Agriculture*. Latvia, Vecauce, pp. 17.
- (2005). Reduced fungicide dose Folicur 250 EW 0,3 l ha<sup>-1</sup> (2003) and 0,16 l ha<sup>-1</sup> (2004)) at right timing provided comparable disease control with split application. Reduced dose 0,15 l ha<sup>-1</sup> was significantly weaker than split application on eradication of *P. teres* in 2005. Spot blotch eradication was best with two applications in 2004 to control severe disease pressure. Application of reduced dose was sufficient to control in 2003 when the right timing for the application and the optimal dose for the disease pressure were chosen. The results of ANOVA indicate that the year had biggest influence on intensity of infection of both diseases (table 1).

Best protection of oat leaf spot disease was achieved with early treatment in 2003 (figure 2). Late treatment was less effective than early treatment in 2003 and 2005, but resulted highly better in control of fast epidemic in 2004. Late treatment had very limited effect on oat leaf spot control in 2003 and 2005 because infection occurred in early stage of plant development and fungicide was unable to control the already established infection. For oat crown rust good disease control was achieved with early treatment in the warm and moderately rainy summer in 2003 (figure 3). In 2004 at lower temperature and later spread of disease, late treatment was more effective. The lowest effect on disease control was observed in the most resistant variety 'Jaak' in both treatment times and in both years.

Results of effects of fertilizers on fungal disease infections on oat demonstrated that the increased level of soil fertilization increased the intensity of oat diseases. Crown rust infection decreased in high input conditions on higher nitrogen rates. This indicates that to some degree, pesticides help to prevent the increase in the disease infection level normally associated with fertilizer use. In the basic fertilization conditions severity of oat crown rust correlated highly with yearly climatic conditions, a variety, a fertilizer input and their interaction (table 2). The severity of oat leaf spot correlated highly with a year, a fertilizer input, the interactions between variety and a year and between a year and a fertilizer input.

As would be expected the split treatment strategy provided higher yields (figure 4). The best yield increase responses were achieved in the more susceptible varieties 'Barke' and 'Extract' in all years. The more resistant variety 'Anni' gave relatively low returns, because of much higher level of biological disease resistance. The best yield increase performs in oat trials was 2003 where highest yield increase was obtained in late treatment in varieties 'Hecht' and 'Jaak' (figure 5). An opposite was observed in variety 'Villu' where higher yield increase was obtained in early treatment. In conditions of very low disease pressure in 2005 higher yield increase were obtained from late treatment.

The choice of fungicide has significant impact on contamination and on the proportion of fungal species occurring on the harvested grain of spring barley. Yearly climatic conditions had a highly significant effect on the occurrence of the great majority of phytopathogenic fungi. The split application of tebuconazole was effective in reducing kernel contamination with necrotroph *C. sativus* (figure 6). This is an indication of the activity of tebuconazole in control of phytopathogenic fungi in later stages of barley development. The single application of reduced dose decreased kernel contamination with *C. sativus* only in the more susceptible varieties.

This study confirms that in practice effective management of foliar diseases depends on an integrated approach, which combines pathogen identification and infection assessments in the field with cultural and chemical methods and choice of resistant or tolerant varieties. The results indicate that considering the cost of chemical control, fungicides are recommended to be used only when the disease achieves a threshold of incidence to gain economical benefit.

## Integrated plant disease management in spring barley and oat production

Pille Sooväli

### Summary

The serious problems in spring barley and oat productions in Estonia are yield losses caused by infection by foliar diseases and the high cost of disease control in relation to the price of harvested grain. It is important to study the possibilities of combining resistance of varieties and the use of fungicides to effectively control the main diseases are net blotch caused by *Pyrenophora teres* and spot blotch caused by *Cochliobolus sativus* on spring barley and leaf spot caused by *Pyrenophora avenae* and oat crown rust caused by *Puccinia coronata* on oat, in addition the influence of nutrition regimes on disease incidence and economic return of disease control. The main aims was to test effects of integrated pest management under field conditions, use chemical and biological control strategies, find opportunities for pesticide reduction and effective use to adjust the fungicide dose and achieve the economical benefit of disease control.

The full dose of fungicide Folicur 250 EW (a.i. tebuconazole 250 g l<sup>-1</sup>) provided best protection and eradication of net blotch in all varieties (figure 1). Infection level varied between 1,2–4,3% (2003), 6,7–12,7% (2004) and 0,6–1,2%

# ERI MEETODITEL PALJUNDATUD JA AVAMAAL KASVATATUD KARTULI MERISTEEMTAIMEDE PRODUKTIIVSUSE NÄITAJATE ANALÜÜS

Marje Särekanno<sup>1,2</sup>, Katrin Kotkas<sup>1</sup>, Viive Rosenberg<sup>1</sup>, Jüri Kadaja<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaviljeluse Instituut, taimebiotehnoloogia osakond EVIKA, Teaduse 6a, Saku 75501

<sup>2</sup>Põllumajandusuuringute Keskus, põllumajandusseire- ja uuringute osakond, Teaduse 4/6, Saku 75501

<sup>3</sup>Eesti Maaviljeluse Instituut, põllumajandustehnika ja -tehnoloogia osakond, Teaduse 13, Saku 75501

e-mail: m.sarekanno@evika.org

**ABSTRACT.** The experiments carried out in 2005–2007 had two objectives: 1) to compare productivity indicators of plants regenerated from tip- and stem cuttings and truncated plants to that of plants propagated by the *in vitro* micro-plants method; and 2) to analyse the effect of multiplication method, experimental year, and variety on productivity indicators of potato meristem plants. The dynamics of the productivity indicators, like leaf area index; tuber number per plant; average tuber fresh mass and total tuber fresh mass; tuber size distribution; accumulation of total plant dry mass and tuber dry mass were investigated. From our experiments, it can be concluded that all investigated productivity indicators of field-grown potato meristem plants are dependent on the particular multiplication method, and on the experimental year. Variety was observed to have a significant effect on leaf area index, tuber number, and average tuber fresh mass. Plants multiplied by the *in vitro* micro-plants method had a smaller leaf area index, and more tubers per plant were formed, the average tuber fresh mass was smaller. A larger tuber number did not compensate for the relatively lower average tuber fresh mass; therefore, total tuber fresh mass, total plant dry mass, and tuber dry mass remained lower for *in vitro* micro-plants when compared with the other three multiplication methods. Our experiments demonstrated also that field-grown potato plants cultivated by tip-, and stem cuttings and truncated plants methods develop a size suitable for seed production (Ø 30–60 mm) two to three weeks earlier than plants multiplied by the MP method.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L., potato meristem plants, pre-basic seed, rapid multiplication method, plastic roll, the dynamics of the productivity indicators.

## Sissejuhatus

Seemnekasvatuse – ega ka kogu kartulikasvatuse – pole kartuli algseemne haigustest tervendamiseks võimalik. Tänapäevased taimebiotehnoloogia meetodid võimaldavad saada terveid ja suure saagivõimega kartulitaimi ka tugevalt viirushaigustesse nakatunud sortidest. Eestis tervendatakse ja uuritakse saagikuse ning haiguskindluse suurendamise võimalusi Eesti Maaviljeluse Instituudi taimebiotehnoloogia osakonnas EVIKA.

Sama oluline kui seemnekasvatuse algmaterjali tervendamine, on ka selle kiire ja massiline paljundamine, et efektiivselt ära kasutada tervendatud seemne saagivõimet ja lühendada seemnekasvatuse perioodi.

EVIKA-s välja töötatud tehnoloogia tervendatud kartulitaimede paljundamiseks ja esimese mugulpõlvk-

onna kasvatamiseks koosneb kolmest etapist: paljundamine *in vitro* (1), paljundamine kilerullis (2), taimede istutamine ja kasvatamine avamaal (3). Sellise tehnoloogia kasutamine annab kilerullis ettekasvatatud taimede avamaal kasvatamisel tavalise suurusega seemnemugulad juba esimesel aastal.

Seni puudusid andmed kartuli meristeemtaimede produktiivsuse näitajate dünaamikast erinevate meetoditega paljundamisel ja taimede avamaal kasvatamisel. Käesolev uurimistöo viidi läbi aastatel 2005–2007 EVIKA kasvuhooes ja katsepõllul Sakus.

Käesoleva uurimistöo põhihüpootees on, et kilerullis paljundatud tipu- ja varrepistikutest ning pealt korra lõigatud ja uuesti kasvanud taimede produktiivsuse näitajad nagu lehepinna indeks, mugulate arv, ühe mugula keskmine ja kogu mugulate toormass, mugulate fraktsioonilisus, taime ja mugulate kuivainemass erinevad katseklaasis *in vitro* mikropistikutega paljundatud taimede samadest näitajatest.

Teine hüpootees on, et seemneks sobiliku suurusega mugulate optimaalne koristusaeg võib sõltuda paljundusmeetodist.

Korraldatud katsete eesmärk oli:

1) võrrelda tipu- ja varrepistikutest regenereerunud ning pealt korra lõigatud ja uuesti kasvanud taimede produktiivsuse näitajaid *in vitro* paljundatud taimede samade näitajatega;

2) analüüsida erinevalt paljundatud kartuli meristeemtaimede produktiivsuse näitajate sõltuvust paljundusmeetodist, katseaastast ja sortidest.

## Metoodika

Katses kasutati nelja kartuli meristeemtaimede paljundusmeetodit.

1. Katseklaasis (*in vitro*) mikropistikutega (edaspidi KK).
2. Kilerullis (turbasubstraadil) tipupistikutega (edaspidi TP).
3. Kilerullis (turbasubstraadil) varrepistikutega (edaspidi VP).
4. Kilerullis (turbasubstraadil) pealt korra lõigatud taimed (edaspidi PL).

Kasvatati kahte Jõgeva Sordiaretuse Instituudis aretatud kartulisorti: 'Ants' (keskhiline) ja 'Vigri' (hilisepoolne).

Kartulitaimede kilerullis paljundamine, taimede aklimatiseerimine ja taimede avamaal kasvatamine toimus vastavalt EVIKA-s väljatöötatud meristeemtaimede kilerullis paljundamise ja avamaal esimese põlvkonna seemnemugulate kasvatamise juhendile (Rosenberg *et al.*, 1986; 1988; 2003; 2004).

Kasvudünaamikat määrati, olenevalt aastast, 12–14 korda vegetatsiooniperioodi jooksul. Iga proovivõtmise käigus analüüsiti 32 taime (kaks sorti  $\times$  neli paljundusmeetodit  $\times$  neli kordust). Laboratooriumis taimed pesti ja eraldati taimeosad. Eraldi olid vaatluse all lehed, varred, ja varte maaalune osa koos stoolonitega, juured ning mugulad. Eraldatud taimeosad nõrutati pesuveest ja kaaluti. Määrati taimeosade toor- ja kuivmass, proovid kuivatati ja kaaluti uuesti. Saadud tulemuste alusel arvutati kuivainesisalduse osakaal. Kuivaine osakaalu põhjal arvutati taimeosade kuivainesisaldus, lehtede pindtihedus, lehtede pindala, lehepinnaindeks (LPI  $\text{m}^{-2}/\text{m}^{-2}$ ), fotosünteesiline potentsiaal (FSP  $\text{m}^{-2}/\text{m}^{-2}$ ) (FSP = päevpäevaste LPI väärtuste summa). Mugulate arvu, ühe mugula keskmise massi, mugulate toormassi ja mugulate fraktsioonilisuse määramiseks eraldati mugulad taimedest, jaotati suuruse järgi ( $\varnothing < 30$  mm; 30–60 mm;  $> 60$  mm), loendati ja kaaluti.

Katseandmed töödeldi STATISTICA 9.0 programmis ühefaktorilise dispersioonanalüüsi (*one-way ANOVA*) meetodil. Paljundusmeetodite vaheliste erinevuste väljatoomiseks arvutati iga proovivõtmise korra ja iga produktiivsuse näitaja kohta algandmete põhjal piirdiferents.

Kuna LPI, mugulate arvu, mugula keskmise massi, mugulate fraktsioonilisuse, mugulate toormassi, samuti kogu taime ja mugulate kuivainemassi tulemused olid ajast sõltuvad, ei olnud võimalik neid väärtuseid otse analüüsida. Et uuritud näitajad oleksid omavahel võr-

reldavad kogu kasvuperioodi ulatuses ja et antud uurimistöös üks eesmärk on võrrelda EVIKA paljundusmeetodeid (tipu- ja varrepistikud, pealt korra lõigatud taimed) katseklaasi paljundusmeetodiga (*in vitro* mikropistikud), arvutati kõigi uuritud näitajate väärtused ümber suhtarvudeks. Selleks jagati kõigi uuritud produktiivsuse näitajate iga korduse ja paljundusmeetodi üksikväärtused läbi iga proovivõtmise kohta arvutatud katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi vastava keskmise väärtusega. Statistilise analüüsi tulemused konkreetse produktiivsuse näitaja kohta paljundusmeetodist, aastast ja sordist sõltuvalt arvutati suhteliste väärtuste põhjal. Uuritava näitaja mõju loeti oluliseks, kui variantidevaheliste erinevuste puhul  $p < 0.05$ .

Katseaastate ilmastik erines aastate lõikes nii temperatuuride, sademete hulga kui ka summaarse kiirguse jaotumise osas (tabel 1). Kolmest katseaastast oli kartuli kasvaks ilmastiku poolt suhteliselt sobiv 2005. ja hästi sobiv 2007. aasta, mil temperatuuri ja niiskuse bilans jagunesid taimede kasvaks soodsalt. 2005. ja 2006. aasta ilmastikku iseloomustas suurtes piirides temperatuuride ja kiirguse kõikumine ja samal ajal ebaühtlaselt jaotunud sademed või nende puudumine taimede ja mugulate aktiivseks kasvaks olulistel perioodidel. 2006. aastal järgnes taimede avamaale istutamisele kolmenädalane kuuma- ja põuaperiood, mistõttu oli häiritud taimede juurdumine ja sellest tulenevalt kogu edasine kasvamine ja saagi kujunemine.

**Tabel 1.** Keskmised temperatuurid ( $^{\circ}\text{C}$ ), sademete summa (mm) ja summaarne kiirgus ( $\text{MJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), mõõdetud Saku katsepõllul juunist-septembrini

**Table 1.** Average temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), sum of precipitation (mm) and sum of total radiation ( $\text{MJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), for the period June–September, according to measurements in experimental field at Saku

Kuu/Month	Keskmine temperatuur / Average temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ )			Sademed/ Precipitation (mm)			Summaarne kiirgus ( $\text{MJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) / Total radiation		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
Juuni/June	13.6	15.6	15.1	46.6	22.0	22.4	629	675	666
Juuli/July	17.8	18.3	16.5	51.4	21.4	86.6	623	719	558
August/ August September/ September	15.7	17.3	17.3	125.4	51.6	77.0	430	464	533
September	12.4	13.7	11.1	22.2	29.7	71.2	310	307	292
Keskmine/ Average Summa/ Sum	14.9	16.2	15.0						
				245.6	124.7	257.2	1,992	2,164	2,049

### Tulemused ja arutelu

Kartuli lehepindala ja mugulasaagi dünaamikat on analüüsitud taimede kasvatamisel mugulatest (Tooming *et al.*, 1978; O'Brien *et al.*, 1998; Allen *et al.*, 1992; Gordon *et al.*, 1994; Boyd *et al.*, 2002; Eremeev, 2007; Eremeev *et al.*, 2008). Erinevate paljundusmeetoditega paljundatud kartuli meristeemtaimede avamaal kasvatamise kohta siiani lehepinna ja mugulasaagi dünaamika

kohta andmed puudusid – see tingiski vajaduse antud katsete korraldamiseks. Kolme aasta käigus uuritud erinevate produktiivsuse näitajate dünaamika käiku on põhjalikult analüüsitud neljas artiklis (Särekanno *et al.*, 2010a; 2010b; 2010c; 2012) Käesolevas artiklis keskendume peamiselt produktiivsuse näitajate lõppkoristusel kogutud tulemuste analüüsimisele (tabelid 2, 3).



**Tabel 2.** Produktiivsuse näitajad paljundusmeetodite ja kahe sordi keskmisena aastate lõikes**Table 2.** Average productivity indicators of the multiplication methods as the average per two varieties by years

Produktiivsuse näitaja / Productivity indicator	Aasta/Year		
	2005	2006	2007
Maksimaalne LPI / Maximum LAI	3.6	2.4	6.0
FSP/ CPP	121	79	240
Mugulate arv taime kohta (tk) / Number of tubers per plant	5.7	4.8	6.7
Ühe mugula keskmine mass (g) / Average tuber fresh mass	105.6	78.7	110.3
Kogu taime mugulate mass (g) / Total tuber fresh mass	2,549.5	2,182.5	4,161.8
Kogu taime kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Total plant dry mass	670.1	610.7	1,320.2
Mugula kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Tuber dry mass	529.6	473.6	977.3

LPI = lehepinnaindeks; FSP = fotosünteesiline potentsiaal. / LAI = leaf area index; CPP = crop photosynthetic potential.

**Tabel 3.** Kahe sordi keskmised produktiivsuse näitajad *in vitro* katseklaasi paljundusmeetodi korral ja teiste paljundusmeetodite erinevus sellest**Table 3.** Productivity indicators averaged per two varieties for MP method and differences of other multiplication methods from it

Aasta ja produktiivsuse näitaja / Year and productivity indicator	KK MP	Erinevus KK / Difference from MP			LSD <sub>05</sub>
		TP-KK TC-MP	VP-KK SC-MP	PL-KK TP-MP	
<b>2005</b>					
Maksimaalne LPI / Maximum LAI	3.4	0.1	0.3	0.7	1.37
Mugulate arv taime kohta (tk) / Number of tubers per plant	7.4	-3.2*	-2.9*	-0.9*	0.68
Ühe mugula keskmine mass (g) / Average tuber fresh mass	50.2	103.0*	81.8*	36.7*	12.88
Kogu taime mugulate mass (g m <sup>-2</sup> ) / Total tuber fresh mass	2,353.0	339.0	154.0	293.0	371.33
Kogu taime kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Total plant dry mass	622.3	82.7	45.8	62.6	191.95
Mugula kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Tuber dry mass	496.9	66.4	21.8	42.5	163.15
<b>2006</b>					
Maksimaalne LPI / Maximum LAI	1.9	0.6	0.3	1.2*	0.99
Mugulate arv taime kohta (tk) / Number of tubers per plant	5.9	-1.6*	-1.6*	-1.2*	0.94
Ühe mugula keskmine mass (g) / Average tuber fresh mass	45.0	42.5*	52.4*	32.9*	10.31
Kogu taime mugulate mass (g m <sup>-2</sup> ) / Total tuber fresh mass	1,780.0	553.0*	750.0*	307.0	422.17
Kogu taime kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Total plant dry mass	495.5	178.9	196.7	85.0	216.7
Mugula kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Tuber dry mass	385.6	135.6	174.4	42.0	199.31
<b>2007</b>					
Maksimaalne LPI / Maximum LAI	4.8	1.8*	1.7*	1.3	1.43
Mugulate arv taime kohta (tk)/Number of tubers per plant	10.2	-5.9*	-3.9*	-4.1*	0.76
Ühe mugula keskmine mass (g)/Average tuber fresh mass	57.8	103.9*	46.9*	59.0*	13.92
Kogu taime mugulate mass (g m <sup>-2</sup> ) / Total tuber fresh mass	3,926.0	269.0	166.0	508.0*	444.09
Kogu taime kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Total plant dry mass	1,218.5	148.2	137.6	121.1	314.80
Mugula kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Tuber dry mass	956.4	75.6	-34.2	42.1	290.98
<b>Kahe sordi kolme aasta keskmine / Three-year average per two varieties</b>					
Maksimaalne LPI / Maximum LAI	3.3	0.7	0.8	1.1*	0.96
Mugulate arv taime kohta (tk) / Number of tuber per plant	7.8	-3.6*	-2.8*	-2.1*	0.79
Ühe mugula keskmine mass (g) / Average tuber fresh mass	51.0	83.1*	62.7*	42.9*	12.37
Kogu taime mugulate mass (g m <sup>-2</sup> ) / Total tuber fresh mass	2,686.3	387.0	356.7	369.3	412.63
Kogu taime kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Total plant dry mass	778.8	136.6	126.7	89.6	241.15
Mugula kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Tuber dry mass	613.0	92.5	54.0	42.2	217.81

Paljundusmeetodid: KK – katseklaasis *in vitro* mikropistikutega; TP – tipupistikud; VP – varrepistikud; PL – pealt korra lõigatud taimed. / Multiplication methods: MP – microplants raised *in vitro*; TC – tip cuttings; SC – stem cuttings; TP – truncated plants.

LPI = lehepinnaindeks; LSD<sub>05</sub> = piirdiferents paljundusmeetodite vahel (p < 0.05); \* = oluline erinevus variandi KK suhtes (p < 0.05). / LAI = leaf area index; LSD<sub>0.5</sub> = least significant differences (p < 0.05) between multiplication methods; \* = Significant difference (p < 0.05) compare with *in vitro* MP method.

Lehepinnaindeks (LPI) kirjeldab taimede lehepinna suurst (m<sup>-2</sup>) kasvupinna ühiku (1 m<sup>-2</sup>) kohta. Korraldatud katsetes analüüsiti pealsete kasvu LPI dünaamika muutumise ja fotosünteesilise potentsiaali (FSP) kaudu.

LPI dünaamika arvestuses esinesid meie katsetes erinevatel aastatel suured kõikumised. Kuival ja kuumal 2006. aastal oli maksimaalne LPI väärtus üle kahe korra väiksem kui optimaalsel kasvuaastal 2007 (tabel 2).

Nitšiporovitši (1963) andmetel peetakse kasvuks optimaalseks LPI väärtuseid, mis on vahemikus 3.5–4.0, teiste autorite andmetel > 4 (Scott & Wilcockson, 1978; Allen & Scott, 1980; Khurana & McLaren, 1982; Struik & Wiersema, 1999; Eremeev, 2007; Eremeev *et al.*, 2008).

Meie katses olid LPI väärtused eelnimetatud optimaalse LPI piirides 2005. ja 2007. aastal, alla optimaalse 2006. aastal. Taimede kasvuks ebasobival kuumal ja kuival aastal (2006) oli mõlema sordi taimede kasv pärsitud pea kogu kasvuperioodi jooksul (Särekanno *et al.*, 2010a).

Lommen ja Struik (1992) tõestasid oma katsetega, et kõrgemad temperatuurid soodustavad varte arengut, pärsivad aga mugulate moodustumist ja lehepindala suurenemist. Loh (1960) väitis, et kasvutingimustes, mil päevaste keskmiste temperatuuride summa tõusis 19–21°C-ni, osutus kõikidest taimedest stressiseisundis olevaks 20%, keskmise päevase temperatuuri 24°C tingimustes 50% ja 25°C tingimustes 75% kõikidest taimedest. Tõenäoliselt tulenes see asjaolust, et häiritud oli taimede

tavapärastelt toimiv ainevahetus, mille tulemusena formeerus madalam saak ja saagi kvaliteet langes.

Lisaks kasvuaastast tingitud LPI kõikumistele ilmesid ka üsna suurtes piirides paljundusmeetodite vahelised LPI kõikumised. Sellest võib järeldada, et meristeemtaimede areng sõltub suuresti nende avamaale istutamise järgsest arenemise kiirusest. Ebasoodsate istutus-tingimuste korral võib taimedel ilmnedu kohanemiskasvukuseid *in vivo* (avamaa) tingimustega, mis avaldub taimede nn istutusjärgses stressis. Selgelt avaldus see meie katsetes kuival ja kuumal 2006. aastal, mil istutusjärgse stressi tulemusena oli taimede kasv surutud seisus suurema osa suvest.

Ka mujal maailmas korraldatud katsetes on tähelestatud meristeemtaimede avamaal kasvatamisel taimede istutamisele järgnevat võivat istutusjärgset stressi. Struik ja Wiersema (1999) konstateerisid, et *in vitro* taimede või pistikute istutusjärgse stressi korral ei juurdu need korralikult, edasine taimede areng aeglustub ja mugulasaak jääb madalaks. Struik ja Lommen (1999) väitsid, et meristeemtaimede aklimatiseerimine ja avamaale istutamisele järgnevat võiv stress oli ja on tõsine probleem.

Tadesse *et al.* (2001) on oma uuringute põhjal väitnud, et varieerumine taimede arengus võib olla tingitud nii nende erinevast kasvukiirusest kui ka muudest füsioloogiliste ja füsioloogiliste näitajate koostoimest kasvuprotsessi jooksul. Eriti tundlikud on taimed üleminekul ühest kasvukeskkonnast teise. Näiteks võivad taimed liiga sügavale istutamise tagajärjel hävida või jääda põdema, probleemiks võib kujuneda *in vitro* tingimustest *in vivo* tingimustesse istutamisele järgnevat võivad kõrged temperatuurid ja veepuudus.

Kirjanduse andmetel on samuti teada, et kui taimede lehed on arenenud niiskuse puuduse tingimustes, jääb nende pind väiksemaks potentsiaalsest lehepindalast, võrreldes normaalse kasvatamisega (Jefferies & Lawson 1991).

Paljundusmeetodite lõikes saadi meie katsetes aastatel 2005 ja 2006 ning kolme katseaasta ja kahe sordi keskmisena suurim LPI korra pealt lõigatud taimede paljundusmeetodi kasutamisel (tabel 3). Sama paljundusmeetodi korral oli suurim ka fotosünteesiline potentsiaal ja moodustus peavarrel enam külgvõrseid. See on seletatav tõenäoliselt antud paljundusmeetodi taimedel ühelt poolt paremini väljaarenenud juurekavaga ja teiselt poolt nende parema kohanemisvõimega avamaale istutamisel.

Madalaim oli LAI kõigil aastatel KK *in vitro* paljundusmeetodi korral (tabel 3). Selle põhjuseks võib pidada *in vitro* paljundusmeetodi korral varasemat mugulate moodustumist, võrreldes teiste paljundusmeetoditega. Ülevaatliku pildi lehepinna akumulatsioonist kogu kasvuperioodil annab fotosünteesiline potentsiaal (FSP), mis teisisõnu väljendab kultuuri fotosünteesilist võimekust (Van Oijen, 1991; Allen *et al.*, 1992; O'Brien *et al.*, 1998; Boyd *et al.*, 2002; Osborne *et al.*, 2009).

Nagu selgus meie katsetest, erines fotosünteesiline potentsiaal (katseaastate lõikes mitmekordselt. Kolmest katseaastast suurim oli FSP 2007. aastal (tabel 2). Sel katseaastal olid kasvutingimused (summaarne kiirgus, niiskus, temperatuur) praktiliselt kogu kasvuperioodi ulatuses taimede arenguks optimaalsed (tabel 1). Sood-

sad kasvutingimused (2007) tagasid kiirema lehepindala suurenemise ja maksimaalse LPI pikemaajalise kestuse 2005. ja 2006. aastaga võrreldes.

Kuigi üldjuhul kartuli meristeemtaimede lehepindala jääb väiksemaks võrreldes mugulatest kasvatatud taimede lehepindalaga (vähem peavarsi), olid 2007. aastal määratud kartuli meristeemtaimede FSP väärtused võrreldavad FSP väärtustega, mis määrati kunstlikult niisutatud ja mugulatest kasvatatud hilise sordi 'Sulev' korral (Mäetalu & Tammets, 1984).

Oleme oma pikaajaliste põldkatsete käigus visuaalselt kogenud, et pistikutest kasvatatud taimedest avamaal seemnemugulate kasvatamisel ilmnevad teatud erisused mugulatest kasvatamisega võrreldes. Mugulast kasvatamisel areneb, sõltuvalt seemnemugulal olevatest idudest, reeglina mitu peavart, mis hargnemisel moodustavad külgvõrseid. Nii võib mugulast kasvatamisel moodustuda mitu eraldi seisvat peavart, millest igatüüpi arenevad juured, stoolonid ja mugulad. Pistikust kasvanud taimedel moodustub reeglina ainult üks peavars ja edasine hargnemine toimub samal põhivarrel külgharude moodustumise kaudu. Kui taimi õigel ajal korralikult mullata, satuvad külgvõrseid mulla alla ja nii võivad ka peavarre külgharud kasvatada juuri ja moodustuda mugulaid. Samas esineb olukordi, kui külgharud kasvatavad küll stooloneid, aga mugulaid nendest ei moodustu (Kotkas & Särekanno, 1996; 2000; Rosenberg *et al.*, 2005).

Wiersema andmetel hinnatakse külgvõrseid vähem produktiivseks kui peavõrseid ja tavaliselt on nendelt saadud mugulad väiksema massiga (Wiersema, 1989). See võib olla ka üks põhjendusi, miks meristeemtaimede kasvanud taimede mugulate arv jääb avamaal kasvatamisel väiksemaks võrreldes mugulatest kasvatamisega. Varasemate EVIKA katsepõllul korraldatud katsete põhjal on teada, et rohkem külgharuseid moodustub katseklaasitaimedest ja pealt korra lõigatud taimedest võrreldes tipu- ja varrepistikutest kasvanud taimedega (Kotkas, 2003). Sama tulemust kinnitas ka käesolev katse: vähem külgvõrseid moodustus tipu- ja varrepistikute paljundusmeetoditega paljundatud taimedel (Särekanno *et al.*, 2010b). Kuigi külgvõrseid oli arvuliselt vähem, kasvasid eelnimetatud paljundusmeetodite kasutamisel taimedel oletatavasti suuremad lehed ja lõppkokkuvõttes oli ka lehepindala suurem. Arvatavasti võib selle osaliseks põhjuseks pidada tipu- ja varrepistikutest kasvanud taimede nõrgemat juurekava katseklaasis (*in vitro* mikropistikud) ja pealt korra lõigatud taimede juurekavaga võrreldes. Põhjuseks asjaolu, et tipu- ja varrepistikutel kulub pärast kasvuhoones kilerulli istutamist üks nädal pistikute juurdumiseks.

Paljundusmeetodite lõikes moodustus lõppkoristusel arvuliselt enam mugulaid kõigil katseaastatel KK *in vitro* mikropistikutega paljundatud taimedel (tabel 3). Ühelt poolt on see arvatavasti seotud katseklaasitaimedel paremini väljaarenenud juurekavaga ja suurema külgvõrsete arvuga, teiselt poolt varasema mugulate moodustumise algusega võrreldes teiste paljundusmeetoditega. Väiksemaks jäi mugulate arv tipu- ja varrepistikute paljundusmeetodi korral, mille külgvõrsete arv oli väiksem ja mugulate moodustumise algus hilisem (Särekanno *et al.*, 2010b).

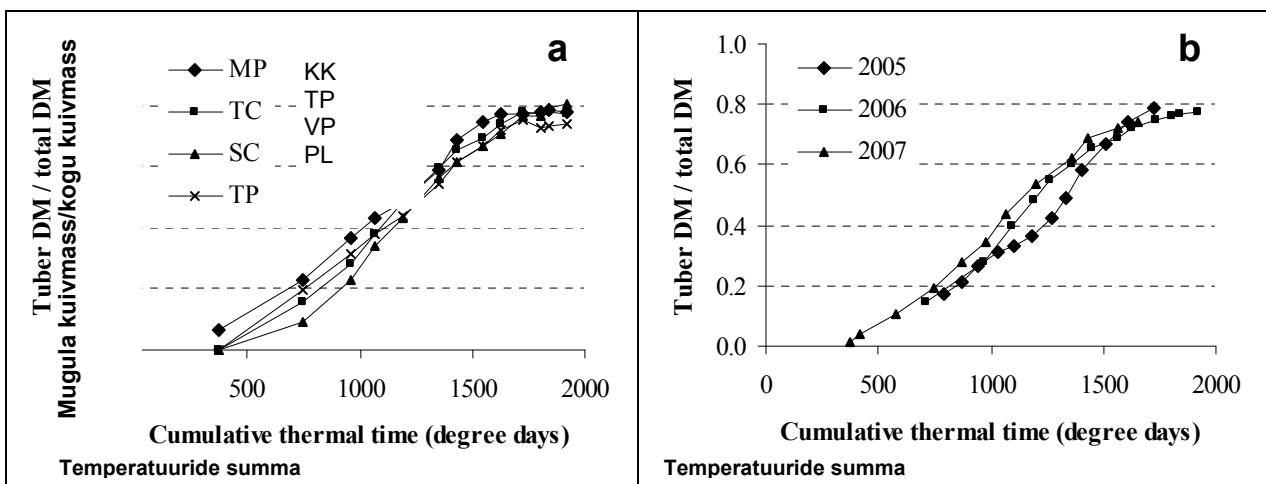
Ühe mugula keskmine mass kujunes lõppkoristusel suuremaks tipu- ja varrepistikutest kasvanud taimedel. Tulemus oli ootuspärane: mida vähem mugulaid taime kohta moodustus, seda suurem oli ühe mugula keskmine mass, ja vastupidi, mida arvuliselt rohkem mugulaid, seda väiksem oli ühe mugula keskmine mass (tabel 3). Sama seaduspärasus on leidnud kinnitust ka taimede mugulatest kasvatamise juhtudel (Boyd *et al.*, 2002; Ereemeev *et al.*, 2007, 2008).

Paljundusmeetodite vahelised erinevused mugulate arvu ja ühe mugula keskmise massi arvestuses olid lõppkoristusel suuremad 2005. ja 2007. aastal ja väiksemad ebasoodsal, 2006. aastal (tabel 3).

Mugulate formeerumise varajasus väljendub mugulate kuivainemassi osakaal kogu taime kuivainesse. Kolme katseaasta ja kahe sordi keskmisena oli meristeemtaimede avamaal kasvamise algusfaasis katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi taimedel suurem mugulate kuivainemassi osakaal võrreldes teiste paljundusmeetoditega (joonis 1a). Varajasem mugulate moodustumine katseklaasi paljundusmeetodi korral võib olla üks põhjusi, miks teiste katses olnud paljundusmeetoditega võrreldes kujunes kogu taime mugulate toor- ja kuivainemass, samuti mugula kuivainemass lõppkoristusel madalamaks just katseklaasi *in vitro* paljundusmeetodi korral (tabel 3). Tuginedes kirjanduse andmetele (Struik & Lommen, 1999), on teada, et juhul kui mugulad moodustuvad ajal, mil lehepindala on alles väike, saab häiritud või katkeb edasine külgvõrsete moodustumine, olemasolevad lehed vananevad kiiremini ja tulemuseks on madalam mugulasaak.

Avamaale istutusjärgsel perioodil kujunes mugula kuivainemassi suhe kogu taime kuivainesse madalamaks varrepistikute paljundusmeetodi korral, teiste katses kasutatud paljundusmeetoditega võrreldes. Hilisemas kasvufaasis paljundusmeetodite vahelised erinevused mugula kuivainemassi suhtes kogu taime kuivainesse vähenesid ja seda arvatavasti põhjusel, et eelnimetatud paljundusmeetodi korral suurenes ühe mugula keskmine mass kiiremini kui katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi ühe mugula keskmine mass.

Aastate lõikes oli mugulate kuivainemassi suhe kogu taime kuivainesse mõnevõrra madalam 2005. aastal, samal ajal, kuival ja kõrgete temperatuuridega 2006. ja kasvaks sobivaimal 2007. aastal oli mugulate kuivainemassi suhe kogu taime kuivainesse mõnevõrra kõrgem (joonis 1b). Erinevusi 2005. ja 2006. aasta vahel võib põhjendada asjaoluga, et 2005. aastal olid taimed avamaal kasvades veepuuduse ilmnedes juba hästi juurdunud, 2006. aastal sattusid taimed ebasoodsatesse kasvutingimustesse vahetult avamaale istutamise järgselt, mil veepuudus ja kõrge temperatuurid pärssisid taimede normaalset arenemist. Antud tulemuste põhjal võib oletada, et paremini juurdunud taimed panustasid veepuuduse tingimustes enam lehtede ja juurte moodustumisele. Algusest peale kuumades ja kuivades oludes kasvanud taimed aga panustasid varasemale mugulate moodustumisele. Kokkuvõtvalt võib väita, et keerulised ilmastikutingimused pärssivad taimede normaalset kasvuprotsessi, mistõttu ka biomassi kogunemine erinevatel aastatel kujunes ebahütlaseks (Särekanno *et al.*, 2012).



**Joonis 1.** Mugulate kuivainemassi suhe kogu taime kuivainesse paljundusmeetodite lõikes (kolme aasta ja kahe sordi keskmisena, a) ja aastate lõikes (nelja paljundusmeetodi ja kahe sordi keskmisena, b). Alguspunkt joonisel (b) tähistab andmeid ainult 2007. aasta kohta. Paljundusmeetodid: MP = KK – katseklaasis *in vitro* mikropistikud; TC = TP – tipupistikud; SC = VP – varrepistikud; TP = PKL – pealt korra lõigatud taimed

**Figure 1.** Ratio of tuber dry mass (DM) to the total dry mass of potato plant, averaged for multiplication methods over different years (a) and for different years over multiplication methods (b). Initial points in figure (b) reflect only the data of 2007. Multiplication methods: MP – *in vitro* micro plants; TC – tip-cuttings; SC – stem-cuttings; TP – truncated plants

Nagu mugulatest kasvatamisel, nii ka meristeemtaimedest avamaal mugulate kasvatamisel on kartulitaimedel ühesugused kasvu pärssivad tegurid, aga ka teatud erisused. Veepuudus on üks peamisi kartuli saaki ja saagi kvaliteeti pärssivaid faktoreid. Teiste kultuuri-

dega võrreldes on kartul oma suhteliselt pinnapealse juurekava tõttu veepuuduse suhtes väga tundlik (Iwama, 2008; Hassanpanah, 2010). Veevajadus on suurim mugulate moodustumise ajal juulis ja augustis, mil esineb positiivne korrelatsioon saagi ja õitsemisest saagi koris-

tamiseni mõõdetud sademete summa vahel (Saue, 2011). Siinkohal esineb teatud erisus vee vajaduse osas meristeemtaimedest ja mugulatest kasvatamise vahel. Kui mugulast kasvatamisel on taimede kasvu algstaadiumis mugulast kasvatatud kartulitaimed kuiva suhtes suhteliselt vähe tundlikud, toeks emamugulast ammutatav niiskus, siis meristeemtaimedel see puudub, mistõttu nende edasine kasvamine ja areng on suuresti sõltuv juurdumisetapis mullast ja õhust kättesaadavast niiskusest. Teine niiskuse vajaduse kõrgpunkt on sama kui mugulast kasvatatud taimedel, s.o mugulate moodustumise periood. Veepuudus pärsib tugevalt taimede kasvu, varte kõrgust, lehtede arvu, lehtede pindala, pinnakatvust, päikesekiirguse neeldumist lehestikus, mugulate arvu ja saaki (Frensch, 1997; Walforth & Carling, 2002; Vos *et al.*, 2007). Kõrge temperatuur limiteerib kartuli saaki vähemalt kahel moel: esiteks pärsib see taimede toitumist ja ainevahetust, teiseks vähendab fotosünteesi intensiivsust (Jefferies, & Lawson, 1991).

Mugulate saak lõppkoristusel kujunes erinevaks nii paljundusmeetodite kui aastate lõikes (tabelid 2 ja 3). Kõigil katseaastatel saadi väiksem mugulate lõppsaak katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi kasutamisel. Teiste paljundusmeetoditega võrreldes oli KK paljundusmeetodi korral väiksem nii LPI kui ühe mugula keskmine mass. Paljundusmeetodite ja sortide keskmisena saadi aastate arvestuses ootuspäraselt suurim saak kasvuks kõige sobival, 2007. aastal (Särekanno *et al.*, 2010c).

Üks seemnekasvatuse võtmeprobleeme on võimalikult suure arvu sobiva suurusega seemnemugulate kasvatamine. Aeg, mil seemneks sobivaima suurusega mugulate fraktsiooni ( $\varnothing$  30–60 mm) osakaal mugulate

massist oli suurim, varieerus paljundusmeetodite ja katseaastate lõikes (tabel 4). EVIKA tehnoloogia kile- rullis paljundatud taimedest avamaal seemnemugulate kasvatamise tulemuste põhjal saame väita, et tipu- ja varrepistikutega paljundatud, samuti pealt korra lõigatud taimedest kasvanud mugulad saavutavad seemneks sobiliku suuruse ( $\varnothing$  30–60 mm) kaks kuni kolm nädalat varem kui katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi korral. Tipu- ja varrepistikute ning pealt korra lõigatud taimede paljundusmeetodite korral moodustub taimedel arvuliselt vähem mugulaid, mistõttu konkurents toitainete jagunemise osas on tõenäoliselt väiksem kui rohkemate mugulate vahel ja mugulad kasvavad jõudsamalt. Ühelt poolt annavad tipu- ja varrepistikutest ning pealt korra lõigatud taimedest kasvata- tud taimed küll arvuliselt vähem seemnemugulaid, teiselt poolt aga võimaldab varasem koristamise võimalus vähendada ohtu mugulate nakatumiseks. Erinevate pal- jundusmeetodite kooskasutus loob nii vajaduse (välti- maks mugulate liiga suureks kasvamist), aga ühtlasi ka eelise koristusaja planeerimiseks pikemale perioodile. Optimaalse koristusaja valikul tuleb kindlasti silmas pidada konkreetse aasta ilmastikuolusid.

Ka kirjanduse andmed toetavad seisukohta, et mugu- late fraktsioonilisus on otseselt sõltuvuses kasvufaktori- test (Struik, 2007). Tihedama varte arvu korral pinna- ühiku kohta, mil konkurents ressursside pärast on varte vahel suur, moodustub enam väiksemaid mugulaid kui siis, kui varte arv pinnaühiku kohta on väiksem. Suurem varte tihedus suurendab saaki teatud tasemeni, mis reali- seerub suuremas hulgas väiksemates mugulates (Wier- sema 1989; Kotkas & Särekanno, 1996; 2000; Säre- kanno *et al.*, 2010c).

**Tabel 4.** Mugulate fraktsiooniline jagunemine (%), kahe sordi keskmisena, ajal kui  $\varnothing$  30–60 mm mugulate osakaal saagis oli maksimaalne

**Table 4.** Arrival of maximum percentage of  $\varnothing$  30–60 mm tubers and the distribution of tubers (%) by this term, averaged data over two varieties

Aasta/ Year	PPI/ DAP	Temperatuuride summa / Sum of temperature	$\varnothing < 30$ mm (%)	$\varnothing 30\text{--}60$ mm (%)	$\varnothing > 60$ mm (%)
<i>In vitro</i> mikropistikud / <i>In vitro</i> microcuttings					
2005	91	1850	20.0	71.9	9.9
2006	99	1920	29.3	61.4	9.3
2007	87	1670	24.7	73.3	2.0
Tipupistikud / <i>Tip cuttings</i>					
2005	65	1515	8.3	38.5	53.1
2006	99	1920	9.6	49.1	41.4
2007	77	1565	3.1	54.6	42.3
Varrepistikud / <i>Stem cuttings</i>					
2005	79	1720	13.6	34.8	51.6
2006	99	1920	15.9	33.9	50.2
2007	85	1645	10.1	54.3	35.6
Pealt korra lõigatud taimed / <i>Truncated plants</i>					
2005	79	1720	15.0	60.1	24.9
2006	99	1920	14.3	55.1	30.6
2007	77	1565	10.6	58.7	30.7

PPI – päevade arv pärast istutamist. / DAP – days after planting.

Tabelid 5, 6 ja 7 annavad ülevaate erinevate produktiiv- suse näitajate sõltuvusest, paljundusmeetodist, aastast ja

sordist kogu kasvuperioodi kohta (Särekanno *et al.*, 2010a; 2010b; 2010c; 2012).

**Tabel 5.** Produktiivsuse näitajate sõltuvus paljundusmeetodist, arvatuna *in vitro* paljundusmeetodi suhtes kolme aasta ja kahe sordi keskmisena

**Table 5.** Differences among multiplication methods in terms of productivity indicators determined relatively to the MP method over three experimental years and for two varieties

Produktiivsuse näitaja / Productivity indicator	Paljundusmeetod / Multiplication method			
	KK/ MP	TP/ TC	VP/ SC	PKL/ TP
Lehepinnaindeks / Leaf area index	1.00a	1.28b	1.25b	1.45c
Mugulate arv taime kohta (tk) / Number of tuber per plant	1.00a	0.58b	0.57b	0.79c
Ühe mugula keskmine mass (g) / Average tuber fresh mass	1.00a	2.36b	2.05c	1.75d
Ø 30 mm	1.00a	0.62b	0.61b	0.82c
Ø 30–60 mm	1.00a	0.82b	0.72b	0.99a
Ø > 60mm	1.00a	1.34bc	1.29b	1.50c
Kogu taime mugulate mass (g m <sup>-2</sup> ) / Total tuber fresh mass	1.00a	1.33b	1.15c	1.32b
Kogu taime kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Total plant dry mass	1.00a	1.30c	1.18b	1.29c
Mugula kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Tuber dry mass	1.00a	1.29c	1.12b	1.28c

Statistiliselt olulised erinevused ( $p < 0.05$ ) paljundusmeetodite vahel on märgitud erinevate tähtedega. / Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) between multiplication methods.

**Tabel 6.** Produktiivsuse näitajate sõltuvus aastast, arvatuna *in vitro* paljundusmeetodi suhtes nelja paljundusmeetodi ja kahe sordi keskmisena

**Table 6.** Differences between years in terms of productivity indicators determined relative to the MP method for all multiplication methods and two varieties

Produktiivsuse näitaja / Productivity indicator	Aasta/Year		
	2005	2006	2007
Lehepinnaindeks / Leaf area index	1.22a	1.50b	1.03c
Mugulate arv taime kohta (tk) / Number of tuber per plant	0.65a	0.89b	0.71a
Ühe mugula keskmine mass (g) / Average tuber fresh mass	1.69a	1.73a	2.05b
Ø 30 mm	0.68a	0.87b	0.80b
Ø 30–60 mm	0.96a	1.23b	0.71c
Ø > 60mm	1.23a	1.21a	1.44b
Kogu taime mugulate mass (g m <sup>-2</sup> ) / Total tuber fresh mass	1.25a	1.30a	1.01b
Kogu taime kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Total plant dry mass	1.21b	1.41c	0.95a
Mugula kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Tuber dry mass	1.23b	1.27b	0.95a

Statistiliselt olulised erinevused ( $p < 0.05$ ) aastate vahel on märgitud erinevate tähtedega. / Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) between years.

**Tabel 7.** Produktiivsuse näitajate sõltuvus sordist arvatuna *in vitro* paljundusmeetodi suhtes nelja paljundusmeetodi ja kahe sordi keskmisena

**Table 7.** Differences between varieties in terms of productivity indicators determined relative to the MP method for four multiplication methods over three experimental years

Produktiivsuse näitaja / Productivity indicator	Sort/Variety	
	'Ants'	'Vigri'
Lehepinnaindeks / Leaf area index	1.29a	1.23b
Mugulate arv taime kohta (tk) / Number of tuber per plant	0.72a	0.77b
Ühe mugula keskmine mass (g) / Average tuber fresh mass	1.93a	1.68b
Ø 30 mm	0.80a	0.78a
Ø 30–60 mm	0.88a	0.90a
Ø > 60mm	1.28a	1.36a
Kogu taime mugulate mass (g m <sup>-2</sup> ) / Total tuber fresh mass	1.18a	1.22a
Kogu taime kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Total plant dry mass	1.18a	1.19a
Mugula kuivainemass (g m <sup>-2</sup> ) / Tuber dry mass	1.14a	1.21a

Statistiliselt olulised erinevused ( $p < 0.05$ ) sortide vahel on märgitud erinevate tähtedega. / Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) between varieties.

## Järeldused

Kokkuvõtvalt võib antud katsete põhjal väita, et erinevalt paljundatud kartuli meristeemtaimede kõik uuritud produktiivsuse näitajad (lehepinna indeks, mugulate arv, ühe mugula keskmine ja kogu taime mugulate toormass, mugulate fraktsioonilisus, kogu taime ja selle mugulate kuivainemass) olid avamaal kasvatamisel mõjutatud kasutatud paljundusmeetodist ja katseaastast (tabelid 5, 6).

Sordi oluline mõju ilmnes lehepinna indeksi, mugulate arvu ja mugula keskmise massi arvestuses. Antud katse tingimustes ei olnud sordi mõju oluline mugulate

toormassi, kogu taime ja mugulate kuivainemassi arvestuses (tabel 7).

Ilmnes, et katseklaasis *in vitro* mikropistikutega paljundatud taimedel oli väiksem LPI, arvuliselt moodustus küll taime kohta rohkem mugulaid, aga need olid väiksema keskmise massiga. Mugulate suurem arv ei kompenseerinud mugula suhteliselt väiksemat keskmist massi, mistõttu mugulate toormass, kogu taime ja mugula kuivainemass jäid katseklaasitaimedel võrreldes teiste paljundusmeetoditega väiksemaks.

EVIKA tehnoloogia järgi kilerullis paljundatud taimedest avamaal seemnemugulate kasvatamise tulemuste

põhjal saab väita, et tipu- ja varrepistikutega paljundatud ning pealt korra lõigatud taimedest kasvanud mugulad saavutavad seemneks sobiliku suuruse ( $\varnothing$  30–60 mm) kaks kuni kolm nädalat varem kui *in vitro* paljundusmeetodi korral. EVIKA paljundusmeetodite korral moodustub taimedel arvuliselt vähem mugulaid, kuid mugulad kasvavad jõudsamalt. Varasem mugulate koristamise võimalus vähendab ohtu mugulate taasnakatumiseks. Et mugulad liiga suureks ei kasvaks, tuleb optimaalne koristusaeg valida konkreetse aasta ilmastikku ja taimede arengut silmas pidades.

Katseklaasis *in vitro* mikropistikutega paljundusmeetodi kasutamine eeldab spetsiaalsete steriilsete laboratoorsete tingimuste, vastava aparatuuri ja kemikaalide olemasolu, mis muudab selle meetodi kasutamise töö- ja energiamahukaks ning keeruliseks.

Kilerullis tipu- ja varrepistikutega ning pealt korra lõigatud taimedega paljundamine on tunduvalt lihtsam, odavam, laialt kasutatavam ja loodusohdlikum kui *in vitro* paljundamine. Ka taimede paljunduskoeffitsient kilerullis paljundamisel on suurem, kuna kilerullis kasvanud taimi saab pealt mitu korda lõigata.

Katsetulemused sõltusid suures osas konkreetse aasta kasvutingimustest. Käesolevas katses oli taimede kasvuks kolmest aastast sobivaim, 2007. kasvuaasta. Selle aasta vegetatsiooniperioodil jagus taimede kasvuks piisavalt soojust, niiskust ja päikesekiirgust.

Uurimisöö kinnitas, et nii EVIKA-s välja töötatud (tipu- ja varrepistikud, pealt korra lõigatud ja nendest uuesti kasvanud taimed) kui ka maailmas enam kasutamist leidnud töömahukam ja kulukam *in vitro* paljundusmeetod, sobivad tervendatud kartuli seemnekasvatuse algmaterjali kiireks ja massiliseks paljundamiseks.

## Tänuavaldus

Uurimistöö tehti Eesti Teadusfondi (grandid nr 6132 ja 6092) ning Teadus- ja Haridusministeeriumi finantseeritud sihtfinantseerimise projekti nr SF0442528s03 toetusel.

## Kirjandus

- Allen, E.J., Scott, R.K. 1980. An analysis of growth of the potato crop. – *Journal of Agricultural Science*, 94, pp. 583–606.
- Allen, E.J., O'Brein, P.J., Firman, D. 1992. The physiology of growth and tuber yield. In: Harris, P.M. (Ed.). *The Potato Crop*. 2nd edition, Chapman & Hall, London, pp. 153–188.
- Boyd, N.S., Gordon, R., Martin, R.C. 2002. Relationship between leaf area index and ground cover in potato under different management conditions. – *Potato Research*, 45 (2–4), pp. 117–129.
- Eremeev, V. 2007. The influence of thermal shock and pre-sprouting of seed potatoes on formation of some yield structure elements. PhD thesis. Tartu, Estonia, 126 p.
- Eremeev, V., Lõhmus, A., Lääniste, P., Jõudu, J., Talgre, L., Lauringson, E. 2008. Influence of seed potato pre-planting treatments on leaf area and tuber yield formation. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 48, pp. 35–42.
- Frensch, J. 1997. Primary response of root and leaf elongation to water deficits in the atmosphere and soil solution. – *Experimental Botany*, 48, pp. 985–999.
- Gordon, R., Brown, D.M., Dixon, M.A. 1994. Non-destructive estimation of potato leaf area index using a fish-eye radiometer. – *Potato Research*, 37 (4), pp. 393–402.
- Hassanpanah, D. (2010). Evaluation of potato cultivars for resistance against water deficit stress under in vivo conditions. – *Potato Research*, 53, pp. 383–392.
- Iwama, K. 2008. Physiology of the potato: New insights into root system and repercussions for crop management. – *Potato Research*, 51 (3–4), pp. 333–353.
- Jefferies, R.A., Lawson, H.M. 1991. A key for the stages of development of potato (*Solanum tuberosum*). *Annals of Applied Biology*, 119, pp. 387–399.
- Khurana, S.C., McLaren, J.S. 1982. The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. *Annals of Applied Biology*, 122, pp. 105–112.
- Kotkas, K. 2003. Influence of culture medium composition and preservation conditions on *in vitro* preservation of potato varieties by means of meristem plants and on subsequent influence in field. *PhD thesis*. Tartu, Estonia, 108 p.
- Kotkas, K., Särekanno, M. 1996. An effective and environmentally safe potato multiplication technology created in Research Centre EVIKA. Abstracts of 13th Triennial Conference of EAPR. Veldhoven, The Netherlands, pp. 198–199.
- Kotkas, K., Särekanno, M. 2000. The influence of plant propagation method and planting density on the productivity of potato meristem plants. *Transactions of the Estonian Academic Agricultural Society* 11. Tartu, Estonia, pp. 25–29.
- Lommen, W.J.M., Struik, P.C. 1992. Production of potato minitubers by repeated harvesting: effect of crop husbandry on yield parameters. – *Potato Research*, 35 (3–4), pp. 419–432.
- Lorh, A.G. 1960. O kartofele. Potato growing. Moskva, Russia, 58 (vene keeles)
- Mäetalu, H.I., Tammets, T.H. 1984. Cpecificnost' parametrov fotosintetičeskoj dejatel'nosti u sortov kartofelja v različnyh agrotehničeskih uslovijah. Varietal specificity of photosynthetic potato activity in various yield conditions. – *Sel'skhozjajstvennaja biologija (Agricultural Biology)* 10, 27–31. (vene keeles)
- Ničiporovič, A.A. 1963. O putjah povyšeniya produktivnosti fotosinteza rastenij b posevax. (About alternatives for increasing plants photosynthetic productivity in the crops). In: *Fotosintez i voprosy produktivnosti rastenij. (Photosynthesis and issues of plant productivity)*. Editorial of AN SSSR, Moscow, 5–36. (vene keeles)
- O'Brien, P.J., Firman, D.M., Allen, E.J. (1998). Effects of shading and seed tuber spacing on initiation and number of tubers in potato crops (*Solanum tuberosum*). – *The Journal of Agricultural Science*, 130, p. 431–449.
- Osborne, T.M., Slingo, J.M., Lawrence, D.M., Wheeler, T.R. 2009. Examining the interaction of growing crops with local climate using a couple crop-climate model. – *Journal of Climate* 22 (6), pp. 1393–1411.
- Rosenberg, V., Kotkas, K. 1986. Sposob razmnoženija posadosnovo materiala kartofelja v kulture tkani. SU Autoritunnistus nr. 15013118. (vene keeles)
- Rosenberg, V., Kiisk, J., Kotkas, K., Sarnet, V. 1988. Sposob posadki rastenii-regenerantov kartofelja. SU Autoritunnistus nr. 1678255. (vene keeles)

- Rosenberg, V., Kotkas, K., Särekanno, M. 2003. Kartuli meristeemtaimede kilerullis paljundamise juhend. EVIKA, Saku, Estonia, 2.
- Rosenberg, V., Kotkas, K., Särekanno, M. 2004. Kartuli meristeemtaimede avamaal kasvatamise juhend. EVIKA, Saku, Estonia, 2.
- Rosenberg, V., Kotkas, K., Särekanno, M. 2005. The number of tubers per plant and tuber's weight formation dynamics of potato meristem plants. Transactions of the Estonian Agricultural University, 220. Tartu, Estonia. 72–74.
- Saue, T. 2011. Simulated potato crop yield as an indicator of climate variability in Estonia. *PhD thesis*. Tartu University press, Estonia, 178.
- Scott, R.K., Wilcockson, S.J. 1978. Application of physiological and agronomic principles to the development of the potato industry. In: Harris, P.M. (Ed.), *The Potato Crop: The Scientific Basis for Improvement*. Chapman & Hall, London. pp. 678–704.
- Struik, P.C., Lommen, W.J.M. 1999. Improving the field performance of micro- and minitubers. – *Potato Research*, 42 (3–4), pp. 559–568.
- Struik, P.C., Wiersema, S.G. 1999. *Seed potato technology*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, 383 p.
- Struik, P.C. 2007. Above-ground and below-ground plant development. In: Vreugdenhill, D., Bradshaw, J., (Eds.). *Potato Biology and Biotechnology. Advances and Perspectives*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 219–236.
- Särekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Vasar, V., Ojarand, A., Ereemeev, V. 2010a. Dependence of leaf area index on different multiplication methods of potato meristem plants grown under field conditions. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 60, pp. 1–9.
- Särekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Vasar, V., Saue, T., Ereemeev, V. 2010b. Potato seed from meristem plants using EVIKA multiplication methods. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 60, pp. 101–109.
- Särekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Vasar, V., Saue, T., Ereemeev, V. (2010c). Yield potential and tuber-size distribution using EVIKA multiplication methods. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 60, pp. 297–306.
- Särekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Ereemeev, V. 2012. Development of field grown potato plants derived from meristem plants multiplied with different methods. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Section B – Soil & Plant Science*. (avaldamisel)
- Tadesse, M., Lommen, W.J.M., Struik, P.C. 2001. Effects of temperature pre-treatment of transplants from *in vitro* produced potato plantlets on transplant growth and yield in the field. – *Potato Research*, 44(2), pp. 173–185.
- Tooming, H.G., Mäetalu, H.I., Kyjva, P.H., Tammets, T.H. Raig, H.G. 1978. Programmirovaniie maksimal'nyh urozhaev kartofelja. (Programming of maximum potato yield.) *Vestnik sel'skohožajstvennyh nauk* (Reports of Agricultural Sciences), 2 (257), 110–117. (vene keeles)
- Van Oijen, M. 1991. Light use efficiencies of potato cultivars with late blight (*Phytophthora infestans*). – *Potato Research*, 34(2), pp. 123–132.
- Vos, J., Haverkort, A.J. 2007. Water availability and potato crop performance. In: Vreugdenhill, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Taylor, M., MacKerron, D., Ross, H. (Eds.). *Potato Biology and Biotechnology. Advances and Perspectives*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 333–348.
- Walworth, L.J., Carling, D.E. 2002. Tuber initiation and development in irrigated and non-irrigated potatoes. – *American Journal of Potato Research*, 79 (6), pp. 387–395.
- Wiersema, S.G. 1989. Comparative performance of three small seed tuber sizes and standard size seed tuber planted at similar plant densities. – *Potato Research*, 32 (1), 81–89.

### Analysis of productivity indicators of field-grown potato meristem plants multiplied by different methods

M. Särekanno, K. Kotkas, V. Rosenberg, J. Kadaja

#### Summary

From 2005 to 2007, tests were carried out in the Department of Plant Biotechnology EVIKA of Estonian Research Institute of Agriculture to study productivity indicators of plants multiplied by different methods on the basis of results of canopy dynamics and the tuber yield accumulation of meristem potato plants cultivated in the field. Technology for the propagation of first-generation seed tubers includes propagation of plantlets *in vitro*, greenhouse propagation in plastic rolls, and growing of meristem plants in the field. The present study was necessary as up-to-date data on the dynamics of LAI formation and tuber yield of field-grown potato meristem plants propagated *in vitro* and in plastic rolls were not available. The medium late maturing variety Ants and late maturing variety Vigri (both bred at the Jõgeva Plant Breeding Institute in Estonia) were used in the experiments. Four different multiplication methods were used. 1. *In vitro* microplants (MP). Potato plants were multiplied in test tubes on artificial media with micro-cuttings 2. Tip cuttings (TC) in plastic rolls. Microplants were transplanted to plastic rolls filled with peat substrate, followed by a growing period of 2–3 weeks under greenhouse conditions. After that tip cuttings (1.5–2.0 cm, the uppermost tip-cut leaves) were made with simple scissors, and then the cuttings were planted in plastic rolls filled with peat substrate. 3. Stem cuttings (SC) in plastic rolls. SC (1.5–2.0 cm, single-leaf stem cuttings) were cut from the same plants from which the TC had been obtained (Method 2), and then the cuttings were planted in plastic rolls filled with peat substrate. 4. Truncated plants (TP) grown in plastic rolls. The same plants, from which tip- and stem cuttings were taken, were left to grow in plastic rolls filled with peat for another two weeks. During that time, new vines developed from the axial bud. Pre-growing of plants in plastic rolls, acclimatisation, transplanting to the field, and nursing of the plants was carried out according to EVIKA guidelines for cultivation of first-generation seed tubers in the field. 1200 plants were transplanted to the field and planted by hand with a density of 7.1 plants m<sup>-2</sup> and with a spacing of 70 × 20 cm. The dynamics of potato shoot and tuber growth was measured 12–14 times during the vegetation period.

From our experiments, it can be concluded that specific productivity indicators of field-grown potato meristem plants dependent on the particular multiplication method, as well as on the experimental year. Variety was observed to have a smaller effect on the specific productivity indicators. The productivity indicators of plants multiplied by TC, SC, and TP methods are comparable to those of plants multiplied by the MP method. Furthermore, plants multiplied in plastic rolls by TC, SC, and TP methods, achieve a seed potential similar to plants multiplied by the MP method; however, attentive differentiation is required during harvest time. All described multiplication methods proved to be suitable for seed production.

## ILMAST, VILJAST JA MEIST ENDIST

Enno Kalde

Juba ajaloolistest materjalidest võib leida fakte, et inimkonda on läbi aegade edendanud põhiliselt kaks asjaolu: uudishimu ja elulised vajadused. Loogiliselt võivad need asjaolud haakuda praeguste põllumeeste jt probleemidega, seepärast räägin mõnest olulisemast.

Tiibetis, Indias jt idamaades oli juba ammu koostatud looduse kalendreid, nende järgi määrati ilma seisukorda saabuvaks vilja-aastaks jm elulisteks vajadusteks. Seni ei ole käesoleva artikli autor neist kalendrest leidnud fakte ega ka usulisi hoiakuid, mille alusel oleks ennustatud maailma lõpu saabumist. Meile tuntud Piiblis on aga käsitletud maailmalõpu saabumist. Mida see maailma lõpu mõiste tähendab ja millal see saabub, seda ei selgitata. Maailma lõppu on siiski aeg-ajalt kuulutatud. Neist viimane algas ca 1997. aasta paiku, kui öeldi, et aastaks 2000 tuleb maailma lõpp. Siiski jäi see tulemata. Nüüd on Kesk-Ameerikas maiade kultuuri uurija Sam Osmanagichi ühe vihje järgi maailma lõpu saabumist pikendatud 2012. aasta lõpuni (9).

Meil Eestis on viimase kümne aasta jooksul intensiivistunud järjekordne maailma lõpu kuulutamise mudel. Selle mudeli järgi inimesed ise põhjustavad lähimal ajal maailma lõpu saabumise. Selle nähtuse põhjustaja on kasvuhoonegaaside (täpsemalt seda ei selgitata) suurenemine ja atmosfääris osoonikihi  $O_3$  vähenemine, mille tagajärjel suureneb atmosfääris (loogiliselt, kus me elame) ultraviolettkiirgus (UV, ühikuid ei täpsustata), hävitab maapealse elutegevuse jne. Peale selle kaasneb nende nähtustega lähimal ajal jäämägede sulamine, seoses temperatuuri tõusuga 2–3 °C võrra, mis põhjustab ookeanides, seejärel Läänemeres veetõusu, ohustades üleujutustega põllumehi jt Eestis ning mujal. Ainus ellujäämise võimalus on igasuguse senise elutegevuse katkestamine ja Noa laeva ehitamine.

Käesoleva artikli autori oletusel võivad maailma lõpu ettekuulutamise faktid ohustada põllumajandust ning põhjustada inimestel täiendavat stressi, seoses sellega aga tähelepanu vähenemist, alkoholi tarvitamist jms, millega omakorda on seotud avariid liikluses.

Seepärast pean vajalikuks analüüsida  $O_3$  ja UV-kiirguse tekkepõhjusti ning mõningaid UV-kiirguse omadusi seoses põllumajandusega.

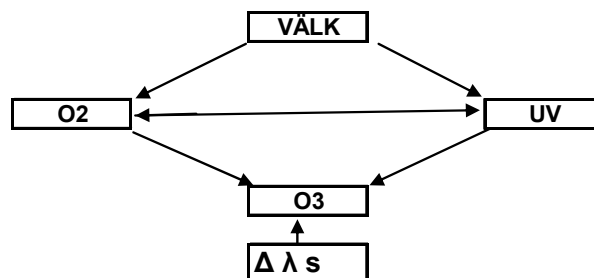
### Arutelu

Selle katastroofi tegelikkuse määratlemiseks esitan mõningaid fakte ning lisan eelkõige, et ei ole põhjust paanitseda (11).

1. Ametlikult avaldatud ilmaprognooside järgi toimub ilma seisukorra määramine praegu umbes nädalaks. Keskmise temperatuuri kõikumine mõnel aastal 2–3 °C võrra ei ole Eestis imeasi. Alates 1866. aastast tehtud meteoroloogiliste mõõtmiste järgi on need temperatuurikõi-

kumised olnud keskmiselt ca 3.4 °C. Näiteks 140 aastat tagasi oli aasta keskmine temperatuur 5.81 °C võrra kõrgem, kuid selle tagajärjel ei ole veel globaalset soojenemist senini saanud.

2. Akadeemik Anto Raukas on tähelepanekute järgi oma ettekannetes selgitanud, et see soojuse hulk, mida inimesed Maal toodavad, moodustab umbes 2–3% sellest soojuse hulgast, mis saabub Päikeselt Maale. Samuti on võrreldamatu kütuste põletamisel eralduva  $CO_2$  jt ainete hulk ainult ühest vulkaanipurskest eralduvate saasteainete massiga. Viimane suurem vulkaanipurse toimus Islandil 2011. aastal.
3. N. Galderi uuringute järgi on kindlaks tehtud, et ühest äikesepilvest vabaneb rohkem energiat, kui New Yorgi linn toodab aasta jooksul (1). Välguga on aga seotud  $O_3$  moodustumine, sellest edaspidi.
4.  $O_3$  kahjustusi atmosfääri tingimustes ehk tegelikes looduslikes tingimustes (alates  $CO_2$  põhjustatuna, sest  $CO_2$  kuulub ka loodusliku atmosfääri koosseisu) on põhjendatult keeruline mõista.  $O_3$  moodustumine ja lagunemine ning nende protsesside seosed UV-kiirgusega on kahjuks jäetud tähelepanust kõrvale (3).
5. Keskkonnavalades uuringutes (8;4) on kindlaks tehtud, et  $O_3$  moodustub stratosfääri alumistes kihtides  $O_2$  ja  $O$  ühinemisel keskkonnas, mille elektromagnetiline lainepikkus on 242 nm. Järelikult  $O_3$  molekulide moodustumise üks eeltingimusi on tegelikult selle elektromagnetilise lainepikkuse moodustumine.
6. U. Veismanni ja R. Veskimäe uuringute (12) järgi on kindlaks tehtud, et  $O_3$  tekib õhuhapnikust UV-kiirguse ja välgu toimel suhteliselt soojemas keskkonnas. Sellest järeldan, et oletatavatest kasvuhoonegaasidest võib moodustuda lokaalne pilvisus, mis omakorda põhjustab välgu sagenemist ja sellega seotud  $O_3$  molekulide moodustumist. Joonisel 1 on näidatud  $O_3$  molekulide moodustumine looduslikus keskkonnas ja UV-kiirguse ning osooni omavahelised seosed, millele lisandub veel soojuse ehk soojuskiirguse lainepikkuse muutumine  $\Delta\lambda$ -s



Joonis 1. Välgust mõjustatud  $O_3$  moodustumise skeem



- 6.1. Et  $O_3$  moodustumine joonis 1 järgi on seotud soojuskiirgusega, siis sellest autor järeldab, et Antarktika kohal  $O_3$  vähesus ehk nn osooniaugu üks põhjustajaid võib olla suhteliselt madal temperatuur.
7. V. Masingu uuringute (6) järgi on UV-kiirgusel fotokeemiline ja biokeemiline toime, seetõttu:
- 7.1. UV-kiirgus suures annuses elusorganismide välispindadele on kahjulik, kuid väikestes annustes on sel organismide kudedele raviv toime. Neist tähtsam on D-vitamiini moodustamine, naha pruunistumine, kudedes haigusi tekitavate mikroorganismide paljunemise tõkestamine. Sellest autor järeldab, et UV-kiirgus võib tõkestada ka mõningate viiruste moodustumiseks neile vajaliku elektromagnetilise lainepikkusega ehk sagedusega keskkonna moodustumist elektromagnetlainete interaktsioonidest põhjustatud interferentsi seaduste alusel (5).
8. Eeltoodud faktile (7.1) täienduseks saab öelda, et juba üle 40 aasta tagasi oli kindlaks tehtud, et erineva UV-kiirguse lainepikkusega on seotud UV-kiirguse mõjud elusorganismidele, milles olulisim on järgnev.
- 8.1. UV-kiirguse lainepikkus  $\lambda = 5-180$  nm neeldub tugevasti õhus.
- 8.2.  $\lambda = 180-255$  nm (C-piirkond), mis on seotud haigusi tekitavate mikroorganismide paljunemisega. Hävitab haigusi tekitavaid mikroorganisme õhus, vees jm, samuti vähendab põllusaaduste riknemisi. Õhus, st atmosfääris, aga põhjustab  $O_3$  moodustumist.
- 8.3.  $\lambda = 255-320$  nm (B-piirkond). Vähendab elusorganismides rahhiidi kahjustusi, suurendab D-vitamiini moodustumist ning samal ajal ka naha pruunistumist.
- 8.4.  $\lambda = 320-400$  nm (A-piirkond), erisugune toime elusorganismide bioloogilistele protsessidele (7).
9.  $O_3$  uuringute järgi (8) on kindlaks tehtud, et  $O_3$  neelab päikese ja kosmilist kiirgust vahemikus  $\lambda = 215-290$  nm. Sellest järeldub, et  $O_3$  neelab (loogiliselt lagundab) ainult osaliselt C- ja B-piirkonna UV-kiirguse lainepikkusi.

Et  $O_3$  moodustumine toimub kindlate elektromagnetiliste lainepikkuste vahemikus seoses vihma ja välguga, siis võib  $O_3$  eraldumine toimuda nende lainepikkuste piires ka vihmaveest põhjusel, et vihma- ja lumevee keemiline tüüp on  $HCO_3\text{-Cl-Na}$  või  $HCO_3\text{-Cl-Na-Ca}$ . Nendes on lahustunud mineraalainete sisaldus 0.182–0.23 g/l (10). Seega võib eelnimetatud veetüüpide vastavate lainepikkuste vahemikus elektrokeemilistes reaktsioonides välgu tagajärjel  $O_3$  molekule atmosfääri eralduda. Kuna Maad ümbritseb Maa magnetväli ning magnetväli ja elektriväli on teineteise lahutamatud koostisosad ning nende omavaheline eraldami-

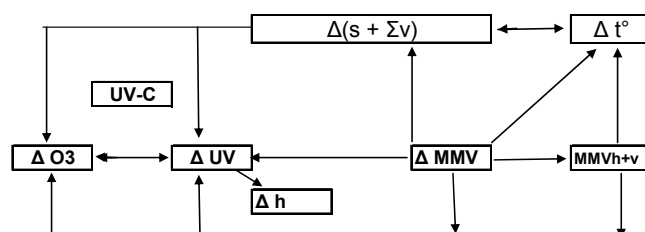
ne on suhteline, võib  $O_3$  ja UV-kiirguse moodustumisel, püsivusel ja lagunemisel olla seoseid ka Maa magnetvälja lokaalsete väärtustega.

10. Igal suvel hoiatatakse inimesi UV-kiirguse ohu eest. Millest see nähtus on põhjustatud, sellest täpsed selgitused puuduvad, neist mõned faktid võrdluseks.

10.1. Autori tähelepanekute ja mõõtmiste järgi on UV-kiirgus mõnel aastal juunis-juulis umbes kaks korda suurem kui jaanuaris ja veebruaris. Sageli põhjendatakse seda Päikese kaugusega Maast. Tegelikult on Päike juunis Maast kõige kaugemal, s.o 4.6 miljonit kilomeetrit, ja Päike on Maale kõige lähemal jaanuaris. Päikse soojuskiirguse järgi oleks pidanud olema vastupidi. Vastupidist nähtust iseloomustab ka juunis Päikese kiirguse intensiivsus põhjapoolkeral, mis on 7% väiksem kui jaanuaris (1). Seega üksnes Päikese kaugus Maast ei ole seotud maapinnalähedase temperatuuriga ega temperatuurist põhjustatud  $O_3$  ja UV-kiirgusega.

Eeltoodud nähtusele vastupidiste omadustega on Maa magnetvälja seisukord. Aastapikkuse perioodi jooksul on Maa magnetvälja tugevus (magnetiline induktioon) jaanuaris-veebruaris kõige suurem ja juunis-juulis kõige väiksem. Äikese, välgu esinemise perioodil suureneb Maa magnetvälja tugevus mõnest tuhandest kuni mõnekümne tuhande nanoteslani (nT; 2).

Neist nähtustest järeldab autor, et Maa magnetvälja tugevusega on seotud UV-kiirgus ja selle alajaotused ning  $O_3$  moodustumine ja nendega seotud muud väärtused (joonis 2).



Joonis 2.  $O_3$  ja UV-kiirguse muutumisega seotud looduslike väärtuste skeem eespool esitatud faktide järgi

- $\Delta O_3$  –  $O_3$  väärtuste muutumine,  
 $\Delta UV$  – UV-kiirguse väärtuste muutumine,  
 $\Delta (s + \sum v)$  – sademete ja välguväärtuste summa muutumine,  
 $\Delta t^\circ$  – temperatuuriväärtuste muutumine,  
 $\Delta MMV$  – Maa magnetvälja üldine kõikumine,  
 $\Delta MMV_{h+v}$  – Maa magnetvälja horisontaal- ja vertikaalvektorvälja tugevuse kõikumine,  
 $\Delta h$  – seos haigusi tekitavate mikroorganismide vähenemisega,

UV-C – UV-kiirguse C-piirkonna mõju O<sub>3</sub> molekulide moodustumisele.

Joonis 2 järgi järeltab autor, et O<sub>3</sub> ja UV-kiirguse muutmistel on omavaheline seos. Kui O<sub>3</sub> ja UV-kiirguse väärtusi võrrelda ühtses süsteemis neid ümbritsevate tegelike looduslike väärtustega, siis O<sub>3</sub> ja UV-kiirguse väärtused on kõige enam seotud Maa magnetväljaga ning horisontaal- ja vertikaalvektorvälja väärtustega (need võivad kõige enam mõjutada O-aatomite orientatsiooni). Seega võivad paiksed saastetekiitajad mõjutada O<sub>3</sub> ja UV-kiirguse seisukorda, kuid mitte globaalsete O<sub>3</sub> ja UV-kiirguse väärtusi.

Aasta keskmise temperatuuri kõikumine maapinna lähedal aastate lõikes ei ole imeasi ja see ei ole ka maailma lõpu saabumise tunnus.

Eeltoodud jt ilmadünaamikaga seotud nähtustest järeltab autor, et saabuv vilja-aasta algab põllumehele sagedaste jahedate kagu- ja loodesuunaliste tuulehoogu-

dega ning väheste vihmahoogudega. Ilma selline seisukord tagab teraviljade hea idanevuse ja tugeva juurestiku moodustumise ning seejärel ka hea vilja-aasta saabumise. Kartuli osas võib vegetatsioon toimuda ainult rahuldavalt. Selle üks põhjustajaid on juunis-juulis suhteliselt vähene UV-kiirgus, mis oluliselt ei takista kartuli lehemädaniku jt haiguste levikut.

Kokkuvõtteks, autor ei leia ühtegi fakti, millega inimesed põhjustavad Maa globaalset soojenemist ega ka globaalseid O<sub>3</sub> ja UV-kiirguse muutusi. Kuidas aga suhtuda nendesse isikutesse, kes on põhjustanud emotsioone, stressi jms, jätan siiski lugeja otsustada.

Lõppkokkuvõtteks järeltab autor, et O<sub>3</sub> ja UV-kiirguse tekke, püsivuse ja lagunemise väärtusi ning UV-kiirguse mõjusid elusale loodusele võib saada tõele kõige lähedasemalt määratleda elektromagnetiliste lainete interaktsioonide alusel.

## REIN VIIRALT – 70



29. jaanuaril 2012 täitis Eesti Maaülikooli kauaaegsel õppejõul, emeriitprofessor Rein Viiraltil 70 eluaastat. Ta on sündinud Järvamaal Kareda vallas Viisu külas, õppinud agronoomiat Olustvere Põllumajandustehnikumis (lõpetanud 1960) ja Eesti Põllumajanduse Akadeemias (1965), olnud rohumaaviljeluse kateedris statsionaarne aspirant (1967–70), kaitsnud kandidaadiväitekirja (1986) ja täiendanud oma teadmisi Jaapani Teaduse ja Tehnoloogia Agentuuri stipendiumi toel Tohoku Riiklikus Põllumajanduse Katsejaamas (1996). VAK on andnud talle dotsendi kutse (1990).

Rein Viiralt jäi akadeemia lõpetamise järel tööle taimekasvatuse kateedrisse, mille peatsel jagunemisel (1967) paigutus moodustatud rohumaaviljeluse kateedrisse. Seal on kulgenudki tema pikk töömehetee õppejõu ja teadurina. Kuigi praegune emeriitprofessor on olnud väga asutusetruu, näitab tema tööraamat koguni kolme nime kandnud kõrgkooli (EPA, EPMÜ, EMÜ). Ametiredelil on Rein Viiralt läbinud peaaegu kõik võimalikud astmed. Ta on alustanud vanemlaborandina, edenenud katsetööde inseneriks, edasi assistendiks, vanemõpetajaks, vanemteaduriks, kateedrijuhataja kohusetäitjaks, dotsent-kateedrijuhatajaks, professor-õppetooli juhatajaks, professor-osakonna juhatajaks, professor-instituudi juhatajaks, professor-teaduskonna prodekaaniks. 1. veebruaril 2008 valiti ta Eesti Maaülikooli emeriitprofessoriks, mille järel töötab ülikoolis lepingu alusel õppejõu ja põllumajandusministeeriumi tellitud rakendusuringu projekti juhina.

Õppejõuna on Rein Viiralt alustanud rohumaaviljeluse praktikumide läbivijjana (alates 1966), millele lisandusid üsna peatselt (1975) loengukursused põllumajanduskultuuride niisutamisest, rohumaateadusest ja rohumaaviljelusest majanduse, agronoomia, maakorralduse, hiljem ka põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise eriala üliõpilastele. Tema juhendamisel on valminud ja edukalt kaitstud kümned diplomi- või lõputööd, kümme teadusmagistri tööd ning kolm doktoritööd (R. Lillak, A. Selge, A. Bender). Tema aktiivsel kaasalöömisel on koostatud arvukalt õppekirjandusena kasutatavaid rohumaaviljeluse või söödatootmise alaseid väljaandeid, kus tema enda sulest on ilmunud mahukad peatükid rohumaade klassifikatsioonist, rajamisest, väetamisest, saagi kujunemisest ja ökonoomsusest kasutamisel. Neist väljaandeist on meenutada 'Rohumaaviljelus talupidajale', Saku-Tallinn-Tartu, 1992; 'Söödatootmine piimakarjale', Tartu, 1996; 'Loodushoidlikud rohumaad', Jäneda, 1999; 'Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine', I ja II osa, Tartu, 2006; 'Rohumaaviljeluse, karjakasvatuse ja haljastuse integratsioon', Saku, 2007; 'Turvasmuldade optimaalne kasutamine söötade ja bioenergia tootmisel', Tartu, 2008; 'Kohalikud söödad', Saku, 2011.

Paralleelselt õppetööga on Rein Viiralt pidevalt tegelema rohumaaviljeluse alase uurimistööga. Ta on uurinud erinevaid probleeme ning publitseerinud artikleid kultuurkarjamaade ja -niitude vihmutamisest, rohumaade väetamisest mineraal- ja orgaaniliste väetistega (sh eriotstarbeliste väetistega), rohumaade saagi formeerumisest ja optimaalsest kasutamisest, seemnese- ja kasutusrežiimi mõjust saagile ja saagi kvaliteedile, niidetud rohuääkide lagunemisest murul ja niidul, aineringetest rohumaal ja toitainete leostumiskadudest, bioenergia tootmisvõimalustest rohumaadel jm teemadel. Uurimistulemusi on ette kantud Ülemaailmsel Rohumaade Kongressil Moskvast 1974, Dublinis 2005 ja Hiinas 2008 ning Euroopa Rohumaade Föderatsiooni korraldatud konverentsidel Debrecenis 1998, Witzenhausenis 2001, Plevenis 2003, Luzernis 2004, Tartus 2005, Badajozis 2006, Ghentis 2007, Brnos 2009, Kielis 2010 ja Raumberg-Gumpensteinis 2011. Peale selle on esinetud Baltikumi ja Põhjamaade ülikoolide korraldatud teaduskonverentsidel. Siintoodu tõestab, et Rein Viiralt koos oma õpilaste ja kolleegidega on muutnud Eesti Maaülikooli rohumaaviljeluse uurimistase märgatavaks ja arvestatavaks kaugele väljapoole Eestitki. Iseenesest mõistetavalt on Rein Viiralt olnud oodatud esinejaks vabariiklikel teadusseminaridel ja arvukatel õppepäevadel ning tootjatele korraldatud teabeüritustel. Enamikel juhtudel on neist esinemistest talletunud ka paberandjal kirjatöö.

Rein Viiralt on pidevalt olnud hõivatud ühiskondliku tööga. Järgnevalt vaid valikuliselt mõni neist kohustus- test, mida on tulnud täita: UNESCO programmi 'Inime- ne ja biosfäär' Eesti III projekti sekretär (1978–1983) ja esimees (1984–1990); FAO rahvusvahelise valge ristiku konverentsi korralduskomisjoni esimees ja ettekannete kogumiku toimetaja (Tartu, 1995); rahvusvahelise rohumaaviljeluse konverentsi korralduskomisjoni liige ja ettekannete kogumiku toimetaja (Tartu, 2000); Euroopa Rohumaade Föderatsiooni sümposiumi teaduskomitee

aseesimees ja ettekannete kogumiku kaastoiemataja (Tartu, 2005); teadusajakirja *Agronomy Research* toimetuskolleegiumi liige ja kaastoiemataja; teadusajakirja *Agraarteadus* toimetuskolleegiumi liige; Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi eestseisuse liige ja asepresident (2001–2007); EV Põllumajandusministeeriumi (2002–2005), EPMÜ (1993–1998 ja 2001–2005) ning Eesti Maaviljeluse Instituudi (2000–2007) teadusnõukogu liige; rektorite nõukogu õppekavade töögrupi liige. Aastail 2006–2011 tegutses R. Viiralt Eesti Teaduse Biograafilise Leksikoni (ETBL) III, IV ja täiendusköite koostamisel erialaekspertina taimekasvatuse valdkonnas (täiendanud kokku 167 isikuartiklit). Loomulikult on ta olnud üks (taas)asutajaliige ja aktiivne kaasalööja Eesti Rohumaade Ühingu (juhatuse liige 1993–2001) ning Põllumajandusministeeriumi juurde (taas)loodud Katseasjanduse nõukogu töös. Aastast 2008 on Rein Viiralt valitud Eesti Maaülikooli Professorite kogu juhatuse esimeheks.

Kõige muu kõrvalt on Rein Viiralt jätkunud hoolt ja ettevõtmist ilusa maakodu väljaehitamiseks Hellenurmes, kus veedab enamuse napist suvisest puhkuseajast. Ta on kahe poja isa ja kuue lapselapse vanaisa.

Abikaasa Mare töötab Eesti Põllumajandusmuuseumis näituste ja muuseumipedagoogika osakonna juhatajana.

Tunnustusena senitehtu eest omistati Rein Viiraltile 2004. aastal Eesti Põllumajandusülikooli teenetemedal.

Soovime auväärsele juubilarile õnne, tugevat tervist ja kordaminekuid kõigiks ettevõtmisteks!

Ants Bender

Rein Viiralt eluloolisi andmeid võib varasematest väljaannetest leida:

Annuk, K. 2002. Rein Viiralt – 60. *Agraarteadus* nr 1, lk 68–69.

Eesti põllumajanduse edendajaid. Biograafiline leksikon. 2008. Koostanud O. Tamberg. Tallinn, lk 584.

Tamberg, O. 2009. Põllumajandusest, põllumeestest ja elust enesest. Artikleid, meenutusi, noppeid. Tallinn, lk 407.

Toomre, R. 1991. Rohumaaviljeluse teadustöö areng ja selle uurijad Eestis. Tallinn, lk 141–142.

## LUDVIG RAUDSEPP – IN MEMORIAM



21. märtsil oleksime tähistanud Eesti Põllumajanduse Akadeemia ja Eesti Põllumajandusülikooli kauaaegse õppejõu Ludvig Raudsepa 90. sünnipäeva. Kahjuks lahkus ta manalateele 27. jaanuaril 2012. a.

Ludvig Raudsepp sündis 21. märtsil 1922 Võrumaal Kasaritsa vallas vanematele kuulunud põlises Lövaski talus, mis asub looduskauis kohas samanimelise järve lähedal. Tema koolitee viis läbi Kolepi algkooli ja Võru Ühisgümnaasiumi (lõpetas 1942). Hoolimata vahepeal alanud sõjast õnnestus tal 1942. a sügisel astuda Tartu Ülikooli põllumajandusteaduskonda ja õppida seal kuni ülikooli sulgemiseni 1944. a augustis. Õpinguid sai L. Raudsepp jätkata 1945. a veebruaris, Tartu Riikliku Ülikooli põllumajandusteaduskonna lõpetas ta 1948. a oktoobris õpetatud agronoomi kutsega.

Peatselt pühendas L. Raudsepp end pedagoogitööle. Alates 1949. a maist kuni ületulekuni EPA-sse 1. septembril 1955 oli ta Tartu Õpetajate Instituudi loodusteaduse-maateaduse kateedri juhataja. EPA-s töötas L. Raudsepp koosseisulise õppejõuna (põhiaine botaanika) pidevalt 36 aastat, olles taimekasvatuse ja sordiretuse kateedri vanemõpetaja (1955–1961), botaanika ja fütopatoloogia kateedri vanemõpetaja (1962–1966), dotsendi kt (1966–1969) ja dotsent (1969–1976), rohu-

maaviljeluse ja botaanika kateedri dotsent (1976–1982 ja 1987–1991) ning kateedri juhataja (1982–1987).

L. Raudsepp osales õppetöös ka pensionärina kuni 2002. a (botaanika õppepraktika ja laboritööd, valikaine suhtlemine ja käitumiskultuur). Seega õpetas L. Raudsepp kolmes kõrgkoolis kokku 53 aastat (1949–2002).

L. Raudsepa tegevus EPA-s paistis silma oma mitmekülgusega. Arvukate mitme eriala üliõpilaspõlvkondadele on ta meelde jäänud eelkõige kui alati reipa sammu ja akadeemiliselt korrektse esinemisega õppejõud, kes ei piirdunud õpetamisel ainult teadmiste edasiandmisega, vaid elas kaasa ka üliõpilaste igapäevaste rõõmudele ja muredele. Muidugi tuli õppejõuametis suureks kasuks loomupärane kõneosavus. Kauaks jäävad L. Raudsepa õpilastele meelde tema juhendatud botaanika õppekursioonid Eestimaa eri osadesse, kus taimeliikide tundmaõppimine ja herbariseerimine kombineerus vaheldusrikkalt kultuurilooliste paikade ja mälestiste külastamisega. Muide, L. Raudsepa kultuurihuvi lätend ulatuvad üliõpilaspõlve algusesse, millal (1942) ta kirjutas Akadeemilisele Emakeele Seltsile etnograafilise võistlustöö 'Muistne põllumajandus'.

1965. aastal kaitses L. Raudsepp kandidaadidissertatsiooni teemal 'Maapirni sortidest ja agrotehnikast Eesti NSV-s'. Hiljem pühendus ta peamiselt kultuurirohumaade rohukamarate kujunemise seaduspärasuste uurimisele. Botaanika alal on L. Raudsepp välja andnud arvukalt õppevahendeid, sealhulgas raamatud 'Eesti õistaimi' (1981), 'Mõningaid vähetuntud ravimtaimi' (1998), 'Tarvilikke taimi aias ja aia taga' (1999). Aastal 2003 valiti L. Raudsepp Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi auliikmeks.

L. Raudsepp juhendas arvukalt lõputöid, põhiliselt haljastuse, ilutaimede ja kooliaegade teemadel, mille kaudu lõpetajad viisid Eestimaa eri paigus ellu tema mõtteid ja soovitusi.

Väsimatult osales L. Raudsepp koos lambakasvatuse õppejõust abikaasa Vilmaga EPA seltskondlikus elus (eriti üliõpilastaidluste korraldamisel) ja muus ühiskondlikus tegevuses. Eriti on meelde jäänud L. Raudsepa oskus säästa kolleegide ja enese aega tolle aja rutiinsete ja päevapoliitiliste ürituste läbiviimisel ning diplomaatiline vilumus vältida teravaid konflikte.

Eluteel andis jõudu ja optimismi laulmine akadeemilises meeskoris Gaudeamus. Üles on kasvatatud poeg ja kaks tütar ning korras hoitud kodutalu Võrumaal, mis suviti on olnud töö- ja mängumaaks lastele ning suguvõsa kokkutulekute paigaks. L. Raudsepa erihuvina tuleb märkida tema eestvedamisel koostatud ja trükitud avaldatud mahukat suguvõsa genealoogiat.

Mälestus Ludvig Raudsepast kui ereda isikupäraga õppejõust ja heast kolleegist jääb püsima.

Rein Viiralt

## JUHEND AUTORITELE

Ajakirjas avaldatakse rahvusvaheliselt eelretsenseeritavaid põllumajandusega seotud teaduslikke ja ülevaate artikleid. Välisautorite artiklid on ingliskeelsed koos ingliskeelse kokkuvõttega, eesti autorid võivad artikli avaldada omal valikul ingliskeelsena või eestikeelsena. Eesti autorite ingliskeelse artikli lõpus peab olema eestikeelne kokkuvõte ja eestikeelse artikli puhul ingliskeelne kokkuvõte.

### Nõuded artiklile

#### Struktuur

Pealkiri peab olema võimalikult lühike ja informatiivne. Autorite nimed, kaasaarvatud üks eesnimi, aadress(id) ja e-posti aadress(id) peavad olema esitatud täies ulatuses ja järgnema artikli pealkirjale. Kirjavahetust pidav autor peaks olema märgitud tärniga ja tema e-posti aadress peaks olema antud. Abstrakti pikkus on kuni 250 sõna, võtmesõnad (maksimaalselt 7), Sissejuhatus, Metoodika, Tulemused, Arutelu, Järeldused, Tänuavaldus, Kasutatud kirjandus, ingliskeelne kokkuvõte (eesti autorite ingliskeelne artikkel peab sisaldama eestikeelset kokkuvõtet, välisautorite ingliskeelset artiklit eesti keelde ei tõlgita ja eestikeelset kokkuvõtet ei tehta). Käsikirja maht (kaasaarvatud kasutatud kirjandus, kokkuvõtted, joonised ja tabelid) ei peaks ületama 10 A4 lehekülge.

#### NÄIDIS

### PEALKIRI

Autorid

*Address*

**ABSTRACT.** *Use of.....*

**Keywords:**

### Sissejuhatus

Talitritikale laialdasem levik maailmas on pidurdunud tema terade väga sagedase koristuseelse peas kasvamamise tõttu., seda eriti niiskema ja jahedama kliimaga piirkondades (Smith, Jones, 1998; Brown, 1999; Adams, 2000).

#### Lehekülje suurus ja häälestus

Lehekülje suurus A4. Kasutada **Microsoft Word'i, justify, Times New Roman**, suurus **10**. Abstrakti ja Võtmesõnade puhul kasutada *kursiivi*. Lehekülje numbreid mitte kasutada. Ladinakeelsete nimetuste ja statistiliste terminite puhul kasutada *kursiivi* (*t*-test,  $n = 193$ ,  $P > 0.05$ ). Kasutada ülamärkidenä "....", mitte jutumärke ".....".

#### Tabelid

Kõik tabelid peavad olema tekstis viidatud (tabel 1; tabel 1, 2). Tabeli pealkirjas kasutada **Ariali** suurusega **9**, ingliskeelne pealkiri *kursiivis Ariel* suurusega **9**. Tekst ja numbrid tabeli sees **Times New Roman** suurus **10**. Kasutada **TAB** ja ainult horisontaaljooni.

#### Joonised

Kasutada ainult must-valgeid jooniseid. Joonise allkirjad **Arial** suurusega **9** ja ingliskeelne allkiri *kursiivis Ariel* suurusega **9**. Kõik joonised peavad olema tekstis viidatud (joonis 1; joonis 1, 2; joonised 1-3).

### Kasutatud kirjandus

**Teksti sees** kasutada kahe autori puhul **koma**. Kui autoreid on rohkem kui kaks, siis kasutada esimese autori järel *'et al'*:

Smith and Jones (1998); (Smith, Jones, 1998)

Brown *et al.* (1997); (Brown *et al.*, 1997)

Adams (1998); (Adams, 1998)

Kui viidata rohkem kui ühele publikatsioonile, siis: 1. viitamine toimub vastavalt ilmumisaastale (suurenev),

2. kui ilmumisaasta on sama, siis vastavalt autorite alfabeetilisele järjestusele:

(Smith, Jones, 1998; Brown *et al.*, 1999; Adams, 2000; Smith, 2000)

**Raamatud**

Autori(te) nimi ja initsiaalid, avaldamise aasta, raamatu pealkiri, avaldaja, avaldamise koht, lehekülgede arv.

Adojaan, A. 1950. Heintaimede seemnekasvatus kolhoosides ja sovhoosides. Valgus, Tallinn, 127 lk.

Šijatov, S.G. 1986. Dendrochronology of the Upper Timberline in the Urals. Nauka, Moskva, 350 lk, (vene keeles)

**Artiklid ajakirjas**

Autori(te) nimi ja initsiaalid, ilmumisaasta, artikli pealkiri, sidekriips, ajakirja nimetus (täisnimetus), väljaande number ja leheküljed. Artiklite pealkirjad, mis on avaldatud teistes keeltes kui inglise, saksa, prantsuse, hispaania või portugali keeles, peaks olema tõlgitud inglise keelde koos täiendusega lõpus (vene keeles, ing. k. abstrakt).

Fairey, N. A., Lefkovitch, L. P. 1996a. Crop density and seed production of creeping red fescue (*Festuca rubra* L. var. *rubra*). 1. Yield and plant development. – *Canadian Journal of Plant Science*, 76 (2), p. 291–298.

Danieljan, S.G., Nabaldijan, K.M. 1971. The causal agents of meloids in bees. – *Veterinaria*, 8, 64–65 (vene keeles).

**Artikkel kogumikus**

Autori(te) nimi ja initsiaalid, ilmumisaasta, artikli pealkiri, sidekriips, kogumiku nimetus, koostaja nimi sulgudes, avaldaja, ilmumise koht, leheküljed.

Rand, H. 1992. Heintaimede seemnekasvatus. – Rohumaaviljelus talupidajale (koostaja H. Older). AS Rebellis, Saku, 44–74.

**Toimetised**

Autori(te) nimi ja initsiaalid, ilmumisaasta, artikli pealkiri, sidekriips, *toimetise nimetus kursiivis*, ilmumise koht ja leheküljed.

Tomic, Z., Mladenovic, R. 1995. Perennial grass seed production in some mountain region in Serbia. – *Proceedings of Third International Herbage Seed Conference June 18–23 1995. Halle*, p. 346–350.

**Märkused**

Kasutada ' ' (mitte ' , '):  $0.6 \pm 0.2$

Kasutada koma tuhandete märkimiseks – 1,230.4 (üks tuhat kakssada kolmkümmend koma neli)

Ilma vaheta: 5<sup>0</sup>C, 5% (mitte 5<sup>0</sup>C, 5%)

Kasuta '–' (mitte '-') ja ilma vaheta: pp. 27–36, 1998–2000, 4–6 min, 3–5 kg

Kasuta vahesid: 5 h, 5 kg, 5 m, C : D =  $0.6 \pm 0.2$

Kasuta 'kg ha<sup>-1</sup>' (mitte 'kg/ha')

Kasuta '°': 5<sup>0</sup>C (mitte '5°C')

# INSTRUCTION FOR AUTHORS

Papers must be in English (British spelling). English is revised by a language reviewer, but authors are strongly urged to have the papers reviewed linguistically prior to submitting. Contributions should be sent electronically. Papers are considered by referees before acceptance.

## Papers should be strictly followed instructions

### Structure

Title, Authors (names), Authors' place of work with full address, Abstract (up to 250 words), Keywords (up to 7 words), Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References.

### *FOR EXAMPLE*

#### TITLE

Authors

*Adresses*

*ABSTRACT. In laboratory pupal...*

**Keywords:** *triticales...*

#### Introduction

In many countries rural....

### Page size and font

- The file should be prepared using **Microsoft Word 97** or a later version
- Set page size to A4 (**21 x 29,7cm**), all margins at **2,5 cm**
- Use **single line** spacing and **justify** the text
- Use font **Times New Roman**, size 10;
- Do not use page numbering
- Use *italics* for Latin biological names and for statistical terms (*t*-test,  $n = 193$ ,  $P > 0.05$ )
- Use single ('.....') instead of double quotation marks (".....")

### Tables

- All tables and figures must be referred to in the text (Table 1; Tables 1, 2)
- For tables use font Times New Roman, regular, 10 points
- Use **TAB** and not space bar between columns
- Do not use vertical lines as dividers, only **horizontal** lines are allowed
- Primary column and row headings should start with an initial capital, secondary headings without initial capital

### Figures

- Use only black and white for figures
- Use font **Arial** within the figures
- Legend below the figure must not be in a frame of the figure
- All figures must be referred to in the text (Figure 1; Figure 1, a, b; Figures 1, 3; Figures 1–3)



## References

### Within the text

In case of **two** authors use comma. In case of more than two authors, reduce to first author “*et al.*”

Smith and Jones (1996); (Smith, Jones, 1996)

Brown *et al.* (1997); (Brown *et al.*, 1997)

Adams (1998); (Adams, 1998)

When referring to more than one publication, arrange them using the following keys: 1. year of publication (ascending), 2. alphabetical order for the same year of publication:

(Smith, Jones, 1996; Brown *et al.*, 1997; Adams, 1998; Smith, 1998)

### For whole books

Name(s) and initials of the author(s), year of publishing, title of the book publisher, town of publishing, number of pages.

Tritton, D. Y. 1988. *Physical Fluid Dynamics*. Clarendon Press, Oxford, 350 pp.

Shiyatov, S. G. 1986. *Dendrochronology of the Upper Timberline in the Urals*. Nauka, Moskva, 350 pp. (in Russian).

### For journals articles

Titles of papers published in languages other than English, German, French, Italian, Spanish, and Portuguese should be replaced by an English translation, with an explanatory note at the end, e.g., (in Russian, English abstr.).

Habel, R. E., Budras, K.-D. 1992. Anatomy of the Prepubic Tendon in the Horse, Cow, Sheep, Goat and Dog. – *American Journal of Veterinary Research*, 53 (11), p. 2183–2195.

Danielyan, S.G., Nabaldiyan, K.M. 1971. The causal agents of meloids in bees. – *Veterinariya*, 8, p. 64–65 (in Russian).

### For articles in collections:

Name(s) and initials of the author(s), year of publishing, title of the article, name(s) and initials of the editor(s) (preceded by **In**), title of the collection (*in italic*), publisher, town of publishing, page numbers:

Yurtsev, B.A., Tolmachev, A.I., Rebristaya, O.V. 1978. The floristic delimitation and subdivisions of the Arctic. – In Yurtsev, B. A. (ed.): *The Arctic Floristic Region*. Nauka, Leningrad, p. 9–104 (in Russian).

### For conference proceedings:

Name(s) and initials of the author(s), year of publishing, proceedings title, name(s) and initials of the editor(s) (preceded by **In**), proceedings name (*in italic*), publisher, town of publishing, page numbers:

Ritchie, M.E., Olf, H. 1999. Herbivore diversity and plant dynamics: compensatory and additive effects. – In Olf, H., Brown, V.K., Drent, R.H. (eds): *Herbivores between plants and predators. The 38<sup>th</sup> Symposium of the British Ecological Society*. Blackwell Science, Oxford, UK, p. 175–204.

## Please note

Use ‘.’ (not ‘,’) : 0.6 ± 0.2

Use a ‘comma’ for thousands – 1,230.4 (one thousand two hundred and thirty and four tenths)

Without space: 5°C, 5% (not 5 °C, 5 %)

Use ‘-’ (not ‘-’) and without space: pp. 27–36, 1998–2000, 4–6 min, 3–5 kg

Spaces: 5 h, 5 kg, 5 m, C : D = 0.6 ± 0.2

Use ‘kg ha<sup>-1</sup>’ (not ‘kg/ha’)

Use ‘°’ : 5°C (not 5°C)