

EESTI TAIMEKASVATUSE INSTITUUT
EESTI MAAÜLIKOO

AGRONOMIA 2021

Kogumik ilmub Eesti maaelu arengukava 2014–2020 meetme 1 “Teadmusiire ja teavitus“ toetuse (meede 1.1) raames, toetab Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond.



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse



MAELUMINISTEERIUM

Jõgeva 2021

TOIMETUS

Toimetajad Ilme Tupits
 Ülle Tamm
 Sirje Tamm
 Anu Toe
 Evelyn Vanamb

Kogumik ilmub teaduskonverentsiks Agronoomia 2021

Autoriõigus kuulub Eesti Taimekasvatuse Instituudile, varalised õigused kuuluvad materjali tellijale. Materjal valmis Maaeluministeeriumi ning Põllumajanduse Registre ja Informatsiooni Ameti (PRIA) tellimusel 2021. a. Kõik autoriõigused on kaitstud.

© 2021 Eesti Taimekasvatuse Instituut

Eesti Maaülikool

Trükitud trükikojas Vali Press

ISSN 1736-6275

ISSN 2613-7887 (pdf)

SISUKORD

MULLATEADUS JA MAAVILJELUS	7
Agroökosüsteemide süsinikuringe talitluselt erinevad lülid mullas <i>Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare</i>	8
Lõimise mõju muldade jaotusele fosforitarbe klassidesse AL, DL ja Mehlich 3 meetodil <i>Avo Toomsoo, Tõnu Tõnutare, Alar Astover, Meit Jürgens, Tanel Kaart</i>	16
Taimetoiteelementide liikumisest mullas <i>Tõnu Tõnutare, Madis Pennar, Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare1, Hedi Kaldmäe</i>	22
Mulla orgaanilise aine koostis sõltuvalt viljelusviisist <i>Karin Kauer, Sandra Pärnpuu, Liina Talgre, Viacheslav Eremeev, Anne Luik</i>	33
Lämmastiku leostumisest ja selle vähendamise võimalustest pärast vedelsõnniku sügisel põllule laotamist <i>Henn Raave</i>	39
Hapestatud sea vedelsõnniku mõju mulla mikroobikooslustele talinisu näitel <i>Tiina Talve, Liina Edesi, Elina Karron, Taavi Võsa, Raivo Vettik, Kalvi Tamm</i>	52
Biosöe pikaajaline mõju näivleetunud mulla omadusele <i>Sandra Pärnpuu, Karin Kauer, Henn Raave</i>	63
TAIMEKASVATUS	73
Uus talinisu sort 'Perenaise' <i>Reine Koppel, Bulat Islamov, Riinu Raamets</i>	74
Suvi- ja talinisu enamlevinud sortide olulised eristamistunnused põldtunnustamisel <i>Merlin Haljak, Anne Ingver, Reine Koppel</i>	81
Talinisu küpsetuskvaliteedi parandamise võimalusi maheviljeluses <i>Reine Koppel, Merili Toom, Lea Narits</i>	88
Biostimulaatorite mõju suvinisu kasvuaja pikkusele, terasaagile ja kvaliteedile <i>Tiia Kangor, Anne Ingver</i>	96
Uus mahe kompleksväetis Ecolan Agra® tõstab kaera ja suvinisu saaki ning kvaliteeti <i>Anne Ingver, Ilmar Tamm</i>	104
Talirüpsi saagi kvaliteedinäitajad erinevate viljelusviiside korral <i>Lea Narits</i>	112

Suvirapsi seemnesaagikus ja kvaliteet sõltuvalt taimede reavahede laiuusest	117
<i>Kristjan Tiideberg, Erkki Mäeorg, Indrek Keres, Evelin Loit</i>	
Ilmastiku mõju erinevate kartulisortide saagi kujunemisele 2020 a. kasvuperioodil	123
<i>Terje Tähtjärv, Triin Saue</i>	
Viljelusviisi ja kartulisordi mõju mugulate toorlõikude tumenemisele	129
<i>Kalle Margus, Viacheslav Eremeev, Indrek Keres, Mia Keres, Liina Talgre, Anne Luik</i>	
Kartulitaimede saagikus sõltuvalt toitesegu koostisest	137
<i>Liisa Kübarsepp, Katrin Kotkas</i>	
Vedelsõnnikuga väetamise mõju vahekultuuride biomassile	144
<i>Kervin Adamson, Enn Lauringson, Merili Toom, Helena Madsen, Liina Talgre</i>	
TAIMEKAITSE	149
Taimehaiguste esinemisest teraviljapõldudel üle-eestilise monitooringu tulemusel	150
<i>Riinu Kiiker, Pille Sooväli</i>	
Fungitsiidi resistentsus nisu helelaiksust põhjustava patogeeni <i>Zymoseptoria Tritici</i> Eesti populatsioonis	158
<i>Marite Juurik, Riinu Kiiker, Lee Põllumaa, Andres Mäe</i>	
Herbitsiidide mõju kinoa kasvule ja umbrohtumusele	165
<i>Deivi Tuusis, Enn Lauringson, Evelin Loit</i>	
MITMESUGUST	169
Poollooduslikud karjamaad mahesööda allikana	170
<i>Uno Tamm, Heli Meripõld, Rein Lillak, Silvi Tamm</i>	
Kasvuregulaatori Moddus 250 EC kasutamisest punase ristiku seemnekasvatases	178
<i>Ants Bender</i>	
Taliodra saak ja selle kvaliteet erinevate külvamise tehnoloogiate kasutamisel Voore farmis demokatses	184
<i>Elina Karron, Liina Edesi, Kalvi Tamm, Triin Saue, Raivo Vettik, Taavi Võsa</i>	
Pookealuse mõju õunapuusordi ‘Sinap orlovski’ kasvule ja varajasele viljakandvusele	191
<i>Mari Järve, Toivo Univer</i>	

CONTENTS

SOIL SCIENCE AND SOIL MANAGEMENT	7
Differing by functioning carbon turnover's links in soil of agro-ecosystems <i>Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare</i>	8
Influence of soil texture to the distribution of soils into P status groups by AL, DL and Mehlich 3 method. <i>Avo Toomsoo, Tõnu Tõnutare, Alar Astover, Meit Jürgens, Tanel Kaart</i>	16
About the mobility of plant nutrients in soil <i>Tõnu Tõnutare, Madis Pennar, Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare1, Hedi Kaldmäe</i>	22
Soil organic matter composition depending on farming systems <i>Karin Kauer, Sandra Pärnpuu, Liina Talgre, Viacheslav Eremeev, Anne Luik</i>	33
N leaching and possibilities for its reduction after autumn application of liquid manure <i>Henn Raave</i>	39
Impact of acidified pig slurry to soil microbial community composition under winter wheat field trial conditions <i>Tiina Talve, Liina Edesi, Elina Karron, Taavi Võsa, Raivo Vettik, Kalvi Tamm</i>	52
The long-term impact of biochar on a Fragi-Stagnic Albeluvisol's properties <i>Sandra Pärnpuu, Karin Kauer, Henn Raave</i>	63
FIELD CROPS	73
New winter wheat variety Perenaise <i>Reine Koppel, Bulat Islamov, Riinu Raamets</i>	74
The effect of variety on morphological characteristics and their variability of the most commonly cultivated varieties of spring and winter wheat <i>Merlin Haljak, Anne Ingver, Reine Koppel</i>	81
The effect of hairy vetch intercropped with winter wheat on wheat yield and baking quality <i>Reine Koppel, Merili Toom, Lea Narits</i>	88
The effect of biostimulants on the length of growing period, yield and quality of spring wheat <i>Tiia Kangor, Anne Ingver</i>	96
New Ecolan Agra® complex fertilizer increases yield and quality of oat and spring wheat <i>Anne Ingver, Ilmar Tamm</i>	104

The quality characteristics of winter turnip rape yield in case of different growing technologies	112
<i>Lea Narits</i>	
Effects of row spacing on seed yield and quality of spring rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.)	117
<i>Kristjan Tiideberg, Erkki Mäeorg, Indrek Keres, Evelin Loit</i>	
The effect of weather conditions on yield of different potato varieties in 2020	123
<i>Terje Tähtjärv, Triin Saue</i>	
Influence of cultivation and different potato varieties on enzymatic darkening of raw tuber segments	129
<i>Kalle Margus, Viacheslav Eremeev, Indrek Keres, Mia Keres, Liina Talgre, Anne Luik</i>	
Relation between plant tissue culture media composition and potato yield	137
<i>Liisa Kübarsepp, Katrin Kotkas</i>	
Impact of liquid manure on catch crop biomass	144
<i>Kervin Adamson, Enn Lauringson, Merili Toom, Helena Madsen, Liina Talgre</i>	
TAIMEKAITSE	149
Plant disease detection in Estonian cereal fields	150
<i>Riinu Küiker, Pille Sooväli</i>	
Resistance of wheat pathogen <i>Zymoseptoria tritici</i> to DMI and SDHI fungicides in Estonia	158
<i>Marite Juurik, Riinu Küiker, Lee Põllumaa, Andres Mäe</i>	
Impact of herbicides on quinoa yield and weediness	165
<i>Deivi Tuusis, Enn Lauringson, Evelin Loit</i>	
MISCELLANEOUS	169
Semi-natural pastures as a source of organic forage	170
<i>Uno Tamm, Heli Meripõld, Rein Lillak, Silvi Tamm</i>	
Application of growth regulator Moddus 250 in seed production of red clover	178
<i>Ants Bender</i>	
Yield and quality of winter barley with different drills at various settings in the field experiment at the Voore farm.	184
<i>Elina Karron, Liina Edesi, Kalvi Tamm, Triin Saue, Raivo Vettik, Taavi Võsa</i>	
Effect of rootstock on the growth and early yield of the apple cultivar Sinap Orlovski	191
<i>Mari Järve, Toivo Univer</i>	

MULLATEADUS JA MAAVILJELUS

AGROÖKOSÜSTEEMIDE SÜSINIKURINGE TALITLUSELT ERINEVAD LÜLID MULLAS

Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mullateaduse õppetool

Abstract. Kõlli, R., Tõnutare, T. 2021. Differing by functioning carbon turnover's links in soil of agro-ecosystems. – Agronomy 2021.

In the first phase of soil organic matter flux (SOM) the deciding role of fresh organic matter (as not yet humified SOM) in biologically oriented pedo-ecological processes was analysed. As a result of biological processes, the dominant part of non-humified SOM is used in the functioning of soil organisms and formation of plant phytomass. Account of lesser part of fresh organic matter, which is not used by soils' edaphon and may be treated as well as the waste of biological processes, the relatively stable SOM or humus is formed. The newly formed humus is used for the amelioration of soils' physical and physical-chemical properties. It is paradoxical that the first phase of SOM flux (both, biological activity of soil and plant productivity of ecosystem depend on it) has been underestimated in practical soil management as compared with the second phase of SOM flux. The quantitative data about soils' humus status have been recalculated into soil organic carbon.

Keywords: organic carbon (OC), agro-ecosystem, soil organic matter (SOM), retaining capacity of OC, OC functions in soil, pedo-ecologically sound SOM management

Sissejuhatus

Mulla orgaanilise aine (MOA) majandust saab kajastada erineva pedoökoloogilise sisuga parameetrite abil. Mullas toimuvat süsinikuringe osa peegeldab hästi mulla huumus seisund (HS). Staatilisest aspektist iseloomustab mulla HS-it (1) MOA kontsentratsioon mullas ning (2) varu ehk pindtihedus kogu muldkatte või selle erinevate kihtide pindalaühiku kohta. HS dünaamilist külge iseloomustab MOA sisalduse (nii kontsentratsioon kui ka varu) ajas toimuvad muutused ning erinevate MOA komponentide (humifitseerumata ja humifitseerunud osade) käibed ja bilansid teatud aja (aasta, külvikorra täisring, raiering) kohta. Oluliseks asjaks HS mõistmisel on MOA koostisosade vahekord ja keemiline koostis ning roll ökosüsteemi talitlemisel.

MOA hulkades ja käibes on olulised erinevused mitte ainult maakera biokliimatiliste võõtmete lõikes, vaid ka seoses lokaalsete mullaväliste tekke tingimuste ja mulla paiknemisega maastikul. Kuigi üldises plaanis on muldade HS-is teatud hulk ühetaolise talitlemise jooni, on MOA voos läbi muldkatte siiski olulised kohtpaiksed erinevused. MOA voos esinevad erisused ilmnevad juba alates värske varise mulda sisenemisest (hulk, kvaliteet, ajastus), erisused suurenevad selle järgneva kasutamisega pedoökoloogilistes protsessides, kuni saavutatakse lagunemisele vastupidav (inertne) olek. MOA voogu võivad mõjutada ala

hüdrooloogilistest tingimustest põhjustatud MOA vees lahustumine ja väljauhe, kuid samas ka looduslikust ja/või tehnoloogilisest erosioonist tingitud mulla kaod ja ümberpaiknemised.

Suured erinevused MOA voos on looduslike ja haritavate muldade vahel. Kui esimesel juhul on süsiniku ringed aasta aastalt suhteliselt ühetaolised, siis agroökosüsteemide süsinikuringed on allutatud inimese tegevusele. Seega erinevad aineringed mitte üksnes mullatüüpide, vaid ka maakasutusviiside lõikes. Võrreldes parasniiskete ja niiskete mineraalmuldade HS-it märgade muldade omaga on täheldatavad hoopiski erinevad seaduspärasused ja seda mitte ainult võrreldes turvas- ja turvastunud muldadega, vaid ka kuivendatud gleimuldadega.

Eesti oludes peaks põllumulla HS-it tundma võimalikult detailselt. Meie muldade täppismajandamisel ei piisa mullaliigipõhisest lähenemisest. Õige oleks muldasid majandada veelgi täpsemal s.o mullaerimi tasemel. Nii ongi käesoleva töö eesmärk:

(1) Iseloomustada mullaerimi tasemel Eestis domineerivate parasniiskete ja niiskete põllumuldade HS staatilisi parameetreid ning juurutada nende näitajate kasutamist HS etalonidena või jooksvalt tehtud analüüsiandmete hindamisel.

(2) Tutvustada meie pedoökoloogilistele oludele vastavaid näiteid orgaanilise aine aastasendite (varis) ja inertse huumuse moodustumise määra (humifikatsiooni aste).

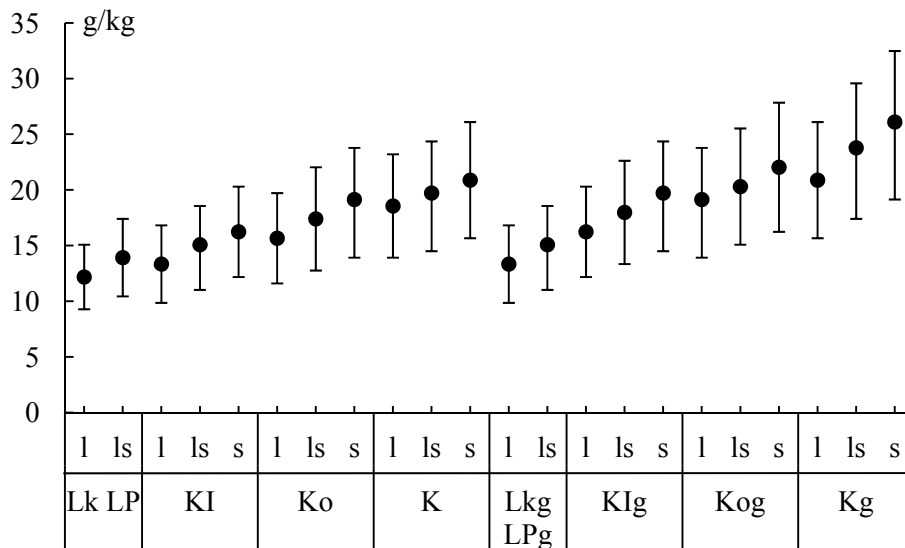
(3) Analüüsida mulda lisandunud erineva päritoluga MOA rolli ökosüsteemi talitlemises, tuues välja nende funktsioonide bioloogilised, füüsikalise-keemilised ja füüsikalised aspektid.

Käsitluse metodoloogilised põhimõtted ja töös kasutatud andmed

Töös on MOA ja aasta-varise kogused antud orgaanilise süsinikuna (OS). OS kontsentratsioon kuiva mulla kohta (g/kg) on arvatud MOA järgi kasutades stabiilse huumuse puhul koefitsienti 0,58, kuid aasta-varise puhul koefitsienti 0,45. Süsinikuringe (voo) mullaga seotud kahte lüli käsitletakse mullaerimi tasemel. Eesti haritavate muldade HS staatiliste omaduste üldistuste aluseks on varasemate suuremahuliste uurimuste andmebaasid: EMA – Eesti mullastik arvudes (EPP 1978, 1983, 1985) ja meie poolt koostatud PEDON (Kõlli, 1987). Töö hõlmab vaid Eestis domineerivaid parasniiskeid ja niiskeid põllumulla erimeid, kuna nii kuivendatud märke kui ka erosioonist häiritud mullaerimid vajaksid eraldiseisvat käsitlust. Andmebaaside EMA ja PEDON huumuse- ja/või OS sisaldused on määratud Tjurini järgi. Valdav osa näitena kasutatud arvandmeist pärineb R. Kõlli (1987) doktoritööst.

Kuna mõlema andmebaasi HS staatilised näitajad on eelnevalt variatsioon-statistiliselt läbi töötatud, kasutati põllumullaerimite graafik-mudeli koostamisel OS sisalduse aritmeetilisi keskmisi, millest iga parasniiske mullaliigi andmed on saadud ca 420–730 ja niiske omad 175–340 üksikmääramise alusel (joonis 1).

Mullaerimite OS sisalduse variatsioonikoefitsient on olnud enamjaolt 22–35% pii-rides, millest suurem (40–50%) on olnud see vaid leetunud liivmuldade puhul.



Mullaliigid: Lk – leetunud, LP – kahkjad, KI – leetjad, Ko – leostunud ja K – rähksed mullad, kusjuures indeks g tähistab gleistunud muldasid. Lõimised: l – liiv, ls – liivsavi ja s – savi, kusjuures saviliiva OS sisaldus tuleks võtta liiva ja liivsavi erimite keskmisena

Joonis 1. Põllumullaerimite huumushorisoni orgaanilise süsiniku keskmised kontsentratsioonid (g/kg), koos alumise ja ülemise kvartiiliga

Üldistatud Eesti haritavate maade domineerivate mullaerimite OS sisalduse graafikult on näha, et mullaerimite OS sisaldus sõltub mulla liigist, suurenedes leetunud muldadelt rähksete suunas. Samas sõltub see ka mulla lõimisest (suurenedes liivadelt savidele) ja mulla niiskusel (suurenedes parasniisketelt muldadelt niiskete suunas). Kuigi muldade täpsemat HS võrdlust saaks teha OS pindtiheduse alusel, ei sobi see kaudseks määramiseks, sest see nõuaks kahe uue määramata teguri (A horisoni tüsedus ja mahukaal) lisamist.

Graafik-mudeli erimipõhised OS kontsentratsiooni (k) tasemed jaotuvad järgnevalt: OSk – optimaalne tase ehk keskmine $\pm 12,5\%$; OSk+ – kõrge tase, ulatub OSk-st ülemise kvartiilini (125% keskmisest); OSk++ – üleküllastunud ($> 125\%$ keskmisest); OSk- – madal tase, ulatub OSk-st alumise kvartiilini (75% keskmisest); OSk= – väga madal ehk kriitilise sisalduse piir ($< 75\%$). Hin- nangu andmisel mullaproovi OS sisaldusele, tuleks silmas pidada kahte võima- likku proovi ettevalmistamise viisi: (1) proovi ettevalmistamisel on eemaldatud peened juured ja suuremad humifitseerumata MOA osised; (2) analüüs on tehtud kogu peenese ($\varnothing < 1 \text{ mm}$) kohta. Tõepäraste tulemuste saamiseks tuleks arvestada minimaalse harimise või põldheinte kasvatamise mõjul tekkinud huumus(künni)

horisoni kihistumisega. Suure kontrastsuse korral tuleks proovid võtta eraldi kihtidest, väiksema erinevuse saab tasandada adekvaatse liitproovi võtuga.

Meie arvates on liialt vähe tähelepanu pööratud kultuuride varise mulda tulekule (kogused, koosseis, dünaamika). Mõningad aasta-varise koguste näited pärinevad siinsetele oludele vastavatest tingimustest (tabel 1). Teatud väikese osa varise aastahulgast moodustab ka umbrohtude (maapealne koos maa-alusega) varis. Nii näiteks on umbrohtudest pärinev OS hulk meie poolt tabelis 1 käsitletud kolme kultuuri puhul olnud piirides 50–500 kg/ha. Hoopiski suure OS lisakoguse võivad haritavad mullad saada orgaanilistest väetistest ja haljasväetistest. Nii tuuakse ca 50 t/ha sõnnikuga mulda ca 4–5 tonni OS hektari kohta. Liblikõieliste haljasväetiskultuuridega aga 4,9–7,7 tonni OS hektarile (Talgre jt, 2008). Odra kasvatamisel (tabel 1) antud tingimustes oli põhu OS sisaldus 0,8–1,0 t/ha, mida oleks vajaduse korral võimalik kasutada ka MOA varude täiendamiseks.

Tabel 1. Näiteid agroökosüsteemide aasta-varise OS kogustest (t/ha)

Kultuur	Mullaerim	Maapealsed koristusjäätmed	Juured	Allikas
Rukis	? ¹⁾	0,5–0,6	1,3–1,7	DMI, 1984
Nisu	?	0,5–0,6	1,3–1,8	DMI, 1984
Kaer	?	0,4–0,5	1,1–1,4	DMI, 1984
Pöldhein	?	2,0–3,4	0,6–0,7	DMI, 1984
Oder	LP sl/ls	0,3–0,4	1,4–2,0	Kõlli, 1987
Rukis	LP sl/ls	0,5–0,6	1,6–2,0	Kõlli, 1987
Kartul	LP sl/ls	0,6–0,7	1,1–1,3	Kõlli, 1987

1) Tegemist on mittemustmulla vööndi leetunud saviliiv ja liivsavi muldadega

Süsinikuringe järjestikuste mullafaaside toimimine

Agroökosüsteemide süsinikuringe mullas toimivate lülide ehk muldkatet läbiva MOA voo toimimise mõju ja käiku ei ole kahjuks seni veel piisaval määral uuritud ja selgitatud. Selles osas esineb vildakaid arusaamu ning ka OS muldkattesse deponeerimise mehhanisme ja võimalusi (kui praeguse süsinikupoliitika nurgakivi) on käsitletud vaid pinnapealselt. Taolise suunaga Eesti pedoökoloogilisi olusid sügavuti käsitlevaid publikatsioone oleme kahjuks leidnud vaid piiratud arvul.

Käesolevas töös on MOA voog jaotatud kahte faasi ehk alajaotuseks. Nendest esimesse faasi kuulub MOA humifitseerumata osa (sh värske varis) ja sellega seotud talitlemised või nähted. Teise faasi käsitlemise sisuks on humifitseerunud MOA ehk stabiilne huumus ja sellega seotud talitlemised või mõjud. Muidugi on taoline vaid kahel ringe või ainevoo faasi (lüli) analüüsil põhinev käsitus liialt robustne, sest kummagi faasi puhul ei ole tegemist homogeense ainesega ja ühetaoliselt kulgeva protsessiga, vaid pigem on tegemist nende erinevate koostis-

osade ja talitluste kombinatsioonidega. Erinevad ka iga üksiku MOA komponendi tekke ökoloogia ja suhe mulla elustikuga. Põhjalikumat MOA ökoloogilist käsitlust ehk selguse saamist mullas toimuvate protsesside jadas piirab ühelt poolt vähene uurimisandmete olemasolu MOA fraktsioneerimise ehk eri komponentideks jaotamise alal. Eesti osas on selles olemas vaid esialgsed arendused (Kauer jt, 2015).

Teatavasti suhtutakse praegusel ajal kriitiliselt ka varemadel aegadel keemilise analüüsiga tehtud MOA fraktsioneerimise tulemustesse. Väidetakse, et taolisel analüüsil on tekitatud uued keemilised ained, mida algselt MOA-s ei ole. Samas on ka taolistest andmetest üht-teist olulist võtta MOA iseloomustamiseks. Heaks näiteks on siinjuures MOA humaatsus ja fulvaatsus, kui huumuse kvaliteedi iseloomustamise kaks antipoodi (Reintam jt, 2000).

MOA ökoloogia põhjalikumat käsitlust piirab teiselt poolt vähesed teadmised mulla erimipõhise mullaelustiku koosseisu ja autökoloogia kohta. HS-ga seotud talitluste mõistmisel on vähe abi praegusel ajal ehk liialt ületähtsustatud liigirikkuse andmetel (*à la* mida rohkem liike seda parem). Üldiste loodusseaduste järgi teevad tegelikult põhiosa „tööst“ vaid mõned dominantliigid. Praktiline põllumajandus ei saa olulist abi terviklikust mullas olevate liikide nimekirjast, hädavajalik oleks hoopiski dominantliikide määramine ja nende ökoloogilise talitluse selgitamine. Üksnes vihmausside tegevuse tundmine ei lahenda kaugeltki MOA kui ökoloogilise mõjuri talitlemise tundmist.

Aasta-varise kogused ja toime dünaamika

Varise pindtihedus ($t/ha/a$) on mistahes põllukultuuri puhul olnud osaliselt sõltuv mullaerimi HS-st, mis võis olla optimaalne, kuid ka alla kriitilise taseme või hoopiski küllastunud. Mida soodsam HS, seda suurem on nii saak, kui ka aasta jooksul mulda tuleva varise kogus. Aastavariste pindtihedused kui ka kultuuri maapealse ja juurevarise mulda sattumise dünaamika sõltuvad kasvuperioodi kestvusest ja selle jooksul valitsenud ökoloogilistest tingimustest. Koristusjärgselt mõjutavad varise muundumist kasutatavad maaharimise võtted (segamine mullaga, rikastamine lämmastikuga, viimine sügavkänniga künnihorisoni alummisse ossa jms). Varise lagunemiseks soodsa perioodi kestmisel sügisel on karta olulist varise koosseisus olevate toiteelementide ja roheenergia tulutut kadu. Kao vältimise või leevendamise tuntuimaks võtteks on järelkultuuride kasvatamine, millega saab siduda vabanenud toiteelemendid tootes nende arvelt uut fütomassi. Taoliselt tekitatud rohekatte saab jätta mullapinna talvekaitseks või sisse künda tulevase kasvuperioodi mõjuteguriks. Välistatud ei ole ka selle suunamine söödaks loomakasvatusele.

Talvele järgneval vegetatsiooniperioodil allutatakse mullas olev varis lagunemisele-muundumisele. Need protsessid on sõltuvuses soojalaine sisene misega mulda. Varem laguneb pindmise hästiõhustatud kihi varis, hiljem huu-

mushorisoni alumises osas paiknev varis. Loomulikult on varise lagunemine seoses mulla elustiku toitumise ja talitlemisega. Nii eksisteerivad mulla elustikuga seoses olevad erinevad laguahelate võrgud, millised võivad olla mitme lülga ja hõlmata erineva lagundamispotentsiaaliga organisme.

MOA lagunemist-muundumist on tavaliselt iseloomustatud nende kulgemises osalevate protsesside loetlemisega. Vähem on räägitud nende koostoimimisest ja järgnevustest. Meie arvates saadakse toimuvast kõige parem ülevaade, kui analüüsitakse dominantsete protsesside koostoimet. Nii on üheks olulisemaks bioloogilise suunitlusega koostoimeks MOA (peamiselt varise) lagunemine koos samaaegse mullakaudse taimede toitumisega. See koostoime, mis hõlmab MOA voo domineeriva tähtsusega esimese faasi, saab toimida laguahelas talitlevate organismide toitumiseks piisava toidu (varise) olemasolul. Produktsiooni suunduva aineriingi haru paremaks kasutamiseks peaks olema arenenud adekvaatne kultuurtaimede juuresüsteem.

Vähema tähtsusega esimese faasi eri ainetest lähtuvateks talitlusteks on pestitsiidide lagundamine ja patogeensete organismide tegevuse takistamine ehk sanitaarne kaitse. Seoses toimelt aktiivsete biokeemiliste ainetega võidakse stimuleerida taimede kasvu ja tagatakse ökosüsteemi toimimise elastsus. Humifitseerumata MOA on mulla elufaasi talitlemise garant.

Esimese faasi toimimise aluseks on värske ja/või humifitseerumata orgaanilise aine olemasolu ja selle koostis. Meie arvates vajab põllumajanduspraktika mulla protsesside parema kontrolli huvides domineerivate põllumulla erimite kohta tehtud üldistust või kalkulaatorit maapealse ja maa-aluse aasta-varise koguste määramiseks. Põllukultuuride lõikes tehtud kalkulaator peaks esmajärjekorras arvesse võtma kultuuride saagikuse ja mulla oleva HS.

Süsinikuringe teise faasiga seotud mulla majandamise probleemid

MOA voo teine faas hõlmab mulla pika säilivusajaga inertse või stabiilse huumuse. Kui MOA voo esimene faas kätkeb endas mulla HS bioloogilisi aspekte, siis teine faas, mis toimib justkui korduvkasutusele võetud esimese faasi jäätmete alusel, talitleb mulla füüsikalisi, füüsikalise-keemilisi ja keskkonnakaitseomadusi parandavalt. Tänu struktuuriagregaatide stabiliseerumisele, säilivad mullas poorsed ruumid, milles saab areneda taimede juurestik, moodustuda elupaigad mulla organismidele ning luuakse head tingimused taimede seemnete ja eoste säilimiseks. Tänu stabiilse MOA arvelt moodustunud kolloid- ja organomineraalsetele kompleksidele suureneb mulla neelamismahutavus, moodustuvad püsivad puhversüsteemid ja stabiliseerub happesus. Seoses ülal loetletud talitlustega tagab MOA voo teine faas mulla õhu-, vee-, hapendus-taandus- ja toiterežiimide toimimise. Tänu nendele omadustele saab muldkate toimida vee-puhastusfiltrina, suurendada mulla veehoiuvõimet ja takistada toitelementide (sh mikroelementide) väljaleostumist muldkattest.

Seoses põllumulla kasutamise ja MOA muundumise iseärasustega muutub aastast-aastasse ka OSk. MOA stabiilse osa OS sisaldus on ühtaegu produkt-siooni-humifikatsiooni protsesside toimimise eeldus ja tagajärg. Ilmselt ei ole need muutused usaldusväärselt püütavad OSk iga-aastase määramise kaudu, sest OSk on tugevasti varieeruv paljude määramatute mõjude tõttu. Samas on võimalik olenevalt OSk tasemest rakendada erinevaid tehnoloogilisi võtteid. Optimaalsest madalama OSk, eriti aga kriitilise piiri lähedase madala sisalduse korral, tuleks kasutada MOA sisaldust suurendavaid võtteid: doteerimine väljastpoolt (orgaanilised väetised), mitmeaastaste heintaimede kasvatamine, vältida liialt sügavat küнди (lahjendab OS kontsentratsiooni) jms. Optimaalse OSk korral tuleks hea tava kohaselt püüda taastada koos eemaldatud toiteelementide kogustega ka kulutatud MOA kogused.

Võrreldes tagasihoidliku MOA labiilse osa bioloogilise uurimisega on pisut rohkem uuritud huumuse koostises olevatest ainetest kompleksühendite moodustumist, nende kaitstust lagunemise suhtes ja liigniiskusest tingitud humifikatsiooni peetusi (stagneerumist). Seoses süsiniku neutraalsuse poliitika esilekerkimisega, loodetakse maakasutuse tehnoloogilistele võtetele, mis aitaksid ladustada võimalikult rohkem atmosfääri süsinikku stabiilse huumuse koosseisu. Praktilisest küljest võttes eksisteerib mitu asjaolu, mis kas soodustavad või raskendavad selle idee realiseerimist. Nii sõltub täiendav OS akumulatsioon mulda suurel määral mullas olevast OS tasemest. Kriitilisest kuni optimaalse OS taseme korral on see igati võimalik, vähe kulunõudev ja perspektiivikas. Samas optimaalsest kõrgema OSk korral on täiendav deponeerimine raskendatud seoses huumuse akumulatsioonivõime ülempiiri (lae) lähedusega. Taolisel juhul on täiendava stabiilse huumuse koguse lisamine suurt kulu nõudev ja ebapraktiline, samas esineb ka risk selle kiireks mineraliseerumiseks.

Huumuskattes toimuvaid MOA voogusid saab iseloomustada nende kahe faasi keskmiste OS koguste (t/ha) bilansside abil:

► I faasi (humifitseerumata MOA) bilanssi iseloomustab valem: Varise sisend (V_s) = heterotroofne hingamine (H_{htr}) + uue stabiilne huumuse moodustumine (H_{Mst}), ehk $V_s = H_{htr} + H_{Mst}$;

► II faasi (humifitseerunud MOA) muutumist iseloomustab valem: Uue stabiilse huumuse sisend (H_{Mst1} + mulla huumuspank (H_{Mpank}) - stabiilse huumuse aastakulu (H_{st2}), ehk $H_{Mst1} + H_{Mpank} - H_{Mst2}$.

Odra kasvatamist kahkjäl saviliiv mullal tasakaalustunud süsinikuringega ökosüsteemis iseloomustavad järgmised keskmised OS (t/ha) hulgad:

$$\text{I faas} - 2,05 = 1,64 + 0,41;$$

$$\text{II faas} - 0,41 + 48,8 - 0,41 = 0$$

Nagu näha on I faasi OS käive kordades suurem II faasi käibest, kus OS varud on võrreldamatult suuremad.

Mõningad tööst tulenevad järeldused

- ▶ MOA-t sisaldavat huumuskatet saab käsitleda kui pindaktiivset bioloogilist reaktorit, mille kandvaks aluseks on muldkate.
- ▶ Muldade käitlemisel tuleks prioriteediks pidada MOA voo esimest faasi, mille jooksul toimuvad mulla elustikuga seotud bioloogilised protsessid, produtseeritakse kasvutingimustele vastavat fütomassi ja luuakse eeldused huumuskatte järjepidevaks talitlemiseks.
- ▶ Haritava mullaerimi stabiilse OS sisaldus on ühtaegu produktsiooni-humifikatsiooni protsesside toimimise eeldus ja tagajärg; mulla optimaalse HS säilimise aluseks on järjekindel kulutatud MOA koguste taastamine.
- ▶ Atmosfäärisüsiniku deponeerimise määr muldkattesesse sõltub mulla lõimise ja niiskusolude kõrval ka eelnevast mulla huumusega küllastumise astmest.
- ▶ Aasta-varise koguste praktilise otstarbe hindamiseks tuleks koostada erinevaid kultuure ja lokaalseid pedoökoloogilisi tingimusi arvestavad mudelid.

Kasutatud kirjandus

- Dokutšajevi (V.V.) nimeline Mullainstituut (DMI). 1984. Nõuanded orgaanilise aine bilansi ja muundumise uurimiseks mulla põllumajandusliku kasutamise ja intensiivse kultuuristamise tingimustes. Moskva, 96 lk. (vene k.)
- Eesti Põllumajandusprojekt (EPP) 1978, 1983, 1985. Eesti NSV mullastik arvudes. Osad: II-1978, III-1983 ja IV-1985. Tallinn.
- Kauer, K., Tein, B., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2015. Viljelussüsteemide mõju mulla süsinikuvarule. – *Agronoomia* 2015, lk. 16–21.
- Kõlli, R. 1987. Looduslike ja kultuurökosüsteemide fütoproduktiivsuse, biogeokeemiliste ainevoogude ja huumusseisundi pedoökoloogiline analüüs. Dr. Sci (biol.) väitekirj. Tartu, 553 lk. (vene k.)
- Reintam, L., Kann, J., Kailas, T., Kährik, R. 2000. Elemental composition of humic and fulvic acids in the epipedon of some Estonian soils. – *ETA toimetised, Keemia*, 49. köide, Nr 3, lk. 131–144.
- Talgre, L., Lauringson, E., Makke, A. 2008. Libliköieliste haljasväetiskultuuridega mulda viidav C ja N ning mõju järelkultuuri saagile ja saagi kvaliteedile. – *Agronoomia* 2008, lk. 20–24.

LÕIMISE MÕJU MULDADE JAOTUSELE FOSFORITARBE KLASSIDESSE AL, DL JA MEHLICH 3 MEETODIL

Avo Toomsoo¹, Tõnu Tõnutare¹, Alar Astover¹, Meit Jürgens¹, Tanel Kaart²

¹Eesti Maaülikooli mullateaduse õppetool

²Eesti Maaülikooli tõuaretuse ja biotehnoloogia õppetool

Abstract. Toomsoo, A., Tõnutare, T., Kaart, T., Jürgens, M., Astover, A. 2021. Influence of soil texture to the distribution of soils into P status groups by AL, DL and Mehlich 3 method. – Agronomy 2021.

Phosphorus is an essential element for plant growth, therefore the optimal phosphorus content in soil has critical importance for plant growth. On the other hand essential phosphorus represents a high environmental risk if leaching to the groundwater. Since 2004 Mehlich 3 method is used in Estonia as an official method for the determination of plant available nutrients in soil instead of previously used ammonium acetate-lactate (AL) and double lactate (DL) method. The aim of the current study is to compare the distribution of soils into fertilizer requirement classes and show how soil texture affects soil distribution between different fertilizer requirement classes.

140 soil samples were analysed by AL, DL and, Mehlich 3 method. Soil samples were divided into two groups according to clay content in the soil, with the boundary of 10%.

Keywords: *plant available P, DL-method, AL-method, Mehlich 3 method*

Sissejuhatus

Fosfor (P) on oluline element taimede kasvul ja arengul, esinedes valkude, nukleiinhapete jpt biokeemiliste ühendite koosseisus. P tagab kasvu alguses tugeva juurestiku arengu. Keskmiselt sisaldab taimse materjali kuivaine 0,1–0,4% fosforit.

Kultuuride jaoks optimaalne ja samal ajal keskkonda säästev väetamine saab põhineda ainult adekvaatsel mulla väetistarbe määramisel. Mulla fosforitarbe määramise tulemus sõltub paljudest teguritest: ekstraheeriva lahuse koostis, mulla reaktsioon, orgaanilise aine sisaldus, karbonaatsus jne. Tänapäeval kasutatakse Euroopas enam kui 20 erinevat meetodit mulla fosforitarbe määramiseks. Eestis on alates 2004. aastast kasutusel ametliku määramismeetodina Mehlich 3 (M3) meetod (Mehlich, 1984). Vähesel määral kasutatakse ka varem laialt levinud ammooniumatsetaat-laktaat (AL) (Egner jt, 1960) ja topeltlaktaat (DL) (Riehm, 1943) meetodeid.

Varasemalt on sama projekti raames uuritud mulla reaktsiooni mõju muldade jaotusele väetistarbe klassidesse (Toomsoo jt, 2018). Käesoleva töö eesmärgiks on selgitada lõimise mõju muldade jaotusele väetistarbe klassidesse. Töö hüpoteesiks on, et mulla lõimise avaldab mõju muldade jaotusele väetistarbe klassidesse.

Materjal ja meetodika

Uurimistöös analüüsiti 140 mullaproovi, mis koguti projekti Baltic Manure käigus erinevatelt Eestimaa põldudelt. Mullaproovid kuivatati õhukuivaks ja sõeluti läbi 2 mm avadega sõela. Proovidest määrati liikuva P sisaldus AL, DL ja M3 meetodil. DL meetodil määrati P sisaldus ekstraktis molübdaatmeetodil spektromeetriga Helios Ω (Thermo Scientific, USA) lainepikkusel 882 nm. M3 ja AL meetodil määrati P ekstraktist mikrolaineplasma aatomemissioonspektromeetriselt (MP – AES 4100, Agilent, USA). Mulla lõimis määrati pipettmeetodil. Kõik analüüsid tehti EMÜ mullateaduse õppetooli laboratooriumites. Mullad jagati P sisalduse klassidesse kasutades igale meetodile omast Eesti tingimustele vastavat gradatsioonit (tabel 1). Lõimise mõju selgitamiseks jagati mullad savi sisalduse järgi kahte klassi. Piiriks oli savi sisaldus 10%, kuna sellisel jaotusel oli proovide hulk mõlemas rühmas enam-vähem võrdne.

Tabel 1. Eestis kasutatavad mulla fosforitarbe gradatsioonid (PM, 2002; PMK, 2014)

Väetistarve	Tähistus	Liikuva fosfori sisaldus mg kg ⁻¹		
		Mehlich 3	AL	DL
Väga suur	A	< 20	< 20	< 7
Suur	B	20–45	20–40	7–19
Keskmine	C	49–60	41–80	20–48
Väike	D	91–145	81–120	49–105
Väga väike	E	> 145	> 120	> 105

AL – ammooniumatsetaat-laktaat; DL – topeltlaktaat; M3 – Mehlich 3

Tulemused ja arutelu

Eesti mullastik on väga kirju. Erinevate omadustega mullaliike on üle 100. Uurimistöe tulemuste üldistamiseks tervele Eestile, on proovid võetud erinevates piirkondades asuvatest ja erinevate omadustega muldadest. Katses olnud muldade savi sisaldus jäi vahemikku 3,6–20,3%. Lõimiselt olid mullaproovid valdavalt kerged või keskmised liivsavid (93%). Saviliivad olid 2% ja tolmjad liivsavid 5% proovide koguhulgast (tabel 2).

Tabel 2. Uurimisaluste muldade jaotus lõimise järgi

Lõimis	Proovide arv	Osakaal, %
Kerge liivsavi (ls1)	102	73
Keskmine liivsavi (ls2)	28	20
Saviliiv (sl)	3	2
Tolmjas liivsavi (tls)	7	5

Eestis jagatakse mullad vastavalt liikuva P sisaldusele viide fosforitarbe klassi. Kergema jälgitavuse huvides jagati käesolevas töös mullad kolme klassi: suure ja väga suure tarbega (A+B), keskmise (C) ning väikese ja väga väikese tarbega (D+E) mullad.

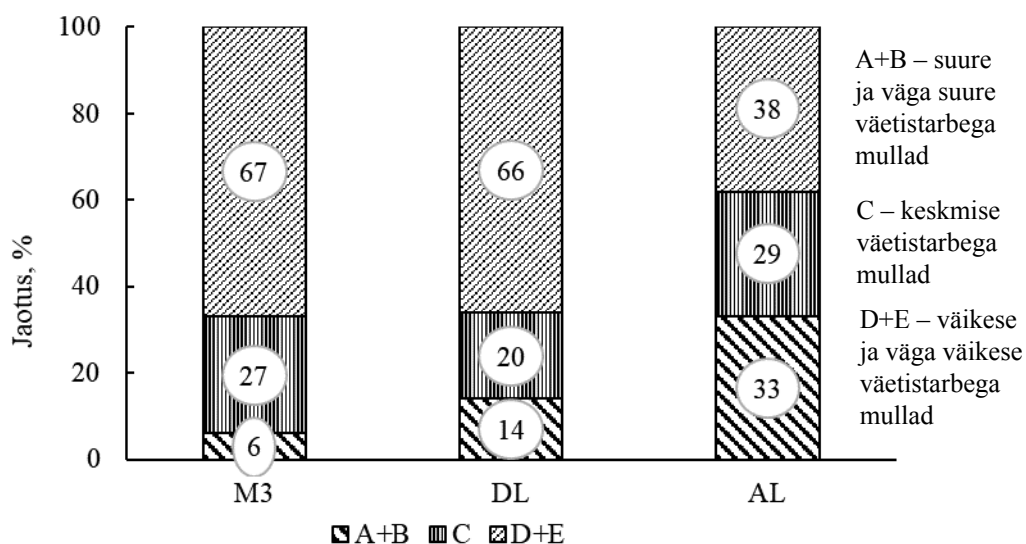
Uuritud muldades varieerus liikuva P sisaldus väga suurtes piirides (tabel 3). Madalaimad P sisaldused jäid kõigil meetoditel vahemikku 9–11 mg kg⁻¹. Kõrgeimad sisaldused olid AL ja DL meetodi puhul vastavalt 338 ja 383 mg kg⁻¹. M3 meetodil määratuna saadi teistest oluliselt kõrgemad keskmised ja maksimaalsed sisaldused.

Tabel 3. Liikuva fosfori sisaldus uurimisalustes muldades määratuna AL, DL ja Mehlich 3 meetodil

Määramise meetod	Liikuva fosfori sisaldus mg kg ⁻¹		
	Miinumum	Maksimum	Keskmine
AL	9,0	383,2	83,2
DL	10,0	338,3	96,2
M3	11,0	482,6	169,5

AL – ammooniumatsetaat-laktaat; DL – topeltlaktaat; M3 – Mehlich 3

Ilmneb ka oluline erinevus väetustarbe klasside osakaalu vahel (joonis 1). M3 ja DL meetodite puhul oli mullaproovide jaotus sarnane. Nendest erinev oli aga jaotus AL meetodi puhul. Kui AL meetodil määratuna jagunesid proovid



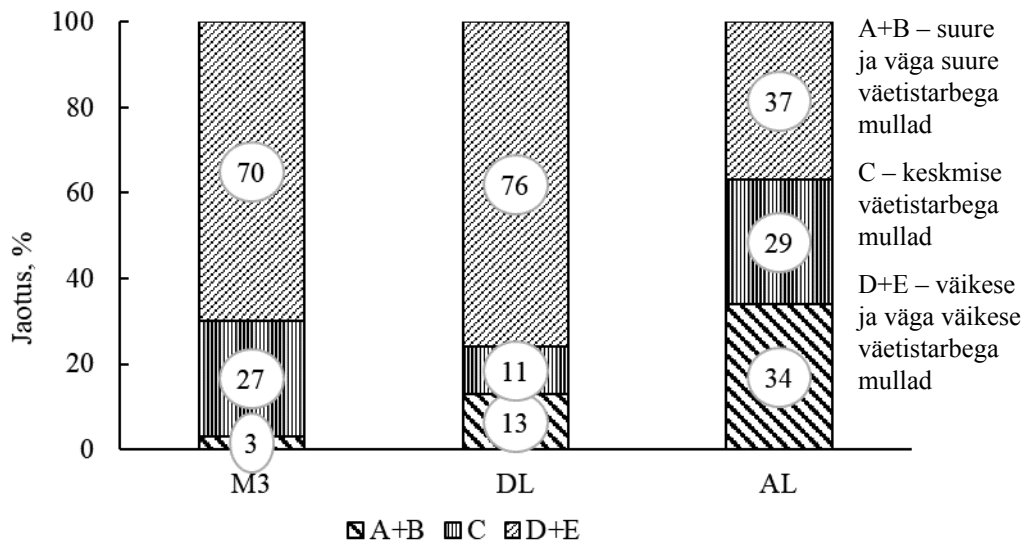
M3 – Mehlich 3; DL – topeltlaktaat; AL – ammooniumatsetaat-laktaat

Joonis 1. Mullaproovide jaotus mulla kolme väetistarbe klassi vahel M3, DL ja AL meetodil määratuna

võrdselt kolme väetustarbe kategooria vahel, siis DL ja M3 meetodil määratuna moodustasid väikese ja väga väikese fosforitarbega proovid ligikaudu 2/3 proovide koguhulgast. Keskkonnakaitse aspektist lähtuvalt on oluline teada just suure ja väga suure fosforitarbega muldade olemasolust, kuna sellistel muldadel kasutatakse suhteliselt suuremaid fosforväetise koguseid. M3 meetodil määratuna

oli selliseid muldi 6%, DL meetodil 14% ja AL meetodil koguni 33% proovide koguhulgast.

Mullaviljakuse seisukohalt mängib olulist rolli ka mulla lõimis. Seetõttu vaadati eraldi proovide jaotumist kergema (savi alla 10%) ja raskema (savi sisaldus üle 10%) lõimisega katsemuldade osas. Kergemate muldade rühmas (joonis 2) on



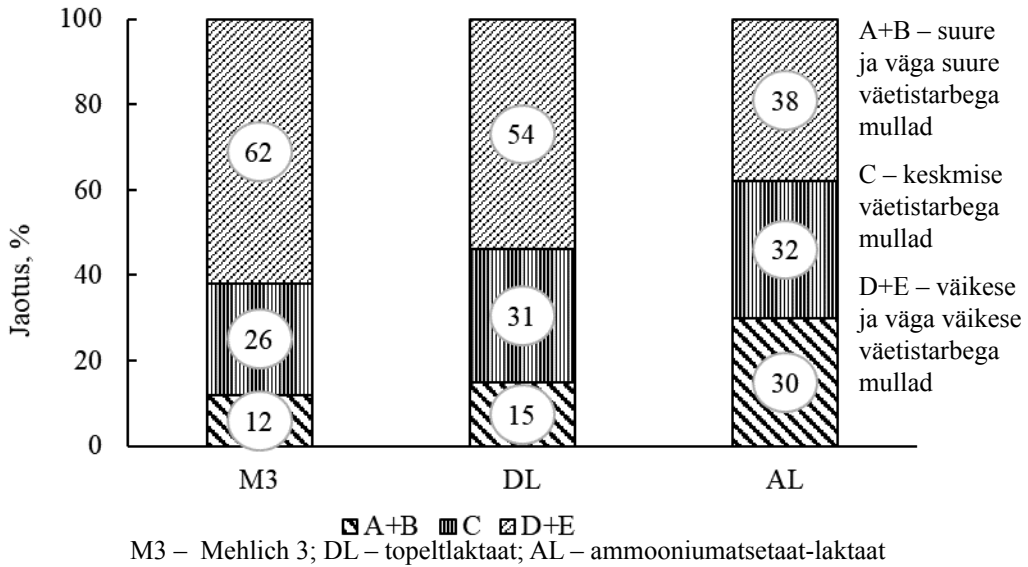
M3 – Mehlich 3; DL – topeltlaktaat; AL – ammoniumatsetaat-laktaat

Joonis 2. Mullaproovide jaotus fosforitarbe klassidesse katsemuldadel savisisaldusega alla 10%

väikese ja väga väikese fosforitarbega muldade osakaal M3 meetodil määratuna 70% ja DL meetodil isegi 76%, seevastu AL meetodil oli selliseid muldi vaid 37% kerge lõimisega muldadest. Oluline erinevus oli suure ja väga suure fosforitarbega muldade jaotuses. AL meetodil oli selliseid muldi 34%, DL meetodil 13% ja M3 meetodil määratuna vaid 3%. Seega, enamuse mullaproovidest, mis AL meetodil määratuna olid suure või väga suure P tarbega, kuulusid M3 meetodil analüüsitud keskmise või isegi väikese fosforitarbega muldade hulka.

Raskema lõimisega muldade grupis oli erinevus määramismeetodite vahel väiksem (joonis 3). Suure ja väga suure fosforitarbega muldi oli siin grupis M3 meetodil määratuna 12%, DL meetodil 15% ja AL meetodil 30%.

Analüüsi täpsus on olulisem kergema lõimisega muldadel, kuna väiksema muldade sidumisvõime tõttu on liigselt antud P suurem oht leostuda põhjavette.



Joonis 3. Mullaproovide jaotus fosforitarbe klassidesse katsemuldadel savisisaldusega üle 10%

Kokkuvõte ja järeldused

- ▶ AL meetodi puhul lõimis ei mõjutanud muldade jaotumist P tarbe klassidesse;
- ▶ M3 ja DL meetodi puhul on väikese ja väga väikese P tarbega muldade osatähtsus oluliselt suurem madala savisisaldusega muldades ;
- ▶ M3 meetodil kasvab suure P tarbega muldade osatähtsus kõrgema savisisaldusega muldades. Keskmise P tarbega muldade osatähtsus savi sisaldusest ei sõltu;
- ▶ DL meetodi puhul mõjutab muldade savi sisaldus keskmise P tarbega klassi. Kõrgema savi sisaldusega muldade puhul kasvab keskmise P tarbega muldade osatähtsus väikese ja väga väikese P tarbe klassi arvelt;

Tänuavaldused

Antud töö põhineb projekti “Baltic Forum for Innovative Technologies for Sustainable Manure Management” (Baltic Manure) raames kogutud mullaproovidel ja hiljem tehtud analüüsidel. Autorid tänavad EMÜ mullateaduse õppetooli kollektiivi igakülgse abi eest.

Kasutatud kirjandus

Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. – Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler, 26, s 199–215.

- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil extractant: A modification of the Mehlich 2 extractant. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15, pp 1409–1416.
- PM. 2002. Põllukultuuride väetamine. (toim.) H. Nurmekivi, J.-R. Raukas, E. Leedu, P. Kuldkepp, A. Toomsoo, A. Kaasik, R. Leming, T. Remmel, E. Gutmann, L. Rooma. Põllumajandusministeerium, Saku, 39 lk.
- PMK. 2014. Väetamise ABC. (toim.) J. Kanger, L. Kevvai, T. Kevvai, H. Kärblane, A. Astover, E. Ilumäe, E. Lauringson, V. Loide, P. Penu, L. Rooma, K. Sepp, L. Talgre, U. Tamm. Põllumajandusuuringute Keskus (PMK), Saku 50 lk.
- Riehm, H. 1943. Bestimmung der laktatlöslichen Phosphorsäure in karbonathaltigen Böden. – *Phosphorsäure* 1. s 167–178.
- Toomsoo, A., Tõnutare, T., Kõlli, R., Jürgens, M. 2018. Eesti muldade fosforitarbe määramisest ja seda mõjutavatest teguritest. – *Agronomia* 2018. (toim.) Alaru, M. Tartu, lk 36–44.

TAIMETOITEELEMENTIDE LIIKUMISEST MULLAS

Tõnu Tõnutare¹, Madis Pennar², Raimo Kõlli¹,
Tõnis Tõnutare¹, Hedi Kaldmäe³

¹Eesti Maaülikooli mullateaduse õppetool, ²ÕÜ Hortiteh,

³Eesti Maaülikooli Polli aiandusuuringute keskus

Abstract. Tõnutare, T., Pennar, M., Kõlli, R., Tõnutare, T., Kaldmäe, H. 2021. About the mobility of plant nutrients in soil. – Agronomy 2021.

The ecologically sound fertilization is one the major factors after the climatic conditions for obtaining high quality yields from black currant plantations. In black currant plantations different fertilizers and technologies of fertilization are used. Also the quantities of fertilizer for black currants are different and site specific. In our work the mobility of phosphorus and potassium in not disturbed soil monolith was investigated. The incubation experiment was conducted in the laboratory in the course of 30 days using soil cylinders with a diameter of 75 mm and a height of 280 mm. The YaraMila Complex 12–11–18 mineral fertilizer was used in highly elevated rates (11,3 and 22,6 t ha⁻¹) instead of commonly used 0,6 t ha⁻¹. The increase of concentration after 30 days was observed in up to 6–9 cm layer for phosphorus and 9–12 cm layer for potassium. At the lower fertilization rates the mobility of P and K is even lower. Our results indicated very slow mobility of plant nutrients (P and K) into the depth of soil monolith and therefore there exists the possibility, that P and K in the surface layer of soil will not reach the roots of the crop and will be used by weeds.

Keywords: *plant nutrient mobility in soil, black currant, complex mineral fertilizer, plant available potassium, plant available phosphorus*

Sissejuhatus

Jätkusuutlikuks taimekasvatuseks nii mahe kui ka tavaviljeluses on määravaks faktoriks taime kasvuks ja arenguks vajalike toiteelementide kättesaadavus. Lisaks toiteelementide olemasolule mullas mõjutavad nende omastamist ka mulla füüsikalised ja keemilised omadused nagu näiteks pH, orgaanilise aine sisaldus, lõimised, teiste lahustuvate ühendite sisaldus, võime säilitada stabiilsena toiteelementide kontsentratsiooni mullalahuses jne (Raven, Hossner 1994; Noughi, jt, 2005). Sõltuvalt taime arenguks vajalikust kogusest jagatakse taimetoitelemendid kahte suurde rühma – makro- ja mikroelementid. Töös käsitletakse makroelementide hulka kuuluvaid elemente: kaaliumi (K) ja fosforit (P). Mõlemal elemendil on oma roll taime kasvuks, arengus ja viljade moodustumises. Ükskõik millise elemendi defitsiit kasvuperioodil mõjutab taime arengut ja saagi kvaliteeti ning kvantiteeti (Hobson jt, 2013; Zhao jt, 2020). Erinevatel taimekasvuperioodidel on taime arenguks vajalikud erinevad toitainete kombinatsioonid. Varakevadel on kõrgendatud vajadus fosfori järele, seetõttu on soovitatav anda toitained N:P:K vahekorras 1:3:1. Vegetatiivsel kasvul, mil taim kasvatab oma lehed ja varred ning moodustab õied, on NPK soovitatavaks vahe-

korraks 2:1:1. Generatiivses kasvufaasis, mil taim kasvatab oma vilju, on NPK soovitatavaks vahekorras 2:1:3. Taimeliigid erinevad üksteisest ülesehituselt ja vajadustelt, mistõttu eelnevad vahekorrad sobivad marjade kohta, kuid see ei ole üleüldine reegel (Kafkafi, Tarchitzky, 2011).

Läbi aegade on põllumajandusliku taimekasvatuse paradigma olnud erinev. Tänapäeva põllumajanduses on jätkusuutlikkuse mõistes majanduslik aspekt põimunud keskkonnahoiuga (Zhou, Shao, 2008). Viljelemine peab olema majanduslikult kasumlik ja samal ajal keskkonda hoidev. See ei ole lihtne ülesanne, sest majandusliku jätkusuutlikkuse tagab kõrge saagikus. Tänapäeva taimekasvatuses kõrgeid saake andvate sortide saagipotentsiaal avaldub tihti alles kõrgel agrofoonil (Tamm jt, 2011). Kõrge agrofoon tähendab otseselt ka suuremaid keskkonnariske. Järjest enam on vaja mõista toitainete tarbimise ja omastamisega seonduvaid protsesse. Oluline on, et ei leviks väärarusaam, nagu maheviljeluses oleks taimede vajadused või väetamine erinevad tavaviljelusest. Väetamata ei saa läbi ka maheviljeluses, kuigi seal kasutatavate väetiste loetelu on piiratum, sest väetistena kasutatakse vaid looduses leiduvaid ühendeid ja mineraale (Tamm jt, 2011).

Vajalik on leida optimaalne tasakaal kolme erineva aspekti vahel: agronoomilise, keskkonnahoidliku ja majandusliku. Agronoomilise aspekti puhul tuleb jälgida, et oleks tagatud kaasaegse sordi varustatus kõigi vajalike toiteelementidega kogu vegetatsiooniperioodi vältel. Keskkonnahoidlik aspekt nõuab, et mulda antavad väetisekogused tarbitaks kasvatatavate kultuuride poolt saagi moodustamiseks ja ei satuks saasteainetena keskkonda (Noughi jt, 2005). Majandusliku poole pealt tuleb jälgida, et taimede varustatus kõigi toitainetega realiseeruks maksimaalses saagis ja madalas omahinnas.

Põllumajanduses on taimekasvatustlikus mõistes kõige tähtsam kultuur teravili. Teravilja juurestik on pinnalähedane ja erineb paljuski aianduses viljeldavatest pikaajalistest põdsaskultuuridest nagu sõstrad, karusmarjad, aroonia jne (Libek jt, 2013). Eestis enimkasvatatav marjakultuur selles grupis on must sõstar (Põllumajanduse ..., 2020). Üldiselt on Euroopas juba aastaid olnud musta sõstra ületootmine, mis tähendab, et kohaliku sõstratootja konkurentsitingimused on üsna karmid (IBA, 2020).

Eestis oli PRIA andmetel 2019. aasta seisuga 274 musta sõstra tootmisistandust, mis hõlmasid kokku 382 ha, neist 268 ha oli maheistandusi. Võrreldes 2018. a. oli kogu musta sõstra tootmisistanduste pindala aastaga kasvanud ainult 1,5 ha võrra, kuid maheistanduste pindala oli samas suurenenud 58 ha võrra (PRIA, 2020). PRIA andmed kajastavad ainult toetusluseid istandusi. Maaeluministeriumi poolt koostatud kokkuvõttes, mis toetub Eesti Statistikaameti andmetele, on musta sõstra istanduste kogupindalaks 2018. aastal märgitud 577 ha (Põllumajanduse ..., 2020). Musta sõstra istanduste rajamine on momendil üsna populaarne, sest tegemist on suhteliselt lihtsasti mehhaniseeritava kultuu-

riga. Maadel, millel viljakasvatus ei ole väikeste põllupindade tõttu otstarbekas, on üheks kasutusvõimaluseks musta sõstra kasvatamine. Kuna ka hulk inimesi on pöördunud tagasi maale, siis nähakse hektaril või paaril istanduste rajamist eelkõige haljastuse ja majandusliku rakenduse sümbioosina. Teoreetiliselt võiks musta sõstra kasvatamiseks otsida selleks enamsobivaid muldasid, kuid reaalsuses neid maaressursse lihtsalt ei ole ja seetõttu on õige väetamine veelgi olulisem.

Musta sõstra väetamiseks saab kasutada erinevaid mineraalväetisi. Üldiselt on erinevad katsed põllumullal erinevate mineraalväetistega andnud väga vastakaid tulemusi. Praktiline kogemus põllul näitab, et kõige paremini korreleeruvad laotatud väetisele musta sõstra põllul musta sõstra põõsa sees ja põõsa all olevad umbrohud ehk taimestik, mille juurestik on maapinna lähedane. Kuna väetise manustamine toimub väetise laotamisena põõsa alla mullale, siis on tekkinud küsimus: kuidas kompleksmineraalväetises olevad erinevad toitained jõuavad musta sõstra juurteni. Vajalik oleks selgitada, kas kaasaegsetes kasvatus- tehnoloogiates soovitatud väetamisel võib toitainete jõudmine musta sõstra juurte piirkonda (sügavusse 20–30 cm) olla väga aeglane või üldse küsitav. Üldiselt soovitatakse kasutada väetisi kogustes, mis vastavad saagiga istandusest välja viidavale toitainete hulga. Musta sõstra puhul on see 80 kuni 120 kg N ha⁻¹ (Craighead jt, 2007). Arvestatud on siin asjaoluga, et kasutatakse erinevaid istutusskeeme ja reavaheid ei väetata.

Käesolevas uurimistöös selgitatakse, kuidas liiguvad kaasaegsetes musta sõstra kasvatustehnoloogiates kasutatava väetamise korral toiteelemendid juurteni. Uurimus ei pretendeeri nimetatud probleemi lahendamisele, kuna selle sisuks on hüpoteetilise teema kontrollimine keskkonnas, kus toitaineid ei tarbita ning toitainete liikumine katsemullas on realistlik, kuna tarbimine puudub.

Materjal ja meetodika

Katseks kasutati reaalse musta sõstra istanduse mulda, mille agrookeemiline iseloomustus on toodud tabelis 1. Mulla pH määrati 1M KCl suspensioonist. Mulla süsinik määrati Tjurini meetodil kasutades spektrofotomeetrilist meetodit (Vorobyova, 1998). Leitud süsiniku sisalduse järgi arvutati mulla huumuse- sisaldus kasutades koefitsenti 1,72 (Arinuschkina, 1970). Mulla toiteelementide sisaldus määrati AL meetodil ja hinnati Eesti tingimustele vastava gradatsiooni alusel (PM, 2002). Katseks võeti mullast tema loomulikku struktuuri lõhkumata 20 cm kõrgused 7,5 cm diameetriga silindrid. Katsekehade võtmisel jälgiti, et säiliks mullakeskkonna looduslik kapillaarsus, et muld oleks võrreldav reaalse kasvukeskkonnana. Enne katse algust veenduti, et muld oleks niiske. Katses kasutati kompleksväetist YaraMila Complex 12-11-18, mille toiteelementide sisaldus oli järgmine: N – 11%, P – 4,8% ja K – 14,9%. Katsevariante oli kolm: K0 – kontroll ilma väetist lisamata, K5 – 5 g väetist ja K10 – 10 g väetist silindri kohta. Katsevariantides K5 ja K10 kasutati soovituslikest väetusnormidest oluliselt

Tabel 1. Katsemulla iseloomustus

Parameeter	Väärtus /Sisaldus	Hinnang/Sisalduse klass
pH _{KCl}	5,3	mõõdukalt happeline
Lõimis		saviliiv
Huumus	4,2%	kõrge sisaldus
P-AL*	14,5 mg kg ⁻¹	väga madal sisaldus
K-AL*	163 mg kg ⁻¹	keskmise sisaldus
Mg-AL*	284 mg kg ⁻¹	kõrge sisaldus
Ca-AL*	1576 mg kg ⁻¹	

*- taimedele omastatavate elementide (P, K, Mg ja Ca) sisaldus määratuna AL meetodil

suuremaid koguseid (tabel 2) selgitamaks toiteelementide liikumist ja võimalikku leostumist sügavamatesse kihtidesse just normi tugevalt ületavate väetisekoguste kasutamisel. Märgitud väetisekogus puistati ühtlaselt mullasilindri pinnale ja niisutati destilleeritud veega portsjonite kaupa kümnapäevase intervalliga 30 päeva vältel. Kogu lisatud vee kogus (240 ml) vastas Tartumaa paljuaastasele keskmisele maikuu sademete normile (54 mm) (Riigi Ilmateenistus, 2021). Peale 30 päeva möödumist jaotati mullasilindrid 3 cm kõrgusteks viiludeks ja iga viil analüüsiti eraldi. Katsemuldadest määrati P ja K sisaldus. P ja K analüüsil kasutati ekstraheerimist 0,01 M CaCl₂ lahusega ning elementide sisaldus ekstraktis määrati aatomemissioonspektromeetriliselt (Salomon, 1998). 0,01 M CaCl₂ lahuse valiti ekstraheerimiseks seetõttu, et toiteelementide ekstraktsioon toimuks võimalikult reaalse mullalahuse sarnases keskkonnas.

Tabel 2. Mullale lisatud elementide ja väetise kogused katses, sellele vastav arvestuslik norm hektarile ning soovituslikud kogused musta sõstra istandustele

Element	Katses mullale lisatud elemendi kogus silindri kohta, g			Arvestuslik kulu hektarile, kg ha ⁻¹		Elemendi teoreetiline kogus kasutades väetamisel YaraMila Complex 12–11–18 soovituslike N normidega, kg ha ⁻¹	
	K0	K5	K10	K5	K10	N80	N120
N	0	0,6	1,2	1359	2718	80	120
P	0	0,24	0,5	544	1087	32	48
K	0	0,75	1,5	1687	3374	99	149
Väetis	0	5,0	10,0	11323	22647	666	1000

Mullaviljakuse hindamisel loobuti AL ja Mehlich 3 (M3) meetodite kasutamisest, kuna eesmärk oli hinnata mullaveega taimejuureni jõudvat väetise hulka, mitte aga väetamisest põhjustatud muutust väetustarbe gradatsioonis ehk muutust mulla kogu taimedele omastatavas toiteelementide varus. Taimedele omastatavate elementide sisalduse määramiseks kasutatavad AL ja M3, nagu ka teised analoogsed meetodid ei ekstraheeri mullast mitte ainult lahjas vesilahuses lahustuvat toitainete fraktsiooni, vaid tänu oma keemilisele koostisele ka mulla-osakestega tugevamalt seotud elementide fraktsioone, mis antud töö eesmärki silmas pidades oleks põhjustanud ainult määramise ebatäpsuse suurenemist. Toiteelementide sisaldus mullas on esitatud mg kg⁻¹ kohta.

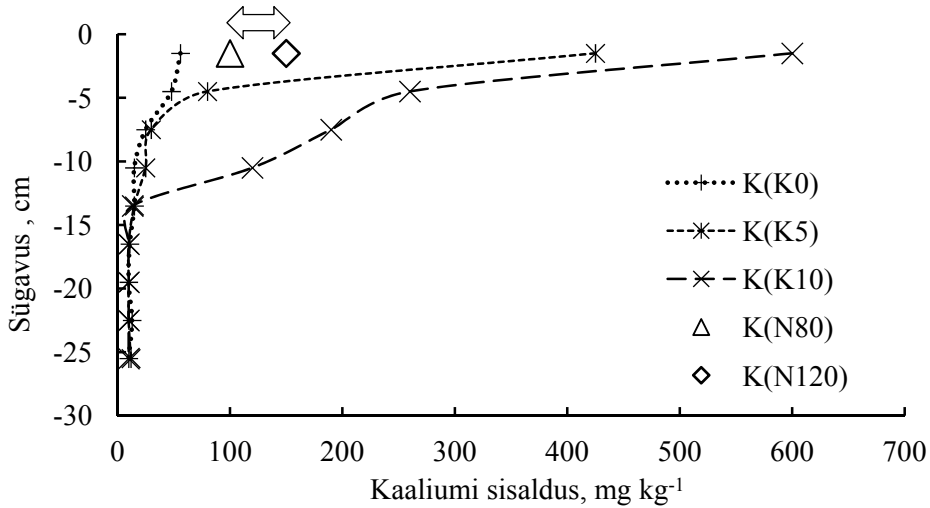
Tulemused

Kasutatud muld oli enamike parameetrite järgi sobiv musta sõstra kasvatamiseks. Mustale sõstrale sobivad liivsavi ja saviliivmullad huumuse-sisaldusega üle 1%. Muld oli kasvatamiseks soovitatavast pH vahemikust (5,5–7,0) natuke happelisem ja vajab lisaväetamist fosforiga (Bratch, Williams, 2009).

Kõigi kolme katsevariandi analüüsitud K sisaldused on esitatud graafikuna (joonis 1). Kuna väetis puistati mullasilindri pinnale, siis olid kõige suuremad sisaldused nii K5 kui ka K10 variandil just ülemises 3 cm kihis. K5 variandil oli lisatud väetisest tingitud kõrgem K sisaldus veel ka 3–6 cm mullakihi, 6–9 cm kihis aga enam erinevust kontrollvariandist ei olnud. K10 variandil oli väetise mõju K sisaldusele siiski veel ilmne ka 9–12 cm kihis. Väetise mõju K sisaldusele kadus aga järsult ja 12–15 cm kihis seda enam ei olnud. Sellest võib järeldada, et veega mööda mullasilindrit alla kantava kaaliumi front oli jõudnud 30 päevaga 9–12 cm vahemikku. Võrreldes K5 ja K10 graafikuid ilmnes, et suurema väetise koguse korral oli kaaliumi liikumine oluliselt kiirem, mis võis olla tingitud mulla neelava kompleksi küllastumisest kationidega suurema väetise koguse puhul. Sellest lähtudes võib eeldada, et kui katse oleks läbi viidud mustale sõstrale soovituslikku N normi (80 kuni 120 kg ha⁻¹) kasutades (joonisel 1 noolega tähistatud piirkond), oleks K liikumine alumistesse kihtidesse olnud oluliselt aeglasem.

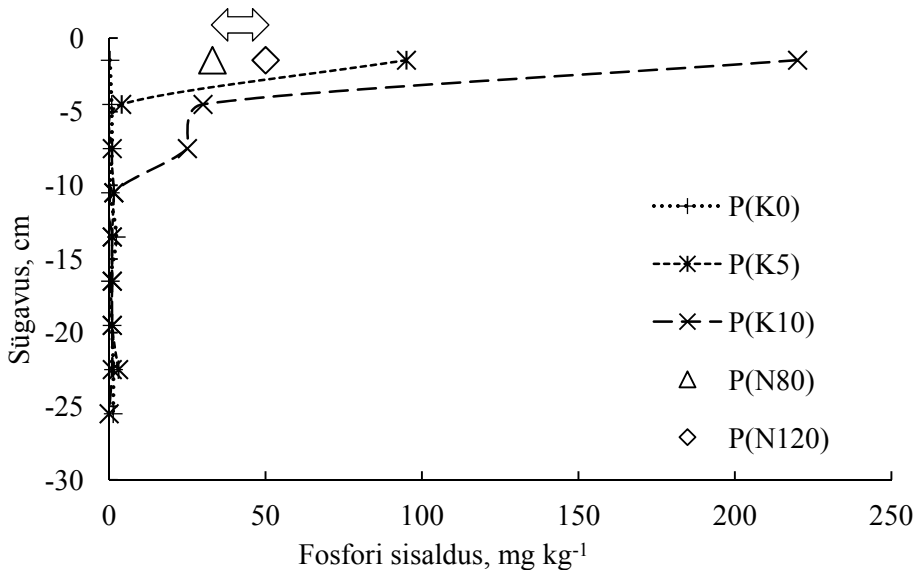
Kontrollvariandis K sisaldus mullaprofilis praktiliselt ei muutunud, alates juba 6–9 cm kihist ei olnud erinevust kontroll- ja katsevariandi K5 vahel. Kontrollvariandi K sisaldus kõige ülemises kihis (56 mg kg⁻¹) moodustas ainult 13% ja 9% katsevariantide K5 ja K10 kaaliumi sisaldusest.

Analoogselt K sisalduse graafikule koostati saadud analüüsitulemuste alusel ka graafik, mis iseloomustab P liikumist mullas (joonis 2). Kuna väetisega lisatud P kogused olid kaaliumi kogustest väiksemad, siis olid ka analüüsides määratud P sisaldused tunduvalt väiksemad. Katsemulla P sisaldus oli AL meetodi järgi madal (tabel 1) ja ka K0 variandi CaCl₂ meetodil määratud P sisaldused jäid



Noolega on tähistatud K sisalduse vahemik, kui oleks jälgitud mustale sõstrale soovituslikku normi 80–120 kg N ha⁻¹

Joonis 1. Lahustuva kaaliumi sisaldus katsemulla profiilis kompleksväetise Yara-Mila Complex 12–11–18 erinevate koguste kasutamisel (K5 – 5g ja K10 – 10 g) mullapinnale võrreldes väetamata variandiga (K0) peale 30 päevast inkubatsiooniperioodi



Noolega on tähistatud P sisalduse vahemik, kui oleks jälgitud mustale sõstrale soovituslikku normi 80–120 kg N ha⁻¹.

Joonis 2. Lahustuva fosfori sisaldus katsemulla profiilis kompleksväetise Yara-Mila Complex 12-11-18 erinevate koguste kasutamisel (K5 – 5 g ja K10 – 10 g) mullapinnale võrreldes väetamata variandiga (K0) peale 30 päevast inkubatsiooniperioodi

alla 1 mg kg⁻¹ kõigis analüüsitud kihtides. Katse ülesehitusest lähtuvalt oli kõige suurem P sisaldus just ülemises 3 cm kihis. Katsetulemustest selgus, et K5 variandis ei olnud fosfor veel jõudnud järgmisse (3–6 cm) kihti. Suurema väetise koguse puhul (K10) oli märgata väetisest põhjustatud fosfori sisalduse kasvu veel ka 6–9 cm kihis. Seejärel toimus aga järsk P sisalduse vähenemine kontrollvariandiga (K0) samale tasemele. Analoogselt K ilmses ka P puhul liikumiskiiruse suurenemine kasutatud väetisekoguse kasvades. Kuid P liikumine oli K liikumisest aeglasem, sest väetis mõjutas P sisaldust 6–9 cm kihis, kaaliumi sisaldust aga ka järgmises (9–12 cm) kihis. Katsetulemustest lähtudes võib oletada, et kasutatud kogustest madalamate, mustale sõstrale soovituslike lämmastiku normide puhul (80–120 kg ha⁻¹, piirkond on tähistatud joonisel noolega) oleks jäänud P liikumine sügavamatesse kihtidesse veelgi tagasihoidlikumaks.

Arutelu

Muld on lihtne nelja tähega sõna, mille tähendust teab iga inimene, kes tunnetab maailma. Kui geoloogile pakub huvi mulla lähtekivim, siis agronomile ja taimekasvatajale elutegevuse toimet tekkinud mulla lähtekivimi kompleks orgaaniliste ühenditega ning selle praktiliselt lõputute kombinatsioonide võime siduda endaga taime kasvuks vajalikke taimetoiteelemente. On selge, et konkreetsed funktsionaalsed seosed mingi keemilise elemendi taimedele omastataval kujul esinemise hulga ja mulla lõimise vahel puuduvad ning seetõttu on teema väga empiiriline. Selle arutelu eesmärk ei ole püüda leida neid seni avastamata funktsionaalseid seoseid, vaid püütakse ühe konkreetse katse varal selgitada, kuidas võiksid toitained liikuda mullas vertikaalsuunas looduslike sademete toimet. Konkreetselt vaadeldakse kahe elemendi, P ja K liikumist. Selleks, et saada parem pilt elementide liikuvusest mullas tehti mõned lihtsustused. Katses ei olnud taimi ning seega puudus nende elementide tarbimine. Katses kasutati ebanormaalselt kõrgeid väetusnorme võrreldes praktikaga (tabel 2), et saada elementide liikuvuse kohta paremat ettekujutust.

Katse hüpoteesi kohastelt lahustub mulla pinnal olev väetis vihmavee tõttu ja mulda sisenevad toitained vees lahustununa ning liiguvad gravitatsiooni jõul vertikaalsuunas. Mulda sisenenuna peaksid kontsentratsioonide tasakaalu saavutamiseks (või säilitamiseks) hakkama toimuma mulla osakeste pinnaga seotud ja mullavees sisalduvate ionide vahelised sorptsiooni-desorptsiooni protsessid. See on sisuliselt lõputu tasakaalu säilitamise protsess, mille toimumiseks on vajalik vaid mullavee olemasolu. Katse teostamisel ei olnud võimalik jälgida mullaniiskust erinevates kihtides, seetõttu puudub teadmine elemendi liikuvust mõjutanud mullavee dünaamikast. Samas on teada, et mulla lõimisest (tabel 1) lähtuvalt oli katsemulla võime siduda elemente ja vett väga kõrge. Katse algul oli mullapind niiske ja seetõttu saab siin teha oletuse, et lisatud vesi, mis lahustas mulla pinnal olnud väetise ning milles olid lahustunud toitained, liikus ise

sügavamatesse kihtidesse võrreldes kihtidega, kus analüüsiti kõrgenenud P ja K sisaldused (kuni 15 cm sügavusele).

Mulla K sidumisvõime sõltub savimineraalide mineraloogilisest koostisest (Binner jt, 2017). Saviosakeste pinnal asuvad kaaliumit adsorbeerivad tsentrid võib jagada K spetsiifilisteks ja K mittespetsiifilisteks. Spetsiifilise adsorptsiooni tsentrid seovad K nii tugevalt, et see muutub taimedele raskesti kättesaadavaks (Taiwo jt, 2018). Seda osa mullas sisalduvast kaaliumist nimetatakse asendamatult seotud ehk fikseeritud kaaliumiks. Mittespetsiifiliste tsentritega seotud K on aga taimedele omastatav ehk asendatavalt neeldunud (Kuldkepp, 1988; Auge jt, 2018). Esmalt seotakse lahusest K spetsiifiliste tsentrite külge, see protsess toimub ka madala K kontsentratsiooni puhul (Hannan jt, 2007; Bel jt, 2020). Alles pärast kõigi spetsiifiliste tsentrite hõivamist hakkab toimuma adsorptsioon ka mittespetsiifilistele tsentritele. Kõikide mullas olevate kaaliumivormide vahel esineb looduslik tasakaal ja toimub üleminek ühest vormist teise igale mullale omase tasakaalu säilitamiseks (Kuldkepp, 1988). Kuna madalama K sisalduse korral (K5) jääb valdav enamus kaaliumist ülemisse kihti, siis võib eeldada, et muld pole kaaliumiga veel küllastunud (tabel 3). Meie algne eesmärk ei olnud leida

Tabel 3. Kaaliumi jaotus katsemuldade kihtidesse erinevate väetise koguste kasutamisel

Kiht	Kaaliumi absoluutne sisaldus		Kaaliumi suhteline sisaldus	
	K5	K10	K5	K10
	mg		%	
0–3	70,9	104,5	92,0	53,9
3–6	6,1	40,7	8,0	21,0
6–9	0,0	30,5	0,0	15,7
9–12	0,0	18,2	0,0	9,4
12–15	0,0	0,0	0,0	0,0
Kokku	77,0	193,9	100	100

katsealuse mulla võimet siduda K katioone küllastunud olekuni. Samas saame öelda, et kindlasti ei saabunud küllastus ca 20 kordse väetusnormi kasutamisel (tavanormiks ligikaudu 600 kg ha⁻¹) võrreldes soovituslikuga. Kõrgema K sisaldusega katsevariandis jääb ülemisse kihti seevastu ainult pool lisatud väetisest (53,9%). Lähtudes asjaolust, et variandi K10 puhul lisati 2,7 korda suurem kogus kaaliumi võrreldes K5-ga, kuid ülemisse kihti jäänud kogused erinevad ainult 1,5 korda, võime eeldada adsorptsiooni tsentrite väga kõrget täituvuse taset. Seega võime oletada, et 22,6 t ha⁻¹ (22647 kg ha⁻¹) ehk 38 kordne soovituslik väetusnorm tekitab küllastunud oleku. Küll lubab eelnev arutelu järeldada, et soovituslike normide piires seotakse ilmselt kogu väetisest saadav kaaliumi katioonide ressursid mulla kõige pindmistes kihtides. Edaspidises toiteelemendi liikumises saavad määravaks mitmed asjaolud:

- ▶ kas mullakihis kasvab taimede juuri, mis kasutavad seda elementi elutegevuseks;
- ▶ kui palju siseneb ülemisse kihti vett (vihm või niisutus), mille kaaliumi kationide kontsentratsioon on nii madal, et vee liikumisel selles kihis desorbeerub mullaosakeste pinnaga seotud kaaliumi kation lahusesse;
- ▶ võimalikud muud tegurid, millega ei osata arvestada.

P esineb mullas fosfaatanioonina ja seetõttu tema sorptsiooni-desorptsiooni protsess mullaosakeste pinnal ei konkureeri K sidumisega pinnale. Fosforit (fosfaadina) sisaldavad väetise graanulid tekitavad nende lähedases mullakihis fosforirikka vööndi. Niiskuse toimet difundeerub graanulist fosfaatioone, mis seotakse erinevate mehhanismide (adsorptsioon, keemiline sadenemine, bioloogiline hõive) toimet graanuli lähedases mullakihis. Järgnevalt difundeerunud fosfaatioonid satuvad aga mulda, mille võime adsorbeerida fosfaatioone on ammendunud ja seetõttu jäävad nad mullalahusesse ning on võimelised liikuma kaugemale küllastumata mulla vööndisse (Vozbudskaja, 1968). Sellega on seletatav katsevariantide K5 ja K10 erinev graafiku kuju (joonis 1) ja liikumine sügavamatesse kihtidesse suurema sisalduse puhul (tabel 4). Madalama P sisalduse korral jääb valdav enamus fosforist graanuli lähedusse. P liikumise kaugus sõltub seega otseselt mulla võimest siduda fosfaataniooni.

Tabel 4. Fosfori jaotus katsemuldade kihtidesse erinevate väetisekoguste kasutamisel

Kiht	Fosfori absoluutne sisaldus		Fosfori suhteline sisaldus	
	K5	K10	K5	K10
	mg		%	
0–3	18,2	42,2	96,7	80,2
3–6	0,6	5,6	3,3	10,7
6–9	0,0	4,6	0,0	8,8
9–12	0,0	0,2	0,0	0,4
12–15	0,0	0,0	0,0	0,0
Kokku	18,8	52,8	100	100

Kokkuvõte

Tehtud katsed lubavad kahelda, kas kompleksmineraalväetistega mulla pinnale antud toitelemendid jõuavad musta sõstra juurteni arvestades ionide levimiskiirust mullas ja võimalike konkurentide (umbrohud) juuri mulla pindmistes kihtides. Toitelementide liikumine ja seega ka jõudmine musta sõstra juurte tsooni sõltub paljudest teguritest: väetise vorm ja keemiline koostis, sademete hulk ja mulla niiskus, huumuse sisaldus, lõimis, savide mineralogiline koostis, pH, temperatuur, mulla keemiliste elementide sidumis- ja puhverdusvõime. Kuigi kõigi loetletud tegurite mõju suund on varasematest uurimistöödest

teada, ei ole seni siiski veel piisavalt teadmisi, mis võimaldaksid täpselt arvutada erinevate toiteelementide liikumist teatud väetisenormi kasutamisel kindlat liiki mullas.

Tänuavaldused

Autorid tänavad kõiki kaasamõtlejaid, kes meid töö tegemisel innustasid, meiega oma teadmisi jagasid ja töö valmimisele oma nõuga kaasa aitasid. Uurimist toetasid Eesti maaelu arengukava 2014–2020 meede 16 “Koostöö” alameede “Innovatsiooniklaster” ja Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond (EAFRD).

Kasutatud kirjandus

- Arinuschkina, E. 1970. Rukovodstvo po himitseskomu analizu potsv. – Moskva, 487 str.
- Auge, K.D., Assefa, T.M., Woldeyohannes, W.H., Asfaw, B.T. 2018. Potassium adsorption characteristics of five different textured soils under enset (*Ensete ventricosum* cheesman) farming systems of Sidama zone, South Ethiopia. – *Journal of Soil Science and Environmental Management* 9, pp 1–12.
- Bel, J., Legout A., Saint-André, L., Hall, S.J., Löfgren, S., Laclau, J.-P., van der Heijden, G. 2020. Conventional analysis methods underestimate the plant-available pools of calcium, magnesium and potassium in forest soils. – *Scientific Reports* 10(15703).
- Binner, I., Dultz, B., Schellhorn, M., Schenka, M.K. 2017. Potassium adsorption and release properties of clays in peat-based horticultural substrates for increasing the cultivation safety of plants. – *Applied Clay Science* 145, pp 28–36.
- Bratsch, A., Williams J. 2009. Specialty Crop Profile: Ribes (Currants and Gooseberries). Publication No 438–107. – Virginia Cooperative Extension VSU, Petersburg, VA, pp 1–14.
- Craighead, M.D., Langford, G., Braithwaite, B.E. 2007. Tools to aid with the Nitrogen nutrition of Blackcurrants and Boysenberries. A Report for Blackcurrants NZ Ltd New Zealand Boysenberry Council. https://www.nutrientsolutions.co.nz/wp-content/uploads/2015/05/Blackcurrants-N_nutrition_tools.pdf (1.12.2020)
- Hannan, A., Ranjha, A.M., Rahmatullah, Waqas, M., Niaz, A. 2007. Potassium adsorption characteristics of four different textured alkaline calcareous soils. – *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 44, pp 242–247.
- Hobson, D.W., Lynch, D.H., Pruski, K., Hammermeister, A.M. 2013. Fertility rate and timing effects on organic black currant growth and yield during establishment. – *Acta Horticulturae* 1001, pp 335–341.
- IBA. International Blackcurrant Association. <https://www.blackcurrant-iba.com/> (31.01.2021)
- Kafkafi, U., Tarchitzky, J. 2011. Fertigation: A Tool for Efficient Fertilizer and Water Management. IFA, Pariis, 138 p.
- Kuldkepp, P. 1988. Väetamise alused. Tallinn, 95 lk.
- Libek, A-V., Kikas, A., Kahu, K. 2013. Musta sõstra kasvatus. Tartu, 96 lk.

- Noughi, A., Kageyama, M., Shinmachi, F., Schmidhalter, U., Hasegawa, I. 2005. Potential for using plant xylem sap to evaluate inorganic nutrient availability in soil. – *Soil Science and Plant Nutrition* 51, pp 343–350.
- PM. 2002. Põllukultuuride väetamine. (toim). H. Nurmekivi, J.-R. Raukas, E. Leedu, P. Kuldkepp, A. Toomsoo, A. Kaasik, R. Leming, T. Rimmel, E. Gutmann, L. Rooma. Põllumajandusministeerium. Saku, 39 lk.
- PRIA. 2020. Personaalne infopäring.
- Põllumajanduse, kalanduse ja toiduainetööstuse ülevaade 2019. 2020. Maaeluministeerium, 138 lk. <https://www.agri.ee/sites/default/files/content/ylevaated/ulevaade-pokat-2019-02.pdf> (31.01.2021)
- Raven, K.P., Hossner, L.R. 1994. Soil phosphorus desorption kinetics and its relationship with plant growth. – *Soil Science Society of America Journal* 58, pp 416–423.
- Riigi Ilmateenistus. <http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/sademed/> (31.10.2021)
- Salomon, E. 1998. Extraction of soil potassium with 0.01M calcium chloride compared to official Swedish methods. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 29, pp 2841–2854.
- Taiwo, A.A., Adetunji, M.T., Azeez, J.O., Elemo, K.O. 2018. Kinetics of potassium release and fixation in some soils of Ogun State, Southwestern, Nigeria as influenced by organic manure. – *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 7, pp 251–259.
- Tamm, I., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Narits, L., Tamm, Ü., Mansberg, M., Vetemaa, A., Sepp, K. 2011. Mahepõllumajanduslik teraviljade ja õlikultuuride kasvatamine. Tartu, 31 lk.
- Vorobyova, L.A. 1998. *Himitseski Analiz potšv*. Moskva, 297 str.
- Vozbudskaja A.E. 1968. *Himija potšvõ*. Moskva, 426 str.
- Zhao, Z., Wang, S., White, P.J., Wang, Y., Shi, L., Xu, F. 2020. Boron and Phosphorus Act Synergistically to Modulate Absorption and Distribution of Phosphorus and Growth of *Brassica napus*. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 68, pp 7830–7838.
- Zhou, Y., Shao, H.B. 2008. The responding relationship between plants and environment is the essential principle for agricultural sustainable development on the globe. – *C. R. Biologies* 331, pp 321–328.

MULLA ORGAANILISE AINE KOOSTIS SÕLTUVALT VILJELUSVIISIST

Karin Kauer, Sandra Pärnpuu, Liina Talgre, Viacheslav Eremeev, Anne Luik

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Kauer, K., Pärnpuu, S., Talgre, L., Eremeev, V., Luik, A. 2021. Soil organic matter composition depending on farming systems. – Agronomy 2021

The accumulation and/or decomposition of soil organic matter (SOM) and the chemical composition of SOM depend on soil management practices (crop rotation, fertilization). The aim of this research was to study the effect of different farming systems (organic vs. conventional) on the fractional composition and properties of SOM in the long-term crop rotation experiment of the Estonian University of Life Sciences. The SOM was separated into particulate organic matter (POM) and mineral-associated organic matter (MAOM). MAOM is considered to be more stable in soil than POM. The proportions of soil organic carbon (SOC) in different fractions depending on farming systems were estimated. Depending on the farming systems, 57,3–77,8% of the soil SOC content was located in the stable MAOM fraction and the SOM of conventional systems was more stable than that of organic systems. The C binding capacity of soils is reduced due to the saturation of stable fraction MAOM with organic matter and the organic matter started to accumulate in the labile POM fraction of the soil. In conventional farming systems, the less labile fraction is formed because fertilization with mineral nitrogen fertilizer promotes the decomposition of SOM. In organic systems, the decomposition of organic matter is slower and the more labile fraction accumulates in the soil, being an important source of nutrients for plants.

Keywords: soil organic matter composition, particulate organic matter, mineral associated organic matter, conventional and organic farming

Sissejuhatus

Mulla orgaanilise aine kuhjumine mulda ja/või lagunemine sõltub mulla harimisvõtetest, külvikorrast, väetamisest ja keskkonnatingimustest (Lal, 2004). Lisaks sellele, kui palju orgaanilist ainet mulda seotakse, mõjutavad nad ka orgaanilise aine keemilist koostist (West, Post, 2002), millega on võimalik kontrollida mulla orgaanilise aine funktsioneerimist, kas siis C_{org} varuna sidudes süsiniku (C) mulla orgaanilisse ainesse või atmosfääri emiteeruva CO_2 allikana (Lal, 2004). Mulla C_{org} varu suurendamine on üks võimalus vähendada atmosfääri emiteeruva CO_2 kogust, kuid selle efektiivsuse suurendamiseks on vajalik mõista varasemast detailsemalt mulla orgaanilise aine moodustumist, vastupidamist erinevatele mõjutustele ja funktsioneerimist. Selleks ei piisa enam lihtsalt ühe ühtse mullaproovi, kui *uniform entity* uurimisest, vaid mulla orgaaniline aine on vaja jaotada fraktsioonidesse (Lavalée jt, 2020). Eraldatud fraktsioonid on erinevate omadustega, mis mõjutavad mullas püsimise aega ja vastupidavust, võimaldades anda hinnangut mulla orgaanilise aine stabiilsuse kohta. Kõige lihtsam ja levinum meetod selleks on jagada mulla orgaaniline aine kahte fraktsiooni: i) liivafraktsiooniga (mullaosakestega, mis on suuremad kui 0,063 mm) seotud

orgaaniline aine (nn hõljuv mulla orgaaniline aine *particulate organic matter*) (POM) ning ii) savi- ja tolmuosakestega ($< 0,063$ mm läbimõõduga osakesed) seotud orgaaniline aine (*mineral-associated organic matter*) (MAOM) (Cotrufo jt, 2019). POM koosneb vähelagunenud orgaanilisest ainest (taimejäätmest) sisaldades palju struktureid C ühendeid ja vähe lämmastikku (N). Paiknedes suuremate mullaagregaatide vahel, on POM füüsiliselt kaitstud edasise lagunemise eest (Cambardella, Elliot, 1994). MAOM koosneb peamiselt mikroobset päritolu C ühenditest ning on kõrge N sisaldusega. Püsivus mullas on seotud moodustunud keemiliste sidemetega mulla mineraalse osa ja orgaanilise aine vahel (Cotrufo jt, 2019) ja paiknemisega mulla mikroagregaatides olles mikroobidele vähemkättesaadav (Kleber jt, 2015). MAOM-i peetakse mullas kauem vastupidavamaks võrreldes POM-iga (Poeplau jt, 2018), seega nende fraktsioonide vahekorra kaudu on võimalik hinnata erinevate faktorite mõju C stabiliseerumisele mullas.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli selgitada välja erinevate viljelusviiside (mahe- vs tavasüsteemid) mõju mulla orgaanilise aine fraktsioonilisele koostisele Eesti Maaülikooli pikaajalises külvikorrakatses.

Materjal ja meetodika

Tava- ja maheviljelusviiside võrdluseks rajati 2008. aastal Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllule viieväljaline külvikorrakats (kultuuride järjestus: oder punase ristiku allakülviga, punane ristik, talinisu, hernes, kartul). Katsed viidi läbi neljas korduses ja iga katselapi suurus oli 60 m^2 . Katsemuld on näivleeturud liivsavimuld (*Stagnic Luvisols*, WRB 2005), mis sisaldas katse alguses katseala keskmisena $13,8 \text{ g C}_{\text{org}} \text{ kg}^{-1}$ ja $1,3 \text{ g N}_{\text{üld}} \text{ kg}^{-1}$. Katse ülesehituse ja agrotehnoloogia, sh detailsem info väetamise kohta on põhjalikumalt kirjeldatud Alaru jt, (2018) poolt, kuid lühidalt kokkuvõttes on tavasüsteemis neli väetusvarianti: N0 (kontroll, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$), N1 ($\text{N}_{40-50}\text{P}_{25}\text{K}_{95}$), N2 ($\text{N}_{80-100}\text{P}_{25}\text{K}_{95}$) ja N3 ($\text{N}_{120-150}\text{P}_{25}\text{K}_{95}$). Mahe-süsteemis on kolm varianti: M0 (mahe kontroll), M1 (külvikorras kasvatatakse talviseid vahekultuure) ja M2 (külvikorras kasvatatakse talviseid vahekultuure ja lisatakse komposteeritud veisesõnnikut). 2018. aasta kevadel koguti kõikidelt katselappidelt mullaproovid 0–25 cm sügavuselt. Enne laborianalüüsi sõeluti õhkuivad mullaproovid läbi 2 mm avadega sõela. POM ja MAOM eraldamiseks loksutati 10 g õhkuiva mulda 30 ml 0,5% naatriumpürofosfaadi lahusega 18 tundi. Seejärel filtreeriti mullasuspensioon läbi 0,063 mm avadega sõela ning saadud fraktsioonid kuivatati 24 tundi $60 \text{ }^\circ\text{C}$ juures. Fraktsioonidest määrati C_{org} ja $\text{N}_{\text{üld}}$ sisaldused kuivpõletusmeetodil elementanalüsaatoril varioMAX CNS (ELEMENTAR, Saksamaa) ning arvutati nende elementide jaotumine fraktsioonides. Kogu mullaproovi C_{org} ja $\text{N}_{\text{üld}}$ kontsentratsioonid leiti fraktsioonide C_{org} ja $\text{N}_{\text{üld}}$ sisalduste summeerimisel. C_{org} varu arvutati 0–25 cm kohta kasutades valemit: $\text{C}_{\text{org}} \text{ varu (t ha}^{-1}\text{)} = \text{C}_{\text{org}} (\%) \times \text{mullakihi tusedus (cm)} \times \text{lasuvustihedus}$

(g cm⁻³), kus lasuvustihedus arvutati välja Adams (1973) valemi järgi (Kauer jt, 2015).

Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Näitajate keskmiste vaheliste statistiliselt oluliste erinevuste leidmiseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi (p=0,05).

Tulemused ja arutelu

Kahe külvikorra rotatsiooni järgselt on mulla C_{org} ja N_{üld} sisaldused suuremad mahesüsteemides (tabel 1). Mahesüsteemi kontrollvariandi M0 kõrgemad C_{org} ja N_{üld} sisaldused võrreldes tavasüsteemi kontrollvariandiga N0 on tingitud sellest, et juba katse alguses olid selle variandi C_{org} ja N_{üld} sisaldused suuremad (Kauer jt, 2015), mis on tingitud katseala heterogeensusest. Lisaks kasvatati antud variandil 2011. aastani ka vahekultuure, suurendades sel perioodil C sisendit keskmiselt 0,56 t ha⁻¹ aastas (Kauer jt, 2015).

Tabel 1. Mulla orgaanilise süsiniku (C_{org}) ja üldlämmastiku (N_{üld}) kontsentratsioonid, C/N suhe ja C_{org} varu (0–25 cm mullakihi) sõltuvalt viljelusviisidest

Variant	C _{org} , g kg ⁻¹	N _{üld} , g kg ⁻¹	C/N	C _{org} varu, t ha ⁻¹
N0 ¹	12,2 ^{a2}	1,18 ^a	10,3 ^{ab}	44,7 ^a
N1	13,7 ^{bc}	1,28 ^a	10,7 ^{bc}	49,3 ^{bc}
N2	13,2 ^{ab}	1,23 ^a	10,7 ^c	48,0 ^{ab}
N3	13,4 ^{ab}	1,26 ^a	10,6 ^{bc}	48,3 ^{ab}
M0	14,8 ^{cd}	1,45 ^b	10,2 ^a	53,1 ^{cd}
M1	14,8 ^{cd}	1,43 ^b	10,3 ^{ab}	52,9 ^{cd}
M2	15,4 ^d	1,47 ^b	10,5 ^{abc}	54,8 ^d

¹N0 ja M0 – tava- ja mahesüsteemi kontrollvariant, vastavalt; N1, N2 ja N3 – tavasüsteemis mineraalset lämmastikku vastavalt 40–50, 80–100 ja 100–150 kg N ha⁻¹ saanud variant; M1 – mahesüsteemis talviste vahekultuuridega variant; M2 – mahesüsteemis talviste vahekultuuridega ja sõnnikuga väetatud variant; ²erinevad väikesed tähed tulbas näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi erinevate viljelusviiside vahel (p < 0,05)

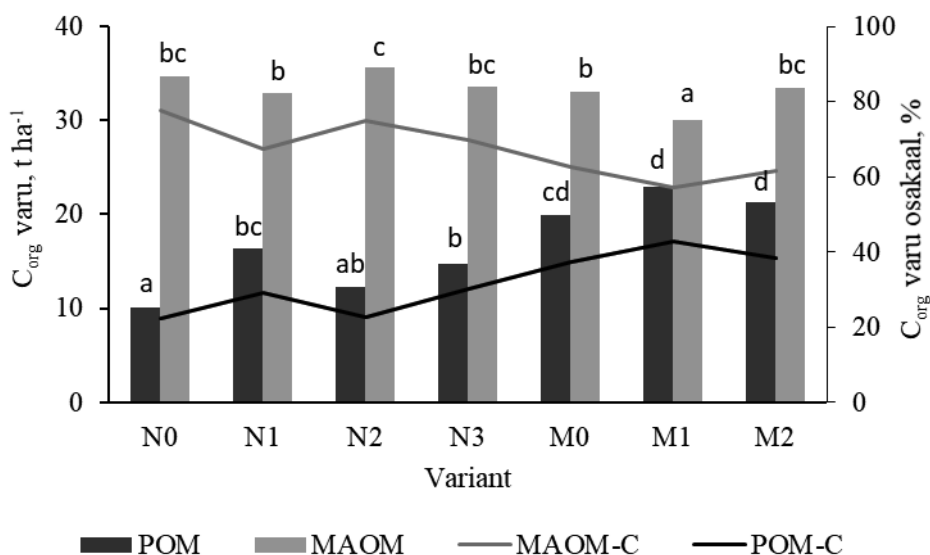
Liivafraktsiooniga seotud POM osakaal oli kõige väiksem tavasüsteemi kontrollvariandis (N0). Mineraalse N väetisega väetamine suurendas labiilsema POM-i ja vähendas stabiilsema MAOM-i fraktsiooni osakaalu (tabel 2). Talviste vahekultuuride kasvatamine ja sõnniku lisamine külvikorda suurendas POM osakaalu veelgi. Ehkki liivafraktsiooniga seotud POM-i osakaal oli mullas suurem (58,0–68,6%), paiknes suurem osa C_{org} varust mulla MAOM ehk stabiilsemas fraktsioonis (57,3–77,8%) (joonis 1), sest C_{org} kontsentratsioon oli suurem MAOM fraktsioonis (tabel 2).

Kõige stabiilsema mulla orgaanilise ainega oli kõige väiksema C_{org} varuga tavaviljeluse kontrollvariant. Mahesüsteemide C_{org} varu oli suurem võrreldes mineraalse N väetisega väetatud variantidest, kuid labiilsema orgaanilise aine

Tabel 2. Liiva- (POM) ning savi- ja ibeosakeste (MAOM) fraktsioonide jaotused, fraktsioonide C_{org} ja $N_{\text{üld}}$ kontsentratsioonid ning C/N suhted sõltuvalt viljelusviisidest

Variant	POM				MAOM			
	Osakaal, %	C_{org} , g kg ⁻¹	$N_{\text{üld}}$, g kg ⁻¹	C/N	Osakaal, %	C_{org} , g kg ⁻¹	$N_{\text{üld}}$, g kg ⁻¹	C/N
N0	58,0 ^{a1}	4,74 ^a	0,38 ^a	12,5 ^{bc}	42,0 ^d	22,6 ^a	2,28 ^a	9,9 ^{ab}
N1	62,4 ^{bc}	7,22 ^{bc}	0,57 ^b	12,7 ^{bc}	37,6 ^{bc}	24,3 ^{ab}	2,46 ^{bc}	9,9 ^{ab}
N2	60,1 ^{ab}	5,65 ^{ab}	0,44 ^{ab}	13,1 ^c	39,9 ^{cd}	24,7 ^{bc}	2,42 ^{ab}	10,2 ^{bc}
N3	63,5 ^{bc}	6,40 ^{ab}	0,54 ^b	12,0 ^{ab}	36,5 ^{bc}	25,4 ^{bcd}	2,50 ^{bc}	10,2 ^c
M0	63,5 ^{bc}	8,66 ^{cd}	0,78 ^c	11,1 ^a	36,5 ^{bc}	25,6 ^{bcd}	2,62 ^{cd}	9,8 ^a
M1	68,6 ^d	9,23 ^d	0,83 ^c	11,2 ^a	31,4 ^a	27,1 ^{cd}	2,75 ^d	9,8 ^a
M2	64,4 ^c	9,24 ^d	0,78 ^c	11,8 ^{ab}	35,6 ^b	26,6 ^d	2,72 ^d	9,8 ^a

¹Erinevad väikesed tähed tulbas näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi erinevate viljelusviiside vahel ($p < 0,05$)



Erinevad väikesed tähed tulpade kohal näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi erinevate viljelusviiside vahel ühe fraktsiooni piires ($p < 0,05$); POM – liivfraktsioon; MAOM - savi- ja tolmuosakestega seotud fraktsioon; POM-C ja MAOM-C – vastavalt POM ja MAOM fraktsioonidega seotud C_{org} varu osakaal

Joonis 1. Fraktsioonide C_{org} varud ning varude osakaalud sõltuvalt viljelusviisist

POM osakaal oli mahesüsteemides suurem, mistõttu maheviljeluse järgselt moodustub mullas labiilsema koostisega orgaaniline aine. MAOM-iga seotud fraktsiooni C_{org} varu varieerus vahemikus 30,0–35,6 t ha⁻¹, mille varieeruvus sõltuvalt viljelusviisidest on väiksem võrreldes POM-iga seotud C_{org} varuga (10,1–22,9 t ha⁻¹) osutades võimalusele, et MAOM fraktsioon on orgaanilise ainega küllastunud. Sõltuvalt mulla tüübist, lõimisest ja niiskuse režiimist on igale mullale omane teatud süsinikuhoiuvõime, mis on seotud mulla savi- ja ibe-

osakeste sisaldusega (Kleber jt, 2015). Mulda minev orgaaniline aine stabiliseerub MAOM-s, kuid stabiliseerumiseefektiivsus väheneb, kui orgaanilise aine sidumiseks vaba pinda on savi- ja ibeosakestel vähe (Castellano jt, 2012). Kui savi- ja ibeosakesed on orgaanilise ainega küllastunud, siis mulla mineraalidega sidumata jäänud orgaaniline aine jääb labiilsesse POM fraktsiooni ja POM osakaal suureneb (Stewart jt, 2007). Samal ajal suureneb POM-is lisaks C_{org} sisaldusele ka N_{uld} sisaldus ning C/N suhe väheneb (tabel 2). See soodustab orgaanilise aine lagunemist, kuid ka toitainete vabanemist mulla orgaanilisest ainest, mistõttu labiilne POM fraktsioon mängib olulist rolli taimede toitainetega varustamisel. Tavasüsteemides mineraalse N väetisega väetamine soodustab mulla orgaanilise aine lagunemist veelgi ning POM fraktsiooniga seotud C_{org} varu suureneb vähem võrreldes mahesüsteemidega.

Vahekultuurideta mahesüsteemi kontrollvariandi M0 fraktsiooniline koostis erines tavasüsteemi kontrollist N0, kuigi nende variantide erinevus seisnes ainult taimekaitsevahendite kasutamises, mida tehti N0 variandis. Taimekaitsevahendite kasutamine pärsib mikroobide aktiivsust (Luik jt, 2019) ning suurem mikrobiaalne aktiivsus mahesüsteemides soodustab mullas stabiilsete agregaatide moodustumist (Li jt, 2018). Mulla stabiilsed agregaadid pakuvad agregaatide vahel olevale orgaanilise ainele kaitset edasise lagunemise eest ning orgaanilist ainet kuhjub rohkem mulda.

Kokkuvõte

Sõltuvalt viljelusviisist paiknes 57,3–77,8% mulla C_{org} sisaldusest mulla stabiilsemas fraktsioonis ning tavasüsteemide mulla orgaaniline aine oli stabiilsema koostisega võrreldes mahesüsteemidega. Muldade C sidumisvõime stabiilsesse fraktsiooni on vähenenud orgaanilise ainega küllastumise tõttu ning orgaaniline aine on kuhjunud mulla labiilsesse fraktsiooni, suurendades labiilsema fraktsiooni osakaalu. Tavasüsteemis moodustub labiilset fraktsiooni vähem, sest mineraalse lämmastikväetisega väetamine soodustab mulla orgaanilise aine lagunemist. Mahesüsteemides on orgaanilise aine lagunemine aeglasem ning labiilsemat fraktsiooni, mis on oluliseks toitainete allikaks taimedele, kuhjub mulda rohkem.

Tänuavaldused

Uurimustööd on finantseerinud Eesti Teadusagentuur (grant PSG147).

Kasutatud kirjandus

- Adams, W.A. 1973. The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated podzolic soils. – *Journal of Soil Science* 10, pp 10–17.
- Alaru, M., Luik, A., Eremeev, V., Talgre, L., Loit, E. 2018. Erinevate viljelusviiside pikaajalise kasutamise mõju mulla toitainete sisaldusele. – *Agronoomia* 2018, lk 46–52.

- Cambardella, C.A., Elliott, E.T. 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. – *Soil Science Society of America Journal* 58 (1), pp 123–130.
- Castellano, M. J., Kaye, J. P., Lin, H., Schmidt, J.P. 2012. Linking carbon saturation concepts to nitrogen saturation and retention. – *Ecosystems* 15, pp 175–187.
- Cotrufo, M. F., Ranalli, M. G., Haddix, M. L., Six, J., Lugato, E. 2019. Soil carbon storage informed by particulate and mineral-associated organic matter. – *Nature Geoscience* 12(12), pp 989–994.
- Kauer, K., Tein, B., Sanchez de Cima, D., Talgre, L., Eremeev, V., Loit, E., Luik, A. 2015. Soil carbon dynamics estimation and dependence on farming system in a temperate climate. – *Soil and Tillage Research* 154, pp 53–63.
- Kleber, M., Eusterhues, K., Keiluweit, M., Mikutta, C., Mikutta, R., Nico, P.S. 2015. Mineral-organic associations: Formation, properties, and relevance in soil environments. – *Advances in Agronomy* 130, pp 1–140.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. – *Science* 304, pp 1623–1626.
- Lavallee, J.M., Soong, J.L., Cotrufo, M.F. 2020. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. – *Global Change Biology* 26(1), pp 261–273.
- Li, J., Ramires, G.H., Kiani, M., Quideau, S., Smith, E., Janzen, H., Larney, F., Puurveen, D. 2018. Soil organic matter dynamics in long-term temperate agroecosystems: rotation and nutrient addition effects. – *Canadian Journal of Soil Science* 98, pp 232–245.
- Luik, A., Eremeev, V., Madsen, H., Talgre, L. 2019. Mitmekesise külvikorruga maheviljelus loob eeldusi kestlikuks majandamiseks. – *Teaduselt põllumajandusele* 2019, lk 70–75.
- Poeplau, C., Don, A., Six, J., Kaiser, M., Benbi, D., Chenu, C., ... Nieder, R. 2018. Isolating organic carbon fractions with varying turnover rates in temperate agricultural soils – A comprehensive method comparison. – *Soil Biology and Biochemistry* 125, pp 10–26.
- Stewart, C.E., Paustian, K., Conant, R.T., Plante, A.F., Six, J. 2007. Soil carbon saturation: Concept, evidence and evaluation. – *Biogeochemistry* 86(1), pp 19–31.
- West, T.O., Post, W.M. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. – *Soil Science Society of America Journal* 66, pp 1930–1946.

LÄMMASTIKU LEOSTUMISEST JA SELLE VÄHENDAMISE VÕIMALUSTEST PÄRAST VEDELSÕNNIKU SÜGISSEL PÕLLULE LAOTAMIST

Henn Raave

Eesti Maaülikooli põllumajanduse ja keskkonna instituut

Abstract. Raave, H. 2021. N leaching and possibilities for its reduction after autumn application of liquid manure. – Agronomy 2021.

Leaching of the nitrogen (N) from agricultural soils after autumn application of the liquid manure involves multiple aspects of agronomic, environmental and economic problems. The objective of the present study was to investigate whether growing catch crops, incorporation of biochar and straw in the soil can reduce N leaching. For this purpose, a three-year mini-lysimeter experiment and two field experiments were carried out for a duration of 8 months. We found that $\text{NO}_3\text{-N}$ was formed instantly in the soil and probably reached the maximum concentration in the first week after the liquid manure application. Then the $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration in the soil started to decrease and two months later reached the same level as it was before the liquid manure was applied. The concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ in soil increased again when the soil warmed up in spring, but then it was half the concentration than a month after the liquid manure was applied in autumn. Out of the three agronomic practices compared in the experiment, the $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching was reduced most effectively by catch cropping. In the mini-lysimeter experiment catch crops reduced $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching by 82% and N leaching by a total of 60%. The impact of catch crops in the field was to a lesser extent than in the mini-lysimeter probably because in the field they were sown after the application of the liquid manure. In the mini-lysimeter experiment, the catch crop cover had already formed, when the liquid manure was applied because the seeds were sown 1–2 months prior to manure application. We concluded that a small proportion of N incorporated with liquid manure in autumn remains in the topsoil until spring. The N leaching can be reduced when the liquid manure is applied to grassland or arable land where plant cover exists.

Keywords: cattle slurry, $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching, catch crop, straw, biochar

Sissejuhatus

Eestis ületab aastane sademete hulk vee aurumist maapinnalt 1,5–2 korda (Sau, Viiralt, 1974; Mäetalu, Karing, 1979). Seetõttu on siin tõsiseks probleemiks vees lahustuvate toiteelementide leostumine. Seda eriti sügis-talvisel perioodil, kui sademeid esineb kõige rohkem. Madala temperatuuri tõttu on aurumine maapinnalt väike ja suur osa põldudest on taimkatteta. See on suur probleem loomakasvatusega tegelevatele ettevõtetele, kus on sügisel, enne talve tulekut vaja sõnnikuhooldlad tühjendada.

Sõnnikus olev ammonium (NH_4) nitritseeritakse mullas bakterite poolt nitraadiks (NO_3), mida muld negatiivse laengu tõttu ei seo ja seetõttu võib kergesti leostuda (Nolan jt, 2002). Lämmastiku (N) leostumine rikub põhjavee kvaliteeti (Di, Cameron, 2002), kuid see on majanduslikult kahjulik ka põllumajandus- tootjatele, kes kaotavad seeläbi taimedele vajaliku toiteelemendi. Agrotehnilisi võtteid, mis aitaksid vedelsõnnikuga sügisel mulda viidud N künnikihis kinni

hoida, on teada vähe. Neist kõige tuntum on püüdekultuuri kasvatamine talvisel perioodil. Taimed seovad sõnnikuga mulda viidud N oma biomassi, kust lämmastik pärast biomassi mulda kündmist vabaneb ja on taimetele omastatav (Aronsson, Torstensson, 1998; Janušauskaite jt, 2013; Waele jt, 2020). Hästi on ka teada, et kui viia mulda süsiniku (C) rikast materjali, mille C:N suhe on üle 30, siis mikroorganismid vajavad selle lagundamiseks N juurde, mille nad võtavad mullast (Alexander, 1961). Seetõttu võib ka sõnnikuga samal ajal antav C-rikas materjal suurendada N sidumist mikroobsesse biomassi, kust see hiljem vabaneb ja on taimedele omastatav (Nicholson jt, 1997; De Neve jt, 2004; Wang jt, 2019). Waele jt (2020) uuring näitas, et pärast teraviljapõhu muldaviimist immobiliseerisid mikroorganismid ajutiselt 13,7 mg N ühe grammi C kohta. Eestis kasutatakse laialdaselt teraviljapõhku mulla C-ga rikastamiseks, kuid selle mõju N leostumisele ei ole teada.

Viimaste aastate uuringud on näidanud, et $\text{NO}_3\text{-N}$ aitab mullas kinni hoida ka mulda viidud biosüsi (Raave jt, 2014; Haider jt, 2016). Parema tulemuse on andnud biosöed, mis on toodetud 750 °C kõrgemal temperatuuril (Mizuta jt, 2004; Kameyama jt, 2012; Raave jt, 2014). Kuid on ka näiteid, kus seda on teinud 500–600 °C juures toodetud biosüsi (Haider jt, 2016; Kiani jt, 2021). Samuti on uuringutest selgunud, et biosüsi võib siduda mullas $\text{NH}_4\text{-N}$ (Lehmann jt, 2003). Tuginedes neile tulemustele, võib biosöest olla abi nii sõnnikus domineeriva $\text{NH}_4\text{-N}$ kui ka selle nitrifitseerimisel tekkiva $\text{NO}_3\text{-N}$ kinnihoidmiseks mullas.

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli võrrelda püüdekultuuri, teraviljapõhu ja biosöe mõju lämmastiku leostumisele. Uurimistöö hüpotees oli, et nende kõigi kolme abil on võimalik lämmastiku leostumist vähendada.

Uurimistöö metoodika

Uurimistöö eesmärkide saavutamiseks rajati lüsimeeterkatse, mis kestis kolm aastat (2017–2020) ja kaks põldkatset, mõlemad kestsid 8 kuud (august 2018 –aprill 2019 ja august 2019–aprill 2020).

Lüsimeeterkatse. Katse rajati 2017. a. maikuus EMÜ, Rõhu katsejaama, Eerikale, minilüsimeetritesse, mille pindala oli 0,0706 m² ja sügavus 0,27 m. Lüsimeetrid täideti mullaga, mis kaevati välja kahkja keskmise liivsavimulla, *Stagnic Luvisol*, (Deckers jt, 2002; WRB, 2002) huumushorisondist. Enne lüsimeetritesse panemist eemaldati mullast sõelumise teel, kasutades 10 mm avaga sõela, juured ja kivid. Igasse lüsimeetrisse pandi 21 kg õhukuiva mulda, mille eripind oli 9,16 m² g⁻¹ ja pH_{KCl} 7,24. Mulla üldsüsiniku (C_{uld}) ja üldlämmastiku (N_{uld}) kontsentratsioon oli vastavalt 1,12 ja 0,06 % ning ammooniumlaktaatmeetodil määratud taimedele omastatava fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi kontsentratsioon vastavalt 7,83; 13,7; 278,7 ja 38,3 mg 100 g⁻¹.

Minilüsimeetrite täitmise järel kasteti mulda kraaniveega kuni väliveemahutavuseni. Seejärel külvati igale lüsimeetrile 40 varajase odra sordi 'Elmeri' eelidandatud tera. Juunikuus anti igale lüsimeetrile 1,64 g ammooniumnitraati,

2,16 g superfosfaati ja 2,16 g kaaliumkloriidi, mis vastab normile N 80 kg, P 25 kg ja K 100 kg ha⁻¹. Otrta kasvatati lüsimeetritel ka teisel ja kolmandal aastal. Siis olid sordid vastavalt 'Anni' ja 'Teele'. Mõlemal aastal väetati neid juunikuus mineraalväetisega, sarnaselt esimese aastaga. Teravili koristati lüsimeetritelt augustikuu keskel, 5 cm kõrguselt mulla pinnalt. Pärast seda kaevati muld kühvliga 10 cm sügavuselt läbi, mille järel algas katsevariantide rajamine. Kokku oli katses viis varianti, kõik neljas korduses: kontroll (vedelsõnnikut ei antud), vedelsõnnik (ainult), vedelsõnnik + põhk, vedelsõnnik + 1000 °C juures toodetud biosüsi (BS₁₀₀₀), vedelsõnnik + 500 °C juures toodetud biosüsi (BS₅₀₀) ja vedelsõnnik + püüdekultuur. Vedelsõnnik (ainult) ja vedelsõnnik + BS variandid jagunesid vedelsõnniku andmise aja alusel veel kaheks: septembris ja oktoobris vedelsõnnikut saanud variantideks. Vedelsõnnikut anti kõigil kolmel aastal ühele lüsimeetrile 215 g, mis vastab normile ca 30 t ha⁻¹ ja segati seejärel kohe kühvliga umbes 10 cm sügavuselt mulda. Kontrollvariant sügisel vedelsõnnikut ei saanud, kuid kevadel väetati seda mineraalväetisega sarnaselt teiste variantidega. Kogu biosöe norm, 70 g nõu⁻¹ (ca 10 t ha⁻¹), segati mulda 2017. a. augustikuus. Põhku segati mulda kõigil kolmel katseaastal. Selleks kasutati katsenõudel kasvanud odra põhku, mis oli lõigatud ca 5 cm pikkusteks tükkideks. Põhk segati mulla ülemisse 10 cm sügavusse kihti augusti keskel.

Samal ajal toimus ka püüdekultuuri külv, milleks esimesel aastal oli tali-vikk (*Vicia villosa* Roth), sort 'Hungvillosa', teisel, keerispea (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), sort 'Stala' ja kolmandal, karjmaa raihein (*Lolium perenne* L.), sort 'Raite'. Katses kasutatud 1000 °C biosöe keemilised näitajad olid: pH_{KCl} 12,2; C_{üld} 47,5%; N_{üld} 0,03%. 500 °C juures toodetud biosöe keemilised näitajad olid: pH_{H₂O} 9,86, C_{üld} 86,0%, N_{üld} 0,30%.

Lüsimeeterkatses kasutatud veise vedelsõnnik toodi 2017. a. Rannu suurfarmist ja 2018. ning 2019. a. Märja katselaudast. Põldkatses kasutatud veise vedelsõnnik pärines Soone talust. Vedelsõnniku keemilised näitajad on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Katses kasutatud vedelsõnniku agrokeemilised näitajad

Aasta	pH	KA	N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Mg	Ca	OA ¹
Lüsimeeterkatse										
2017	7,52	10,7	-	0,21	0	0,11	0,36	0,07	0,18	69,7
2018	6,88	9,54	0,4	0,13	0	0,09	0,29	0,06	0,16	66,6
2019	6,93	9,75	-	0,15	0	0,10	0,32	0,06	0,16	66,8
Põldkatse										
2018 ²	6,85	7,45	0,39	0,20	0	0,06	0,26	0,06	0,16	63,9
2019 ³	-	6,80	-	1,30	0	0,46	2,30	0,42	1,20	-

¹orgaaniline aine; ²Elementide kontsentratsioonid algniiskes materjalis on %-des. (Proov analüüsiti EMÜ Taimebiokeemia laboris); ³Elementide kontsentratsioonid algniiskes materjalis on kg m⁻³ (Proov analüüsiti PMK Agrokeemia laboratooriumis)

Mulla, biosöe, vedelsönniku ja lüsimetriivee analüüsimise metoodikaid on kirjeldatud Raave (2020) artiklis.

Põldkatse. Põldkatsed toimusid Soone talus Lukel (2018–2019) ja Meeril (2019–2020) asuvatel põldudel. Mõlemal aastal paiknesid katsed kahkjäl mullal (*Stagnic Luvisol*, WRB 2002; Deckers jt, 2002). Katsetes uuriti püüdekultuuri ja biosöe mõju mulla $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioonile pärast vedelsönniku laotamist. Selleks rajati pärast põllult teraviljasaagi koristamist randomiseerimata lappidega plokk-katse järgmiste variantidega: vedelsönnik (ainult), vedelsönnik + BS_{1000} , vedelsönnik + püüdekultuur ja vedelsönnik + püüdekultuur + BS_{1000} . Katsevariandid olid neljas korduses. Ühe variandi kordused paiknesid reas üksteise järel. Katselapi suurus oli 4×3 m. Kahe katselapi vahel oli sama suur vahelapp, kus mõõtmisi ei tehtud. Katsevariante eraldas 4 m laiune vaheriba. Kuna kasutada olnud põllutöomasinad olid suured ja nendega ei olnud võimalik igat lappi eraldi töödelda, siis vedelsönnikut anti kogu katsealale ja püüdekultuur külvati ka vahelappidele. Biosüsi laotati ainult katselappidele. Biosöe normiks oli 10 t ha^{-1} ja selle laotamine toimus käsitsi. Pärast seda freesiti kogu katseala 10 cm sügavuselt üle, mille käigus segunes biosüsi mullaga. Vedelsönniku normiks oli $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Selle laotamine toimus liikurlaoturiga, mis segas sönniku mulda. Pärast seda külvati püüdekultuur. Esimesel aastal oli selleks karjamaa raihein 100% (*Lolium perenne* L.) ja püüdekultuuride segu: kesaredis (*Raphanus sativus* L. var. *Longipinnatus*) 25%; Aleksandria ristik (*Trifolium alexandrinum* L.) 37,5 % ja keerispea (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) 37,5%. Teisel aastal kasvatati katselappidel ainult püüdekultuuride segu.

2018. a. määrati $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni mullas esimest korda 31. augustil, mis oli 5 päeva pärast vedelsönniku laotamist. Pärast seda võeti proovid 3. oktoobril ja 6. novembril ning 2019. a. 28. märtsil ja 23. aprillil. 2019. a. augustikuus rajatud katses võeti esimene proov 28. augustil 12–18 tundi pärast vedelsönniku laotamist. Järgmised proovivõetud toimusid 3. oktoobril ja 6. novembril ja 2020. a. 21. aprillil. Märtsikuus 2020. a. proove ei võetud. Proovid võeti 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 ja 80–100 cm mullakihi ja neid hoiti kuni laborisse saatmiseni niiskena sügavkülmikus $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ juures. Mullas $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni määramine toimus EMÜ Taimebiokeemia laboratooriumis. Analüüsiks kasutati sama metoodikat, millega määrati $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni veeproovides (Raave, 2020).

Ilmastiku poolest eristus teistest katseaastatest 2017. a., kui sügis oli erakordselt vihmane. Kaks järgmist aastat olid üsna sarnased (tabel 2). Põldkatses vedelsönniku laotamise ajal oli ilm mõlemal aastal kuiv. 2018. a. oli õhutemperatuur sel päeval $17,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ja 2019. a. $20,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Laotamisele järgnenud nädalal oli keskmine õhutemperatuur 2018. aastal $16,4 \text{ }^\circ\text{C}$ ja sademete hulk 1,6 mm. 2019. a. vastavalt $17,4 \text{ }^\circ\text{C}$ ja 10,4 mm. Valdav osa sademeid (9,4 mm) tuli sel nädalal kaks päeva pärast vedelsönniku laotamist.

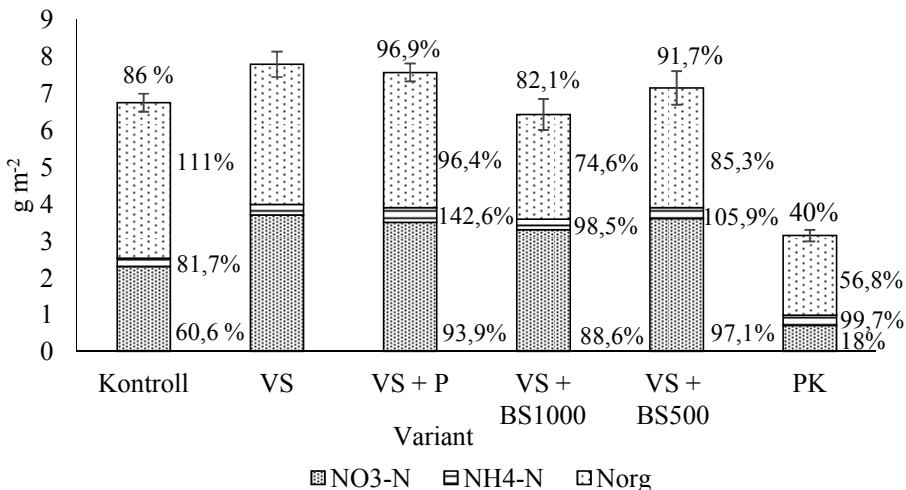
Tabel 2. Katseperioodi sademete summa kuus (mm) ja kuu keskmine õhutemperatuur (°C)

Näitaja	Kuu									
	Aug	Sept	Okt	Nov	Dets	Jaen	Veeb	Märts	Apr	
2017–2018										
Sademed	113,6	106,2	78,2	26,4	45,8	16,8	2,4	9,6	34,8	
Temperatuur	16,7	12,2	5,1	2,4	0,2	-2,2	-5,9	-3,4	7,0	
2018–2019										
Sademed	58,8	78,8	71,4	16,6	23,8	16,4	36,0	35,2	3,2	
Temperatuur	18,6	13,8	6,9	2,5	-2,4	-5,9	-0,2	1,5	7,7	
2019–2020										
Sademed	58,0	75,2	87,8	69,8	41,4	19,8	64	33,6	49,6	
Temperatuur	16,6	11,8	7,0	2,6	1,8	2,5	1,1	2,3	4,8	

Katseandmete statistiline analüüs tehti programmiga STATISTICA ver. 13 (Dell Inc. 2015). Agrotehniliste võtete mõju lämmastiku leostumisele ja NO₃-N kontsentratsioonile hinnati 95%-lise usutavusnivoo kahepoolse t-testiga. Võrreldi variandiga, mis sai ainult vedelsõnnikut.

Tulemused

N leostumine lüsiimeeterkatses. NO₃-N leostus kolme aasta jooksul kokku kõige vähem püüdekultuuri variandis. See oli katses ka ainus variant, kus seda leostus võrreldes ainult vedelsõnnikut saanud variandiga usutavalt vähem (joonis 1).

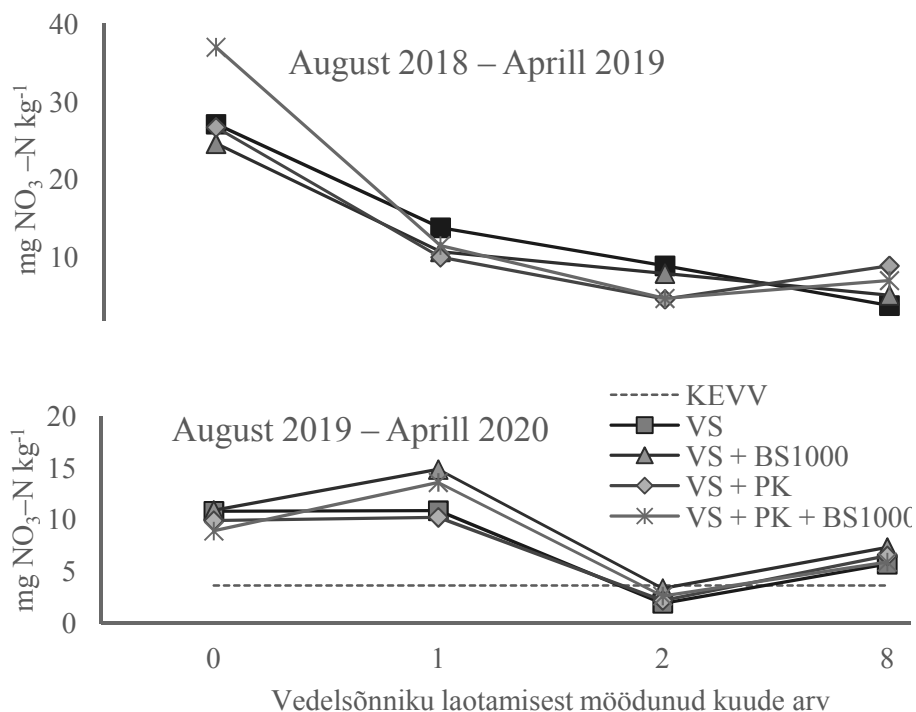


VS – vedelsõnnik; P – põhk; BS1000 – 1000 °C juures toodetud biosüsi; BS500 – 500 °C juures toodetud biosüsi; PK – püüdekultuur; Protsent tulpade juures näitab, kui suure osa selles variandis leostunud N kogus moodustas vedelsõnnikuvariandis leostunud N kogusest. Vurrud tulpadel näitavad standardviga

Joonis 1. Kolme aasta summaarne NO₃-N, NH₄-N ja N_{org} leostumine, g m⁻¹

$\text{NH}_4\text{-N}$ leostus teistest N-vormidest oluliselt vähem ja enamikes katsevariantides selle leostumine võrreldes ainult vedelsõnnikut saanud variandiga ei erinenud. Erandiks oli põhuga variant, kus $\text{NH}_4\text{-N}$ leostus rohkem kui vedelsõnnikuvariandis ($p < 0,05$). Kõige rohkem sõltus katses kasutatud agrotehnilistest võtetest orgaanilise N (N_{org}) leostumine. Kõige rohkem leostus N_{org} kontroll- ja ainult vedelsõnnikut saanud variandis ning vähem püüdekultuuriga variandis ($p < 0,05$). Võrreldes vedelsõnniku variandiga oli N_{org} leostumine väiksem BS_{1000} ja püüdekultuuriga variandis ($p < 0,05$). Lämmastikku kokku (kõik lämmastikuvormid) leostus kõige vähem püüdekultuuriga variandis, kus leostumine oli võrreldes teistega ligi kaks korda väiksem. Kõige suurem N leostumine oli vedelsõnnikuvariandis. Viimasega võrreldes oli N leostumine usutavalt väiksem püüdekultuuri- ja BS_{1000} variandis.

Mulla $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni muutumine põldkatses. $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon muutus künnikihi (0–20 cm) mullas vedelsõnniku laotamise järel mõlemal aastal väga kiiresti. 2018. a. oli see 5 päeva pärast sõnniku laotamist keskmiselt $29,9 \pm 9,2 \text{ mg kg}^{-1}$. Esimese kuuga vähenes kontsentratsioon ligi 2 korda ja järgmise kuu jooksul veel sama palju ning oli novembrikuu alguses 2,5 korda väiksem kui augusti lõpus pärast vedelsõnniku laotamist (joonis 2). Seejärel $\text{NO}_3\text{-N}$



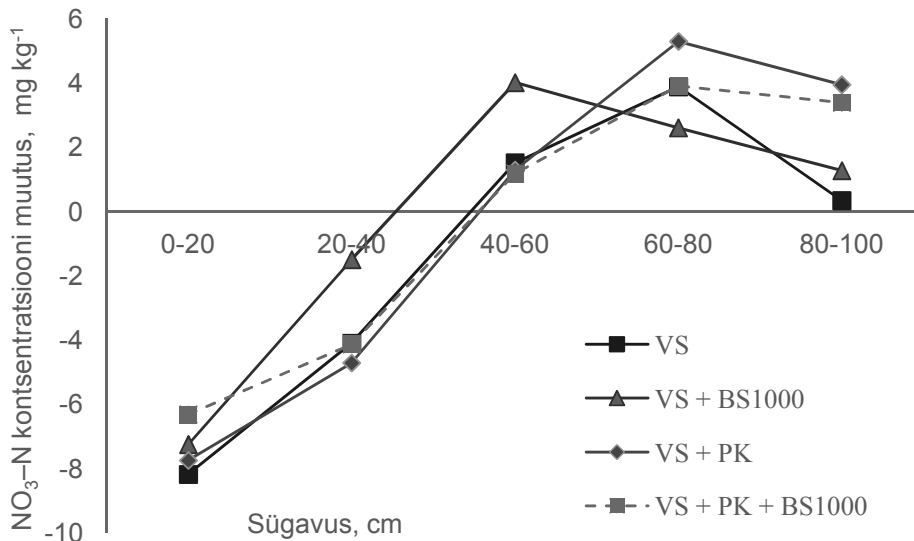
KEVV – $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon mullas enne vedelsõnnikuga väetamist; VS – vedelsõnnik; BS_{1000} – 1000 °C juures toodetud biosüsi; PK – püüdekultuur

Joonis 2. Mulla $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni muutus künnikihis vedelsõnniku laotamise järel: algkontsentratsioon oli $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon mullas enne katse algust

kontsentratsioon pikaks ajaks stabiliseerus. Väike muutus toimus alles aprilli lõpus, kui kontsentratsioon veidi suurenes.

2019. a. sügisel toimus esimene proovivõtt ca 12–18 tundi pärast vedelsõnniku laotamist. Siis oli $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon künnikihis üle kahe korra väiksem, kui aasta varem toimunud katses, kuid üks kuu hiljem need enam oluliselt ei erinenud. Sarnaselt esimese aastaga, oli ka teisel aastal $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon novembris, võrreldes oktoobriga, ligi poole väiksem ja aprillis toimus väike tõus. 2019. a. augustis määrati mullas $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni ka enne vedelsõnniku laotamist ja tulemused näitasid, et 2 kuud pärast laotamist oli see künnikihis sama suur.

Veel uuriti teisel aastal, milline on $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon 0–100 cm mullakihis novembris võrreldes sellega, mis see oli vahetult pärast vedelsõnniku laotamist. See uuring näitas, et kahe kuuga oli $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon 0–20 cm ja 20–40 cm kihis oluliselt vähenenud ja kõigis järgmistes kasvanud (joonis 3). Katses kasutatud tötluste mõju mulla $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioonile oli kahel aastal erinev. 2018. aasta novembris oli kõigis püüdekultuurivariantides $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon 0–20 cm mullakihis usutavalt väiksem kui vedelsõnniku variandis. Sama võis märgata ka sügavamates mullakihtides, kuid seal ei olnud erinevus usutav. Vastupidine olukord oli aprillis, kui püüdekultuuriga variantide mullas oli $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon veidi suurem kui vedelsõnnikuvariandis, kuid usutavalt erines see ainult karjamaa raiheina variandis.



VS – vedelsõnnik; BS1000 – 1000 °C juures toodetud biosüsi; PK – püüdekultuur

Joonis 3. $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni muutus mullas ajavahemikus augustikuu lõpp kuni november

Biosüsi $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni mullas 2018. aastal rajatud katses ei mõjutanud. Aasta hiljem toimunud katses ei mõjutanud püüdekultuur mulla $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni, kuid biosöevariandi ülemises, 0–20 cm, kihis oli novembrikuu alguses suurem kui vedelsõnnikuvariandis ($p < 0,05$). Aprilli lõpus oli $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon 0–20 cm mullakihis kõrgis variantides veidi suurem kui ainult vedelsõnnikut saanud variandis, kuid usutavalt erines see ainult biosöevariandil ($p = 0,03$).

Arutelu

Vedelsõnnikus sisalduvast N-st on ca 50–60% orgaanilises vormis ja ülejäänud on $\text{NH}_4\text{-N}$ (Sørensen, 2004; Pitk jt, 2015). $\text{NO}_3\text{-N}$ -i on seal vähe ja see ühend tekib $\text{NH}_4\text{-N}$ nitrifitseerimisel mullas. Selle uuringu tulemused näitasid, et pärast vedelsõnniku laotamist tekib $\text{NO}_3\text{-N}$ mullas väga kiiresti. 2019. a. rajatud põldkatses oli juba 12–18 tundi pärast vedelsõnniku laotamist $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon künnikihis, laotamise eelse ajaga võrreldes, 5,3–7,3 mg kg^{-1} suurem. Nii lühikese ajaga ei nitrifitseerinud mikroorganismid kogu vedelsõnnikuga mulda viidud $\text{NH}_4\text{-N}$ -i, mida näitas sellest veelgi suurem $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon üks kuu hiljem võetud mullaproovis. Veidi erinev oli $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni dünaamika aasta varem toimunud katses. Siis jäi vedelsõnniku laotamise ja esimese mullaproovi võtu vahele 5 päeva ja $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon oli künnikihis siis 2,8 korda suurem, kui aasta hiljem, järgmisel päeval pärast vedelsõnniku laotamist. Samas üks kuu hiljem, oktoobris, see kahel aastal oluliselt ei erinenud. Nende tulemuste põhjal näib, et neis ilmastikuoludes, mis vedelsõnniku laotamise ajal ja selle järel katses olid, kulub mikroorganismidel 30 m^3 vedelsõnnikuga mulda viidud $\text{NH}_4\text{-N}$ nitrifitseerimiseks umbes üks nädal. Hilissügisel võib see aeg olla pikem, sest nitrifitseerivate bakterite aktiivsus mulla jahenedes väheneb (Clark jt, 2009).

$\text{NO}_3\text{-N}$ liikumine künnikihist mulla sügavamatesse kihtidesse, toimus mõlemal aastal kiiresti. 2018. a. vähenes $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon künnikihis juba esimese kuuga ligi 2 korda ja oli üks kuu hiljem, võrreldes eelmisega, veel ligi poole väiksem. Aasta hiljem oli novembrikuu alguses selle kontsentratsioon künnikihis sama suur, kui enne vedelsõnniku laotamist, mis näitab, et kogu $\text{NO}_3\text{-N}$, mis vedelsõnniku laotamise järel mullas tekkis, leostus juba esimese kahe kuuga künnikihist välja. Seda kinnitab ka selle iooni kontsentratsiooni kasv alumistes mullakihtides. Alles aprilli lõpus, kui muld oli pärast talve uuesti üles soojenenud, võis mõlemal aastal märgata künnikihis väikest $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsiooni suurenemist, mida võis põhjustada vedelsõnniku orgaanilisest ainest ja mikroobsest biomassist vabanenud $\text{NH}_4\text{-N}$ nitrifikatsioon. See tulemus näitab, et ainult väga väike osa N-st, mis augustikuu lõpus vedelsõnnikuga mulda viiakse, püsib künnikihis kuni kevadeni. Suurem osa sellest leostub sügavamatesse mullakihtidesse.

Lüsimeeterkatses kasutatud töötlustest osutus $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumise vähenda-

misel efektiivseks ainult püüdekultuuri kasvatamine, mis andis usutava efekti kõigil kolmel katseaastal. Põldkatsetes tulemused nii head ei olnud ja seal võis ainult esimesel aastal märgata, et püüdekultuuriga variantides oli novembris $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon mullas väiksem kui ainult vedelsõnnikut saanud varian-dis. Püüdekultuuri vähese mõju põhjus võib olla selles, et see külvati põldkatses alles pärast vedelsõnniku laotamist. Kuna nii $\text{NO}_3\text{-N}$ iooni moodustumine kui ka selle leostumine, toimusid mullas väga kiiresti, siis võib arvata, et selleks ajaks, kui püüdekultuuri taimik moodustus, oli suur osa $\text{NO}_3\text{-N}$ -st liikunud juba künni-kihist sügavamale, ega olnud taimele kättesaadav. Püüdekultuuri taimiku rajamine pärast vedelsõnniku laotamist on laialt levinud Lääne-Euroopas, kus august, september ja oktoober on Eestiga võrreldes oluliselt kuivemad ja soojemad. Samas näitas Belgias läbiviidud uuring, et ka neis tingimustes on püüdekultuur efektiivne eelkõige siis, kui külv teha augustikuu esimeses pooles, kohe pärast vedelsõnniku laotamist. Kui külv toimus septembri alguses, siis püüdekultuur mineraalse N sisaldust mullas usutavalt ei vähendanud (Waele jt, 2020). See on kooskõlas Vos ja van der Putten (1997) uuringu tulemusega, mis näitas, et sügisel oli taimiku külviaja ja taimiku võime vahel mullast N omastada negatiivne lineaarne seos. Eestis laotatakse sügisel valdav osa vedelsõnnikust ajavahemikus augusti-kuu lõpp kuni november. Seetõttu tuleks siin kaaluda vedelsõnniku viimist rohu-maale või siis eelnevalt selleks otstarbeks rajatud taimikule. Rootsisis laotatakse vedelsõnnik sügisel lühiajalisele (kuni 2 aastat) kõrreliste või kõrreliste ja ristiku rohumale. Sealne uuring näitas, et $50\text{--}60 \text{ kg N ha}^{-1}$, mis vedelsõnnikuga sügisel põllule viidi, omastasid taimed umbes 50%. Ülejäänud N kas lendus või leostus, kuid võrreldes kevadel laotatud sama suure vedelsõnniku kogusega oli sügisel leostumine vaid $5\text{--}6 \text{ kg ha}^{-1}$ suurem (Delin, Stenberg, 2020). Tähelepanu väärib, et sarnaselt Eestis leituga (Raave, 2020), näitas ka sealne uuring, et vedelsõnniku laotamise ajal, sügisel, ei ole N leostumisele usutavat mõju. Oluline on, et vedel-sõnnikuga mulda viidud N kogus ei oleks suurem kui taimede võime seda mullast omastada (Delin, Stenberg, 2020), mis Eestis läbiviidud katsetes oli augustikuu-s tehtud külvi korral sõltuvalt kultuurist $30\text{--}130 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Toom jt, 2019).

Võrreldes püüdekultuuriga, oli põhu ja biosöe mõju $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumisele oluliselt väiksem. Mujal tehtud uuringud on näidanud, et $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ põhu mulda viimine vähendab $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumist 12–13% (Yang jt, 2018) ja 1 tonn mulda viidud põhku suudab siduda 2–3 kuuks 5–10 kg mineraalset N (Bhagal jt, 1997). Ka teraviljatüü kündmine mulda põhjustab lühiajaliselt (ca 50 päeva) N immo-bilisatsiooni, mille järel see uuesti vabaneb (De Neve jt, 2004). Meie poolt läbi-viidud lüsimeterkatses jäi põhu ja vedelsõnniku mulda viimise vahele sõltuvalt katsevariantist 1–2 kuud. Taanis tehtud uuring näitas, et juba esimese kuuga lagunes mullas odra ja nisu põhust ca 35% (Christensen, 1986). Lämmastiku immobilisatsioon toimus põhu aktiivse lagundamise faasis, mistõttu on võima-lik, et kui põhk oleks katses mulda viidud vedelsõnnikuga samal ajal, oleks selle

mõju $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumisele olnud suurem. Samas näitavad uuringud, et põhk seob N lühikest aega (Bhagal jt, 1997; De Neve jt, 2004), mistõttu ei tarvitse N leostumist vähendada toime kesta kevadeni välja ja see lükkab N leostumist ajaliselt ainult veidi edasi.

Biosöe mulda viimine on vähendanud erinevates katsetes $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumist keskmiselt 26% (Liu jt, 2018; Borchard jt, 2019), mis oli sarnane lüsimeeterkatses 1000 °C juures toodetud biosöe variandi tulemusega. Põldkatses samal biosöel usutatavat mõju mulla $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioonile ei olnud, kuigi vedelsõnnik viidi laoturiga mullakihti, kuhu eelnevalt oli freesiga segatud biosütt. See on erinev Haider jt (2016) katse tulemustest, mis näitas, et puidu graanulitest 500–600 °C juures toodetud biosüsi seob $\text{NO}_3\text{-N}$ pikaks ajaks enda külge ja seetõttu püsis $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon biosöega mullas kõrge mitu aastat (Haider jt, 2016). Samas leidub katsetulemusi, kus biosüsi $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumist ei mõjutanud (Eykelbosh jt, 2015) või isegi suurendas seda (Güereña jt, 2013). Põhjus, miks biosöe mõju $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumisele varieerub, ei ole selge. Teada on, et biosöe omadused on väga erinevad ja sõltuvad nii toorainest kui tootmistingimustest. Täna ei ole teada ühtegi kindlat indikaatorit, mille põhjal saaks hinnata biosöe $\text{NO}_3\text{-N}$ ja $\text{NH}_4\text{-N}$ sidumisvõimet, sest mehhanism, kuidas biosüsi neid seob ei ole selge. Kuna mitu uuringut (Raave jt, 2014; Haider jt, 2016) on näidanud, et mõne biosöe võime $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumist vähendada on väga suur ja kestab kaua, siis tuleks uuringuid selles osas kindlasti jätkata.

Kokkuvõte ja järeldused

Pärast vedelsõnniku laotamist augustikuu lõpus, hakkas $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon künnikihis (0–20 cm) kiiresti suurenema ja oli maksimaalne umbes üks nädal pärast laotamist. Seejärel see vähenes ja oli kaks kuud hiljem sama suur nagu enne vedelsõnniku laotamist. Aprilli lõpus, kui muld pärast talve üles soojenes, $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon künnikihis veidi suurenes, kuid võrreldes oktoobrikuu algusega (üks kuu pärast vedelsõnniku laotamist), oli see siis ligikaudu 2 korda väiksem.

Katses võrreldud agrotehnilistest võtetest mõjutas $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumist kõige rohkem püüdekultuuri kasvatamine. Lüsimeeterkatses vähendas see $\text{NO}_3\text{-N}$ leostumist 82% ja N leostumist tervikuna 60%. Põldkatses oli püüdekultuuri mõju N leostumisele väike, mille põhjuseks võib olla, et see külvati pärast vedelsõnniku laotamist.

Uurimistööst võib teha järgmised järeldused:

- ▶ väga väike osa N-st, mis vedelsõnnikuga sügisel mulda viiakse, püsib künnikihis kuni kevadeni;
- ▶ N leostumise vähendamiseks, tuleks vedelsõnnik sügisel laotada taimkattega põllule või rohumaale.

Tänuavaldused

Uurimistööd rahastati Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfondist (EAFRD) ja Eesti maaelu arengukava (MAK) 2014–2020 meede 16 “Koostöö” alameetmest “Innovatsiooniklaster”. Oleme väga tänulikud Soone talu peremehele Madis Tammele, kes lubas oma põldudel katseid teha ja oli tööde teostamisel igati abiks.

Kasutatud kirjandus

- Alexander, M. 1961. *Introduction to Soil Microbiology*, 2nd ed, New York, 472 p.
- Aronsson, H., Torstensson, G., 1998. Measured and simulated availability and leaching of nitrogen associated with frequent use of catch crops. – *Soil Use and Management* 14, pp. 6–13.
- Bhokal, A., Young, S.D., Sylvester–Bradley, R. 1997. Straw incorporation and immobilization of spring–applied nitrogen. – *Soil Use and Management* 13, pp. 111–116.
- Borchard, N., Schirrmann, M., Cayuela, M.L., Kammann, C., Wrage–Mönnig, N., Estavillo, J.M. 2019. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N₂O emissions: a meta-analysis. – *Science of Total Environment* 651, pp. 2354–2364.
- Christensen, B.T. 1986. Barley straw decomposition under field conditions: Effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. – *Soil Biology and Biochemistry* 18, pp. 523–529.
- Clark, K., M.H., Chantigny, D.A., Angers, P., Rochette, L., Parent, E. 2009. Nitrogen transformations in cold and frozen agricultural soils following organic amendments. – *Soil Biology and Biochemistry* 41, pp. 348–356.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. In: Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (eds.), *Soil Classification 2001*. (EUR 20398 NE) – European Soil Bureau Research Report No. 7, pp. 173–181.
- Delin, S., Stenberg, M. 2020. Effects on nitrate leaching of the timing of cattle slurry application to leys. – *Soil Use and Management*, pp. 1–13.
- De Neve, S., Sáez, S.G., Daguilar, B.C., Sleutel, S., Hofman, G. 2004. Manipulating N mineralization from high N crop residues using on- and off-farm organic materials. – *Soil Biology and Biochemistry* 36, pp. 127–134.
- Di, H.J., Cameron, K.C. 2002. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: Sources, factors and mitigating strategies. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64, pp. 237–256.
- Eykelbosh, A.J., Johnson, M.S., Couto, E.G. 2015. Biochar decreases dissolved organic carbon but not nitrate leaching in relation to vinasse application in a Brazilian sugarcane soil. – *Journal of Environmental Management* 149, pp. 9–16.
- Güereña, D., Lehmann, J., Hanley, K., Enders, A., Hyland, C., Riha, S. 2013. Nitrogen dynamics following field application of biochar in a temperate North American maize-based production system. – *Plant and Soil* 365, pp. 239–254.

- Haider, G., Steffens, D., Müller, C., Kammann, C.I. 2016. Standard extraction methods may underestimate nitrate stocks captured by field-aged biochar. – *Journal of Environmental Quality* 45, pp. 1196–1204.
- Janušauskaitė, D., Arlauskienė, A., Maikštėnienė, S. 2013. Soil mineral nitrogen and microbial parameters as influenced by catch crops and straw management. – *Zemdirbyste-Agriculture* 100, pp. 9–18.
- Mäetalu, H., Karing, P. 1979. Heintaimede saagi intensiivne reguleerimine. Tallinn, 63 lk.
- Kameyama, K., Miyamoto, T., Shiono, T., Shinogi, Y. 2012. Influence of sugarcane bagasse-derived biochar application on nitrate leaching in calcareous dark red soil. – *Journal of Environmental Quality* 41 pp. 1131–1137.
- Kiani, M., Raave, H., Simojoki, A., Tammeorg, O., Tammeorg, P. 2021. Recycling lake sediment to agriculture: Effects on plant growth, nutrient availability, and leaching. – *Science of Total Environment* 753, 1419847.
- Lehmann, J., Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a Ferralsol of the central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. – *Plant and Soil* 249 pp. 343–357.
- Liu, Q., Zhang, Y., Liu, B., Amonette, J.E., Lin, Z., Liu, G. 2018. How does biochar influence soil N cycle? A meta-analysis – *Plant and Soil* 426, pp. 211–225.
- Mizuta, K., Matsumoto, T., Hatate, Y., Nishihara, K., Nakanishi, T. 2004. Removal of nitrate-nitrogen from drinking water using bamboo powder charcoal. – *Bioresource Technology* 95, pp. 255–257.
- Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Mills, A.R., Strachan, P.J. 1997. Effects of repeated straw incorporation on crop fertilizer nitrogen requirements, soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses. – *Soil Use and Management* 13, pp. 136–142.
- Nolan, B.T., Hitt, K.J., Ruddy, B.C. 2002. Probability of nitrate contamination of recently recharged groundwaters in the conterminous United States. – *Environmental Science and Technology* 36, pp. 2138–2145.
- Pitk, P., Raave, H., Tampere, M. 2015. Maaeluministeeriumi RUP projekti „Digestaadi väetusomaduste ja keskkonnamõju võrdlev uuring vedelsõnniku ja mineraalväetisega“ koondraport https://www.pikk.ee/upload/files/Aruanne_digestaat_vaetisena_uuring_04_05_2016.docx (15.01.2021)
- Raave, H., Keres, I., Kauer, K., Nõges, M., Rebane, J., Tampere, M., Loit, E. 2014. The impact of activated carbon on NO_3^- -N, NH_4^+ -N, P and K leaching in relation to fertilizer use. – *European Journal of Soil Science* 65, pp. 120–127.
- Raave, H. 2020. Vedelsõnniku laotamisaja mõju sügisel N, P, K leostumisele. – *Agronomiam* 2020, lk. 36–44.
- Sau, A., Viiralt, R. 1974. The efficiency and agronomical bases of sprinkler irrigation of cultivated grassland. – *Transaction of Estonian Agricultural Academy* 95, pp. 115–156.
- Sørensen, P. 2004. Immobilisation, remineralisation and residual effects in subsequent crops of dairy cattle slurry nitrogen compared to mineral fertilizer nitrogen. – *Plant and Soil* 267, pp. 285–296.
- Toom, M., Talgre, M., Pechter, P., Narits, L., Tamm, S., Lauringson, L. 2019. The effect of sowing date on cover crop biomass and nitrogen accumulation. – *Agronomy Research* 17, pp. 1779–1787.

- Vos, J., van der Putten, P.E.L. 1997. Field observations on nitrogen catch crops. I. Potential and actual growth and nitrogen accumulation in relation to sowing date and crop species. – *Plant and Soil* 195, pp. 299–309.
- Waele, J., Vandecasteele, B., Vandecasteele, B., Elsen, A., Haesaert, G., Wittouck, D., Horemans, D., Worku, G., Neve, S. 2020. Risk assessment of additional nitrate leaching under catch crops fertilized with pig slurry after harvest of winter cereals. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 304, 107–113.
- Wang, Y., Chikamatsu, S., Gegen, T., Sawada, K., Toyota, K., Riya, S., Hosomi, M. 2019. Application of biogas digestate with rice straw mitigates nitrate leaching potential and suppresses root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). – *Agronomy* 9 , 227.
- Yang, S., Wang, Y., Liu, R., Li, Q., Yang, Z. 2018. Effects of straw application on nitrate leaching in fields in the Yellow River irrigation zone of Ningxia, China. – *Scientific Reports* 8, 954 p.

HAPESTATUD SEA VEDELSÕNNIKU MÕJU MULLA MIKROOBIKOOSLUSTELE TALINISU NÄITEL

Tiina Talve, Liina Edesi, Elina Karron, Taavi Võsa, Raivo Vettik, Kalvi Tamm

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Talve, T., Edesi, L., Karron, E., Võsa, T., Vettik, R., Tamm, K. 2021. Impact of acidified pig slurry to soil microbial community composition under winter wheat field trial conditions. – Agronomy 2021.

*The demand for food is growing all over the world and therefore animal slurry output has expanded year by year. Livestock farming, especially manure handling, has a strong impact on the environment. One recommendation is to use animal manure acidification to reduce NH_3 emissions where the pH of the slurry is lowered and volatile ammonia is converted to non-volatile ammonium. In this study, we compared the effect of acidified pig slurry, untreated slurry, mineral N-S fertiliser, and no-fertilisation on soil microbial community composition (using PLFA) in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) one-year field experiment in 2018. Additionally, we also analysed the changes of microbial community structure depending on the sampling time during the growing season. The soil was sampled three times a year: before the experiment in spring, two weeks after fertilisation in summer, and after the harvest in autumn. In addition, it is well known that fertilisation impacts the abundances of *Fusarium* on grains. Due to that *Fusarium* percentage in cereals was counted. The results showed no impact of fertilisation on the microbial community composition. Only the total microbial biomass at the end of the experiment showed some differences between treatments at the end of the experiments. Our results showed that sampling time was the most more important factor for microbial community composition. The most significant differences between different sampled times were found in groups of Gram-negative bacteria and Actinobacteria. Abundances of *Fusarium* did not show significant differences between treatments. It was a one-year study and there was extremely little rainfall in 2018. In conclusion, further research is needed to clarify the long-term effects of using acidified slurry in soils.*

Keywords: acidified pig slurry, microbial community composition, *Fusarium* spp. winter wheat, field trial

Sissejuhtatus

Kogu maailmas kasvab nõudlus toidu järele ja sellest tulenevalt on loomakasvatus aasta-aastalt laienenud. Loomakasvatusel, eriti loomasõnniku käitlemisel, on tugev mõju keskkonnale ja õhukvaliteedile (Carozzi jt, 2013). Kuna sõnnik sisaldab olulisel määral taimedele vajalikke toitaineid, siis on see alternatiiviks mineraalväetistele. Peamine vedelsõnniku käitlemisega seotud keskkonnaprobleem on ammoniaagi lendumine, samuti nitraatlämmastiku leostumine. Näiteks, 2018. aasta statistika kohaselt lendus 28 Euroopa Liidu liikmesriigi üleselt kokku 3859 kilotonni ammoniaaki (NH_3), millest tervelt 93% pärines otseselt põllumajandusest. Eestis oli sama näitaja 10 kilotonni (0,3% Euroopa Liidu näitajast) (EEA, 2020). Näiteks, 2015. aastal tootsid Eesti veisefarmid 2 093 472 t sõnnikut ja seafarmid 164 283 t vedelsõnnikut. Seega toodeti aastas kokku ligikaudu 2,3

miljonit tonni sõnnikut (Kaasik, Möls, 2018). Kaasiku ja Mölsi (2018) arvutuste kohaselt kaasnes hinnanguliselt 7845 t ammoniaagi emissioon.

Vähendamaks NH_3 emissiooni on soovitatud kasutada vedelsõnniku hapestamist (Ten Hoeven jt, 2016; Emmerling jt, 2020). Taanis on sõnniku hapestamist kasutatud alates 2010. aastast ja mitmed uuringud on näidanud meetodi efektiivsust ammoniaagi emissiooni piiramisel.

Hapestamisprotsessis alandatakse vedelsõnniku pH-d, mille tulemusel lenduv ammoniaak (NH_3) muutub mittelenduvaks ammooniumiks (NH_4^+). Levi nuim kasutatav lisand, peamiselt oma madala hinna tõttu (118–127 € t⁻¹), on sõnniku hapestamisel väävelhape (H_2SO_4). Lisatava väävelhappe kogus sõltub vedelsõnniku esialgsest pH-st, orgaanilise aine sisaldusest ja soovitud pH tase mest. Näiteks on toodud, et ühe tonni sea vedelsõnniku hapestamisel tasemele pH 5,5 kulub ligikaudu 5 kg väävelhapet (1,6 kg $\text{SO}_4\text{-S}$ t⁻¹) (Eriksen jt, 2008). Lisaks odavale hinnale on väävelhappe kasutamise teiseks eeliseks selle väävli sisaldus, sest väävel on taimede üks põhitoiteelement (Eriksen jt, 2008; Järvan, 2008; Kanger jt, 2014). Väävel on tihedalt seotud lämmastikuga, väävli puuduse korral ei omasta taimed lämmastikku efektiivselt (Järvan, 2008; Mathot jt, 2008). Lisaks sellele on mõnes uuringus leitud, et hapestatud sõnniku kasutamine võib tõsta põllukultuuride saagikust lämmastiku suurema mineraliseerumise ja fosfori parema lahustuvuse tõttu (Fangueiro jt, 2017). Siiski tuleb hapestatud sõnniku kasutamisel silmas pidada kasvatatava põllukultuuri väävli vajadust (Järvan, 2008). Liigne väävel võib mullast leostuda.

Teadaolevalt on mulla mikroorganismidel keskne roll ökosüsteemide toimimisel mulla orgaanilise aine (SOM) lagunemises ja toitainete ringluses (Bardgett, van der Putten, 2014). Fosfolipiidsete rasvhapete analüüs (*phospholipid fatty acid* – PLFA) on mulla mikroobikoosluste struktuuri määramise laialt levinud meetod (Frostegård jt, 2011). PLFA biomarkerite kasutamise meetod on väga tundlik, kuna hindab fosfolipiidseid rasvhappeid ainult elusate organismide membraanidest. Seega on võimalik tuvastada suhteliselt kiireid mikroobikoosluste muutusi, näiteks keskkonnatingimuste vaheldumise korral. Antud analüüs võimaldab määrata peamisi mikrobioloogilisi gruppe, nagu näiteks grampositiivsed, gramnegatiivsed, aktinobakterid ja saprotroofsed seened. Meie kasutasime seda meetodit hindamaks hooajalist ja väetusviisidest tulenevat mikroobikoosluste üldist biomassi ja struktuuri muutusi. Peale selle kasutatakse erinevate mikroobikoosluste suhtearve kui stressi indikaatoreid (Frostegård jt, 2011; Börjesson jt, 2018).

On leitud, et erinevad agronoomilised võtted, nagu näiteks külvikord, harimistehnoloogiad, pestitsiidide kasutamine, ilmastikutingimused aga ka väetamine mõjutavad teraviljades esinevate *Fusarium* seente arvukust (West jt, 2012). Lisaks on teada, et *Fusarium* seeni esineb vähem kõrge mikroobilise aktiivsusega muldades (Perez jt, 2008; Yogev jt, 2011). Seetõttu on oluline uurida, kas sõnniku

hapestamine võrreldes teiste väetusviisidega mõjutab *Fusarium* seente esinemist talinisu terades.

Antud töö hüpoteesid olid järgmised: (i) mikroobikoosluste üldine biomass ja struktuur muutub kasvuperioodi lõikes, (ii) erinevad väetusviisid mõjutavad mikroobikoosluste struktuuri, (iii) erinevad väetusviisid mõjutavad *Fusarium* seente esinemist talinisu teradel.

Materjal ja meetodika

Põldkatse viidi läbi 2018. aastal Üksnurmes, Sakus, Harjumaal (50°17'3.927", 24°38'19.654", 43 m üle merepinna). Katse põhikultuur oli talinisu sort 'Edvins' (*Triticum aestivum* L.). Katseala mulla liik oli liivsavi (*Calcaric cambisol*). Katses oli neli varianti (1) kontroll (väetamata), (2) mineraalväetis N130 (sama kogus N ka vedelsõnnikuga), (3) hapestamata sea vedelsõnnik ja (4) hapestatud sea vedelsõnnik. Kõik variandid rajati neljas korduses.

Katses kasutatud vedelsõnnik oli pärit Triigi Seakasvatuse OÜ farmist. Põllumajandusuuringute keskuse laboris teostati esialgsest sõnnikust kui ka vahetult enne laotamist hapestatud ja hapestamata sõnnikust analüüsid, et määrata kuivaine – gravimeetriline meetod; N_{tot} – Kjeldahl method; pH_{KCl} – GOST 27979-88; NH₄-N – Foss Tecator AN 5226; P, K, Ca – ICP/OES; S – PMK-JJ-4C; C_{org} – ISO 10694: 1995) (tabel 1).

Tabel 1. Sea vedelsõnniku agrokeemilised näitajad

	pH _{KCl} ¹	pH _{H₂O} ²	KA, %	N _{tot} , kg m ⁻³	NH ₄ -N, kg m ⁻³	C _{org} , %	S, %	P, kg m ⁻³	K, kg m ⁻³	Ca, kg m ⁻³
Esialgne	8,2	-	5,10	5,1	3,35	37,3	0,026	0,97	2,15	0,025
Hapestamata	8,2	7,2	6,15	5,2	4,35	35,9	0,032	1,25	1,1	0,150
Hapestatud	7,2	5,9	5,40	5,0	4,45	28,6	0,310	0,96	1,1	0,160

¹ Mõõdetud Põllumajandusuuringute keskuse laboris; ² Mõõdetud põllul; KA – kuivaine

Enne sõnniku hapestamist hinnati Eesti Taimikasvatuse Instituudi agrotehnoloogia laboris tiitrimise teel vajamineva väävelhappe koguseks 6,3 l m⁻³ kohta, et alandada vedelsõnniku pH 6,0-ni. Laotatud sõnniku kogus oli 29 t ha⁻¹ (tabel 2). Vedelsõnniku normi määramisel lähtuti sõnniku lämmastikisisaldusest. Esialgse sõnniku analüüsis saadud lämmastiku koguse põhjal arvutati võrdväärne mineraalväetise väetusnorm (130 kg ha⁻¹) (tabel 2). Mineraalväetisena kasutati Axan 27-4, mida laotati kahes jaos. Hapestatud ja hapestamata vedelsõnnik laotati 29.05.2018 talinisu kõrsumise faasis. Ilm oli laotamise ajal kuiv ja päikesepaisteline (17,5 °C ja tuulekiirus 3,4 m s⁻¹). Samal päeval lisati mineraalväetisega variandile Axan 27-4 väetusnormiga 96 kg ha⁻¹. Mineraalväetisega variandi katselappidele lisati teine kogus väetist (34 kg ha⁻¹) 20.06.2018, kui taimik oli varajase piimküpsuse faasis.

Tabel 2. Taimetoitainete väetusnormid mineraalväetisega N-S Axan (NS 27-4) ning hapestatud ja hapestamata sõnnikuga

Variant	Väetusnorm, t ha ⁻¹	N _{min} , kg ha ⁻¹	S, kg ha ⁻¹
Kontroll	-	-	-
Mineraalväetis	0,48	130	17,8
Hapestamata	29	126	9,3
Hapestatud	29	129	89,9

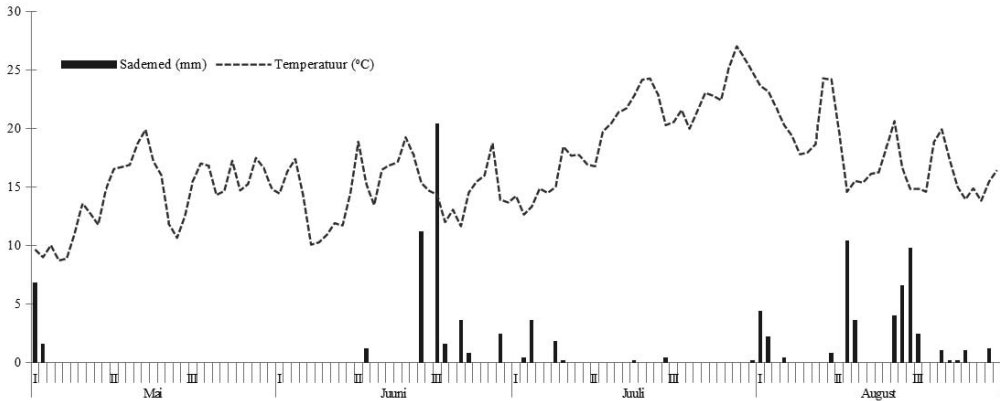
Mullaproove võeti kolm korda: 1) 17.04.2018 hindamaks tingimusi enne katset; 2) kaks nädalat pärast sõnniku ja mineraalväetise lisamist 11.06.2018; 3) sügisel kohe koristamise järel 30.07.2018. Mullaproovid võeti ligikaudu 16 mm diameetrise mullapuuriga 0–20 cm paksusest kihist, ühe proovi suurus 0,5 kg mulda.

Mikroobikoosluste struktuuri hinnati fosfolipiidsete rasvhapete määramisega. Fosfolipiidsete rasvhapete (PLFA) analüüs määrab mikroobikoosluste üldist biomassi kui ka hindab mikroobikoosluste struktuuri suhtelist osakaalu %mol. Rasvhappeid tähistatakse „üldarvuga süsinikuaatomite arv : kaksiksidemete arv”, millele järgneb esimese kaksiksideme positsioon. Lühend „i”, „a” ja „10Met” tähistavad metüülhargnemist vastavalt positsioonis iso, anteiso ning 10. süsinikuaatomi juures. Eesliide „cy” tähistab tsüklopropani struktuuri olemasolu.

Täpsemalt saame eristada erinevaid mikroobikoosluste grupe, nagu näiteks bakterid, grampositiivsed ja gramnegatiivsed bakterid, aktinobakterid, saprotroofsed seened. Kokku määrati 22 erinevat fosfolipiidset rasvhapete biomarkerit: i14:0, 14:0, i15:0, a15:0, 15:0, i16:0, 16:1w5, 16:1w7, 16:0, 10Met-16:0, i17:0, a17:0, cy17:0, 17:0, 10Met-17:0, 18:2, 18:1w5, 18:1w7, 18:1w9, 18:0, 10Met-18:0, cy19. Erinevate mikrobioloogiliste gruppide unikaalseteks biomarkeriteks arvestati: grampositiivsed i15:0, a15:0, i16:0, i17:0 ja a17:0, gramnegatiivsed 16:1w7, cy17:0, 18:1w7 ja cy19; aktinobakterid 10Met-16:0, 10Met-17:0 ja 10Met-18:0; bakterid kokku on grampositiivsed ja gramnegatiivsed + 15:0, 17:0 ja 18:0. Lisaks sellele hinnati saprotroofseid seeni biomarkeriga 18:2. Mikroobikoosluste üldine biomass oli kõik määratud rasvhapped kokku.

Fusarium seente määramisel võeti viljaproovidest 100 tera, terad puhastati 1% naatriumhüpokloriti lahusega ja seejärel loputati kaks korda destilleeritud veega. Terade kuivatamise järel asetati 25 tera neljas korduses Petri tassile Czapek-Dox söötmele seitsmeks päevaks toatemperatuuril kasvama. Nädala möödudes loendati *Fusarium* seentega nakatunud terad.

Meteoroloogilised andmed saadi põllul paiknevast meteoroloogiajaamast, asukohaga 200 m proovialast kaugemal (joonis 1). Sademete hulk katseperioodi vältel oli äärmiselt madal. Maikuu sadas alla 10 mm vihma (30 aasta keskmine



Joonis 1. Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Üksnurmes, Saku katsealal

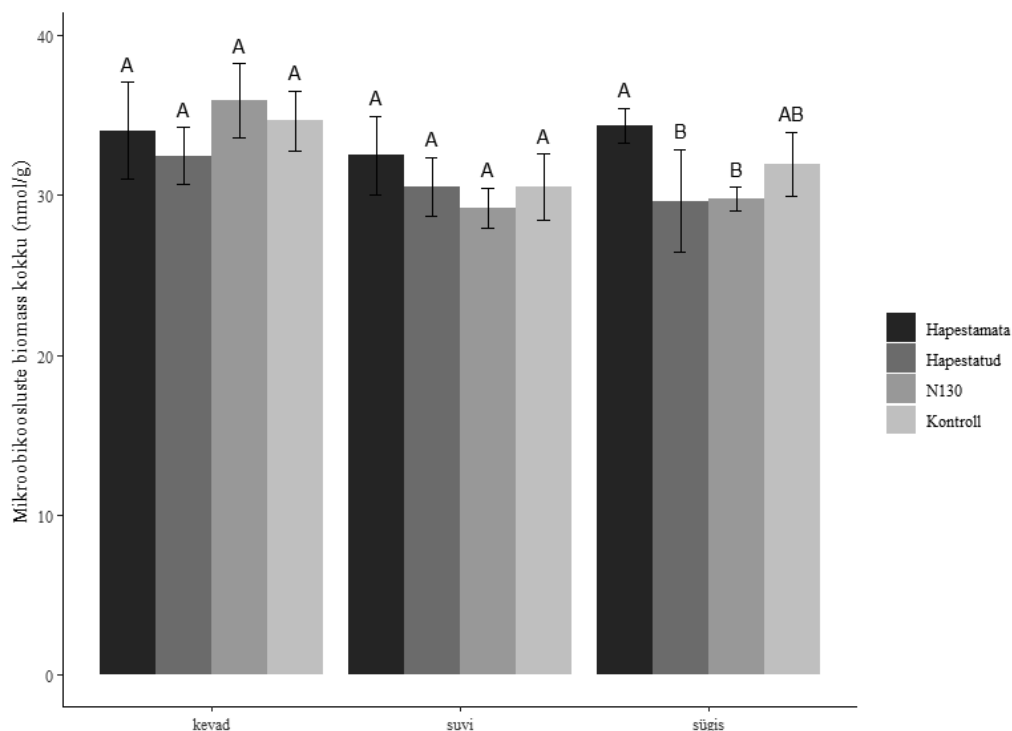
36 mm). Kogu katseperioodi sademete summa, mai algusest augusti lõpuni, oli vaid 104,6 mm, võrdluseks pikaajaline keskmine 270 mm.

Kogutud andmed töödeldi dispersioonanalüüsiga (ANOVA) uurimaks erinevate väetusvariantide mõju ja ka erinevate proovivõtuaegade tulemusi. Tulemuste usutavust hinnati Tukey testiga, kus olulisuse nivooiks võeti $p < 0,05$. Andmete statistiline analüüs tehti programmiga R versioon 3.5.2 keskkonnas Rstudio versioon 1.3.1093 (*R Foundation of Statistical Computing, Vienna, Austria*).

Tulemused ja arutelu

Mulla mikroobikoosluste analüüs näitas, et olulisi erinevusi mikroobikoosluste üldises biomassis ega ka struktuuris väetamisvariantide vahel ei esinenud. Ainus statistiliselt oluline erinevus variantide vahel leiti sügisel, kui hinnati üldist mikroobikoosluse biomassi kokku (joonis 2). Sügisel pärast koristust leiti, et kõrgeim mikroobikoosluste biomass esines hapestamata sea vedelsõnnikuga variandis. Madalaim näitaja leiti aga nii hapestatud kui ka mineraalväetise variantides. Väetamata kontrollvariant oli vahepealne. Siiski, olulisi erinevusi mikroobikoosluste struktuurides variantide vahel ei leitud. Kevadised proovid olid võetud enne vedelsõnniku ja mineraalväetise lisamist. Seega, kevadised tulemused näitasid terve prooviala homogeensust enne väetamist. Suvel võetud proovides ei tuvastatud samuti olulisi erinevusi väetusvariantide ega kontrolli vahel. See tulemus võib olla tingitud olukorrast, et väetamise järel kahe nädala jooksul ei sadanud (joonis 1), seega ei saanud lisatud mineraalväetis ega sõnnik oluliselt mullaeluslikku mõjutada.

Suuremad erinevused leiti aga erinevate proovivõtuaegade vahel kasvu- perioodi jooksul. Tuvastatud erinevused olid sarnased sõltumata väetamisvariantidest (tabel 3). Lühidalt kokkuvõttes oli kevadel mullas oluliselt rohkem gramnegatiivseid ja aktinobaktereid. Grampositiivsete bakterite osakaal jäi reeg-



Vertikaaljooned joonisel näitavad keskmiste standardhälvet ning tähed nende kohal tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Tukey test $p < 0,05$)

Joonis 2. Mulla mikroobikoosluste üldine biomass talinisu katses erinevatel kasvuperioodi aegadel (kevad, suvi, sügis) ja erinevates katsevariantides (hapestamata sea vedelsõnnik, hapestatud sea vedelsõnnik, mineraalväetis N130, kontroll)

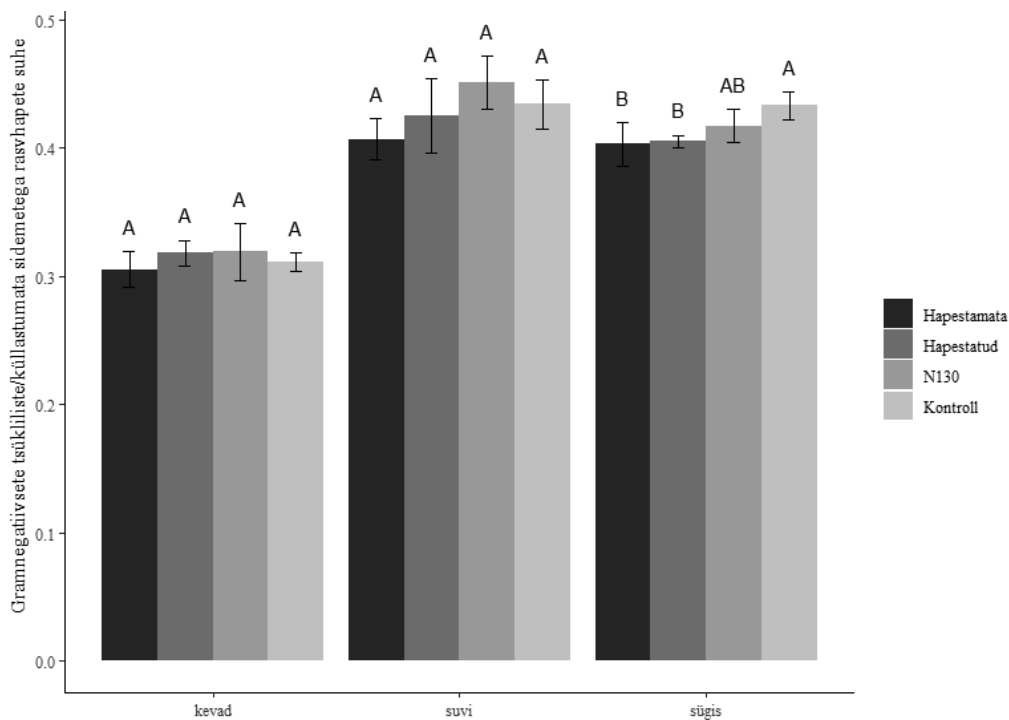
Tabel 3. Mikroobikoosluste üldine biomass (nmol g^{-1}) ja mikroobikoosluste gruppide suhteline osakaal (%mol) erinevates katsevariantides (hapestatud sea vedelsõnnik, hapestamata sea vedelsõnnik, mineraalväetis ja kontroll)

Variant	Aeg	Üldine biomass (nmol g^{-1})	Bakterid (%mol)	Gram+ (%mol)	Gram- (%mol)	Aktinobakte-rid (%mol)	Seened (%mol)
Hapestamata	kevad	34,06	55,67 ^a	19,50	28,67 ^a	10,57 ^a	2,16
	suvi	32,51	54,05 ^b	20,44	21,64 ^c	9,13 ^b	2,59
	sügis	34,36	53,76 ^b	19,33	22,87 ^b	8,98 ^b	2,55
Hapestatud	kevad	32,48	55,33 ^a	19,96 ^{ab}	28,05 ^a	11,06 ^a	2,35 ^a
	suvi	30,55	54,54 ^{ab}	20,49 ^a	21,78 ^b	9,45 ^b	1,76 ^b
	sügis	29,65	53,48 ^b	18,79 ^b	22,01 ^b	8,91 ^b	2,24 ^{ab}
N130	kevad	35,93 ^a	54,74	19,72	27,69 ^a	10,90 ^a	2,99
	suvi	29,21 ^b	54,26	19,92	21,83 ^b	9,65 ^b	1,75
	sügis	29,79 ^b	53,29	19,09	21,76 ^b	9,15 ^b	2,25
Kontroll	kevad	34,67 ^a	55,62 ^a	20,21	28,47 ^a	10,93 ^a	2,41 ^a
	suvi	30,51 ^b	54,20 ^b	20,08	21,85 ^b	9,56 ^b	1,90 ^b
	sügis	31,95 ^{ab}	53,80 ^b	19,50	22,11 ^b	9,23 ^c	2,20 ^{ab}

Statistiliselt oluline erinevus on tähistatud väikeste tähtedega ($p < 0,05$)

lina muutumatuks välja arvatud hapestatud sõnniku kasutamisel, kus statistiliselt kõrgeim näitaja oli kaks nädalat pärast sõnniku laotamist (20,49%) ja madalaim sügisel (18,79%). Seente osakaal oli hapestamata sõnniku kasutamisel ja mineraalväetisega variandis stabiilne, kuid hapestatud sõnniku kasutamisel ja kontrollis statistiliselt madalaim suvel ning kõrgeim kevadel. Vaadates mikroobikoosluste biomassi üldiselt, siis mõlemas sõnniku variandis (nii hapestatud kui hapestamata) oli see uuritud perioodi jooksul stabiilne. Mineraalväetisega väetatud variandis ja kontrollis oli see kõrgeim kevadel (enne väetamist), sügiseks see näitaja vähenes oluliselt.

Lisaks eelnevatele üldistele biomassi näitajale ja mikroobikoosluste suhtelisele osakaalule on oluline vaadelda ka erinevate mikroobikoosluste gruppide omavahelisi suhtearve (tabel 4). Seente ja bakterite suhte puhul on kirjanduses välja toodud, et näiteks happelises keskkonnas suureneb seente rohkus (Aciego Pietri, Brookes, 2009), samuti keskkonnasõbraliku põllumajanduse puhul (Xu



Vertikaaljooned joonisel näitavad keskmiste standardhälvet ning tähed nende kohal tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Tukey test $p < 0,05$)

Joonis 3. Gramnegatiivsete bakterite stressiindikaatorina käsitletud rasvhapete tsükliiliste/küllastumata vormide suhe talinisu katses erinevatel kasvuperioodi aegadel (kevad, suvi, sügis) ja erinevates katsevariantides (hapestamata sea vedelsõnnik, hapestatud sea vedelsõnnik, mineraalväetis N130, kontroll)

jt, 2020). Meie analüüsid jäi see suhtarv samaks, hoolimata variandist või erinevatest proovivõtuaegadest (tabel 4). Teiseks oluliseks suhtarvuks peetakse grampositiivsete arvukust võrreldes gramnegatiivsete bakteritega (Gram+/Gram-). See suhtarv viitab keskkonna stressitingimustele, eelkõige vee kättesaadavusele. Põuatingimustes kasvab grampositiivsete bakterite ülekaal ja väheneb gramnegatiivsete bakterite rohkus (Sun jt, 2020). Kevadel võetud proovide kõigis variantides oli Gram+/Gram- suhe oluliselt madalam (0,68–0,71) võrreldes suve ja sügise proovidega. Meie tulemused olid kooskõlas ilmastikutingimustega, kuna 2018 a. kasvuperiood oli äärmiselt sademetevaene. Kuigi enamasti ei olnud suve ja sügise proovide Gram+/Gram- suhtarv statistiliselt oluliselt erinev, olid antud numbrid suvel ikkagi veidi kõrgemad (tabel 4). Suvel võetud mullaproovides oli see näitaja 0,91–0,95 (2 nädalat pärast väetamist; 11. juuni 2018). Enne proovivõttu oli pikk põuaperiood (joonis 1). Sügiseks see näitaja mõnevõrra langes (tabel 4), jäädes vahemikku 0,85–0,88. Ilmastikugraafik näitab, et juuni lõpus ja juuli alguses tuli natukene sademeid (joonis 1). Antud tulemustest järeldus, et grampositiivsete ja gramnegatiivsete bakterite suhtarv on hea indikaator näitamaks põuastressi.

Kolmandaks saame hinnata gramnegatiivsete bakterite fosfolipiidsete rasvhapete erinevate molekulaarsete vormide suhet (cy17+cy19/16:1w7+18:1w7), mida käsitletakse kui teist stressiindikaatorit (Börjesson jt, 2018). Kõrgem näitaja viitab suuremale stressile. Antud juhul on see näitaja kooskõlas Gram+/Gram-suhtarvuga. Kevadel olid väärtused statistiliselt kõige madalamad, jäädes vahemiku 0,31–0,32. Suvel ja sügisel võetud mullaproovides aga olid need oluliselt kõrgemad. See suhtarv oli ainuke, mis näitas sügisel mullaproovides

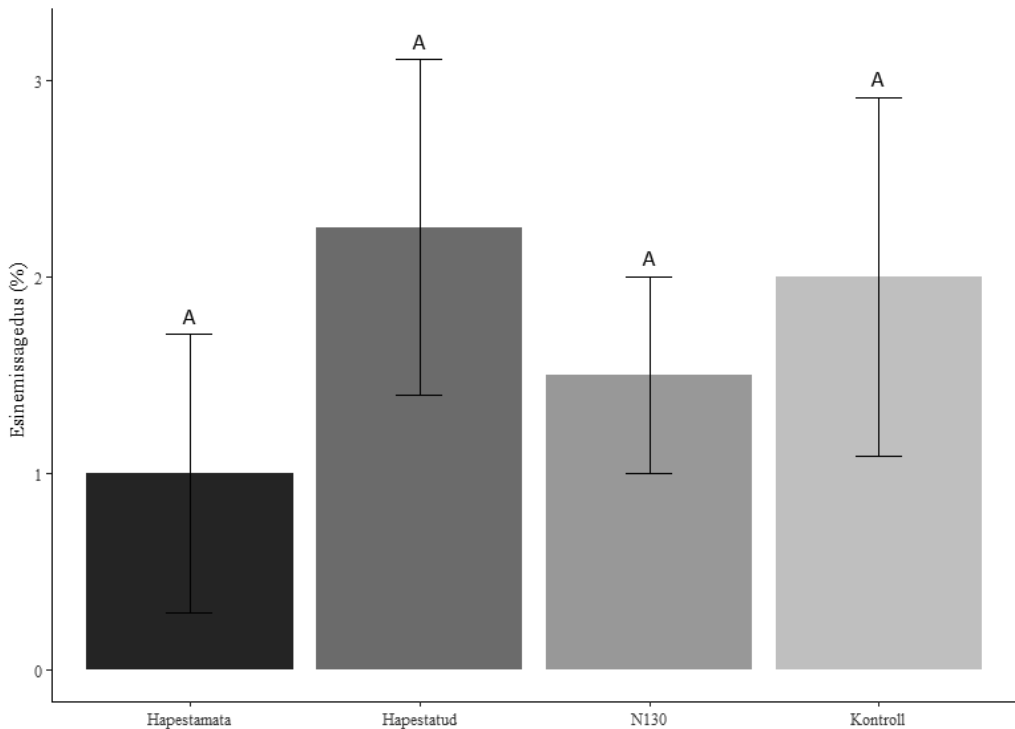
Tabel 4. Mikroobikoosluste gruppide suhtarvud erinevates katsevariantides (hapestatud sea vedelsõnnik, hapestamata sea vedelsõnnik, mineraalväetis ja kontroll)

Variant	Aeg	Seened/Bakterid	Gram+/Gram-	cy/pre
Hapestamata	kevad	0,04	0,68 ^c	0,31 ^b
	suvi	0,05	0,95 ^a	0,41 ^a
	sügis	0,05	0,85 ^b	0,40 ^a
Hapestatud	kevad	0,04	0,71 ^b	0,32 ^b
	suvi	0,03	0,94 ^a	0,43 ^a
	sügis	0,04	0,85 ^a	0,41 ^a
N130	kevad	0,06	0,71 ^b	0,32 ^b
	suvi	0,03	0,91 ^a	0,45 ^a
	sügis	0,04	0,88 ^a	0,42 ^a
Kontroll	kevad	0,04	0,71 ^b	0,31 ^b
	suvi	0,04	0,92 ^a	0,43 ^a
	sügis	0,04	0,88 ^a	0,43 ^a

Statistiliselt oluline erinevus on tähistatud väikeste tähtedega ($p < 0,05$)

olulist erinevust variantide vahel (joonis 3). Kõrgeim väärtus oli kontrollis (0,43), järgnes mineraalväetisega variant (0,42) ning mõlemad sõnnikuga variandid (nii hapestamata kui hapestatud) olid kõige madalama väärtusega (vastavalt 0,40 ja 0,41). Järelikult oli kontrollis ja mineraalväetisega väetatud variandis stress gram-negatiivsetele bakteritele suurem võrreldes mõlema sõnnikuga variantidega.

Talinisu teradel *Fusarium* seente esinemissageduse hindamisel statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud (joonis 4). Siiski, kõige vähem esines *Fusarium* seeni hapestamata sõnniku kasutamisel (1%), millele järgnes mineraalväetisega väetatud variant (1,5%) ning kontroll (2%). Kõrgeim näitaja oli hapestatud sea vedelsõnnikuga variandis (2,25%).



Vertikaaljooned joonisel näitavad keskmiste standardhälvet ning tähed nende kohal tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Tukey test $p < 0,05$)

Joonis 4. *Fusarium* seente esinemissagedus talinisu teradel erinevates katsevariantides (hapestamata ja hapestatud sea vedelsõnnik, mineraalväetis N130, kontroll).

Kokkuvõte

Kasutades fosfolipiidsete rasvhapete määramist mikroobikoosluste struktuuri hindamiseks mullas, olulisi erinevusi katsevariantide (hapestatud, hapestamata sea vedelsõnnik, mineraalväetis, kontroll) vahel ei tuvastanud. Küll aga leiti olulisi erinevusi proovivõtu aegade vahel. Teiseks, *Fusarium* spp. seente

esinemissagedus talinisu teradel sõltuvalt väetusviisidest statistiliselt oluliselt ei erinenud. Kokkuvõtteks võib öelda, et kuna tegemist on üheaastase uuringuga ja 2018. aasta oli ekstreemselt sademetevaene, oleks põhjalikumate järelduste tegemiseks tarvis läbi viia täiendavaid uuringud.

Tänuavaldused

Uuring viidi läbi projekti „Loomakasvatustes tekkiva lämmastikukao vähendamise edendamiseks vedelsõnniku hapestamisviiside kasutamist Läänemere piirkonnas (1.03.2016–28.02.2019)” (9PA1-SLURRY) käigus. Projekti kaasrahasid Interreg Baltic Sea Region ja Eesti Maaeluministerium.

Kasutatud kirjandus

- Aciego Pietri, J.C., Brookes, P.C. 2009. Substrate inputs and pH as factors controlling microbial biomass, activity and community structure in an arable soil. – *Soil Biology & Biochemistry* 41, 1396–1405.
- Bardgett, R.D., van der Putten, W.H. 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. – *Nature* 515, 505–511.
- Börjesson, G., Bolinder M.A., Kirchmann, H., Kätterer, T. 2018. Organic carbon stocks in topsoil and subsoil in long-term ley and cereal monoculture rotations. – *Biology and Fertility of Soils* 54, 549–558.
- Carozzi, M., Ferrara, R.M., Rana, G., Acutis, M. 2013. Evaluation of mitigation strategies to reduce ammonia losses from slurry fertilization on arable lands. – *Sci. Total Environ.* 449, 126–133.
- EEA, 2020. European Union emission inventory report 1990–2018 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). EEA Report, 5. pp. 51.
- Emmerling, C., Krein, A., Junk, J. 2020. Meta-analysis of strategies to reduce NH₃ emissions from slurries in European Agriculture and consequences for greenhouse gas emissions. – *Agronomy*, 10, 1633.
- Eriksen, J., Sorensen, P., Elsgaard, L. 2008. The fate of sulfate in acidified pig slurry during storage and following application to cropped soil. – *J. Environ. Qual.* 37, 280–286.
- Fangueiro, D., Pereira, J.L.S., Macedo, S., Trindade, H., Vasconcelos, E., Coutinho, J. 2017. Surface application of acidified cattle slurry compared to slurry injection: impact on NH₃, N₂O, CO₂ and CH₄ emissions and crop uptake. – *Geoderma* 306, 160–166.
- Frostegård, Å., Tunlid, A., Bååth, E. 2011. Use and misuse of PLFA measurements in soils. – *Soil Biology & Biochemistry* 43, 1621–1625.
- Järvan, M. 2008. Väävel taimede toitumises. Eesti Maaviljeluse Instituut, lk 1–12.
- Kaasik, A., Möls, M. 2018. Loomakasvatusest eralduvate saasteainete heitkoguste inventuurimetoodikate täiendamine ja heite vähendamistehnoloogialte kaardistamine. Eesti Maaülikool, Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ. 81 lk.

- Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H., Astover, A., Ilumäe, E., Lauringson, E., Loide, V., Penu, P., Rooma, L., Sepp, K., Talgre, L., Tamm, U. 2014. Väetamise ABC. Põllumajandusuuringute Keskus. 50 lk.
- Mathot, M., Metens, J., Verlinden, G., Lambert, R. 2008. Positive effects of sulphur fertilisation on grassland yields and quality in Belgium. – *Eur. J. Agron.* 28, 655–658.
- Perez, C., Dill-Macky, R., Kinkel, L.L. 2008. Management of soil microbial communities to enhance populations of *Fusarium* graminearum-antagonists in soil. *Plant Soil* 302, 53–69. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9455-6> (18.12.2020)
- Sun, Y., Chen, Y.H., Jin, L., Wang, C., Zhang, R., Ruan, H., Yang, J. 2020. Drought stress induced increase of fungi:bacteria ratio in poplar plantation. *Catena* 193, 104607. <http://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104607> (16.12.2020)
- Ten Hoeve, M., Gómez-Muñoz, B., Jensen, L.S., Bruun, S. 2016. Environmental impacts of combining pig slurry acidification and separation under different regulatory regime – a life cycle assessment. – *J. Environ. Manage.* 181, 710–720.
- West, J.S., Holdgate, S., Townsend, J.A., Edwards, S.G., Jennings, P., Bruce D.L. 2012. Impacts of changing climate and agronomic factors on *fusarium* ear blight of wheat in UK. – *Fungal Ecology* 5, 53–61.
- Xu, Z., Zhang, T., Wang, S., Wang, Z. 2020. Soil pH and C/N ratio determines spatial variations in soil microbial communities and enzymatic activities of the agricultural ecosystems in Northeast China: Jilin Province case. *Applied Soil Ecology*. 155, 103629. <http://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104607> (12.01.2021)
- Yogev, A., Laor, Y., Katan, J., Hadar, Y., Cohen, R., Medina, S., Raviv, M. 2011. Does organic farming increase soil suppression against *Fusarium* wilt of melon? – *Organic Agriculture*. 1, 203–216.

BIOSÖE PIKAAJALINE MÕJU NÄIVLEETUNUD MULLA OMADUSELE

Sandra Pärnpuu, Karin Kauer, Henn Raave

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mullateaduse õppetool

Abstract. Pärnpuu, S., Kauer, K., Raave, H. 2021. The long-term impact of biochar on a Fragi-Stagnic Albeluvisol's properties. – Agronomy 2021.

The use of biochar is often proposed as a strategy to reduce GHG emissions while simultaneously increasing soil fertility. However, the effect of biochar in temperate field conditions is still uncertain in long-term context. The objective of this study was to investigate the effects of wood biochar application to Fragi-Stagnic Albeluvisol on soil physical and chemical properties as well as on the yield of winter wheat. A field trial where 50 t ha⁻¹ biochar was applied into the soil was established in 2011 located in Ahja (Estonia). To investigate the long-term (10 years) effects of biochar on soil, soil samples were taken in autumn in 2020 and the physical-chemical analyses were carried out in the laboratory of the Estonian University of Life Sciences. Results did not show any differences between control and biochar variants on the yield of winter wheat, soil pH_{KCl}, and concentrations of nitrogen (N%). Also, no statistically significant differences were found on soil properties such as P, K, Ca, and Mg concentrations, cation exchangeable capacity (CEC), and specific surface area (SSA). In the biochar variant, the tendency was positive in the concentrations of K, Ca, Mg, CEC, SSA and negative in a concentration of P compared to the control variant. Biochar increased soil organic carbon concentration (C%), expanded C:N ratio, and decreased bulk density. We concluded that pure biochar, applied once to temperate sandy loam soil, did not have any vast negative impact on soil properties but might provide a positive impact on carbon sequestration and decrease bulk density.

Keywords: biochar, yield, soil properties, long-term field experiment

Sissejuhatus

Amazonase Terra Preta mullad, millest vanimad on üle 2500 aasta vanad, on tänu mullas olevale biosöele ümberkaudsetest muldadest tunduvalt viljakamad (Glaser jt, 2001; Lehmann, Joseph, 2015). Võrreldes ümbritsevate muldadega on taimede kasv seal kolm korda kiirem ja põllukultuuride produktiivsus suurem (Sohi jt, 2009; Lehmann, Joseph, 2015). Neil muldadel on kõrgem mulla pH ja orgaanilise aine ning taimetoitainete kontsentratsioon (Sohi jt, 2009; Lehmann, Joseph, 2015), mis viis teadlased mõttele kasutada biosütt ka tänapäeval põllumuldade viljakuse parendamiseks. Lisaks nähakse biosöe mulda viimisega võimalust leevendada inimtegevuse mõju kliimale. Biosüsi koosneb taimede poolt fotosünteesi käigus seotud süsinikust, mis pürolüüsi käigus muutub mikroorganismidele raskesti omastatavaks ja püsib seetõttu kaua mullas (McHenry, 2009; Laghari jt, 2016).

Viimasel kümnendil tehtud arvukad uuringud on näidanud, et biosöega on võimalik mõjutada tervet rida mulla füüsikalisi-keemilisi näitajaid, kuid konkreetne mõju sõltub biosöe omadustest (Verheijen jt, 2010). Biosüsi suurendab oluliselt mullas orgaanilise süsiniku (C_{org}) (Gao jt, 2016) ja taimetoitainete kontsentrat-

siooni, aga samuti kationide neelamismahutavust, eripinda, väliveemahutavust (Basso jt, 2013) ning vähendab mulla happesust ja lasuvustihedust (Glaser jt, 2001; Cha jt, 2016; Raboin jt, 2016). Biosütt võib käsitleda kui orgaanilist väetist, mis lisaks süsinikule rikastab lühiajaliselt mulda taimekasvuks oluliste toiteelementidega (Gaskin jt, 2010; Kloss jt, 2012), mille sisaldus biosöes sõltub toorainest (Enders jt, 2012; Raikovich jt, 2012) ja pürolüüsitemperatuurist (Gaskin jt, 2010). Biosöe mõju taimede saagikusele on olnud katsetes erinev ja vastuoluline, sõltudes palju mulla algsest viljakusest. Eelkõige on biosüsi kultuuride saagikust parandanud madala toitainesisaldusega happelistel muldadel (Jeffery jt, 2017).

Kuigi biosöega on tehtud arvukalt katseid, on suur osa neist viidud läbi kasvuhoonetes ja kestnud lühikest aega (< 5 aastat), mille kestel biosöe tegelik mõju mullale ei tarvitse selguda. Biosöe mõju pikaajalistes tootmispõldudele rajatud katsetes on vähe uuritud, eriti parasvöötme kliimas.

Käesoleva töö eesmärk oli välja selgitada biosöe mõju mulla keemilistele näitajatele ja füüsikalistele omadustele kümme aastat pärast biosöe mulda viimist.

Materjal ja meetodika

Põldkatse rajati Põlvamaal, Ahja valla Kosova külas, tootmistalu maadele 2011. aasta kevadel. Katseala mullastik oli kerge liivsaviilõimisega näivleetunud muld (*Fragi-Stagnic Albeluvisol*, WRB). Katsepõllu mulla algnäitajad 0–20 cm mullakihis olid: pH_{KCl} 5,9; 1,08% C; 0,093% N; 132 mg K ja 62,1 mg P kg^{-1} (Mehlich 3 meetod). Ülesehituselt oli katse ühefaktoriline randomiseeritud lappide asetusega blokk-katse, kahe variandiga neljas korduses: kontroll (ilma biosöeta muld) ja biosüsi (muld biosöega). Ühe katselapi pindala oli 50 m^2 (5 × 10 m). Katselappide vahel oli 50 m^2 puhverala, et vältida biosöe kandumist kontrollvariandile.

Katses kasutati biosütt mida, toodeti aeglasel pürolüüsil 500–600 °C juures Biolani biosöe tehases Pärnumaal. Tooraine oli lehtpuuliikide segu (ca 50% haab ja 50% lepp). Enne põllule laotamist peenestati biosüsi teraviljamuljuri. Biosöe omadused olid järgmised: pH_{KCl} 8,29; 84% C; 0,77% N; 0,06% P; 0,44% K. Mulla eripind oli 113,3 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ja neelamismahutavus 16,74 cmol kg^{-1} . Biosüsi laotati lappidele käsitsi ja segati järgmisel päeval 0–10 cm kihti vertikaalselt liikuva tööorganiga varustatud freesiga. Laotamise norm oli 50 t ha^{-1} .

Kõikidel katselappidel tehti põllumajandustöid sarnaselt kogu põlluga. Katseperioodil (2011–2020) kasvatatud kultuuride järjestus oli: suvinisu, suviraps, põldhein (2 a), suvioder (2 a), põldhernes, suviraps, suvioder ja talinisu. Uurimisperioodi jooksul väetati kultuure mineraalsete NPK väetistega ning kasutati erinevaid taimekaitsevahendeid (peamiselt herbitsiide ja insektiitsiide). Põldheina kasvatamisel väetisi ja taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Pärast saagikoristust maa künti.

2020. aasta sügisel võeti mullaproovid kõikidelt katselappidelt kolmest erinevast sügavusest (0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm) 20 mm läbimõõduga mullapuuriga. Mulla lasuvustihedus määrati kõikidest sügavustest neljas korduses 54 mm läbimõõduga metallsilindritega. Enne keemilisi analüüse kuivatati proovid õhukuivaks ja sõeluti läbi 2 mm avadega sõela. Taimede poolt omastatavate toitelementide P, K, Ca ja Mg kontsentratsioonid määrati Mehlich 3 meetodil (Handbook on..., 1992) ja pH 0,1M KCl lahuses. Mulla eripind määrati veeauru meetodil (Klute, 1986), kationide neelamismahutavus Bühneri lehtriga (Chapman, 1965). Mulla orgaanilise süsiniku (C_{org}) ja üldlämmastiku ($N_{üld}$) kontsentratsioonid analüüsiti CNS-elementanalüsaatoril (ELEMENTAR, Germany). Laboratoorsed mullaanalüüsid teostati Eesti Maaülikooli mullateaduse õppetooli laboris.

Erinevate füüsikaliste ja keemiliste omaduste võrdlemiseks variantide kaupa viidi läbi ühefaktoriline dispersioonanalüüs (ANOVA) ning variantide vahelise statistilise usutavuse leidmiseks kasutati Tukey testi ($p < 0,05$). Katseandmete töötlemiseks kasutati andmetöötlusprogrammi Statistica. Joonised koostati Excelis (2016).

Tulemused ja arutelu

2020. aastal katsepõllul kasvatatud talinisu saagikus ei erinenud variantide vahel, olles keskmiselt $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ (tabel 1). Seega, antud tootmispõllul kümme aastat pärast biosöe muldaviimist mõju saagikusele puudus. Ka 2012. ja 2013. aastal toimunud saagi määramised andsid sama tulemuse, kuid katse rajamise aastal oli biosöel suvinisu saagikusele usutavalt negatiivne mõju (Raave, 2014). Sarnaseid tulemusi on leitud mitmetes töödes, kuid enamasti on katsed olnud lühiajalised (< 5 aastat) (Hammond jt, 2014; Nelissen jt, 2014; Tammeorg jt, 2014).

Kuigi katse alguses mulda viidud biosöe pH_{KCl} oli mulla pH_{KCl} -st tunduvalt kõrgem (8,3 ja 5,9 vastavalt) ja biosöe kogus suur, mõjutas see mulla happesust ainult esimesel aastal, kui pH oli söega mullas 0,6 ühikut kõrgem võrreldes biosöeta mullaga (Raave, 2014). Edaspidi biosöe mõju mulla pH-le vähenes ja kümme aastat hiljem oli see mõlemas katsevariandis ühesugune. Nelissen jt, (2014) kaheaastases katses ei olnud biosöel põllumulla happesusele mõju terve katseperioodi vältel, kuid nende mulla algne pH (6,4) oli taimekasvatuseks juba niigi optimaalsel tasemel. Samas on arvukates katsetes happelistel muldadel leitud, et biosüsi vähendas mulla happesust (Vaccari jt, 2011; Rajpal jt, 2020).

Biosöel oli oluline mõju mulla C_{org} kontsentratsioonile ja see oli usutav ka kümme aastat pärast biosöe muldaviimist (kontrollvariandis 0,99% ja biosöega variandis 1,64%). Biosöe N kontsentratsioon oli 0,77% ja see ei olnud piisav, et avaldada mõju mulla $N_{üld}$ kontsentratsioonile. Kuna biosöe lisamine, mulla $N_{üld}$ kontsentratsioonile mõju ei avaldanud, siis mulla C/N suhe suurenes (11,3-lt 16,8-le). Mulla C/N suhte kaudu on võimalik hinnata mulla orgaanilise

Tabel 1. Mulla füüsikalis-keemiliste omaduste ja talinisu saagikuse keskmised näitajad kontrolli ja biosöe variantide vahel (0–30 cm)

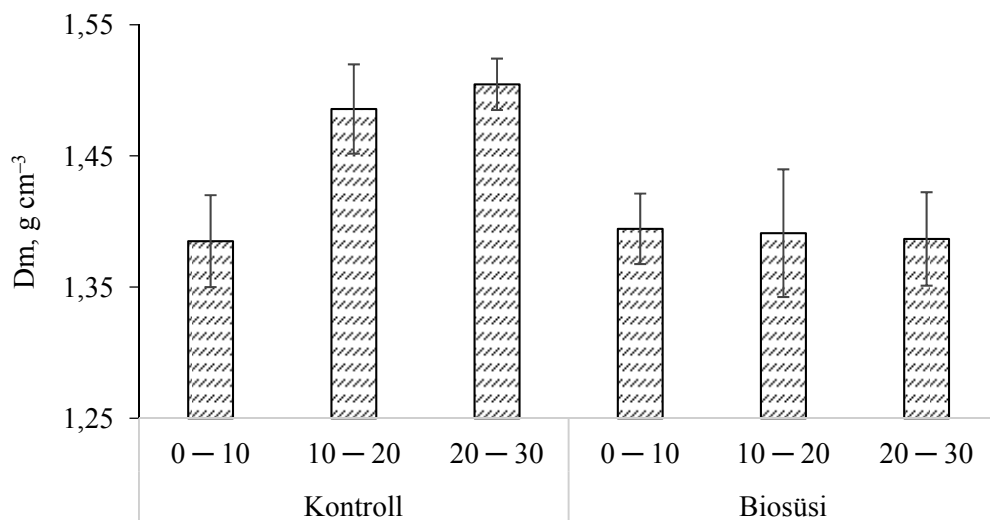
	Kontroll	Biosüsi
Saagikus, t ha ⁻¹ (n=4)	2,50	2,50
n	12	12
pH _{KCl}	5,65	5,65
C, %	0,99	1,64* ⁴
N, %	0,09	0,10
C/N	11,3	16,8*
P, mg kg ⁻¹	159,9	146,2
K, mg kg ⁻¹	128,6	146,5
Ca mg kg ⁻¹	1078,8	1102,1
Mg, mg kg ⁻¹	93,2	97,8
Dm ¹ , g cm ⁻³	1,46	1,39*
CEC ² , cmol kg ⁻¹	83,3	89,3
Ep ³ , m ² g ⁻¹	101,7	108,2

¹Dm–lasuvustihedus; ²CEC–katioonide neelamismahutavus; ³Ep–eripind; ⁴*näitab statistiliselt usutatavat biosöe mõju (Tukey HSD test, p < 0,05)

aine kvaliteeti, sest nimetatud suhe määrab ära tingimused mulla orgaanilise aine lagunemiseks ja toitainete mineraliseerumiseks orgaanilisest ainest (Alexander, 1961; Liu jt, 2016). Põllumuldade C/N suhe jääb enamasti kitsasse vahemikku 10–12 (Gregorich jt, 1994) ning kitsas suhe osutab soodsatele mineralisatsiooni tingimustele mullas (Elgresma, Hassik, 1997). Kuid kuna saagid variantide vahel üksteisest ei erinenud, siis võib eeldada, et mineraalne väetamine on olnud piisav taimede toitumiseks ja saagi moodustamiseks ning laiema C/N suhte negatiivne mõju ei avaldunud.

Biosüsi vähendas statistiliselt usutatavalt ka mulla lasuvustihedust, mis kontrollvariandis oli 1,46 g cm⁻³ ja biosöega variandis 1,39 g cm⁻³. Biosöe mõju mulla pindmise kihi (0–10 cm) lasuvustihedusele puudus (joonis 1). Seda tulemust võisid mõjutada taimejuured pindmises kihis või külvieelselt kobestatud mullapind. Biosöega variandis ei muutunud mulla lasuvustihedus ka sügavamates kihtides (10–20 ja 20–30 cm), kuid kontrollvariandis tõusis see 0,1 g cm⁻³. Seega oli biosöe lisamine avaldanud positiivset mõju mulla lasuvustihedusele sügavamates kihtides, mille oli põhjustanud iga-aastane kündmise ja kultiveerimisega kaasnenud mullakihtide läbisegamine. Biosöe paiknemine 0–30 cm mullakihis oli ühtlustunud. Mujal tehtud katsetes on biosöe mõju mulla lasuvustihedusele olnud erinev, sõltudes ilmselt nii mulla algsest lasuvustihedusest kui ka biosöe normist.

Laird jt (2010) leidsid, et biosüsi vähendas mulla lasuvustihedust oluliselt rohkem kui sõnnik. Ka Du jt (2016) uuringus oli biosöega variandis mulla lasuvustihedus kontrollvariandist madalam. Nad eeldasid, et biosöe positiivne mõju mulla lasuvustihedusele tuleneb selle omadustest (madal erikaal, poorne struktuur, suur



Vurrud tulpadel näitavad standardviga

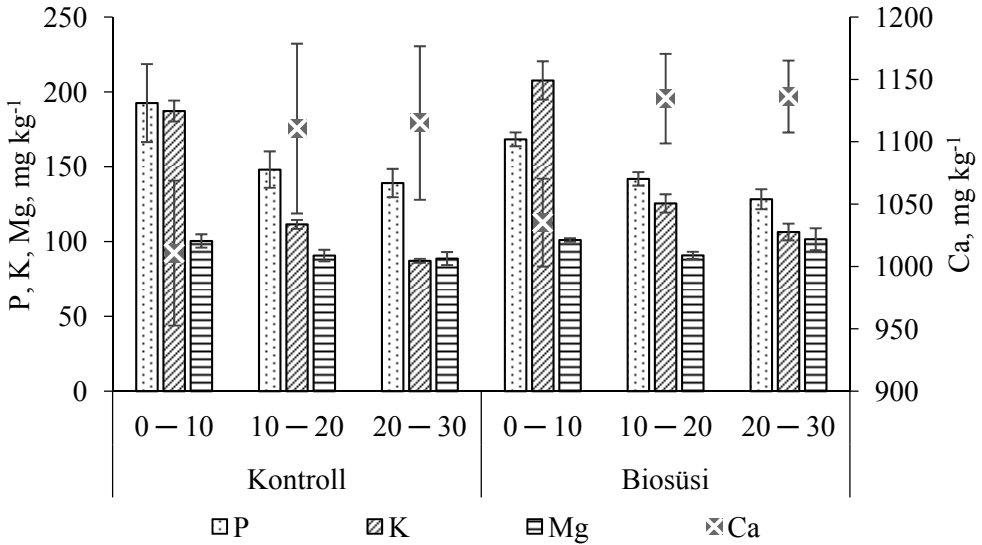
Joonis 1. Mulla lasuvustihedused (Dm) kontroll- ja biosöe variantide erinevates mullakihtides (0–10, 10–20, 20–30 cm) 2020. aasta sügisel

eripind). Mulla lasuvustiheduse vähenemist ei esinenud Jones jt (2012) töös, mis võis tuleneda mulla niigi madalast lasuvustihedusest ($1,0 \text{ g cm}^{-3}$). Samuti ei täheldanud mulla lasuvustiheduse vähenemist biosöega variandis oma uurimuses Tammeorg jt (2014), kus põhjus oli ilmselt mulda viidud madalas biosöe normis (10 t ha^{-1}). Khalifa ja Yousef (2015) uuringust selgus, et samade omadustega biosüsi normiga 100 g kg^{-1} vähendas mulla lasuvustihedust $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ -lt $1,1 \text{ g cm}^{-3}$ -le, kuid biosüsi normiga 10 g kg^{-1} ei erinenud töötlemata variandist.

Taimede poolt omastatavate toitelementide (P, K, Mg ja Ca) kontsentratsioonid erinevatel variantidel statistiliselt oluliselt ei erinenud. Biosöega variantides oli P ja K kontsentratsioon kontrollvariandiga võrreldes oluliselt suurem esimesel kuudel pärast biosöe mulda viimist, kuid hiljem need enam ei erinenud. See näitab, et biosöe mõju nimetatud toitelementide kontsentratsioonile mullas on lühiajaline, mida on tõdenud ka Gaskin jt (2010) ja Kloss jt (2012) uuringud. Kümme aastat pärast katse algust võis siiski näha väikest tendentsi, et mulla P kontsentratsioonile oli biosöe lisamine mõjunud pigem negatiivselt ja K, Mg ning Ca kontsentratsioonidele positiivselt (joonis 2).

Kuigi kationide neelamismahutavus statistiliselt usutavalt biosöega variandis ei tõusnud, oli tendents positiivne, mida kinnitavad ka kationide K, Mg ja Ca kontsentratsioonide positiivne tendents. Madala mulla kationide neelamismahutavuse (25 cmol kg^{-1}) korral on täheldatud tõusu ka madala biosöe normiga (10 g kg^{-1}) ja biosöe normi suurenemisel kationide neelamismahutavus mullas suureneb (Khalifa, Yousef, 2015).

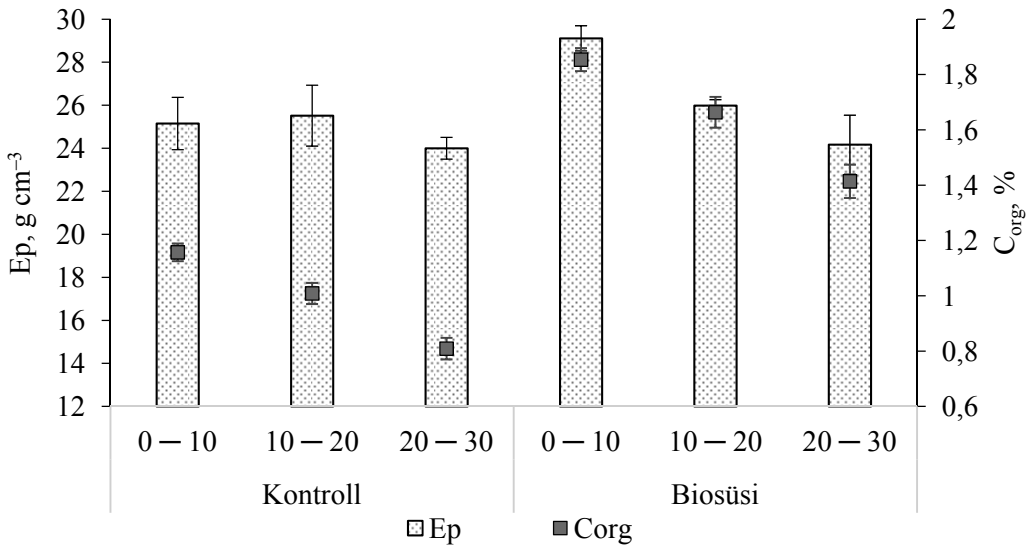
Vaatamata sellele, et biosöe eripind ($113,3 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) oli mulla algsest eripinnast tunduvalt suurem (kontrollvariandis $25,3 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), ei mõjutanud biosöe mulda-



Vurrud tulpadel näitavad standardviga

Joonis 2. Taimetoitainete (P, K, Mg, Ca) kontsentratsioonid erinevates kihtides (0–10, 10–20, 20–30 cm) sõltuvalt variandist (kontroll, biosüsi) 2020. aasta sügisel

viimine mulla eripinda oluliselt 0–30 cm kihi keskmisena. Usutav erinevus esines ainult mulla pindmises (0–10 cm) kihis, kus eripind biosöega variandis oli kõrgem kontrollvariandiga võrreldes (joonis 3).



Vurrud tulpadel näitavad standardviga

Joonis 3. Mulla eripind (Ep) ja mulla orgaanilise süsiniku (Corg) kontsentratsioon erinevates kihtides (0–10, 10–20, 20–30 cm) sõltuvalt variandist (kontroll, biosüsi) Ahjal, 2020. aasta sügisel

Taanis, liivsavi mullas, tehtud lühiajalises (19 ja 7 kuud) katses tõstis kasepuidu biosöe erinevate normide lisamine (10, 20, 40, 50 ja 100 t ha⁻¹) mulla eripinda kõikides variantides võrreldes kontrollvariandiga (Arthur jt, 2015). Kuid Sun jt (2013) liivsavi lõimisega mullas biosöe lisamisel normiga 20 t ha⁻¹ mulla eripinna tõusu ei täheldanud. Arvati, et biosöe norm oli selleks liiaga madal. Arthur jt (2015) seostasid oma ja Sun jt (2013) katsete tulemuste erinevust liivsavi mulla savisisaldusega, mis viimati mainitud katses oli 6% kõrgem, sest savisisalduse suurenemisega mulla orgaanilise süsiniku võime tõsta mulla eripinda kahaneb (Arthur jt, 2014). Kuna Ahja katse mulla erinevate kihtide savisisaldus ei erinenud, siis ei saa väita, et savisisaldus otseselt mullakihtide eripinda mõjutas.

Kokkuvõte ja järeldused

Lepa- ja haavapuidust 500–600 °C juures toodetud biosöel, mida viidi mulda normiga 50 Mg ha⁻¹, on pikaajaline mõju ainult mulla C_{org} kontsentratsioonile ja lasuvustihedusele. Kümme aastat pärast biosöe muldaviimist tehtud mõõtmised näitasid, et söega katselappide mulla C_{org} kontsentratsioon on kontrollvariandi katselappide omast usutavalt suurem ja lasuvustihedus väiksem. Mulla N_{üld} kontsentratsiooni biosüsi ei mõjutanud, mistõttu oli C/N suhe biosöega variandi mullas laiem. Biosöega variandis oli kontrollvariandiga võrreldes veidi suurem ka K, Mg ja Ca kontsentratsioon, katioonide neelamismahutavus ning mulla eripind, kuid need erinevused ei olnud statistiliselt olulised. Biosöe lisamisest tingitud negatiivne tendents esines fosfori kontsentratsioonis. Talinisu saagile biosöel mõju ei olnud.

Kokkuvõttes näitas meie uuring, et biosöe mõju kahkja mulla füüsikaliskemilistele näitajatele on olnud tagasihoidlik ja see ei ole mullaviljakust 10 aastaga suurendanud.

Tänuavaldused

Artikli autorid tänavad Raua talu peremeest, Martin Tõrra't ja perepoega Toomast, kelle tootmispõllule 2011. aastal katse rajati. Suureks abiks olid mulla-proovide võtmisel ja muldade füüsikaliste ja keemiliste omaduste analüüsimisel, Eesti Maaülikooli mullateaduse õppetooli töötajad Merit Sutri ja Marian Põldmets. Uurimustööd finantseeris Eesti Teadusagentuur (grant PSG147).

Kasutatud kirjandus

- Alexander, M. 1961. Introduction to Soil Microbiology, 2nd, New York, 472 p.
- Arthur, E., Tuller, M., Moldrup, P., de Jonge, L.W. 2015. Effects of biochar and manure amendments on water vapor sorption in a sandy loam soil. – *Geoderma* 243–244, pp 175–182.
- Arthur, E., Tuller, M., Moldrup, P., Jensen, D.K., de Jonge, L.W. 2014. Prediction of clay content from water vapor sorption isotherms considering hysteresis and soil organic

- matter content. – *European Journal of Soil Science* 66, pp 206–217.
- Basso, A.S., Miguez, F.E., Laird, D.A., Horton, R., Westgate, M. 2013 Assessing potential of biochar for increasing water-holding capacity of sandy soils. – *Global Change Biology Bioenergy* 5, pp 132–143.
- Cha, J.S., Park, S.H., Jung, S., Ryu, C., Jeon, J., Shin, M., Park, Y. 2016. Production and utilization of biochar: A review. – *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 40, pp 1–15.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. – *Methods of Soil Analysis. Part 2* 2nd edition. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp 891–901.
- Du, Z., Chen, X., Qi, X., Li, Z., Nan, J., Deng, J. 2016. The effects of biochar and hog-gery biogas slurry on fluvo-aquic soil physical and hydraulic properties: a field study of four consecutive wheat-maize rotations. – *Journal of Soils and Sediments* 16, pp 2050–2058.
- Elgersma, A., Hassink, J. 1997. Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). – *Plant and Soil* 197, pp 177–186.
- Enders, A., Hanley, K., Whitman, T., Stephen, J., Lehmann, J. 2012. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. – *Bioresource Technology* 114, pp 644–653.
- Gao, S., Hoffman-Krull, K., Bidwell, A.L., DeLuca, T.H. 2016. Locally produced wood biochar increases nutrient retention and availability in agricultural soils of the San Juan Islands, USA. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 233, pp 43–54.
- Gaskin, J.W., Speir, R.A., Harris, K., Das, K.C., Lee, R.D., Morris, L.A., Fisher, D.S. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. – *Agronomy Journal* 102, pp 623–633.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., Zech, W. 2001. The ‘Terra Preta’ phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. – *Naturwissenschaften* 88, pp 37–41.
- Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., Ellert, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. – *Canadian Journal of Soil Science* 74, pp 367–385.
- Hammond, J., Shackley, S., Prendergast-Miller, M., Cook, J., Buckingham, S., Pappa, V. A. 2014. Biochar field testing in the UK: outcomes and implications for use. – *Carbon Management* 4:2, pp 159–170.
- Handbook on Reference Methods for Soil Analysis. 1992. – Soil and Plant Analysis Council, Inc. 202 p.
- IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for soil resources 2014. – International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. FAO, Rome.
- Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A.C., Groenigen, J.W., Bruce, A., Hungate, B.A., Verheijen, F. 2017. Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. – *Environmental Research Letters* 12, 5 p.
- Jones, D.L., Rousk, J., Edwards-Jones, G., De Luca, T.H., Murphy, D.V. 2012. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. – *Soil Biology and Biochemistry* 45, pp 113–124.

- Khalifa, N., Yousef, L.F. 2015. A short report on changes of quality indicators for a sandy textured soil after treatment with biochar produced from fronds of date palm. – *Energy Procedia* 74, pp 960–965.
- Kloss, S., Zehetner, F., Dellantonio, A., Hamidb, R., Ottner, F., Liedtke, V., Schwanninger, M., Gerzabeka, M.H., Soja, G. 2012. Characterization of Slow Pyrolysis Biochars: Effects of Feedstocks and Pyrolysis Temperature on Biochar Properties. – *Journal of Environmental Quality* 41, 4, pp 990–1000.
- Klute, A. 1986. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 2nd edition. – Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1188 p.
- Laghari, M., Naidu, R., Xiao, B., Hu, Z., Mirjat, M.S., Hu, M., Kandhro, N.M., Chen, Z., Guo, D., Jogi, Q., Abudi, Z.N., Fazal, S. 2016. Recent developments in biochar as an effective tool for agricultural soil management: a review. – *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96, pp 4840–4849.
- Laird, D.A., Fleming, P., Davis, D.D., Horton, R., Wang, B., Karlen, D.L. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical midwestern agricultural soil. – *Geoderma*, 158(3) pp 443–449.
- Lehmann, J., Joseph, S. 2015. *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*. 2nd edition. – London and New York: Earthscan, pp 1–976.
- Liu, M., Ussiri, D.A., Lal, R. 2016. Soil organic carbon and nitrogen fractions under different land uses and tillage practices. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 47, pp 1528–1541.
- McHenry, M.P. 2009. Agricultural bio-char production, renewable energy generation and farm carbon sequestration in western australia: Certainty, uncertainty and risk. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129(1), pp 1–7.
- Nelissen, V., Ruyschaut, G., Abusi, D.M., D'Hose, T., De Beuf, K., Al-Barri, B., Cornelis, W., Boeckx, P. 2014. Impact of a woody biochar on properties of a sandy loam soil and spring barley during a two-year field experiment. – *European Journal of Agronomy* 62, pp 65–78.
- Raave, H. 2014. Alternatiivsete väetustestide keskkonnahoidliku kasutuse võimalused ja efektiivsus tava- ja mahevõljaluses võrdlevalt traditsiooniliste orgaaniliste ja mineraalväetistega. – Projekti lõpparuanne.
https://www.pikk.ee/upload/files/Alternatiivsed_vaetusained_Projekti_lopparuanne.pdf (19.01.2021)
- Raboin, L.-M., Razafimahafaly, A.H.D., Rabenjarisoac, M.B., Rabary, B., Dusserrea, J., Becquerda, T. 2016. Improving the fertility of tropical acid soils: Liming versus biochar application: A long term comparison in the highlands of Madagascar. – *Field Crops Research* 199, pp 99–108.
- Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A.R., Lehmann, J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. – *Biology and Fertility of Soils* 48, pp 271–284.
- Rajpal, S., Basavarajappa, P.N. 2020. Effect of different biochars on acid soil and growth parameters of rice plants under aluminium toxicity. – *Scientific Reports* 10, 12249.

- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., Bol, R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. – CSIRO Land and Water Science Report, 65 p.
- Sun, Z.C., Moldrup, P., Elsgaard, L., Arthur, E., Bruun, E.W., Hauggaard-Nielsen, H., de Jonge, L.W. 2013. Direct and indirect short-term effects of biochar on physical characteristics of an arable sandy loam. – *Soil Science* 178, pp 465–473.
- Tammeorg, P., Simojoki, A., Mäkelä, P. 2014 Biochar application to a fertile sandy clay loam in boreal conditions: effects on soil properties and yield formation of wheat, turnip rape and faba bean. – *Plant and Soil* 374, pp 89–107.
- Vaccari, F. P., Baronti, S., Lugato, E., Genesio, L., Castaldi, S., Fornasier, F., Miglietta, F. 2011. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. – *European Journal of Agronomy* 34(4), pp 231–238.
- Verheijen, F., Jeffrey, S., Bastos, A.C., van der Velden, M., Diafas, I. 2010. Biochar application to soils. – European Communities, 166 p.

TAIMEKASVATUS

UUS TALINISU SORT 'PERENAISE'

Reine Koppel, Bulat Islamov, Riinu Raamets

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Koppel, R., Islamov, B., Raamets, R. 2021. New winter wheat variety Perenaise. – Agronomy 2021.

New winter wheat variety Perenaise is a bread wheat with high protein and gluten content along with an optimal gluten index. The Falling Number is at a good level even in years with a rainy harvest period. Dough stability and water absorption are at excellent levels in farinograph analysis. Winter hardiness and yield levels are good. It has a good alveograph W value along with high protein content, which are the characteristics necessary for export quality. The length of the growing period is between that of the well-known varieties Ada and Skagen. The straw is high and this means that using growth regulators can mitigate lodging risk. Susceptibility to plant diseases is low; only the susceptibility to powdery mildew is slightly above average in some years. Perenaise was developed from breeding line nr 154, which was created by single crosses between Portal and Ada.

Keywords: winter wheat, variety description, breeding

Sissejuhatus

Uute talinisu sortide aretuse eesmärk on Eesti kasvutingimustes talve-, haigus- ja lamandumiskindlate, paremate jahvatus-küpsetusomadustega toidunisu ja saagikamate söödaniisusortide aretamine.

Talinisu sordilehel oli 2021. aasta alguse seisuga 39 sorti (Sordiregister 13.01.2021). Sordilehte võetakse nõuetekohaseks tunnistatud sort, mis on eristatav, ühtlik ja püsiv, millel on sobiv sordinimi ja küllaldane majanduslik viljelusväärtus (põllukultuurid) ning mis on ohutu taimetervisele, inimese tervisele ja keskkonnale (Sordileht 13.01.2021). Talinisu sortide arv sordilehel on iga-aastaselt suurenenud. Aastatel 1998–2013 võeti igal aastal sordilehte 3–10 uut sorti (Roosimäe, Soorm, 2014). Riiklikesse majanduskatsetesse antud talinisu perspektiivsete aretiste ja sortide keskmine saagikus tõusis aastas 2,5%, langemisarv vähenes aastas ca 1% (Roosimäe, Soorm, 2014). Ka suvinisul oli analoogses uurimuses aastatel 2000–2015 sortide keskmine saagitõus küllalt suur, samas proteiinisaldus langustendentsis (Tamm, 2016). Eelnimetatu tõestab, et uute sortide seas leidub pigem saagikaid ja madalama küpsetuskvaliteediga sorte.

Toidunisu kasvatajatele ja müüjatele on seatud tingimused, millistele nõuetele peavad erineva kategooria nisupartiid vastama. Tartu Mill toidunisu kategooriad on toodud tabelis 1. Kõrgema kategooria nisu proteiinisaldus peaks olema vähemalt 14 ja kleepeevalgusisaldus 28%. Talinisu aretuses on eesmärkide ja valikute tegemisel lähtunud kokkuostjate ja veskite nisu kvaliteedinõuetest.

Tabel 1. Tartu Mill miinimum kvaliteedinõuded toidunisule (allikas: tartumill.ee)

Kvaliteet	Kategooria				
	I	II	III	IV	V
Niiskus, %	11–14				
Mahukaal, g/l	770	760	750	740	730
Langemisarv, sek	275	250	240	210	180
Kleepevalk, %	28	26	24	22	22
Proteiin, %	14	13	12	11	11

Materjal ja metoodika

Taliniisu sordi ‘Perenaise’ (aretusnumber 154.6.1.5) saamiseks tehti ristlus 2001. a ja ristlusvanemateks olid ‘Portal’ ning ‘Ada’. Aretamiseks kasutati populatsioon-pedigree meetodi segu. Aretusprotsessi käigus tehti homosügootse algseemne saamiseks kolmel korral üksikpea valikud (F2, F5 ja F8 põlvkonnas). Olenevalt aastast ja põlvkonnast, on aretist testitud 5 või 9 m² katselappidel ning 2–4 korduses. Valiku kriteeriumiteks on olnud: talvekindlus, küpsetuskvaliteedi näitajad (proteiini- ja kleepevalgusisaldus, gluteeniindeks, langemisarv, farinogrammi ja alveogrammi näitajad jne), hea saagikus, hea haiguskindlus, kasvuaaja pikkus, seisukindlus. Sorti on testitud ka mahetingimustes ning erinevates kasvukohtades väljaspool Jõgevat. Erinevaid omadusi võrreldi standardsortidega (‘Ada’, ‘Skagen’) ja katse keskmiste näitajatega.

Taliniisu katsete külviaeg on enamusel aastatel olnud septembri esimese kümne päeva jooksul, koristus täisküpse alguses. Alates F5 põlvkonnast on külvisseeme ka puhitud. Haigustele vastuvõtlikkuse hindamiseks aretuspõllul fungitsiide ei kasutatud, samuti ei kasutatud kõrretugevdajat. Küll aga tehti katsepõldudel umbrohutõrje ja vajadusel kasutati ka insektitsiidi. Kõik kasutatud taimekaitsepreparaadid olid erinevad Eestis üldkasutatavad pestitsiidid.

Põllumullad Eesti Taimakasvatuse Instituudi Jõgeva sordiaretuse osakonnas on leostunud kamar-karbonaatsed liivsavimullad, mille pH_{KCl} 6,1–6,5 ja fosfori ning kaaliumitarve väike. Eelviljad olid olenevalt aastast tatar, punane ristik, põldhernes. Lämmastikväetise tase oli taliniisu sordiaretuse katses N 150 kg/ha.

Aretusprotsessi jooksul oli väga erinevaid ilmastikuolusid, mis võimaldasid põllutingimustes välja valida genotüübi, mis meie kliimatilistes oludes hästi vastu peab.

2017/2018–2018/2019 aastal oli ‘Perenaise’ registreerimiskatsetes ja riiklikes majanduskatsetes ning tulemuste põhjal registreeriti sordina ning võeti sordilehte.

Tulemused ja arutelu

Taliniisu sordi ‘Perenaise’ aretamine kestis suhteliselt pika perioodi ja see võimaldas seda sorti katsetada väga erinevates ilmastikutingimustes. Tabelis 2 on toodud sordi ‘Perenaise’ saagikus, peentera osakaal saagis (2,2 mm sõela alune),

Tabel 2. Talinisu sordi 'Perenaise' saagikus, tera kvaliteet ning põldvaatluste tulemused Jõgeval aastatel 2015–2020

Aasta	Sort, %	Saak	Talve- kahjustus	Kasvu- periood	Mahukaal	1000 tera mass	Taime pikkus	Laman- dumine	Peentera
		t/ha	palli*	päevi**	g/l	g	cm	palli ***	%
2015	Perenaise	9,3	2,2	223	823	44,7	119	9,0	4,6
	% keskm.	97	122	101	100	95	103	104	97
2016	Perenaise	6,7	3,0	210	816	45	95	9,0	5,1
	% keskm.	113	88	100	101	102	101	109	51
2017	Perenaise	6,1	1,8	225	794	41,8	118	8,8	2,1
	% keskm.	104	75	100	101	96	105	99	103
2018	Perenaise	5,4	1,7	206	827	43,5	73	9,0	1,8
	% keskm.	103	85	101	103	97	101	100	90
	% Adast	112	85	101	100	113	100	100	58
	% Skagenist	92	85	100	104	94	104	100	129
2019	Perenaise	8,7	2,6	212	843	45,2	101	8,9	4,7
	% keskm.	95	52	101	100	94	116	99	118
	% Adast	113	52	102	98	107	99	103	84
	% Skagenist	91	46	100	102	90	122	97	188
2020	Perenaise	7,0	1,0	212	773	41,2	97	9	1,7
	% keskm.	91	100	100	101	91	112	102	113
	% Adast	99	100	101	99	101	98	104	159
	% Skagenist	84	100	99	100	87	108	108	459

*1–9 palli, kus 9 = maksimaalne talvekahjustus; 1 = talvekahjustust ei esinenud; **päevi 1. jaanuarist täisküpsuseni; *** 1–9 palli, kus 9 = ei ole lamandunud, 1 = täielikult lamandunud

% keskm. – sordi 'Perenaise' omaduste suhtväärtus kogu katse keskmistesse tulemustesse ja standardi väärtustesse

tera kvaliteedi omadused ja põldvaatluse andmed erinevatel aastatel aretusprotsessi lõppjärgus. 'Perenaise' omadusi on võrreldud selle katse keskmisega, mille liige 'Perenaise' antud aastal oli. Tabelis 2 toodud aastatest olid nn suure saagi aastad 2015 ja 2019 ning keskmisest väiksema saagiga aastad olid 2016 ja 2018 (ETKI talinisu katsete pikaajaliselt kogutud andmete alusel). Enamusel aastatel oli 'Perenaise' saagikus katse keskmisest suurem, 2015. a jäi mõni protsent alla keskmise. 2018.–2020. a, kui võrreldi standardsortidega 'Ada' ja 'Skagen', oli 'Perenaise' saak 'Adast' parem ja 'Skagenile' jäi veidi alla. Talvekahjustuse määr oli vaid ühel aastal kuuest üle katse keskmise, teistel aastatel talvitus 'Perenaise' hästi (sh ka 2010. ja 2013. a, mis olid kriitilised talvekahjustuse aastad). 'Perenaise' kasvuperiood oli kas katse keskmisel tasemel või veidi pikem. Mahukaal

oli 'Perenaisel' nii katse keskmisest kui ka standardsordi 'Skagen' mahukaalust alati suurem, kuid 'Adast', mis on tuntud kui väga kõrge mahukaaluga sort, oli see siiski väiksem. Võrreldes Tartu Mill kokkuostutingimustega oli 'Perenaise' mahukaal igal aastal suurem kui kõige kõrgema kategooria toidunisule seatud miinimumväärtus (770 g/l). 1000 tera mass jäi katse keskmisest veidi väiksemaks. Võrreldes 'Adaga' oli 'Perenaise' tera suurem, kuid 'Skageniga' võrreldes väiksem. 'Perenaise' kõrre pikkus oli erinevatel aastatel 73–119 cm ja see oli katse keskmisega võrreldes mõnikord pikem ja mõnikord lühem. 'Adaga' oli pikkus sarnane, 'Skagenist' aga veidi üle. Väiksema teraga sordi puuduseks võib olla suurem peentera osakaal ja nii oli see ka 'Perenaise' puhul. Kui vaadata protsentuaalset suhet, siis eriti suur oli vahe standardsordiga 'Skagen' 2020. aastal. Kuid absoluutväärtuses oli 'Skageni' peentera osakaal 0,4 ja 'Perenaisel' 1,7%. Erinevate kokkuostjate puhul tohib peentera osakaal olla 3–5% (Tartu Mill, Oilseeds). 'Adaga' võrreldes oli see omadus 'Perenaisel' parem, 'Skageniga' võrreldes halvem.

Analüüsidest küpsetuskvaliteedi andmeid (tabel 3), peab arvestama, et sordiaretuse katsetes ei ole lämmastikväärtuse tase väga kõrge ja see mõjutab ka katses ja aretuses olevate genotüüpide proteiinisalduse väärtust. Sordi 'Perenaise' proteiinisaldus oli igal aastal katse keskmisest kõrgem ja varieerus aastatel 2015–2020 vahemikus 10,0–14,9%. Kolmel aastal kuuest oli 'Perenaise' proteiinisaldus suurem, kui kõige kõrgema toidunisu kategooria minimaalne tase. Aretusprotsessis oli mõnel aastal 'Perenaisel' proteiinisaldus isegi üle 15%. Samuti oli kõrge 'Perenaise' kleepevalgusisaldus – parimatel aastatel isegi üle 40%. Aastatel 2018–2020 ületas 'Perenaise' proteiini- ja kleepevalgusisaldus nii 'Ada' kui ka 'Skageni' taseme. Viiel aastal kuuest vastas 'Perenaise' kleepevalgusisaldus parima kategooria toidunisu nõuetele.

Gluteeniindeks oli 'Perenaisel' optimaalses vahemikus. See näitaja ületas küll enamusel aastatel katse keskmise, kuid arvuline väärtus ei olnud siiski ülearu suur (56–79). Langemisarv, mis on samuti meie kliimas väga tähtis näitaja, oli igal aastal üle 275 sek (ja seda ka vihmaste koristusperioodiga aastatel 2017 ja 2020) s.t täitis Tartu Mill nisu kokkuostu I kategooria nõudmised.

Alveograafi ja farinograafi analüüsi ei tehta aretuse käigus pidevalt, vaid alles aretuse lõppetapis, kui perspektiivne aretis on end teiste omaduste puhul hästi näidanud. Farinograafi kaks tähtsamat näitajat on farinograafiline veesidumisvõime ja taigna stabiilsuse aeg. Farinograafi analüüsi andmed on aastatest 2015 ja 2019 ning mõlemal aastal oli 'Perenaise' veesidumisvõime ja taigna stabiilsus paremad kui katse keskmine. 'Perenaise' taigna stabiilsus jäi vahemikku 5,3–6,5 min ja veesidumisvõime 57,8–67%. Veesidumisvõime puhul ei ole aretuses mingit piiri, millest suuremat näitajat loetakse heaks. Taigna stabiilsus võiks olla ligi 6 min või pikem. Taigna stabiilsus, nii nagu teisedki küpsetuskvaliteedi näitajad, sõltub väga palju ka aasta ilmastikust. Kui 2019. a oli 'Perenaise' taigna stabiilsus 5,3 min, siis oli see küll alla 6 min, kuid võrreldes 'Ada' ja 'Skageniga' oli see parem.

Tabel 3. Talinisu sordi 'Perenaise' küpsetusomadused Jõgeval 2015–2020

Aasta	Sort, %	Proteiini- sisaldus	Kleepevalgu - sisaldus	Gluteeni - indeks	Langemisarv	Alveograafi W	Alveograafi P/L	Veesidumis- võime	Taigna stabiilsuse aeg
		%	%	%	sek			%	min
2015	Perenaise	12,4	28,6	57	431	X	X	57,8	6,5
	% keskm.	108	113	103	113	X	X	107	127
2016	Perenaise	14,9	41,0	56	460	X	X	X	X
	% keskm.	105	112	112	112	X	X	X	X
2017	Perenaise	11,8	28,3	59	427	277	0,90	X	X
	% keskm.	111	116	110	122	153	135	X	X
2018	Perenaise	14,4	34	64	485	333	1,26	X	X
	% keskm.	112	118	91	122	117	90	X	X
	% Adast	108	116	89	119	117	102	X	X
	% Skagenist	112	119	78	105	121	191	X	X
2019	Perenaise	14,3	36,1	60	394	X	X	67	5,30
	% keskm.	111	118	108	115	X	X	103	139
	% Adast	104	111	153	109	X	X	106	133
	% Skagenist	108	109	132	103	X	X	105	135
2020	Perenaise	10,0	22,0	76	291	X	X	X	X
	% keskm.	110	129	95	135	X	X	X	X
	% Adast	98	111	90	113	X	X	X	X
	% Skagenist	108	126	80	92	X	X	X	X

% keskm. – sort 'Perenaise' omaduste suhtväärtus kogu katse keskmistesse tulemustesse ja standardi väärtustesse

Alveogrammi W on tähtis näitaja nisu ekspordi puhul mõnedesse riikidesse (Hispaania, Itaalia, Türgi jne). Ekspordi kvaliteeti hinnatakse seejuures koos proteiinisalduse tasemega. Alveogrammi analüüsi andmed on 'Perenaisel' aastast 2017 ja 2018. Mõlemal aastal oli 'Perenaise' W väärtus suurem kui katse keskmine ja arvuline väärtus 277 ja 333. Sealjuures proteiinisaldus oli 2017. a 11,8 ja 2018. a 14,4%. Näiteks Alžeeriasse ja Egiptusesse eksportides pidi minimaalne proteiinisaldus olema 11% ja W 160 (J. Toomet, isiklik vestlus 2018). Kuid palju kõrgema kvaliteediga nisu viiakse Hispaaniasse ja Itaaliasse – proteiin peaks olema 14% ja W vähemalt 300. Mida suurema W väärtusega nisu suudab kasvataja garanteerida kõrge proteiinisalduse tasemel, seda suurem on ka kauba väärtus. Eelnimetatust lähtuvalt võib sort 'Perenaise' anda väga hea ekspordiväärtusega nisu saagi.

Talinisu 'Perenaise' oli haigusele soodsatel ilmastikutingimustel mõõdukalt vastuvõtlik jahukastele, võrreldes katse keskmistega nakatus helelaiksusesse ja

nisu-pruunlaiksusesse (DTR) vähem (tabel 4). Kollase rooste levikule soodsatel aastatel 'Perenaise' ei nakatunud. Samuti ei ole ta aretusprotsessi käigus näidanud tugevat vastuvõtlikkust lumiseenele või teistele talvitumishaigustele. 2020. a oli mõnedel sortidel märgata punakastesse nakatumist, kuid 'Perenaisel' seda ei olnud.

Tabel 4. Talinisu sordi 'Perenaise' vastuvõtlikkus erinevatele haigustele (pallides*) ja võrdlus katse keskmisega ning standardsortidega (%) Jõgeval 2015–2020

Aasta	Sort, %	Jahu- kaste	Hele- laiksus	DTR	Lumi- seen	Kollane rooste
2015	Perenaise	2,0	3,0	1,0	X	X
	% keskm.	117	88	48	X	X
2016	Perenaise	1,0	1,0	2,0	3,7	1,0
	% keskm.	71	48	87	105	75
2017	Perenaise	3,0	2,0	2,0	1,0	1,0
	% keskm.	120	89	114	85	46
2018	Perenaise	1,0	1,5	1,5	X	X
	% keskm.	100	68	54	X	X
	% Adast	100	100	100	X	X
	% Skagenist	100	75	33	X	X
2019	Perenaise	7,0	4,5	3,5	X	X
	% keskm.	117	115	95	X	X
	% Adast	117	129	78	X	X
	% Skagenist	140	113	100	X	X
2020	Perenaise	X	2,0	1,0	X	X
	% keskm.	X	68	72	X	X
	% Adast	X	67	50	X	X
	% Skagenist	X	86	100	X	X

*1 – 9 palli, 1 = haigust ei esinenud; 9 = maksimaalselt haigestunud; DTR – nisu-pruunlaiksus

Kokkuvõte

Uue talinisu sordi 'Perenaise' vanemad on 'Portal' ning 'Ada'. Ristlused tehti selle sordi saamiseks 2001. a ning sordilehte võeti 'Perenaise' 2019. aastal. Sort on väga hea küpsetusvaliteediga – kõrge proteiini- ja eriti kõrge kleepevalgusisaldusega, sobivas vahemikus gluteeniindeksiga, hea langemisarvuga, mis peab vastu ka niiskemal koristusperioodil. Sordil on väga head tulemused ka taigna analüüsil – väga hea taigna stabiilsuse aeg. Kuna koos kõrge proteiini- sisaldusega on sel sordil ka väga hea alevograafi W väärtus, on 'Perenaisel' potentsiaali ka eksportnisuna. Talvekindlus on 'Perenaisel' olnud hea. Mahukaal on väga hea, tera pigem väiksem (kuid võrreldes 'Adaga' suurem). Peentera osakaal võib olla veidi suurem kui 'Skagenil' kuid 'Adast' enamikel aastatel väiksem.

‘Perenaise’ saagi tase on keskmine kuni hea, kasvuaeg ‘Adast’ pikem ja ‘Skagenist’ lühem. Kuna tegu on pikemakõrrelise sordiga, võiks selle kasvatamisel kasutada kõrretugevdajat. Haigustele väga vastuvõtlik ei ole. Kuid jahukastele soodsatel aastatel võib siiski keskmiselt või üle selle nakatuda. Kollase rooste leviku aastatel tal kahjustusi ei ole olnud.

Kasutatud kirjandus

Roosimäe, R., Soorm, Ü. 2014. Sortide üldtendentside analüüsimine. MTÜ Eesti Seemneliit. Aruanne.

Oilseeds. Toiduteravili. www.oilseeds.ee (13.01.2021)

Sordileht. pta.agri.ee. (13.01.2021)

Sordiregister. pta.agri.ee. (13.01.2021)

Tamm, I. 2016. Sortide üldtendentside analüüsimine. Lõpparuanne. https://www.pikk.ee/upload/files/Sortide_tendantsid_1%C3%B5pparuanne_2016-1.pdf (13.01.2021)

Tartu Mill. Vilja kokkuost. Kvaliteedinõuded toidunisule. www.tartumill.ee (13.01.2021)

SUVI- JA TALINISU ENAMLEVINUD SORTIDE OLULISED ERISTAMISTUNNUSED PÕLDTUNNUSTAMISEL

Merlin Haljak, Anne Ingver, Reine Koppel

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Haljak, M., Ingver, A., Koppel, R. 2021. The effect of variety on morphological characteristics and their variability of the most commonly cultivated varieties of spring and winter wheat. – *Agronomy 2021*.

The study (2017–2019) evaluated morphological characteristics of seven spring wheat (SW) and winter wheat (WW) varieties, and the variability and effect of year and variety on the expression of these characteristics. The following characteristics were described: the frequency of plants with recurved flag leaves, the glaucosity of the flag leaf sheath, the glaucosity of the culm neck, the ear glaucosity, ear shape profile, awns or scurs at the tip of the ear, and the ear colour. Data were analysed by multifactorial analysis of variance. The main factor influencing all the characteristics was variety. The most important and the most clearly identifiable characteristics by field inspection were the flag leaf sheath glaucosity, the glaucosity of the culm neck, the ear glaucosity, and the presence of awns or scurs at the tip of the ear. Varieties Mooni (SW), Edvins, and Ramiro (WW) had the most strongly curved flag leaves. Varieties Hiie, Sorbas (SW), Ada, Kallas, and Ruske (WW) had very strong flag leaf sheath glaucosity. Varieties KWS Scirocco, Calixo (SW), and Fredis (WW) had the weakest flag leaf sheath glaucosity. Varieties Granny (SW), Ruske, and Edvins (WW) had awns. The majority of the varieties had a tapered head shape, only varieties KWS Scirocco (SW), Ramiro, and Ruske (WW) had a parallel-sided shape in profile. Ruske was the only variety which had coloured heads.

Keywords: *spring wheat, winter wheat, morphological characteristics, field inspection*

Sissejuhatus

Nisu on Eestis kasvatatavate teraviljade hulgas tähtis kultuur. Statistikaameti andmetel kasvatati Eestis 2020. aastal teravilja 369 879 hektaril, millest nisu moodustas veidi alla poole (167 933 ha) kogu teravilja pinnast (Statistikaamet). Suvinisu kasvatati 50 063 ja talinisu 117 870 hektaril.

2019. aastal jõustus “Taimede paljundamise ja sordikaitse seaduse” seemnete sertifitseerimise toimingutes muudatus, täpsemalt põldtunnustamises. Vastavalt eelpool nimetatud seaduse muudatusele saab ettevõtja (seemnetootja) põldtunnustamist oma ettevõttes ise teha, kui on olemas vastavasisuline tegevusluba ja läbitud põldtunnustaja aluskoolitus. Samuti võib teha põldtunnustamist seemnetootja ettevõttes lepingu alusel tegutsev nõuetele vastav, koolituse läbinud ja kehtiva tunnistusega isik (Veterinaar- ja Toiduamet).

Seemnepõldude tunnustamise üks eesmärk on sordiehtsuse ja -puhtuse määramine (Veterinaar- ja Toiduamet). Antud artiklis käsitletakse lähemalt suvi- ja talinisu enamkasvatatavaid (kasvupinna alusel) sorte ja nende morfoloogilisi ehk väliseid, sortide eristamise, tunnuseid. Uurimuse eesmärk oli hinnata suvi- ja

talinisu sortide morfoloogiliste tunnuste varieeruvust, kasvuaasta ja sordi mõju ning nende faktorite koosmõju. Tunnuste hindamine viidi läbi kolmel järjestikusel katseaastal. Artikkel kirjutati lähtudes praktilisest vajadusest ja on suunatud põldtunnustajatele, põllumeestele ning sertifitseeritud seemne tootjatele.

Materjal ja meetodika

Põldkatses olid vaatluse all järgmised suvinisu sordid: 'Calixo', 'Hiie', 'Granny', 'KWS Scirocco', 'Licamero', 'Mooni' ja 'Sorbas'. Talinisu sortidest valiti hindamiseks 'Ada', 'Edvins', 'Fredis', 'Kallas', 'Ramiro', 'Skagen' ja 'Ruske'. Mõlemad katsed rajati kolmes korduses 9 m² suurustele katselappidele. Morfoloogilisi tunnuseid vaadeldi aastatel 2017–2019. Hinnati järgmisi tunnuseid: kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus, lipulehe lehetupe, pea ja kõrrekaela glaukosiidsus, pea kuju profiilis, pea värvus ning ohete ja ogateravike pikkus.

Morfoloogiliste tunnuste hindamisel kasutati Ühenduse Sordiameti (*Community Plant Variety Office*) meetodilist juhendit (CPVO, 2011). Tunnuseid hinnati valdavalt üheksapallilise skaala järgi, kus 1 oli nõrgim ja 9 tugevaim tunnuse esinemisaste. Tunnuste võrdlemisel kasutati CPVO juhendis etteantud näitesorte.

Iga morfoloogilise tunnuse määramiseks on vastav fenoloogiline faas. Aastast 1979 kasutatakse teraviljade fenoloogiliste arengustaadiumite ehk kasvufaaside (kf) kindlaksmääramiseks Euroopa Sordiaretajate Assotsiatsiooni (*EUCARPIA*) poolt avaldatud skaalat ehk numbrilist vahemikku 1–100 (MES nõuandeteenistus).

Kolme uuritud katseaasta ilmastik oli erinev. 2017. aasta vegetatsiooni-periood oli jahe ja vihmane, seevastu 2018. aasta ilm oli kuum ja sademetevaene. 2019. aasta suvel vaheldusid jahedamad ja soojemad perioodid ja sademeid nappis.

Katseandmed analüüsiti andmetöötlusprogrammi AGROBASE II abil. Aasta, sordi ja nende kahe faktori koosmõju hindamiseks uuritud morfoloogilistele tunnustele kasutati faktoriaalset dispersioonanalüüsi (ANOVA). Erinevate faktorite osakaalu vaadeldud tunnuste variatsioonile hinnati determinatsiooniindeksiga. Morfoloogilistele tunnuste võrdlemisel kasutati usaldusläve 0,05, aastate vaheliste erinevuste võrdlemisel usaldusläve 0,001.

Tulemused ja arutelu

Kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus. Lipulehe kooldumist hinnatakse alates loomiseelsest kõrrekasvust kuni loomise alguseni (kf 47–51). Tavaliselt minnakse põllule tunnustama pärast loomisfaasi ja siis võib olla selle tunnuse õiget avaldumist keeruline määrata. Seetõttu peab alati jälgima, millisel kasvuperioodil on konkreetset tunnust õige aeg hinnata. Suvinisu sortidest oli lipulehtede kooldumise tunnus tugev sordil 'Mooni' (7 palli) ja tunnus puudus või oli väga nõrk sordil 'Sorbas' (1 pall) (tabel 1). Sortidel 'Hiie' ja 'KWS Scirocco' oli kooldumise osatähtsus nõrk (3 palli) ehk taimikus esines rohkem püstiseid

Tabel 1. Suvi- ja talinisu sortide morfoloogiliste tunnuste esinemistugevus

Morfoloogilised tunnused	Tunnus kõige nõrgem		Tunnus kõige tugevam	
	Suvinisu	Talinisu	Suvinisu	Talinisu
Kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus	Sorbas	Ada, Skagen	Mooni	Edvins, Ramiro
Lipulehe lehetupe glaukosiidsus	KWS Scirocco	Fredis	Hiie, Sorbas	Kallas
Kõrrekaela glaukosiidsus	KWS Scirocco	Fredis	Hiie	Kallas, Ruske
Pea glaukosiidsus	KWS Scirocco, Calixo	Fredis	Sorbas	Ada, Kallas
Ohete ja ogateravike pikkus pea tipus	Hiie, KWS Scirocco, Mooni, Sorbas	Ada, Skagen, Kallas	Edvins (ohetega), Fredis (ohetega), Ramiro (ogateravikega)	Granny (ohetega), Calixo (ogateravikega)

lipulehti. Sortidel 'Granny' ja 'Licamero' oli kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus keskmine (5 palli). Talinisu sortidest oli lipulehe kooldumise osatähtsus väga nõrk sortidel 'Ada' ja 'Skagen' ja nõrk sordil 'Fredis'. Samas sortidel 'Edvins' ja 'Ramiro' avaldus tunnus väga tugevalt. Kooldunud lipulehtede hulk varieerus sordil 'Kallas' keskmisest tugevani ja sordil 'Ruske' nõrgast keskmiseni.

Lipulehe kooldumise tunnuse varieerumine sõltus peamiselt sordist (tabel 2). Tunnuse keskmine hinne oli suvinisul kõrgeim 2017. ja madalaim 2018. aastal. Võrreldes kolme katseaastat, oli suurim variatsioonikoefitsient (CV) sordil 'Calixo' (32,2%) ja väikseim sordil 'Hiie' (7,6%). Ühtlased olid sordid 'Mooni' ja 'Sorbas'. Talinisu sortidel olid lipulehe kooldumise osatähtsuse hindepallid samuti kõrgeimad 2017. ja madalaimad 2018. aastal. Tunnuse kõikumine oli kõige suurem kolme aasta jooksul sordil 'Skagen' (33,4%) ja kõige väiksem sordil 'Kallas' (5,7%). Tunnuse avaldumise tugevus oli ühesugune kõigil kasteaastatel sortidel 'Edvins', 'Ramiro' ja 'Ruske'.

Lipulehe lehetupe glaukosiidsus. Glaukosiidsus ehk hallikassinine vahajas kirme on sortide eristamisel tähtis morfoloogiline tunnus. Mõned sordid on kirmeaga tugevamini kaetud, mõned nõrgemalt. Ulvineni andmetel (1974) sõltub glaukosiidsuse intensiivsus olulisel määral ilmastikust, olles tugevam põuasel ja päikespaistelisel, nõrgem aga vihmasel ja jahedal kasvuperioodil.

Tunnust hinnatakse taimiku õitsemise algusest täisõitsemiseni (kf 60–65). Suvinisu puhul oli väga tugev (9 palli) glaukosiidne kirme sortidel 'Hiie' ja 'Sorbas', tugev (7 palli) sortidel 'Granny' ja 'Mooni'. Sordil 'KWS Scirocco' oli tunnus keskmise ja tugeva vahepealne (6 palli). Talinisu taimedel oli hallikassinine

vahajas kirme väga tugev ainult sordil 'Kallas', keskmise ja tugeva vahepealne sortidel 'Ada' ja 'Edvins' ning tugeva ja väga tugeva vahepealne sortidel 'Skagen' ja 'Ruske'. Sordil 'Ramiro' oli glaukosiidsus keskmine ja sordil 'Fredis' nõrk.

Suurim mõju tunnuse esinemisele oli mõlema nisu puhul sordil. Lipulehe lehetupe glaukosiidsus oli nii suvi- kui talinisu sortide puhul kõige tugevam 2018. aastal. Suvinisu oli tunnus nõrk võrdselt 2017. ja 2019. aastal ning talinisu 2019. aastal. Suvinisu taimedel oli tunnuse erinevus kolme katseaasta tulemuste järgi suurim sordil 'Calixo' (18,2%) ja väikseim sordil 'Mooni' (2,4%). Ühtlased olid sordid 'Granny' ja 'Sorbas'. Talinisu taimedel oli kolme aasta põhjal tunnuse erinevus väikseim sordil 'Ada' (9,8%) ja suurim sordil 'Ramiro' (15,3%) ning kõige ühtlasem oli sort 'Kallas'.

Kõrrekaela glaukosiidsus. Tunnust hinnatakse taimiku õitsemise algusest õitsemise lõpuni (kf 60–69). Suvinisu taimedel avaldus tugevaim (9 palli) glaukosiidsus kõrrekaelal sordil 'Hiie'. Sortidel 'Mooni', 'Sorbas' ja 'Granny' hinnati tunnus tugevaks (7 palli). Sortidel 'Calixo' ja 'Licamero' olid kõrrekaela glaukosiidsuse hindepallid keskmise kuni tugeva vahepealsed (6 palli) ning keskmine oli tunnuse esinemine sordil 'KWS Scirocco' (5 palli). Talinisu sordid 'Kallas' ja 'Ruske' olid väga tugeva glaukosiidse kirmega kaetud. Tunnus oli keskmise ja tugeva vahepealne sortidel 'Ada' ja 'Edvins'. Sordil 'Skagen' oli tunnus keskmine ning sordil 'Ramiro' jäi tunnus nõrga ja keskmise vahepeale. Sordil 'Fredis' oli glaukosiidne kirme kõrrekaelal nõrk.

Kõrrekaela glaukosiidsus sõltus suurel määral sordist. Suvinisu sortidel oli kõrrekaela glaukosiidsus tugevaim 2017. ja nõrgim 2019. aastal. Antud uurimuses ei täheldatud põua tingimustes kasvanud suvinisu väga tugevat vahakirmit. Talinisu sortidel oli kõrrekaela glaukosiidsus tugevaim 2018. aastal.

Tabel 2. Suvi- ja talinisu morfoloogiliste tunnuste determinatsiooniindeksid

Morfoloogilised tunnused	Determinatsiooni indeks (%)			
	Sort R_S^2		Aasta*Sort $R_A^2 * R_S^2$	
	Suvinisu	Talinisu	Suvinisu	Talinisu
Kooldunud lipulehtedega taimede osatähtsus	84,8***	97,8***	9,4***	1,2***
Lipulehe lehetupe glaukosiidsus	87,9***	86,9***	5,2**	6,2***
Kõrrekaela glaukosiidsus	68,8***	91,6***	14,2***	4,7***
Pea glaukosiidsus	75,1***	89,0***	7,4 ns	6,6***
Pea kuju	86,6***	85,4***	7,3***	4,5 ns
Ohete ja ogateravike pikkus pea tipus	97,6***	94,8***	1,3***	2,9***

ns = mitte usutav; ***, **, * usutav vastavalt $p < 0,001$; 0,01; 0,05

Kolme aasta andmetel oli selle tunnuse varieerumine väikseim suvinisu sortidel 'Granny' ja 'Mooni' (2,4%) ning tugevaim sordil 'Calixo' (26,1%). Talinisu sordil 'Kallas' oli tunnuse varieerumine väikseim (5,0%) ja suurim sordil 'Edvins' (15,5%). Kõige ühtlasem oli tunnuse avaldumine sordil 'Ruske'.

Pea glaukosiidsus. Tunnust hinnatakse taimiku õitsemise algusest õitsemise lõpuni (kf 60–69). Pea glaukosiidsus oli suvinisu taimedel tugev sordil 'Sorbas' (7 palli), keskmise ja tugeva vahepealne sortidel 'Mooni' ja 'Granny' (6 palli) ning keskmine sortidel 'Licamero' ja 'Hiie'. Sortidel 'KWS Scirocco' ja 'Calixo' oli pea glaukosiidsus nõrga ja keskmise vahepealne (4 palli). Talinisu sortidel 'Ada' ja 'Kallas' oli pea glaukosiidsus keskmine kuni tugev. Tunnuse avaldumine oli keskmine sortidel 'Ruske' ja 'Skagen' ning nõrk kuni keskmine sordil 'Edvins'. Sordil 'Ramiro' oli pea nõrgalt glaukosiidne ning tunnus puudus sordil 'Fredis'.

Pea glaukosiidsuse astet mõjutas enim sort. Suvinisu sortidel oli selle tunnuse avaldumine tugevaim 2017. ja nõrgim 2018. aastal. Suvinisu sortide pea glaukosiidsusele põud olulist mõju ei avaldanud. Talinisu sortidel oli pea glaukosiidsus tugevaim 2018. ja nõrgim 2019. aastal.

Suvinisul varieerus tunnus vähim kolme aasta keskmisena sordil 'Sorbas' (4,8%) ja enim sordil 'KWS Scirocco' (17,3%). Talinisu sortide kolme aasta keskmine tunnuse varieeruvus oli väikseim sordil 'Skagen' (3,4%) ja suurim sordil 'Edvins' (27,3%) ning ühtlaseim oli tunnuse osas sort 'Fredis'.

Lipulehe lehetupe, kõrrekaela ja pea glukosiidsus on põldtunnustajale hästi märgatavad morfoloogilised tunnused ja abiks sortide eristamisel.

Pea kuju. Pea kuju hinnatakse täisküpsuse ajal (kf 92), kui tera on kõva ega ole enam küünega tükeldatav. Enne täisküpsuse saabumist on pea kuju määramine ebatäpne, sest terade täitumise jooksul võib pea kuju muutuda. Üldiselt, enne koristusküpsuse saabumist peab viljapõld olema tunnustatud.

Pea kuju hindamise skaala oli järgmine: koonusjas (1 pall), silinderjas (2 palli), poolnuijas (3 palli), nuijas (4 palli) ja käävjas (5 palli). Uuritud suvi- ja talinisu sortidel oli pea kujul valdavalt kaks tüüpi: koonusjas ja silinderjas, mõnel sordil ka kahe nimetatud tüübi vahepealne.

Suvinisu sordid 'Calixo', 'Granny', 'Licamero' ja 'Sorbas' olid koonusja pea kujuga (1 pall). Silinderjas pea kuju oli sordil 'KWS Scirocco' (2 palli). Sortide 'Mooni' ja 'Hiie' pea kuju jäi koonusja ja silinderja vahepealseks (1,5 palli). Talinisu sortidel 'Edvins', 'Fredis', 'Kallas' ja 'Skagen' olid pead koonusjad ning sortidel 'Ramiro' ja 'Ruske' silinderjad. Sordi 'Ada' pea kuju oli koonusja ja silinderja vahepealne. Nii suvi- kui ka talinisu uuritud sortidel oli pea kujule suurim usutav mõju sordil. Pea kuju varieerus kolme vaatlusaasta jooksul sortidel 'Hiie' ja 'Mooni', teiste suvinisu sortide vastav tunnus katseperioodil ei muutunud. Talinisu sortidel oli mõningane pea kuju varieerumine sortidel 'Ada', 'Ramiro' ja 'Skagen'. Ühtlased olid sordid 'Edvins', 'Fredis', 'Kallas' ja 'Ruske'.

Ohete ja ogateravike pikkus pea tipus. Tunnust määratakse põllul vahaküpsuse faasist täisküpsuseni (kf 80–92). Ohete ja ogateravike pikkus on samuti sortide eristamisel oluline tunnus. Uuritud suvinisu sortidest oli ohetega sort ‘Granny’, ülejäänud sortidel olid ogateravikud. ‘Grannyl’ olid väga pikad (9 palli) ohted. Kõige pikemate ogateravikega oli sort ‘Calixo’ (7 palli), lühikesed ogateravikud olid sortidel ‘Hiie’, ‘KWS Scirocco’, ‘Mooni’ ja ‘Sorbas’ (3 palli). Sordi ‘Licamero’ ogateravikud olid lühikesed kuni keskmised (4 palli). Talinisu sordid ‘Edvins’ ja ‘Fredis’ olid ohtelised ja ohete pikkused olid esimesena nimetatud sordil lühikesed kuni keskmised ning teisel sordil pikad. Sordid ‘Ada’, ‘Kallas’ ja ‘Skagen’ olid lühikeste ogateravikega, sordi ‘Ruske’ ogateravike pikkus oli keskmine kuni pikk. Pikad ogateravikud olid sordil ‘Ramiro’. Suurim usutav mõju antud tunnusele oli sordil.

Suvinisul varieerusid ogateravike pikkuse hindepallid kolme katseaasta jooksul kõige rohkem sordil ‘KWS Scirocco’ (14,3%) ja kõige vähem sordil ‘Calixo’ (5,4%). Selle tunnuse osas oli ühtlaseim sort ‘Granny’. Talinisu sortidest oli suurim varieeruvus sordil ‘Edvins’ (25,6%) ja väikseim sordil ‘Ruske’ (4,1%). Sordid ‘Fredis’, ‘Ramiro’ ja ‘Skagen’ olid hinnatud tunnuse puhul kõige ühtlasemad.

Pea värvus. Pea värvus on sortide eristamisel väga hea tunnus. Enamus kasvatatavaid sorte on valgepealised ja mõned üksikud sordid värvunud peaga. Pea värvuse skaala on järgmine: valge (1 pall), värvunud (2 palli). Tunnuse hindamise aeg on täisküpsus (kf 90–92), selleks ajaks on tavaliselt põldtunnustamine lõppenud. Kuna nisu pea värvub alles küpsuse faasis, on sordiehtsuse määramisel soovitatav antud tunnuse esinemine üle kontrollida. Katses olnud suvinisu sordid olid kõik valgepealised, seetõttu ainult selle tunnuse järgi neid eristada ei saanud. Talinisu sortidest oli värvunud peaga sort ‘Ruske’, ülejäänud hinnatud sordid olid valgepealised.

Kokkuvõte

Kõikide hinnatud morfoloogiliste tunnuste esinemist mõjutas suurimal määral sort. Põldtunnustajale kõige paremini märgatavad tunnused on lipulehe lehetupe, kõrrekaela ja pea glaukosiidsus ning ogateravike pikkus, mille õige hindamise aeg on õitsemise algusest vahaküpsuse lõpuni. Tunnustele, nagu pea kuju ja värvus, tuleb hinnang anda täisküpsuses. Lipulehed olid kõige tugevamalt kooldunud suvinisu sordil ‘Mooni’ ning talinisu sortidel ‘Edvins’ ja ‘Ramiro’. Püstised lipulehed olid suvinisu sordil ‘Sorbas’ ja talinisu sortidel ‘Ada’ ja ‘Skagen’. Väga tugev lehetupe glaukosiidsus oli suvinisu sortidel ‘Hiie’ ja ‘Sorbas’ ning talinisu sortidel ‘Ada’, ‘Kallas’ ja ‘Ruske’. Glaukosiidsus oli kõige nõrgem suvinisu sortidel ‘KWS Scirocco’ ja ‘Calixo’ ning talinisu sordil ‘Fredis’. Ohetega oli suvinisu sort ‘Granny’ ning talinisu sordid ‘Ruske’ ja ‘Edvins’. Koonusjas pea kuju oli suvinisu sortidel ‘Calixo’, ‘Granny’, ‘Licamero’, ‘Sorbas’ ja talinisu

sortidel 'Edvins', 'Fredis', 'Kallas', 'Skagen'. Silinderja pea kujuga oli suvinisu 'KWS Scirocco' ja talinisu sordid 'Ramiro' ning 'Ruske'. Pea oli värvunud ainult talinisu sordil 'Ruske', ülejäänud, nii suvi- kui ka talinisu sordid, olid valgete peadega.

Kasutatud kirjandus

Protocol for Distinctness, Uniformity and Stability Tests. Wheat. 2011. – Community Plant Variety Office (CPVO). European Union, pp. 9–19.

MES nõuandeteenistus. [https://www.pikk.ee/valdkonnad/taimekasvatus/teraviljakasvatus/kasvufaasid/\(05.01.2021\)](https://www.pikk.ee/valdkonnad/taimekasvatus/teraviljakasvatus/kasvufaasid/(05.01.2021))

Statistikaamet. <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/pollumajandus-kalandus-ja-jahindus/pollumajandus> (08.12.2020)

Veterinaar- ja Toiduamet. <https://pta.agri.ee/pollumehele-ja-maaomanikule/taimekasvatus/sordid#pollukultuuride-sordid> (07.01.2021)

Ulvinen, O. 1974. Lajikkeen aitouden tarkastus. – Pohjoismaine siementarkastuskäsikirja 10. Valtion siementarkastuslaitos, 63 s. (soome keeles)

TALINISU KÜPSETUSKVALITEEDI PARANDAMISE VÕIMALUSI MAHEVILJELUSES

Reine Koppel, Merili Toom, Lea Narits

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Koppel, R., Toom, M., Narits, L. 2021. The effect of hairy vetch intercropped with winter wheat on wheat yield and baking quality. – *Agronomy* 2021.

Intercropping of cereals and legumes is an opportunity to increase the grain yield and quality in organic farming. A field experiment at the Estonian Crop Research Institute evaluated the effect of intercropping winter wheat with hairy vetch on the baking quality and yield of the wheat. Two winter wheat varieties (Kallas and Ada) were sown at a seeding rate of 350 germinating seeds m⁻² together with three different seeding rates of hairy vetch (5, 10, and 20 kg ha⁻¹). Hairy vetch improved the baking quality of both winter wheat varieties, the effect was highest with higher seeding rates of hairy vetch. The yield of both winter wheat varieties decreased and lodging increased with the higher seeding rates of hairy vetch.

Keywords: *wheat, hairy vetch, organic farming, baking quality*

Sissejuhatus

Mahepõllumajanduskultuuride kasvupind on Eestis aasta-aastalt suurenenud, olles 2019. aastal juba 220,7 tuh ha (Statistikaamet). Sarnases kasvutrendis on olnud ka maheteravilja kasvupind. 2020. aastal oli see 45,1 tuh ha, millest üle poole (25 tuh ha) moodustas kaer ja sellele järgnes nisu (9,7 tuh ha) (Aller, 2020).

Teraviljadest kasvatatakse mahepõllumajanduses kõige rohkem kaera, sest see on kasvutingimuste suhtes vähenõudlikum. Nisu vajab korraliku saagi ja kvaliteedi moodustamiseks viljakamaid tingimusi, eriti tähtis on mullast lämmastiku kättesaamine.

Maheviljeluse tingimustes on nisul tavaliselt väiksem saak ja madalam küpsetuskvaliteet. Nii on ETKI mahekatses Jõgeval talinisu saak moodustanud nn tavakatse saagist 52–89%, 2018. aastal isegi vaid 30% (andmed ETKI aruannetest).

Nisu küpsetuskvaliteedi iseloomustamiseks kasutatakse väga tihti proteiinisaldust ja seda nii tava- kui ka maheviljeluses (David jt, 2008). Proteiinisaldus on seotud pea kõigi taigna segamisomadustega ja on küpsetusprotsessi tulemuse mõjutaja. On leitud, et maheviljeluses on nisu proteiinisaldus madalam, taigna segamisomadused nõrgemad ja pätsi maht väiksem kui tavaviljeluses (Gooding jt, 1993). Sama tulemus on saadud ka ETKI mahekatsetes, kus sortide keskmine proteiinisaldus on olnud keskmiselt 2,2 protsendiühikut väiksem kui tavakatses (lämmastikvæetise foonil 150 kg ha⁻¹) (andmed ETKI aruannetest). Aastatel 2015–2019 oli tavakatse talinisu sortide keskmine proteiinisaldus 12,4% ja mahekatses 10,2%.

Häglung jt (1998) leidsid, et kui proteiinisaldus on väiksem kui 12%, siis on optimaalse taigna konsistentsi saamiseks vajalik pikem segamisaeg ja kui proteiinisaldus on alla 8%, ei saa küpsetustestis rahuldavat pätsi ruumala. Loes jt (2020) väidavad, et Norras soovib pagaritööstus küpsetuseks nisu, mille proteiinisaldus on vähemalt 11,5%. Eestis on mahe toidunisu kokkuostul nõutud samuti proteiinisaldust vähemalt 11,5% (Scandagra). Sellise taseme saavutamiseks on maheviljeluses vaja leida võimalusi nisu kasvutingimuste, eeskätt mulla viljakuse (lämmastikuisalduse) parandamiseks.

Üheks võimaluseks mahetingimustes mullaviljakuse parandamiseks on külvikorras liblikõieliste vahekultuuride ja segukülvide kasvatamine. Eestis on uuritud võimalusi maheviljeluses nisu proteiinisalduse suurendamiseks kasutades eelviljana liblikõielisi liike (Ingver jt, 2019).

Huvi tera- ja kaunviljade segukülvide vastu on Euroopas pidevalt kasvamas ja seda eriti mahetaimekasvatuses. Segukülvidega on saadud võrdseid või isegi suuremaid saake võrreldes puhaskülvidega (Naudin jt, 2007). Segukülv võimaldab kasutada paremini valgust, toitaineid, niiskust ja suurendada ning stabiliseerida saaki võrreldes puhaskülviga. Need eelised koos täiendavate lämmastikuallikate (õhu ja mulla N) kasutamisega on põhjused, miks segukülvid on just mahetootjate huviorbiidis (Bedoussac jt, 2007). Segukülvides kasvatatavate kultuuride saak ja kvaliteet võivad sõltuda liigist, külvisenormidest ja liikidevahelisest konkurentsivõimest (Lithourgidis jt, 2007; Känkänen, Eriksson 2007).

Talivikk on üks vähestest üheaastastest liblikõielistest, mis seob suures koguses lämmastikku ja on võimeline talvituma ka põhjamaistes kliimatingimustes (Brandsæter jt, 2000; Teasdale jt, 2004; Wilke, Snapp, 2008; Mirsky jt, 2017). Talivikk vahekultuurina on Eesti tingimustes hästi talvituv, seob suure koguse N ja mõjutab positiivselt järgneva suviadra saaki (Toom, 2019a; Toom, 2019b).

Antud artiklis käsitletakse maheviljeluses taliviki kasutamist talinisu küpsetusomaduste parandamiseks. Uuritakse talinisu-taliviki segukülvi ja taliviki erinevate külvisenormide mõju talinisu küpsetuskvaliteedile ja saagile.

Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi ETKI Jõgeva Sordiaretuse mahekatse alal 2019/2020 aastal. Eelvili oli punane ristik. Katse kaheksa variandiga (tabel 1) külvati 4. septembril 2019. aastal 5 m² katselappidele randomiseeritult kolmes korduses.

Talinisu sordid 'Kallas' ja 'Ada' külvati normiga 350 idanevat tera m⁻², taliviki sordil 'Villana' kasutati kolme erinevat külvisenormi (5, 10 ja 20 kg ha⁻¹). Talinisu sortide valikul peeti silmas, et üks oleks kõrge proteiinisaldusega toidunisu ja teine suure saagipotentsiaaliga sort.

Kasvuajal määrati katselappidel lamandumine (1–9 palli, kus 1 = nisu oli täielikult lamandunud, 9 = lamandumist ei olnud). Kõik katselapid koristati täisküpsuse alguses ja laboris kaaluti kuivatatud ning sorteeritud talinisu ja tali-

viki terasaak. Proteiini- ja kleepevalgusisaldus määrati FOSNIR meetodil ETKI laboratooriumis.

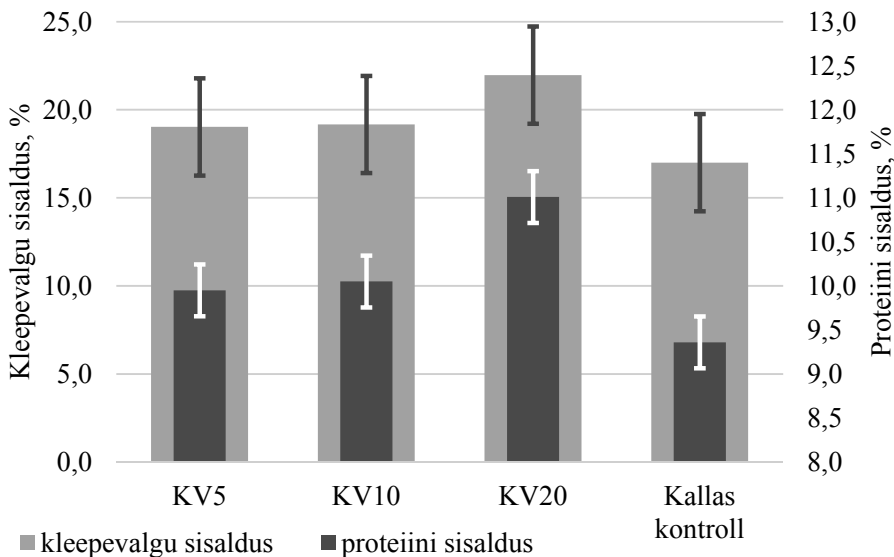
Tabel 1. Segukülvi katse variandid ja külvisenormid

Variant*	Talinisu sort	Talinisu külvisenorm** kg ha ⁻¹	Taliviki külvisenorm kg ha ⁻¹
AV5	Ada	159	5
AV10	Ada	159	10
AV20	Ada	159	20
KV5	Kallas	174	5
KV10	Kallas	174	10
KV20	Kallas	174	20
A kontroll	Ada	159	0
K kontroll	Kallas	174	0

*A = Ada, K = Kallas, V = Villana; **Talinisu külvisenorm 350 idanevat tera m⁻²

Tulemused ja arutelu

Talinisu sordi ‘Kallas’ proteiinisaldus oli segukülvis kõikide taliviki koguste puhul usutavalt suurem kui kontrollvariandis (joonis 1). KV5 ja KV10 variandi proteiinisalduse vahe ei olnud usutav. Taliviki külvisenorm 20 kg ha⁻¹ (KV20) suurendas aga ‘Kallase’ proteiinisaldust isegi 1,6 protsendiühikut (11,0%). Scandagra 2020. aasta mahevilja toidunisu kokkuostu määrani (11,5%) see siiski ei jõudnud.



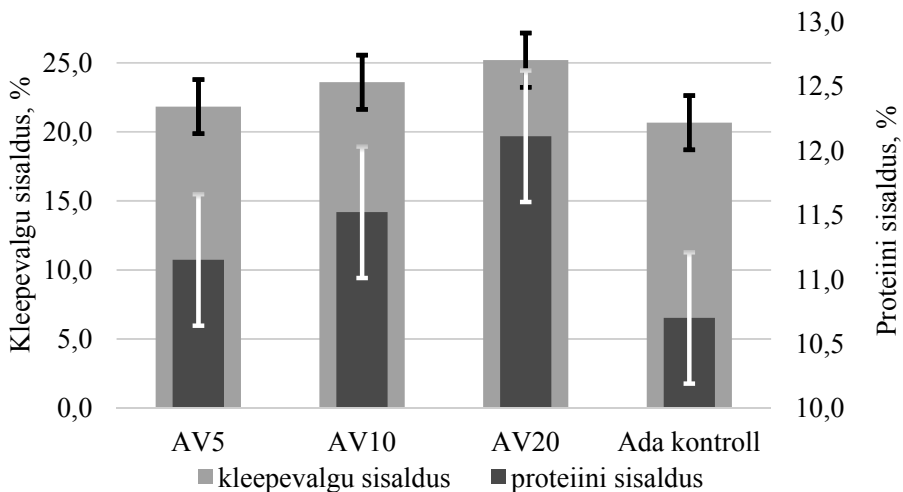
K = Kallas, V = Villana; taliviki külvisenormid, kg ha⁻¹: 5, 10, 20; I = PD_{0,05%}

Joonis 1. Sordi ‘Kallas’ proteiini- ja kleepevalgusisaldus erinevate taliviki külvisenormide puhul

Ka kleepevalgu sisaldus oli 'Kallasel' segukülvis talivikiga kõikides variantides usutavalt suurem kui kontrollvariandis. Kontrollvariandi kleepevalgu sisaldus 17,0% tõusis taliviki külvisenormi 20 kg ha⁻¹ (KV20) puhul isegi 22%-ni. Statistiliselt usutav viki külvisenormi mõju sordi 'Kallas' kleepevalgu suurenemisele võrreldes kontrollvariandiga oligi vaid KV20 variandis.

Talinisu sordil 'Ada' oli proteiinisaldus kontrollvariandis 10,7% ja segukülvis tõusis selle sordi proteiinisaldus isegi 12,1%-ni (AV20 variandis) (joonis 2). Mahe toiduvilja taseme saavutas 'Ada' taliviki külvisenormide 10 ja 20 kg ha⁻¹ kasutamisel. Kleepevalgu sisaldus oli 'Ada' kontrollvariandis 20,7% ning see tõusis variandi AV20 puhul 25,2%-ni. Statistiliselt usutav positiivne mõju 'Ada' kleepevalgu suurenemisele oli kõikide taliviki külvisenormide puhul.

Ka Bedoussac jt (2013) uurimistulemused näitasid, et segus kasvatades suurenes terade proteiinisaldus, kuigi nemad kasutasid teravilja-kaunvilja segu.



A = Ada, V = Villana; taliviki külvisenormid, kg ha⁻¹: 5, 10, 20; I = PD_{0,05%}

Joonis 2. Sordi 'Ada' proteiini- ja kleepevalgusisaldus erinevate taliviki külvisenormide puhul

Jensen (1996) ja Yverginaux jt (2007) leidsid, et proteiinisaldus teraviljadel oli sageli segaviljas kõrgem kui puhaskülvis. Mahetingimustes oli segukülvide tootlikus suurem kui puhaskülvides. Kadžiuliene ja Šarunaite (2013) katsest selgus, et nisu proteiinisaldus oli suurim segus vikiga võrreldes teiste liblikõielistega (põldhernes, lupiin, põlduba segus suvinisuga). Käesolev katse näitas, et talinisu puhul saab talivikiga segukülvis parandada proteiinisaldust ka Eesti tingimustes.

Uurimused on näidanud, et teravilja ja liblikõielise segukülv tagab lisaks kõrgemale proteiinisaldusele ka stabiilsema või kõrgema saagi (Yverginaux jt 2007, Bedoussac jt, 2013; 2015). Eestis on eelnevalt leitud, et suviviki segukülv suviodaraga mõjutas positiivselt nii odra proteiinisaldust kui ka saaki (Lauk jt, 1998; 2000). Kui proteiini ja kleepevalgu sisalduse suurenemisele aitas tali-

viki segukülv kaasa ka meie katses, siis talinisu saak oli kõigis taliviki segukülvi variantides usutavalt väiksem kui kontrollvariandis. ‘Kallase’ saak oli kontrollvariandis 7055 kg ha⁻¹ (tabel 2) ja vähenes lineaarselt taliviki külvisenormi suurenemisel.

Tabel 2. Talinisu ja taliviki saak ning lamandumiskindlus taliviki erinevate külvisenormide korral

Variant*	Talinisu saak kg ha ⁻¹	Taliviki saak kg ha ⁻¹	Lamandumiskindlus (palli) **
AV5	6146	2754	8,0
AV10	5191	1449	7,7
AV20	3638	722	6,0
A kontroll	6850	0	9,0
PD _{0,05}	624	305	0,3
KV 5	6232	645	8,3
KV10	5639	1393	7,3
KV20	3749	2834	6,3
K kontroll	7055	0	9,0
PD _{0,05}	382	299	0,6

*A = Ada, K = Kallas, V = Villana; taliviki külvisenormid, kg ha⁻¹: 5, 10, 20

**Lamandumine 1 – 9 palli, kus 1 = kogu lapp on lamandunud; 9 = lamandumist ei ole

KV20 variandis oli ‘Kallase’ saak võrreldes kontrollvariandiga 3306 kg ha⁻¹ võrra väiksem. Sama tendents oli sordil ‘Ada’. Kontrollvariandis oli ‘Ada’ saak 6850 kg ha⁻¹, AV20 variandis aga 3212 kg ha⁻¹ väiksem. Samaselt meie tulemustele näitas uuring Prantsusmaal, et nisu ja põldoa segukülv suurendas nisu proteiinisaldust 10%, kuid samal ajal saak vähenes 25–30% võrreldes nisu kasvatamisel puhaskultuurina (Gooding jt, 2007).

Mõlemad meie katses olnud talinisu sordid kuuluvad pigem pikema kõrrega sortide hulka. Maheviljeluses võib pikem kõrs olla eeliseks, siis on umbrohtudel vähem valgust arenemiseks. Kontrollvariandis oli mõlema sordi lamandumiskindlus väga hea, kuid taliviki külvisenormi suurenemisel vähenes ka talinisu lamandumiskindlus lineaarselt. Kui taliviki külvisenormi 5 kg ha⁻¹ puhul ei olnud talinisu lamandumine veel märkimisväärne, siis viki külvisenormi 20 kg ha⁻¹ puhul oli mõlemal talinisu sordil lamandumine ligi 6 palli.

Kokkuvõte

Mõlemal sordil, nii heade küpsetusomadustega ‘Adal’ kui ka kõrge saagipotentsiaaliga ‘Kallasel’, paranes küpsetuskvaliteet vikiga koos kasvatades. Mida suurem oli taliviki külvisenorm, seda suurem oli ka talinisu proteiini ja kleepealgu sisaldus. Samas vähenes talinisu mõlema sordi terasaak, kui taliviki osatähtsus külvisenormi hulgas suurenes. Variantides, kus taliviki külvisnorm oli suurem, esines talinisu lamandumist rohkem.

Tänuavaldused

Tegevused viidi ellu Eesti maaelu arengukava 2014–2020 meetme 16 “Koostöö” alameetme “Innovatsiooniklasterv” raames, toetas Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond (EAFRD).

Kasutatud kirjandus

- Aller, A. 2020. Ülevaade Eesti taimekasvatuse hooajast 2020, tulevikuplaanid. Ettekanne Viljelusvoistlus 2020 konverentsil 27.11.2020 Jõgeval.
<http://viljelusvoistlus.ee/wp-content/uploads/2020/12/Arvo-Aller.pdf> (11.01.21)
- Bedoussac, L., Justes, E. 2013. Durum wheat – winter pea intercropping is efficient to improve the use of environmental resources in low input farming in the French southern conditions. Integrating legume biology for sustainable agriculture. – 6th European Conference Grain Legumes, p 238-undefined.
- Bedoussac, L., Journet, E.-P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E.S., Prieur, L., Justes, E. 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3). <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7>
- Brandsaeter, L.O., Smeby, T., Tronsmo, A.M., Netland, J. 2000. Winter Annual Legumes for Use as Cover Crops in Row Crops in Northern Regions: II. Frost Resistance Study. *Crop Science*, 40(1). <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.401175x>
- Gooding, K.J., Davies, W.P., Thompson, A.J., Smith, S.P. 1993. The challenge of achieving breadmaking quality in organic and low input wheat in the UK – A review. *Aspects Appl. Biol.*, 36, p 189–198.
- Gooding, M.J., Kasyanova, E., Ruske, R., Hauggaard-Nielsen, H., Jensen, E. S., Dahlmann, C., Von Fragstein, P., Dibet, A., Corre-Hellou, G., Crozat T.Y., Pristeri, A., Romeo, M., Monti, M., Launay, M. 2007. Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 145(5). <https://doi.org/10.1017/S0021859607007241>
- Haglund, Å., Johansson, L., Dahlstedt, L. 1998. Sensory Evaluation of Wholemeal Bread from Ecologically and Conventionally Grown Wheat. *Journal of Cereal Science*, 27(2). <https://doi.org/10.1006/jcrs.1997.0155>
- Ingver, A., Tamm, Ü., Tamm, I., Tamm, S., Tupits, I., Bender, A., Koppel, R., Narits, L., Koppel, M. 2019. Leguminous pre-crops improved quality of organic winter and spring cereals. *Biological Agriculture & Horticulture*, 35(1). <https://doi.org/10.1080/01448765.2018.1509728>
- Jensen, E.S. 1996. Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil*, 182(1). <https://doi.org/10.1007/BF00010992>
- Kadžuliene Z., Šarunaite L. 2013. Grain legume and spring wheat intercropping: effect on grain yield and crude protein content. First Legume Society Conference, p 251-undefined.

- Känkänen, H., Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. *European Journal of Agronomy*, 27(1). <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.01.010>
- Lauk, E., Lauk, R. 2000. Proteiinisaagi kujunemine viki-nisu segukülvides. *Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised*, 11, lk 41–44.
- Lauk, E., Leis, J. 1998. Viki-nisu segukülvide külvisenormidest ja saakidest. *Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised*, 6, lk 71–74.
- Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I. B., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(2). <https://doi.org/10.1051/agro:2006033>
- Löschenberger, F., Fleck, A., Grausgruber, H., Hetzendorfer, H., Hof, G., Lafferty, J., Marn, M., Neumayer, A., Pfaffinger, G., Birschtzky, J. 2008. Breeding for organic agriculture: the example of winter wheat in Austria. *Euphytica*, 163(3). <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9709-2>
- Mirsky, S.B., Ackroyd, V. J., Cordeau, S., Curran, W.S., Hashemi, M., Reberg-Horton, S.C., Ryan, M.R., Spargo, J.T. 2017. Hairy Vetch Biomass across the Eastern United States: Effects of Latitude, Seeding Rate and Date, and Termination Timing. *Agronomy Journal*, 109(4). <https://doi.org/10.2134/agronj2016.09.0556>
- Naudin, C., Aveline, A., Corre-Heliou, G., Dibet, A., Jeuffoy, M.-H., Crozat, Y. 2007. Comparison of spring and winter cereal-legume intercrops in organic farming by analysis of interaction between species. Integrating legume biology for sustainable agriculture. 6th European Conference Grain Legumes, Book of Abstracts, p 59-undefined.
- Naudin, C., Corre-Hellou, G., Pineau, S., Crozat, Y., Jeuffroy, M.-H. 2010. The effect of various dynamics of N availability on winter pea-wheat intercrops: Crop growth, N partitioning and symbiotic N₂ fixation. *Field Crops Research*, 119(1). <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.06.002>
- Scandagra. Maheteravili. www.svandagra.ee (14.01.2021)
- Statistikaamet. www.stat.ee (14.01.2021)
- Teasdale, J.R., Devine, T.E., Mosjidis, J.A., Bellinder, R.R., Beste, C.E. 2004. Growth and Development of Hairy Vetch Cultivars in the Northeastern United States as Influenced by Planting and Harvesting Date. *Agronomy Journal*, 96(5). <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1266>
- Toom, M., Talgre, L., Mäe, A., Tamm, S., Narits, L., Edesi, L., Haljak, M., Lauringson, E. 2019. Selecting winter cover crop species for northern climatic conditions. *Biological Agriculture Horticulture*, 35(4). <https://doi.org/10.1080/01448765.2019.1627908>
- Toom, M., Tamm, S., Talgre, L., Tamm, I., Tamm, Ü., Narits, L., Hiiesalu, I., Mäe, A., Lauringson, E. 2019. The Effect of Cover Crops on the Yield of Spring Barley in Estonia. *Agriculture*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/agriculture9080172>
- Wilke, B.J., Snapp, S.S. 2008. Winter cover crops for local ecosystems: linking plant traits and ecosystem function. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(4). <https://doi.org/10.1002/jsfa.3149>

- Wolfe, M.S., Baresel, J.P., Desclaux, D., Goldringer, I., Hoad, S., Kovacs, G., Löschenberger, F., Miedaner, T., Østergård, H., Lammerts van Bueren, E.T. 2008. Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica*, 163(3). <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9690-9>
- Yverginaux M., Guichard L., Al Rifai M., Bazot M., Biames V., Chaigne G., Correhellou G., Crozat Y., Dorvillez D., Naudin C., Omon B., Thiery C., Jeuffroy M-H. 2007. Assessment of winter pea–wheat intercropping for high protein grains in various locations in France. Integrating legume biology for sustainable agriculture. 6th European Conference Grain Legumes, book of abstracts.

BIOSTIMULAATORITE MÕJU SUVINISU KASVUAJA PIKKUSELE, TERASAAGILE JA KVALITEEDILE

Tiia Kangor, Anne Ingver

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Kangor, T., Ingver, A. 2021. The effect of biostimulants on the length of growing period, yield and quality of spring wheat. – Agronomy 2021.

The most important role of biostimulants is to stimulate physiological processes, support plant development, and increase resistance to stress, etc. This study evaluated the effect of foliar biostimulants on spring wheat growing period length, yield, and grain quality characteristics such as thousand kernel weight, volume weight, falling number, gluten index, protein content, and gluten content. A field trial at the Estonian Crop Research Institute in Jõgeva, 2015–2017, tested four biostimulants treatments. The experiment was established with three replications of spring wheat cv. Mooni, Hiie, Voore, and Uffo, in a randomized block design. The weather data during the experiment years were variable. Data were analysed by factorial analysis of variance using Agrobase II statistics software. The effect of biostimulants on wheat yield and the most of the quality characteristics was mainly not significant. A significant ($p < 0.000$) prolongation of the growing period was found in all biostimulant treatments. Furthermore, the application of biostimulants prolonged the period from heading to maturation ($p < 0.01$) in treatments 4 (triple spraying with biostimulants) and 5 (quadruple using of foliar silicic acid). The falling number significantly decreased ($p < 0.05$) in treatments 3 (twice spraying biostimulants) and 4, but remained above the required criterion. The value of the gluten index of all cultivars was significantly higher ($p < 0.001$) in treatment 5.

Keywords: biostimulants, wheat, growing period, grain yield, grain quality

Sissejuhatus

Biostimulaatorid on preparaadid, mida kasutatakse taimekasvu ja arengu soodustamiseks ebasoodsatest kasvutingimustest jms põhjustatud taimestressist üle saamiseks. Teada on, et stressitingimustes kasvamine võib vähendada taimedel saagikust ja kvaliteeti (Araus, 2002; Kangor jt, 2010). Biostimulaatorid ergutavad taimede füsioloogilisi protsesse, aitavad akumulierida varutoitaineid, olles samal ajal ka ise osaliselt toiteelementide allikaks (Calvo jt, 2014; Bulgari jt, 2015).

Biostimulaatorid võivad koosneda väga erinevatest taimedele kasulikest ainetest, nagu orgaaniline aine, erinevad toiteelemendid, fulvo- ja aminohapped, fütohormoonid, vitamiinid, bakterid jms (Calvo jt, 2014; Bulgari jt, 2015). Algselt hakati neid kasutama aianduses (Bulgari jt, 2015; du Jardin, 2015) ning alles hiljem põllukultuuridel. Mitmetes uurimustes on rõhutatud, et biostimulaatorid, eriti loodusliku päritoluga preparaadid, on keskkonnasõbralikumad ja nende kulunorm on väike ning nad ei ole loodusele ja elusorganismidele kahjulikud (Knapowski jt, 2019). Biostimulaatorid on leidnud väga mitmekesisest kasutamist. Nendega puhitakse seemneid idanemise parandamiseks, töödeldakse taimikut ebasoodsatest kasvutingimustest ülesaamiseks, taimede turgutamiseks

ja ka taimejäänuste kiiremaks lagundamiseks mullas (Calvo jt, 2014; Yakhin jt, 2017).

Kirjanduse andmetel on teada biostimulaatorite erinev mõju põllukultuuridele. Mitmetes teadusartiklites on leitud, et nende preparaatide mõju saagile ja kvaliteedile on olnud oluline (Taylor jt, 1990; Shah jt, 2013; Sooväli jt, 2015; Kocira jt, 2018; Kangor jt, 2019; Knapowski jt, 2019). Mõnedes uurimustes ei ole täheldatud aga mingit efekti (Delfine jt, 2005; Sooväli jt, 2013).

Antud töö eesmärgiks oli välja selgitada, kas biostimulaatorite kasutamine taimiku töötlemisel mõjutab Eesti tingimustes suvinisu kasvuaja pikkust, saaki ja selliseid tera kvaliteediomadusi nagu 1000 tera mass, mahumass, proteiini ja kleepevalgu sisaldus, kleepevalgu kvaliteet e gluteeniindeks ja langemisarv.

Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi aastatel 2015–2017 Eesti Taimekasvatuse Instituudi (ETKI) Jõgeva põldudel. Eelviljadeks olid suviõder (2015, 2016) ja punane ristik (2017). Katsealal oli kõigil aastatel raske liivsavi lõimisega leetjas muld (KI). Mulla keemiline koostis varieerus erinevatel aastatel järgmiselt: pH_{KCl} 5,6 (2016) – 6,3 (2017); P_2O_3 (2017) – 233 (2015); K 155 (2017) – 203 (2016); Ca 1262 (2016) – 1927 (2017); Mg 81 (2016) – 133 (2017); Mn 83 (2017) – 113 (2015); B 0,57 (2015) – 0,94 (2016); Cu 1,4 (2016) – 1,2 (2017); C_{org} 1,7 (2016) – 2,1 (2017).

Katse rajati viie variandiga ja nelja suvinisusordiga 5 m² katselappidele kolmes korduses. Variandid ja sordid olid korduse piires randomiseeritud. Variantides kasutatud biostimulaatorid ja nende kulunormid on toodud tabelis 1. Biostimulaatorite koostised ja toimemehhanismid olid erinevad. Ruter AA sisaldas orgaanilist ainet 15%, vabu aminohappeid 7%, N 5,5%, P_2O_5 5%, K_2O 3,5% ja mitmeid mikroelemente (Fe, Mn, Zn, Mo) kelaatidena. Müügifirma infolehe andmetel soodustab see preparaat juurte arengut ja taimede kasvu algust ning taimed muutuvad stressi-, põua- ja haiguskindlamaks (Baltic Agro). Terra-Sorb Complex koosneb vabast aminohapetest (L- α -aminohappeid 20%), orgaanilisest aineest 25% ja mitmetest toiteelementidest nagu N 5,5%, Mg, Fe, Mn, Zn, B ja Mo. Antud biostimulaator leevendab samuti stressi, toites taimikut ja seda

Tabel 1. Katsevariantides kasutatud biostimulaatorid ja nende kulunormid

Variant	Biostimulaator, norm	^a Kasvufaas
1 kontroll	–	–
2	Ruter 3 l ha ⁻¹	14-25
3	Ruter 3 l ha ⁻¹ ; Terra-Sorb Complex 2 l ha ⁻¹ ;	14-25; 34-37
4	Ruter 3 l ha ⁻¹ ; Terra-Sorb Complex 2 l ha ⁻¹ ; Prolis 2 g ha ⁻¹	14-25; 34-37; 51-60
5	Neli korda ränipreparaadiga ABG 0,2%	13-14; 31-32, 37-41; 65-70

^a BBCH (Meier, 2001)

füsioloogiliselt ergutades. Prolis sisaldas 99,5% ulatuses asendamatut aminohapet L- α proliini, mis soodustab taimedel klorofüllil moodustumist, reguleerib veerežiimi aidates nii taluda ebasoodsaid tingimusi ja taastuda stressist (Scandagra^a). Ränipreparaat ABG sisaldab peale ränihappe ka KCl, B, Cu, Zn, Mo. See preparaat saadi ainulaadse ja patenteeritud ränihappe agrotehnoloogia (SAAT) abil, kus ränihape oli stabiliseeritud ja tehtud taimedele kergesti omastatavaks. Teada on, et räni on mullas olemas, kuid see on taimedele sageli raskesti kättesaadav (Laane, 2018). Kirjandusest on teada, et räni kaitseb taimi stressi eest, soodustab paremat juurekava arengut, tugevdab rakuseinu, parandab seisu- ja haiguskindlust ning seeläbi suurendab biomassi ja saaki ning parandab selle kvaliteeti (Karmollachaab, Gharineh, 2015; Sahebi jt, 2015; Laane, 2018).

Suvinisusortide 'Voore', 'Hiie', 'Mooni' ja 'Uffo' seemned külvati (2015. a 27. aprillil, 2016. a 30. aprillil ja 2017. a 5. mail) normiga 600 idanevat tera ruutmeetri le. Põhiväetiseks anti külvi eelselt kõigil aastatel kompleksväetist Yara Mila (18-9-9) 500 kg ha⁻¹. Katses kasutati vastavalt vajadusele tavapärasest umbrohu- ja taimekahjustajate tõrjet. Nisu koristati 2015. a 17.–24. augustil, 2016. a 19. augustil ja 2017. a 4.–5. septembril katsekombainiga Hege.

Ilmastikutingimused olid antud aastatel erinevad. 2015. a mai ja juunikuu keskmised õhutemperatuurid olid lähedased normile, kuid vajaka jäi niiskusest (tabel 2). Lühiajalist niiskuse puudust esines eelkõige mai lõpust juuni keskpaigani ja tera täitumise ajal augustis. Antud aasta kasvuperioodi lõpuks oli sademeid kogunenud katseaastatest kõige vähem.

Tabel 2. Keskmised õhutemperatuurid ja sademete summad maist augustini aastatel 2015–2017 võrreldes normiga (1981–2010)

Kuu	Keskmise õhutemperatuur °C				Sademete summa mm			
	2015	2016	2017	norm	2015	2016	2017	norm
Mai	10,2	13,5	14,2	10,9	43	4	9	50
Juuni	14,1	15,7	13,4	14,6	52	162	78	80
Juuli	15,6	17,5	14,9	17,1	78	78	57	76
August	16,2	15,7	16,0	15,7	34	180	83	92
Mai– august	14,0	15,6	14,6	14,6	207	424	227	297

Kõige kõrgema õhutemperatuuriga kujunes nisu kasvuperiood 2016. a, mil keskmine õhutemperatuur oli intensiivse taimekasvuga kuudel (mais-juunis) normist tunduvalt kõrgem. Samal ajal oli sademeid maikuu ainult 4 mm ning ka juuni I dekaad oli normist kuivem. Kuiv ja kuum periood esines juuli teisel poolel (tera täitumisfaasis), kuid nisu koristuseelne ja -aegne periood oli sademeterohke. Vaatamata sellele, et nisutaimed kannatasid kasvuperioodil mitmel korral põua tõttu, kogunes antud aastal sademeid alates maist kuni augustini kõige enam.

2017. a maikuus oli õhutemperatuur veelgi kõrgem kui 2016. a ja vihma sadas ainult 9 mm. Ülejäänud intensiivsel taimekasvu ja -arengu perioodil juunist juuli lõpuni jäi õhutemperatuur normist tunduvalt madalamaks ja sadas normist enam, mistõttu suvinisu kasvuaeg pikenes.

Mulla keemilised analüüsid tehti Põllumajandusuuringute Keskuse Agro-keemia laboris. Lapisaagid kaaluti ja arvatati ümber 14% niiskusega hektarisaakideks. Terakvaliteedi omadused määrati ETKI laboris.

Saagi- ja terakvaliteedi andmed töödeldi mitmefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil, kus faktoriteks olid aasta, sort ja variant (töötlus biostimulaatoriga). Statistiliselt usutavad erinevused leiti 95% usalduspiiri juures statistika-programmiga Agrobases™.

Tulemused ja arutelu

Mõju kasvuaaja pikkusele. Biostimulaatoriga taimiku töötlemine mõjutas usutavalt keskmist nisu kasvuaaja pikkust kõigis variantides ($p < 0,001$) ja eelkõige perioodi loomisest tera küpsemiseni ($p < 0,01$). Antud perioodil viibis nisu valmimisaeg usutavalt just variantides 4 (kolmekordne töötlus biostimulaatoritega) ja 5 (neljakordne töötlus ränipreparaadiga), vastavalt ühe ja kahe päeva võrra. Niiskema ilma tõttu 2016. ja 2017. a pikenes nisu kasvuaeg perioodil loomisest tera küpsemiseni. Teada on, et niiskemates oludes teravilja valmimine viibib, kuid biostimulaatorite kasutamine loomise-õitsemise faasis aeglustas seda veelgi. Sarnasele tulemusele jõuti ka teises uurimuses (Kangor jt, 2019). Calvo jt (2014) ülevaateartiklis on biostimulaatorite ülesanneteks võimalikult kaua säilitada taime fotosünteesivat pinda, parandada toitainete omastamist, vähendada biootilist ja abiootilist stressi, tõsta vastupanu taimekahjustajatele jms. Kuival ja põuasemal 2015. a sellist erinevust variantide vahel ei ilmnunud, sest kuuma ja kuiva ilma perioodidel olid nisu õhulõhed suletud ning taimed ei saanud sel ajal intensiivselt fotosünteesida. Arengufaasid läbiti seetõttu kiiremini, lehed kuivasid ja tera valmis kiiresti. Taimiku viimane töötlus biostimulaatoriga ei soodustanud sellistes tingimustes nisu rohelisena hoidmist, sest töötlus tehti enne, kui ilm muutus kuivaks ja kuumaks.

Kõige enam mõjutas kasvuaaja pikkuse variatsiooni aasta (88%), teiste faktorite mõju oli väiksem. Soodsad kasvutingimused 2017. a (piisavalt niiskust, toiteelemente mullas) pikendasid kasvuaega, keskmine kasvuaaja pikkus oli siis 118 päeva, 2015. a 110 ja 2016. a 103 päeva. Kõige varajasem sort oli kolme aasta keskmisena 'Mooni' (108 päeva). Ühe päeva võrra pikema kasvuaajaga olid 'Voore' ja 'Hiie' ning kõige hilisemaks jäi 'Uffo' (113 päeva).

Mõju terasaagile. Biostimulaatorite kasutamine suvinisu taimiku töötlemisel kolme aasta kokkuvõttes usutavat enamsaaki ei andnud ja variandi mõju terasaagi varieerumisele oli mitteusutav (ns). Variantides 4 ja 5 koristati võrreldes kontrollvariandiga veidi suurem saak, kuid see ei olnud usutav (tabel 3). Ka pikem

kasvuaeg ühe kuni kahe päeva võrra perioodil loomisest tera küpsemiseni nendes variantides ei andnud usutavat saagilisa. Teada on, et pikema kasvuajaga sortidel võib olla parem saagitase, kuid üks kuni kaks päeva on liiga lühike aeg, et saada usutavalt suuremat enamsaaki. Samuti sisaldavad biostimulaatorid toiteelemente liiga väikeses koguses, et toimida efektiivse lisaväetistena.

Nisu terasaak varieerus kõige enam kasvuaasta tõttu (79%) ja sõltus sordist vähem (8%). Kahel esimesel aastal (2015, 2016) olid keskmised saagid sarnased, vastavalt 4960, 4964 kg ha⁻¹, ent 2017. a saadi keskmiseks nisusaagiks 7499 kg ha⁻¹. See oli üle kolmandiku võrra enam eelmistest. Lisaks soodsale ilmastikule 2017. a mõjutas saagi suurust ka kindlasti punane ristik eelviljana, mis jättis mulda lisaämmastikku. Teistel aastatel oli eelviljaks suvioder. Kõige varajasema sordi 'Mooni' terasaak oli kolme aasta keskmisena 5213 kg ha⁻¹. Temast usutavalt suurema saagikusega olid keskvalmivad sordid 'Voore' ja 'Hiie', vastavalt 5870, 5915 kg ha⁻¹ ning hiline sort 'Uffo' (6253 kg ha⁻¹).

Mõju terakvaliteedile oli üldiselt väike. Dispersioonanalüüsist selgus, et variandi usutav mõju saadi ainult nisu gluteeniindeksile ($p < 0,001$) ja langemis-arvule ($p < 0,05$). Keskmine gluteeniindeks (näitab kleepevalgu kvaliteeti, tugevust) oli kontrollist usutavalt suurem variandis 5 (neljakordne ränipreparaadiga töötlus) ja seda kõikidel sortidel. Patel jt (2019) andmetel soodustab räniga taimiku töötlemine väävlil paremat omastamist taimedel. Väävel omakorda parandab Järvani (2019) uurimuse järgi nisu küpsetuskvaliteedi omadusi ja sealhulgas ka gluteeniindeksit.

Üldiselt mõjutas gluteeniindeksi variatsiooni peamiselt sort (83%), aasta ja teiste faktorite mõju oli väiksem. Teistest väiksemaks jäid kolme aasta keskmisena 'Uffo' (20,7) ja 'Mooni' (39,4) gluteeniindeksid. Suurem oli see sortidel 'Voore' (79,8) ja 'Hiie' (70,4). Kleepevalgu tugevuse optimaalne vahemik on 60–90, rahuldav on see 40–59 ning kleepevalk on nõrk 0–40. Üle 90 on kleepe-

Tabel 3. Suvinisu keskmised (2015–2017) terasaagid ja kvaliteediomadused erinevates variantides

^a Variant	Terasaak kg ha ⁻¹	1000 tera mass,g	Mahu- kaal g l ⁻¹	Prote- iin %	Kleepe- valk %	Gluteeni- indeks	Langemis- arv s
1	5805	36,5	767	11,7	24,9	50,7	309
2	5744	36,5	764	11,6	25,0	50,0	303
3	5798	36,3	766	11,6	24,7	52,4*	298*
4	5852	36,9	767	11,5	24,7	51,9	301*
5	5864	36,8	766	11,6	24,7	58,0*	309
PD _{0,05}	138	0,4	3,2	0,2	0,4	1,7	7

^a1 – kontroll; 2 – Ruter 3 l ha⁻¹ BBCH 14–25; 3 – Ruter 3 l ha⁻¹ BBCH 14–25 + Terra-Sorb Complex 2 l ha⁻¹ BBCH 34–37; 4 – Ruter 3 l ha⁻¹ BBCH 14–25 + Terra-Sorb Complex 2 l ha⁻¹ BBCH 34–37 + Prolis 2 g ha⁻¹ BBCH 51–60; 5 – 0,2% ränipreparaat BBCH 13–14; 31–32; 37–41; 65–70; * – statistiliselt usutav erinevus

valk liiga tugev (Kangor, Ingver, 2012).

Langemisarv jäi kontrollvariandist usutavalt väiksemaks variantides 3 (kahekordne töötlemine) ja 4 (kolmekordne töötlemine), kuid selline nisu sobis siiski toiduviljaks, sest langemisarv oli selleks sobiv (Scandagra^b). Nendes variantides võis langemisarvu mõjutada ka mõningane kasvuaja pikenemine biostimulaatorite kasutamise tõttu. Aasta kui faktor mõjutas langemisarvu muutust 56% ulatuses ja sort 5%. Teistest kõrgem langemisarv oli 2015. a koristatud nisul (385 s) ja madalamaks jäi see 2016. a (234 s), mil tera valmimise ja koristuse ajal olid valdavalt vihmased ilmad. 2015. a olid koristuseelsed ja -aegsed ilmad päikselised ja kuivad. Usutavad erinevused langemisarvus olid kõigi sortide vahel: 'Moonil' 334, 'Hiiel' ja 'Uffol' 316 ning 'Voorel' 249 s. 'Voore' langemisarv jäi madalamaks eelkõige 2016. a (118 s), mil sajused ilmad takistasid vilja õigeaegset koristust.

Teistele kvaliteediomadustele, nagu 1000 tera mass, mahukaal, proteiini ja kleepevalgu sisaldus kolme aasta kokkuvõttes variandi kui faktori usutav mõju puudus (*ns*).

1000 tera massi ja mahukaalu muutust mõjutasid kõige enam aasta tingimused, vastavalt 53 ja 89%. Antud kvaliteedinäitajad jäid usutavalt väiksemaks 2016. a, vastavalt 32,9 g (1000 tera mass) ja 716 g l⁻¹ (mahukaal). Kõige suurem oli keskmine 1000 tera mass 2017. a (39,1 g) ja mahukaal 2015. a (795 g l⁻¹). Sordi mõju oli nende kvaliteedinäitajate muutusele väiksem, vastavalt 28 (1000 tera mass) ja 6% (mahukaal). Kõigi nisusortide vahel oli usutav erinevus 1000 tera massis, olles sortidel 'Voore' 34,4; 'Uffo' 35,8; 'Mooni' 36,5 ja 'Hiie' 39,7 g. Usutavalt väikseima keskmise mahukaaluga oli 'Uffo' (758), sarnane oli see näitaja sortidel 'Hiie' (761) ja 'Mooni' (763) ning usutavalt suurem sordil 'Voore' (782 g l⁻¹).

Kasvu aasta kui faktor mõjutas proteiini ja kleepevalgu sisalduse variatsiooni 61 ja 50%. Sordi mõju oli väiksem, vastavalt 25 (proteiin) ja 27% (kleepevalk). Usutavalt suurima proteiini ja kleepevalgu sisaldusega oli nisu 2016. a (kõrgem õhutemperatuur), vastavalt 12,7 ja 27,5% ning väikseks jäid need 2015. a, vastavalt 10,8 ja 22,3%. Sarnase proteiinisaldusega olid 'Voore' (12,0) ja 'Mooni' (12,1%), usutavalt väiksem oli see sortidel 'Hiie' (11,5) ja 'Uffo' (10,8%). Usutav erinevus oli kleepevalgu sisalduses kõigi sortide vahel: 'Uffo' 22,7; 'Hiie' 24,0; 'Voore' 25,5 ja 'Mooni' 26,8%.

Kokkuvõte

Biostimulaatoritega taimiku töötlemine suviniisu terasaagile olulist efekti ei andnud, kuid kõikides variantides pikenes kasvuaeg. Ühe ja kahe päeva võrra pikenes periood loomisest küpsemiseni variantides 4 (kolmekordne töötlemine) ja 5 (neljakordne töötlus ränipreparaadiga). Samuti puudus biostimulaatoriga pritsimise mõju enamusele kvaliteediomadustele, v.a gluteeniindeks ja langemis-

arv. Kasvuaja pikenemisel suureneb aga risk saagi koristamisel jääda sügiseste vihmade ja udude kätte ning see võiski osaliselt alandada langemisarvu variantides 3 (kahekordne töötlemine) ja 4 (kolmekordne töötlemine). Gluteeniindeks e kleepevalgu tugevus tõusis biostimulaatorite kasutamisel kõikidel sortidel variandis 5 (neljakordne ränipreparaadiga töötlus).

Tänuavaldused

Autorid soovivad tänada Henk-Marten Laane't, kes varustas meid ainulaadse ränipreparaadiga, nõustas ja andis juhiseid selle kasutamiseks.

Kasutatud kirjandus

- Araus, J.L. 2002. Physiological basis of processes determining barley yield under potential and stress conditions: current research trends on carbon assimilation. – Slafer, G.A., MolinaCano, J.L., Savin, R., Araus, J.L. & Romagosa, I. (ed.): *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. Food Products Press, New York, London, Oxford, pp. 269–306.
- Baltic Agro koduleht. (22.12.2020)
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A. 2015. Biostimulants and crop responses: a review. – *Biological Agriculture & Horticulture* 31(1), pp 1–17.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. – *Plant Soil*, 383, pp 3–41.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. – *Agronomy for Sustainable Development*, pp 183–191.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. – *Scientia Horticulturae*, 196, pp 3–14.
- Järvan, M. 2019. Ülevaade: Ülevaade väevli kui talinisule olulise toiteelemendi mõju uuringutest Eestis. – *Agraarteadus* 30 (1), pp 1–12.
- Kangor, T., Ingver, A., Tamm, Ü., Tamm, I. 2010. Effect of fertilization and conditions of year on some characteristics of spring wheat and barley. – *Agronomy Research* 8 (Special Issue III), pp 595–602.
- Kangor, T., Ingver, A. 2012. Viljelusviiside mõju suvinisu küpsetuskvaliteedile. – *Agronomia* 2012, lk 37–42.
- Kangor, T., Tamm, Ü., Sooväli, P. 2019. Biostimulaatori ja fungitsiidi mõju õlleodrale. – *Agronomia* 2019, lk 149–154.
- Karmollachaab, A., Gharineh, M.H. 2015. Effect of silicon application on wheat seedlings growth under water-deficit stress induced by polyethylene glycol. – *Iran Agricultural Research* 34(1), pp 31–38.
- Knapowski, T., Barczak, B., Kozera, W., Wscelaczynska, E., Pobereznny, J. 2019. Crop stimulants as a factor determining the yield and quality of winter wheat grown in Notec Valley, Poland. – *Current Science* 116 (6), pp 1009–1015.
- Kocira, S., Kocira, A., Kornas, R., Koszel, M., Szmigielski, M., Krajewska, M., Szparaga, A., Krzysiak, Z. 2018. Effect of seaweed extract on yield and protein content of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. – *Legume Research-An International Journal* 41, pp 589–593.

- Laane, H-M. 2017. SAAT: Silicic acid agro technology/the use of silicic acid in agriculture. ongdom.org/proceedings/saat-silicic-acid-agro-technologythe-use-of-silicic-acid-in-agriculture-36331.html (5.01.2021)
- Meier, U. 2001. Growth stages on mono- and dicotyledonous plants. – BBCH Monograph 2. Federal Biological research Centre for Agriculture and Forestry, pp 14–16.
- Patel, V.N, Patel, K.C, Chaudhary, K.V. 2019. Direct Effect of Silicon and Sulphur on Nutrient Content and Uptake of Rice Crop under Rice-Wheat Cropping Sequence. – International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8(4), pp 625–634.
- Sahebi, M., Hanafi, M.M., Akmar, A.S.N., Rafii, M.Y., Azizi, P., Tengoua, F.F., Azwa, J.N.M., Shabanimofrad, M. 2015. Importance of Silicon and Mechanisms of Bio-silica Formation in Plants. – BioMed Research International <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/396010/> (5.01.2021)
- Scandagra koduleht^a. Põlluinfo 2017. <https://scandagra.ee/polluinfo-2017/nadal-15/> (16.12.2020)
- Scandagra koduleht^b. <https://scandagra.ee/viljainfo/hinna-fikseerimine/> (5.01.2021)
- Shah, M.T., Zodape, S.T., Chaudhary, D. R., Eswaran, K., Chikara, J. 2013. Seaweed sap as an alternative to liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. – Journal of Plant Nutrition 36, pp 192–200.
- Sooväli, P., Kangor, T., Koppel, M. 2013. Biostimulaatorite (leheväetiste) kasutamine teraviljade väetamisel ja taimekaitstes. – Teraviljafoorum 2013, lk 26–29.
- Sooväli, P., Koppel, M., Sildoja, K. 2015. Biostimulaatori ja fungitsiidiga puhtimise mõju suvinisu saagile ja kvaliteedile 2013. ja 2014. aastal. – Agronomia 2015, lk 160–165.
- Taylor, J.S., Harker, K.N., Robertson, I., Foster, K.R. 1990. The effect of a seaweed extract containing cytokinin on the growth and yield of barley. – Canadian Journal of Plant Science 70, pp 1163–1167.
- Yakhin, O.I., Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., Patrick H. Brown P.H. 2017. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. – Frontiers In Plant Science 7:2049, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5266735/> (8.01.2021)

UUS MAHE KOMPLEKSVÄETIS ECOLAN AGRA® TÕSTAB KAERA JA SUVINISU SAAKI NING KVALITEETI

Anne Ingver, Ilmar Tamm

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Tamm, I., Ingver, A. 2021. New Ecolan Agra® complex fertilizer increases yield and quality of oat and spring wheat. – Agronomy 2021.

The effect of organic fertilizer on the yield and quality of oat and spring wheat were analysed. Field experiments were carried out in the organic field of the Estonian Crop Research Institute (58°45'N, 26°24'E) in 2019–2020. Ecolan Agra®, a meat-and-bone meal-based organic fertilizer was used at rates: N0, N30, N60, and N90 for oat and N0, N40, N80, and N120 for spring wheat.

The yield of both cereals increased significantly as fertilizer rates increased. The maximum yield of wheat, compared to the control variant (N0), was an additional 950 kg ha⁻¹ (N120), the additional oat yield was 834 kg ha⁻¹ (N90). The average yield of wheat and oat were similar, 4523 and 4397 kg ha⁻¹, respectively. Oat protein content was 10.3–11.1% with a 0.8% increase due to fertilization. Wheat protein content was 11.0–12.3% with an 1.3% increase due to fertilization. In 2020, the average wheat protein was 12.0%, reaching 12.8% in the N120 treatment. The volume weight and 1000 kernel weight of oat increased in the two highest fertilization treatments (N60 and N90), but there were no significant differences in wheat.

Use of Ecolan Agra® 8-4-4 organic fertilizer resulted in an increase in both yield and protein content for oat and spring wheat. The use of Ecolan Agra® fertilizers is suitable for organic farming and is an environmentally friendly method to recycle nutrients in agriculture.

Keywords: organic fertilizer, yield, quality, spring wheat, oat

Sissejuhatus

Lihakondijahu on lihatööstuse kõrvalsaadus ja selle kasutamine on oluline lämmastiku (N) ja fosfori (P) toitaineringlusse võtmiseks. Lihakondijahu sisaldab ligikaudu 8% N, 5% P, 1% K ja 10% Ca (Kivelä jt, 2015). Alates 2006. aastast on Euroopa Liidus lubatud lihakondijahu väetisena kasutada (Kivelä, 2019).

Lihakondijahu alaseid teadusuuringuid Helsingi Ülikooli agroökoloogia õppetoolis alustati 2000. aastal, mil seda kasutati väetisena odra, kaera ja kartuli kasvatamisel (Chen jt, 2011). Soomes läbiviidud uurimuse kohaselt on lihakondijahu tõhus väetis teraviljale, porgandile ja suhkrupeedile (Kivelä, 2019). Maheviljeluseks sobivad lihakondijahuväetised tulid turule 2007. aastal. Soome firma Ecolan OY toodetavad Agra® tooted tulid turule 2017. aastal. Kõik Agra® väetised sobivad mahepõllundusse (vastavalt ELi määrustele) (Kivelä, 2019).

Firma Ecolan OY on üks Soome ringmajanduse teerajajatest. Ecolan OY töötleb erinevaid tööstuslikest kõrvalsaadustest saadud tooteid põllumajanduse tarbeks. Ecolan Agra® väetised täiendavad kevadist taimede toitainete vajadust, kui muld on veel külm ja mitmed toitained pole veel hästi kättesaadavad. Väetistes aeglaselt lahustuv fosfor vabaneb mitme aasta jooksul vastavalt taimede vaja-

dustele ja seega on väetamisel ka järelmõju. Ecolan Agra® väetise kasutamine parandab mulla elujõudu ja suunab toitained toidusüsteemist tagasi põllule (Ecolan OY, 2020). Ecolan Agra® väetiste esindaja Eestis on Demeter Grupp OÜ.

Ecolan väetised aitavad kaasa Roheleppe eesmärkide elluviimisele, kus on olulisel kohal keskkonnasaaste vähendamine ja puhtama majanduse rajamine, mille nurgakiviks on loodusvarade tõhusam kasutamine ning ringmajandus.

Mahemaa pind on Eestis viimase 10 aastaga suurenenud üle kahe korra, 2019. aastal oli seda 224 161 ha ehk 22% kogu põllumajandusmaast. Maheteravilja kasvatati 2019. a. 53 935 ha, millest 46% ehk 24 802 ha moodustas kaer. Kaer on ühtlasi kõige suurema maheosakaaluga kultuur – kogu Eesti kaera kasvupinnast oli koguni 67% mahe. Pinna poolest järgnesid rukis (12 383 ha) ja nisu (10 427 ha) (Mahepõllumajandus Eestis, 2019). Suviteraviljade mahekatsetega alustati Eesti Taimakasvatuse Instituudis 2005. aastal. Nisu kui saiavilja puhul on oluline uurida võimalusi proteiinisalduse tõstmiseks.

Antud uurimuse eesmärgiks oli selgitada granuleeritud mahevätise Ecolan Agra® 8-4-4 erinevate normide mõju suvinisu ja kaera terasaagile ning saagi kvaliteedile. Meie hüpotees oli, et väetise mõjul suureneb kaera ja suvinisu saagikus ja paraneb kvaliteet.

Materjal ja meetodika

Mahevätiskatse viidi läbi aastatel 2019–2020 Eesti Taimakasvatuse Instituudi (ETKI) katsepõllul Jõgeval (58°45'N, 26°24'E). Katsepõld asus keskmise liivsavi lõimisega leetjal mullal. Eelviljaks oli suvinisul mõlemal aastal punane ristik ja kaeral suvioder, mis viidi kevadkänniga mulda.

Uurimistöös hinnati mahevätise mõju kaerasordi 'Kalle' ja suvinisu sordi 'Hiie' saagile ning saagi kvaliteedile. Sort 'Kalle' on aretatud maheviljeluse tarbeks. Sort on suure tera ja mahumassiga ning hea proteiinisalduse ja keskmise sõklasusega. 'Hiie' on varajane, saagikas, keskmisest pisut pikema kõrrega küpsetuseks sobiva proteiini ja kleepevalgu sisaldusega ning optimaalse gluteeniindeksiga, suure tera ja hea haiguskindlusega maheviljelusse sobiv sort. Katsed rajati 30.04.2019. a ja 4.05. 2020. a, koristati esimesel aastal 21.08 (nisu) ja 16.08 (kaer) ning teisel aastal 19.08 (nisu) ja 25.08 (kaer). Katsed rajati kolmes kordu 10 m² katselappidel randomiseeritud blokkmeetodil. Külvisenorm oli nii kaeral kui ka nisul 600 idanevat tera m⁻².

Umbrohutõrjeks äestati suviteravilju kaks korda – külvieelselt ja taimede 3–4 lehe kasvufaasis. Laboris määrati saak, mahumass, 1000 tera mass ja proteiinisaldus ning suvinisul lisaks kleepevalk, gluteeniindeks ning langemisarv ja kaeral sõklusus. Terasaagid arvestati 14% niiskusele. Taimahaigusi hinnati 1–9 palli süsteemis, kus 1 tähistab haiguse puudumist, 9 väga tugevat nakatumist. Seisukindlust hinnati samuti 1–9 palli süsteemis, kus 1 tähistab täiesti lamandunud ja 9 püstist vilja.

Katsete läbiviimiseks kasutati väetist Ecolan Agra® 8-4-4. Väetis sisaldab ka mitmesuguseid teisi toitaineid, nagu kaltsium (11%), magneesium (0,8%), väävel (1,5%) ja naatrium (1%), boor (250 mg kg⁻¹), vask (3,9 mg kg⁻¹), raud (58 mg kg⁻¹), mangaan (4 mg kg⁻¹), tsink (55 mg kg⁻¹) ja seleen.

Väetis on graanulite läbimõõduga 4 mm. Selline väetis on kergesti ja ühtlaselt külvatav. Väetis külvati külvieelselt teraviljade katsekülvikuga.

Mõlema suviteravilja katses oli neli varianti: suvinisul N0 (kontroll), N40 (500 kg ha⁻¹), N80 (1000 kg ha⁻¹) ja N120 (1500 kg ha⁻¹) ning kaeral N0 (kontroll), N30 (375 kg ha⁻¹), N60 (750 kg ha⁻¹) ja N90 (1125 kg ha⁻¹). Suvinisul kasutatud suuremad väetisenormid on seotud suvinisu kui saiavilja suurema vajadusega toitainete järele, et tagada kõrgem proteiinisisaldus ja seega ka parem küpsetuskvaliteet.

Andmete statistiliseks analüüsiks kasutati tarkvaraprogrammi Agrobases versiooni Generation IITM. Väetamise mõju usaldusväärsust uuritud näitajatele hinnati ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga (ANOVA). Väetusvariantide erinevuste hindamisel kasutati Fisher'i LSD post-hoc testi ($p = 0,05$).

Tulemused ja arutelu

2019. aasta kogu kasvuperiood oli Jõgeval keskmisest kuivem (tabel 1). Aprillikuu oli keskmisest oluliselt sademetevaesem, järgnenud maikuu ilmastiku näitajad olid aga üsna sarnased keskmistele. Juunikuu keskmine temperatuur oli keskmisest kõrgem, juulikuu oma aga mõnevõrra jahedam. Ka august algas keskmisest jahedamana, kuid alates kuu teisest dekaadist tõusis temperatuur keskmisest kõrgemaks. Maikuu sademete summa vastas normile, juunis-juulis-augustis sadas Jõgeval keskmisest vähem.

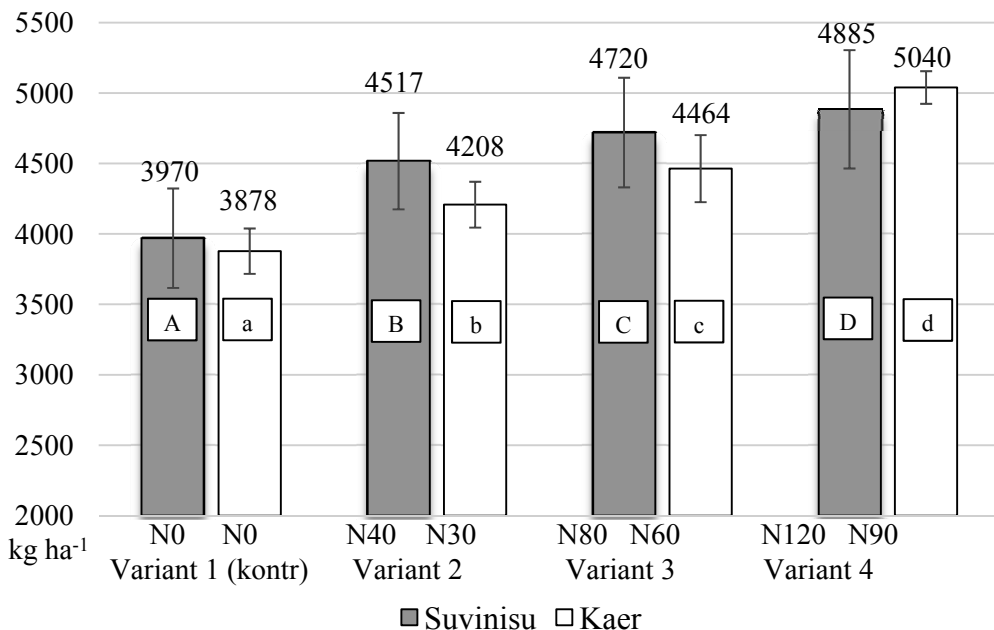
2020. aasta maikuu kujunes jahedaks ja suhteliselt kuivaks. Juuni oli soe, eriti kuu teine pool ja pikaajalisest keskmisest poole sajusem. Ka juulikuu oli sel aastal pikaajalise keskmisega võrreldes jahedam ja sademeterohkem. August oli tavapärasest mõnevõrra soojem ja kuivem.

Tabel 1. Keskmised õhutemperatuurid ja sademed aastatel 2019–2020 Jõgeval võrrelduna paljude aastate (1922–2018) keskmistega

	Mai			Juuni			Juuli			August		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Õhutemperatuur, °C											
2019	6,1	12,0	13,3	18,8	18,0	16,7	13,9	14,7	18,8	14,0	16,4	16,6
2020	9,4	5,7	11,9	14,6	19,3	19,8	15,4	16,1	15,5	17,7	15,9	14,8
1922–2018	8,4	10,6	11,9	14,1	14,5	15,6	16,5	16,8	17,4	16,9	15,4	14,2
	Sademed, mm											
2019	10	19	21	15	34	6	21	8	5	17	22	10
2020	3	23	1	71	27	37	25	6	70	27	5	51
1922–2018	13	18	19	15	26	28	22	26	30	30	29	30

Terasaagid varieerusid kahe katseaasta keskmisena sõltuvalt väetise foonist suvinisul vahemikus 3970–4885 ja kaeral 3878–5040 kg ha⁻¹ (joonis 1). Mõlema teravilja saagikus suurenes oluliselt mahevätise normide suurenedes. Nisul ulatus enamsaak võrreldes kontrolliga (N0) kuni 915 kg ha⁻¹ (N120 kg ha⁻¹), kaeral kuni 834 kg ha⁻¹ (N90 kg ha⁻¹). Põldkatsetes suvinisuga saadi lihakondijahuga väetamisel saagi tõus kuni 2000 kg ha⁻¹ (Jeng jt, 2006). Nisu ja kaera variantide keskmised saagid olid sarnasel tasemel, vastavalt 4523 ja 4397 kg ha⁻¹. Soomes tavatingimustes lihakondijahuga (NPK 7-5-1) läbiviidud katses saadi kaera saagiks N120 juures samuti ligikaudu 5000 kg ha⁻¹ (Chen jt, 2011).

Väetamisest saadud maksimaalne enamsaak jäi nisul N120 foonil keskmisest väiksema sademete hulga 2019. aastal väiksemaks kui kaeral N90 foonil. Järgneval, keskmisest suurema sademete hulga 2020. aastal olid nisu ja kaera enamsaagid eelnimetatud foonidel sarnasel tasemel. Kui esimesel katseaastal oli kaera keskmine saagikus suurem kui nisul, siis teisel aastal soodsamates ilmastikutingimustes andis suvinisu suurema terasaagi. Kaer suutis katseaastate keskmisena ebasoodsama eelvilja (oder) ja väiksemate väetiste koguste juures anda nisuga võrdväärset saaki. Seda võib põhjendada asjaoluga, et kaer on toitainetega varustatuse suhtes vähenõudlikum ja sügavama juurestikuga, nisu aga suurema toitainete vajadusega kultuur (Forsberg, Reeves, 1995). Soomes läbiviidud katsed



Erinevad suurtähed (A,B,C,D) tulpades näitavad nisu, erinevad väiketähed (a, b, c, d) kaera terasaakide statistiliselt olulist erinevust katsevariantide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud tulpadel näitavad standardviga

Joonis 1. Suvinisu ja kaera terasaagid Ecolan Agra® väetiskatses 2019–2020. a keskmisena

lihakondijahu kasutamise suhkrupeedil aastatel 2008–2009 ja porgandil 2010–2011 näitasid, et võrreldes mineraalväetistega saadi küll usutavalt madalamad saagitasemed, kuid tõusis suhkru sisaldus suhkrupeedis ning vähenes nitraatide sisaldus ja paranesid porgandi säilitusomadused. Leiti, et eriti fosforivaesematel muldadel on lihakondijahupõhiste väetiste kasutamine igati õigustatud (Kivelä jt, 2015). Hea toitainete sisaldusega mullas ei tõstnud suurendatud lihakondijahu väetise kogused usutavalt nelja katses olnud kultuuri saaki (N118 kuni 197 kg ha⁻¹), vaid koguni vähendasid seda, eriti alates N157 kg ha⁻¹ (Nogalska jt, 2014). Rootsisis uuriti lihakondijahust väetise graanulite optimaalseid külvi viise ja leiti, et liivsavi mullal on maksimaalsete saakide saamiseks sobivaim graanulite paigutus 4 cm kaugusele viljareast ja 4 cm sügavusele mulla pinnast (Delin jt, 2018).

Mõlema suviteravilja saagitasemed olid mahekatses head. See näitab, et viljaka mulla ja sobiva eelvilja korral on ka mahetingimustes võimalik suviteraviljadelt kõrgeid saake saada. Sobivate maheväetiste kasutamine võimaldab maheviljeluse saagitaset oluliselt tõsta.

Kasvuaeg. Väetamine mõjutas katsetatud suviteraviljade kasvuaega vähe. Suuremate väetise normide korral olid suvinisu sordi 'Hiie' ja kaera sordi 'Kalle' kasvuajad kontrollvariandist 1–2 päeva pikemad (tabel 2 ja 3).

Seisukindlus ja taime pikkus. Lämmastiku koguste suurendamisega võib kaasneda vilja lamandumine ja seeläbi ka madalam kvaliteet. Kõrgemate väetisefoonide kasutamisel kasvasid mõlema kultuuri sordid usutavalt pikemaks ja olid mõnevõrra vastuvõtlikumad lamandumisele. Kui nisu taimede pikkus suurenes väetamisel katseaastate keskmisena N0 variandiga võrreldes vaid kuni 5 cm, siis kaera taime pikkus suurenes kuni 14 cm. Lamandumise ulatus jäi vaatamata juuni lõpu ja juuli alguse tugevatele vihmahoogudele 2020. a mõlemas katses väheseks.

Tera kvaliteediomadused

Proteiini sisaldus. Nisuterade proteiinisalduse tõstmise toidunisu kokkuostu nõutele vastavaks on mahetingimustes üsna suur väljakutse. Lämmastikuga varustatuse suurenemisel reeglina teraviljade proteiinisaldus tõuseb. See tendents ilmnes ka antud uurimuses. Kaera proteiinisaldus oli katses 10,3–11,1%, suurenedes väetamise mõjul kuni 0,8 protsendipunkti (PP) võrra. Nisu terade proteiinisaldus jäi katsevariantides vahemikku 11,0–12,3%, suurenedes väetamisel kuni 1,3 PP võrra. 2020. aastal oli nisu keskmine proteiinisaldus katses 12,0%, ulatudes foonil N120 12,8%-ni. Viimane vastab nisu kokkuostu III kateooria nõuetele (Tartu Mill, 2021). Suvinisu 2019. a läbiviidud küpsetuskatses kaasnes proteiini tõusuga kõrgematel foonidel N80 ja N120 ka suurem pätsi maht. Lämmastikku sisaldava Ecolan Agra® 8-8-4 väetise kasutamine tõstis proteiinisaldust, mis võimaldas maheviljeluses parandada suvinisu küpsetuskvaliteeti. Kaera keskmine proteiinisaldus oli 2019. a 10,9%, 2020. a aga mõnevõrra ma-

dalam – 10,4%. Chen jt (2011) ei leidnud odral ja kaeral usutavat proteiini saagi tõusu kui N sisaldust tõsteti 60 kuni 120 kg ha⁻¹.

Suvinisu kleepevalgu sisaldus ja gluteeniindeks. Kahel suuremal väetise foonil (N80 ja N120) oli sarnaselt proteiinile ka nisu kleepevalgu sisaldus usutavalt suurem kui kontrollvariandis. Gluteeniindeks näitab nisu kleepevalgu kvaliteeti ehk tugevust. Gluteeniindeksid (71–77%) jäid kahe aasta keskmisena katses optimaalsesse vahemikku (60–90%). Väetamisel sellele kvaliteedinäitajale olulist mõju ei olnud.

Mahumass varieerus kaeral vahemikus 48,3–49,5 ja nisul 77,6–78,2 kg hl⁻¹. Kaera mahumass suurenes usutavalt kahel kõrgemal väetamise foonil (N60 ja N90), nisul usutavad erinevused puudusid.

1000 tera mass jäi kaeral vahemikku 44,0–46,0 g ja nisul 38,0–38,6 g. Mõlema kultuuri 1000 tera massid olid heal tasemel. Sarnaselt mahumassile suurenes kaera 1000 tera mass usutavalt kahel kõrgemal väetise foonil võrreldes kontrollvariandiga ja nisul usutavad erinevused puudusid. Helsingi Ülikooli teadlaste uurimuses lihakondijahu kasutamisel usutavat mõju kaera 1000 tera massile ei leitud (Chen jt, 2011). Ka Poolas suviodruga läbiviidud uurimuses puudusid usutavad erinevused 1000 tera massis selle väetise erinevate normide kasutamisel (Nogalska, 2016).

Kaera sõklusus. Kaera sõklusus jäi katseaastate keskmisena katses vahemikku 24,3–24,9%, olles kaerale omasel keskmisel tasemel. Väetamise variantide vahelised erinevused olid väikesed ja jäid katsevea piiridesse.

Suvinisu langemisarvud jäid vahemikku 290–309 sekundit. Ka sellele kvaliteedinäitajale ei olnud väetamisel olulist mõju.

Taimehaigustest nakatus kaer uuritud aastatel vähesel määral (2–3 palli ulatuses) kroonroostesse ja pruunlaiksusesse. Suvinisul esines mõlemal aastal jahukastet, nisu pruunlaiksust ja helelaiksust. Haigestumine oli tugevam 2019. a, mil nakatumist hinnati 4–6 palliga. Väetamine taimehaigustesse nakatumist usutavalt ei mõjutanud.

Tabel 2. Kaera katsetulemused Ecolan Agra® väetiskatses 2019–2020. a

Variant	Kasvu- aeg päevi	Seisu- kindlus palli*	Taime pikkus cm	Mahu- mass kg hl ⁻¹	1000 tera mass g	Sõklusus %	Proteiin %
Kalle N0	99	9,0	91	48,3	44,0	24,9	10,3
Kalle N30	99	9,0	94	48,6	45,5	24,9	10,5
Kalle N60	99	8,8	96	49,1	45,7	24,9	10,8
Kalle N90	101	7,8	105	49,5	46,0	24,3	11,1
PD 95%	0,7	0,6	3	5,5	1,7	0,9	0,3
Keskmine	99	9,0	97	48,9	45,3	24,7	10,7

*1–9, kus 1 tähistab täielikku lamandumist, 9 lamandumise puudumist

Tabel 3. Suvinisu katsetulemused Ecolan Agra® väetiskatses 2019–2020. a

Variant	Kasvu- aeg päevi	Seisu- kindlus palli*	Taime pikkus cm	Mahu- mass kg hl ⁻¹	1000 tera mass, g	Proteiin %	Gluteeni- indeks %	Langemis- arv sekund
Hiie N0	108	8,2	84	78,2	38,2	11,0	73	290
Hiie N40	108	8,0	87	78,2	38,0	11,1	77	307
Hiie N80	109	7,8	88	77,9	38,6	11,7	75	309
Hiie N120	109	7,3	89	77,6	38,3	12,3	71	301
PD 95%	0,8	0,2	2	0,6	0,8	0,3	5,0	10
Keskmine	109	7,8	87	78,0	38,3	11,5	74	302

*1–9, kus 1 tähistab täielikku lamandumist, 9 lamandumise puudumist

Kokkuvõte

Selle uurimuse tulemused annavad mahetalunikele informatsiooni, millised on võimalused mahetingimustes suviteraviljade saagi ja kvaliteedi tõstmiseks lihakondijahust toodetud mahevätise kasutamisel.

Katse näitas, et mahevätise Ecolan Agra® 8-4-4 kasutamine tõi kaasa nii terasaagi kui ka proteiini sisalduse tõusu. Toitainete ringlussevõtt põllumajandussaaduste tootmise süsteemis on oluline tee säästlikuma majanduse kujundamisel ja keskkonnamõjude vähendamisel. Maheväljelusse sobivad lihakondijahu väetised ei kahjusta loodust. Ecolan Agra® väetiste kasutamine on keskkonnasõbralik viis toitainete ringlussevõtuks põllumajanduses.

Selliste mahevätiste katsetamine (suvi)teraviljadel väärib tähelepanu ka tulevikus, et leida alternatiive ainult eelviljadele tuginevale väetamisele mahekülvikordades. Kaasnevaks ebamugavuseks võib osutada Soomest loomsetest saadustest toodetud väetise sissetoomisega seotud bürokraatia.

Tänuavaldused

Uurimistöö viidi läbi firmaga Ecolan OY sõlmitud lepingu raames.

Kasutatud kirjandus

- Chen, L., Kivelä, J., Helenius, J., Kangas, A. 2011. Meat bone meal as fertiliser for barley and oat. – *Agricultural and Food Science*, Vol 20, pp 235–244.
- Delin, S., Engström, L., Lundkvist, A. 2018. Optimal Placement of Meat Bone Meal Pellets to Spring Oats. – *Front. Sustain. Food Syst.* 2:27. doi: 10.3389/fsufs.2018.00027
- Ecolan OY. (<https://www.ecolan.fi>) (6.12.2020)
- Forsberg, R.A., Reeves, D.L. 1995. *Agronomy of oats*. – *The Oat Crop. Production and utilization*. Ed. R. W. Welch, London, pp 221–251.
- Jeng, A.S., Haraldsen, T.K., Grønlund, A., Pedersen, P.A. 2006. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertiliser to cereals and rye grass. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 76: 183–191.

- Kivelä, J., Chen, L., Helenius, J., Muurinen, S., Kivijärvi, P., Hintikainen, V. 2015. Effects of meat bone meal as fertilizer on yield and quality of sugar beet and carrot. – *Agricultural and Food Science*. Vol 24: 68–83. <http://journal.fi/afs/article/view/8587>.
- Kivelä, J. 2019. Toidusüsteemide toitaineringlus mahepõllunduses - Ecolan® Agra kompleksväetised põllukultuuridele. <https://agripartner.ee/tagasi-juurte-juurde-2019/Toiteelementide-jatkusuutlik-kasutamine-mahepollumajanduses-Ecolan-Jukka%20Kivela.pdf> (22.12.2020)
- Mahepõllumajandus Eestis. 2019. (koost.) A. Vetemaa, M. Mikk, E. Peetsmann. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, 59 lk.
- Nogalska A., Chen L., Sienkiewicz S., Nogalski Z. 2014. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus supplier to cereals and oilseed rape. – *Agricultural and Food Science*, 23: pp 19–27.
- Nogalska, A. 2016. Meat and bone meal as fertilizer for spring barley. – *Plant Soil Environ*. Vol 62, 2016, No. 8: 373–378.
- Tartu Mill. Vilja kokkuost. <https://tartumill.ee/et/tarnijale/> (5.01.2021).

TALIRÜPSI SAAGI KVALITEEDINÄITAJAD ERINEVATE VILJELUSVIISIDE KORRAL

Lea Narits

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Narits, L. 2021. The quality characteristics of winter turnip rape yield in case of different growing technologies. – Agronomy 2021.

The winter turnip rape has found its place among Estonian conventional and organic farmers as an oil crop. The yield and chemical composition of winter turnip rape seeds is the same as oilseed rape. Three varieties (Largo, Legato, Aita) were tested in conventional and organic conditions in 2017–2019. The yield of winter turnip rape varieties was lower in the organic conditions than in the conventional conditions but only the difference in 2019 was statistically significant. The crude oil content was high in both years. The crude protein content of the seeds was higher in the organic than in the conventional trials. The glucosinolate content was lower in the organic trials than in the conventional trials.

Keywords: winter turnip rape, growing technology, quality

Sissejuhatus

Tali-õlikultuuride kasvupind on Eestis hüppeliselt kasvanud: 2018. a – 28102 ha, 2019. a – 51436 ha, 2020. a – 57303 ha. Õlikultuuride pind mahekasvatajatel on samuti kasvutendentsis: 2018. a – 4734 ha, 2019. a – 4812 ha (Statistikaamet). Talirüps kui õlikultuur on leidnud Eesti põldudel oma kindla koha nii tava- kui ka mahekasvatajate seas. Mahe-õlikultuuride pinnast moodustas 2019. a talirüps 3776 ha ehk 78,5%. Põhieesmärk õlikultuuri kasvatamisel on saavutada suur seemnesaak ja kõrge seemnete õlisisaldus (Rathke, Scuster, 2001). Saagikuselt on talirüps võrdne suvirapsiga, sobivate kasvutingimuste juures isegi talirapsiga, seemnete õlisisalduselt ületab talirüps suvirapsi ja jääb vaid pisut alla talirapsile. Kuna talirüpsi seeme ei erine oma keemiliselt koostiselt rapsi seemnetest, siis saab ka tema õlikooki kasutada loomasöödana. See on oluline just mahetootjatele, kes vajavad loomadele söödaratsioonidesse mahedalt toodetud valku. Ristõieliste õlikultuuride seemnetes olevad glükosinolaadid (GSL) hüdroolüüsuvad keskkonnatingimustes ühenditeks, mis võivad olla toksilised. Tulenevalt GSL kibe-mõrkjas maitsest on neil ühenditel ka negatiivne mõju ratsiooni söömusele (Leming jt, 2004). Eeltoodust lähtuvalt on oluline, et rüpsi-seemnete GSL sisaldus oleks võimalikult madal.

Käesoleva uurimuse eesmärk oli hinnata ja võrrelda tava- ja maheviljeluses kasvatatud talirüpsisortide saaki ning saagi kvaliteeti.

Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi Eesti Taimekasvatuse Instituudi (ETKI) põldudel 2017/2018 ja 2018/2019 talirüpsi kasvuperioodidel. Põldude muld oli nõrgalt kuni keskmiselt leetunud kamarkarbonaatne keskmine liivsavi. Eelvili oli mõlemal aastal tavaviljeluse tatar haljasväetisena, maheviljeluses teise aasta punane ristik haljasväetisena. Haljasmass purustati vahetult enne sisseküündmist kuu aega enne külvi. Külvieelselt kultiveeriti põlde kaks korda. Enne teist kultiveerimist anti tavaviljeluses mulda YaraMila NPK väetist, toimeainena N – 21, P – 18,5 ja K – 62,3 kg ha⁻¹, lisaks poolmikroelement S – 21 kg ha⁻¹ ja mikroelemendid Fe – 6 ja B – 0,06 kg ha⁻¹. Umbrohutõrjeks pritsiti tavaviljeluse põldu kevadel (rüpsitaimede kasvufaas BBCH 20) Lontrel 72 SG (klopüraliid) 150 g ha⁻¹. Taimahaiguste ja -kahjurite tõrjet läbi ei viidud. Katses oli kolm talirüpsisorti: ‘Largo’, ‘Legato’ ja ‘Aita’. Külvisenorm oli 6 g m⁻² -le. Külvati katsekülvikuga Hege 80 14. ja 15. augustil, tavaviljeluses 10 m² ja maheviljeluses 5 m² katselappidele, kolmes korduses. Tavaviljeluses anti kevadel (2018. a 19. aprillil, 2019. a 15. aprillil, rüpsitaimede kasvufaas BBCH 19) pealtväetisena 60 kg ha⁻¹ lämmastikku toimeaines. Seemnesaak koristati põllult 2018. a 16.–18. juulil, 2019. a 15.–17. juulil otse katsekombainiga Hege 125. Saak kuivatati, tuulati ja sorteeriti. Pärast sorteerimist kaaluti saagid 1 g täpsusega. Iga korduse saagist võeti 100 g proov, mis saadeti ETKI laboratooriumisse, kus FOSSNIR meetodil määrati seemnete toorõli-, -proteiini ja glükosinolaatide sisaldus. Kõik arvandmed teisendati seemnete niiskusesisalduse 7,5% juurde. Katseandmed töödeldi ühefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil 95% usalduspiiri juures, kasutades andmetöötlusprogrammi Agrobases.

Tulemused ja arutelu

Talirüpsi seemnesaagid jäid mõlemal katseaastal tavaviljeluses madalateks, maheviljeluse puhul oli saagitase keskmine (tabel 1). Katseaastate saakide vahel olid suured erinevused. Nagu varasemad uuringud (Narits, 2009; 2017) on näidanud, mõjutavad talirüpsi saagikust kõige tugevamalt just kasvutingimused ning 2019. a põud oli tugevaks negatiivseks mõjuriks. Usutavalt oli maheviljeluses madalamad saagid mõlemal aastal sordil ‘Legato’, samas oli ‘Legato’ tavaviljeluses saagikaim. 2018. a oli ka maheviljeluse ‘Aita’ saak usutavalt madalam kui tavaviljeluses kasvanul. 2019. a ületas mahekatse ‘Largo’ saak tavakatse saaki, kuid mitte usutavalt. Usutavalt madalam oli maheviljeluses kasvanud talirüpsi keskmine seemnesaak 2018. a. Saagikuselt oli tavakatses keskmisena parim sort ‘Legato’, mahekatses ‘Largo’.

Rapsi õlisisaldus sõltub sordist, agrotehnikast ja kliimatingimustest (Ayton jt, 2011), sama saab öelda ka talirüpsi kohta. Toorõlisisaldus seemnetes oli 2018. a mõlema viljelusviisi puhul hea, 2019. a tavaviljeluses hea, maheviljeluses alla keskmise (tabel 1). Kuht jt (2013) on leidnud, et õlisisaldus rapsiseemnetes on

Tabel 1. Talirüpsi sortide seemnesaak ja toorõlisisaldus erinevate viljelusviiside korral 2018. ja 2019. a

Sort	Seemnesaak, kg ha ⁻¹				Toorõlisisaldus, %			
	2018		2019		2018		2019	
	tava	mahe	tava	mahe	tava	mahe	tava	mahe
Largo	1770	1646	1074	1169	47,2	45,8	45,8	39,1*
Legato	1926	1428*	1439	1024*	47,9	46,6	43,5	39,5*
Aita	1713	1316*	1326	1187	47,6	46,7	43,4	40,5
Keskmine	1803	1463*	1280	1127	47,6	46,4	44,2	39,7*
PD _{95%}	236				3,9			

*statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$) tava- ja maheviljelusviiside vahel

tugevalt negatiivses korrelatsioonis seemnesaagiga. Talirüpsi puhul katses selist seost välja ei tulnud, kõrgemate saakide puhul oli ka seemnete õlisisaldus kõrgem. Kui 2018. a olid toorõli sisaldused erinevate viljelusviiside vahel peaaegu võrdsed, siis 2019. a oli maheviljeluses nii 'Largo' kui 'Legato' toorõli sisaldused usutavalt madalamad. Samuti oli 2019. a keskmine mahekatse toorõlisisaldus usutavalt madalam kui tavaviljeluses. Toorõlisisaldus oli keskmisena tavakatses parim sordil 'Largo', maheviljeluses sordil 'Aita'.

Proteiinisisaldus rapsis sõltub geneetilistest ja keskkonna faktoritest ning nendevahelistest seostest. Paljud autorid (Ping jt, 2003; Hao jt, 2004; Ahmad jt, 2013) on avaldanud negatiivse korrelatsiooni olemasolu õli- ja proteiinisisalduse vahel rapsil. Sama tendents tuleb välja ka käesolevas katses talirüpsil – 2019. a oli mahekatse toorõlisisaldus madal ning toorproteiinisisaldus kõrge. Toorproteiinisisaldus muutus mõlemal katseaastal vähesel määral. 2018. a oli see näitaja keskmiselt 4 protsendipunkti võrra madalam kui 2019. a (tabel 2). 2019. a maheviljeluse 'Legato' toorproteiinisisaldus oli usutavalt kõrgem kui tavaviljeluses kasvanul. Ka 2019. a keskmine maheviljeluse talirüpside toorproteiinisisaldus oli tavaviljeluse näitajast usutavalt kõrgem. Toorproteiinisisaldus oli keskmisena tavakatses parim sordil 'Largo', maheviljeluses olid võrdselt paremad 'Largo' ja 'Legato'.

Tabel 2. Talirüpsi sortide toorproteiini- ja glükosinolaatide sisaldus erinevate viljelusviiside korral 2018. ja 2019. a

Sort	Toorproteiinisisaldus, %				Glükosinolaatide sisaldus, $\mu\text{mol g}^{-1}$			
	2018		2019		2018		2019	
	tava	mahe	tava	mahe	tava	mahe	tava	mahe
Largo	15,0	16,0	17,8	20,7	16,8	10,4	24,3	13,3*
Legato	14,7	15,2	17,3	21,4*	13,8	9,4	22,6	12,8*
Aita	14,7	15,4	17,5	20,3	17,4	14,6	22,3	14,8*
Keskmine	14,8	15,5	17,5	20,8*	16,0	11,5	23,2	13,6*
PD _{95%}	3,0				6,7			

*statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$) tava- ja maheviljelusviiside vahel

Taimedes olevad glükosinolaadid (GSL) omavad olulist rolli taime resistentuses putukate ja haiguste vastu (Koroleva jt, 2010). GSL tase ristõielistes taimedes sõltub suurel määral geneetikast ning keskkonnateguritest (De Pascale jt, 2007). GSL sisaldus oli 2018. ja 2019. a mahekatses keskmisel tasemel, 2019. a tava-katses keskmisest kõrgem (tabel 2). Kui 2018. a ei olnud usutavaid erinevusi tava- ja mahekatses vahel, siis 2019. a oli kõikide sortide GSL sisaldused mahekatses usutavalt madalamad kui tava-katses. Bilborrow jt (1993) leidsid, et optimaalsetes kasvutingimustes suurendas lämmastik GSL sisaldust seemnetes. See võis olla üheks põhjuseks, miks olid 2019. a tava-katses GSL sisaldused kõrged. GSL sisaldus oli keskmisena nii tava- kui ka mahekatses madalaim sordil 'Legato'.

Kokkuvõte

Talirüpsi saagid olid aastatel 2018 ja 2019 mahekatses madalamad kui tava-katses, vahed olid 2019. aastal statistiliselt usutavad. Toorõlisisaldus oli hea saagiaastal nii tava- kui ka mahekatses kõrge, erinevused olid väikesed. Seemnete toorproteiinisaldus oli mahekatses kõrgem kui tava-katses. GLS sisaldus oli mahekatses väiksem kui tava-katses. Sort 'Legato' oli tava-katses kõrgeima saagiga ja madalaima GSL sisaldusega, 'Largo' oli kõrgeimate toorõli- ja toorproteiini sisaldustega. Mahekatses oli 'Largo' kõrgeima saagiga ja kõrge toorproteiini sisaldusega, 'Aita' oli kõrgeima toorõlisisaldusega, 'Legato' kõrge toorproteiini- ja madalaima GSL sisaldusega.

Talirüps on võimeline nii tava- kui ka mahetingimustes andma kõrget saaki ja tema seemnesaak on kvaliteetne ning sobilik õlitööstusele tooraineks ja pressimisjääk loomasöödaks.

Kasutatud kirjandus

- Ahmad, B., Mohammad, S., Azam, F., Ali, I., Rehman, S. 2013. Studies of genetic variability, heritability and phenotypic correlations of some qualitative traits in advance mutant lines of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). – Eurasian Journal of Agricultural Environment Science 13, pp 531–538.
- Ayton, J., Seberry, D., Graham, K. 2011. Trends in quality of canola growing in Australia. – 17th Australian Research Assembly on Brassicas (ARAB), Wagga Wagga NSW, August 2011, pp 103.
- Bilborrow, P.E., Evans, J., Xhao, F. 1993. The influence of spring nitrogen on yield, yield components and glucosinolate concentration of autumn-sown oilseed rape (*Brassica napus*). – Journal of Agricultural Sciences 120, pp 219–224.
- De Pascale, S., Maggio, A., Pernice, R., Fogliano, V., Barbieri, G. 2007. Sulphur fertilization may improve the nutritional value of *Brassica rapa* L. subsp. *Silvestris*. – European Journal of Agronomy 26 (4), pp 418–424.
- Hao, X., Chang, C., Travis, G.J. 2004. Scort communication: Effect of long-term cattle manure applications on relations between nitrogen and oil content in canola seed. – Journal Plant Nutrition and Soil Science 167, pp 214–215.

- Koroleva, O.A., Gibson T.M., Cramer R., Stain, C. 2010. Glucosinolate – accumulating S-cells in *Arabidopsis* leaves and flower stalk under programmed cell death at early stages of differentiation. – *The Plant Journal* 64 (3), pp 456–469.
- Kuht, J., Tõrra, T., Makke, A., Kilgi, J., Nugis, E. 2013. Effect of site-based precision fertilisation on yield and oil content of spring oilseed rape seeds. – *Argonomy Research* 11 (1), pp 67–72.
- Leming, R., Lember, A., Kukk, T. 2004. Erinevate glükosinolaatide sisaldused Eestis toodetud rapsiseemnetes ja -koogis. – *Agraarteadus* XV (1), lk 21–27.
- Narits, L. 2009. Külvisenormi mõju talirüpsi saagile ja kvaliteedinäitajatele. – *Agronomia* 2009, lk 136–143.
- Narits, L. 2017. Talvitumistingimuste mõju talirüpsile ja -rapsile Jõgeval 2005–2006 ... 2015–2016 vegetatsiooniperioodil. – *Taimakasvatuse alased uuringud Eestis 2017*, lk 99–105.
- Ping, S.R.J., Mailer, N., Galwey, D., Turner, W. 2003. Influence of genotype and environment on oil and protein concentrations of canola (*Brassica napus* L.) grower across Southern Australia. – *Australian Journal of Agricultural Research* 54, pp 397–407.
- Rathke, G.-W., Schuster, C. 2001. Yield and quality of winter oilseed rape related to nitrogen supply. – *Plant Nutrition* 92, pp 798–799.
- Statistikaamet. andmed.stat.ee/et/stat (11.01.2021)

SUVIRAPSI SEEMNESAAGIKUS JA KVALITEET SÕLTUVALT TAIMEDE REAVAHEDE LAIUSEST

Kristjan Tiideberg, Erkki Mäeorg, Indrek Keres, Evelin Loit

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Tiideberg, K., Mäeorg, E., Keres, I., Loit, E. 2021. Effects of row spacing on seed yield and quality of spring rapeseed (*Brassica napus* L.). – Agronomy 2021.

The effect of row spacing on rapeseed yield and quality was studied to determine the optimal row spacing for rapeseed cultivation. A field experiment was established in 2019 at a production field in Priipalu in Valga county with two rapeseed varieties, hybrid Brando and conventional Proximo, at four different row spacings (125, 250, 375 and 500 mm). Fertilization and crop protection was the same for all plots of the field experiment. A strong negative relationship was found between seed yield and row spacing ($r = -0.99$, correlation coefficient) meaning that wider row spacing decreased seed yield. There was variability between the varieties: the maximum yield of conventional variety Proximo was 230.7 g m^{-2} and the minimum that of hybrid variety Brando was 141.3 g m^{-2} . There was no correlation between row spacing and oil content in the conventional variety ($r = 0.09$) and negative correlation for the hybrid variety ($r = -0.93$). The correlation between protein content and row spacing differed between varieties.

Keywords: rapeseed yield and quality, row spacing

Sissejuhatus

Üha suurenev nõudlus rapsi kui taimse õli allika järele survestab maaresurssi järjest efektiivsemalt kasutama, et tagada stabiilne saagikus. Seega tuleb pöörata tähelepanu faktoritele, mis garanteeriks efektiivse tootmise juures kõrge ja kvaliteetse seemnesaagi. Lihtsustatult jagunevad tegurid tootja jaoks kaheks: mida saab mõjutada, mida mitte. Tootja ei suuda mõjutada ilmastikust tulenevaid tingimusi nagu sademed, päikesekiirgus ja temperatuur (Assefa jt, 2018). Mõistmaks tegureid, mida on võimalik tootjal kõrgema saagikuse nimel mõjutada, tuleb tähelepanu pöörata saagikomponentidele. Raps on vegetatiivselt plastiline kultuur, s.t ta suudab erinevates keskkonnatingimustes hästi kohaneda. Tingimused, mida tootja saab mõjutada (nt reavahe ja külvisenorm), omavad otsest mõju rapsitaimede arengule ja saagi moodustamise võimele. Väiksema külvitiheduse puhul hõredamas taimikus suudab raps paremini haruneda, kusjuures saagikuste vahel võib vahe puududa, sest tugevam taimik kompenseerib selle (Angadi jt, 2003). See näitab, et rapsi kasvutingimuste muutmisel võib olla positiivne mõju saagikusele. Lisaks tuleb tähelepanu pöörata liigisisesele konkurentsile, kus rapsitaimed omavahel konkureerivad toitainete ja valguse pärast. Rapsitaimede tihedus, nii reasiseselt kui reavahedes, võib mõjutada oluliselt saagi kujunemist. Lähtuvalt eespool mainitust, tuleks vaadelda, kuidas mõjutab rapsi seemnesaagikust reavahede muutmine, kas rapsi külvamine laiema reavahega annab suuremat seemnesaaki ja tõstab rapsi seemnete kvaliteeti.

Materjal ja meetodika

Aastal 2019 viidi läbi põldkatse suvirapsiga, mis rajati FIE Kristjan Tiidebergi tootmispõllule (57°58'47.6"N 26°11'32.8"E) asukohaga Valgamaa, Valga vald, Priipalu küla.

Katses kasutati kahte sorti: liinsort 'Proximo' ja hübriidsort 'Brando'. Külvi viidi läbi 20.05.2019 nelja erineva reavahega: 125, 250, 375 ja 500 mm. Variandid rajati kolmes korduses. Reavahede laienedes vähendati külvisenorme, et vältida liigisisest konkurentsi. Sordi 'Proximo' külvisenorm oli 125 ja 250 mm reavahe korral 80 idanevat seemet m⁻², 375 mm puhul 60 idanevat seemet m⁻², 500 mm puhul 50 idanevat seemet m⁻². Sordi 'Brando' külvisenorm oli 125 ja 250 mm reavahe puhul 60 idanevat seemet m⁻², 375 mm puhul 50 idanevat m⁻² ja 500 mm puhul 40 idanevat seemet m⁻².

Katse eelviljaks oli kaer ja põld randaaliti peale kaera koristust. Põllul oli valdavalt näivleetunud muld (LP), kus leidus ka nõrgalt leetunud mullatüüpi (LKI), lõimiselt kerge liivsavi (I_s). Mulla pH oli 6,0 ja orgaanilise süsiniku sisaldus C_{org} 1,7%, fosforisisaldus 175 ja kaaliumisisaldus 140 mg kg⁻¹. Põllu fosforitarve oli väga väike ja kaaliumitarve keskmine (Kanger jt, 2014). Kokku anti kogu katsealale elemendina lämmastikku 156 kg ha⁻¹ (jaotatult ammooniumsulfaat ASN 26-13 450 kg ha⁻¹ ja YaraBela Axan 100 kg ha⁻¹), fosforit 22,9 kg ha⁻¹ (monoammooniumfosfaat MAP 12-52 100 kg ha⁻¹), kaaliumit 74,7 kg ha⁻¹ (kaaliumkloriid GMOP60 150 kg ha⁻¹) ja väävlit 62,5 kg ha⁻¹.

Laialeheliste umbrohtude tõrjeks (20.05.2019) kasutati MetazamixTM (toimeained metasakloor 500 g l⁻¹, aminopüraliid 5,3 g l⁻¹ ja pikloraam 13,3 g l⁻¹) normiga 1 l ha⁻¹ kohta. Ristõieliste umbrohtude tõrjeks (07.06.2019) kasutati Salsat (toimeaine metüületametsulfuroon 750 g kg⁻¹) normiga 20 g ha⁻¹, lisati juurde Profi Boor 150 (toimeaine boor 150 g l⁻¹). Kõrrelised umbrohud tõrjuti (14.06.2019) preparaadiga Agil 100 EC (toimeaine propakvisafop 100 g l⁻¹) normiga 1 l ha⁻¹, kahjurite tõrjeks lisati Proteus OD (toimeained tiaklopriid 100 g l⁻¹, deltametriin 10 g l⁻¹) normiga 0,7 l ha⁻¹. 18.06.2019 pritsiti mikroelementidega Profi Boor 150 (toimeaine boor 150 g l⁻¹) normiga 2 l ha⁻¹ ja Epso Combipop (vees lahustuv magneesiumoksiid (MgO) 13%, vees lahustuv vääveltrioksiid (SO₃) 34%, vees lahustuv mangaan (Mn) 4%, vees lahustuv tsink (Zn) 1%). Hai-
gustõrje tehti 26.07.2019 preparaadiga Tilmor (toimeained protiokonasool 80 g l⁻¹, tebukonasool 160 g l⁻¹) normiga 1 l ha⁻¹ ja paagisegusse lisati YaraVita Thiotrac (toimeained üldlämmastik (N) 200 g l⁻¹, väävel (S) 300 g l⁻¹) normiga 2 l ha⁻¹.

Katsepõllul korjati iga lapi keskelt 15 taime ja köideti vihkudeks laboris analüüsimiseks. 'Proximo' taimed korjati 24. septembril ja 'Brando' taimed 28. septembril. Taimed korjati, kui rapsivars oli veel roheline, kuid 80% seemnetest olid valminud. Kokku oli katses 24 kordust, millelt koguti 360 rapsitaimet. Taimed kuivatati toatemperatuuril (26 °C) kuu aja jooksul. Sordi 'Proximo' katselapid koris-

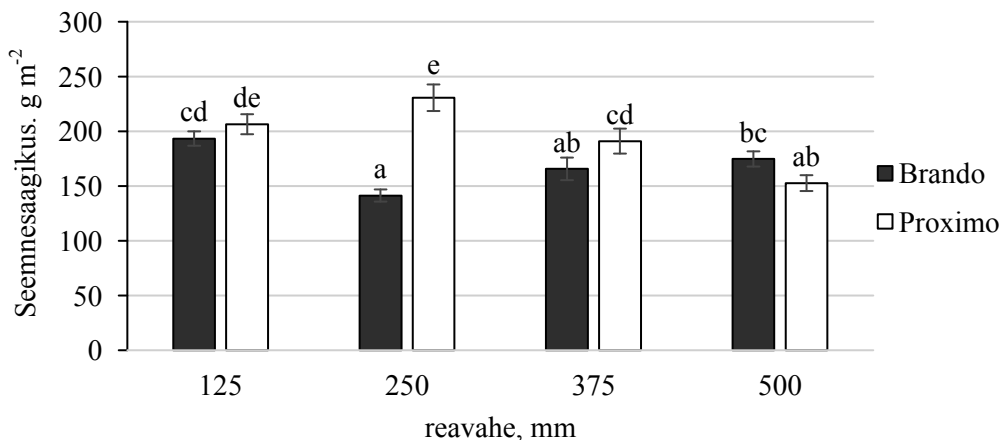
tati kombainiga 11.10.2019 ja sordi 'Brando' katselapid 16.10.2019. Seemned pakendati BIGBAG tüüpi kottidesse ja võeti seemneproovid analüüsimiseks.

Laboris määrati järgmised parameetrid taime kohta: taime kõrgus (cm), kõtrade arv kokku (tk), maapealne biomass (g), taime maapealne biomass seemneteta (g), 1000 tera mass (g), rapsiseemnete õlisisaldus (%), rapsiseemnete proteiinisaldus (%), rapsiseemnete niiskus (%), klorofüllisaldus (mg kg^{-1}), eruukahapete sisaldus õlis (%), FFA (vabad rasvhapped) sisaldus õlis (%) ja GSL (glükosinolaadid) (mmol kg^{-1}).

Seemneproovid analüüsiti Baltic Agro AS Scanola laboris seadmega XDS Lab, mis on toodetud Foss Analytical poolt. Andmed analüüsiti programliga Statistica 13 ja MS Excel. Variantide võrdlemiseks kasutati Fisher LSD post-hoc testi ($p = 0,05$) ning regressioon- ja korrelatsioonanalüüse.

Tulemused ja arutelu

Põldkatse tulemused näitasid, et rapsi saagikused sõltusid reavahe laiu-
sust ja sordist. Kogu saagikuste vahe oli kuni 38,7% (joonis 1). Madalaim seemnesaagikus oli $141,3 \pm 5,6 \text{ g m}^{-2}$ sort 'Brando' 250 mm reavahe puhul. Kõrgeim saagikus oli $230,7 \pm 12,1 \text{ g m}^{-2}$ sort 'Proximo' puhul reavahega 250 mm. Saagikuste vahe võis tekkida külvisenormide erinevusest, kus hübriidsortide soovituslik norm on väiksem tänu tema võimele paremini haruneda. Rapsi seemnesaagikuste kõikumised võisid olla põhjustatud sortide geneetilistest erinevustest ja keskkonnatingimustest (Sarwar, 2008). Lisaks on sortidel sõltuvalt geneetikast erinev lämmastiku omastamise võime, mis mõjutab lõplikku seemnesaagikust (Berry jt, 2010).

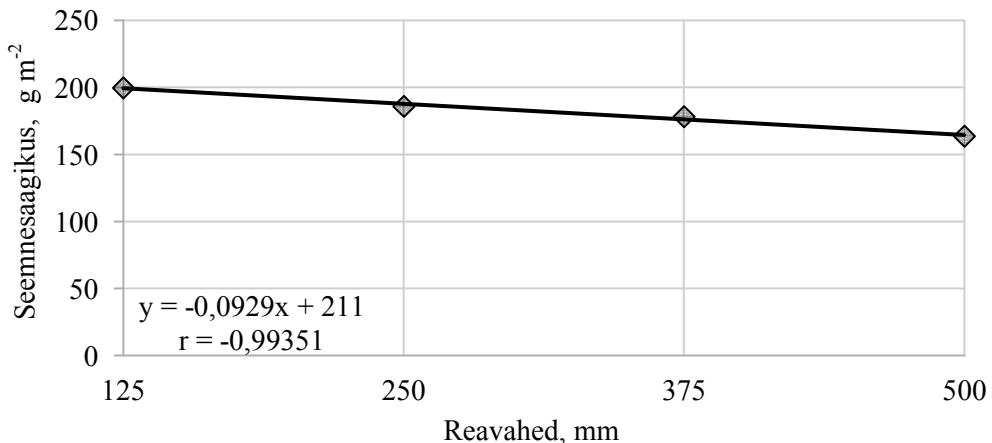


Erinevad väiksed tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud joonisel näitavad standardviga

Joonis 1. Suvirapsi hübriidsort 'Brando' ja liinsort 'Proximo' saagikus (g m^{-2}) sõltuvalt reavahe laiusest (mm)

Sortide vahel esines statistiliselt usutav erinevus seemnesaagikuses reavahede 250 ja 375 mm kasutamisel. 125 ja 500 mm reavahe korral puudus usutav erinevus sortide seemnesaagikuses (joonis 1).

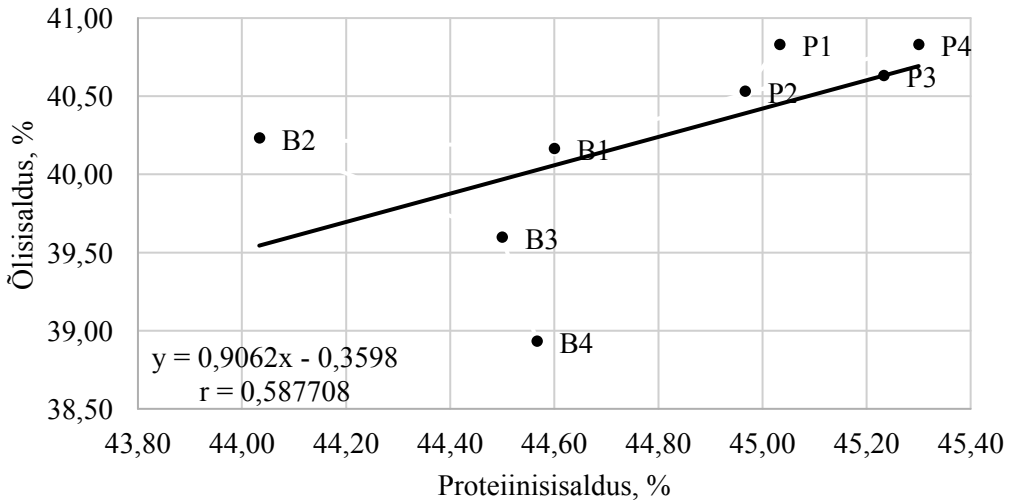
Reavahede laienedes saagikus langes (joonis 2) ja võttes aluseks korrelatsioonikordaja r väärtust võib nentida, et antud katses oli saagikuse ja reavahede laiuse vahel tugev negatiivne seos. Sarnase tulemuse ($r = -0,974$) said oma katses Krček jt (2019). Samuti leidsid Uzun jt (2012), et reavahede laienedes rapsi seemnesaagikus langeb. Sama külvisenormi puhul tekib kitsama reavahe puhul liigisisene konkurents hilisemates kasvufaasides. Laiema reavahe korral on reasisene (*intra-row*) konkurents toitainete ja valguse pärast suurem, sundides taimi kiiremini kasvufaase läbima (Kuai jt, 2015). Tihedamas taimikus võib tekkida raskusi õite tolmlemisel (Wang jt, 2011), mis võib alandada saagikust kuni 50% (Kirkegaard jt, 2018).



Valem tähistab lineaarset seost; r = korrelatsioonikordaja

Joonis 2. Rapsi seemnesaagikus (g m^{-2}) sortide keskmisena sõltuvalt reavahe laiusest (mm)

Katsetulemustest selgus, et rapsi õli- ja proteiinisalduse vahel oli pöördvõrdeline seos, rapsiseemnete proteiinisalduse suurenedes langes õlisisaldus (joonis 3). Reavahe suurenedes üle 250 mm, tõusid nii õli- kui ka proteiinisaldus sordil 'Proximo'. Sordil 'Brando' oli varieeruvus suurem, mistõttu oli järeldusi teha keerulisem. Võib oletada, et reavahe laiusel puudus otsene mõju õli- ja proteiinisalduse omavahelisele seosele. Antud juhul võib põhjuseid seostada väetamisega. Kõrge proteiinisaldus on indikaatoriks, et lämmastikku oli elemendina külluses. Brennan ja Bolland (2007) leidsid, et lämmastikunormide suurendamine ja seemnete proteiinisalduse vaheline seos on tugev, kuid lämmastiknormide suurendamisel on negatiivne mõju õlisisaldusele (Khan jt, 2020).



Tähed joonisel tähistavad sorti, P = 'Proximo', B = 'Brando'; numbrid tähistavad reavaht, mm 1 = 125; 2 = 250; 3 = 375; 4 = 500, valem tähistab lineaarset seost, r = korrelatsioonikordaja

Joonis 3. Suvirapsi õli- ja proteiinisalduse (%) vahelised seosed sõltuvalt reavahe laiuusest hübriidsort 'Brando' ja liinsort 'Proximo' puhul

Kokkuvõte

Uurimistöö tulemustest selgus, et suvirapsi sortide 'Brando' ja 'Proximo' puhul ei tõstnud laiem reavahe saagikust ega parandanud kvaliteeti. Katsetulemustes esines palju varieeruvust, mis võib olla põhjustatud sortide geneetilistest erinevustest ja kasvutingimustest. Laiema reavahe korral vähenes saagikus statistiliselt usutavalt mõlemal sordil, kuid kvaliteedinäitajatel puudusid usutavad seosed. Seoseid esines proteiini- ja õlisalduste vahel, kuid need polnud tingitud reavahe laiuusest, pigem võib neid näitajaid seostada väetamisega.

Kasutatud kirjandus

- Angadi, S.V., Cutforth, H.W., McConkey, B.G., Gan, Y. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. – *Crop Science*, 43(4), 1358–1366.
- Assefa, Y., Prasad, P.V., Foster, C., Wright, Y., Young, S., Bradley, P., Stamm, M., Ciampitti, I.A. 2018. Major management factors determining spring and winter canola yield in North America. – *Crop Science*, 58(1), 1–16.
- Berry, P.M., Spink, J., Foulkes, M.J., White, P.J. 2010. The physiological basis of genotypic differences in nitrogen use efficiency in oilseed rape (*Brassica napus* L.). – *Field Crops Research*, 119(2–3), 365–373.
- Brennan, R.F., Bolland, M.D.A. 2007. Influence of potassium and nitrogen fertiliser on yield, oil and protein concentration of canola (*Brassica napus* L.) grain harvested in south-western Australia. – *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(8), 976–983.

- Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H., Astover, A., Ilumäe, E., Lauringson, E., Loide, L., Penu, P., Rooma, L., Sepp, K. 2014. Väetamise ABC. 50 lk. <https://pmk.agri.ee/sites/default/files/uploads/sites/2/2017/02/VaetamiseABC.pdf>
- Khan, S.N., Hussain, Z., Shah, W.A., Uddin, S., Ahmad, M., Amin, R., Ishaq, M., Khan, A., Wisal, M., Ullah, S., Ali, M. 2020. Analysis of yield traits, oil content and protein concentration in canola (*Brassica napus* L.) in relation to various nitrogen and seed rates. – *Pure and Applied Biology (PAB)*, 9(1), pp.112–120.
- Kirkegaard, J.A., Lilley, J.M., Brill, R.D., Ware, A.H., Walela, C.K. 2018. The critical period for yield and quality determination in canola (*Brassica napus* L.). – *Field crops research*, 222, 180–188.
- Krček, V., Baranyk, P., Brant, V., Pulkrábek, J. 2019. Influence of crop management on formation of yield components of winter oilseed rape. – *Plant, Soil and Environment*, 65(1), 21–26.
- Kuai, J., Sun, Y., Zuo, Q., Huang, H., Liao, Q., Wu, C., Lu, J., Wu, J., Zhou, G. 2015. The yield of mechanically harvested rapeseed (*Brassica napus* L.) can be increased by optimum plant density and row spacing. – *Scientific reports*, 5, 18835.
- Sarwar, M. 2008. Plant spacing-a non polluting tool for aphid (*Hemiptera: Aphididae*) management in canola, *Brassica napus*. – *Journal of Entomological Society of Iran*, 27 (2), 13–22.
- Uzun, B., Yol, E., Furat, S. 2012. The influence of row and intra-row spacing to seed yield and its components of winter sowing canola in the true Mediterranean type environment. – *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(1), 83–91.
- Wang, X., Mathieu, A., Cournède, P.H., Allirand, J.M., Jullien, A., de Reffye, P., Zhang, B.G. 2011. Variability and regulation of the number of ovules, seeds and pods according to assimilate availability in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). – *Field Crops Research*, 122(1), 60–69.

ILMASTIKU MÕJU ERINEVATE KARTULISORTIDE SAAGI KUJUNEMISELE 2020 A. KASVUPERIOODIL

Terje Tähtjärv, Triin Saue

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Tähtjärv, T., Saue, T. 2021. The effect of weather conditions on yield of different potato varieties in 2020. – *Agronomy 2021*.

To evaluate the effect of weather conditions on potato yield, several early, midseason, and late potato varieties originating from different EU countries were compared in the 2020 ECRI trials at Jõgeva. The weather was generally favourable for potato in 2020. An adequate amount of precipitation combined with an optimal temperature range resulted in high potato yields. Out of the early varieties, the highest yield was obtained from Levante, Ranomi, and Sunshine. Out of the midseason varieties, Georgina, Karelia, Lilly, and Nixe yielded the highest; of the late varieties, Anti, Soraya, and Tiina had the highest yield.

Keywords: *potato variety, weather conditions, yield, yield components*

Sissejuhatus

Kartul, kui üle maailma levinud kultuur, on kohanenud kasvamiseks väga erinevates kliimatingimustes. Suurimad kartulisaagid saadakse seal, kus päeva pikkus varieerub 13–17 tunnini ja keskmine õhutemperatuur jääb alla 20 °C (Jõudu, 2002). Kartul eelistab kobedat ja õhurikast mulda. Kõige rohkem sobivad talle huumusrikkad saviliiv- ja liivsavimullad (Vesik, 1966). Liivmuldades on vähem orgaanilist ainet ja niiskust kui savimuldades. Sademed tõstavad mulla niiskusesisaldust, mis omakorda suurendab mulla mikrobioloogilist aktiivsust (Haluschak jt, 2003).

Olulisemateks kartuli saagikust mõjutavateks keskkonnafaktoriteks on sademed, temperatuur ja valgus (Tein, 2014). Eestis aretatud kartulisordid on kohanenud ja sobilikud siinsetesse oludesse, kuid ka kohalikud mullastiku- ja ilmastikutingimused võivad varieeruda. Lisaks sordile mõjutavad kartuli mugulasaaki ja selle kvaliteeti vegetatsiooniperioodi pikkus ja sel perioodil kujunev ilmastik, samuti mulla tüüp ja lõimis. Genotüüp × keskkond vastasmõju ilmneb enamiku saagikomponentide puhul, nt mugulate arv taime kohta, ühe mugula mass ja saagikus (Augustin jt, 2012).

Mugulate arvu mõjutavad peamiselt päeva pikkus ja sademete jaotumine kasvuperioodi jooksul. Mugulate moodustumise kiirusele avaldavad suurt mõju öised temperatuurid (Struik, Ewing, 1995; Ereemeev jt, 2003). Samas sõltub toitainete kättesaadavus veest ja toitainetega varustatusest kasvuperioodil (Koch jt, 2020).

Käesoleva töö eesmärk oli uurida, kuidas mõjutasid 2020. aasta kasvuperioodi ilmastikutingimused Eestis Euroopa Liidu riikidest pärit kartulisortide saagi komponentide kujunemist.

Materjal ja meetodika

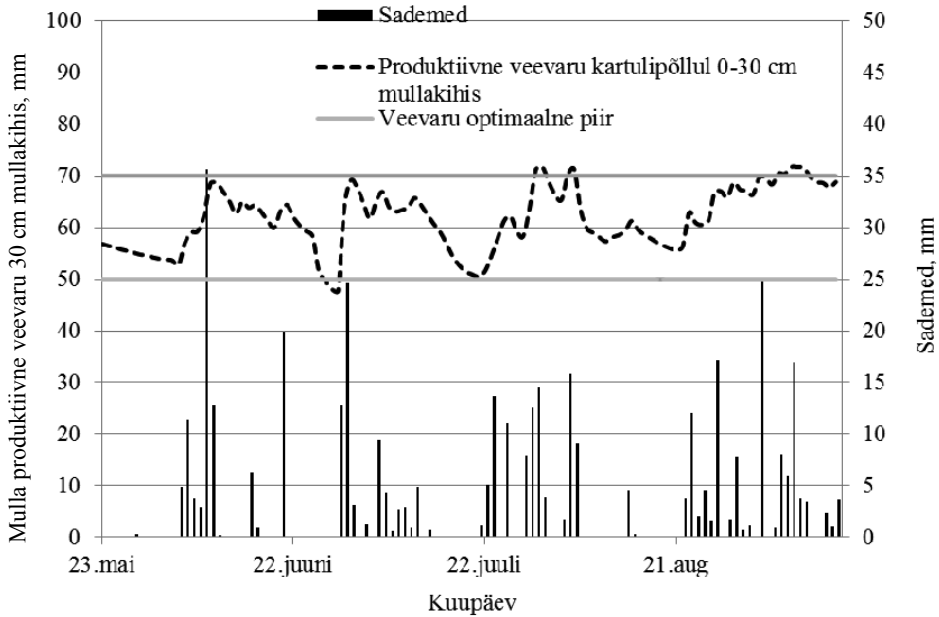
Sordivõrdluskatses oli 2020. aastal (jagatud sordikirjelduse järgi) 8 varajast, 20 keskvarajast kuni keskmise valmivusega ja 12 hilisema ja väga hilise valmivusega sorti. Katsed rajati kolmes korduses NNA (*Nearest Neighbours Analyses*) meetodi järgi, iga sort kasvas kõikides kordustes 3,5 m² lapil. Katsepõllule anti 500 kg ha⁻¹ kloorivaba kompleksväetist (Cropcare 12:11:18) enne kultiveerimist ja 420 kg ha⁻¹ (Cropcare 8:11:23) vagude ajamisel. Kartul pandi maha 15.05., kasvu ajal mullati 3 ja äestati 2 korda. Umbrohutõrjet tehti 20.06. Titus TF25 50 g ha⁻¹, lehemädaniku tõrjet tehti 2 korda: 10.07. Ridomil Gold 2,5 kg ha⁻¹, 26.07. Dithane NT 1,8 kg ha⁻¹. Katse koristati 20.09.

Katseandmed analüüsiti ühefaktorilise dispersioonanalüüsi meetodil (ANOVA) statistikaprogrammi Agrobases abil (Agrobases™ 20, 1999). Sortide vaheliste keskmiste näitajate võrdlemisel kasutati Fisher'i LSD post-hoc testi (p = 0,05).

Tulemused ja arutelu

Ilmastikutingimused olid sel aastal kartuli kasvuks suhteliselt soodsad. Sademete summa Jõgeval oli kasvuperioodil (mai–september) 419 mm, mis on kartulile optimaalne. Kartuli kasvu mõjutas siiski sademete ebahütlane jaotumine, ekstreemseid õhutemperatuure kasvuperioodil ei esinenud ja soojust oli piisavalt isegi kõige hilisemate sortide valmimiseks. Aktiivseid, üle 10 °C temperatuure, kogunes juuli lõpuks 1128 °C, augusti lõpuks 1627 °C ja septembri lõpuks 1866 °C. Kartuli õiepungade moodustumise ja õitsemise algusele (jaanipäevast kuni juuli keskpaigani) eelnenud perioodil jäi mulla produktiivne veevaru madalaks (joonis 1). See mõjutas paljuski saagi kujunemist ja saagi tähtsaimat komponenti, mugulate arvu pesas. Sama tendentsi on näidanud ka varasemad uurinud (Arslan, 2007). Eriti väikeseks jäi saak ja mugulate arv neil sortidel, mis moodustavad väga kiiresti mugulaid ja tavaliselt ei õitsegi. Nii oli sordil 'Flavia' usutavalt madalam mugulate arv pesas võrreldes sortidega 'Levante', 'Solist' ja 'Mary-Ann' (tabel 1). Tänu väikesele mugulate arvule jäi ka 'Flavia' saak usutavalt väiksemaks sortide 'Corinna', 'Levante', 'Ranomi' ja 'Sunshine' saakidest. Varajastest sortidest andis kõige suurema saagi sort 'Levante' (86,2 t ha⁻¹), mis ei olnud usutavalt suurem ainult sordi 'Ranomi' saagist. Keskvarajastest sortidest oli kiire mugulate moodustumisega punasekooreliste mugulatega 'Esmee', 'Labella', 'Red Lady' ja kollaste mugulatega 'Twister'. Nimetatud sortide mugulate arv jäi usutavalt madalamaks sortidest, mis moodustasid pesasse üle kümne mugula (tabel 2). Kõige suurema saagi andis selles grupis sort 'Georgina' (87,5 t ha⁻¹), see oli usutavalt suurem enamusest keskvarajaste sortide saakidest (v.a 'Karelia', 'Lilly' ja 'Nixe').

Keskvalmivatest sortidest moodustab vähe ja varakult mugulad sort 'Reet' (Tsahkna, Tähtjärv, 2008) ja hilistest sortidest 'Sarme' (Sarv, 1990). Ka sel aastal jäi nende sortide mugulate arv pesas teistest väiksemaks. Usutavalt väiksem oli



Joonis 1. Mulla produktiivne veevaru kartulipõllul 2020. aasta kasvuperioodil 30 cm mullakihiis ja sama perioodi sademete summa Jõgeval

Tabel 1. Varajaste kartulisortide keskmised saagiandmed 2020. a

Sort	Mugulasaak t ha ⁻¹	Mugulate arv pesas, tk	Saagistruktuur %		
			< 30mm	30–55mm	> 55mm
Corinna	62,8	8,7	2,5	36,8	60,3
Flavia	47,8	7,6	6,1	28,8	65,1
Levante	86,2	11,2	2,5	45,7	51,9
Mary-Ann	56,1	13,9	8,7	61,5	29,8
Ranomi	74,6	8,4	3,1	31,5	65,4
Sanibel	60,1	6,8	3,9	25,9	70,2
Solist	54,4	10,2	5,7	48,8	45,5
Sunshine	66,0	8,7	1,4	40,6	57,4
PD _{95%}	12,69	2,025	3,97	13,06	14,74
p < 0,05	0,002	0,000	0,083	0,005	0,006

nende sortide mugulate arv võrreldes sortidega ‘Tiina’, ‘Anti’, ‘Jõgeva kollane’ ja ‘Nofi’. Hilistest sortidest andis kõige suurema saagi sort ‘Anti’ (103,0 t ha⁻¹), hea saagi andsid veel ‘Tiina’ ja ‘Soraya’ (84,6 t ha⁻¹), mis ületas usutavalt enamuse hiliste sortide saake (v.a ‘Nofi’, ‘Kuras’ ja ‘Ando’) (tabel 3).

Saagi struktuuri kujunemist määravad ilmastikuteguritest kõige enam sademed ja õhutemperatuur (Zarzyńska, Pietraszko, 2015). 2020. aasta soe ja niiske august ja september võimaldasid mugulatel suureks kasvada: nii esineb kõikides sordigruppides väikeste mugulate suhteliselt väike osakaal ja suurte (üle 55 mm)

Tabel 2. Keskvarajaste kuni keskvalmivate kartulisortide keskmised saagiandmed 2020. a

Sort	Mugulasaak t ha ⁻¹	Mugulate arv pesas, tk	Saagistruktuur %		
			< 30mm	30–55mm	> 55mm
Adato	57,4	8,1	5,9	34,4	52,6
Alouette	63,1	9,6	4,8	40,4	54,8
Birgit	65,7	9,8	4,0	41,0	55,0
Carolus	59,8	10,6	5,6	54,5	39,9
Chateau	70,9	10,8	3,3	46,7	50,1
Corazon	59,9	10,5	3,1	50,3	46,6
Esmee	71,0	7,2	1,7	27,9	70,4
Gala	54,2	11,0	6,3	61,0	32,7
Georgina	87,5	11,0	2,8	33,8	61,9
Karelia	76,9	9,9	2,5	45,5	52,0
Labella	73,0	7,9	1,7	31,8	64,0
Laudine	66,7	9,6	3,4	36,7	59,9
Lilly	79,4	11,3	2,9	37,2	59,8
Lucilla	60,0	10,6	4,5	42,3	49,4
Madeira	63,3	10,5	3,0	48,2	48,8
Maret	71,7	10,9	3,9	30,7	65,4
Nixe	76,7	12,2	4,9	49,0	46,1
Princess	67,3	12,3	5,1	47,0	47,9
Red Lady	65,3	7,6	1,8	32,0	66,2
Twister	66,9	7,2	1,4	22,6	76,0
PD _{95%}	11,9	2,29	3,47	12,09	14,25
p < 0,05	0,005	0,005	0,461	0,000	0,001

Tabel 3. Keskvalmivate ja hiliste kartulisortide saagiandmed 2020. a

Sort	Mugulasaak t ha ⁻¹	Mugulate arv pesas, tk	Saagistruktuur %		
			< 30 mm	30–55 mm	> 55m
Ando	72,2	8,6	6,2	30,3	63,5
Anti	103,0	11,7	6,3	27,0	66,7
Ants	55,8	8,4	2,0	40,0	57,3
J. kollane*	67,1	11,6	6,5	43,0	50,5
Kuras	76,2	8,7	11,2	27,4	61,4
Nofi	66,9	11,4	4,6	42,8	52,5
Piret	49,8	8,8	8,4	39,6	52,0
Reet	53,0	7,4	5,1	27,6	67,3
Sarme	69,5	7,7	7,1	27,1	65,9
Soraya	84,6	8,0	2,1	13,2	84,7
Teele	67,7	8,8	6,0	24,5	69,5
Tiina	84,6	10,5	4,6	28,2	67,2
PD _{95%}	16,8	1,45	3,99	11,39	11,25
p < 0,05	0,001	0,000	0,042	0,005	0,002

*Jõgeva kollane

mugulate suur osakaal. Mugulate suureks kasvamist soodustas ka asjaolu, et katse oli pritsitud lehemädaniku vastu ja haiguse kahjustust ei esinenud. Kiirema arenguga sortidel oli üle 55 mm mugulate osakaalu protsent suurem. Varajaste sortide grupis oli suurte mugulate osakaal suurem sordil 'Sanibel', mis oli usutav võrreldes sortidega 'Levant', 'Solist' ja 'Mary-Ann'. Keskvarajaste sortide grupis oli sortide 'Twister' ja 'Esmee' suurte mugulate osakaal kõigist sortidest usutavalt suurem (v.a 'Georgina', 'Red Lady', 'Labella' ja 'Maret'). Hilistest sortidest oli suurte mugulate osakaal kõige suurem sordil 'Soraya', ületades usutavalt kõiki teisi hiliseid sorte.

Kokkuvõte

2020. a oli ilmastikult kartulikasvule soodne. Piisav sademete hulk ja optimaalne õhutemperatuur võimaldasid saada suuri saake. ETKI katses, Jõgeval, andsid varajastest sortidest suurema saagi sordid 'Levante', 'Ranomi' ja 'Sunshine', keskvarajastest ja kuni keskmise valmivusega sortidest 'Georgina', 'Karelia', 'Lilly' ja 'Nixe' ning hilistest sortidest 'Anti', 'Soraya' ja 'Tiina'.

Kasutatud kirjandus

- Arslan, B. 2007. Relationship among yield and some yield characteris in potato (*S. tuberosum* L.) – Journal of Biological Sciences 7 (6), pp 973–976.
- Augustin, L., Milach, S., Bisogin, D. A., Suzin, M. 2012. Genotype × environment interaction of agronomic and processing quality traits in potato. – Horticultura Brasileira 30, pp 84–90.
- Eremeev, V., Jõudu, J., Lõhmus, A., Lääniste, P., Makke, A. 2003. The effect of preplanting treatment of seed tubers on potato yield formation. – Agronomy Research 2(2), pp 115–122.
- Haluschak, P., McKenzie, C., Panchun, K. 2003. Field selection Soil Management and Fertility. – Guide to Commercial Potato Production on the Canadian Prairies. – Western Potato Council of Canada, pp 23–29.
- Jõudu, J. 2002. Kartuli kasvu mõjutavad tegurid ja mugulate moodustamine. – Kartulikasvatus. (koost.) J. Jõudu. Tartu, lk. 69–97.
- Koch, M., Naumann, M., Pawelzik, E., Gransee, A., Thiel, H. 2020. The importance of nutrient management for potato production. Part I: plant nutrition and yield. – Potato Research 63, pp 97–119.
- Sarv, J. 1990. Kartulisort 'Sarme'. – Sordiaretus ja seemnekasvatus. Teaduslikud tööd LXIX, lk. 75–82.
- Struik, P.C., Ewing, E.E. 1995. Crop physiology of potato (*Solanum tuberosum* L.): responses to photoperiod and temperature relevant to crop modelling. – Potato Ecology and Modelling of Crop under Conditions Limiting Growth. (eds.) A.J. Haverkort, D.K.L. MacKerron. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 19–40.
- Zarzyńska, K., Pietraszko, M. 2015. Influence of climatic conditions on development and yield of potato plants growing under organic and conventional systems in Poland. – Am. J. Potato Research 92, pp 511–517.

- Tein, B., Kauer, K., Eremeev, V., Luik, A., Selge, A., Loit, E. 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. – Field Crops Research, 156, pp 1–11.
- Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2008. The new potato variety ‘Reet’. – Agronomijas Vestis 11, pp 159–164.
- Vesik, E. 1996. Kartulikasvatus. – Agronomiline teatmik. Tallinn, lk. 20–29.

VILJELUSVIISI JA KARTULISORDI MÕJU MUGULATE TOORLÕIKUDE TUMENEMISELE

Kalle Margus¹, Viacheslav Eremeev¹, Indrek Keres¹, Mia Keres²,
Liina Talgre¹, Anne Luik¹

¹Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, ²Ülenurme Gümnaasium

Abstract. Margus, K., Eremeev, V., Keres, I., Keres, M., Talgre, L., Luik, A. 2021. Influence of cultivation and different potato varieties on enzymatic darkening of raw tuber segments. – Agronomy 2021.

Enzymatic browning of potato tubers was investigated in 10 potato varieties grown with different cultivation methods. The enzymatic browning was evaluated at different nitrogen rates and compared to organic field management. Five varieties were local Estonian varieties and five of foreign origin. The tubers were cut and browning was quantified using a Tartlan scale of 1–9 points. 1 point meant very high enzymatic browning and 9 points meant low enzymatic browning after cutting or damage. Enzymatic browning has major negative impacts on the food industry, so new varieties are bred to have lower browning levels. Newer varieties were hypothesized to have better resistance to browning and field management was also hypothesized to impact enzymatic browning. Old Estonian varieties Sulev and Ants had the highest enzymatic browning. Different nitrogen rates did not have an impact on enzymatic browning. Organic management had a positive impact after 1.5 h but after 24 h there were no differences compared to intensive management. Regular variety evaluations should continue to help potato growers choose suitable varieties which satisfy consumers and minimize waste.

Keywords: *solanum tuberosum* L., enzymatic browning, potato varieties, polyphenols, nitrogen fertilization

Sissejuhatus

Teadaolevalt mõjutab kasvukeskkond taimede keemilist koostist (Wichrowska, Szczepanek, 2020). Maheviljelus ja erinevate väetisnormide kasutamine võib mõjutada mugulate toortumenumist.

Paljud puu- ja köögiviljad tumenevad õhuga kokkupuutumisel lõikamise või kahjustumise järel. See reaktsioon ilmneb selgemini heleda viljalihaga köögiviljadel. Tumenemine toimub värviliste fenoolide oksüdeerumise ja dehüdrogeenimise tõttu. Esiolgu reaktsioon, mida katalüüsib polüfenool-oksüdaas (PPO), toodab punakaspruuni ortokinooni. Need on väga reaktiivsed ja seetõttu tekib hiljem mitmete reaktsioonide järel pruun melaniinipigment (Busch, 1999). Antud reaktsioon on toiduainetööstusele väga oluline, kuna tumenemine põhjustab maailmas suuri majandulikke kahjusid (Whitaker, 1996). Kuigi fenoolide oksüdatsioon ja melaniinide formeerumine on taimedes normaalne füsioloogiline protsess, pole siiani selget arusaama, kuidas nende sisaldus taimes muutub (Yoruk, Marshall, 2003). Samas on arusaam, et polüfenoolide sisaldus korreleerub erinevate faktoritega, nagu sort, kasvu- ja keskkonnatingimused ning

koristusaeg (Tiwari, Cummins, 2013). Tumenemise minimeerimise ennetava meetmena on kõige tähtsam valida geneetiliselt vastupidavamad sordid (Cabezas-Serrano jt, 2009).

Mugulates tekib ensümaatiline toorlõikude tumenemine kergesti ja see rikub kartulist tehtud toote välimuse ning ei ole tarbijatele vastuvõetav. Tumenemine on probleemiks nii kartulikasvatajale kui ka töötlejale, sest mugulate vigastumine toimub kartulite koristamise ja järgnevate protsesside, nagu ladustamine, transportimine ja töötlemine, jooksul (Bachem jt, 1994). Ensümaatilise tumenemise vältimiseks on võimalik kasutada erinevaid võtteid: sordivalik, lõikumismeetodite arendamine, blanšeerimine, kontrollitud atmosfääri kasutamine, sügavkülmutamine, pakendite valimine jms. Tumenemine sõltub samuti temperatuurist: kartuli polüfenoolid on kõige aktiivsemad 40 °C juures (Cho, Ahn, 1999). Erinevad uurimused on näidanud, et toorlõikude tumenemine on teatud määral sordiomane tunnus (Umaerus, Olsson, 1974). Kõige keskkonnasäästlikum ja lihtsaim võimalus toorlõikude tumenemist vähendada on kasvatada vähem tumenevaid sorte. Kartulit kasvatatakse 160 erinevas riigis ja teadaolevalt on olemas ligikaudu 4000 erinevat sorti (Camire jt, 2009). Antud uurimistöö eesmärk oli võrrelda Eestis kasvatatavate erinevate kartulisortide toortumenemist ja välja selgitada, kas viljelusviis mõjutab kartuli toorlõikude tumenemist.

Materjal ja meetodika

Katses kasutatud kartulisordid kasvasid Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Eerika põllul (58°22'N, 26°40'E). Katseala mullastik oli näivleetunud ehk kahkjast muld (*Stagnic Luvisol* WRB klassifikatsiooni järgi) (Deckers jt, 1998), lõimiselt kerge liivsavi, huumuskihi tusedusega 20–30 cm (Reintam, Köster, 2006).

Kasvatati viis Eestis aretatud ('Ants', 'Maret', 'Teele', 'Sulev', 'Piret') ja viis välismaist kartulisorti ('Varajane kollane', 'Satina', 'Red Scarlet', 'Laura', 'Augusta'). Erinevate viljelusviiside võrdluskatse viidi läbi sordiga 'Teele'.

Kartuli toortumenemise astmed määrati 22.10.2020 Eesti Maaülikoolis. Analüüsimiseks võeti kõikide variantide iga sordi saagi hulgast 10 mugulat. Vaatlused toimusid 1,5; 3; 6 ja 24 tunni möödumisel pärast mugulate poolitamist. Tumenemise määramiseks kasutati Luule Tartlani poolt väljatöötatud skaalat (Tartlan, 2002)

- 1 – väga tume
- 3 – tugevalt tume
- 5 – keskmiselt tumenenud, selge värvimuutus
- 7 – vähe tumenenud, veidi märgatav muutus värvis
- 9 – ei tumene

Sordi 'Teele' mugulad saadi viljelusviiside pikaajalisest külvikorrakatses 2020. aastal. Katses kasutati viieväljalist külvikorda: punane ristik, talinisu,

põldhernes, kartul ja oder punase ristiku allakülviga. Tavasüsteemid erinesid lämmastikväetise N-koguse poolest: N0 ei väetatud, N50, N100 ja N150 said vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha⁻¹. Tavasüsteemides kasutati sünteetilisi taimekaitsevahendeid. Mahe (M) 0-variant järgis külvikorda, M1 ja M2 eelviili oli talvise vahekultuurina talirüps ning M2 sai lisaks 20 t sõnnikut ha⁻¹.

Erinevate kartulisortide mugulad olid pärit samast katsekohast ja kasvatamisel kasutati tavasüsteemile omaseid viljelusvõtteid ning väetusnorm, v.a kontrollvariant N0, oli N50, P25 ja K95.

Kogutud andmete statistiline analüüs tehti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Näitajate keskmiste vahel statistiliselt oluliste erinevuste leidmiseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ($p = 0,05$).

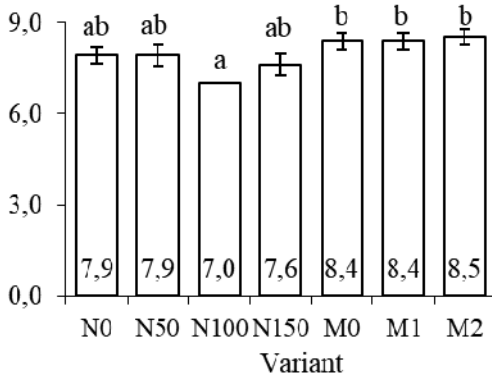
Tulemused ja arutelu

Erinevate viljelusviiside puhul on väetise mõju toortumenemisele vähese tähtsusega (joonis 1). Andmetest nähtub, et 1,5 h möödumisel ei esinenud erinevate väetusfoonide puhul toortumenemises statistiliselt usutavaid erinevusi. Mahevariantidest erines statistiliselt usutavalt tavavariant, mida väetati 100 kg mineraalse lämmastikuga. 24 h möödudes oli enim tumenenud N0 variant – 2,7 hindepunktini, mis oli statistiliselt usutavalt suurem N50, M1 ja M2 variantidest. Kõige vähem tumenes 24 h jooksul N50 variant, mis erines usutavalt nii N0, N100 kui ka M0 variandist. N50 tumenes võrdväärselt M1, M2 ja N150 katsevariandiga.

Antud katse põhjal ei joonistu välja lineaarset seost lämmastikväetise ja toortumenemise vahel, samas mida kauem toorlõik õhu käes oli, seda intensiivsemalt toortumenemine esines. Toortumenemine avaldus 1,5 h jooksul ja seejärel aeglustus. Varasemalt on tõestatud positiivne seos mulla kaaliumisisalduse ja mugulate sidrunhappe sisalduse vahel. Sidrunhape on konkureeriv ühend ensümaatilise tumenemise reaktsioonis ja seeläbi inhibeerib protsessi (Naumann jt, 2020). Tein jt (2013) on leidnud, et pikaajalise katse puhul oli mugulate kaaliumisisaldus variandis N150 suurem võrreldes N0 variandiga. Viljelusviisi katse kordamisel tuleks analüüsida kaaliumi sisaldust mugulates, sest erinevate lämmastikunormide puhul võib formeeruda küll suurem saak, kuid keemiline koostis võib muududa ka teiste elementide suhtes, mis hiljem mõjutavad tumenemise protsessi. Kaaliumi puudus võib olla põhjus, miks N0 ja M0 olid 24 h möödudes kõige rohkem tumenenud, sest antud katsevariandid ei saanud kaaliumväetisi. Kartul on kaaliumi suhtes nõudlik kultuur ja pikaajaline põldkatse on näidanud, et kaaliumväetisteta väheneb mullas kaaliumi sisaldus (Eremeev jt, 2018).

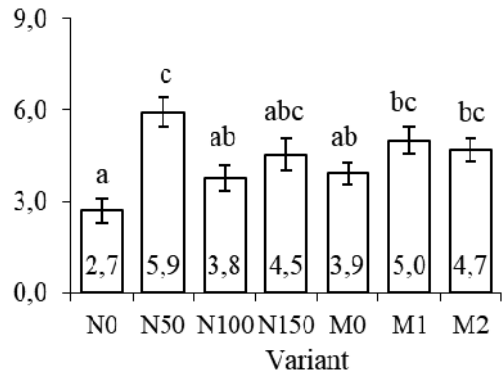
Peale 1,5 h õhuga kokkupuudet olid tavaviljeluses kasvatatud mugulad tumenenud usutavalt rohkem kui maheviljeluse korral (joonis 3). Tavaviljeluse puhul tumenesid mugulad 7,6 hindepunktini ja maheviljeluse puhul 8,4 hindepunktini. Samas 24 h möödudes usutavat erinevust viljelusviiside vahel ei

esinevad, tavaviljeluses tumenesid lõigud 4,3 hindepunktini ja maheviljelus 4,5 hindepunktini.



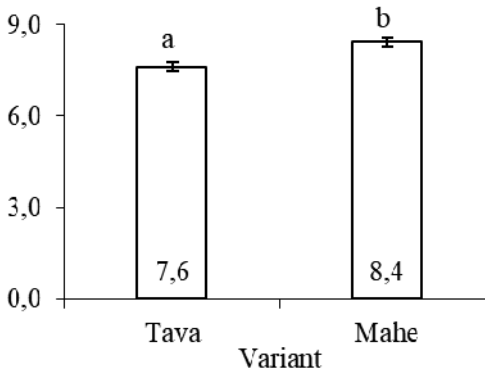
Vearibad tähistavad standardviga. Tähed tähistavad statistilist olulist erinevust (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$)

Joonis 1. Kartuli toorlõikude tumenemise hindepunktid (0–9, 9 = ei tumene) 1,5 h möödudes



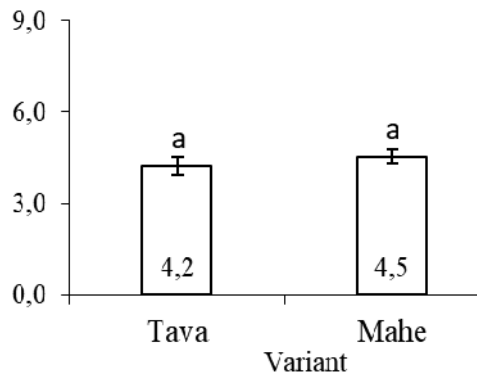
Vearibad tähistavad standardviga. Tähed tähistavad statistilist olulist erinevust (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$)

Joonis 2. Kartuli toorlõikude tumenemise hindepunktid (0–9, 9 = ei tumene) 24 h möödudes



Vearibad tähistavad standardviga. Tähed tähistavad statistilist olulist erinevust (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$)

Joonis 3. Kartuli toorlõikude tumenemise hindepunktid (0–9, 9 = ei tumene) 1,5 h möödudes



Vearibad tähistavad standardviga. Tähed tähistavad statistilist olulist erinevust (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$)

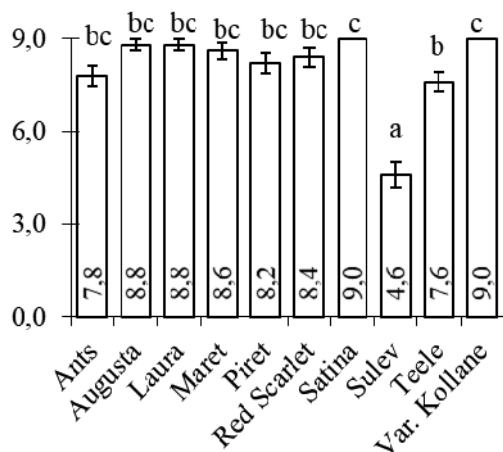
Joonis 4. Kartuli toorlõikude tumenemise hindepunktid (0–9, 9 = ei tumene) 24 h möödudes

Kartuli toorlõikude tumenemine sõltub usutaval määral sordist. Mugulate lõikumise ja õhu kätte jätmise järel avaldus toortumenemine kõige kiiremini sordil ‘Sulev’ – hindepunkt 4,6 (joonis 5). Leidis kinnitust, et Eesti kartulikasvatades pikalt vastu pidanud kartulisordil ei ole tänapäevaseid hea sordi omadusi. Aastatel 1981–1990 kasvatati Eestis sorti ‘Sulev’ ligi 80% kogu kartuli kasvupinnast (Tsahkna, 1999), kuid praeguseks on paljud välismaised sordid teda asen-

danud. Kõige vähem tumenesid 1,5 h jooksul kartulisordid 'Varajane kollane' ja 'Satina', mõlemal 9 hindepunkti. Ülejäänud seitse kartulisorti jäid 7,6 ja 8,8 hindepunkti vahele ning ka statistiline analüüs ei näidanud nende vahel usutavat erinevust. Tumenemise esmane kiirus võib sortide vahel erineda ligi kahekordselt: sort 'Sulev' tumenes 1,5 h möödudes 4,6 hindepunktini, samas sort 'Varajane kollane' ei tumenenud üldse.

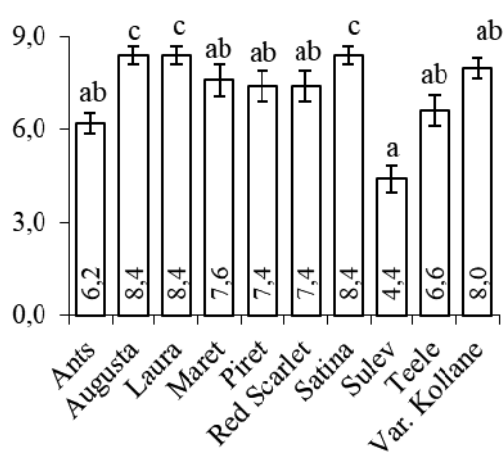
Kolme tunni möödudes esines toorlõikude tumenemisel usutavaid erinevusi ka teiste sortide vahel (joonis 6). Lisaks sordile 'Satina' olid stabiilsemad ka 'Augusta' ja 'Laura'. Nende tumenemise hindepunkt suurenes 1,5–3 h vahel kõigest 0,4 hindepunkti võrra, olles 3 tunni möödudes teistest sortidest usutavalt vähem tumenenud. Samas kartulisort 'Ants' tumenes samal ajavahemikul 1,6 hindepunkti võrra, see näitab, et nii esmane tumenemine kui ka hilisem oli sõltuv sordist. Kui 'Varajane kollane' oli 1,5 h järel väga vähe tumenenud, siis hiljem ei erinenud enam ülejäänud sortidest. Samas oli 'Sulevi' tumenemine aeglustunud ning ei erinenud usutavalt ülejäänud kuuest sordist. 'Sulev' on toortumenemise suhtes väga tundlik ja jõudis halva tulemuseni juba 1,5 h möödudes. Kuna ka teised sordid tumenesid pärast 3 h õhu käes olemist, muutus vahe statistiliselt mitteusutavaks.

Andmetest nähtus, et pärast 6 h õhuga kokkupuudet oli sort 'Sulev' ainuke, mis tumenes usutavalt rohkem kui teised sordid (joonis 7). Samas sordid 'Teele' ja 'Ants' tumenesid vastavalt 5,6 ja 5,4 hindepunktini, kuid nende tumenemine ei olnud statistiliselt usutav võrreldes enamiku sortidega. Usutav erinevus oli sortidel 'Ants' ja 'Teele' võrreldes sordiga 'Satina'. Tulemustest selgus, et 'Satina'



Vearivad tähistavad standardviga. Tähed tähistavad statistilist olulist erinevust (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$)

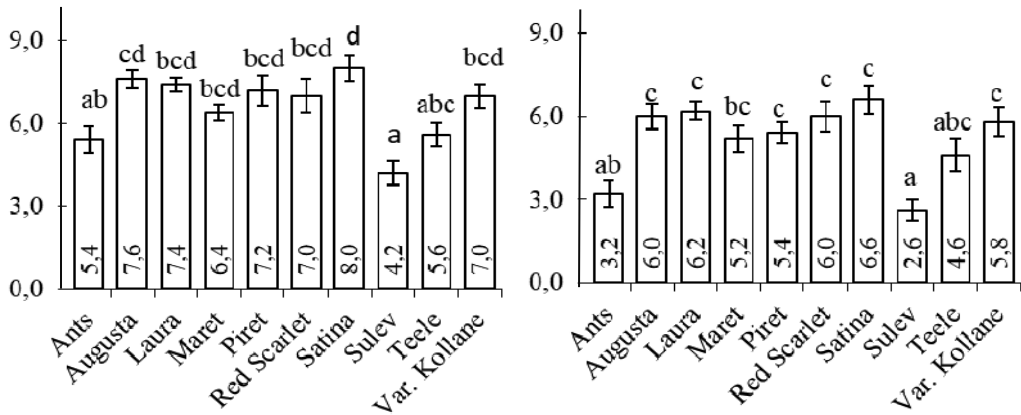
Joonis 5. Erinevate kartulisortide toorlõikude tumenemise hindepunktid (0–9, 9 = ei tumene) 1,5 h möödudes



Vearivad tähistavad standardviga. Tähed tähistavad statistilist olulist erinevust (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$)

Joonis 6. Erinevate kartulisortide toorlõikude tumenemise hindepunktid (0–9, 9 = ei tumene) 3 h möödudes

tumenes kõige vähem, hindepunkt 8,0, millele järgnesid 'Augusta' 7,6 ja 'Laura' 7,4 hindepunkti. Ööpäeva möödudes tumenes kõige vähem sort 'Satina', kõige rohkem 'Sulev' ja 'Ants' (joonis 8). Uurimuste põhjal on leitud, et polüfenoolide sisaldus on mugulates piisavalt suur, et see ei saa piiravaks teguriks lõplikul tumenemisel (Cantos jt, 2002). See tähendab, et piisavalt pika aja möödudes jõuavad kõik mugulad sarnase tumenemisastmeni kui muud tingimused on samad. Tumenemise kiirus sõltub oksüdeerivate ensüümide aktiivsusest ja anti-oksüdantide sisaldusest mugulates (Cabezas-Serranoa jt, 2009).



Vearivad tähistavad standardviga. Tähed tähistavad statistilist olulist erinevust (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$)

Joonis 7. Erinevate kartulisortide toorlõikude tumenemise hindepunktid (0–9, 9 = ei tumene) 6 h möödudes

Vearivad tähistavad standardviga. Tähed tähistavad statistilist olulist erinevust (Tukey HSD post-hoc test, $p < 0,05$)

Joonis 8. Erinevate kartulisortide toorlõikude tumenemise hindepunktid (0–9, 9 = ei tumene) 24 h möödudes

Kui 24 h möödudes reastada välis- ja eestimaised kartulisordid hindepunktide järgi, siis vähem tumenesid 'Satina', 'Laura', 'Red Scarlet' ja 'Augusta'. Sellest järeldub, et välismaised sordid olid meie kasvutingimustes toortumenemisele vastupidavamad. Enim tumenesid vanad ja tuntud sordid 'Ants' ja 'Sulev'. Kartuli toorlõikude tumenemist mõjutab mugula polüfenoolide sisaldus, mida suurem polüfenoolide sisaldus ning PPO aktiivsus, seda intensiivsem on tumenemine (Friedman, 1997; Cabezas-Serranoa jt, 2009). Polüfenoolide sisaldus muutub taimedes olenevalt kasvujärgust (Campos jt, 2019) ja sellest tulenevalt võib hiliste ja varajaste sortide fenoolide sisaldus sõltuda koristusajast. 'Ants' ja 'Sulev' olid antud katses kõige hilisemad kartulisordid, nad ei pruukinud olla koristusajaks füsioloogiliselt valminud. Kõrge N-sisalduse juures kasvavad mugulad liiga suureks ja ei saavuta koristusajaks täisküpsust ning seega vigastuvad ja ka tumenevad rohkem (Tsahkna, 2015).

Kokkuvõte

Kartuli toorlõikude tumenemine esines kõikidel katses olnud kartulisortidel ja oli sorditi erinev. Tumenemise intevsiivsus oli suurim esimestel tundidel ja aeglustus seejärel. Kõige kiiremini tumenesid sordi 'Sulev' mugulad, jõudes esimese vaatluse ajaks suurima tumenemisastmeni kui enamik sorte 24 h möödudes. Samuti tumenesid kiiresti sordi 'Ants' mugulad. Nende kahe sordi puhul võib järeldada, et nende kasvatamine tööstuslikul eesmärgil, kus toorelt säilitamine on tähtis, ei ole soovitatav. Samas 'Sulev' ja 'Ants' olid katses kõige hilisemad sordid, ning ei pruukinud koristusajaks olla füsioloogiliselt valminud.

Kõige vähem tumenes sort 'Satina', olles kõigis ajavahemikes teistest sortidest parem. Samas klassis olid 24 h möödudes ka 'Augusta', 'Laura', 'Maret', 'Piret', 'Red Scarlet' ja 'Varajane kollane'. Kuigi mitmete meetmetega on võimalik mugulaid lühiajaliselt toorelt säilitada, siis kindlasti tuleks veenduda nende loomulikus tumenemise intensiivuses. Üheaastase katse põhjal ei saa kindlalt kinnitada, et toortumenemine toimub nendel sortidel kõigis tingimustes sarnaselt. Toortumenemist mõjutavad väga paljud keemilised ühendid ja füsioloogilised tingimused ning need võivad aastati erineda ja sorte mõjutada. Antud katset tuleks korrata erinevatel aastatel, et teha sordiomaduste iseloomustamiseks kindlamaid järeldusi.

Viljelusviisi mõju mugulate toortumenemisele oli väiksem kui sordi mõju. Erinevate lämmastikunormide vahel ei tekkinud korrapärasest seost, 24 h möödudes oli parim tulemus N50 variandil. Samas N0 ja N50 ei tumenenud usutavalt erinevalt. Esimese 1,5 h jooksul tumenesid mahekasvatuse variandid vähem, kuid 24 h möödudes erinevust ei esinenud. Antud katsetulemuste põhjal ei saa kinnitada, et lämmastikvähendused intensiivistaksid mugulate toortumenemist, kuid lühiajaliselt oli mahekasvatuse puhul tumenemine usutavalt aeglasem.

Tänuavaldused

Uurimistöö valmis ERA-NET Core organic projekti FertilCrop, Eesti Maaülikooli projekti „Teadmussiirde pikaajaline programm taimekasvatuse tegevusvaldkonnas“ ja Eesti Maaülikooli projekti P180273PKTT toel.

Kasutatud kirjandus

- Bachem, C.W.B., Speckmann, G.J., Van der Linde Piet, C.G., Verheggen, F.T.M., Hunt, M.D., Steffens, J.C. 1994. Antisense expression of polyphenol oxidase genes inhibits enzymatic browning in potato tubers. – *Bio/ Technology* 12, pp. 1101–1105.
- Busch, J.M. 1999. Enzymic browning in potatoes: a simple assay for a polyphenol oxidase catalysed reaction. – *Biochemical Education* 27(3), pp. 171–173.
- Cabezas-Serranoa, A.B., Amodio, M.L., Cornacchia, R., Rinaldi, R., Colelli, G. 2009. Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut products. – *Postharvest Biology and Technology* 53(3), pp. 138–144.

- Camire, M.E., Kubow, S., Donnelly, D.J. 2009. Potatoes and human health. – *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 49, pp. 823–840.
- Campos, R.A.S., Seabra, S., Goncalves, G.G., Neves, L.G., De Gusmao, S.A.L., Vianello, F., Lima, G.P.P. 2019. Changes in bioactive compounds in spiny coriander leaves in response to inflorescence brunning at different growth stages. – *Scientia Horticulturae* 245, pp. 250–257.
- Cantos, E., Tudela, J.A., Gil, M.I., Espín, J.C. 2002. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, pp. 3015–3023.
- Cho, Y.K., Ahn, H.K. 1999. Purification and characterization of polyphenol oxidase from potato: I. Purification and properties. – *Journal of Food Biochemistry* 23, 577–592.
- Deckers, J.A., Nachtergale, F.O., Spaargarn, O.C. 1998. World Reference Base for Soil Resources: introduction. First edition. ISSS, ISRIC, FAO, Acco Leuven, 165 pp.
- Eremeev, V., Talgre, L., Alaru, M., Kuht, J., Loit, E., Luik, A. 2018. Viljelusviiside mõju kartuli saagile, saagi kvaliteedile ning mulla toiteelementidele. M. Alaru (toim.). – *Agronomía* 2018, lk. 53–58.
- Friedman, M. 1997. Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, pp. 1523–1540.
- Naumann, M., Koch, M., Thiel, H. 2020. The importance of nutrient management for potato production. Part II: plant nutrition and tuber quality. – *Potato Research* 63, pp. 121–137.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* 136, pp. 199–209.
- Tartlan, A. 2002. Kartuli ja kartulitoodete kvaliteedinõuded ja kvaliteedi hindamine. – *Kartulikasvatus*. Koost. J. Jõudu (toim.). lk. 525–533.
- Tein, B., Kauer, K., Eremeev, V., Luik, A., Selge, A., Loit, E. 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. – *Field Crops Research*, 156, 1–11.
- Tiwari, U., Cummins, E. 2013. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. – *Food Research International* 50(3), pp. 497–506.
- Tsahkna, A. 1999. Kartuli sordiaretuse tulemustest Jõgeval. http://agrt.emu.ee/pdf/proceedings/toim_1999_9_tsahkna.pdf
- Tsahkna, A. 2015. Kartulimugulate tumenemisest. Maalehe lisa “Messileht”, 9. aprill 2015, lk. 26–27.
- Umaerus, M., Olsson, K. 1974. Varietal differences in tyrosine and chlorogenic acid in relation to enzymic discoloration of potato tubers. *Potato Res.*, 17, 157.
- Whitaker, J.R. 1996. Enzymes. – O. Fennema (Ed.). *Food Chemistry*, 3rd ed. Marcel Dekker, New York, pp. 431–530.
- Wichrowska, D., Szczepanek, M. 2020. Possibility of limiting mineral fertilization in potato cultivation by using bio-fertilizer and its influence on protein content in potato tubers. – *Agriculture* 2020. 10(10), 442. pp. 2–16.
- Yoruk, R.R., Marshall, M. 2003. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review 1. – *Journal of Food Biochemistry* 27, pp. 361–422.

KARTULITAIMEDE SAAGIKUS SÕLTUVALT TOITSEGU KOOSTISEST

Liisa Kübarsepp, Katrin Kotkas

Eesti Taimekasvatuse Instituut, taimebiotehnoloogia osakond

Abstract. Kübarsepp, L., Kotkas, K. 2021. Relation between plant tissue culture media composition and potato yield. – Agronomy 2021.

A customized plant tissue culture media was developed and used for several years for growing in vitro potato plants and propagating seed potato initial material in the plant biotechnology department of the Estonian Crop Research Institute. The aim of this study was to examine the relationship between potato yield and the culture medium used for potato plants. Thus, the medium used for propagation could be changed while avoiding a decreased yield of potato meristem plants. The impact of three different media on the tuber number per plant, tuber average weight, and the yield of different potato varieties was evaluated in field conditions. Initially, in vitro plants were propagated and planted in plastic rolls, acclimatized to the external environmental conditions outside test tubes, and then planted into the test field. The following media were used: C – control, rapid propagation medium; Cs – modified control medium for preservation; MS – widely used medium for the propagation and preservation of many different plants in vitro. In the field tests five varieties Ando, Anti, Maret, Teele, and Varajane kollane were used. In conclusion, the propagation media used did not have a significant effect on four of the varieties. However, there was a significant difference between the yield characteristics of variety Maret, depending on the culture media used prior to planting in the test field. Therefore, further experiments are need to determine if similar results are obtained for other early potato varieties.

Keywords: potato plants, in vitro, tissue culture medium, field test

Sissejuhatus

Koekultuuride toitesegud peavad sisaldama kõiki taime kasvuks vajalikke ühendeid. Vee ja mineraalaineteta ei saaks taimed elada väljaspool katseklaasi ega katseklaasis *in vitro*. Toitesegudes kasutatavad soolad võib jagada makro- ja mikroelementideks. Elemente N, K, P, Mg, Ca ja S loetakse makroelementideks ning Fe, Cu, Mn, Co, Mo, B, I, Ni, Cl ja Al mikroelementideks (Murashige, Skoog, 1962). Selline jagamine makro- ja mikroelementideks tuleneb taimede vajadusest teatud elementide järele.

Aastakümnete jooksul on välja töötatud üle 2000 toitesegu retsepti eri taimeliikidele ja isegi sortidele (George, 1993). Lisaks makro- ja mikroelementidele on igas toitesegus tähtis koht süsivesikutel, kuna fotosüntees on *in vitro* tingimustes ebapiisav. Põhiliselt lisatakse toitesegudesse süsivesikute allikatena kas sahharoosi või glükoosi (20–40 g l⁻¹) (Kotkas, 1994).

Toitesegudesse lisatakse väiksemates kogustes ka paljudes biokeemilistes reaktsioonides vajalikke erinevaid vitamiine. Kuna paljudatavad taimed sünteesivad ka ise vitamiine, on nende kontsentratsioon toitesegus väga madal, 0,1–1,0 mg l⁻¹. Põhilised vitamiinid, mida erineva otstarbega toitesegudes kasu-

tatakse on tiamiin (B_1 vitamiin), riboflaviin (B_2 vitamiin), pantoteenhape (B_3 vitamiin), nikotiinhape (PP ehk B_5 vitamiin), püridoksiin (B_6 vitamiin), askorbiinhape (C vitamiin) ja inositol (müo- või mesoinositol) (tabel 1). Peaaegu kõikides koekultuuride toitesegudes kasutatakse tiamiini (B_1 vitamiin). Selle mõjul on regenereerunud koed ja moodustunud võrsealged kompaktsed, tihedate sõlmevahedega ja välimuselt sarnased vastavale kultuurile (Kotkas, 2003).

Tihti lisatakse toitesegudesse ka kasvuregulaatoreid ja taimehormoone, mida võib jagada nelja gruppi: auksiinid, tsütokiniinid, giberelliinid ja kasvuinhibiitorid (Escalante, Langille, 1998). Kuigi iga grupi kohta saab tuua toime üldsuuna taimedes, ei ole taimede kasvuregulaatorite mõju absoluutne ega spetsiifiline. Tähtis on nende omavaheline suhe. Kas lisada toitesegule auksiine või tsütokiniine, sõltub täielikult eksplantaadi tüübist ja taime liigist. Näiteks, taimeorganid, mis ise toodavad piisavalt auksiine ja tsütokiniine, ei vaja nende täiendavat lisamist rakkude kasvuks/paljunemiseks (Garner, Blake, 1989). Taimehormoonide mõju ei sõltu mitte ainult nende toitesegudesse lisatud kogusest ning püsivusest toitesegus ja taimekoos, vaid ka vastava koe vastuvõtlikkusest. Kasvuainete toime toitesegus on otseses sõltuvuses taimeorganite ja rakkude suuruse ning paljunemise intensiivsusega.

Enamasti kasvatatakse taimi geelitoitesegudel (Huang, Murashige, 1977). Geeli moodustajaks kasutatakse põhiliselt punavetikatest saadud agarit, mis kujutab endast galaktoosi polüsahhariidi. Agari kontsentratsioon toitesegus oleneb tahkestava geeli tugevusest (Pierik, 1987). Tavaliselt on agarit toitesegus 0,6–0,8 %. Kui kasutatakse madalamat kontsentratsiooni (0,4%), jääb toitesegu poolvedelaks ning see võib põhjustada taimealgete klaasistumist. Kui agari kontsentratsioon toitesegus on aga normaalsest kõrgem ($> 1\%$), jääb toitesegu liiga kõvaks. Liigkõva toitesegu vähendab taimeorgani kontakti toiteseguga ja toitainete kättesaamine toitesegust on raskendatud (Kotkas, 2003). Vesi moodustab kuni 95% toitesegu mahust.

Antud katses kasutati viie kartulisordi, 'Ando', 'Anti', 'Maret', 'Teele' ja 'Varajane kollane', *in vitro* paljundamisel kolme erinevat toitesegu, millest kaks oli eraldi komponentidena kaalutud ja kokku segatud ning üks ostetud valmis toitesegu. Meie eesmärk oli hinnata erinevate toitesegude järelmõju kartulitaimede saagikusele põldkatses. Töö lõplik eesmärk oli täiustada ja muuta kartulitaimede paljundamise ja säilitamisega seotud tööprotsess lihtsamaks ning kiiremaks, sealjuures taimede hilisemat saagikust ohustamata.

Materjal ja meetodika

Uurimuses kasutati kolm toitesegu (tabel 1): 1) C – kontrollvariandi toitesegu, peamiselt kasutatud taimede kiireks paljundamiseks (Kotkas, Rosenberg, 2011); 2) Cs – kohalik modifitseeritud C – kõige sobilikum toitesegu pikaajalisel säilitamisel *in vitro*; 3) MS – valmis toitesegu (Murashige & Skoog Medium

Including Vitamins, Duchefa Biochemie).

Katses kasutati viie eelpool nimetatud sordi *in vitro* paljundatud taimi. Katseklasitaimes istutati esmalt kilerulli, aklimatiseeriti väliskeskkonnaga ja istutati põllule, juhindudes patendis esitatule (Rosenberg, Kotkas, 1986). Iga sordi ja toitesegu variandist istutati põllule 10 taime.

Põldkatse rajati 2018. aastal Sakus, tüüpilisel kamar-karbonaatmullal: pH_{KCl} 6,3, huumusesisaldus 3,3% ja laktaatlahustuva P ning K sisaldus vastavalt 128 ja 125 mg kg⁻¹. Põllu ettevalmistamisel külvati käsitsi kompleksväetis Cropcare 8-11-23 arvestusega 500 kg ha⁻¹. Taimed istutati põllule käsitsi 6. juunil, istutus-

Tabel 1. Toitesegude koostis (kõik koostisosad mg l⁻¹, kui ei ole märgitud teisiti)

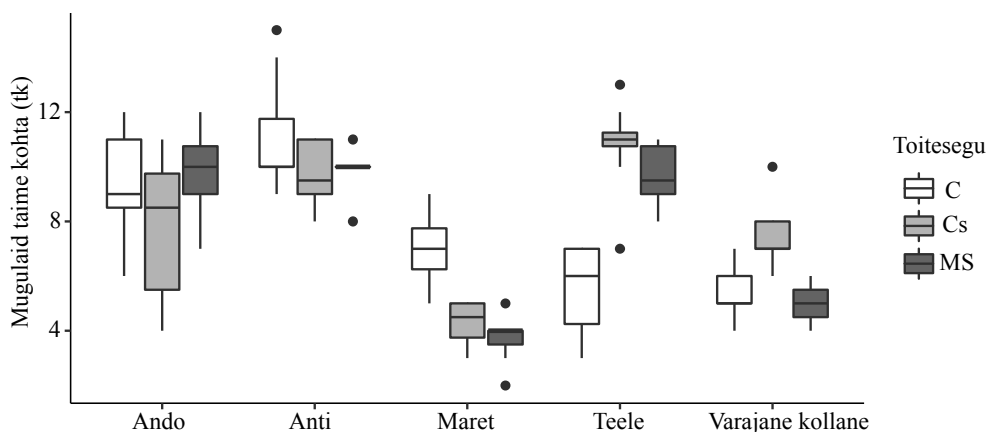
Komponendid	Toitesegu tähised		
	C	Cs	MS
NH ₄ NO ₃	1825	1800	1650
KNO ₃	2025	2000	1900
CaCl ₂ x 2H ₂ O	443	440	332 (CaCl ₂)
MgSO ₄ x 7H ₂ O	372	370	180 (MgSO ₄)
KH ₂ PO ₄	171	170	170
H ₃ BO ₄	6,4	6,2	6,2
Fe-tsitraat, FeSO ₄ x 7H ₂ O	17,7		27,8
Fe-kelaat		6 ml	36,7
Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O			25,0
MnSO ₄ x 4H ₂ O	21,3	21	16,9 (MnSO ₄ x H ₂ O)
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	9,05	9	8,6
KI	0,95	0,9	0,83
Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	0,25	0,25	0,25
CuSO ₄ x 5H ₂ O	0,033	0,03	0,025
CoCl ₂ x 6H ₂ O	0,033	0,03	0,025
AlCl ₃	0,03	0,03	
NiCl ₂ x 6H ₂ O	0,033	0,03	
Tiamiin (B ₁ vitamiin)	1,05	1	0,1
Püridoksiin (B ₆ vitamiin)	0,55	0,1	0,5
Müoinositool			100
Nikotiinhape (PP vitamiin)	0,55	0,5	0,5
Askorbiinhape (C vitamiin)	1,05	1	
Klorogeenhape	2,05		
Feruulhape		2	
Gibberelliin	0,105	0,1	
Glütsiin			2
Kinetiin	0,0015	0,2	
Sahharoos	10025	15000	30000
Agar	2600	3200	4000
Destilleeritud vesi	1 l	1 l	1 l

tihedus $0,25 \times 0,70$ cm. Kasvuaegselt mullati taimi kaks korda käsitsi ja üks kord traktoriga. Taimekaitse preparaate ei kasutatud. Katse koristati 3. septembril. Taimede kasvuks oli suvi keskmisest kuivem, soojem ja päikesepaisteline. Suve keskmine temperatuur oli $17,8$ °C (norm $16,0$ °C), sademete summa 149 mm (norm 222) ja päike paistis kokku $874,4$ tundi (norm $790,4$) (Riigi Ilmateenistus).

Taimede mugulate arvu, keskmise mugula kaalu ja saagikuse võrdlemiseks sortide lõikes viidi läbi kahefaktoriline dispersioonanalüüs (ANOVA). Lisaks kasutati erinevate sortide ja toitesegude kombinatsioonide võrdlemiseks Tukey post-hoc testi. Andmeid töödeldi ja joonistete tegemiseks kasutati statistikaprogrammi R (R Core Team, 2020).

Tulemused ja arutelu

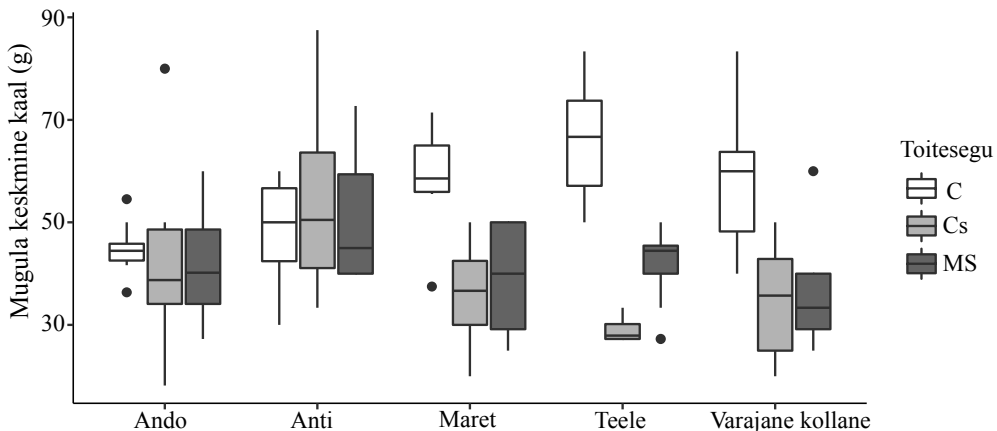
Paljundamisel toitesegul C oli taime kohta enim mugulaid sortidel 'Anti' ja 'Ando', toitesegul Cs sordil 'Teele'. Kõikide sortide ja toitesegude variantide keskmisena saadi vähim mugulaid taime kohta sordi 'Maret' taimedelt. Dispersioonanalüüsist ilmses, et mugulate arvu kujunemisel oli statistiliselt oluline nii sort ($p < 0,001$), toitesegu ($p = 0,02$) kui ka nende koosmõju ($p < 0,001$). Täpsema Tukey testi analüüsiga selgus, et toitesegu mõju mugulate arvule taime kohta ei ole kõigil sortidel samasuunaline. Sortidel 'Maret' ja 'Varajane kollane' oli erinevatel toitesegudel kasvatatud taimede mugulate arv kokku oluliselt väiksem kui teistel sortidel. Sealjuures oli sordi 'Maret' mugulate arv toitesegul C statistiliselt olulisel määral suurem kui toitesegul MS kasvatatud taimede puhul. Sordil 'Teele' oli aga seos vastupidine. Eelnevalt toitesegul C kasvatatud taimedel oli oluliselt vähem mugulaid kui toitesegudel MS ja Cs kasvatatud taimedel. Sortide 'Ando', 'Anti' ja 'Varajane kollane' puhul ei ilmnenu, et taimede eelneval kasvatamisel kasutatud toitesegul oleks statistiliselt olulist mõju mugulate arvule põldkatses (joonis 1).



Karpiagrammi vertikaaljooned tähistavad vastavalt ülemist kvartiili, mediaani ja alumist kvartiili, veerivad märgivad minimaalset ja maksimaalset väärtust ning punktid erandlikke väärtusi

Joonis 1. Mugulate arv taime kohta sõltuvalt toitesegust ja sordist

Dispersioonanalüüsi tulemuste kohaselt mugula keskmine kaal erinevate toitesegude mõjul statistiliselt olulisel määral ei erinenud ($p > 0,05$), küll aga oli olulise mõjuga nii sort ($p = 0,004$) kui sordi ja toitesegu koosmõju ($p < 0,001$). Lähemal uurimisel (Tukey testi abil) ilmnes, et C toitesegul oli sortide 'Teele' ja 'Varajane kollane' mugula keskmine kaal statistiliselt olulisel määral suurem kui Cs ja MS toitesegul. Sordi 'Maret' taimedel oli küll märgatav erinevus C toitesegul ja teistel toitesegudel kasvanud taimede mugulate keskmise kaalu vahel, kuid see ei olnud siiski statistiliselt oluline. Sortidel 'Ando' ja 'Anti' oli mugula keskmine kaal erinevatel toitesegudel väga sarnane (joonis 2).

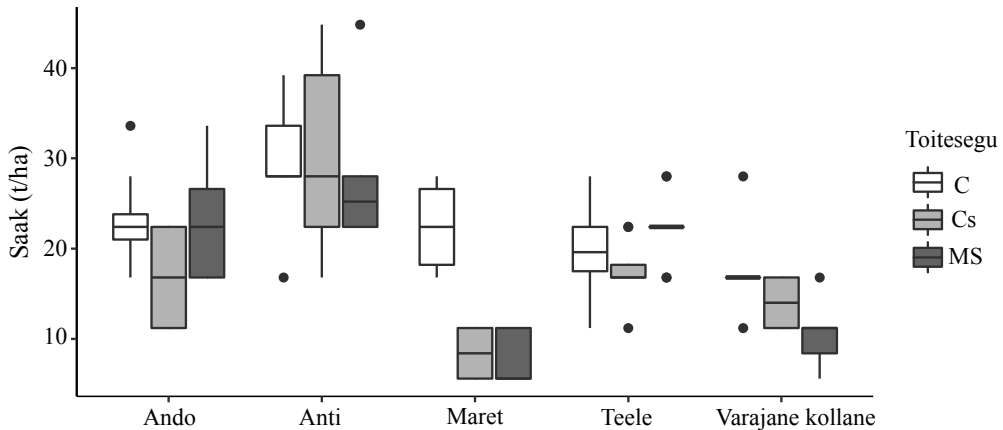


Karpiagrammi vertikaaljooned tähistavad vastavalt ülemist kvartiili, mediaani ja alumist kvartiili, vearibad märgivad minimaalset ja maksimaalset väärtust ning punktid erandlikke väärtusi

Joonis 2. Mugula keskmine kaal sõltuvalt toitesegust ja sordist

Saagikuse kujunemisel oli oluline mõju nii sordil ($p = 0,0008$), toitesegul ($p = 0,03$) kui ka nende koosmõjul ($p = 0,001$). Erinevate toitesegude kokkuvõttes oli saagikaim sort 'Anti' ja kõige väiksema saagiga sordid 'Varajane kollane' ja 'Maret'. Tukey testi analüüsist selgus, et kõikide sortide saagile ei olnud toitesegu mõju ühesugune. Sordi 'Maret' C toitesegul kasvanud taimede saagikus oli olulisel määral suurem, kui Cs ja MS toitesegul kasvanud taimedel (joonis 3).

Katse tulemustest selgus, et uuritud toitesegude vahel ei olnud ühtset mõju sortide saagikusele ja mugulate arvule taime kohta. Katse tulemustest selgus, et kõige saagikam oli sort 'Anti', mille taimedel oli pigem rohkem väikeseid mugulaid ja seda olenemata eelnevalt taimede kasvatamisel kasutatud toitesegust. Sortidel 'Teele', 'Varajane kollane' ja 'Maret' olid küll eelnevalt C toitesegul kasvatatud taimedel oluliselt suuremad mugulad, kui teisi toitesegusid kasutades. Samas nende saagikus jäi statistiliselt oluliselt väiksemaks sordi 'Anti' saagist. Lisaks, väike hulk suuri mugulaid ei ole seemnekasvatuses kindlasti soovituslik ning just see on peamine eelnevalt *in vitro* kasvatatud taimedele. Antud katse tulemused olid kooskõlas PMK sordivõrdluskatsete andmetega, mis näitavad



Karpiagrammi vertikaaljooned tähistavad vastavalt ülemist kvartiili, mediaani ja alumist kvartiili, veerivad märgivad minimaalset ja maksimaalset väärtust ning punktid erandlikke väärtuseid

Joonis 3. Saagikus sõltuvalt toitesegust ja sordist

samuti sordi 'Anti' suuremat saagikust, kui sordil 'Maret' (sordivõrdluskatsete tulemused sortide 'Anti', 'Maret' ja 'Teele' kohta).

Toitesegude erinev sordispetsiifiline mõju vajab edasist uurimist. Kui hilised sordid 'Anti' ja 'Ando' ei olnud toitesegude koostise erinevustest oluliselt mõjutatud, siis varajase sordi 'Maret' puhul oli täheldatav, et eelnevalt toitesegul C kasvatatud taimed olid põldkatses saagikamad. Sellest tulenevalt väärib edaspidi suuremale hulgale erineva kasvuajaga sortidele sobiva koostisega toitesegude väljaselgitamine.

Kokkuvõte

Kartulikasvatases soovitatud väetised ja väetiste kogused põhinevad katsetulemustel. Sarnaselt peab ka toitesegu koostise valimisel katseliselt kindlaks tegema toitesegu mõju taimedele. Toitesegu muutmisel on soovitatav uurida toimet mitte ainult taimede arengule ja kvaliteedile, vaid ka järelmõju saagikusele. Katse tulemustest selgus, et kartulitaimede paljundamisel või säilitamisel sobib kasutada müügil olevat valmistoiteseogu oluliste negatiivsete järelmõjudeta taimede saagikusele.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetas MEM projekt "Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine aastateks 2014–2020".

Kasutatud kirjandus

- Escalante, B.Z., Langille, A.R. 1998. Photoperiod, temperature, gibberellins, and an anti-gibberellin affect tuberization of potato stem segments *in vitro*. – Horticultural Science, 33 (4), pp. 701–703.
- Garner, N., Blake, J. 1989. The induction and development of potato microtubers *in vitro* on media free of growth regulating substances. – Ann. Botany, 62, pp. 663–674.
- George, E.F. 1993. Plant Propagation by Tissue Culture. Part 1. Exegetics Ltd., U.K., 547 p.
- Huang, J., Murashige, T. 1977. Plant tissue culture medium: major constants, their preparation and some applications. – Tissue culture Association Annual Report, 3, pp. 539–548.
- Kotkas, K. 1994. Kartulitaimede regenereerumine mikropistikutest *in vitro* sõltuvalt toitesegu koostisest. – Dissertatsioon magistrikraadi taotlemiseks. Tartu, 64 lk.
- Kotkas, K. 2003. Söötme koostise ja säilitustingimuste mõju kartulisortide meristeemtaimedena säilitamisel *in vitro* ja järelmõju põllul. – Väitekirj, Tartu, 108 lk.
- Kotkas, K., Rosenberg, V. 2011. Meetod kartuli viirushaigustest tervendamiseks ja parandatud omadustega meristeemkloonide loomiseks, viirusvaba kartuli meristeemtaim ning viirusvaba kartul. – EV Patendikirj EE 05414 B. Eesti Maaviljeluse Instituut, 15.06.2011
- Miidla, H. 1984. Taimefüsioloogia. Tallinn, lk. 287–372.
- Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. – Physiologia plantarum, 15, pp. 473–497.
- Murashige, T. 1974. Plant propagation through tissue cultures. – Annual Review of Plant Physiology 25, 135–166.
- MS media, Preparing Murashige – Skoog Media Step by Step Produce, Plant Cell Technology.
- Pierik, R.L.M. 1987. *In Vitro* culture of higher plants. – Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands, 344 p.
- Rosenberg, V., Kotkas, K. 1986. Sposob razmnoženija posadotsnogo materiala kartofelja v kulture tkani. SU 15013118. (vene keeles)
- Põllumajandusuringute keskuse sordivõrdluskatsete andmebaas. <https://pmk.agri.ee/et/katsekeskused/katseandmed> (11.01.2021)
- R Core Team 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/> (5.01.2021)
- Riigi Ilmateenistus. https://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2018/09/2018_suvi.png (11.01.2021)

VEDELSÕNNIKUGA VÄETAMISE MÕJU VAHEKULTUURIDE BIOMASSILE

Kervin Adamson¹, Enn Lauringson¹, Merili Toom^{1,2},
Helena Madsen¹, Liina Talgre¹

¹ Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

² Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Adamson, K., Lauringson, E., Toom, M., Madsen, H., Talgre, L. 2021. Impact of liquid manure on catch crop biomass. – Agronomy 2021.

Growing catch crops in rotation with the main crop helps to improve soil fertility and to prevent nutrient leaching during the autumn-winter period. To ensure the greatest biomass of the catch crops, one option is to fertilize them with liquid manure. This study evaluated the effect of fertilization on the biomass and nutrient accumulation of catch crops. The experiments were carried out 2018–2019 at OÜ Erumäe Kari. Several catch crop treatments (forage radish, phacelia, and berseem clover) were fertilized with liquid manure at 30 t ha⁻¹. Fertilization with liquid manure increased the biomass and nutrient binding ability of catch crops in both years. Fertilization with liquid manure increased the biomass of forage radish the most. The impact on berseem clover was the smallest.

Keywords: catch, crop, biomass, forage, radish, phacelia, berseem, clover, fertilizing

Sissejuhatus

Vahekultuuride kasvatamine külvikorras põhikultuuride vahel aitab vältida toitainete leostumist sügis-talvisel perioodil ja parandada mullaviljakust. Vahekultuurid suruvad alla umbrohtumust (Madsen jt, 2016) ja aitavad vähendada haigustekitajate esinemist ning kahjurputukate arvukust (Baldwin, Creamer, 2006). Seetõttu on vahekultuuride abil võimalik vähendada pestitsiidide kasutamist ja leevendada teravilja allelopaatilist mõju. Vahekultuuride pikaajalisem kasutamine külvikorras suurendab põhikultuuride saagikust ja parandab saagi kvaliteeti. Lisaks parandab vahekultuuride kasvatamine mulla struktuursust ja suurendab taimedele toitainete kättesaadavust (Zuk-Golaszewska jt, 2018).

Vahekultuure saab kasutada nii tava- kui ka mahetootmises ning erinevaid mullaharimise tehnoloogiaid kasutades. Vahekultuure võiks kasvatada mitte üksikliigina vaid mitmest liigist koosneva seguna. Mida mitmekesisem on vahekultuurideks sobivatest liikidest koosnev segu ja suurem biomass, seda suurem on positiivne mõju mulla omadustele, elustikule ja järgneva kultuuri saagile.

Üheks võimaluseks tagada vahekultuuride võimalikult suur biomass, on nende väetamine, kasutades selleks näiteks vedelsõnnikut. Vältimaks lämmastiku lendumist, soovitatakse väetamine vedelsõnnikuga läbi viia vahetult enne vahekultuuride külvi (Reichinger, 2016). Antud uurimistöö eesmärgiks oli selgitada lägaga väetamise mõju vahekultuuride segu biomassi suurusele ja toitainete

sidumisele OÜ Erumäe Kari tootmispõllul.

Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi aastatel 2018–2019 OÜ Erumäe Kari tootmispõldudel, näivleetunud liivsavimullal (*Stagnic Luvisol*, WRB 2014 klassifikatsioon), mille künnikihi tusedus oli 25–29 cm. Vahekultuuride segusse valiti liigid põhimõttel, et nad sobiksid ettevõttes kasutatava otsekülvi tehnoloogiaga ega jääks järgnevas kultuuris umbrohuks. Segu koosnes järgmistest komponentidest: kesaredis (2 kg ha^{-1}), Aleksandria ristik (3 kg ha^{-1}) ja keerispea (3 kg ha^{-1}). Vahekultuurid külvati pärast talinisu koristust 2018. ja 2019. aastal vastavalt 24. augustil ja 2. septembril külvikuga Cross Slot. Mõlemal aastal anti vahetult enne külvi põllule vedelsõnnikut normiga 30 t ha^{-1} .

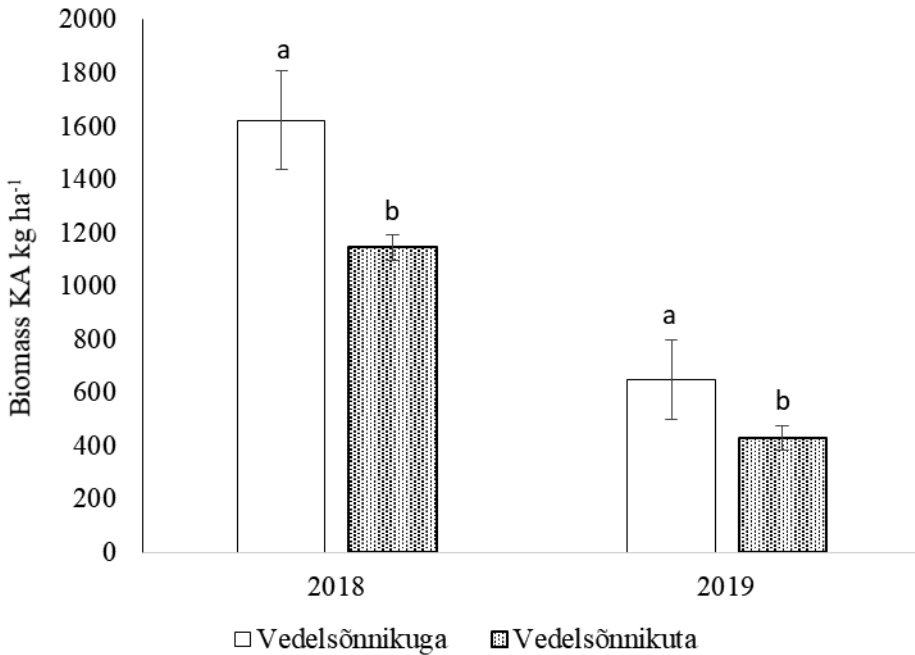
Vahekultuuride biomass koguti oktoobri II pooles vegetatsiooniperioodi lõpus kolmes korduses $0,25 \text{ m}^2$ raami abil. Vahekultuurid sorteeriti liikide viisi, eraldati umbrohud ja pärast seda proovid kuivatati $80 \text{ }^\circ\text{C}$ juures konstantse kaaluni.

2018. aastal iseloomustas vahekultuuride kasvuperioodi (august–oktoober) pikaajalisest keskmisest soojem ilm. Efektiivseid temperatuure kogunes $778,7 \text{ }^\circ\text{C}$, mis on pikaajalisest keskmisest ($514,8 \text{ }^\circ\text{C}$) ligikaudu 250 kraadi võrra rohkem. Ka 2019. aasta vahekultuuride kasvuperiood kujunes pikaajalisest keskmisest soojemaks: efektiivseid temperatuure kogunes perioodil august–oktoober $591,3 \text{ }^\circ\text{C}$, mis on pikaajalisest keskmisest 77 kraadi võrra rohkem. Sademeid oli mõlemal aastal augustis veidi vähem, septembris ja oktoobris veidi rohkem võrreldes pikaajalise keskmise sademete hulga.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi (ANOVA) meetodil 95% usalduspiiri juures. Variantide vahelisteks võrdlusteks kasutati Fisher LSD testi. Kõik biomassi kogused on artiklis väljendatud kuivainena (KA) hektari kohta.

Tulemused ja arutelu

Vahekultuuride suurema biomassi eelduseks on õige külviaeg. Mida hilisem on külviaeg ja lühem kasvuperiood, seda väiksemad on kuivainesaadused. Hilisema külvi korral tuleks valida kiire algarenguga lühikese kasvuajaga kultuurid (Zaniewicz-Bajkowska jt, 2013). Meie varasemad katsed on näidanud, et vahekultuurid peaks külvara augusti esimeses pooles, et tagada võimalikult suur biomass ja toitainete sidumine (Parendson, 2019; Toom jt, 2019). Antud katses külvati vahekultuurid suhteliselt hilja, mistõttu jäi biomass suhteliselt tagasihoidlikuks. Katsetulemustest selgus, et mõlemal aastal suurendas veise vedelsõnnikuga väetamine usutavalt vahekultuuride biomassi võrreldes väetamata alaga (joonis 1). Esimesel katseaastal oli biomass väetamise korral 478 kg kuivainet ha^{-1} suurem võrreldes väetamata variandiga. Kuna teisel katseaastal külvati vahekultuuride segu alles septembri algul, jäi ka vedelsõnniku mõju väiksemaks võrreldes eelneva aastaga.

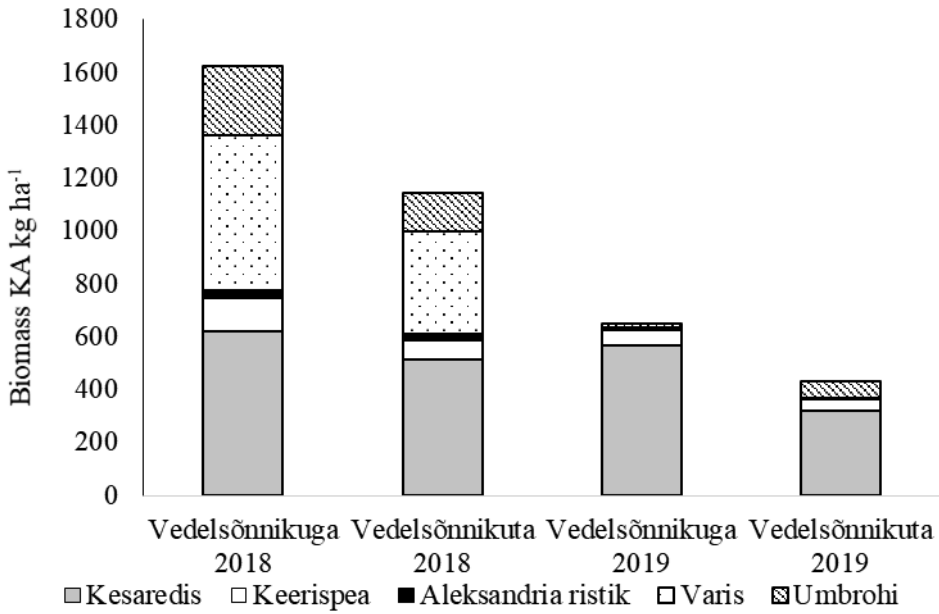


Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust väetatud ja väetamata variandi vahel (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Veeribad joonisel tähistavad standardviga

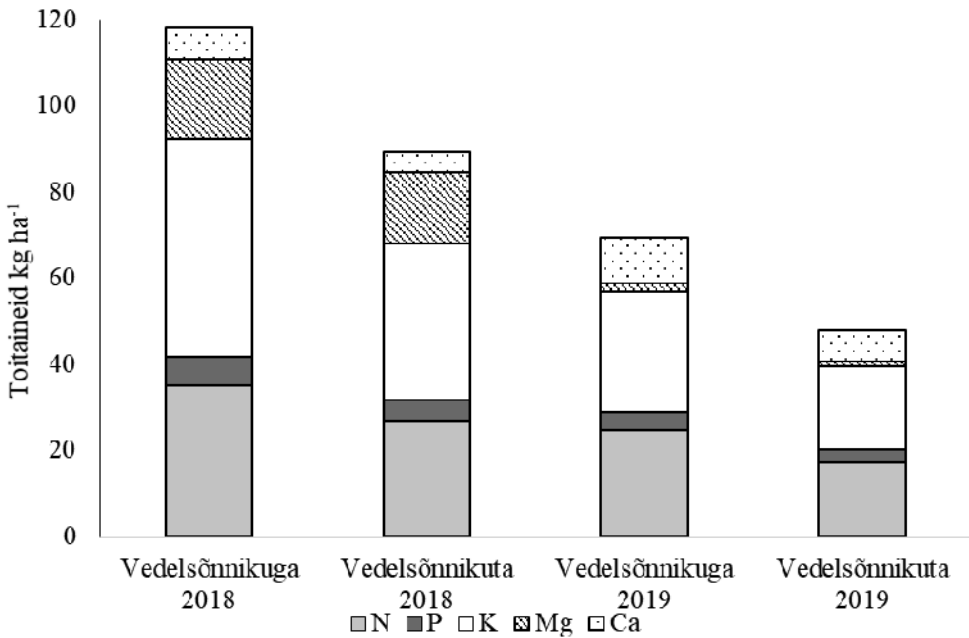
Joonis 1. Vahekultuuride segu (kesaredis, keerispea ja Aleksandria ristik) biomass kg ha^{-1} vedelsõnnikuga väetades ja vedelsõnnikuta 2018. ja 2019.aastal

Vedelsõnnikuga väetatud segu biomassist suurima osa moodustas 2018. a. kesaredis $621 \text{ kg KA ha}^{-1}$. Keerispea biomassiks kujunes 124 ja Aleksandria ristikul kõigest 32 kg KA ha^{-1} . Ilma vedelsõnnikuta variandis olid biomassid vastavalt 512 , 74 ja 25 kg ha^{-1} (joonis 2). Ka 2019. a katses mõjutas väetamine kõige rohkem kesaredisse biomassi. Vedelsõnnikuga väetades kasvas kesaredisse biomass 246 kg ha^{-1} , keerispea biomass 14 kg ha^{-1} ja Aleksandria ristiku biomass 5 kg ha^{-1} . Mõlemal katseaastal jäi segus olnud liikidest Aleksandria ristiku biomass kõige väiksemaks. Ka Toom jt (2019) leidsid, et hilise külviaga Aleksandria ristikul on väike biomass saak ja seega väike konkurentsivõime umbrohtude suhtes.

Mõlemal aastal parandas vedelsõnnikuga väetamine ka vahekultuuride toitainete omastamist (joonis 3). Mõlemal aastal seoti vahekultuuride poolt kõige rohkem kaaliumi ja lämmastikku. Seotud kaaliumi kogused 2018. aastal olid väetatud ja väetamata variantides vastavalt $50,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ja $36,3 \text{ kg ha}^{-1}$. Lämmastiku puhul olid kogused vastavalt $34,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ja $26,7 \text{ kg ha}^{-1}$. Fosfori, kaltsiumi ja magneesiumi kogused väetatud ja väetamata variantide vahel oluliselt ei erinenud. 2019. a jäid seotud toitainete kogused madalamaks võrreldes eelmise aastaga (joonis 3). Mõlemal katseaastal oli kesaredis segus olnud kultuuridest kõige parem toitainetesiduja.



Joonis 2. Segude liigiline koostis (kg KA ha⁻¹) 2018. ja 2019. aastal



Joonis 3. Väetatud ja väetamata segu (kesaredis, keerispea ja Aleksandria ristik) poolt seotud toitainete kogused (kg ha⁻¹) 2018. ja 2019. aastal

Kokkuvõte

Vedelsõnnikuga vahekultuuride väetamine suurendab nende biomassi ja toitainete sidumist. Katses kasutatud vahekultuuridest suurendas vedelsõnnikuga väetamine kõige rohkem kesaredise biomassi ja parandas toitainete omastamist. Katsest selgus, et kesaredis annab häid biomassi saake ka hiliste külviaegade korral. Aleksandria ristikul jäi aga biomassi saak väikeseks ja seda ei suurendanud oluliselt ka vedelsõnnikuga väetamine. Seega pole Aleksandria ristikut külviga hilinemisel otstarbekas segus kasutada.

Tänuavaldused

Uurimistöö on tellitud MTÜ Põllukultuuride klaster poolt projekti “Põhikultuuride järel vahekultuurina kasvatamiseks sobivate liikide ja segude ning nende viljelemiseks sobiva agrotehnika väljatöötamine” raames.

Kasutatud kirjandus

- Baldwin, K.R., Creamer, N.G. 2006. Organig production. – Center for Environmental Farming Systems.
- Madsen, H., Talgre, L., Ereemeev, V., Alaru, M., Kauer, K., Luik, A. 2016. Do green manures as winter cover crops impact the weediness and crop yield in an organic crop rotation? – *Biological Agriculture & Horticulture* 32, pp 182–191.
- Pärendson, S.E. 2019. Külviaja mõju vahekultuuride biomassi moodustamise võimele ja toitainete sidumisele. Magistritöö. Tartu, 54 lk.
- Reichinger, C. 2016. Wann macht Düngugn zur Zwischenfrucht und Strohrotte Sinn? *Boden.Wasser.Schutz. Der Bauer* 2016.
- Toom, M., Talgre, L., Pechter, P., Narits, L., Tamm, S., Lauringson, E. 2019. The effect of sowing date on cover crop biomass and nitrogen accumulation. – *Agronomy Research* 17, pp 1779–1787.
- Zaniewicz-Bajkowska A., Rosa R., Kosterna E., Franczuk, J. 2013. Catch crops for green manure: biomass yield and macroelement content depending on the sowing date. – *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura* 12, pp 65–79.
- Zuk–Golaszewska, K., Wanic, M., Orzech, K. 2018. The role of catch crops in field plant production – a review. – *Journal of Elemtology* 24, pp 575–587.

TAIMEKAITSE

TAIMEHAIGUSTE ESINEMISEST TERAVILJAPÕLDUDEL ÜLE-EESTILISE MONITOORINGU TULEMUSEL

Riinu Kiiker, Pille Sooväli

Eesti Taimekasvatuse Instituut

Abstract. Kiiker, R., Sooväli, P. 2021. Plant disease detection in Estonian cereal fields. – *Agronomy 2021*.

Barley and wheat fields in Estonia were monitored weekly from May to July 2017–2019 to detect plant diseases. Septoria tritici blotch, tan spot, and powdery mildew were the most prevalent diseases in spring and winter wheat fields. Incidence of Septoria tritici blotch and tan spot in 2017 was 92% and 57% of the winter wheat fields and 70% and 36% of the spring wheat fields, respectively. In 2019 the weather conditions were less conducive for Septoria tritici blotch and tan spot but more favourable for powdery mildew, which occurred on 90% of the winter wheat fields and 69% of the spring wheat fields. In 84–86% of the wheat fields, only one of these diseases, Septoria tritici blotch or powdery mildew was detected. Barley fields were infected by net blotch, powdery mildew, scald, and spot blotch. The highest incidence of net blotch was 67% and 73% of the winter and spring barley fields, respectively. Powdery mildew was detected in 40% of the barley fields during the study years. In 2017 and 2019 spot blotch was identified in over 50% of the barley fields. Scald appeared less in 2019, in 40% of the winter barley and 19% of the spring barley fields. Nearly 80% of the winter barley fields and 96% of the spring barley fields had only one of these diseases, either net blotch or powdery mildew.

Keywords: *barley disease, wheat disease, Septoria tritici blotch, net blotch, powdery mildew*

Sissejuhatus

Viimasel kümnendil on suurenenud Eestis teravilja, sealhulgas odra ja nisu kasvatusalune pindala ja kahekordistunud teravilja üldine saak (tabel 1, Statistikaamet). Eelkõige tänu Eesti kliimas paremini talvituvatele teravilja sortide ja parema saagikuse ja kvaliteediomadustega suviadra sortide kasvatamisele. Kuna erinevatele haigustele resistentseid sorte kasvatatakse vähe, siis igal kasvuperioodil on vajalik ka olulist saagikadu ja kvaliteedi langust põhjustavate taimehaiguste vaatluste ja tõrjega tegeleda. Haiguste levikut ja võimalikku kahju saab tava- tootmispõldudel piirata mõistliku ja õigeaegse tõrje ning efektiivse preparaadi valikuga, millele patogeenid tundlikud on.

Alates 2000. aastatest on kasvanud nisu hele- ja pruunlaiksuse nakkusoht Põhja-Euroopa nisupõldudel (Jørgensen, Olsen, 2007; Jørgensen jt, 2014). Nisu intensiivse kasvatamisega tegelevates piirkondades võib nisul suurt saagikadu kuni 50% põhjustada helelaiksus, eriti nakkusele soodsates tingimustes ja ilma õigeaegse tõrje rakendamiseta (Jørgensen jt, 2014). Olenevalt helelaiksuse nakkuse ulatusest, konkreetsest regioonist ja kliimatilistest tingimustest varieerub helelaiksuse tõrjekordade arv ühel kasvuhooajal ühest neljani (Paveley jt, 2000;

Torriani jt, 2015), Eestis pritsitakse keskmiselt kaks korda Põllumeeste ühistu Kevili andmetel. Eesti tingimustes on põhilised nisu nakatavad seenhaigused nisu helelaiksus (*Zymoseptoria tritici*), nisu-pruunlaiksus e DTR (*Pyrenophora tritici-repentis*) ja kõrreliste jahukaste (*Blumeria graminis*) (Sooväli, Koppel, 2017).

Tabel 1. Teravilja kasvupindala ja saak Eestis 2011. ja 2020. a (Statistikaamet)

Kultuur	2011		2020	
	Kasvupind, ha	Saak, t	Kasvupind, ha	Saak, t
Teravili	296 949	771 565	369 879	1 552 266
Taliniisu	52 771	158 990	117 870	630 523
Suvinisu	75 646	201 162	50 063	161 455
Talioder	311	711	22 410	121 599
Suvioder	117 998	294 337	108 231	415 393

Odra saagi kvaliteedile ja saagikusele mõjuvad negatiivselt mitmete seenpatogeenide nakkused. Eesti tingimustes esinevad põhilise haigusena võrklaiksus (*Pyrenophora teres*), seejärel pruunlaiksus (*Bipolaris sorokiniana*), äärislaiksus (*Rhynchosporium commune*) ja vähemal määral kõrreliste jahukaste (*Blumeria graminis*) (Sooväli, Koppel, 2017; Kangor jt, 2019). Baltimaade tingimustes esineb võrklaiksuse ja jahukaste nakkust odra sortidel praktiliselt igal aastal (Bankina, Gaile, 2009; Sooväli, Koppel, 2012).

Taimehaigustest tingitud saagikahjude vähendamiseks ja läbimõeldud ning õigeaegse tõrje rakendamist aitavad ellu viia nõuandesüsteemide järgimine, fungitsiidide efektiivsuse hindamine, sordiomase haigusresistentsuse jälgimine ja iga-aastane taimehaigustekitajate leviku ja haiguste intensiivsuse hindamine (ETKI taimekahjustajate monitooring) (Sooväli, Koppel, 2012; 2017).

Töö eesmärgiks oli hinnata peamiste taimehaiguste esinemist kolme aasta jooksul nisu- ja odrapõldudel. Teiseks eesmärgiks oli selgitada välja, kas nekrotoofi ja biotroofi poolt põhjustatud haigused esinevad koos samadel põldudel, nisupõldudel helelaiksus (*Z. tritici*) ja jahukaste (*B. graminis*), odrapõldudel võrklaiksus (*P. teres*) ja jahukaste (*B. graminis*).

Materjal ja meetodika

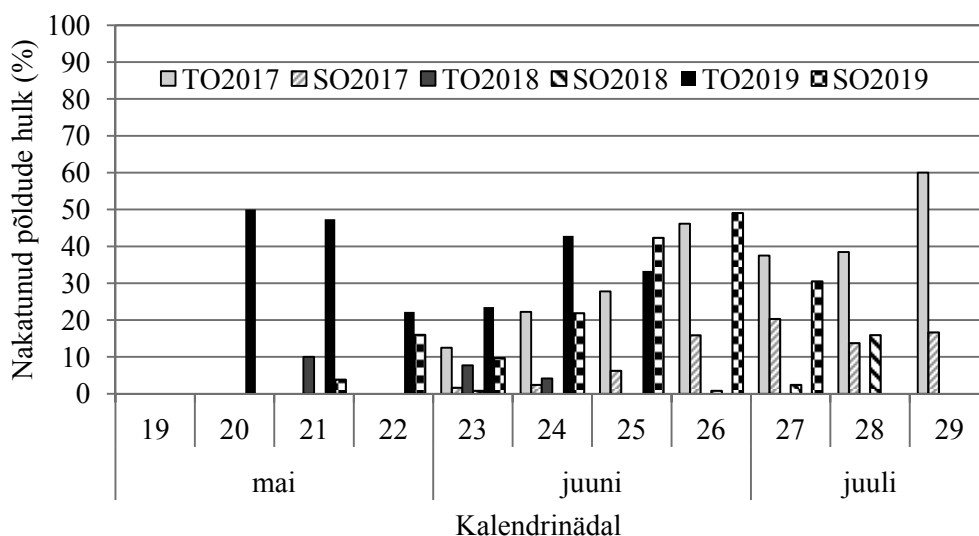
Andmed on kogutud üle-eestilise Eesti Taimekasvatuse Instituudi taimekahjustajate monitooringu raames. Odra- ja nisupõldudel tehti taimehaiguste vaatlusi üks kord nädalas esmaspäeviti kõikides Mandri-Eesti maakondades 2017.–2019. a mai–juuli kuus (19.–29. kalendrinädalal). Põldude arv maakonniti ja aastati varieerus (tabel 2). Nisupõldudel hinnati helelaiksuse (*Z. tritici*), nisu-pruunlaiksuse (*P. tritici-repentis*) ja jahukaste (*B. graminis*) esinemist. Odrapõldudel hinnati pruunlaiksuse (*B. sorokiniana*), võrklaiksuse (*P. teres*), jahukaste (*B. graminis*) ja äärislaiksuse (*R. commune*) esinemist. Tulemuste analüüsimiseks kasutati programmi StatPlusPro v7.3.0.0.

Tabel 2. Keskmise (\pm SD) põldude arv, millel tehti haigusvaatlusi monitooringu perioodil maist juulini

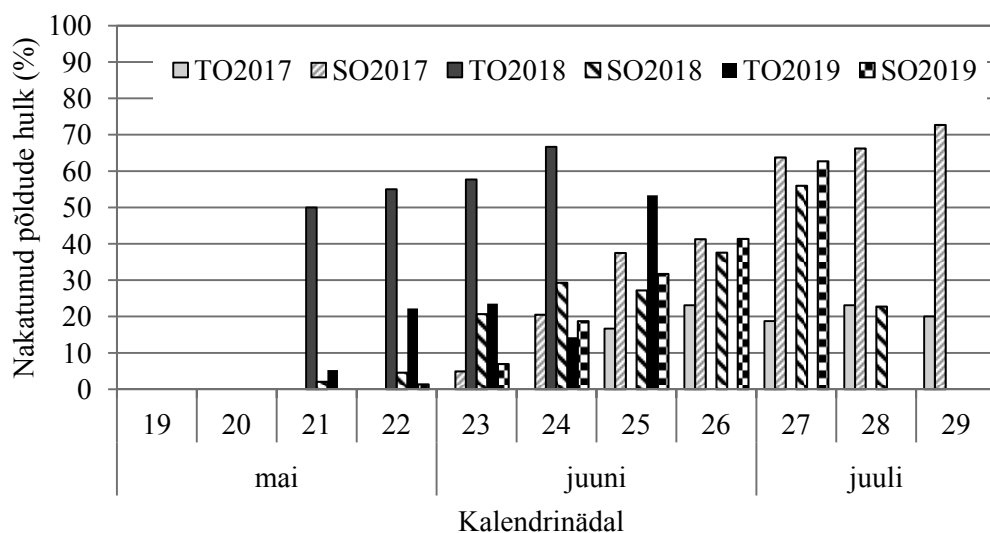
Aasta	Talinisu	Suvinisu	Talioder	Suvioder
2017	85 \pm 26	46 \pm 12	16 \pm 5	70 \pm 9
2018	109 \pm 7	57 \pm 23	20 \pm 7	92 \pm 35
2019	96 \pm 41	39 \pm 12	17 \pm 2	80 \pm 21

Tulemused

Peamiste taimehaiguste levik odrapõldudel. Taliodrapõldudel tuvastati Eesti tingimustes kõikidel uuritavatel aastatel (2017–2019) esmalt maikuus jahukaste, äärislaiksus ja pruunlaiksus. Uuritavatel aastatel tuvastati jahukastet maksimaalselt 20–40% ja pruunlaiksust 50–60% taliodrapõldudel (joonis 1). Võrklaiksuse levikule olid soodsamad aastad 2018 ja 2019, mil üle 50% vaadeldud põldudest nakatusid (joonis 2). Võrklaiksus lööbis 2018. ja 2019. a mai keskel, aga 2017. a alles juuni kolmandal nädalal. Äärislaiksuse levik oli teistest madalam, ulatudes kuni 40% põldude nakkuseni 2019. a.

**Joonis 1.** Pruunlaiksuse esinemine suvi- (SO) ja taliodrapõldudel (TO) 2017.–19. a

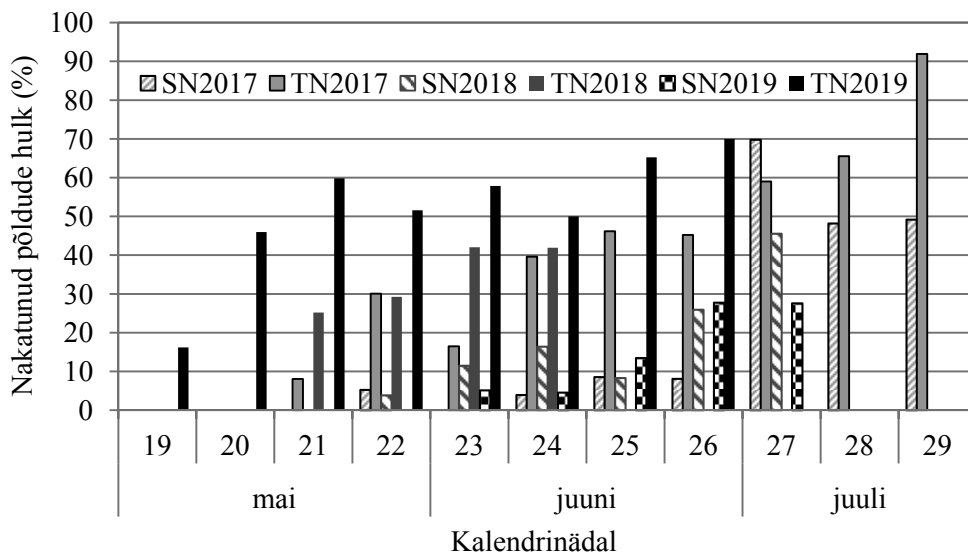
Peamiselt olid suviodrapõllud kahjustatud võrk- ja pruunlaiksusest (joonis 1, 2), mille nakkus tuvastati 2018. ja 2019. a mõnedel põldudel juba mai keskel taimede võrsumise algfaasis. 2018. a oli kuni 56% suviodrapõldudest nakatanud võrklaiksusesse, teiste haiguste esinemine oli sel aastal madalam. Teistel aastatel esines võrklaiksust maksimaalselt 63–73% põldudel. Haigustest lööbis jahukaste suviodrallal kõige hiljem, 2017. ja 2018. a alates juuni keskelt, kui taimed olid kõrsumise faasis (BBCH 30–37). Maksimaalselt leiti jahukaste nakkust 41% põldudel 2018. a, aga 2017. a vaid 14% vaadeldud põldudel. Äärislaiksuse nakkus tuvastati uuritavatel aastatel 6–19% suviodrapõldudel.



Joonis 2. Võrklaiksuse esinemine suvi- (SO) ja taliodrapõldudel (TO) 2017.–19. a

Odrapõldude puhul vaadeldi, kas jahukaste ja võrklaiksus esinevad samadel põldudel. Suvi- ja taliodrapõldude vahel oli statistiliselt oluline erinevus (hii-ruut = 13,2; df = 1; $p < 0,001$), kolme aasta keskmiselt 21% taliodrapõldudel tuvastati samaaegselt jahukaste ja võrklaiksuse nakkus, aga vaid 4% suvi-odrapõldudest. Vaatlusaastate vahel oli oluline erinevus patogeenide esinemisel samadel taliodrapõldudel (hii-ruut = 6,04; df = 2; $p = 0,049$).

Peamiste seenhaiguste levik nisupõldudel. Talinispõldudel leiti peamiste seenhaigustena helelaiksust (*Z. tritici*), nisu-pruunlaiksust (*P. tritici-repentis*) ja jahukastet (*B. graminis*). Talinispõldudel lööbis 2017. ja 2018. a helelaiksus mai keskel (joonis 3), kui taimed olid võrsamise lõpus (BBCH 29). 2019. a tingimused

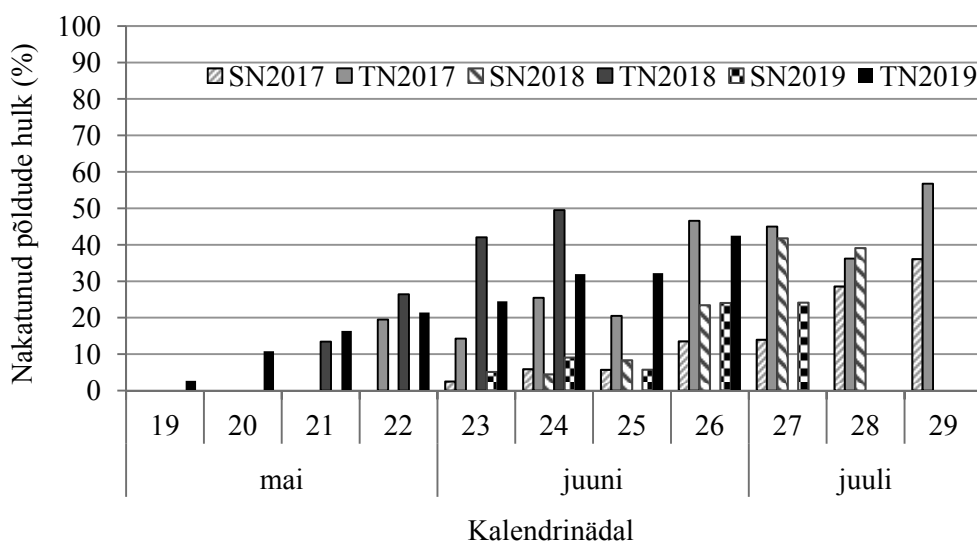


Joonis 3. Helelaiksuse esinemine suvi- (SN) ja talinispõldudel (TN) 2017.–19. a

olid väga soodsad nisu haigustekitajatele. Sel aastal oli juba mai esimesel nädalal 16% põldudest helelaiksusesse nakatunud. Suur osa (60–70%) talinisupõldudest, kus taimed olid õitsemise lõpus või piimküpsuse faasis, olid nakatunud helelaiksusesse.

Jahukaste lööbis talinisupõldudel 2017. a mai lõpus, esinedes kasvuhooajal kuni 24% uuritavatel põldudel. Jahukastet tuvastati 2018. a väga vähesel määral vaid 2% põldudel. Seevastu oli 2019. a jahukaste levikule ja nakkusele väga soodne. Taimede võrsumise alguses (BBCH 21) täheldati nakkuse levikut juba 52% vaadeldud põldudel ja juuni lõpus rekordiliselt 90% põldudel.

Nisu-pruunlaiksuse nakkust täheldati 2017. a esmalt mai lõpus 20% põldudel (joonis 4), kui taimed olid võrsumise lõpus (BBCH 29). Maksimaalselt esines sel aastal nisu-pruunlaiksust 57% põldudel taimede piimküpsuse faasis (BBCH 73). Aasta hiljem olid mai keskel juba 13% põldudest haigusega nakatunud ja haigus levis hoogsalt edasi. Juuni teiseks nädalaks oli 50% põldudest nakatunud, kui taimed olid õitsemise lõpufaasis (BBCH 69). 2019. a lööbis nisu-pruunlaiksus väga varakult, mõnedel põldudel juba mai alguses. Juuni lõpus, kui taimed olid piimküpsuse faasis (BBCH 71–73), oli 43% vaadeldud põldudest nakatunud.



Joonis 4. Nisu-pruunlaiksuse esinemine suvi- (SN) ja talinisupõldudel (TN) 2017.–19. a

Üksikudel suvinisupõldudel lööbis mai lõpus helelaiksus, mida esines 2017. a juuli alguses maksimaalselt 70% põldudel, teistel aastatel vähem (46% 2018. a ja 28% 2019. a) (joonis 3). Soodsaim aasta jahukaste levikuks oli 2019. Esimesed suvinisupõllud nakatusid mai lõpus ja kolm nädalat hiljem oli juba üle 60% vaadeldud põldudest nakatunud. 2017. ja 2018. a jäi jahukaste levik madalamaks, kui maksimaalselt 26–36% põldudest olid taimed loomise (BBCH 51–59)

või õitsemise faasis (BBCH 61–69) nakatunud. Nisu-pruunlaiksuse leviku poolest olid kolm aastat omavahel sarnased, esimestel suvinisupõldudel lööbis nakkus juuni alguses, saavutades põldudel maksimaalse nakkuseulatus taimede õitsemise faasis ja haigus nakatas maksimaalselt 24–42% vaadeldud põldudest (joonis 4).

Nisupõldude puhul vaadeldi, kas jahukaste ja helelaiksus esinevad samadel põldudel. Kolme aasta jooksul vaadeldud tali- ja suvinisupõldudest, vastavalt 84% ja 86%, esines vaid jahukaste või helelaiksuse nakkus. Talinisupõldudel oli statistiliselt oluline erinevus aastate vahel (hii-ruu $t = 149$; $df = 2$; $p < 0,001$). Näiteks 2019. a vaid 62% põldudel esines ainult jahukaste või helelaiksuse nakkus, siis 2017. ja 2018. a oli selliseid põlde üle 90%.

Arutelu

Kuna põhilised nisu ja odra patogeenid levivad ja taimehaigused (helelaiksus, pruunlaiksus, jahukaste, võrklaiksus, äärislaiksus) löövivad Eesti tingimustes praktiliselt igal kasvuperioodil, siis on ka õigeaegse tõrje rakendamiseks oluline teada ajalisi trende. Taimahaiguste monitooring annab lähipiirkonna põllumeestele informatsiooni, millal võiks enda põldudel tõrjetöödega alustada. Kui varasemaid monitooringu tulemusi (2014.–2016. a) maakondlikult vaadata, siis enamusel aastatest ja kohtadest on taimehaigusi vaja fungitsiididega tõrjuda suhteliselt hilja juunis-juulis: 23.–28. kalendrinädalal talinisul ja suviodial ning juuli alguses 27.–28. kalendrinädalal suvinisul (Sooväli, Koppel, 2017). Näiteks uuritud aastatel (2017.–2019. a) oli taimehaiguste surve mai lõpus 21.–22. kalendrinädalal üksikutel talinisul ja -odra monitooringupõldudel ning nädal hiljem mõnedel suviviljapõldudel piisav tõrjevajaduse tekkeks.

Arvestades taimehaigusi põhjustavate patogeenide ellujäämisstrateegiatega, on väga oluline ka vastavaid ennetus- ja tõrjemeetmeid rakendada. Seemnes säilivate patogeenide (*Pyrenophora spp.*, *Z. tritici*, *R. secalis*, *B. sorokiniana*) tõrje puhul on efektiivsed süsteemsed puhised, mis parandavad taimetervist, stimuleerivad idanemist ja juurte arengut (Sooväli jt, 2015). Taimejäänustel ja mullas säilivate patogeenide (*Pyrenophora spp.*, *Z. tritici*, *R. secalis*, *B. graminis*, *Fusarium spp.*) vähendamiseks põllumajandusmaal on oluline tagada piisav viljavaheldus, rakendada künnipõhist maaharimist, teha õigeaegset tõrjet efektiivsete preparaatidega ja valida kasvatamiseks haigustele resistentsemaid sorte (Jørgensen, Olsen, 2007). Sortide valimisel on oluline teada, et komplekset resistentust mitmete seenhaiguste suhtes on keeruline saavutada, näiteks nisu sortide puhul on täheldatud, et jahukastekindlamad sordid on sageli väga vastuvõtlikud hele- ja pruunlaiksuse suhtes (McRobert jt, 2003). Taimede vastuvõtlikkust haiguste suhtes mõjutavad ka külviaeg ja külvitihedus, mida peaks erineva haiguskindlusega sortide kasvatamisel arvestama (Jørgensen jt, 2014).

Väga oluline roll taimetervise jaoks on taimekudede ja risosfääriga seotud

mikroorganismide kooslusel, sealhulgas seente omavahelistel suhetel (Mendes jt, 2013). On tõestatud, et kui taime on nakatanud nekrotroof, siis biotroofil ei ole enam võimalik taimekudesid nakatada. Seda on näidatud *B. graminis* (biotroof) ja *Z. tritici* (nekrotroof) (Orton, Brown, 2016), kollase rooste tekitaja *Puccinia striiformis* ja *Z. tritici* (Madariaga, Scharen, 1986) omavahelise interaktsiooniga. Kahe patogeeni interaktsioon taimel võib olla nii kasulik kui ka kahjulik, sõltudes omakorda patogeeni agressiivsusest (Nolan jt, 1999). Käesoleva uuringu tulemused näitasid, et samaaegselt on võimalik tuvastada samadel teraviljapõldudel nekrotroofi ja biotroofi poolt põhjustatud taimehaigusi, kuid nende ulatus ja levik varieeruvad. Helelaiksus ja jahukaste esinesid keskmiselt 16% samadel talinisu-põldudel ja 14% samadel suvinisupõldudel, jahukaste ja võrklaiksus keskmiselt 22% samadel taliodrapõldudel, aga oluliselt vähem suviodrapõldudel (4%).

Kokkuvõte

Helelaiksuse ja nisu-pruunlaiksuse levikule nisupõldudel olid kõik vaatlusaastad soodsad, jahukastet esines kõige enam 2019. a. Kõige rohkem esines odrapõldudel võrklaiksust, millele järgnes pruunlaiksus (v.a 2018. a). Jahukastet ja äärislaiksust tuvastati odrapõldudel vähem. Vaatlustulemuste põhjal võib järeldada, et peamiselt kasvatati tootmispõldudel haigustekitajatele vastuvõtlikke sorte. Käesoleva uuringu tulemused näitasid lisaks, et vähesel määral võib samadel teraviljapõldudel tuvastada nekrotroofi ja biotroofi poolt põhjustatud taimehaigusi.

Tänuavaldused

Täname kõiki Eesti Taimekasvatuse Instituudi töötajaid, kes monitooringu andmete kogumisel osalesid.

Kasutatud kirjandus

- Bankina, B., Gaile, Z. 2009. Evaluation of barley disease development depending on varieties. – *Agronomy Research* 7 (Special issue I), pp. 198–203.
- ETKI taimekahjustajate monitoring. <http://monitooring.etki.ee/> (10.10.2020)
- Jørgensen, L.N., Olsen, L.V. 2007. Control of tan spot (*Drechslera tritici-repentis*) using cultivar resistance, tillage methods and fungicides. – *Crop Protection* 26, pp. 1606–1616.
- Jørgensen, L.N., Hovmøller, M.S., Hansen, J.G., Lassen, P., Clark, B., Bayles, R. jt. 2014. IPM strategies and their dilemmas including an introduction to www.Euro-wheat.org. – *Journal of Integrative Agriculture* 13(2), pp. 265–281.
- Kangor, T., Tamm, Ü., Sooväli, P. 2019. Biostimulaatori ja fungitsiidi mõju õlleodrale. – *Agronomia* 2019. (toim) I. Tupits, S. Tamm, Ü. Tamm, A. Toe. Jõgeva, lk 149–154.
- Madariaga, R., Scharen, A.L. 1986. Interactions of *Puccinia striiformis* and *Myco-sphaerella graminicola* on wheat. – *Plant Disease* 707, pp. 651–654.

- McRobert, N., Hughes, G., Savary, S. 2003. Integrated approaches to understanding and control of diseases and pests in field crops. – *Australasian Plant Pathology* 32, 167–180.
- Mendes, R., Garbeva, P., Raaijmakers, J.M. 2013. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic and human pathogenic microorganisms. – *FEMS Microbiology Reviews* 37(5), pp. 634–663.
- Nolan, S., Cooke, B., Monahan, F. 1999. Studies on the Interaction Between *Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum* in Wheat. – *European Journal of Plant Pathology* 105, pp. 917–925.
- Orton, E.S., Brown, J.K.M. 2016. Reduction of Growth and Reproduction of the Biotrophic Fungus *Blumeria graminis* in the Presence of a Necrotrophic Pathogen. – *Frontiers in Plant Science* 7, pp. 742.
- Paveley, N.D., Lockley, D., Vaughan, T.B., Thomas, J., Schmidt, K. 2000. Predicting effective fungicide doses through observation of leaf emergence. – *Plant Pathology* 49(6), pp. 748–766.
- Sooväli, P., Koppel, M. 2012. Internetipõhine I-Taimekaitse odrahaiguste tõrjel. – *Agronomia* 2012, lk 181–186.
- Sooväli, P., Koppel, M., Sildoja K. 2015. Biostimulaatori ja fungitsiidiga puhtimise mõju suvinisu saagile ja kvaliteedile 2013. ja 2014. aastal. – *Agronomia* 2015, lk 160–165.
- Sooväli, P., Koppel, M. 2017. Taimehaiguste monitooringu tulemused 2014.–2016. a. – *Taimekasvatuse alased uuringud Eestis 2017. (toim) I. Tupits, S. Tamm, Ü. Tamm, A. Toe. Jõgeva*, lk 139–146.
- Statistikaamet. Statistika andmebaas. PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuurid maakonna järgi. <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?DataSetCode=PM0281> (2.12.2020)
- Torriani, S.F., Melichar, J., Mills, C., Pain, N., Sierotzki, H., Courbot, M. 2015. *Zymoseptoria tritici*: a major threat to wheat production, integrated approaches to control. – *Fungal Genetics and Biology* 79, pp. 8–12.

FUNGITSIIDI RESISTENTSUS NISU HELELAIKSUST PÕHJUSTAVA PATOGEENI *Zymoseptoria tritici* EESTI POPULATSIOONIS

Marite Juurik^{1,2}, Riinu Kiiker¹, Lee Põllumaa¹, Andres Mäe¹

¹ Eesti Taimakasvatuse Instituut, ² Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonna-instituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

Abstract. Juurik, M., Kiiker, R., Põllumaa, L., Mäe, A. 2021. Resistance of wheat pathogen *Zymoseptoria tritici* to DMI and SDHI fungicides in Estonia. – Agronomy 2021.

Septoria tritici blotch (STB), caused by the ascomycete Zymoseptoria tritici (Zt), is currently the most prevalent foliar disease on wheat in Estonia and the whole Baltic region. Monitoring of fungicide sensitivity is an essential tool to understand changes in fungal populations. This study gives an overview of the current Zt sensitivity to 14 α -demethylation inhibitor (DMI) and succinate dehydrogenase inhibitors (SDHIs) in Estonia. A total of 210 isolates were studied 2019-2020 to determine the half-maximal inhibitory concentration (IC50) of DMI fungicides epoxiconazole and prothioconazole-desthio, and SDHI fungicides boscalid and fluxapyroxad. The sensitivity of Zt to prothioconazole-desthio and fluxapyroxad remained at a high stable level in 2019 and 2020. In 2020 the Zt sensitivity to epoxiconazole and boscalid increased. The results suggest that the pathogen, Zt, has reached the point where the enzymes CYP51, SDHB, and SDHC are not mutating any further and thus are not able to develop any further resistance to these fungicides.

Keywords: fungicides, resistance, mutations, zymoseptoria

Sissejuhatus

Üks enim majanduslikku kahju tekitav taimehaigus nii tali- kui ka suvinisu puhul on kõrreliste helelaiksus (*Zymoseptoria tritici*; *Zt*). Helelaiksusele soodsal aastal võib haigusele vastuvõtliku sordi saagikadu ulatuda kuni 40% (Jorgensen jt, 2014). Patogeeni tõrjes kasutatavad fungitsiidide toimeained kuuluvad valdavalt asoolide 14 α -steroidemetülaasi (DMI, CYP51) ja suksinaatdehüdrogenaasi (SDHI, SdhB,C) inhibiitorite rühma (Jorgensen jt, 2018).

Paljude fungitsiidide efektiivsus varieerub aastati. See on tingitud nende suhtes resistentsust põhjustavate (uute) mutatsioonide tekkimise ja akumulatsiooniga *Zt* genoomis, mis annavad neid kandvatele patogeenidele resistentsuse nii asooli (DMI rühm) (Cools jt, 2011) kui ka suksinaatdehüdrogenaasi (SDHI rühm) (Rehfus jt, 2018) rühma fungitsiidide suhtes. Nii on tänu mutatsioonide akumulatsioonile vähenenud *Zt* tundlikkus kahe olulise asooli, epoksikonasooli ja protikonasooli suhtes Iirimaal (Kildea jt, 2019), Prantsusmaal (Garnault jt, 2019) ja Inglismaal (Blake jt, 2018). Ka on täheldatud *Zt* tundlikkuse vähenemist SDHI rühma fungitsiidide suhtes. Scalliet jt (2012) isoleerisid loodusest boskaliidi suhtes suurema resistentsusega *Zt* tüved.

Fungitsiidiresistentsuse teket ja kiiret levikut fütopatogeensete seente hulgas hakati tajuma 2000. aastate alguses mitme levinud fütopatogeense seene, sealhulgas ka nisupõlde kahjustava *Zt* populatsioonides (Blake jt, 2018; Jorgensen jt,

2018). Kasvav ohumärk oli ka see, et mutatsioonid CYP51 valgus ei põhjustanud resistentsust ainult ühe fungitsiidi toimeaine suhtes, vaid tekitasid ristresistentsuse ka mitme asooli suhtes (Heick jt, 2020).

Baltimaades ei ole fungitsiidiresistentsus veel nii kiiresti arenenud, kui teistes Euroopa maades. See võib olla tingitud sellest, et nende kahe rühma preparaadid võeti Baltimaades kasutusele hiljem ja väiksemas koguses kui mujal Euroopas (Koppel, Sooväli, 2003).

Viimastel aastatel on täheldatud ka Eestis *Zt* resistentsuse suurenemist osade fungitsiidide suhes (Heick jt, 2017; Mäe jt, 2020). Haiguste edukaks tõrjumiseks on oluline kasutada sobivaid tooteid õigel ajal ja õiges koguses. Alljärgnevalt vaatame *Zt* Eesti populatsioonide tundlikkuse muutusi olulisemate asool ja SDHI rühma fungitsiidide suhtes aastatel 2019–2020.

Materjal ja meetodika

Puhaskultuuride isoleerimine. *Zymoseptoria* proove koguti Jõgevamaa, Järvamaa, Ida-Virumaa, Lääne-Virumaa, Põlvamaa, Tartumaa, Valgamaa, Viljandimaa ja Võrumaa põldudelt 2019. ja 2020. a. Tüvede iseloomustamiseks viidi kõik kogutud isolaadid puhaskultuuri vastavalt Heick jt (2017) ja Mäe jt (2020) poolt kirjeldatud meetodikale. Puhaskultuure säilitati 20% glütseroolis $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures.

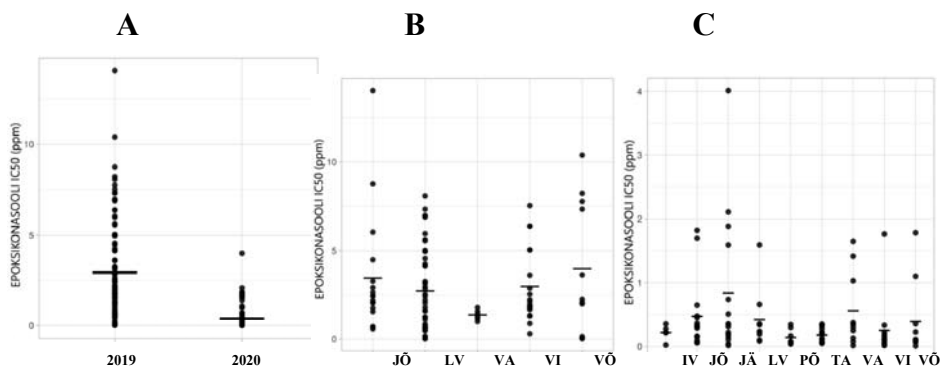
Isolaatide fungitsiidiresistentsuse hindamine mikrotiiterplaadil. Fungitsiidiresistentsuse hindamiseks kasutati Taani, Aarhuse Ülikooli, Agroökoloogia osakonnas välja töötatud meetodikat (Heick jt, 2017). Fungitsiidide toimeainete lahjendused valmistati $2\times\text{PDB}$ (kartuli dekstroos) vedelsöötmes. Lõppkontsentratsioonid olid (mg l^{-1}): 30; 6; 1,2; 0,24; 0,048; 0,01; 0,002; 0 epoksikonasoolil; 6; 2; 0,67; 0,22; 0,074; 0,025; 0,008; 0 protiikonasool-destiol; 10; 3,3; 1,1; 0,37; 0,12; 0,041; 0,014; 0 boskaliidil; 3; 1; 0,33; 0,11; 0,037; 0,012; 0,004; 0 fluksapüroksaadil. 96 kannuga mikrotiiterplaadi igasse kannu pipeteeriti 100 μl patogeeni suspensiooni (2×10^4 eost ml^{-1}) ja 100 μl vastava fungitsiidi lahjendust. Kontrollina kasutati fungitsiidi suhtes tundlikku *Zt* tüve IPO323. Iga patogeeni isolaat oli samal plaadil kahes korduses. Esitatud on kahe katse keskmine tulemus, standardviga oli kõikide tulemuste juures alla 10%. IC₅₀ (kontsentratsioon, mis inhibeerib patogeeni kasvu poole võrra) väärtused arvutati mittelineaarse regressiooni meetodil. Kriitilised kontsentratsioonid 2,5 ppm epoksükonasooli, 0,5 ppm fluksapüroksalaadi, 0,5 ppm protiikonasool-destio ja 0,4 ppm boskaliidi jaoks (Rehfus jt, 2018; Theis, H., avaldamata andmed) on defineeritud piirkontsentratsioonid, millest madalamad IC₅₀ väärtused defineeritakse seentele laboritingimustes mõjuvateks ehk toksilisteks kontsentratsioonideks. Welchi t-testiga võrreldi eri aastate, Kruskal-Wallise testi ja Dunn'i post-hoc testiga eri maakondade keskmisi IC₅₀ väärtusi. Analüüsimiseks kasutati programmi GraphPad Prism (GraphPad Software, La Jolla, CA, USA).

Tulemused

Kokku analüüsiti 2019. ja 2020. aastal 210 isolaati. 2019. a isoleeriti viie maakonna põldudelt kokku 103 isolaati, 2020. a üheksa maakonna põldudelt 107 isolaati. Kõikidel isolaatidel määrati tundlikkus epoksikonasooli ja protiokonasool-destio suhtes. Nimetatud keemilised ühendid on asooli rühma ühendid ja kuuluvad paljude preparaate koostisesse (Epoksikonasooli: Tango Super, Epox Top, Epox Extra, Bell Super, Maredo 125 SC, Viverda, Capalo jt. Protiokonasooli: Prosaro, Falcon Forte, Input, Variano Xpro, Ascra Xpro, Curbatur jt). SDHI tundlikkuse määramiseks testiti kõiki isolaate fluksapüroksaadi ja boskaliidi suhtes. Nimetatud toimeained kuuluvad samuti paljude preparaate koostisesse (Boskaliidi: Viverda, Bell, Bell Super. Fluksapüroksaadi: Adexar, Librax, Priaxor jt).

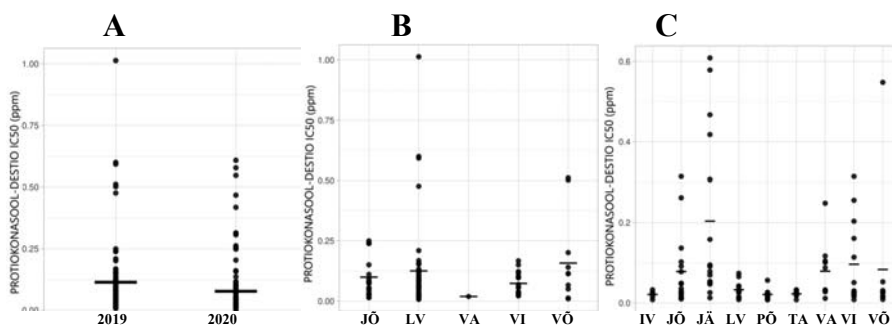
Zt resistentsus asooli-rühma fungitsiidide suhtes. Kui 2019. a testitud Eesti *Zt* isolaatide epoksikonasooli keskmine IC50 oli 2,95 mg l⁻¹, siis 2020. a langes epoksikonasooli IC50 < 1 mg l⁻¹, mis oli oluliselt erinev ($t = 9,45$; $df = 110,8$; $p < 0,0001$) (joonis 1A). Ka maakondade lõikes olid 2020. a *Zt* isolaadid tundlikumad epoksikonasooli suhtes, IC50 varieerus maakonniti 0,14 kuni 0,839 mg l⁻¹ (joonis 1B, C). Ainult üksikud isolaadid näitasid IC50 väärtust > 1 mg l⁻¹ (joonis 1C).

Eesti *Zt* populatsiooni protiokonasool-destio tundlikkus jäi 2019. ja 2020. aastal stabiilseks. Sellele viitavad selgelt madalad IC50 väärtused mõlemal aastal, 2019. a oli keskmine IC50 väärtus 0,11 mg l⁻¹ ja 2020. a 0,08 mg l⁻¹ (joonis 2A). Maakondade vahel olid olulised erinevused 2020. a ($H = 31,73$; $df = 8$; $p < 0,001$). Jooniselt 2B, C on näha, et ka maakondade lõikes jäid isolaatide IC50 väärtused valdavalt madalamaks IC50 kriitilisest kontsentratsioonist (0,5 mg l⁻¹). Üksikuid isolaate, mille protiokonasool-destio IC50 väärtus oli > 0,5 mg l⁻¹ esines 2019. a Lääne-Virumaal ja Võrumaal, 2020. a Järvamaal ja Võrumaal.



A. 2019–2020 Eesti populatsioonide keskmine, B. 2019. ja C. 2020. maakondades: JÕ–Jõgeva, LV–Lääne-Viru, VA–Valga, VI–Viljandi, VÕ–Võru, IV–Ida-Viru, JÄ–Järva, PÕ–Põlva, TA–Tartu.
● isolaat; — keskmine IC50

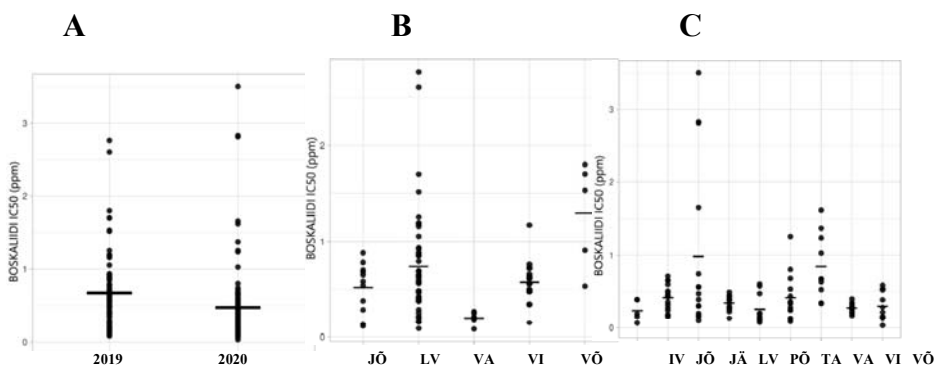
Joonis 1. Epoksikonasooli IC50 *Zymoseptoria tritici* isolaatide suhtes



A. 2019–2020 Eesti populatsioonide keskmine, B. 2019. ja C. 2020. maakondades: JÕ–Jõgeva, LV–Lääne-Viru, VA–Valga, VI–Viljandi, VÕ–Võru, IV–Ida-Viru, JÄ–Järva, PÕ–Põlva, TA–Tartu.
● isolaat; — keskmine IC50

Joonis 2. Protiokonasool-destio IC50 *Zymoseptoria tritici* isolaatide suhtes

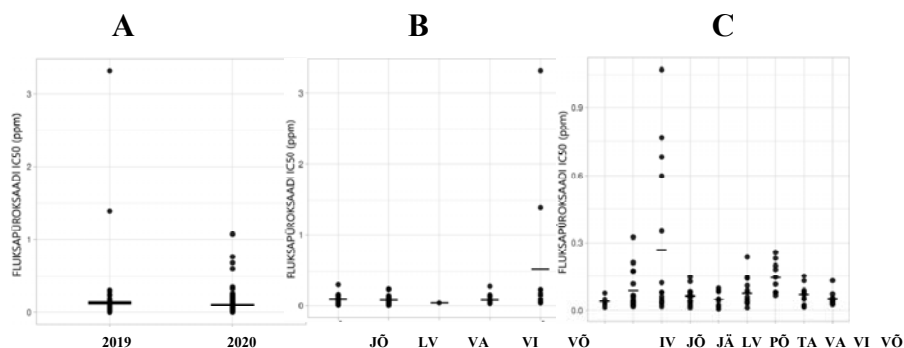
Zt resistentsus SDHI-rühma fungitsiidide suhtes. *Zt* Eesti populatsioonide kahe aasta boskaliidi keskmised IC50 väärtused olid vastavalt 0,7 mg l⁻¹ 2019. a ja 0,48 mg l⁻¹ 2020. a ($t = 2,717$; $df = 187,8$; $p = 0,007$) (joonis 3A). *Zt* populatsioonide boskaliidi keskmised IC50 väärtused olid kõikides maakondades > 0,5 mg l⁻¹. Ainuke erand oli Valgamaa, kus boskaliidi IC50 oli < 0,5 mg l⁻¹ (joonis 3B). 2020. a olid boskaliidi keskmised IC50 väärtused > 0,5 mg l⁻¹ kahes maakonnas – Valgamaal ja Järvamaal (joonis 3C). Maakondade vahel esinesid olulised erinevused nii 2019. a ($H = 18,44$; $df = 8$; $p = 0,001$) kui ka 2020. a ($H = 24,81$; $df = 8$; $p = 0,002$).



A. 2019–20 Eesti populatsioonide keskmine, B. 2019. ja C. 2020. maakondades: JÕ–Jõgeva, LV–Lääne-Viru, VA–Valga, VI–Viljandi, VÕ–Võru, IV–Ida-Viru, JÄ–Järva, PÕ–Põlva, TA–Tartu.
● isolaat; — keskmine IC50

Joonis 3. Boskaliidi IC50 *Zymoseptoria tritici* isolaatide suhtes.

Eesti *Zt* populatsiooni fluksapüroksaadi tundlikkus jäi stabiilseks. 2019. a oli keskmine IC50 väärtus 0,14 mg l⁻¹ ja 2020. a 0,1 mg l⁻¹ (joonis 4A). Jooniselt 4B, C on näha, et ka maakondade lõikes olid isolaatide IC50 väärtused valdavalt < 0,5 mg l⁻¹. Üksikuid isolaate, mille fluksapüroksaadi IC50 väärtus oli > 0,5 mg l⁻¹ leiti 2019. a Võrumaal ja 2020. a Järvamaal (joonis 4B, C).



A. 2019–2020 Eesti populatsioonide keskmine, B. 2019. ja C. 2020. maakondades: JÕ-Jõgeva, LV-Lääne-Viru, VA-Valga, VI-Viljandi, VÕ-Võru, IV-Ida-Viru, JÄ-Järva, PÕ-Põlva, TA-Tartu.
● isolaat; — keskmine IC50

Joonis 4. Fluksapüroksaadi IC50 *Zymoseptoria tritici* isolaatide suhtes

Arutelu

Eesti teraviljakasvatuse sõltub fungitsiidide kasutamisest, sest enamkasvatavad nisusordid ei ole reeglina helelaikuse suhtes haiguskindlad. Fungitsiidide pikaajaline kasutamine põldudel loob selektiivse kasvukeskkonna patogeenidele. Epoksikonasooli ja protiokonasooli sisaldavaid preparaate on Eestis kasutatud pika-ajaliselt. 2019. a Eesti *Zt* populatsioonides epoksikonasooli IC50 oli tõusnud üle kriitilise piiri > 2,5 mg l⁻¹ (joonis 1B) võrreldes 2014. a -0,07 mg l⁻¹ ja 2018. a -2,19 mg l⁻¹ (Heick jt, 2017; Mäe jt, 2020), mil see oli veel alla kriitilise. Huvitav on ära märkida epoksikonasooli IC50 väärtuse langus tunduvalt alla kriitilise piiri võrreldes 2019. a (joonis 1B,C), mis näitab *Zt* populatsioonide tundlikkuse kasvu.

Eesti *Zt* populatsiooni tundlikkus protiokonasool-destio suhtes viimastel aastatel (2018–2020) ei ole muutunud/suurenenud. Kõigil kolmel aastal jäi IC50 väärtus alla kriitilise piiri, < 0,5 mg l⁻¹ (Mäe jt, 2020; joonis 2).

Resistentsuse kasvu pidurdumine on toimunud viimastel aastatel ka *Zt* Rootsi ja Taani populatsioonis (Heick jt, 2020). Fungitsiidiresistentsuse tõusu pidurdumine võib olla tingitud sellest, et CYP51 valgus ei ole mutatsioonide edasine akumulatsioon võimalik ja sellepärast ei tõuse ka resistentsus epoksikonasooli ja protiokonasooli suhtes. See aga ei tähenda resistentsuse tõusu lõplikku peatumist, sest lisaks CYP51 geenile toimuvatele mutatsioonidele mõjutavad patogeeni

tundlikkust ka märklaudvalgu hulk rakus ja transportsüsteemide aktiivsus, mis transpordivad rakku sattunud fungitsiidi toimeaine sealt välja.

2020. a pidurdus Eesti *Zt* populatsioonis ka SDHI rühma kuuluvate fungitsiidide boskaliidi ja fluksapüroksaadi resistentsus (joonis 3, 4). Kuna Eesti *Zt* populatsioonides ei esine SDHI märklaudvalkudes mutatsioone (on väga üksikutes isolaatides), siis ei saa nende mutatsioonide liigne akumulatsioon olla peamiseks põhjuseks resistentsuse kujundamisel (Yamashita, Fraaije, 2018; Mäe jt, 2020).

Kuna Eestis on uuritud fungitsiidi resistentsuse levikut *Zt* populatsioonis süstemaatiliselt ainult kolmel aastal (2018–2020), siis on praeguseks kogunenud andmete põhjal vara öelda, kas 2020. a toimunud muutused fungitsiidiresistentsuse stabiliseerumisel on püsivad. Selleks, et jälgida *Zt* Eesti populatsioonide resistentsuse kasvu või stabiliseerumist ja uurida selle põhjusi, tuleb fungitsiidiresistentsuse alaseid uuringuid jätkata.

Kasutatud kirjandus

- Blake, J.J., Gosling, P., Fraaije, B.A., Burnett, F.J., Knight, S.M., Kildea, S., Paveley, N.D. 2018. Changes in field dose-response curves for demethylation inhibitor (DMI) and quinone outside inhibitor (QoI) fungicides against *Zymoseptoria tritici*, related to laboratory sensitivity phenotyping and genotyping assays. – *Pest Management Science*. 74, pp. 302–313.
- Cools, H.J., Mullins, J.G.L., Fraaije, B.A. 2011. Impact of recently emerged sterol 14 α -demethylase (CYP51) variants of *Mycosphaerella graminicola* on azole fungicide sensitivity. – *Applied Environmental Microbiology*. 77, pp. 3830–3837.
- Garnault, M., Dupais, C., Leroux, P., Couleaud, G., Carpentier, F., David, O., Walker, A.S. 2019. Spatiotemporal dynamics of fungicide resistance in the wheat pathogen *Zymoseptoria tritici* in France. – *Pest Management Science*. 75, pp. 1800–1807. <https://doi.org/10.1002/ps.5360> (7.01.2021)
- Heick, T.M., Justesen, A.F., Jørgensen, L.N. 2017. Resistance of wheat pathogen *Zymoseptoria tritici* to DMI and QoI fungicides in the Nordic-Baltic region - a status. – *European Journal of Plant Pathology*. 149, pp. 1–14.
- Heick, T.M., Matzen, N., Jørgensen, L.N. 2020. Reduced field efficacy and sensitivity of demethylation inhibitors in the Danish and Swedish *Zymoseptoria tritici* populations. – *European Journal of Plant Pathology*, 157, pp. <http://doi.org/10.1007/s10658-020-02029-2> (7.01.2021)
- Jørgensen, L.N., Hovmøller, M.S., Hansen, J.G., Lassen, P., Clark, B., Bayles, R., Rode mann, B., Flath, K., Jahn, M., Goral, T., Czembor, J., Cheyron, P., Maumene, C., De Pope, C., Ban, R., Nielsen, G.C., Berg, G. 2014. IPM strategies and their dilemmas including an introduction to www.eurowheat.org. – *Journal of Integrative Agriculture*. 13, pp. 265–281.
- Jørgensen, L.N., Matzen, N., Hansen, J.G., Semaskiene, R., Korbas, M., Danielewicz, J., Glazek, M., Maumene, C., Rodemann, B., Weigand, S., Hess, M., Blake, J., Clark, B., Kildea, S., Batailles, C., Ban, R., Havis, N., Treikale, O. 2018. Four azoles'

- profile in the control of Septoria, yellow rust and brown rust in wheat across. – European Crop Protection, 105, pp. 16–27.
- Kildea, S., Marten-Heick, T., Grant, J., Mehenni-Ciz, J., Dooley, H. 2019. A combination of target-site alterations, overexpression and enhanced efflux activity contribute to reduced azole sensitivity present in the Irish *Zymoseptoria tritici* population. – European Journal of Plant Pathology. 154, pp. 529–540. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01676-4> (7.01.2021)
- Koppel, M., Sooväli, P. 2003. I-Taimekaitse. Teraviljahaiguste tõrje. Internetipõhine taimekaitse ja teraviljade väetamine. Tartu, lk. 22–29.
- Mäe, A., Fillinger, S., Sooväli, P., Heick, T. M. 2020. Fungicide sensitivity shifting of *Zymoseptoria tritici* in the Finnish-Baltic region and a novel insertion in the MFS1 promoter. – Frontiers in Plant Science. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00385>. (7.01.2021)
- Rehfus, A., Strobel, D., Bryson, R., Stammler, G. 2018. Mutations in *sdh* genes in field isolates of *Zymoseptoria tritici* and impact on the sensitivity to various succinate dehydrogenase inhibitors. – Plant Pathology 67, pp. 175–180.
- Scalliet, G., Bowler, J., Luksch, T., Kirchhofer-Allan, L., Steinhauer, D., Ward, K., Niklaus, M., Verras, A., Csukai, M., Daina, A., Pfister, R.F. 2012. Mutagenesis and Functional Studies with Succinate Dehydrogenase Inhibitors in the Wheat Pathogen *Mycosphaerella graminicola*. PlosOne. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0035429>.
- Yamashita, M., Fraaije, B. 2018. Non-target site SDHI resistance is present as standing genetic variation in field populations of *Zymoseptoria tritici*. – Pest Management Science 73, 672–681. <http://doi.org/10.1002/ps.4761>.
- Taimekaitse. Taimekaitsevahendite register. <https://portaal.agri.ee/avalik/#/taimekaitse/taimekaitsevahendid-otsing/et> (7.01.2021)

HERBITSIIDIDE MÕJU KINOJA KASVULE JA UMBROHTUMUSELE

Deivi Tuusis, Enn Lauringson, Evelin Loit

Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

Abstract. Tuusis, D., Lauringson, E., Loit, E. 2021. Impact of herbicides on quinoa yield and weediness. – Agronomy 2021.

Agriculture has become more intensive over the past decades and natural ecosystems are suffering from it. It is important to create diverse agricultural systems to increase agricultural sustainability. One of the solutions could be finding new crops for Estonian crop rotations such as quinoa. Quinoa is a gluten-free and nutritious plant, in addition, it has good stress tolerance and adaptability, which is demonstrated by its capability to grow in different soils. However, quinoa is not a good competitor to weeds so herbicides are needed. This study examined the growth potential of quinoa in Estonian climatic conditions and measured the effect of different herbicides on growth, weeds, and yield. The experiment was conducted in 2019 in an Estonian University of Life Sciences experimental field in Tartu. There were three treatments with herbicides: Butisan 400 (metasachlor), Stomp CS (pendimethalin), and Lontrel 72 SG (clopyralid), and a control plot without herbicides. The highest quantity of weeds was measured in the control plot. The herbicide most effective against weeds was Butisan 400 and the least effective was Stomp CS. Quinoa yield varied from 462.8 to 847.4 kg ha⁻¹. The Butisan 400 treatment had the highest yield while the treatment with Lontrel 72 SG had the lowest yield. Quinoa can produce in Estonian conditions. The herbicide Butisan 400 was the most effective against weeds and had the highest yield. Further experiments should test different quinoa varieties, different sowing dates, and different herbicides doses.

Keywords: quinoa, metasachlor, clopyralid, pendimethalin, Estonia, weed

Sissejuhatus

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd., $2n = 4x = 36$) ehk Tšiili hanemalts on rohttaim, mis kuulub kaheiduleheliste klassi, rebasheinaliste sugukonda, hane-maltsa perekonda. Samasse perekonda kuulub ka levinud umbrohi valge hane-malts. Proteiinisisalduselt on kinoa võrreldav nisuga (valgu sisaldus varieerub 10,21–18,39%), kuid aminohapete profiililt on parem. Tervislikkuse tõttu leiab kinoad üha enam ka Eesti poodidest ja toidukohtade menüüdest.

Kinoa kasvatamine on levinud Lõuna-Ameerikas Andide piirkonnas, kus seda kultuuri on kasvatatud üle 5000 aasta. Kinoad on võimalik kasvatada erinevates keskkonnaoludes, nii põua kui ka liigniiskusega ning viimastel aastatel on kinoa kasvatus hakanud levima ka Hollandis, Taanis ja Inglismaal (Jacobsen, 2017). ÜRO toidu- ja põllumajandusorganisatsioon kuulutas 2013. aasta rahvusvaheliseks kinoa aastaks, et rõhutada selle tähtsust maailma toiduga kindlustatuses. Eestis võiks kinoa suurendada külvikordade mitmekesisust ja suuremat põllukultuuride valikut. Kinoa kasvatamise üks suurematest väljakutsetest on see, et seni ei ole häid lahendusi umbrohtude tõrjumiseks. Uurimistöo eesmärk oli võrrelda erinevate herbitsiidide mõju kinoa kasvule, saagile ja umbrohtumisele.

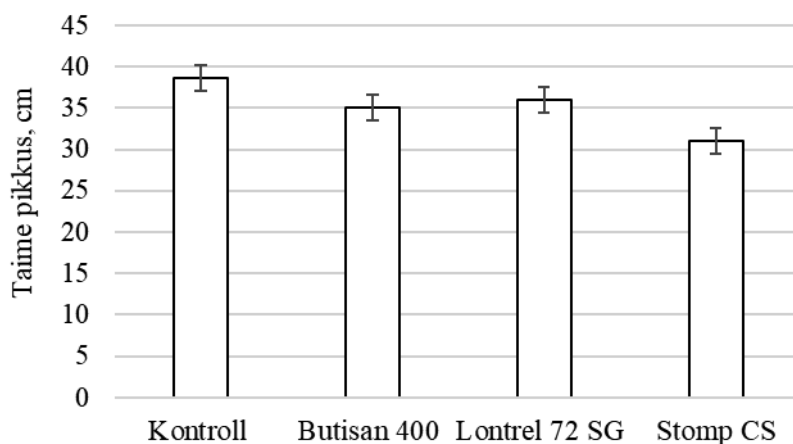
Materjal ja metoodika

Põldkatse rajati 7. juunil 2019. aastal Eesti Maaülikooli katsepõllule. Külvati kinoa sort 'Titicaca' (Quinoa Quality, Taani), külvisenormiga 15 kg/ha kohta (reavahe 24 cm; külvisügavus 1,5 cm). Katses oli neli varianti: kontroll ning kolm varianti herbitsiididega Stomp CS (pendimetalin), Butisan 400 (metasakloor) ja Lontrel 72 SG (klopüraliid). Kõiki variante oli neljas korduses. Herbitsiididega töödeldi katselappe 28.06.2019. Herbitsiidide kulunormid olid Butisan 400 1,5 l/ha, Lontrel SG 100 g/ha, Stomp 1 l/ha. Kõikidesse paagisegudesse lisati insektiisid Fastac 50, normiga 0,3 l/ha.

Kinoa taimede pikkust mõõdeti 21. juulil 2019. aastal, igalt katselapilt 2 × 10 taime. Umbrohtude kogumine biomassi määramiseks toimus 14. juulil, igalt katselapilt kahes korduses 0,25 m² raami abil. Proovid kuivatati 80 °C juures konstantse kaaluni, mis hiljem arvutati ümber ruutmeetri kohta. Umbrohtude biomassi kogused on artiklis väljendatud kuivainena (KA). Katse koristati 23. oktoobril 2019. aastal.

Tulemused ja arutelu

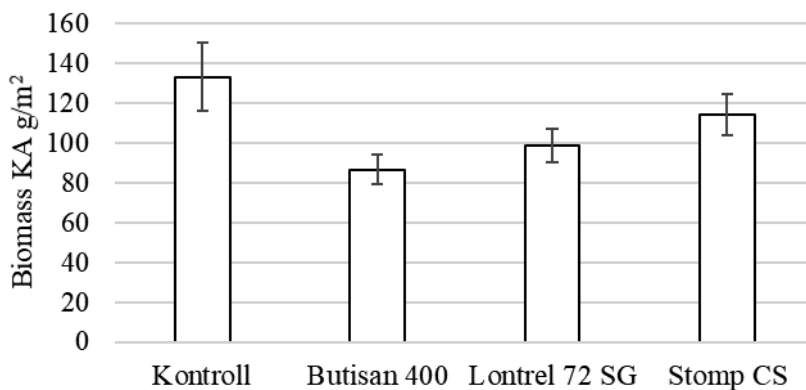
Kinoa taimede pikkus jäi vahemikku 29–40 cm (joonis 1). Kõige vähem mõjutas kinoa taimede pikkuskasvu pritsimine herbitsiidiga Lontrel 72 SG, tulemus kontrollalaga jäi katsevea piiridesse. See tulemus toetab Kanadas korraldatud katse tulemusi, kus toimeaine metasakloor vähendas taime kasvu kuni 20% (Cowbrough, 2015). Kõige enam pärssis kinoa taimede kasvu pritsimine herbitsiidiga Stomp CS, mis oli 20% madalam kontrollalast. Kanada katses toimeaine pendimetalin kahjustas kinoa taimi 40–80% ulatuses (Cowbrough, 2015). Brasiilia katsetes ei olnud pendimetalinil kinoale mingit mõju (Spehar jt, 2003).



Vearivad joonisel tähistavad standardviga

Joonis 1. Kinoa taimede pikkus (cm) 21. juuli 2019. a

Umbrohtude biomass (joonis 2) oli kõige suurem kontrollvariandis, kus see oli 133,1 g/m². Võrreldes kontrollvariandi umbrohtude biomassiga (herbitsiidiga töötlemata), pärssis umbrohte pritsimine herbitsiidiga Butisan 400, kus umbroh-

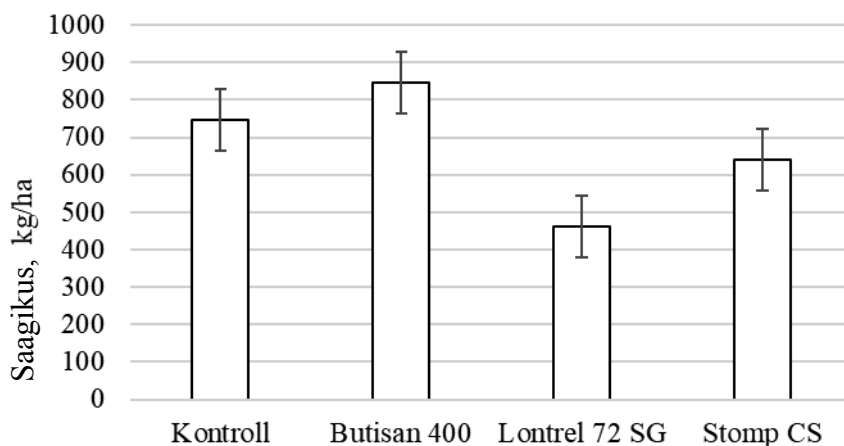


Vearivad joonisel tähistavad standardviga.

Joonis 2. Herbitsiidide mõju umbrohtude biomassile (KA g/m²) 2019. a

tude biomassiks oli 86,6 g/m². See oli võrreldes kontrollvariandiga 46,9 g vähem. Kõige vähem mõjutas umbrohtude biomassi herbitsiid Stomp CS, kus umbrohtude biomass oli 114,3 g/m² ning võrreldes kontrollvariandiga oli see ainult 19,2 g vähem. Katsevariandil herbitsiidiga Lontrel 72 SG pritsimisel, oli umbrohtude biomass 98,5 g/m², mis võrreldes kontrollvariandiga oli 34,7 g vähem. Sellest lähtuvalt võib tõdeda, et enim mõju umbrohtude tõrjumisele omasid Butisan 400 ja Lontrel 72 SG.

Kinoa saagikus erinevate variantide vahel varieerus 462–847 kg/ha (joonis 3). Madala saagikuse võis põhjustada hiline külv ning keskmisest madalamad temperatuurid võrsumisel. Kõige rohkem pärssis kinoa saagikust herbitsiid Lontrel



Vearivad joonisel tähistavad standardviga

Joonis 3. Kinoa saagikus (kg/ha) 2019. a

72 SG, kus saagikus oli 462,7 kg/ha. Maksimaalne saagikus 850 kg/ha e 14% rohkem kui kontrollvariandis (745 kg/ha) saadi herbitsiidiga Butisan 400 töödeldud variandis. Butisan 400 tõrjus umbrohte kõige efektiivsemalt, tõenäoliselt saadi enamsaak tänu herbitsiidi efektile. Saksamaa katsete tulemusena oli kahe aasta keskmine saagikus 2000 kg/ha (Präger jt, 2018). Madalam saagikus Eesti katses võis lisaks hilisele külviajale tuleneda ka väetamise erinevusest, sest antud katses väetist ei kasutatud.

Kokkuvõte

Herbitsiididel oli üldiselt negatiivne mõju kinoa taimede pikkusele. Toimeaine metasakloor (Butisan 400) oli kõige efektiivsem umbrohtude pärssimisel ning parandas kinoa saagikust kontrolliga võrreldes. Edaspidi tuleks lisaks sobivate umbrohtutõrje preparaatide uurimisele katsetada ka erinevaid sorte, et leida Eesti tingimustesse sobivaimad. Lisaks tuleks välja selgitada väetamise mõju taime kasvule ja saagikusele. Vaja oleks teha ka kinoa kasvatamise tasuvusanalüüs ja välja selgitada kinoa väärindamise võimalused.

Kasutatud kirjandus

- Cowbrough, M. 2015. Crop Injury And Yield Response Of Quinoa To Applications Of Various Herbicides. Kanada.
- FAO.2015. State of the art report on quinoa around the world in 2013. Santiago: FAO. 605 p. [veebileht] <http://www.fao.org/3/i4042e/I4042E.pdf> (11.01.2021)
- Jacobsen, S-E. 2017. The scope for adaptation of quinoa in Northern Latitudes of Europe. – *Journal of Agronomy and Crop Science* 202(6), pp 603–613.
- Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P-M., Mast, B., Greaff-Hönninger, S. 2018. Yield and Quality Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars Grown under Field Conditions in Southwestern Germany. – *Agronomy* 8(10), pp 197.
- Spehar, C-R., Santos, R.L de B., Vivaldi, L. (2003) Quinoa (*Chenopodium quinoa*) reaction to herbicide residue in a Brazilian Savannah soil. – *Pesquisa Agropecuaria. Brasiilia* 38(6), pp 771–776.

MITMESUGUST

POOLLOODUSLIKUD KARJAMAAD MAHESÖÖDA ALLIKANANA

Uno Tamm¹, Heli Meripõld¹, Rein Lillak², Silvi Tamm¹

¹Eesti Taimekasvatuse Instituut,

²Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Abstract. Tamm, U., Meripõld, H., Lillak, R., Tamm, S. 2021. Semi-natural pastures as a source of organic forage. – Agronomy 2021.

Most semi-natural communities, which are very valuable because of their biodiversity, can be used for grazing animals. Forage can be produced on the land that is not suitable for tillage and crop cultivation. The value of pasture grass was assessed in the pastures of sheep and beef cattle in areas with different semi-natural vegetation communities. The trial included dry grassland, alvar grassland, coastal pasture, wooded pasture, and permanent field pasture. Dry grassland was the most species-rich pasture, the most common were the basic perch-white clover communities. The coastal grasslands were most valuable as pastures because the ground is too rocky and uneven for cutting. The wooded pastures did not reveal characteristics of plant communities. When the wooded grassland is grazed from spring to autumn, the species composition changes – a dense shrub line emerges. The nutritional value of pasture grass was higher on permanent field pastures and on the most species-rich dry grasslands. Grasses of wooded pasture and coastal pasture were less valuable in terms of both protein and energy.

Keywords: natural pasture, phytocenosis, grazing, nutritive value

Sissejuhatus

Liigilise elurikkuse säilimist poollooduslikel rohumaadel seostatakse karjatamise ja niitmisega. Taimekooslusi ohustab kaasajal peamiselt kasutusest väljalangemine ja sellele järgnev kinnikasvamine. Karjatatavad loomad eelistavad söömisel mitmekesist rohtu, millega tagatakse vatsa mitmekülgne mikrofloora ja toitainete parem omastamine. Rohusööda toiteväärtuse andmeid on vanemas kirjanduses erinevatelt kasvukohatüüpidelt pärineva heina kohta (Muuga, 1949; Muuga, Ilus, 1957). Loodusliku karjamaarohu toiteväärtuse andmeid avaldati hiljuti artiklites (Tamm, Kütt, 2013; Ots jt, 2020). Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli selgitada poollooduslike karjamaade enamlevinud taimekooslused erinevatel kasvukohtadel (arukarjamaa, loopealne karjamaa, rannakarjamaa, puiskarjamaa ja põllul paiknev püsikarjamaa) ning määrata sealt kogutud rohu keemiline koostis ja toiteväärtus. Laekunud andmete alusel saab hinnata poollooduslike karjamaade rohu sobivust mahesöödana.

Materjal ja meetodika

Uurimistöös on kasutatud karjamaarohu analüüsiandmeid, mis koguti talude karjamaadelt aastatel 2016–2020. Väärtuslikku teemakohast materjali laekus juba 2002. aastast koostöös PMK-ga läbiviidud heintaimede toiteväärtuse seirest (siloseire). Uurimismaterjali analüüsimisel olid abiks varasemad tööd: projekti

Piim, Interreg projekti Knowsheep ja rakendusuringute RUP tulemused.

Rohusöötades määrati PMK söötade ja teravilja laboris järgmised toitainete sisalduse parameetrid: kuivaine, toorproteiin (*crude protein*), neutraalkiud – NDF (*neutral detergent fiber*), happekiud – ADF (*acid detergent fiber*) ja tuhk. Proteiini määramiseks söötades tehti kindlaks sööda lämmastikusisaldus. NDF sisaldab tselluloosi, hemitselluloosi ja ligniini. NDF-sisaldusest lähtudes saab arvutada ratsiooni söödava rohusööda koguse.

Mida kõrgem on ADF-sisaldus, seda madalam on seeduvus. Näitaja on oluline sööda energeetilise väärtuse arvutamisel. Tuhasisaldus vähendab sööda seeduvat orgaanilist osa. Suur tuhasisaldus näitab lisaks taimerakkudes olevatele mineraalidele (Ca, Mg, K, P) proovi võimalikku saastatust mullaga.

Tulemused ja arutelu

Looduslike rohumaade botaanilise koosseisu mitmekesisuse ja taimekoosluste paremaks säilitamiseks kasutatakse poollooduslikke rohumaad niitmiseks ja karjatamiseks. Karjamaa heintaimedele esitatavatest agronoomilistest nõuetest on tähtsamad hea rohusaak, rikkalik ja ühtlane ädalakasv kogu vegetatsiooniperioodil. Karjatamine toimub traditsiooniliselt taimede noores arengufaasis (võrsumine, kõrsumine), mis omakorda soodustab rohukamara teket.

Loomakasvatuse ja agronoomiliste nõuete täitmiseks sobivad kõige enam liigirikkad rohukamarad, mis omakorda täidavad ühtlasi rohestamise ja elurikkuse loomise eeskirju. Kirjandusest leiame, et sobivaks karjamaarohu botaaniliseks koosseisuks loetakse 15–35% liblikõielisi, 60–70% kõrrelisi ja 10–15% rohundeid (Adojaan, 1961; Sau, 1965).

Tänapäeval on üha enam hakatud tähelepanu pöörama liigilisele mitmekesisusele ning selle säilitamisele nii poollooduslikel rohumaadel kui ka teistel põllumajanduslikel aladel (Viiralt, 1999; Mills jt, 2007). Sageli seostatakse liigilise mitmekesisuse säilimist mõõduka häiringuga, nagu seda on karjatamine ja niitmine, mistõttu rohumaade ekstensiivset majandamist on hakatud pidama üheks peamiseks liigilise mitmekesisuse säilitamise viisiks (Pärtel jt, 2005). Seda toetavad ka uurimused, milles on leitud, et karjatamine mõjub paljudele rohumaal taimeliikidele soodsalt ning tõstab taimekoosluste liigirikkust (Bullock jt, 2001; Pavlů jt, 2006). Ülekarjatatud aladel on rohu toorproteiinisaldus suurem ja kuivaine seeduvus kõrgem.

Looduslike rohumaade mullastikutingimused määravad ühe või teise taime-liigi kasvamisvõimalused ja rohumaal püsivuse. Rohkem tähelepanu vajavad poollooduslike rohumaade põuakartlikud alad ja ajuti liigniisked kõlvikud. Parasniisketel aladel lisaks lõikheinalistele (20–50 protsenti) ja rohunditele (puisniitudel üle 40 protsendi) kasvavad hästi peaaegu kõik meil viljeldavad heintaimeliigid.

Kuivad pärisaruniidud. Arurohumaad on kujunenud maharaiatud salumetsadest, puisniitudest või mahajäetud põllumaast. Põhja-Eesti siluriala ja Lõuna-Eesti devoniala muldade erinevused kajastuvad ka selle rohumaatüübi taimeistikus. Hoolimata samasugusest kasvukohatüübist olid taimekooslused pärisaruniitudel siiski suhteliselt eriilmelised, mistõttu ühte tüüptaimekooslust neil karjamaadel eristada oli raske. Põhja-Eestis olid kõige sagedasemateks liikideks punane aruhein (*Festuca rubra* L.), aasnurmikas (*Poa pratensis* L.), harilik aruhein (*Festuca pratensis* L.), kerahein (*Dactylis glomerata* L.), lubikas (*Sesleria caerulea* L. Ard.), harilik raudrohi (*Achillea millefolium* L.), harilik võilill (*Taraxacum officinale* Cass.) ja valge ristik (*Trifolium repens* L.). Põhja-Eesti sagedasemaks taimekoosluseks oli punase aruheina (*Festuca rubra* L.) – valge ristiku (*Trifolium repens* L.) kooslus.

Lõuna-Eesti arurohumaad iseloomustasid muldade happelise reaktsiooniga leppivad taimed nagu harilik kastehein (*Agrostis capillaris* L.), lamba-aruhein (*Festuca ovina* L.), maarjahein (*Anthoxanthum odoratum* L.), jusshein (*Nardus stricta* L.), kibe tulikas (*Ranunculus acris* L.), harilik võilill (*Taraxacum officinale* Cass.) ja valge ristik (*Trifolium repens* L.). Selle kasvukoha karjamaade taimekooslusteks olid punase aruheina (*Festuca rubra* L.) – valge ristiku (*Trifolium repens* L.) kooslus; valge ristiku (*Trifolium repens* L.) – hariliku kasteheina (*Agrostis capillaris* L.) kooslus ja hariliku kasteheina (*Agrostis capillaris* L.) – jussheina (*Nardus stricta* L.) kooslus.

Kevadel lastakse loomad (lihatõugu veised, kitsed ja lambad) karjamaale varakult, siis kui kõrgrohu on veel nooremas arengufaasis, sama ka sügisel ädalate karjatamisel, vastasel juhul karjamaarohi vananeb.

Loopealne karjamaa. Loopealne karjamaa on õhukesel lubjarikkal aluspõhjal rohumaa, kus parimaks hooldajaks on olnud lammas.

Niiske ja kuiva loorohumaa taimeistikud erinevad mõnevõrra teineteisest. Niiske loorohumaa ohtraimateks liikideks olid kahanevas järjekorras pajuvaak (*Inula salicina* L.), põldosi (*Equisetum arvense* L.), hanijalg (*Potentilla anserina* L.), harilik tarn (*Carex nigra* L.), vesihaljas tarn (*Carex flacca* Schreb.) ja arujumikas (*Centaurea jacea* L.). Levinumaks taimekoosluseks oli lubika (*Sesleria caerulea* L. Ard.) – vesihalja tarna (*Carex flacca* Schreb.) kooslus.

Kuiva loorohumaa sagedasemad liigid olid lamba-aruhein (*Festuca ovina* L.), arukaer (*Avena pratensis* L.), arukaerand (*Helictotrichon pratense* (Huds.) Pilger), arujumikas (*Centaurea jacea* L.), humallutsern (*Medicago lupulina* L.), mägi-ristik (*Trifolium montanum* L.), punane aruhein (*Festuca rubra* L.), harilik härghein (*Melampyrum nemorosum* L.) jt. Sagedasemaks taimekoosluseks olid lamba aruheina (*Festuca ovina* L.) – hariliku kortslehe (*Alchemilla vulgaris* L.) ja arukaera (*Avena pratensis* L.) – madala mustjuure (*Scorzonera humilis* L.) – hariliku härgheina (*Melampyrum nemorosum* L.) kooslus. Loorohumaad olid hõredad liigirikad karjamaad, mida ohustab kinnikasvamine (kadakas, mänd,

suurekasvulised kõrrelised). Loopealsete säilimiseks tuleb neid karjatada sobiva karjatamiskoormusega (0,2–1,0 loomühikut hektarile, lü/ha) (Talvi, Talvi, 2012).

Rannakarjamaa. Kuna rannaniite on sajandeid kasutatud loomade karjatamiseks, siis võime neid kutsuda ka rannakarjamaadeks. Rannakarjamaadele on iseloomulik vööndilisus. Olenevalt mere kaugusest ja maapinna kõrgusest jagatakse nad saliinseks ja suprasaliinseks kasvukohatüübiks. Kõrgematel aladel (suprasaliinne), kuhu merevesi jõuab harva, olid taimekooslused mitmekesised ja vähem soolased. Kõige sagedasemad kõrreliste liigid olid siin harilik pilliroog (*Phragmites australis* Trin.), harilik kastehein (*Agrostis capillaris* L.), punane aruhein (*Festuca rubra* L.), luht-kastevars (*Deschampsia cespitosa* L.) ja harilik nurmikas (*Poa trivialis* L.). Rohunditest olid sagedasemad sügisene seanupp (*Leontodon autumnalis* (L.) Moench.), randristik (*Trifolium fragiferum* L.), harilik hanijalg (*Potentilla anserina* L.) ja soomadar (*Galium palustre* L.). Paiguti leidis ohtralt ka tuderluga (*Juncus gerardii* Loisel.), sinihelmikat (*Molinia caerulea* (L.) Moench), harilikku lubikat (*Sesleria caerulea* L. Ard.), soomusalssi (*Eleocharis uniglumis* Schult.) ja vesihaljast tarna (*Carex flacca* Schreb.). Rannarohumaade taimekooslusteks olid sinihelmika (*Molinia caerulea* (L.) Moench) – asparherne (*Tetragonolobus maritimus* (L.) Roth) kooslus; tuderloa (*Juncus gerardii* Loisel.) – rannika (*Glaux maritima* L.) kooslus ja punase aruheina (*Festuca rubra* L.) – soomusalssi (*Eleocharis uniglumis* Schult.) kooslus. Karjatamata või niitmata rannaniidud roostuvad kiiresti. Rannaniitudel pilliroo ja võsa hävitamisel on lihavedised asendamatud.

Puiskarjamaad olid väga erinevad ja nende seas esines nii salu-, sürja- kui loometsasid. Analüüsides oli raske välja tuua puiskarjamaade ohtramalt esindatud ja ühtlasi iseloomulikumaid liike. Sagedasemad liigid kõrrelistest olid harilik kastehein (*Agrostis capillaris* L.), harilik nurmikas (*Poa trivialis* L.) ja punane aruhein (*Festuca rubra* L.), rohunditest kibe tulikas (*Ranunculus acris* L.), harilik sinilill (*Hepatica nobilis* L.), ojamõõl (*Geum rivale* L.), võsakannike (*Viola riviniana* Rchb.), harilik võilill (*Taraxacum officinale* (L.) Weber), külmamailane (*Veronica chamaedrys* L.), oras-tähthein (*Stellaria graminea* L.), tedremaran (*Potentilla erecta* Raeusch.), värvadar (*Galium boreale* L.), metsmaasikas (*Fragaria vesca* L.), mets-harakputk (*Anthriscus sylvestris* Hoffm.) ja tarnad (*Carex* sp.).

Puiskarjamaade karjatamiskoormus 0,3–1,0 lü/ha, ala- ja ülekarjatamine vähendab liigirikkust. Puiskarjamaal saab karjatada kõiki loomaliike, vajadusel harvendatakse võsa- ja puurinnet.

Püskarjamaad kujunevad külvatud karjamaade pikaajalisel (üle 10 aasta) kasutamisel. Lühema kestusega külvatud liigid oolud rohustust kadunud ja suurema leviku olid saanud mitmed rohundid. Kõige sagedasemateks liikideks olid harilik raudrohi (*Achillea millefolium* L.), harilik võilill (*Taraxacum officinale* (L.) Weber), mets-harakputk (*Anthriscus sylvestris* Hoffm.), kibe tulikas (*Ra-*

nunculus acris L.), harilik hiirehernes (*Vicia cracca* L.) ja oras-tähthein (*Stellaria graminea* L.).

Parandatud püsikarjamaal enam esinevad kõrrelised olid põldtimut (*Phleum pratense* L.), harilik kerahein (*Dactylis glomerata* L.), punane aruhein (*Festuca rubra* L.), harilik kastehein (*Agrostis capillaris* L.), aasnumikas (*Poa pratensis* L.) ja aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis* L.). Iseloomulikemateks taimekooslusteks olid valge ristiku (*Trifolium repens* L.) – punase aruheina (*Festuca rubra* L.) kooslus; punase aruheina (*Festuca rubra* L.) – keraheina (*Dactylis glomerata* L.) kooslus ja valge ristiku (*Trifolium repens* L.) – hariliku kasteheina (*Agrostis capillaris* L.) kooslus.

Aasnumika (*Poa pratensis* L.), punase aruheina (*Festuca rubra* L.) ja valge ristiku (*Trifolium repens* L.) taimikuga karjamaad paiknesid parematel muldadel. Väheviljakatel aladel oli aasnumikas asendunud hariliku kasteheinaga (*Agrostis capillaris* L.). Karjatamise kõrgus sõltus rohukamara tüübist ja rohukamara vanusest. Vanematel, valge ristiku ja aluskõrreliste rohkel kamaral oli sobivaks karjatamiskõrguseks 10–15 cm, pealiskõrreliste rohke karjamaa karjatuskõrgus oli 15–17 cm. Heintaimede arengut arvestades oli see kõrrelistel võrsumise lõpp, kõrsumise algus, olenevalt liigi kasvu- ja arengukiirusest. Rohundite levik oli aluskõrreliste poolt pidurdatud. Taimikud olid keskmise tihedusega (4500–5000 kõrrelise võrset m²). Rohukamarate botaaniline koosseis oli siiski pidevas muutumises.

Karjamaarohu toiteväärtus. Lisaks taimede botaanilisele koosseisule mõjutab karjamaarohu söömust karjamaarohu vanus ja kõrgus. Ühesuguses vanuses taimiku oluliseks mõjuriks on keskkond (temperatuur ja sademed), kiiresti areneb taimik kevadperioodil ilma järsul soojenemisel (aprillikuu lõpp). Katsetööde kogemused Sakus on näidanud, et aastate keskmisest erinev kevadperioodi niiskus- ja temperatuurirežiim mõjutab taimiku kasvudünaamikat tugevamini kui agrofoon.

Taime vananedes taimeraku lahustuv ja kiiresti lagundatav osa (valgud ja monosahhariidid) väheneb, seevastu suureneb raskemini lahustatava rakukesta osakaal. Seetõttu sööda langevad seeduvus ja ka toiteväärtus. Ülekasvanud suure kiusisaldusega karjamaasööt ei suuda rahuldada loomade energiavajadust. Loomad ei ole võimelised sööma nii suuri koguseid, kui oleks tarvis, et sellest söödast vajalikus koguses energiat kätte saada (Tamm, 2005).

Rohi kasvab kevad-suve perioodil kiiremini kui suve teisel poolel, mis põhjustab rohusaagi tsüklilise kasvu. Sügisel moodustab heintaimede kasvukiirus poollooduslikel 20–25% ja külvatud karjamaadel 44–50% suve alguse kasvukiirusest. Karjamaal on rohukasv kõige kiirem pärast esimest karjatamist (mai lõpul, juuni algul), sest varakevadiste madalamate õhutemperatuuride tõttu on rohukasv suhteliselt aeglane. Rohukasvu aeglustumist täheldati ka suvel esinevate põuaperioodide ajal. EMÜ söötmise osakonna andmetel oli poollooduslike karjamaade KA saak 1,0–1,9 t/ha (Ots jt, 2020). Orienteeruv rohusaagi jaotus vegetatsiooniperioodi kuude lõikes on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Rohusaagi laekumine kuude lõikes, %

Taimikud	Kuud				
	Mai	Juuni	Juuli	August	September
Pool-looduslikud karjamaad	5–10	50–60	15–20	10–15	5–10
Külvatud karjamaa:					
mineraalmuldadel	10–15	35–40	20–25	15–20	10–15
turvasmuldadel	5–20	30–35	25–30	20–25	15–20
põhjarannikul ja saartel	5–10	40–50	15–20	15–20	10–15
erodeeritud muldadel	10–15	40–45	15–20	15–20	10–15

Enamasti eelistasid loomad kõrgetele, vanadele ja kõrsunud kõrreliste madalaid (5–15 cm), värskaid ning leherohkeid rohundeid, sest taime lehed on suurema toitainesisaldusega kui varred. Vaatamata võilille heale keemilisele koostisele ja toiteväärtusele peame teda rohundiks (kultuurohumaal umbrohuks) tema väga väikese kuivainesisalduse ja kiire leviku tõttu.

Poollooduslike karjamaade rohuproovide analüüsitulemustest annab ülevaate tabel 2. Parema toiteväärtusega rohi saadi põllul paiknevalt püsikarjamaalt, millest ei jäänud oluliselt maha ka arukarjamaa rohi. Viimase toiteväärtust vähendas sageli ettetulnud ülekasvanud rohu esinemine. Rannakarjamaade rohu väiksem toiteväärtus tulenes kõrgekasvulise pilliroo mõõdukast sisaldusest taimikus. Puiskarjamaa rohustu sisaldas väiksema toiteväärtusega mittedaavaid liike (tarnad, mõned rohunid). Uuritud puiskarjamaad olid karjamaana kasutuses olnud suhteliselt vähe aega ja erinesid seetõttu tüüpilistest puisrohumaadest.

Tabel 2. Rohu toiteväärtus poollooduslikel karjamaadel

Näitajad	Arukarjamaa	Rannakarjamaa	Puiskarjamaa	Püsikarjamaa
	keskmise ±SE	keskmise ±SE	keskmise ±SE	keskmise ±SE
Kuivaines, %				
toorproteiin	12,3 ±0,2	13,7 ±0,3	14,4 ±0,3	14,5 ±0,4
Metaboliseeruv proteiin g/kg	85,0 ±0,3	82,0 ±0,3	83,0 ±0,4	88 ±0,6
ADF	30,6 ±0,5	33,0 ±0,6	32,8 ±0,5	27,3 ±0,7
NDF	46,6 ±0,7	49,8 ±0,8	49,3 ±0,8	43,7 ±0,8
DDM (seeduvus)	65,0 ±0,5	63,0 ±0,6	63,0 ±0,5	68,0 ±0,6
Söömus	2,5 ±0,04	2,4 ±0,04	2,4 ±0,04	2,6 ±0,06
ME MJ/kg	9,8 ±0,1	9,4 ±0,08	9,5 ±0,12	10,4 ±0,2

±SE – standardviga

Käesoleva uurimistöö andmete läbitöötamisel koostati tabel mahe karjamaarohu toiteväärtuse hindamiseks (tabel 3), kus hindamisklassideks on võetud kõrge toiteväärtus, hea toiteväärtus ja rahuldav toiteväärtus.

Tabel 3. Mahe karjamaarohu toiteväärtuse hindamine

Näitajad	Karjamaarohu toiteväärtus		
	Kõrge	Hea	Rahuldav
Kuivaines, %			
toorproteiin	üle 15	12–15	alla 12
Metaboliseeruv proteiin g/kg	üle 90	85–90	alla 85
ADF kiud	alla 24	24–27	üle 28
NDF kiud	alla 36	36–42	üle 42
DDM (seeduvus)	üle 70	67–70	alla 67
Kuivaine söömumus	üle 3	2,5–3	alla 2,5
Ainevahetusenergia ME, MJ/kg	üle 11	9,5–11	alla 9,5

Kokkuvõte

Poollooduslike karjamaade majandamine täidab maheviljeluse nõudeid. Sealt saadav karjamaarohi on rahuldava kuni hea toiteväärtusega. Suurema toiteväärtusega rohi saadi põllul paiknevalt püsikarjamaalt (ME 10,4 MJ/kg) ja arukarjamaalt (9,8 MJ/kg). Rannakarjamaa ja puiskarjamaa rohi oli rahuldava toiteväärtusega (ME 9,4–9,5 MJ/kg). Poollooduslike karjamaade puuduseks on väike saak ja rohukasvu suur hooajalisus. Rohu karjatamisel söödeti sageli ülekasvanud ja vananenud rohtu. Loomade rahuldava jõudluse tagamiseks tuleb loomadele juurde sööta mineraalsöötade segu ja leida lisakarjamaad põua- ja perioodideks ning väikese ädalakasvuga suve teiseks pooleks. Poollooduslike karjamaade pika kasutusea tagamiseks tuleb loomi süsteemikindlalt karjatada ja täita taimekooslustele vajalikke hooldusvõtteid. Lisakulutuste katteks makstakse Eestis kaitsekorraldussüsteemi toetust. Toetuse taotleja saab vormistamise kohta infot PRIA-st ja keskkonnaametist.

Tänuavaldused

Uurimistöo viidi läbi Eesti Maaeluministeeriumi rakendusüüringu RUP 025 finantseerimisel. Autorid tänavad Põllumajandusüüringute Keskuse teravilja ja söötade laboratooriumi kollektiivi abi eest analüüside tegemisel.

Kasutatud kirjandus

- Adojaan, A. 1961. Rohumaaviljelus Eestis. Tallinn, 592 lk.
- Bullock, J.M., Franklin, J., Stevenson, M.J., Silvertown, J., Coulson, S.J., Gregory, S.J., Tofts, R. 2001. A plant trait analysis of responses to grazing in a long-term experiment. – *Journal of Applied Ecology* 38, pp 253–267.
- Mills, J., Rook, A.J., Dumont, B., Isselstein, J., Scimone, M., Wallis De Vries, M.F. 2007. Effect of livestock breed and grazing intensity on grazing systems: 5. Management and policy implications. – *Grass Forage Science* 62, pp 429–436.

- Muuga, A. 1949. Meie niiduheina tüüpidest ja söödaväärtusest. Tartu, 37 lk.
- Muuga, A., Ilus, A. 1957. Eesti söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid. Tallinn, 58 lk.
- Ots, M., Olt, A., Tõlp, S. 2020. Poollooduslikud kooslused lihaveiste ja lammaste sööda-
baasina. – Terve loom ja tervislik toit 2020. Tartu, 81–90 lk.
- Pavlů, V., Hejcman, M., Pavlů, L., Gaisler, J., Nežerková, P. 2006. Effect of continuous
grazing on forage quality, quantity and animal performance. – Agriculture, Ecosys-
tems and Environment 113, pp 349–355.
- Pärtel, M., Sammul, M., Bruun, H.H. 2005. Biodiversity in temperate European grass-
lands: origin and conservation. (toim.) Lillak, R., Viiralt, R., Linke, A., Geher-
man, V. – Integrating efficient grassland farming and biodiversity. Grassland
Science in Europe. Tartu, pp 10.
- Sau, A. 1965. Madalasaagiliste kultuurkarjamaade parandamine. Tallinn, 104 lk.
- Talvi, T., Talvi, T. 2012. Poollooduslikud kooslused. Viidumäe–Tallinn, 36 lk.
- Tamm, U. 2005. Rohusööda toiteväärtus. Saku, 86 lk.
- Tamm, U., Kütt, L. 2013. Lammaste söödad ja söötmise iseärasused Läänemere piirkon-
nas. Traditsiooniline lambakasvatus Eesti ja Soome rannikualadel ning saartel.
Tallinn, lk 188–222.
- Viiralt, R. 1999. Bioloogiline mitmekesisus rohumaadel, tähtsus ja ajalooline taust.
Loodushoidlikud rohumaad. Jäneda Õppe- ja Nõuandekeskus, lk 79–85.

KASVUREGULAATORI MODDUS 250 EC KASUTAMISEST PUNASE RISTIKU SEEMNEKASVATUSES

Ants Bender

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Bender, A. 2021. Application of growth regulator Moddus 250 in seed production of red clover. – *Agronomy 2021*.

Two field nurseries were planted at the Estonian Crop Research Institute to study the effect of growth regulator Moddus 250 EC on the height, seed yield, and seed quality of red clover. Single plants of tetraploid cv Ilte were tied up to a pole. The study was conducted in extremely divergent weather conditions in 2018 and 2020. The data demonstrated that application of the substance at a rate of 0.8 l ha⁻¹ at the beginning of stem elongation (BBCH 32) reduced the plant height in the harvesting time by 10–11 cm (9%), and a 1000 seeds weight by 0.063–0.271 g, but increased the seed yield per plant by 1–3 g (14%). Growth regulator application did not alter the germination percentage of seeds.

Keywords: *red clover, Moddus 250 EC, plant height growth, seed yield, seed quality*

Sissejuhatus

Lamandumine on punase ristiku seemnekasvatusega kaasaskäiv tülikas nähtus nii Eestis kui ka teistes põhjamaades. Lamandumise korral halveneb taimiku seis mitmeti: valgustingimused halvenevad, fotosünteesi efektiivsus väheneb, taimevartes on toitainete liikumine häiritud, taimik kuivab vihma järel aeglasmalt, taimehaigustel on soodsad levikutingimused, ädal võib esmakasvust läbi kasvada. Kõik need asjaolud vähendavad seemnesaaki, muudavad seemne kvaliteeti, raskendavad kombainiga koristamist ja suurendavad koristuskadu. Seepärast otsitakse võimalusi lamandumise vältimiseks või vähemalt selle ulatuse vähendamiseks.

Lõppenud sajandi kaheksakümnendatel aastatel otsiti punase ristiku seisukindluse tõstmise võimalusi mulla kaudu mõjuvate preparaatide paclobutrazol ja uniconazol abil (Silberstein jt, 1996). Mullas pika järelmõju tõttu ei leidnud need heinaseemnekasvatuses laiemat kasutamist (Anderson jt, 2012). Sajandi lõpukümnendist on kasutusel lehtede ja võrsete kaudu imenduvad, toimeainel trinexapac-ethyl baseeruvad kasvuregulaatorid. Meil turustatakse sellist preparaati nimetuse all Moddus 250 EC, Ameerika Ühendriikides nimetuse all Palisade. Preparaat aeglustab gibbereliinhappe biosünteesi, mille tulemusel taimevarre sõlmevahed lühenevad, kõrs või vars muutub jämedamaks ja lüheneb, seisukindlus paraneb (Rademacher, 2000). Rohkelt on preparaadiga Moddus 250 EC korraldatud katseid paljude kõrreliste heintaimede seemnekasvatuses ja seda ka meile lähedaste kliimaoludega riikides (Aamlid, 2003; Machač, 2013). Saavu-

tatud on märkimisväärsed edu, eriti kombineerides kasvuregulaatori kasutamist koos lämmastikväetise normi suurendamisega (Taalas jt, 2011; Chinoweth jt, 2020). Võrreldes kõrreliste heintaimedega on Moddus 250 EC kasutamist punase ristiku seemnekasvatases suhteliselt vähe uuritud: seni peamiselt USA-s, Oregoni osariigis, Kanadas ja Uus-Meremaal. Euroopas on preparaati punasel ristikul katsetatud Norras. Korraldatud katsetes on saadud paremaid tulemusi kui taimikut on pritsitud kasvuregulaatoriga arengufaasis, mil punase ristiku taimel on kaks varresõlme juba eristatavad (BBCH 32). Preparaadi toimel on punase ristiku varred lühenenud ja seemnesaak 9–21% suurenenud (Vleugels jt, 2019). Kasvuregulaatorit Moddus 250 EC on punase ristiku katsetes kasutatud kombineerituna kahjuritõrje preparaatidega (Øverland, Aamlid, 2007) ja mikroväetistega (Valand jt, 2016). Ariidstes kasvutingimustes on nähtud võimalust kasvuregulaatorit kasutades kastmisenorme tõsta ja selle toel punase ristiku seemnesaaki suurendada (Chastain jt, 2013a; Anderson jt, 2015a). Valdav enamus läbiviidud katsetest on toimunud punase ristiku diploidsete sortidega. Vaid ühes, Norras läbiviidud katses, on olnud ka tetraploidne sort 'Betti', millel aga erandina teistest katseliikmetest kasvuregulaatori kasutamine seemnesaagilisa ei andnud (Øverland, Aamlid, 2007). Enamuses viidatud töödes on seemnesaaki taotletud punase ristiku teiskasvult e ädalalt.

Eestis ei ole teaduskatsetes seda preparaati punasel ristikul varem katsetatud.

Meie katse eesmärk oli uurida kasvuregulaator Moddus 250 EC mõju punase ristiku tetraploidse sordi seemnetaimiku esimese kasutusaasta (teise eluaasta) esmakasvu taimede pikkusele, seemnesaagile ning seemnete kvaliteedile. Seda tingimustel, kus lamandumine oli taimede toestamise läbi välistatud.

Katsematerjal ja meetodika

Kasvuregulaator Moddus 250 EC kasutamist punasel ristikul uuriti kahes Eesti Taimakasvatuse Instituudis läbiviidud põldkatses. Preparaadi mõju selgitamiseks rajati 2017. ja 2019. aastal (istutusaeg juulis) 2 kuu jooksul kasvuhoones ettekasvatatud taimedega. Istanduses olid hilise punase ristiku tetraploidse sordi 'Ilte' üksiktaimed. Istutusasend 60 × 60 cm. Uurimistöö viidi läbi taimede teisel eluaastal – ehk vastavalt 2018. ja 2020. aastal. Katses oli kaks varianti: 1. kontrollvariant – kasvuregulaatorit ei kasutatud ja 2. taimede varsumise faasis (kaks varresõlme moodustunud, BBCH 32). Taimi pritsiti Moddus 250 EC lahusega. Pritsimine toimus selgpritsiga Hardi, poomi laius 150 cm, preparaadi arvestuslik kulunorm 0,8 l ha⁻¹. Mõlemas variandis oli kuus kordust, korduses 20 üksiktaime. Lamandumise ja läbipõimumise vältimiseks seoti taimed tugikeppide külge ja hoiti seemnete valmimiseni vertikaalses asendis. Preparaadi mõju selgitamiseks mõõdeti taimede kõrgused õitsemise lõppedes. Seemnete valmimisel koristati taimed ühe kaupa ja pakiti hõredast riidest kottidesse ning kuivatati dineesenkui-

vatis. Laboratoorseid masinaid ja seadmeid kasutades määrati talvel iga taime seemnesaak. Korduste lõikes hiljem kokkuvalatud seemnesaagi kvaliteeti hinnati ISTA meetodika järgi (Seed..., 1993): leiti 1000 seemne kaal, idanemisenergia, kõvade seemnete sisaldus ja idanevus.

Katsed viidi läbi leostunud mullal (K0), mille agrookeemilised näitajad olid: pH_{KCl} 6,5, C_{org} 2,3%, P 115, K 124, Ca 2663, Mg 142, Cu 2,2, Mn 79 ja B 0,89 mg kg⁻¹. Eelvili oli mõlemal korral teravili, mida väetati kompleksväetisega Yara Mila 18-9-9, norm 300 kg ha⁻¹. Punase ristiku katse läbiviimise ajal mineraalväetist ei kasutatud.

Katseaegsed seemnesaagi aastad erinesid teineteisest oluliselt. 2018. aasta taimekasvatuseperiood algas 8. aprillil ja oli sademetevaene. Mais sadas 34%, juunis 33%, juulis 19% ja augustis 85% vaatlusaastate keskmisest. Samal ajal domineeris keskmisest kõrgem õhutemperatuur. Kuu keskmine õhutemperatuur oli aprillis 2,4, mais 4,1, juunis 0,5, juulis 3,5, augustis 2,6 ja septembris 3,0 °C vaatlusaastate keskmisest kõrgem.

2020. aastat iseloomustas hiline kevad. Taimekasvuperiood algas Jõgeval 12 päeva kliimanormist hiljem, 1. mail. Jahedale kevadele vaatamata kogunes septembri lõpuks efektiivsete temperatuuride summa (1460 °C), mis oli lähedane vaatlusaastate keskmisele (kõrvalekalle 25 °C). Sademeid esines taimekasvuperioodil sarnaselt kasvuperioodi pikaajalisele keskmisele – 525 mm. Katsetulemusi mõjutasid sel aastal rohked sademed punase ristiku õitsemisajal – juunis 196% ja juulis 129% vaatlusaastate keskmisest. Sajune oli ka seemnete küpsmise ajal septembris – 112% keskmisest.

Katseandmeid analüüsiti statistiliselt arvutiprogrammiga AgrobaseTM 20.

Katsetulemused ja arutelu

Katseandmete järgi lühenesid punase ristiku pikkvõrsete varred kasvuregulaator Moddus 250 EC kasutamisel usutavalt mõlemal aastal: põuasel 2018. aastal 9,7 cm (e 10,2%) ja enam-vähem normilähedaste sademete ja õhutemperatuuriga 2020. aastal 11,6 cm (e 8%) (tabel 1). Lähedasi tulemusi saadi ka Uus-Meremaal läbiviidud katses. Samas arengufaasis normiga 1 l ha⁻¹ pritsides vähenes punase ristiku taimede kõrgus 47 cm-lt kontrollvariandis 40,7 cm-ni uuritavas katsevariandis. Paralleelkatses USA-s, Oregonis, vähenes taimede kõrgus 54,0 cm-lt 48,1 cm-ni (Anderson jt, 2015b). Meie katses kaasnes varte lühenemisega nende tugevam hargnemine. Moodustunud uute varreharude vertikaalasendis hoidmiseks tekkis kasvuregulaatori kasutamise katsevariandis korduvalt vajadus täiendavate sidemete järele. Usutavalt suurenes meie katses ka seemnesaak taime kohta. 2018. aastal oli suurenemine ca 1 g (9%), 2020. aastal pisut üle 3 g (16,6%) taime kohta. Uus-Meremaal oli lapikatses seemnesaagi suurenemine 2011. aastal 15%, USA-s Oregonis 9% (Anderson jt, 2015b). Tegemist oli mõlemas katsekohas seemnepõllu esimese kasutusaastaga, nagu meilgi. Nendes katsetes oli tegemist

diploidsete sortidega, meil oli katses tetraploidne sort. Seemnesaagi suurenemine tulenes varte intensiivsemast hargnemisest ja õienuttide suuremast arvust pinnauhikul. Õienuttide arvu suurenemist pinnauhikul on seemnesaagi suurenemise põhjuseks märgitud ka Kanadas aastatel 2013–2015 läbiviidud katsetulemuste põhjal (Kirk jt, 2016). Seemnesaak suurenes sealsetes katsetes 8,7%.

Tabel 1. Kasvuregulaatori mõju punase ristiku taimede kõrgusele, seemnesaagile ja seemnete kvaliteedile

		Moddus 250 EC 0,8 l/ha	Kontroll- variant	Mõju ±	PD 0,05
Taimede kõrgus, cm	2018	85,2	94,9	-9,7	3,8
	2020	131,4	143	-11,6	5,3
	Keskmine	108,3	118,9	-10,6	2,9
Seemnesaak, g taime kohta	2018	11,81	10,82	0,99	0,51
	2020	21,37	18,33	3,048	0,94
	Keskmine	16,59	14,57	2,02	0,48
1000 seemne mass, g	2018	2,741	3,012	-0,271	0,084
	2020	3,054	3,117	-0,063	0,042
	Keskmine	2,898	3,065	-0,167	0,039
Seemnete idanemisenergia,%	2018	64	63	1	
	2020	88	90	-2	
Kõvade seemnete sisaldus, %	2018	31	33	-2	
	2020	7	5	-2	
Seemnete idanevus, %	2018	86	85	1	
	2020	97	96	1	

Kasvuregulaator Moddus 250 EC kasutamine vähendas meie katsetes kontrollvariandiga võrreldes usutavalt 1000 seemne kaalu mõlemal aastal. Põuasel aastal (2018) vähenes 1000 seemne kaal 9%, paljude aastate keskmisele lähedaste sademetega 2020. aastal aga 2%. 1000 seemne kaalu vähenemist on konstateerinud ka teised autorid. USA-s, Oregoni osariigis, vähenes diploidse punase ristiku sordi vastav näit 2011. aastal 1,88 g-lt (kontrollvariant) 1,80 g-ni e 4,3%, 2012. aastal 1,70 g-lt 1,63 g-ni e 4,1% (Anderson jt, 2015b). Kanadas, diploidse sordiga korraldatud katses, oli erinevus 1000 seemne kaalus kontrollvariandiga võrreldes 3,4% (Kirk jt, 2016). USA-s läbiviidud katsetes sõltus punase ristiku 1000 seemne kaal kasutatud kasvuregulaatori normist – mida suurem kogus preparaati, seda madalam 1000 seemne kaal (Chastain jt, 2013b). Seemnesaagi kvaliteedi

ülejäanud näitajate osas katsevariantide vahel olulisi erinevusi ei täheldatud. Sarnase tulemuseni jõuti ka Oregoni Ülikooli katsetes (Angsumalee jt, 2013). Küll olid näitajad meie katses mõjutatud katseaastate ilmastikust. Põuase 2018. aasta seemne idanemisenergia piirdus 63–64%-ga, samal ajal, kui 2020. aastal oli see näit vahemikus 88–90%. Kasvuaegsest kestvast põuast tingituna oli 2018. aasta seemnepartiides kõvade seemnete sisaldus 31–33%, mis vähendas sellel aastal ka seemnete idanevuse näitajaid, sest ISTA reeglite kohaselt arvestatakse idanevaks vaid kuni 20% seemnepartiides leiduvatest kõvadest seemnetest.

Kokkuvõte

Kasvuregulaatori Moddus 250 EC kasutamisega on võimalik punase ristiku seemnepõllul pikkvõrsete pikkust lühendada ja sellega taimiku seisukindlust mõnevõrra tõsta. Pritsides preparaadiga seemnetaimikut varsumise algul, kui esimesed 2 varresõlme on eristatavad, normiga 0,8 l ha⁻¹, väheneb taimede kõrgus 8–10%, seemnesaak suureneb 10–15%. Kaasnes 1000 seemne kaalu mõningane vähenemine, seemne kvaliteedi muude näitajate osas muutusi preparaat ei põhjustanud.

Kasutatud kirjandus

- Aamlid, T.S. 2003. Effects of trinexapac-ethyl (Moddus) in seed production of eight temperate grasses. – In *Herbage seeds in the new millenium*. – Fifth International Herbage Seed Conference. Catton, Australia 23–26 November, 2003, pp. 170–175.
- Anderson, N.P., Chastain, T.G., Garbacik, C.J. 2015a. Irrigation and trinexapac-ethyl effects on seed yield in first- and second-year red clover stands. – *Agronomy Journal*, Volume 108, Issue 3, pp. 1116–1123.
- Anderson, N.P., Monks, D.P., Chastain, T.G., Rolston, P., Garbacik, C.J., Ma, Chun-hui, Bell, C.W. 2015b. Trinexapac-ethyl effects on red clover seed crops in Diverse production Environments. – *Agronomy Journal*, Volume 107, Issue 3, pp. 951–956.
- Anderson, N.P., Chastain, T.G., Garbacik, C.J., Silberstein, T.B. 2012. Effect of foliar applications of trinexapac-ethyl plant growth regulator on red clover seed crops. – *Seed Production Research Report at Oregon State University*, pp. 10–12.
- Angsumalee, D., Elias, S.G., Anderson, N.P., Chastain, T.G., Garbacik, C.J. 2013. Effect of plant growth regulators and irrigation on physiological maturity and seed quality of red clover. – *Seed Production Research at Oregon State University. USDA-ARS Cooperating*. N. Anderson, A. Hulting, D. Walenta, M. Flowers (eds). pp. 4–8.
- Chastain, T.G., Anderson, N.P., Garbacik, C.J. 2013a. Irrigation and PGR effects on red clover seed production. – *Seed Production Research Report. Oregon State University*, pp. 10–13.
- Chastain, T.G., Anderson, N.P., Garbacik, C.J., Angsumalee, D., Elias, S.G. 2013b. Irrigation and trinexapac-ethyl effects on seed yield in second-year red clover stand. – *Seed Production Research at Oregon State University. USDA-ARS cooperating*. N. Anderson, A. Hulting, D. Walenta, M. Flowers (eds). pp. 1–3.

- Chinoweth, R.J., Rolston, M.P., MacLoy, B.L. 2020. Plant growth regulators: a success story in perennial ryegrass seed crops. http://www.agronomysociety.org.nz/files/SP13_7_PGRs_perennial_ryegrass_seed_crops.pdf. pp. 47–57 (10.12.2020)
- Kirk, Sh., Yoder, C., Gauthier, T. 2016. A three year study of growth regulator (trinexapac-ethyl) use on red clover seed crops in the Peace river region. – http://www.peaceforageseed.ca/pdf/SeedHeads/SH_10_PGR_on_Red_Clover.pdf (08.12.20)
- Machač, R. 2012. Effects of trinexapac-ethyl (Moddus) in seed crops of eleven temperate grass species in Central European conditions. – Breeding strategies for sustainable forage and turf grass improvement. S. Barth, D. Milbourne (eds). Dallas, Texas, USA, pp. 359–363.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellins biosynthesis and other biosynthesis pathways. – Annual Reviews Plant Physiology and Plant Molecular Biology, No 51, pp. 501–531.
- Seed science and technology. 1993. Vol 21. – International rules for seed testing. 288 p.
- Silberstein, T.B., Chastain, T.G., Young III, W.C. 1996. Growth and yield of red clover seed crops treated with paclobutrazol and uniconazol. – J. Appl. Seed Prod. Vol 14, pp. 17–23.
- Taalas, S., Ahveniemäki, P., Kari, M., Rönkkö, A. 2011. Effect of split nitrogen application with fungicide and growth regulator treatment on meadow fescue and timothy seed production. – NJF seminar No 420. Herbage seed production. Findings from research plots to commercial seed multiplication. M. Niskanen (ed), pp. 79–81.
- Valand, S., Aamlid, T.S., Jørgensen, S., Øverland, J.I. 2016. Growth regulation and boron fertilization in red clover seed crops. – NJF Seminar No 491. Proceedings of the 16th Nordic Herbage Seed Production Seminar. L.T. Havstad L, 20–22 June 2016. Grinstad, Norway, pp. 90–95.
- Øverland, J.I., Aamlid, T.S. 2007. Plant growth regulators and insect control in seed production of red clover (*Trifolium pratense* L.). – Seed production in the northern light. The Proceedings of the 6th International Herbage Seeds Conference, Gjenestad, Norway 18–20 June 2007, pp. 226–230.
- Vleugels, T., Amdahl, H., Roldan-Ruiz, I., Cnops, G. 2019. Factors underlying seed yield in red clover: review of current knowledge and perspectives. – Agronomy 2019, Volume 9, Issue 12.
- <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/12/829> (15.12.2020)

TALIODRA SAAK JA SELLE KVALITEET ERINEVATE KÜLVAMISE TEHNOLOOGIATE KASUTAMISEL VOORE FARMIS DEMOKATSES

Elina Karron, Liina Edesi, Kalvi Tamm, Triin Saue, Raivo Vettik, Taavi Võsa

Eesti Taimakasvatuse Instituut

Abstract. Karron, E., Edesi, L., Tamm, K., Saue, T., Vettik, R., Võsa, T. 2021. Yield and quality of winter barley with different drills at various settings in the field experiment at the Voore farm. – *Agronomy 2021*.

The operation of 16 seeders was tested in a field experiment on pebble-rich sandy loam soil in August, 2016 at Voore farm LLC. Winter barley variety Tenor was sown at the rate of 250 seeds per m² in treatments 1–16 and at 175 seeds per m² in treatments 17 and 18. The previous crop was a grass mixture. Cattle manure was applied at 25 m³ ha⁻¹ in addition to mineral fertilizer. Pesticides was used for plant protection. The yield was harvested by combine in 12 m² plots with three replications in August, 2017. The average yield was 7969 kg ha⁻¹, the average protein content 12.6%, thousand kernel weight 44.0 g, and the amount of damaged grain 6.49%. There were no significant differences in barley yield between the 16 seeders, however, differences were found in crop quality parameters. Errors made during sowing affected the quality indicators.

Keywords: *yield, seeders, barley*

Sissejuhatus

Lääne-Virumaa Voore farmi OÜ põldudel korraldati taliteravilja külvi- ja külvieelse mullaharimise tehnoloogiatega esitluspäev, mille eesmärk oli võrrelda erinevate külvikute tööd ning selle tulemust taimede kasvuaegsele arengule, saagile ja saagi kvaliteedile praktikas. Eelnevalt on külvikute tööd erinevatel mullaharimistehnoloogiatel võrrelnud Peeter Viil Olustvere põldudel (Viil, 2017). Kuid suurt külvikute töödemonstratsioon pole Eestis ega ka naaberriikides varem korraldatud ja seetõttu pakuvad tulemused huvi nii külvikute müüjatele kui põllumeestele. Taimiku hindamisel 2016. aasta sügisel kogutud andmete põhjal järeldati, et külviku- ja seemenditüüp ning külviridade vaheline laius avaldasid mõju taimede arvule pinnaühikul (Akk jt, 2017). Käesolevas töös avaldame külvikute töö tulemused saagile ja saagi kvaliteedile.

Materjal ja meetodika

Külvikute esitluses külvati taliiodra sort 'Tenor' 2016. aasta 25. augustil Lääne-Virumaa ettevõtte Voore Farm OÜ põllule. Ettevõtte põllul kasutati mini-meeritud mullaharimise tehnoloogiat. Põllu muld oli leostunud kamar-karbo-naatmuld (K₀) (*Cambisoils*), lõimiselt raudveerise rohke saviliiv (Maa-amet). Katsealal kasvatati eenevalt põldheina. Külvieelselt anti põllule väetisena vedel-sõnnikut normiga 25 m³ ha⁻¹. Esitlusel osales 7 monokülvikut (2. System Cameleon, reavahe 25 cm; 3. Kverneland-U Drill 6000, reavahe 12,5 cm; 4. SMS SK400 S1, reavahe 12,5 cm; 5. Pöttinger Terrasem C6, reavahe 12,5 cm; 6. John Deer 750A,

reavahe 16,6 cm; 7. Claydon Hybrid 4M, reavahe 30 cm ning 8. Junkkar M400, reavahe 12,5 cm) ja 9 kombikülvikut (1. Amazone Cirrus 6003-2, reavahe 12,5 cm; 9. Väderstad Spirit 900, reavahe 12,5 cm; 10. Väderstad SeedHawk 800C, reavahe 25 cm; 11. Lemken Compact-Solitar 9/600 K HD, reavahe 16,7 cm; 12. Mzuri Pro-Til 4T, reavahe 36,3 cm; 13. TUME Draco 4000, reavahe 16,7 cm; 14. Horsch Pronto 6DC, reavahe 15 cm; 15. Horsch Focus 6TD, reavahe 15 cm ning 16. Horsch Sprinter 12 SW, reavahe 30 cm).

Kombikülvikud külvasid koos seemnega mulda mineraalväetise MAP (monoammooniumfosfaat, $N_{12}-P_{2}O_{5}61-K_{2}O$) kogusega 100 kg ha^{-1} . Variantides 1–16 külvati taliuder normiga 250 ning variantides 17 ja 18 vähendatud normiga 175 idanevat tera ruutmeetrile. Seemne soovitud külvisügavus oli 3 cm. Kõik külvikud tegid põllul kaks töökäiku 120 m pikkusel maa-alal.

Ilmastik oli 2016. aastal sügisest kuni 2017. aasta saagikoristuseni taliudra kasvamiseks ja arenemiseks väga soodne (tabel 1). Sügisel läksid leherohked ja väga hästi võrsunud taimed lopsakatena talvituma. Talvel taimede haudumist, külmumist ega hukkumist ei esinenud.

Tabel 1. Ilmastikutingimused 2016–2017. aasta taliudra kasvuperioodil

Aasta	Kuu	Keskmine õhutemperatuur, °C	Sademete summa, mm
2016	August	15,4	157,1
	September	12,0	36,1
	Oktoober	3,6	65,0
	November	-1,7	83,6
	Detsember	-0,7	32,9
2017	Jaanuar	-3,6	29,2
	Veebruar	-3,8	32,5
	Märts	0,3	40,2
	Aprill	2,1	47,0
	Mai	9,0	6,2
	Juuni	12,7	82,9
	Juuli	14,8	38,2
	August	15,5	99,8

Kasvuaegselt tehti kogu põllu ulatuses väetamis- ja taimekaitseteid. 30. märtsil väetati KCl (kaaliumkloriid, K_2O_{60}) normiga 80 kg ha^{-1} , 8. aprillil 200 kg ha^{-1} AXAN ($N_{27}-S_4$), 28. aprillil 150 l ha^{-1} UAN (vedel lämmastikväetis, nitraatlämmastikku N8%, ammooniumlämmastikku N8%, amiidlämmastikku N 16,6%) ja 15. mail 100 kg ha^{-1} ASN (ammooniumnitraatsulfaat, $N_{26}-S_{15}$). 4. mail tehti haigustõrje koos kasvuregulaatoriga Moddus+Viverda. 16. mail pritsiti umbrohutõrjeks Calibre+Zypar. 22. mail tehti haigustõrje koos väetisega Bell Super+Anfisco ja 25. mail teistkordselt umbrohutõrje Axialiga.

Valminud taliuder koristati katsekombainiga 9. augustil 2017. a. Arvestuslapi

suurus oli 12 m² ja kordusi 3. Saak kuivatati ja kaaluti ning arvatati 14% niiskusele. Eesti Taimakasvatuse Instituudi sordiaretuse osakonna laboratooriumis määrati saagi kvaliteedinäitajad (proteiin, 1000 tera mass ja prügisus ehk praht < 2,2 mm sõelaga). Saagi ja saagi kvaliteedi andmed töödeldi tarkvaraga SAS, 2000.

Tulemused ja arutelu

Mitmetel katselappidel esines külvivigu, mistõttu oli taimede tärkamine ebahõlne, paiguti esines taimikus suuri tühikuid (foto 1 ja 2). Siiski võrsus tali-oder niivõrd hästi, et kattis tühjad kohad (foto 3 ja 4). Erinevate külvikutega külvatud taliodra saakide vahel statistiliselt usutavad erinevused puudusid (tabel 2). Kogu katse keskmine taliodra saak oli 7969 kg ha⁻¹. Suurema saagi andis 2. variant, 8886 kg ha⁻¹, väiksema 1. variant, 7126 kg ha⁻¹. Erinevus suurema ja väiksema saagi vahel oli 1760 kg ha⁻¹.



Foto 1



Foto 2

Foto 1 ja 2. Tärkanud külvid 15. septembril 2016. a



Foto 3



Foto 4

Foto 3 ja 4. Ka kõige hõredamates külvides moodustus tihe taimik, 18. juuli 2017. a

Taliotra heast võrsumisest hoolimata esines külvivigade tõttu mõõdetud parameetrites suur varieeruvus. Ebauhtlane külv mõjutas saagi kvaliteeti. Erinevate variantide saakide proteiinisisalduse, 1000 tera massi ja prügisuse näitajate vahel olid statistiliselt olulised erinevused ($p < 0,001$, tabel 2). Saagi keskmine proteiinisisaldus oli 12,6%. Suurema (13,70%) ja väiksema (11,53%) proteiinisisalduse erinevus oli 2,17 protsendiühikut ($p < 0,001$, tabel 2).

Taliotra terade keskmine 1000 tera mass oli 44,0 grammi. Suurim 1000 tera mass saadi 11. variandis – 50,1 g ja väikseim 4. variandis – 39,2 g, erinevus oli 10,9 g ($p < 0,001$, tabel 2).

Saagi keskmine prügisus oli 6,49%. Väikseim prügisus saadi 11. variandis 3,07% ja suurim prügisus 4. variandis 10,47% ($p < 0,001$, tabel 2), vahe oli 7,4 protsendiühikut.

Külvamise protsessi on uuritud erinevatest aspektidest. Liu jt (2004) järel-
dasid, et eduka külvi peamiseks teguriks on seemnete paiknemine nõutud vahe-

Tabel 2. Katses osalenud külvikud ja saadud tulemused

^a V	Külvik	^b kt	^c st	^d rv	Saak kg ha ⁻¹	Proteiin, %	1000 tera mass, g	Praht < 2,2 mm
1	Horsch Sprinter 12 SW	kombi	käpp	30	7126a	13,27ab	43,9bcde	7,03abcd
2	Amazone CIRRUS 6003-2	mono	ketas	12,5	8886a	12,57abcd	44,1abcde	5,83bcd
3	System Cameleon	mono	käpp	25	7831a	12,10bcd	46,3abc	4,33cd
4	Kverneland U-drill 6000	mono	kaksikketas	12,5	8326a	13,70a	39,2e	10,47a
5	SMS SK400 S1	mono	ketas	12,5	8389a	12,87abcd	43,2cde	6,83abcd
6	Pöttinger Terrasem C6	mono	kaksikketas	12,5	8622a	13,00abc	39,5de	9,57ab
7	John Deere 750A	mono	ketas	16,6	8297a	12,53abcd	43,6cde	6,30abcd
8	Claydon Hybrid 4M	mono	käpp	30	7648a	13,00abc	49,9ab	4,00cd
9	Junkkari M400	kombi	ketas	12,5	7193a	11,97bcd	42,9cde	6,77abcd
10	Väderstad Spirit 900	kombi	kaksikketas	12,5	7923a	11,93bcd	45,3abcd	6,17abcd
11	Väderstad SeedHawk 800C	kombi	käpp	25	8354a	12,70abcd	50,1a	3,07d
12	Lemken Compact- Solitair 9/600 K HD	kombi	kaksikketas	16,7	8213a	11,63cd	42,1cde	6,70abcd
13	Mzuri Pro-Til 4T	kombi	käpp	36,3	7397a	12,77abcd	43,9bcde	6,63abcd
14	TUMÉ Draco 4000	kombi	kaksikketas	16,7	8279a	12,67abcd	40,4cde	7,27abcd
15	Horsch Pronto 6DC	kombi	ketas	15	8246a	11,53d	43,7cde	5,47bcd
16	Horsch Focus 6TD	kombi	ketas	15	7755a	12,80abcd	44,9abcde	5,80bcd
17	Horsch Sprinter 12 SW	kombi	käpp	30	7634a	12,80abcd	44,0bcde	6,00abcd
18	Horsch Focus 6TD	kombi	ketas	15	7319a	12,90abcd	44,5abcde	8,60abc

^aV-variandi number; ^bkt-külvikutüüp; ^cst-seemenditüüp; ^drv-reaahe; a,b,c,d,e-erinevad tähed näitavad usutatavaid erinevusi.

$p > 0,05$

$p < 0,001$

$p < 0,001$

$p < 0,001$

maa järel ja sügavusel, mis annabki reaalse taimede arvu pinnaühikule. Kvaliteetse külvi kujundavad põllu hea ettevalmistamine, külviseemne ühtlane suurus ja kuju, külviku õige seadistamine ning sobiva töökiiruse valimine (Turan jt, 2015). Maga ja Krištof (2017) leidsid, et suurim talinisu saak saadi külvamisel külvikuga Väderstad Rapid RD-800A, kiirusega 12–15 km tunnis. Sarnaselt meie külvikute demokatsale leidis Viil (2017), et mullaharimise tehnoloogiate ja külvikute võrdluses varieerusid talinisu saagid külvikute variantides tugevasti. Seejuures saakide muutlikus kasvas mullaharimise tehnoloogiatel külvikute harimine otsekülv suunas (Viil, 2017). Seega oluline kõrge saagi saamiseks on mullaharimise tehnoloogiale sobiva külviku kasutamine (Viil, 2017). Meie demokatses olid traktorid ja külvikud erinevate parameetritega, valiti erinev töökiirus ja kivine põld viskas seemendeid mullast välja ja osa seemneid jäi mulla pinnale. Külvimasinat juhtis firma esindaja, kellel ei pruukinud olla vajalikku töökogemust, mistõttu tekkis mitmeid külvivigu. Hoolimata kõigest saadi head saagid ja saagikuse erinevuse (1760 kg ha^{-1}) põllul võib lugeda tavapäraseks. Saadud tulemuste põhjal võib järeldada, et külvil tehtud vead kajastusid pigem saagi kvaliteedi näitajates.

Kokkuvõte

Tootmiskatses võrreldi 16 külviku töö mõju taliodra saagile ja saagi kvaliteedile. Külvamisel tehtud vigade tõttu oli taimede tihedus põllul ebahühtlane. Seetõttu kujunesid taliodra saagid ja saagi kvaliteedinäitajad erinevate külvikute töö tulemusena väga erinevaks. Esmapilgul hõredam külv ei tähendanud tingimata madalamat saagikust. Külvil tehtud vead mõjutasid eelkõige saagi kvaliteedi (proteiinisaldus, 1000 tera mass, prügisus) näitajaid.

Tänuavaldused

Tootmiskatset rahastas Maaeluministerium Teadmussiirde Pikaajalise Programmi raames. Täname hea koostöö eest ettevõtet Voore Farm OÜ ja 2016/2017 aasta tootmisjuhti Margus Lepp'a. Suur tänu masinafirmadele demokatses osalemise eest! Täname samuti kolleege Jõgevalt hindamatu panuse eest saagi koristamisel ja töötlemisel.

Kasutatud kirjandus

- Akk, E., Edesi, L., Vettik, R., Võsa, T. 2017. Esmaseid tähelepanekuid külvikute katsest. – *Taimakasvatuse alased uuringud Eestis*. lk 192–196.
- Liu, W., Tollenaar, M., Stewart, G., Deen, W. 2004. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. – *Crop Science* 44, 847–854.
- Maa-amet. https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app_id=MA29&user_id=at&LANG=1&WIDTH=1236&HEIGHT=698&zlevel=9,645952.13434994,6566004.3137038&setlegend=FMAMULD_LOIMIS_ANNO=1 (14.01.2020)

- Maga, J., Krištof, K. 2017. Effect of drill machine operating speed on quality of sowing and biomass yield. – *Agronomy Research* 15(4), pp 1674–1675.
- Turan, J., Višacki, V., Sedlar, A., Pantelić, S., Findura, P., Máchal, P., Mareček, J. 2015. Seeder with different seeding apparatus in maize sowing. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 63 (1), pp 137–141.
- Viil, P. 2017. Minimeeritud mullaharimine ja otsekülv. *Toimetajad. Toe, A., Tamm, S. Eesti Taimakasvatuse Instituut*, lk 102.

POOKEALUSE MÕJU ÕUNAPUUSORDI 'SINAP ORLOVSKI' KASVULE JA VARAJASELE VILJAKANDVUSELE

Mari Järve¹, Toivo Univer²

¹OÜ Tedrearu, ²Eesti Maaülikooli Polli Aiandusuuringute Keskus

Abstract. Järve, M., Univer, T. 2021. Effect of rootstock on the growth and early yield of the apple cultivar Sinap Orlovski. – Agronomy 2021.

The effects of different rootstocks on tree vigour and early yield of the apple cultivar Sinap Orlovski was studied in 2016–2020 on two experiment sites: the Polli Horticultural Research Centre, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences, and Tedrearu farm (both on loamy clay soil). Growth and yield parameters were measured for Sinap Orlovski trees on dwarf (B9, B396, Pure 1, MTT 1, P 59) and semi-dwarf rootstocks (M26, E28, nine new clonal rootstocks bred in Estonia). The Sinap Orlovski trees on dwarf rootstocks already flowered in the nursery and bore fruit during the first year in the orchard. The trees on semi-dwarf rootstocks began to bear fruit later, on the third or fourth year in the orchard. Of the new rootstocks, 82-8-7 and 83-2-1 had the highest yield in a young orchard.

Keywords: apple, clonal rootstock, tree vigour, early yield

Sissejuhatus

Viljapuid kasvatatakse pookealustele vääristatuna või omajuursetena. Pookealused mõjutavad õunapuu vegetatiivset kasvu, selle rütmi ja õiealgete moodustumist ning seega ka saagikust. Eelmise sajandi keskel kasutati Eesti puukoolides õunapuude paljundamisel valdavalt seemikaluseid, sest Lääne-Euroopas aretatud õunapuu vegetatiivalused osutusid talveõrnaiks. Jakob Palk alustas õunapuu vegetatiivaluste aretamist 1954. a. Ta valis ristlustest 87 paremini juurduvat seemikut ja tähistas need E tähe ja seemiku numbriga (Univer, 2000). A. Veidenberg (1985) valis kuhjevõrsikute moodustamise ja juurte külmakindluse alusel nende hulgast 10 paremat E-tüüpi pookealust. J. Palgi ja A. Veidenbergi aretatud E-tüüpi pookealused on valdavalt keskmise- ja tugevakasvulised ning Eesti tingimustes talvekindlad (Haak, Jalakas, 2001). Nende seas on üks nõrgapoolse kasvuga pookealus (E75) (Haak, 2003; Univer jt, 2012). Aastatel 1981–1983 tegi A. Veidenberg uusi ristamisi, kus lähtevanemana kasutas keskmisekasvulist MM106 (Inglismaa) ja teise komponendina E-tüüpi aluseid E20, E26, E37, E53 ja E75 (Univer jt, 2011). Eesmärgiks oli saada pookealuseid, mis tagaksid puude väiksemad mõõtmised, varajase viljakande ja kõrge saagi.

Käesolevas artiklis käsitleme tuntud nõrgakasvuliste ja uute Pollis aretatud keskmisekasvuliste pookealuste aiakatset õunapuusordiga 'Sinap orlovski'.

Materjal ja meetodika

Õunapuu vegetatiivaluste katse rajati õunapuusordi 'Sinap orlovski' ja 14 pookealusega kahes katsekohas 2016. a kevadel. Pollis rajati katse nõrgakasvu-

liste kloonialustega B9 ja B396 (Venemaa), Pure 1 (Läti), MTT1 (Soome) ja P59 (Poola). Võrdlusvariandiks oli poolnõrgakasvuline M26 (Inglismaa) (tabelid 1, 2). Igast pookekombinatsioonist istutati kuus puud, katselapil kolm puud kahes korduses. Puude asetus istanduses oli $3,5 \times 1,7$ m (1680 puud ha⁻¹). Tedrearu talus rajati tootmiskatse üheksale Pollis aretatud keskmisekasvulise kloonialusega (tabel 3). Võrdlusvariantideks olid E28 ja B396. Igast pookekombinatsioonist istutati 4–20 puud jaotatuna kaheks korduseks. Puude seadu istanduses 6×2 m.

Katsealad paiknesid Viljandimaal keskmiselt leetunud kamarleetmullal, lõimiseks keskmine liivsavi, huumuse horisoni tusedus 22 – 27 cm. Polli katsealal oli mulla huumuse sisaldus C_{org} 1,0% ja happesus pH 6,5. Mulla kaaliumi- ja fosforisisaldus oli keskmine kuni kõrge (K 169 mg kg⁻¹ kohta, P 123 mg kg⁻¹). Esimesel katseaastal hoiti puude reavahed mustkesas ja võraalused umbrohuvabad. Teisel katseaastal külvati katsealale kõrreliste ja valge ristiku seemnesegu ning kujundati murukamar. Reavahesid niideti rootorniidukiga 4–6 korda suve jooksul. Puude võraalused hoiti Pollis umbrohust puhtana herbitsiidi Roundup abil. Õunapuid väetati igal kevadel ammooniumsalpeetriga, kulunorm 60 kg N tegevaines võraaluse pinna hektari kohta.

Puudel mõõdeti tüve läbimõõt (mm) maapinnast 30 cm kõrguselt, ladvavõrse pikkus (cm) ja Pollis ka puu kõrgus (cm) (pookealuste keskmised näitajad tabelites 1, 3). Pookekombinatsiooni saagivõime hindamiseks loeti õisikute arv ja viljade hulk (keskmised näitajad joonistel 1, 2). Pollis kaaluti ka puu saak ja leiti keskmine vilja mass (tabel 2). Viljade arvu ja õite arvu suhtena (arvestusega, et ühes õisikus on viis õit) leiti viljumise protsent (joonised 1, 2).

Kogutud andmete statistilisel analüüsil võrreldi esmalt istutatud puude kordusi omavahel. T-testiga ei tuvastatud korduste vahel statistiliselt olulisi ($p < 0,05$) erinevusi ei puude kasvu- ega viljakandvuse näitajates (v.a üksikud erandid, mis polnud ühegi korduste paari puhul süstemaatilised). Seega kasutati edasistes analüüsides korduste keskmisi väärtuseid. Pookealuste võrdlemiseks kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi. Polli katsekoha andmete puhul kasutati keskmiste mitmeseks võrdlemiseks Duncani testi, mille abil selgitati üksteisest oluliselt ($p < 0,05$) erinevad variandid (tabelid 1, 2). Kuna Tedrearu katsekohas oli tootmiskatse ja eri pookekombinatsioonide puude arvud erinevad, kasutati nende andmete puhul keskmiste mitmeseks võrdlemiseks Tukey testi, mille abil selgitati üksteisest oluliselt ($p < 0,05$) erinevad pookekombinatsioonide paarid (joonis 3).

Tulemused ja arutelu

Polli katsekoht. Viljapuu istikut iseloomustab istiku pikkus ja tüve jämedus. Statistiliselt olulisi erinevusi esines vegetatiivsete parameetrite osas vähe. Katsevariantide keskmine tüve jämedus oli puude istutamisel 9,4 mm. Aias kasvu esimese aasta sügiseks see suurenes keskmiselt 6,9 mm võrra, mis osutas puude

edukale juurdumisele ja soodsale kasvukeskkonnale (tabel 1). Viie aasta vanuses istanduses olid puude tüved katsevariantide keskmisena 38,3 mm jämedusega. Jämedama tüvega puud olid pookealustel B396 (keskmiselt 44,6 mm) ja B9 (keskmiselt 42,3 mm). Oluliselt väiksem tüvede läbimõõt oli pookealustel M26 ja P59. Pookealuse kasvutugevusele avaldavad mõju kasvukoha kliimaatilised tingimused. Põhja-Saksamaal (Stehr, 2007) on P59 väga nõrga kasvuga, jäädes oluliselt maha pookelausele B9 vääristatud puude kasvus ja tüve jämeduses.

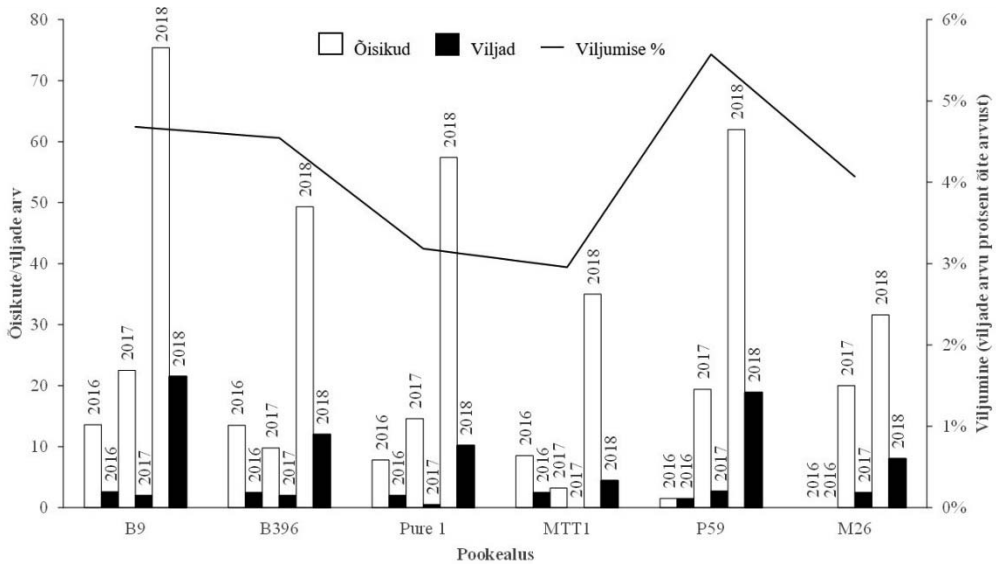
Viiendal aastal varieerus eri pookealuste puude keskmine kõrgus istanduses vahemikus 205–243 cm. Kõrgemad puud olid pookealustel B396 ja Pure 1. Oluliselt madalamaks jäid puud pookealusel P59. Lätis tehtud katses (Lepsis, Bite, 2000) kasvasid sordi ‘Spartan’ puud pookealustel Pure 1 ja B9 sama kõrgeks ja õisikuid oli kolmandal aias kasvamise aastal umbes 60, sarnaselt meie katsega. Leedu (Kviklys, 2002) ja Valgevene (Kapichnikova, 1999) katsetes oli B396 erinevalt meie katse tulemusest keskmise kasvutugevusega. Haak (2006) leidis katses sortidega ‘Auksis’ ja ‘Belorusskoje malinovoje’, et esimese nelja katseaasta tulemuste alusel olid B9 ja Pure 1 nõrgakasvulised ja M26 keskmisekasvuline, kuid B396 jäi kasvutugevuselt nende kahe rühma vahele.

Tabel 1. ‘Sinap orlovski’ puude vegetatiivse kasvu näitajad (pookealuste keskmised väärtused) nõrgakasvulistel pookealustel

Pooke- alus	Tüve läbimõõt, mm				Puu kõrgus, cm			Ladvavõrse pikkus, cm
	2016 19.05	2016 12.10	2018	2020	2016	2018	2020	2020
B9	9,8	17,8	29,8	42,3 ^{ab}	156	214	223 ^{ab}	76 ^a
B396	8,9	16,8	30,0	44,6 ^a	134	222	243 ^a	73,5 ^a
Pure 1	8,1	15,2	27,0	38,1 ^{bc}	155	208	234 ^{ab}	69 ^{ab}
MTT1	8,8	15,4	25,6	37,9 ^{bc}	138	214	222 ^{bc}	63,5 ^b
P59	10,4	16,1	25,2	33,7 ^c	138	190	205 ^c	59 ^{bc}
M26	10,3	16,6	24,8	34,1 ^c	140	197	214 ^{bc}	59 ^{bc}

Indeksid tähistavad tunnuse pookealuste vahel oluliselt ($p < 0,05$) erinevaid tasemeid Duncani testi järgi.

Nõrgakasvulistele pookealustele vääristatud ‘Sinap orlovski’ puukestel moodustusid õiealged juba puukoolis. Kombinatsioonis pookealustega B9 ja B396 oli keskmiselt üle kümne õisiku puul esimesel kasvuaastal pärast aeda istutamist. Samal ajal M26 vääristatud puudel õisi ei olnud (joonis 1). Puudel (v.a M26) moodustus keskmiselt 1,5–2,6 vilja. Teisel, 2017. a õitsesid katses kõigi pookekombinatsioonide puud, kolmandal aastal (2018) samuti ja õisikuid oli juba rohkesti (keskmiselt 31,6–75,4 õisikut puu kohta). Valdavalt moodustus keskmiselt üle 10 vilja puu kohta. Kolme esimese kasvuaasta arvestuses oli õisikute hulk ja viljade arv suurem pookealusele B9 vääristatud puudel. Viljade koguarvult eristusid M26 ja MTT1 – neis pookekombinatsioonides oli vilju vähem. Viljumise



Joonis 1. ‘Sinap orlovski’ õisikute ja viljade arv puul (tk) ning viljumine (%) nõrgakasvulistel pookealustel

protsent oli eri pookekombinatsioonides 3,0–5,6%.

Puu keskmise saagi poolest pookealused kahel esimesel aastal ei eristunud (tabel 2). Katse kolmandal aastal (2018) olid pookealused B9 ja P59 pisut suurema saagiga. Neljandal katseaastal (2019) varieerus puu keskmine saak pookekombinatsioonides vähe (2,0–3,4 kg). Viiendal aastal (2020) olid suurema keskmise saagiga puud pookealustel B9 (9,8 kg), Pure 1 (8,8 kg) ja B396 (8,4 kg). Puude kogusaak esimese viie katseaasta kohta näitab pookekombinatsioonide vahel statistiliselt olulisi erinevusi (tabel 2). Suurema saagiga olid puud pookealusel B9. Varasemas katses (Univer jt, 2006) viie sordi ja viie pookealusega olid ‘Sinap orlovski’ puud noores istanduses hoogsas kasvuga, kuid esimestel aastatel olid õiterikkamad B9 pookealusel kasvanud puud.

Tabel 2. ‘Sinap orlovski’ keskmine saak puult (kg) ja keskmine vilja mass (g) nõrgakasvulistel pookealustel

Pookealus	Saak puult, kg				Kokku	Keskmine vilja mass, g
	2016 ja 2017	2018	2019	2020		
B9	1,1 ^a	3,8 ^a	3,4 ^a	9,8 ^a	18,1 ^a	186 ^a
B396	0,9 ^a	2,1 ^b	3,0 ^a	8,4 ^{ab}	14,4 ^b	183 ^{ab}
Pure 1	0,4 ^a	1,8 ^b	2,7 ^a	8,8 ^{ab}	13,7 ^{bc}	187 ^a
MTT1	0,5 ^a	1,1 ^{bc}	2,0 ^a	2,7 ^d	6,3 ^d	176 ^b
P59	0,8 ^a	3,4 ^a	2,9 ^a	6,0 ^c	13,1 ^{bc}	177 ^b
M26	0,4 ^a	1,4 ^{bc}	2,4 ^a	3,2 ^d	7,4 ^d	168 ^c

Indeksid tähistavad tunnuse pookealuste vahel oluliselt ($p < 0,05$) erinevaid tasemeid Duncani testi järgi.

Sordi 'Sinap orlovski' viljad on keskmise või üle keskmise suurusega (Sedov jt, 2003). Nõrgakasvulistel pookealustel kasvavate puude viljad olid noores istanduses suured, massiga 168–187 g (viie esimese saagiaasta keskmine). Suuremad viljad olid pookealuste B396, B9 ja Pure 1 puudel ning statistiliselt oluliselt väiksemad viljad pookealuse M26 puudel. Viljade suurusele avaldab olulist mõju viljade hulk puu kohta ja võra maht (Haak, 2003). Saagi suurenedes viljade keskmine mass kahaneb.

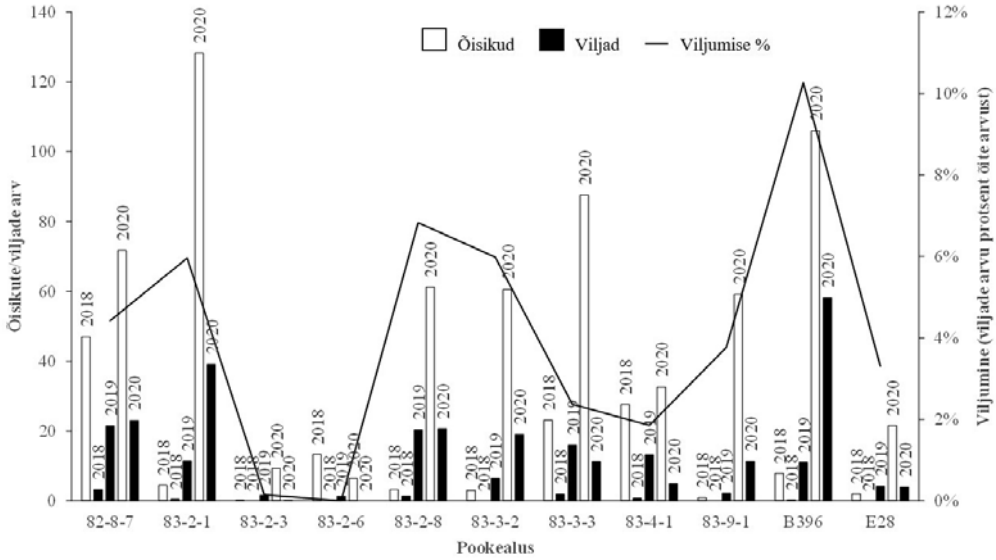
Tedrearu katsekoht. Tedrearu talu tootmiskatse hõlmas üheksat Pollis aretatud keskmisekasvulist pookealust, millele olid võrdluseks nõrgapoolse kasvuga pookealused B396 ja E28 (tabel 3).

Tabel 3. 'Sinap orlovski' puude vegetatiivse kasvu näitajad (pookealuste keskmised väärtused) Pollis aretatud keskmisekasvulistel pookealustel

Pookealus	Tüve läbimõõt, mm				Ladvavõrse pikkus, cm			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
82-8-7	20,3	26,8	32,0	40,5	54,3	68,3	56,0	95,3
83-2-1	18,8	24,7	35,4	43,3	74,2	77,3	79,0	86,0
83-2-3	18,9	24,3	31,3	39,0	69,4	56,9	55,7	82,0
83-2-6	13,0	15,5	17,3	21,3	16,0	17,0	30,0	41,5
83-2-8	19,8	25,8	34,3	44,6	59,0	65,4	73,3	92,7
83-3-2	18,0	23,0	30,5	42,0	41,5	59,5	106,5	99,5
83-3-3	17,1	22,8	29,4	33,1	41,0	81,4	43,7	48,9
83-4-1	18,6	23,7	27,1	34,3	34,3	33,6	31,3	76,1
83-9-1	22,6	29,7	37,6	51,1	54,3	50,4	69,6	112,0
B396	14,4	18,2	25,2	32,4	43,2	66,2	61,2	65,2
E28	16,9	22,1	25,9	29,4	66,1	59,7	21,8	56,6

Tüve läbimõõdu suurenemine ja iga-aastane ladvavõrse pikkus näitavad, et kasvutingimused olid ka Tedrearu katsekohas soodsad. Teistest statistiliselt oluliselt tugevama kasvuga olid pookealused 83-2-1 ja 83-9-1, oluliselt nõrgema kasvuga 83-2-6 ja 83-4-1 (tabel 3, joonis 3).

Keskmisekasvulistele pookealustele vääristatud 'Sinap orlovski' puud hakkasid vilja kandma hiljem kui nõrgakasvulised pookekombinatsioonid. Pookealuste vahel ilmnasid viljakandmises erinevused (joonis 2), mis osutusid ka statistiliselt oluliseks (joonis 3). Pollis aretatud kloonalustest olid suurima saagiga 82-8-7 ja 83-2-1, võrdlusvariantidest B396. Viljumise protsent oli lisaks äsja mainitud kloonalustele kõrge (4,4–6,8%) ka alustel 83-2-8 ja 83-3-2. Selgelt kõige väiksema saagikusega noores istanduses olid kloonalused 83-2-3 ja 83-2-6. Viimasel olid ka vegetatiivse kasvu näitajad statistiliselt oluliselt nõrgemad, kuid 83-2-3 ei erinenud nende poolest oluliselt teistest alustest (tabel 3, joonis 3). Väiksema saagiga oli ka kloonalus 83-4-1 ja võrdlusvariantidest E28. Ühes varasemas katses (Univer jt, 2017) olid ristlusperekonna 82-8-7 teised esindajad 82-8-8 ja 82-8-19 noorelt õiterikkad kombinatsioonis sordiga 'Pamjat Issajeva'.



Joonis 2. ‘Sinap orlovski’ õisikute ja viljade arv puul (tk) ning viljumine (%) Pollis aretatud keskmisekasvulistel pookealustel

	82-8-7	83-2-1	83-2-3	83-2-6	83-2-8	83-3-2	83-3-3	83-4-1	83-9-1	B396	E28
82-8-7	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	1
83-2-1	1	0	7	0	0	3	5	2	4	3	
83-2-3	3	2	5	0	0	0	1	3	2	1	
83-2-6	2	2	0	6	3	4	4	5	0	2	
83-2-8	1	1	1	1	0	2	2	0	4	3	
83-3-2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
83-3-3	1	2	3	1	1	0	1	5	0	0	
83-4-1	0	3	1	0	1	0	0	4	1	0	
83-9-1	2	2	0	0	1	0	2	1	4	6	
B396	2	0	2	2	1	0	1	2	1	0	
E28	2	2	0	0	1	0	2	1	0	2	

Joonis 3. Statistiliselt oluliste ($p < 0,05$) erinevuste arv Pollis aretatud keskmisekasvuliste pookealuste paaride vahel (keskmiste mitmene võrdlemine Tukey testiga): diagonaalist üleval paremal vegetatiivse kasvu näitajate (tüve läbimõõt ja ladvavõrse pikkus 2016–2019) oluliste erinevuste arv, all vasakul viljakandmise näitajate (õisikute arv 2018 ja 2020, viljade arv 2018–2020) oluliste erinevuste arv

Õunapuude viljakandvus järgnevatel aastatel suureneb ja samal ajal suurem saak pidurdab puude vegetatiivset kasvu. Esimesed viis aastat katsetamist ei anna piisavat kindlust ühe või teise pookealuse eelistamiseks. Rajatud tootmiskatset tuleks jätkata veel vähemalt 4–6 aastat, et teha järeldused täiskandeeas puude kasvu- ja saaginäitajate alusel.

Kokkuvõte

- ▶ Õunapuu pookekombinatsiooni kasvutugevusele avaldavad mõju pookealus ja väärstatud sort, kuid ka kasvukoht.
- ▶ Õunapuusordi 'Sinap orlovski' viljad kasvasid keskmise ja üle keskmise suurusega, pookealus avaldas mõju vilja suurusele.
- ▶ Nõrgakasvuliste pookealuste rühmas olid B9 puud varajase viljakande algusega ja saagikad.
- ▶ Pollis aretatud uutest keskmisekasvulistest õunapuu pookealustest soodustasid generatiivosade teket ja saagikust noores istanduses alusetüübid 82-8-7 ja 83-2-1, viimast iseloomustas ka tugev vegetatiivne kasv.

Kasutatud kirjandus

- Haak, E. 2003. Kloonaluse ja vahepoogendite mõjust õunapuude kasvule ja saagikusele. – *Agraarteadus* 14(5), lk 251–259.
- Haak, E., Jalakas, M. 2001. Õunapuu kloonaluste aiakatsete tulemustest Eestis. – *Agraarteadus* 13(1), lk 8–13.
- Haak, E. 2006. Growth intensity of apple-trees on clonal rootstocks before the beginning of fruit bearing. – *Agronomijas Vestis (Latvian Journal of Agronomy)* 9, pp 28–31.
- Kapichnikova, N.G. 1999. Effect of clonal rootstock on Apple tree performance during first five years after planting. – Sadowski A. (ed.) *Apple Rootstocks for intensive orchards. Proceedings of the International Seminar, Warsaw–Ursynow, Poland*, pp 49–50.
- Kviklyš, D. 2002. Apple rootstock research in Lithuania with aspect fruit quality and tree productivity. – *Sodininkyste ir Daržininkyste* 21(3), pp 3–13.
- Lepsis, J., Bite, A. 2000. The evaluation of apple rootstock Pure 1 in the orchard and mothertree plantation. – *Proceedings of the International Conference Fruit Production and fruit breeding 207, Estonian Agricultural University, Fruit Science*, pp 15–23.
- Sedov, E.N. 2003. Teaduslikud koolkonnad ja Ülevenemaalise Puuviljakultuuride Selektsooni Teadusliku Uurimise Instituudi sordid. – *Orjol*, 102 lk. (vene keeles).
- Stehr, R. 2007. Fifteen years of experimence with different dwarfing apple rootstocks in Northern Germany. – *Proceedings of the VIIIth International symposium on intergrating canopy, rootstock and environmental physiology in orchard systems, vol 1. Acta Horticulturae* 732, pp 67–77.
- Univer, T. 2000. The breeding of apple rootstock in Estonia. – *EPMÜ teadustööde kogumik* 208, *Agronomiam*, lk 180–182.
- Univer, N., Tiirmaa, K., Univer, T. 2006. Effect of the rootstocks on growth and yield of for apple cultivars in young orchard. – *Agronomijas Vestis (Latvian Journal of Agronomy)* 9, pp 167–171.
- Univer, T., Univer, N., Tiirmaa, K. 2011. The results of the Estonian apple rootstock breeding program. – *Proceedings of the IXth International symposium on intergrating canopy, rootstock and environmental physiology in orchard systems, vol 1. Acta Horticulturae* 903, pp 151–157.

- Univer, N., Univer, T., Tiirmaa, K. 2012. Õunapuu pookealuse E75 mõju enamlevinud ja uute õunasortide puu kasvule, saagile ja selle kvaliteedile. – Eesti Maaülikool Agronomia 2012, lk 225–232.
- Univer, T., Univer, N., Tiirmaa, K. 2017. Results of a study of the vegetative growth, yield and fruit quality of different grafting combinations of the apple cultivar ‘Krista’. – Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B, vol. 71 (3), pp 20–30.
- Veidenberg, A. 1985. Eestis aretatud 10 õunapuu kloonalusetüübi morfoloogiline kirjeldus. – Viljapuude, marjakultuuride ja vegetatiivaluste selektsiooni ja sordiuurimise tulemused Eesti NSVs. – Eesti MMTUI Teaduslikud Tööd LVI, lk 14–48 (vene keeles).