



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Toomas Horma

**TALINISU SAAGI- JA KVALITEEDINÄITAJAD SÕLTUVALT
VILJELUSVIISIST**

THE EFFECT OF ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING
ON YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT

Magistritöö
Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendaja: Maarika Alaru, *PhD*

Tartu 2017



Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014	Magistritöö lühikokkuvõte		
Autor: Toomas Horma	Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine		
Pealkiri: Talinisu saagi-ja kvaliteedinäitajad sõltuvalt viljelusviisist			
Lehekülgi: 51	Jooniseid: 13	Tabeleid: 4	Lisaid:
Osakond: Taimekasvatuse ja rohumaa viljeluse osakond Uurimisvaldkond: CERCS - Taimekasvatus, B390 Juhendaja(d): Maarika Alaru, <i>PhD</i> Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu, 2017.			
<p>Antud uurimustöö eesmärgiks oli välja selgitada, viljelusviisi ja orgaaniliste ning mineraalsete lämmastikväetiste mõju talinisu kvaliteedile ja saagikusele. Püstitatud hüpoteesid:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Mahesüsteemis kasvanud talinisu terade proteiinisaldused on kõrgemad kui tavasüsteemis.2. Mahesüsteemis kasvanud nisu peenjahu saak on suurem.3. Ilmastik mõjutab talinisu kvaliteeti rohkem kui viljelusviis. <p>Andmeteks on võetud 2008. a Eerikale rajatud Eesti Maaülikooli põldkatse, aastatel 2013–2016 tulemuste põhjal.</p> <p>Mahetootmine peab lähtuma sellest, et hoitaks mullas bioloogilist mitmekesisust, mulla elustikku ja säiliks mullaviljakus. Mahetoodangule on olemas Eestis võimalik eksport- ja siseturg. Piiravateks asjaoludeks on mahetoodangu väiksem saagikus ja väga palju kõikum kvaliteet.</p> <p>Mullast toitainete kättesaamine taime jaoks toimub ühtemoodi nii mahe- kui tavatootmises. Oluline on see, palju taimetoiteelemente on mulla varudesse antud ja palju neist on taimedele kättesaadavad ehk liikuvad.</p> <p>Uurimustöö tulemuste põhjal ei leidnud kinnitust hüpotees, et mahesüsteemis kasvanud talinisu terade proteiinisaldused on kõrgemad kui tavasüsteemis.</p> <p>Kinnitust leidsid aga hüpoteesid, et mahesüsteemis kasvanud talinisu peenjahu saagis on suurem ja viljelusviis mõjutab talinisu kvaliteeti vähem kui ilmastik.</p>			
Märksõnad: mahe-ja tavaviljelus, talinisu, proteiinisaldus, peenjahu saagis, ilmastik			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Toomas Horma		Speciality: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: The effect of organic and conventional farming on yield and quality of winter wheat			
Pages: 51	Figures: 13	Tables: 4	Appendixes:
Department: Department of Field Crops and Grassland Husbandry Field of research: CERCS – Crop husbandry, B390 Supervisor: Maarika Alaru, <i>PhD</i> Place and date: Tartu, 2017.			
<p>The aim of this study was to find out cultivation practices and the effect of organic and mineral nitrogen fertilizers on the quality and yield of winter wheat. The hypotheses were:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Protein contents in winter wheat grains grown in the organic system are higher than the grains grown in the conventional systems. 2. Organic system has a bigger flour yield than the conventional system. 3. The weather affects the quality of winter wheat more than cultivation practices. <p>The research is based on the field tests in Erika from 2013 to 2016. Organic production should be based on the principle that soil diversity, soil life and soil fertility are maintained. Organic produce is needed in the internal market, also export is important. Limiting factors for the organic produce are lower yields and frequently uneven quality.</p> <p>The availability of soil nutrients for the plant will take place in the same way for both: organic and conventional production. It is important that a lot of plant nutrients in the soil reserve are accessible or mobile for plants.</p> <p>The research findings did not confirm the hypothesis that the organic system of growing winter wheat provides a higher content of grain protein than in conventional systems.</p> <p>However, the hypothesis that winter wheat grown in the organic system has the higher flour yield, was confirmed. The research findings confirmed also the third hypothesis that the weather affects the quality of winter wheat more than cultivation practices.</p>			
Keywords: organic-and conventional tillage, winter wheat, protein content, flour yield, weather			

SISUKORD

Sissejuhatus.....	5
1. Kirjanduse ülevaade.....	7
1.1 Talinisust (<i>Triticum aestivum</i> L.) üldiselt	7
1.2 Talinisu Fredis sordikirjeldus	10
1.3 Lämmastiku tähtsus taimetoiteelemendina	10
1.4 Proteiin	11
1.5 Langemisarv	12
1.6 Saak ja väetamine	12
1.7 Küpsetusomadused	14
1.9 Mahe-ja tavapõllumajandus	16
2. Metoodika	19
2.1 Katse üldiseloostus ning mullastik	19
2.2 Variantide iseloostus	19
2.3 Teostatud agronoomilised tööd.....	21
2.4 Proovide võtmine ja analüüsimeetodid	23
2.5. Nisuteraide jahvatamine	23
2.5 Ilmastikutingimused.....	23
2.6 Andmetöötlus.....	25
3. Tulemused ja arutelu.....	26
3.1 Talinisu terasaak	26
3.2 Taimede arv ja terasaak.....	28
3.3 Terasaak ja kõrre pikkus	29
3.4 1000 tera mass	30
3.5 Mahumass.....	31
3.6 Proteiinisaldus.....	32
3.7 Jahusaak	33
Kokkuvõte.....	40
Kasutatud kirjandus	42
Summary	49

SISSEJUHATUS

Teraviljakasvatus hakkas levima praegusel Eesti territooriumil ilmselt 1500...600 a eKr. Sellel ajal oli teraviljana levinuim ilmselt oder, kuna nisu on ju kasvutingimuste suhtes palju nõudlikum kultuur (Lepajõe, 1984). Juba 1930. aastal jõudis Mihkel Pill teadmiseni, et Eestis on võimalik kasvatada heade küpsetusomadustega nisu. 1932. aastal toodeti nisu kogustes, millest piisas kodumaa varustamiseks. Aastatel 1929-1940 tehti Eestis katseid, mille tulemusel selgus, et Eestis kasvatatavad nisusordid on võrdväärised Saksamaa ja Rootsi omadega (Kiik, 1960). Nisu ekspordis ja kvaliteetse toodangu kasvatamisel on olulisel kohal põllumees, õige agrotehnika ja oludele sobiv sort (Koppel, *et al*, 2012).

Prantsusmaa, Suurbritannia ja Saksamaa on suurimad nisutootjad Euroopas, maailmas aga USA, Kanada, Austraalia ja Argentiina (Ingver, *et al*, 2011).

Eestis kasvatati aastal 2016 talinisu 90 000 hektaril ja suvinisu 73 000 hektaril. Väga raskete ilmastikuolude tõttu jäid Eesti keskmised saagikused 2016 aastal allapoole 3000 kg-st hektari kohta, samas 2015 aastal talinisu keskmine saagikus oli 5300 kg/ha, suvinisul 4090 kg/ha (stat.ee). Maailma rekordsaak saavutati tänavusel aastal Uus-Meremaal, milleks oli 16,79 t/ha. Talinisuks oli "Oakley". Põllumees ise aga arvas, et saaks kindlasti veel suuremat saaki (pollumajandus.ee).

Mahetootmine esindab tervislikku toitumist, sest siin kasutata sünteetilisi väetisi ega taimekaitsevahendeid. Tootjate seas valitsevad erinevad seisukohad mahetootmise suhtes. Osa tootjatest on veendunud, et keemilise taimekaitse ja mineraalsete väetiste kasutamine võib põhjustada lõpptoodangus kahjulike ühendite jäägid, teised aga arvavad, et mahetootmises keemilise tõrje ja mineraalsete väetiste puudumine võib kaasa tuua toidu madalad kvaliteedinäitajad. Samas kindlalt võib väita, et mahetootmine tarbijate seas muutub aina populaarsemaks ja seetõttu on mahe- ja tavatootmisest saadud saagi ja saagikvaliteedi hindamine aktuaalne.

Katse eesmärk oli: võrrelda mahe- ja tavaviljelussüsteemi mõju talinisu terasaagile ning jahu saagile ja kvaliteedile. Uurimistöö põhineb EMÜ Eerika katsepõllul tehtud põldkatsetel. Kavats on uurida lisaks terasaagile ka talinisu küpsetusomadusi.

Antud uurimistöö hüpoteesid:

- Maheüsteemis kasvanud talinisu terade proteiinisaldused on kõrgemad kui tavasüsteemis
- Maheüsteemis kasvanud nisu peenjahu saak on suurem
- Viljelusviis mõjutab talinisu kvaliteeti vähem kui ilmastik

TÄNUAVALDUSED

Täna kõiki, kes aitasid kaasa käesoleva töö valmimisel nii põllul kui laboratooriumis, eriti suur tänu juhendajale teadur Maarika Alarule.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Talinisust (*Triticum aestivum* L.) üldiselt

Nisu kasvatamisel toiduviljaks on eesmärk saada kõrge küpsetuskvaliteet. Selle tagab taimedele kasvu ajal piisava lämmastikukoguse andmine, et nisutaim saaks toota piisavalt proteiini ja kleepvalku. Mahetingimustes kõrgema klassi toidunisu kasvatades peab tähelepanu pöörama ka eelvilja valikule. Samuti loeb see, kas antud lämmastik oli mineraalne või orgaaniline (Ingver *et al*2009).

Nisu perekonda kuulub üle 20 liigi. Sõkalde karvasus, ohtelisus, nisuterade värvus on tunnused, mis jaotavad nisu liigid omakorda botaanilisteks teisenditeks. Harilikul ehk pehmel nisul on neid üle 300 (Lepajõe, 1984). Tähtsaimad maailmas kasvatatavad nisuliigid ongi harilik nisu (*Triticum aestivum* L) ja kõva nisu (*Triticum durum* L). Kogu nisu toodangust maailmas moodustab harilik e pehme nisu (*Triticum aestivum* 42 kromosoomi) 90% (Ingver, *et al*, 2011). Kogu maailmas kasvatatavatest teraviljadest moodustab nisu umbes kolmandiku (Brett. 2009). Kõva nisu (*Triticum durum* 28 kromosoomi) tera koostises on rohkem valku, mineraalaineid ja pigmente kui pehmel nisul (Ingver,*et al*2011). Kõva nisu jahu kasutatakse peamiselt makaronitööstuses. Pagaritööstuses kasutatav jahu on saadud pehmest nisust (Lukme, *et al* 2007). Nisuliigid jagatakse paljas- ja sõkalteralisteks, olulisemad on just paljasteralised, kuna neid on lihtsam töödelda (Kiik, 1989). Nisuterade kvaliteeti iseloomustab kleepevalk ehk teraliim koosneb gliadiinist ja gluteiinist. Mida rohkem on kleepevalku jahus seda paremad on nisujahu küpsetusomadused. Kleepevalgu kogus jahus sõltub palju nisu sordist. Nisuterades on keskmiselt: 15% valke, 2,3% lipiide, 2,9 % suhkruid, 9,9 % kiudaineid, 1,95 % toiteelemente, 14% vett ja 66 % tärklisi (Kiik, 1989).

Nisu kasutatakse ka loomasöödana, ta on teistest teraviljadest proteiinirikkam ja toorkiuvaesem (Kivistik, 1995).

Nisu on kasvutingimuste suhtes nõudlik, kui kasvu ajal looduslikud olud ei ole sobilikud, saadakse väga kehv saak. Seda näitavad eriti suure saagivõimega intensiivsordid (Koppel, 2009).

Üldjuhul annab talinisu suvinisust siiski suuremat saaki, on vähemnõudlikum kasvutingimuste suhtes, ja valmib suvinisust varem (Koppel, *et al* 2007). Talinisu kasvab paremini rasketel liivsavimuldadel, talub mulla pH-d 5,0-7,5-ni (Kask, 1999). Külvisenormiks soovitatakse

350-450 idanevat seemet ruutmeetri kohta, palju hõredam külv võib soodustada umbrohu levikut nisupõllus (Tõnissoo, 1995). Normiga 500-550 idanevat seemet ruutmeetri külvates saagile usutavat suurust juurde pole saadud. Euroopas kasutatakse üldiselt väiksemat külvisenormi (Koppel, 2008). Mahetootmises soovitatakse aga umbrohtudega võitlemiseks külvisenorme suurendada ~10 %, külviga hilinemise puhul aga kuni 25% enam (Ilumäe, *et al* 2007). Samas on soovitatud mahetootjatele hästi ettevalmistatud põllu puhul ja õigel ajal külvates kasutada sama suurt külvisenormi kui tavaviljeluses (Edesi, 2010/2011). Eelviljadeks sobivad kaunviljad, silokultuurid, põldhein, kultuurkarjamaa (Vipper, 1995).

Talinisu kasvatamise eelis võrreldes suvinisuga on tema suurem saagikus, ja sageli ka parem saagi kvaliteet, arvestades langemisarvu. Talinisu kasvatamisel on põhilised riskid talvitumisega seotud. Vegetatsiooniperioodi lõpuks peab olema taimestik piisavalt arenenud. Külv tuleks teha septembri esimeses dekaadis. Augustis külvatud taimik kasvab liiga suureks ja külmakindlus väheneb, samuti lumiseende nakatumise suurenemise risk (Koppel, 2008). Talinisu on vähem tundlikum lumiseene vastu kui rukis, küll aga ohustavad pinnavesi ja selle jäätumine põldudel. Seda soodustavad soojad talved. Talinisu on kõrge toitainete omastamise võimega. Sobivad hästi viljakad parasniisked ja rasked mullad (leostunud kamar-karbonaatmullad, lõimiseks raske liivsavi või savi), mille pH peaks olema vähemalt 5,5. Küll aga on raskematel muldadel pinnavee tekkimise oht, eriti kui põllul on palju lohkusid. Taimede külmumist esineb, kui ilma lumeta põllul on külma rohkem kui -20°C. Taimede vettimist esineb sügisel ja kevadel, aga ka sulal talvel. Külmumata mullale sadanud paks lumekiht võib põhjustada orase haudumist (Kruus, 1991).

Vahekultuurina heintaimede ja nisu vahel võiks kasvatada rapsi, mis aitab vältida või vähendada haigustekitajate levikut. On täheldatud, et raps aitab ka nisul paremini talvituda, rapsitüügas aitab talvel tuulepuhangute ajal lund põllul paremini kinni hoida. Küll aga tarvitab raps päris palju toitaineid mullast (Tamm, *et al* 2011). Vahekultuurid vähendavad toitainete leostumist, parandavad mulla orgaanikat ja vähendavad mullaerosiooni, haiguste, kahjurite ja umbrohtude leviku piiramine (Lauringson, *et al*, 2010/2011).

Katsetega on kindlaks tehtud, et peenema seemne puhul, kasutades väiksemat külvisenormi, kaotatakse ikkagi saagis. See tuleneb taimede nõrgemast arengust. Külvata ei tohiks sügisel liiga vara, suur taimestik soodustab ära haudumist põllul. Hilja külvatud taimed ei jõua koguda piisavalt varuaineid ning väheneb talvekindlus. Külvisügavus ei tohi olla liiga madal, siis moodustatakse võrsumissõlm liiga mulla pinna ligidale ja taimede talvekindlus väheneb. Täpne külvisügavus tagab hea võrsumise ja ühtlase valmimise (Kivistik, 2005). Külvisügavus võiks jääda 3-5 cm ümber, sõltuvalt mulla lõimisest (Kruus, 1991).

Nisu koristamise ajastamine on väga oluline, kuna ta pole kaetud sõkaldega, nagu oder ja kaer, mistõttu on nisu tundlik mehhaaniliste vigastuste ja ilmastiku suhtes. Kui koristatakse talinisu seemneks, siis ei tohiks niiskus küündida üle 22%. Samuti liiga madala niiskusega koristades on mehhaaniliste vigastuste oht mitu korda suurem (Kruus, 1991). Terade mikrovigastused tekivad eelkõige valesti reguleeritud kombaini peksuaparaadi tõttu, kui kasutatakse peksutrumliga masinat mitte aksiaal ehk rootorkombaini. Peksutrumliga kombain eraldab terad peadest löögi jõul, kus on oluline peksutrumli ja peksukorvi omavaheline kaugus, rootorkombain eraldab terad peadest aga hõõrdumise jõul, mistõttu seemnekasvatajatele soovitatakse rootorkombaini.

Täisküpsuse saavutanud teradel on kleepvalgusisaldus ja elastsus kõrgem kui hiljem koristatud teradel. Koristatud saagi peaks kiiresti eelpuhastama ja kuivatama, kuna säilitamisel langemisarv ja kleepvalgukvaliteet alanevad kiiresti. Peas kasvama läinud terasid ei saa toiduviljaks kasutada (Kruus, 1991).

Poolas tehtud talinisu väetuskatsetest selgus, et lämmastiku ja väevli vahekord 8-10,5: 1 on optimaalseim küpsetusomaduste suhtes. Proteiini ja kleepvalgu kontsentratsioon suurenes terades ja saadi parema kvaliteediga taigen. Eesti tingimustes on suuremad saagid saadud suhtega 10:1 lämmastiku ja väevli vahekorraga (Podlesna, Cacak-Pietrzak, 2008).

Lämmastikuga väetamine suurendab proteiini ja kleepvalgusisaldust. Valgusisaldus suureneb väheväärtuslike reservvalkude arvelt. Samas asendamatute aminohapete sisaldus ei muutu palju, väljaarvatud treoniini sisaldus (Järvan, 2012). Kui aga anda lämmastikku koos väevliga, siis võib proteiini ja kleepvalgu sisaldus küll väheneda kuid valgu bioloogiline väärtus suureneb, tõuseb ka väevlit sisaldavate aminohapete sisaldus. Väevliga väetamisel gluteeniindeks tõuseb 19-30 ühiku võrra (Järvan, 2012). Nisu valkudes leidub aminohappeid 20 piires, nendest 8 asendamatut, mida inimese ja looma organism ei suuda ise seedida. Kõige suuremas puudujäägis asendamatutest aminohapetest on lüsiin, treoniin (Shewry, 2009). Väevl väetiste kasutamine nisu väetamisel suurendab seega asendamatute aminohapete sünteesi (Granvogl *et al*, 2008).

Varakevadel antud lämmastikväetis mõjutab saagikust kõige enam. Hiljem antud lämmastik tõstab saagi proteiini sisaldust (Koppel, 2007). Nisuterade arenemisel on vajalikud lämmastik ja väävel, mida generatiivse kasvu ajal saadakse mullast või vegetatiivsetest kudedest olevatest varudest (Fitzgerald *et al*, 1999).

Toidunisu kasvatamisel on tähtis mullale sobiva sordi ja eelkultuuri valik, optimaalsetest mullaharimis- külvamis- ja koristusaegadest kinnipidamine, taimekaitsetööde õigeaegne teostamine. Saagikust ja saagi kvaliteeti halvendavad oluliselt taimehaigused (Older, 1999).

1.2 TALINISU FREDIS SORDIKIRJELDUS

Tegemist on Läti päritolu varajase sordiga, sordileht on aastast 2010. Fredis on valge pea ja punase teraga, lühikõrreline ohteline sort, mis on hea talvekindlusega, see tähendab, et lumiseende nakatumise tõenäosus väike. Väga kõrge proteiini ja kleepvalgusisaldusega, saagipotentsiaal keskmine kuni kõrge, suure 1000 seemne massiga. Taimehaigustest ohustavad jahukaste ja lehelaiksused, seega vaja kasutada fungitsiide. Lämmastikuga väetamine soovitatakse teha kahes osas: aktiivse taimekasvu alguses kevadel ja võrsumise lõpus (Eesti Taimekasvatuse instituut). Sortide kasvuaeg on ühtlasem näitaja kui sortide saagikus. Sortidel, millel on pikem kasvuaeg arvatakse olevat suurem saagipotentsiaal, kui varastel ja keskvalmivatel sortidel. Fotosünteesimisperiood on pikem, mistõttu saab ka taim kuivainet kauem koguda. Tihti saadakse ka häid ja isegi suuremaid saake keskvalmivate sortidega. Suurima saagivõime teada saamiseks mingil sordil peavad ideaalselt kokku langema mitmed tingimused (Koppel, 2009). Suurematel lämmastikuväetise kogustel suudavad intensiivsemat tüüpi genotüübiga sordid enda saagipotentsiaali paremini realiseerida (Koppel, *et al*, 2008).

1.3 LÄMMASTIKU TÄHTSUS TAIMETOITEELEMENDINA

Lämmastik kuulub peale valkude veel amiino-, ja nukleiinhapete, klorofüll, vitamiinide koostisse. Lämmastikupuudusel on võrsumine halb, seemnesaak väheneb, kasvuperiood lüheneb. Lämmastikku seovad mügarbakterid liblikõielistel, mullas elavad aeroobsed asotobakterid (*Azotobacter chroococcum L.*), ka mõned anaeroobsed bakterid (*Clostridium Pasteurianum L.*). Lämmastiku peamine edasikandja mullas on orgaaniline aine. Eesti muldades on lämmastikku kuni 9000 kg/ha kohta, mis on orgaanilisel kujul ja taimedele omastamatu. Mineraalsel ehk omastataval kujul on sellest 1-3% (Kärblane, 1996).

Lämmastik mõjutab saagi ja proteiinisalduse taset (Koppel, *et al*, 2008). Saak suureneb kõige rohkem esimese pealtväetamise tulemusel, edaspidine pealtväetamine suurendab saagikust juba tunduvalt vähem. Väetise koguse suurenemisega pikeneb tavaliselt ka kasvuaeg. Seega mida kauem on taimik roheline, seda pikema aja jooksul toimub fotosüntees ning varuainete kogumine ja on lootust saada suur saak (Koppel, *et al*, 2008).

Lämmastikupuudus piirab taime võimalikku suurimat produktsioonivõimet. Omastatakse seda peamiselt nitraadina (NO_3^-) ja ammooniumioonina (NH_4^+). Lämmastik on mullas pidevasliikumises. Ammooniumioon on reeglina püsivam kui nitraatioon (Kuldkepp, 1996). Ammooniumiooni seob muld paremini ja seda uhutakse mullast vähem välja kui nitraatiooni. Peamine N-i väljauhtumine mullast toimubki kevadel lumesulaveega ja sügisel suurte vihmade aegu (Kärblane *et al* 1996). Happelisemal mullal omastavad taimed paremini pigem nitraatiooni, neutraalsel aga ammooniumiooni. Madalal õhutemperatuuril omastavad taimed paremini ammooniumiooni. Küll aga ei taluta korraga suuri (NH_4^+) koguseid (Kuldkepp, 1996). Parem on kui taimedele antavas mineraalväetises on mõlemad lämmastikuvormid koos. Mida varem tehakse taimedel pealtväetamine, seda suurem on hiljem taimes lämmastikusisaldus 4-6 nädala pärast (Kangor, *et al*, 2011).

Tihenenud ja vähese õhuga muldades võib areneda denitrifikatsioon, mille tulemusel tekib lämmastikoksiid, mis lendub (Kuldkepp, 1996). Sügisene mullaharimine suurendab kõvasti lämmastiku leostumist (Davies, *et al*, 1996).

1.4 PROTEIIN

Nisu proteiinisaldus võib küündida 10-17%-ni. Proteiin koosneb valgust, sisaldades vähesel määral ka mittevalgulisi lämmastikühendeid (amiidid, aminohapped). Nisuvalgus leidub 20 erinevat aminohapet. Valkude bioloogiline väärtus sõltub palju ka sordist (Lepajõe, 1984).

Nisuterade proteiinisaldus sõltub palju sordist, põuastes piirkondades kasvatatud teravili on sageli proteiinirikkam. Proteiini- ja teraliimisisaldus on tihedas sõltuvuses. Proteiinisalduse vähenemine tingib ka teraliimisisalduse vähenemise. Hea elastse teraliimi saamiseks peab olema taimede kasvu ajal pigem kuivem periood. Teraliimi headus oleneb valgufraktsioonide omavahelistest suhetest proteiinis, st hea teraliim sisaldab vähe gliadiini ja hulga rohkem gluteeniini. Mida suurem proteiinisaldus, seda paremate küpsetusomadustega on ka jahu.

(Lepajõe, 1984). Hilistes kasvufaasides lämmastikuga väetamine langetab lüsiini sisaldust proteiinis. See aga põhjustab proteiini väärtuse langust (Linnutaja, *et al*).

Tavasüsteemis kasvatatud nisu proteiinisaldus on sageli kõrgem kui mahesüsteemis kasvanud nisul (Billsborrow, 2013). Proteiinirikkad sordid ei ole tihtilugu kõige saagikamad (Tamm, *et al*, 2009). Liblikõieliste kasvatamine eelviljana suurendab nisu proteiinisaldust tuntavalt (Lepajõe, 1984). Terade proteiinisaldus sõltub ka mullas olevast vabast lämmastikust. Lämmastiku kättesaadavus mullast sõltub selle mineraliseerumise kiirusest. Proteiinisalduse vähenemist soodustab ka taimede madal veesidumisvõime. Paljud Euroopa nisusordid on aretatud tavaviljeluseks, st hea saak saadakse korraliku taimekaitse ja väetiste kasutamisega (Osman, *et al*, 2011).

1.5 LANGEMISARV

Langemisarv näitab jahus leiduvate ensüümide aktiivsust valkude lagundamisel. Heal nisujahul on see näitaja 240-250 sek. Langemisarv on vajalik taigna kerkimiseks ning näitab alfa-amülaasi seisundit. Vihmasel perioodil suureneb amülaasi aktiivsus, seega osa tähtsist lagundatakse suhkruteks, ning taigen ei kerki nii hästi (Järvan, *et al* 2012). Sortidel, mis peas ei lähe kergesti kasvama on loodud head eeldused kõrgemaks langemisarvuks (Koppel, 2009).

1.6 SAAK JA VÄETAMINE

70-90% potentsiaalsest lämmastikust, mida kasutatakse hiljem terade täitmiseks on tavaliselt kogunenud kõrtesse ja lehtedesse juba enne loomisfaasi. Ülejäänud lämmastik võetakse mullast. Et suurendada terade proteiinisaldust 1% võrra vajab nisutaim 6 % võrra rohkem lämmastikku. Oluline on, et lämmastikuga väetamine oleks suurendanud lehestiku pindala õitsemise momendiks hulgaliselt, sest suurem lehepind võimaldab fotosünteesil toota rohkem süsivesikuid suurema viljapea moodustamiseks. Lehepinnaindeks üle 9 m² 1 m² põllu kohta ei suurenda enam oluliselt teraviljasaagikust (Lepajõe, 1984). Kui lämmastikku on põllul taimel vähe kasutada, on häiritud ka fotosüntees. Terade valmimisel on oluline igapäevaselt toimuv fotosüntees ning eriti tähtis on õitsemise eelselt toimunud fotosüntees, millest saadud energia on salvestatud taimekudedesse (Schnyder, 1993). Taime rohelistesse osadesse varutakse vees lahustuvad süsivesikud, mis on väga olulised allikad tera täitumise perioodil. Ligikaudu 70-75 % moodustunud nisutera massist moodustavad õitsemise eelselt taimekudedesse kogutud ja kasutatud süsivesikud (Ehdaie, *et al* 2008). Kui taime kasvu ajal

on antud vähene kogus lämmastiku, võetakse puudujääk vartest või lehtedest, et kasvada pikkusesse. See omakorda tingib fotosünteesi aeglustumise enne õitsemisperioodi. Seega lämmastikuga väetamisega hilinemine vähendab lehepinda ja fotosünteesi (Efretuei, *et al* 2016). Fotosünteesi intensiivsus määrab ära taime saagikuse. Liiga tagasihoidlik väetamine lämmastikuga pärsib fotosünteesi. Eriti oluline on teratäitumisperioodil lipulehe fotosünteesimisvõimalus (Zhang, *et al* 2017).

Liiga suure lehepinnaindeksi puhul (30 000- 40 000 m²/ha), edasine lehepinna suurendamine ei tõsta saaki oluliselt. Nisutaimele ülemised lehed varjutavad alumisi lehti, mille fotosünteesimisvõime langeb. Küll aga mahetootmises üldjuhul saadakse seda suurem saak põllult, mille lehepinnaindeks on kõrgeim ja mis suudab toota suuremat biomassi. Mahetootmises ei anta nii palju lämmastikku kui tavatootmises kasvu ajal. Põllu tingimustes saagikus kasvab nisutaimele lehestiku poolt kinnipüütud päikeseenergia abil toodetud biomassist (Petcu, *et al*, 2011).

Saagistruktuuri elemente (näiteks produktiivvõrsete arv, terade arv peas) mõjutavad kasvutingimused, mis määravad lõpuks ka saagi suuruse. Ebapiisav taimetoitainete kättesaadavus mõjutab saagistruktuuri elemente erinevalt. Ühe struktuuri elemendi suurenemine võib mõjuda negatiivselt teisele saaginäitajale (Järvan *et al*, 2012).

Vähene kogus lämmastiku talinisu varre ja lehtede kasvu ajal, põhjustab terade arvu vähenemist peas. Pähikuid moodustub vähe ning paljud neist on taandarenenud (Langer, *et al* 1973).

Taliviljade esimene lämmastikuga pealtväetamine tehakse kevadel taimele kasvu algusele järgneval kümnel päeval. Teist korda väetatakse vajadusel võrsumisfaasi lõpus. Katsetest on välja tulnud, et teravili omastab toitaineid kõige paremini 7-12 cm sügavusest mullakihi. Liiga kõrge lämmastiku norm võib vähendada tera- kui ka mahumassi. Paljude katsete tulemusel on leitud, et kvaliteetset toidunisu pole võimalik saada kui pole antud vähemalt 120 kg N-i ha-le

(Older, 1999). Peale väetiste külvamist on mõistlik äestada põldu, see ärgitab nisu paremini võrsuma ja segab väetised mullaga (Kruus, 1991). Haljasväetiskesa kasutamine tõstab niusaaki sama palju kui sõnniku andmine.

Talinisu omastab saagi moodustamiseks vajalikust N-st vegetatsiooni algusest kuni võrsumise lõpuni 15-25%, kõrsumise ja õitsemise ajal 40-55%, teratäitumisstaadiumis 25-40%. Talinisu juurestik on võimsam kui suvinisul, seega on ka toitainete omastamise võime parem (Kuldkepp, *et al* 2008). On leitud, et lämmastikku kasutatakse efektiivsemalt siis, kui võrsumisfaasis antakse pigem vähem ja kõrsumise ajal rohkem. Väga oluline on

lämmastikuga väetamine kõrsumise alguses, et nisu suudaks juba moodustunud produktiivorganeid edasi toitainetega varustada.

Kevadel kohe vegetatsiooni alguses suudavad taimed omastada paremini nitraatlämmastikku ja hiljem alles ammooniumlämmastikku. Kvaliteetse toidunisu saamiseks on väga oluline just hilises faasis lämmastikuga väetamine. Hades niisketes tingimustes on selleks loomisfaas. Hiljem antud lämmastik tõstab kleepvalgu sisaldust. Samuti üksi lämmastikust ei piisa, kui pole nisul kätte saada piisavalt väävlit. Kevadel külmast mullast seda kätte ei saada. Sellepärast on mõistlik anda lämmastiku koos väävliga kombineeritult ning väetamine peaks olema toimunud juba enne kõrsumisfaasi. Kuna väävel on kergesti liikuv element, uhutakse ta mullast kiiresti välja, seega ei tohiks anda ära sügisel taliviljale kogu väävlikogust. Võrsumisfaasis antud lämmastik koos väävliga suurendab produktiivvõrsete arvu ja hiljem terade arvu peas. Kasvu ajal ilmnevat väävlipuudust võib leevendada lehekaudse väetamisega. Pritsida võrsumise ja kõrsumise alguses taimi ammooniumsulfaadi lahusega (Järvan, *et al*, 2015).

1.7 KÜPSETUSOMADUSED

Peamised saagi kvaliteedinäitajad on terade mahukaal, valgusisaldus ja langemisarv. Kõrgema mahukaalu annab ühtlase kasvutihedusega vili. Taimestik ei tohi olla liiga tihe. Kui esineb lamandumist, siis üldjuhul, mida varem see toimus, seda väiksemaks jääb taimede mahukaal (Kruus, 1991). Terade mahukaalule mõjub hästi väiksem külvitihedus ja suurem lämmastikväetise kogus (Kivistik, 2005). Langemisarvu vähendab: lamandumine, terade peas kasvamaminek, samuti kuivatamine liiga kõrge temperatuuriga (Kruus, 1991).

Pätsi maht ja proteiinisaldus on tugevas seoses. Proteiini sisalduse tõustes suureneb ka pätsi maht. Mida rohkem on taignas kleepvalku, seda paremini taigen kerkib (Kärner, 1999). Taigna käärimisel tekkinud süsihappegaas peetakse teraliimi poolt kinni ning tänu sellele taigen kerkib korralikult. Vähesel teraliimi korral jääb taigen nätske (Lepajõe, 1984). Küpsetamiseks peab terade proteiinisaldus olema minimaalselt 12%, kleepvalgu sisaldus 25% ja gluteeniindeks 60-95. Gluteeniindeks näitab mitu % kleepvalgust suudetakse tsentrifuugimisel läbi sõela ajada. Suur kleepvalgusisaldus saadakse kui eelviljaks on ristikurohke põldhein, oder ja raps on juba kehvemad eelviljad (Kärner, *et al*, 1999).

Mõned uuringud näitavad et terade proteiinisaldus on olnud madalam viimasel suvel, samas kõrge õhutemperatuur 15-20 päeva enne täisküpsust suurendab nisu proteiinisaldust

(Koppel, *et al*, 2007). Kleepvalk saadakse kui segatakse nisujahu veega (Lepajõe, 1984). Hea saia saamiseks peaks kleepvalgusisaldus olema 25% (Ingver *et al*, 1995), liiga kõrge üle 30% sisaldus hakkab takistama pärmirakkude tööd ning sai ei kerki parajalt (Lukme, 2006). Kleepvalgu kogusega on seotud omakorda ka taigna veesidumisvõime. Veesidumisvõimet määratakse farinograafia. Hea veesidumisvõime on vahemikus 55-65% (Ingver, *et al*, 2009). Taigna moodustumise aeg näitab kui kähku imeb jahu valk endasse vett (Järvan, 2007). Mida pikem on taigna moodustumise aeg, seda paremad on küpsetusomadused (Finney, *et al* 1987). Olulised näitajad on veel taigna stabiilsus ja kvaliteedinumber. Taigna stabiilsus näitab kuidas muutub taigna konsistents segamisel. Suurem stabiilsus tagab ka suurema mahuga küpsetise. Taigen hakkab segamisel vedelamaks muutuma. Mõõdetakse aega, mis kulub vedeldumise alguseni. Mida aeglasemalt taigen vedelamaks muutub, seda paremad küpsetusomadused (Ingver, A...2009). Kvaliteedinumber näitab aega, mil taigna vastupanujõud segamisele on muutunud. See näitab kleepvalgu kvaliteeti (Järvan *et al*, 2006). Küpsetuskvaliteeti määravad ka veel taimede tihedus ja säästlik lämmastiku kasutus taimede poolt. Gliadiini ja gluteniini omavaheline vahekord annab tainale vajaliku venivuse ja kerkimisomadused. Selle omakorda määravad genotüüp ja ilmastik (Osman, *et al*, 2011).

1.8 NISU JAHVATAMINE

Nisu jahvatamise eesmärgiks on endospermi võimalikult puhas eraldamine tera välimistest osadest ja idust. Kaasaegsetes veskites suunatakse esmase jahvatuse järel jahu mitmeid kordi uuesti jahvatusprotsessi, kuni saadud peenjahu on täiesti eraldatud kliidest ja teistest jahu jämedamate osadest. Antud magistritöös käsitletakse esmase purustuse järel saadud peenjahu saaki. Nisu jahvatamise tulemus sõltub suurel määral tera kõhtmisel küljel asuva vao kujust. Tera vagu raskendab tähtselt endospermi eraldamist teistest kudedest. Uurimused tera vao mõju kohta jahvatamistulemustele on näidanud, et terad, mille vagu on suletud, vajavad endospermi eraldamiseks suuremat jõudu kui terad, mille vagu on avatud. Jahvatamise käigus purustatakse suletud vaoga seeme üldiselt ristipidi endospermi põskedega, mis põhjustab esimesel purustamisel rohkem purustusi ja seetõttu eraldub suurem kogus endospermi. Seevastu terad avatuma vaoga purunevad piki vagu, mis on eelistatav, kuna sellisel juhul endospermist eraldatavad kliid on tervemad ja esinevad suuremate tükkidena (Evers & Millar, 2002).

Nisu jahvatamisel eemaldatakse esialgu endosperm klijdest, kestadest, kusjuures liigutakse tera siseküljest väljapoole. Jahvatusprotsess hõlmab endas kolme operatsiooni: 1) rullveskitega terade purustamine ja ka lõikamine; 2) sõelte abil jahuosakeste jaotamine suuruse järgi; 3) jahu õhksepareerimine puhastusvahendis (Haddad *et al*, 1999). Jahvatuse käigus võib tärklis saada kahjustatud, mis põhjustab amülopektiini molekuli katkemise. See suurendab jahu vee imamisvõimet, mis on oluline näitaja leivatööstuses. Pehme nisu jahvatus annab suhteliselt suurema koguse ebaregulaarse kujuga väikseid osakesi, mis ei voola kergesti ja võivad ummistada veski sõelasid. Pehme nisu jahu kasutatakse rohkem kookide ja küpsiste valmistamisel, sest nende osakeste suurus on väike, peenike ja tärklise purustused on väiksemad (Evers & Millar, 2002).

Esmase purustuse järel saadud jahusaaki mõjutavad peamiselt nisu füüsikalise-keemilised omadused (terade suuruse jaotus, niiskussisaldus, kõvadus) ja jahvatusmehhanism, masinad (Campbell *et al.*, 2001). Kõige enam mõjutab jahvatuskäiku tera kõvadus (Pomeranz & Williams, 1990). Nisu kõvadus mõjutab näiteks kliide purunemist, kusjuures pehme nisu korral on kliide purustus väiksem (Pomeranz & Williams, 1990). Shpolyanskaya (1952) leidis, et nisuterad, mille endosperm on täidetud tihedamalt, on rabedamad ja annavad jämedamaid osakesi kui terad, mis on täitunud hõredamalt. Hinnates jahvatamise käigus aktiivses olekus olevaid teisi jõude, leidis Hsieh *et al* (1980), et rullide kiirus omas tunduvalt väiksemat mõju kui rullide vahekaugus

1.9 MAHE-JA TAVAPÕLLUMAJANDUS

Mahetootmine peab lähtuma sellest, et hoitaks mullas bioloogilist mitmekesisust, mullaelustikku ja säiliks mullaviljakus (Noormets, *et al*, 2010/2011).

Mahetoodangule on olemas Eestis võimalik eksport- ja siseturg. Piiravateks asjaoludeks on mahetoodangu väiksem saagikus ja väga palju kõikuv kvaliteet (Tooming, *et al*, 2012).

Mullast toitainete kättesaamine taime jaoks toimub ühtemoodi nii mahe- kui tavatootmises. Oluline on see, palju taimetoiteelemente on mulla varudesse antud ja palju neist on taimedele kättesaadavad ehk liikuvad. Mahetootmise puhul, kui mulla varusid mineraalväetistega ei suurendata, on olulised looduslikud, taimedele raskemini kättesaadavamad toiteelementide varud (Stockdale, *et al*, 2002). Arvatakse et mahetootmises on mulla orgaanika teke suurem. See võib nii olla, aga pigem võidakse mahetootmises kasutada üleliia rohkem orgaanilisi väetisi kui tavatootmises (Tooming, *et al*, 2012).Taimekasvatuse edu sõltub mahedas palju ka

mulla mikroobidest. Näiteks soodustavad mikroobid orgaaniliste fosforühendite mineraliseerumist, suurendades fosfori kättesaadavust taimedele (Parham, *et al*, 2002). Mõningad bakterid aga suurendavad kaaliumi kättesaadavust mullast taimedele (Parmar, *et al*, 2014). Sellepärast on mõistlik mahetootjal tegeleda ka loomakasvatusega, et saada põldudele vajalikku sõnnikut või siis kasutada bakteripreparaate; mõlemad suurendavad oluliselt mulla kasulike mikroobide populatsioone. Mahetootjatele mõeldud turul olevad orgaanilised väetised on küllaltki kalli hinnaga, mistõttu nende kasutamine on siiski tagasihoidlik (Noormets,*et al*, 2010/2011). Euroopas on mahetootmisega tegeletud aktiivselt kauem kui Eestis. Saksamaal tehtud katses on leitud, et saagikust limiteerivateks elementideks on pikema aja peale kujunenud hoopis fosfor ja kaalium, mitte lämmastik. Põhjus võib olla see, et maheloomade söödas on neid elemente vähem, seega ka sõnnikus. Mullas leidub fosforit kõige rohkem orgaanilise ainega seotult, peamiselt taimedeleomastamatul kujul ortofosfaatidena. Orgaanilise aine mineralisatsioonil osa fosforist vabaneb ja muutub taimedele kättesaadavaks. Küll aga sageli ei piisa sellest kogusest taimede kasvuks. Olustveres tehtud neljaastases katses tuli välja, et mullas vähenes mangaani, vase ja magneesiumi sisaldus hoopiski kõige rohkem. Fosfori tase mullas püsis ühtlasena (Noormets, *et al*, 2010/2011). Šveitsis ja Taanis läbiviidud põldkatsetes on leitud, et orgaaniliste väetiste piisaval kasutusel paraneb mulla struktuur, kasvab mulla orgaanilise aine sisaldus, mikrobioloogiline elustik suureneb (Mäder *et al*, 2006);(Rasmussen *et al*, 2006). USA-s tehtud pikaajalises mahekatses suurenes usutavalt mulla huumushorisoni veehoiuvõime. Seega saadi põuasel aastal mahedas suuremat maisisaaki kui mineraalväetistega väetatud põllult (Hepperly *et al*, 2006).

Mahetootmine peaks olema loodushoidlik tootmine, kus oluline roll on külvikorral. Mahetootja peab kindlasti ajastama põllul tehtavaid agronoomilisi töid väga täpselt, et kasutada ära loodust enda huvides. Kevadkülv ja mullaharimine tuleb teha võimalikult varakult, et vältida niiskuse liigset kadu, taimehaiguste ja kahjurite väiksemat kahjustust külvatud kultuuril, umbrohtudele kasvueelise andmist. Maheviljeluse tingimustes kipub tavaliselt välja kujunema põllul erinevatest liikidest koosnev umbrohukooslus. On leitud, et teraviljade külvisenormi tõstmisel väheneb umbrohtude arvukus nii mahe- kui tavatootmises. Samas mõned autorid on leidnud, et külvisenormi tõstes ei vähene mitte umbrohtude arvukus vaid nende biomass. Umbrohtude mõõtmed küll vähenevad aga nende arvukus jääb enam vähem samaks (Andersson, 1986). Arvatakse ka, et mahepõllumajanduses areneb välja liigirikkam umbrohukooslus kuid Saksamaal tehtud teadusuuringutes pole suudetud seda tõestada (Becker, *et al*, 1998).

Üleminekul tavatootmiselt mahedale, võib kasutada põllu väetamiseks või taimekaitseks peamiselt looduslikku päritolu aineid (Tamm, I. *et al*,2011). Tavatootmises peaks püüdma ka selle poole, et kasvatada sorte, mis ei nõua nii palju pestitsiidide kasutamist, kui võimalik (Ingver, *et al* 2010/2011).

Olustveres läbiviidud 7- aastase mahekatse tulemusel ilmnis, et ilma sõnnikuta variandis vähenes orgaanilise süsiniku ja kaaliumi sisaldus aastatega pidevalt. Kui kasutati orgaanilisi väetisi (sõnnik, haljasväetised), siis aga vastupidi tõusid vastavad näitajad stabiilselt aastatega nii mahe- kui tavatootmise põldudel (Järvan,*et al*, 2013-2014).

Paljudel aastatel saadakse mahetootmises saaki, mis ei kata 100% põllul kasvanud kultuuri rajamiseks tehtud kulutusi, mis tähendab, et ilma toetusteta ei ole majandamine jätkusuutlik ja konkurentsivõimeline. Seda näitasid ka Olustvere katses tehtud majanduslikud analüüsid (Järvan, *et al* 2013-2014). Edukas tootmine saab toimuda ainult sellel juhul, kui suudetakse saada püsiv mullaviljakus. Mahetootmine praegult on siiski vaid lihtsustatud variant tavatootmisest, mis lühemas plaanis ei taga põllumehele piisavat rentaablust, ka mulla viljakuse säilitamine on keerulisem (Tooming,*et al*, 2012).

2. METOODIKA

2.1 Katse üldiseloostus ning mullastik

2008. aastal rajati Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja rohumaaviljeluse osakonna katsepõllule Eerikal (58°22' N, 26°40' E) pikaajaline põldkatse mahe- ja traditsioonilise viljelusviisi võrdluseks. Katsepõllu muld oli *Stagnic Luvisol* (WRB klassifikatsiooni järgi). Mulla lõimis oli liivsavi ja huumuskihi tusedus keskmiselt 30 cm (Reintam ja Köster, 2006; Tein *et al.*, 2010). Katsepõllu mulla süsinikusisaldus oli rajamisaastal 1,55%, üldlämmastiku sisaldus 0,14%, liikuva fosfori sisaldus 128,54 mg kg⁻¹, liikuva kaaliumi sisaldus 134,01 mg kg⁻¹, magneesiumi sisaldus 154,83 mg kg⁻¹, kaltsiumi sisaldus 1317,67 mg kg⁻¹ ja mulla pH_{KCl} 5,8.

Mõlemas viljelussüsteemis kasutati viieväljalist külvikorda, kus kultuuride järjestus oli järgmine: talinisu (*Triticum aestivum L.*), hernes (*Pisum sativum L.*), kartul (*Solanum tuberosum L.*), oder ristiku allakülviga (*Hordeum vulgare L. ja Trifolium pratense L.*), ristik (*Trifolium pratense L.*). 2012. aastal lõppes I rotatsioon. Antud uurimustöö andmed talinisu kohta pärinevad II rotatsiooni algusest kuni rotatsiooni eelviimase aastani (2013–2016. a.), seega on talinisu kõigil katsevariantidel lämmastikulise toitumise seisukohalt tegemist ristiku esimese järeilmõju aastaga + kasvuaasta väetamised vastavalt variandile. Katse oli üles ehitatud süstemaatilise plokküsteemina neljas korduses. Igas korduses oli esindatud terviklik külvikord, mis jagunes 7 väetisvariantiks (maheviljeluse süsteemis kolm ja traditsioonilises viljelussüsteemis neli väetisvarianti). Variantid ja kordused olid üksteise kõrval ilma eraldusvaheta, kusjuures katselapi pindala oli 60 m². Mahe- ja tavaviljelussüsteem olid eraldatud 18 m laiuse rohuribaga vältimaks mahesüsteemi saastumist pestitsiidide ja mineraalväetistega.

2.2 Variantide iseloostus

Maheviljelussüsteemis kasutati 3 väetisvarianti, mis erinesid üksteisest lämmastiku allika poolest: M0 M1 ja M2. M0 ehk kontrollvariandi ainus lämmastiku allikas oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride (*Pisum sativum L. ja Trifolium pratense L.*) poolt

sümbiootiliselt seotud atmosfääri N₂, mis küntakse mulda koos liblikõieliste kultuuridega rotatsiooni jooksul kokku kaks korda. M1 variandis oli lämmastikuallikaks lisaks N₂-le veel vahekultuuride poolt seotud lämmastik. Vahekultuuridena kasvatati talinisu, kartuli ja herne järel vastavalt raiheina (*Lolium perenne L.*), talirukist (*Secale cereale L.*), ja talirapsi (*Brassica napus ssp. oleifera var. biennis*), mis külvati vahetult peale põhikultuuri koristust ja künti mulda peale lume sulamist aprillis. Antud magistritöös käsitletavaks perioodiks oli M2 variandil kõiki neid vahekultuure kasvatatud, seega oli talinisu eel II rotatsiooni alguseks mulda viidud viie aasta jooksul kolme vahekultuuri ja kahe liblikõielise kultuuri haljasmass koos nende poolt kogutud lämmastikuga. M2 variandi lämmastikuallikaks oli lisaks N₂-le ja vahekultuuride poolt seotud lämmastikule veel ka hästi komposteerinud sõnnik. Sõnnik künti maasse septembri lõpus või oktoobri alguses vahetult enne vahekultuuri talirapsi külvi. Kartulile antakse 20 t komposteerinud sõnnikut ha kohta, talinisule pealtväetisena varakevadel 10 t ha⁻¹ ja odrale ristiku allakülviga kevadel enne külvi 10 t ha⁻¹. Sõnniku keemilised omadused ja N, P, K kogused, mis anti talinisule kevadel võrsumisfaasi alguses, on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Sõnniku keemilised omadused ja toitelementide keskmised sisaldused kuivaines aastatel 2013–2016 tehtud analüüside põhjal

Aasta	pH _{KCl}	N%	P %	K %	Kuivaine, %
2013	7,0	1,2	0,4	0,95	45
2014	7,7	1,3	0,4	1,2	35
2015	6,8	2,8	0,5	2,0	16
2016	6,6	0,8	0,2	0,3	57

Traditsioonilises viljelussüsteemis olid lämmastiku allikaks lisaks külvikorras kasvanud liblikõielistele ka mineraalne lämmastikväetis, kusjuures talinisu külvi eelselt said kõik variandid ka P–K kompleksväetist vastavalt 25–95 kg ha⁻¹. Väetisvariandid traditsioonilises viljelussüsteemis erinesid üksteisest mineraalse lämmastiku koguste poolest: N0 ehk kontrollvariandis mineraalset lämmastikväetist ei antud, mulla lämmastikuga varustamine oli täpselt sama kui maheviljelusviisi M0 variandis; variandid N50, N100 ja N150 mineraallämmastiku kogused olid vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha⁻¹. Lämmastikväetiseks oli NH₄NO₃, mis anti talinisule varakevadel võrsumisfaasi alguses, lämmastiku kogused 100 ja 150 kg N ha⁻¹ anti kahes jaos vastavalt 50+50 ja 50+100, kusjuures teine osa anti talinisu loomiseelses faasis.

2.3 Teostatud agronoomilised tööd

Tavaviljeluses talinisu seemned puhiti Baytan Universaliga 3 l t⁻¹ ja idanevate seemneta arv m² kohta oli 450. Talinisu külv toimus 9. ja 5. septembril 2012. ja 2013. a. vastavalt, sordiks oli Fredis. Äestamine esimese kevadise mullaharimisena tehti 26.04.2013. ja 15.04.2014. a. Samadel kuupäevadel väetati mineraallämmastikuga ka tavaviljelusviisi talinisu variandid N50, N100 ja N150 ja maheviljelussüsteemis laotati sõnnik pealtväetisena variandile M3, seejärel toimus kõikide variantide äestamine. 14. ja 9. mail aastatel 2013 ja 2014 vastavalt toimus traditsioonilise viljelusviisi kõigi variantide pritsimine herbitsiidiga Secator 150 ml ha⁻¹, 2014. a. toimus herbitsiidiga Secator korduspritsimine 26. mail. Tavasüsteemis pritsiti kasvuregulaatorit CCC 0.8 l ha⁻¹ 2013. ja 2014. a. vastavalt 29. ja 26. mail. Talinisu loomiseelne lämmastikuga väetamine N100 ja N150 variantidel toimus 04.06.2013 ja 29.05.2014. 20.06.2013 toimus tavaviljeluses kõigi variantide pritsimine fungitsiidiga Allegro Super 0,5 l ha⁻¹, oli märgata natukene helelaiksust ja nisu-pruunlaiksust (DTR) ning alumisel lehel jahukastet, mis kõrgemale ei jõua ja taime ei kahjusta. 2014. a. fungitsiidiga pritsimist ei olnud vaja teha. Katsepõllul teostatud tööd aastatel 2014-2016 toodud välja tabelis 2.

Tabel 2. Tehtud tööd aastatel 2014-2016; talinisu kasvuaastatel 2015 ja 2016

	Kuupäev	Tehtud töö	Kasutatud vahendid	Kogus, kulunorm	ühik
2014	20. august	Kündmine	-	-	-
	29. august	Kultiveerimine	-	-	-
		Kultiveerimine			
	15. september	Talinisu külv	Sort "Fredis"	450	s/m ²
		Külvi rullimine			
18. september	Väetamine	YaraMila Cropcare 3:11:24 AN 34,4	500 15	kg/ha	
2015	20. aprill	Väetamine	AN 34,4	50; 100	kg/ha

	24. aprill	Äestamine	-	-	-
		Äestamine			
	5. mai	Väetamine (mahe 2)	Sõnnik	10	t/ha
	8. mai	Umbrohutõrje, keemiline	Sekator OD	150	ml/ha
	28. mai	Haigustõrje, kasvuregulaator	Allegro Super	0,5	l/ha
			CCC	0,8	
	6. juuni	Väetamine	AN 34,4	50	kg/ha
	12. august	Koristus	"Fredis"	3,4-8,2	t/ha
	11. september	freesimine	-	-	-
	14. september	Talinisu külv	sort "Fredis"	450	s/m ²
	15. september	Külvi rullimine	-	-	-
	28. september	Talinisu ümberkülv	Sort "Fredis"	450	s/m ²
	29. september	Külvi rullimine	-	-	-
	2. oktoober	Väetamine	YaraMila Cropcare 3:11:24	500	kg/ha
			AN 34,4	15	kg/ha
2016	26. aprill	äestamine	-	-	
	2. mai	Pritsimine biostimulaatoriga	Aminocat	200	ml/ha
	3. mai	Umbrohutõrje, keemiline	Sekator OD	150	ml/ha
	6. mai	Väetamine	AN 34,4	50; 100	kg/ha
	6. juuni	Väetamine	AN 34,4	50	t/ha
	26. august	Koristus	"Fredis"	1,3-2,9	

2.4 Proovide võtmine ja analüüsimeetodid

Enne talinisu koristust võeti kõikidelt variantidelt ja kordustelt 0.3 m² suuruselt alalt talinisu vihud (kokku 28 proovi), millest määrati taimede arv, üld- ja produktiivvõrsete arv pinnaühiku kohta, 20 juhuslikult valitud kõrre ja pea pikkus, pähikute ja terade arv peas, terade mass peas. Vihu kaudu arvutati maapealne biomass, põhu mass ja koristusindeks. Talinisu kvaliteedinäitajatest käsitletakse antud töös terade 1000 tera massi, mahumassi, proteiinisaldust ja hinnatakse jahu väljatulekut terast.

Talinisu koristati kombainiga, mille heedri laius oli 2 m, seega arvestuslapi suurus oli 20 m². Keemilised analüüsid taimede ja sõnniku proovidest tehti EMÜ mulla- ja agrokeemia osakonna keemialaboris. Ahjus kuivatatud sõnniku ja taime proovide üldlämmastiku (N_{üld}), üldsüsiniku (C_{üld}) sisaldus määrati kuivtuhastamise meetodil varioMAX CNS elementanalüsaatoriga (ELEMENTAR, Germany) (Methods of...1986). Sõnniku üldfosfori (P_{üld}) ja üldkaaliumi (K_{üld}) kontsentratsiooni määramiseks kasutati märgtuhastamismeetodit väävelhappe lahusega. Terade proteiinisaldus ja proteiinisaak arvutati järgmise valemi järgi:
 $Proteiinisaldus\% = N\% \times 6,25;$

2.5. Nisuterade jahvatamine

Jahvatamiseks võeti 1000 g nisuteri iga katsevariandi kohta, mis jahvatati hambuliste rullidega laborveskiga Земля, mille rullide vahekaugus oli 3 mm. Pärast jahvatamist sõeluti proovid nelja fraktsiooni: kestad (jahuosakeste suurus üle 800 µm), kliid (jahuosakeste suurus üle 380 µm), jämejahu (jahuosakeste suurus 220–380 µm) ja peenjahu (jahuosakeste suurus all 220 µm). Kogu jahusaak saadi jäme- ja peenjahu liitmise teel (jahuosakeste suurus 1–380 µm).

2.5 Ilmastikutingimused

Antud põldkatse talinisu külvist kuni koristuseni ilmastikutingimused on toodud tabelites 2 ja 3. Aasta 2012 septembrist kuni aasta 2013 juuli lõpuni keskmine temperatuur oli täpselt sama võrrelduna aastate 1969–2013 keskmisega. Sellegi poolest oli märgatavaid erinevusi kuude lõikes. Näiteks 2012 aasta septembri, novembri ja 2013 aasta mai, juuni ning juuli keskmine temperatuur oli üldiselt paari kraadi võrra soojem võrrelduna 1969-2013 aasta vastavate

kuude keskmistega. Samas oli ka 2012 aasta detsember ja 2013 aasta jaanuar ja märts märgatavalt külmem võrrelduna 1969–2013 aasta keskmiste temperatuuridega. Kõige suurem erinevus esineski 2013 märtsis mil temperatuuri oli 6,1 °C külmem võrrelduna 1969–2013 aastate märtsi keskmisega. Sademeid esines talinisu kasuperioodil 2012–2013 aastal 118,8 mm vähem võrreldes 1969–2013 aastate keskmisega. Kõige tähelepanuväärsemad erinevused esinesid 2012 aasta detsembris mil oli sademete hulk 25,4 mm ning 2013 aasta juunis mil sademete hulk oli 23,5 mm vähem kui aastate 1969–2013 toodud kuude keskmine. Keskmine temperatuur ja sademed neljal katseaastal toodud välja tabelites 3 ja 4.

Tabel 3. Keskmine temperatuur (°C) 2013–2016 võrrelduna aastate (1969–2016) keskmisega

Kuu	Keskmine temperatuur, °C				
	2013	2014	2015	2016	1969–2016
Aprill	3.5	6.5	5.4	6.1	4.8
Mai	14.8	11.9	10.3	14.0	11.5
Juuni	18.2	13.4	14.3	15.9	15.4
Juuli	17.8	19.9	15.7	17.8	17.5
August	16.9	16.8	17.0	16.1	16.2
Aprill– August	14.2	13.7	12.5	14.0	13.1

Tabel 4. Sademete kogus (mm) 2013–2016 võrrelduna aastate (1969–2016) keskmisega

Kuu	Sademete kogus, mm				
	2013	2014	2015	2016	1969–2016
Aprill	17	13	51	50	27
Mai	61	84	60	2	57
Juuni	52	104	40	125	77
Juuli	63	71	62	82	71
August	75	113	42	42	87
Aprill– August	268	384	251	301	319

2.6 Andmetöötlus

Hindamiseks viljelusviisi ja katse aasta mõju erinevate väetusvariantide kuivaine saagile ja kvaliteedile kasutati korrelatsioonanalüüsi, faktoriaalset dispersioonanalüüsi (ANOVA) ja kahe-faktorilist ANOVA-t. Kirjeldavat analüüsi kasutati homogeensete gruppide statistiliselt oluliste erinevuste leidmiseks viljelusviisi, katseaasta ja keskmiste kuivaine saakide vahel. Keskmised on esitatud koos/ilma standardveata (\pm SE). Statistilise olulisuse tase määrati $p < 0,05$, kui ei ole märgitud teisiti.

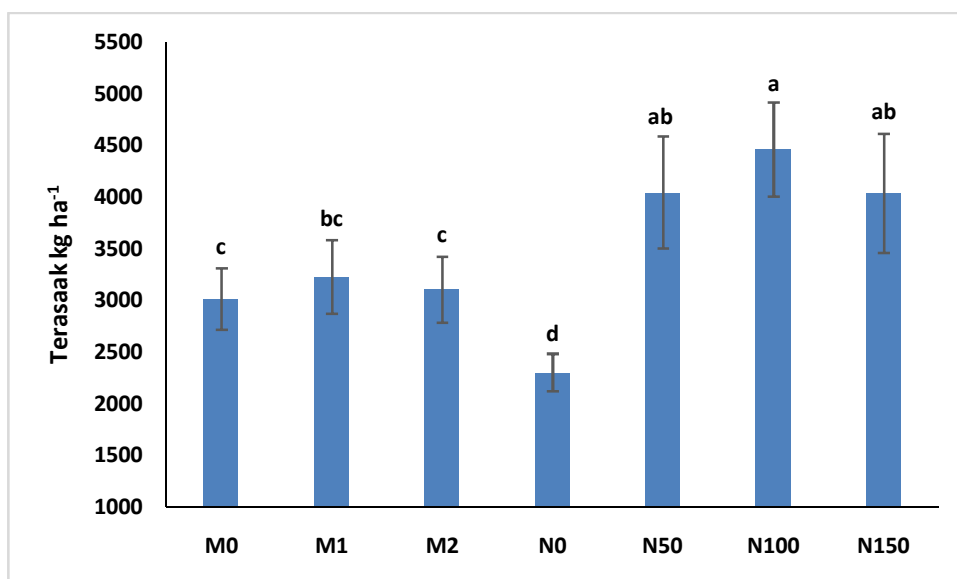
3. TULEMUSED JA ARUTELU

Mahe- ja tavasüsteemis kasvatatud teraviljade hindamine on väga keeruline, sest tuleb hinnata väga paljusid näitajaid (Łysoń *et al.* 2015). Määravaks faktoriks mahesüsteemis kasvanud teraviljade tulemustele on lämmastiku dünaamika ja kättesaadavus taimedele (Hanell *et al.* 2004, Osman *et al.*, 2011). Üldiselt arvatakse, et mahesüsteem mõjutab teraviljade kvaliteeti positiivselt, aga terasaak on väiksem kui tavasüsteemis kasvanud teraviljadel (Kwiatkowski *et al.*, 2015).

3.1 Talinisu terasaak

Talinisu terasaagid aastate 2013–2016 keskmisena olid usutavalt erinevad (joonis 1). Tavasüsteemi variantide saagikus oli keskmiselt 21% suurem kui mahesüsteemil.

Dispersioonanalüüs näitas, et talinisu terasaaki mõjutasid usutaval määral nii väetisvariant, katseaasta ilmastik kui ka nende koosmõju. Kõige enam mõjutasid uuritud faktoritest terasaaki katseaasta ilmaolud, seejärel variant ja nende koosmõju, vastavalt 60, 19 ja 17% ulatuses. Nii suur ilmastiku mõju keskmistele terasaagi tulemustele oli tingitud eelkõige 2015. ja 2016. aasta suurest saagikuse erinevusest. Soodsate ilmaolude tõttu 2015.a. oli talinisu saagikus vahemikus 2215–8153 kg ha⁻¹, samas kui ebaõnnestunud talvitumise tõttu oli saagikus 2016.a. vahemikus 1323–2876 kg ha⁻¹.



Joonis.1 Talinisu terasaak 2013–2016 aastate keskmisena

***M0** – maheviljelussüsteemi kontrollvariant; **M1** –talvine vahekultuur V; **M2** –V+sõnnik; **N0** – tavaviljelussüsteemi kontrollvariant; **N50, N100, N150** – tavaviljelussüsteemis talinisule mineraalse lämmastiku annusedjärgnevalt 50, 100 ja 150 kg N/ha; **Erinevad tähed näitavad usutavat erinevust

Mahesüsteemi variantide saagikus oli tavasüsteemi omadest 1000-1400 kg/ha väiksem. Välja arvatud kontrollvariant N0, mille saagikus oli 2301 kg/ha.

Mahesüsteemi kõige suurema terasaagi andis M1 variant, 3228 kg/ha kohta. Kõige väiksem saagikus oli M0 variandil, 3013 kg/ha kohta. M2 variandil oli saagikus 6,7% võrra suurem kui M0 variandil. M2 variandi saagikus oli 3 % võrra suurem kui M0-l

Tavasüsteemi saagikaim variant oli N100, 4461 kg/ha. N100 variandi saagikus oli 48% võrra suurem kui kontrollvariandil N0. Kõige enam väetatud, N150 variant oli kontrollvariandist saagikam 43% võrra. Antud katse puhul polnud 150 kg/ha efektiivsem kui 100 kg/ha, kuna saagikus langes. See tuleneb sellest, et väetiskogus ja saak ei ole omavahel lineaarses seoses. Väetiste efektiivsuse all mõeldakse enamsaaki, mida saadakse väetise kasutamisel. Väetiskoguste suurendamisel kultuuri saagikuse juurdekasv väheneb ühtlaselt kuni koguseni, mis hakkab kultuuri saagikust allapoole viima. Matemaatilist seost saagi ja väetiskoguse vahel nimetatakse saagifunktsiooniks. See on ruutfunktsioon, mille tuletis ehk diferentsiaalefektiivsus näitab iga täiendava juurdeantava väetiskogusega saadavat saagilisa põllult (Astover, 2010).

Talinisu saagikus sõltub väga oluliselt katseaasta ilmastikust (Kangor, *et al*, 2011). Tera suurust mõjutavad rohkem sort ja aasta mõju. Võrsumisaegselt antud lämmastik mõjutab terade suurust oluliselt. Eriti mõjub see väikseteraliste sortide puhul, näiteks talinisu sort "Ada" lämmastikväetis tuleb anda jaotatult (Koppel, 2008).

Kõrge terasaagi saamiseks on vaja anda palju toitaineid, eriti vajatakse lämmastikku. Oluline on agronoomiliste tööde täpne ajastamine ja õnnestumine, hea sordi valimine (Kivistik, 2005). Uute sortide nisuterades on N-i sisaldus sageli väiksem kui vanematel sortidel, kuid uued sordid on saagikamad. Uute sortide seemnete mass on mahesüsteemis kasvatades tõusnud kuni 20 % võrreldes vanade sortidega ning tavasüsteemis kasvatades isegi kuni 47 % Saagikuse kasvu seostatakse koristusindeksi tõusuga, olulised on veel terade arv m² kohta ja

terade arv peas (Hildermann, *et al*,2009). Produktiivvõrsete arv sõltub väga palju antud NPK kogusest (Alexander, *et al*,2014).

Umbrohtude esinemine põllus mõjutab palju saagikust. Mahesüsteemi variantides esineb umbrohtumist oluliselt rohkem kui tavasüsteemi variantides (Edesi, L 2010/2011).

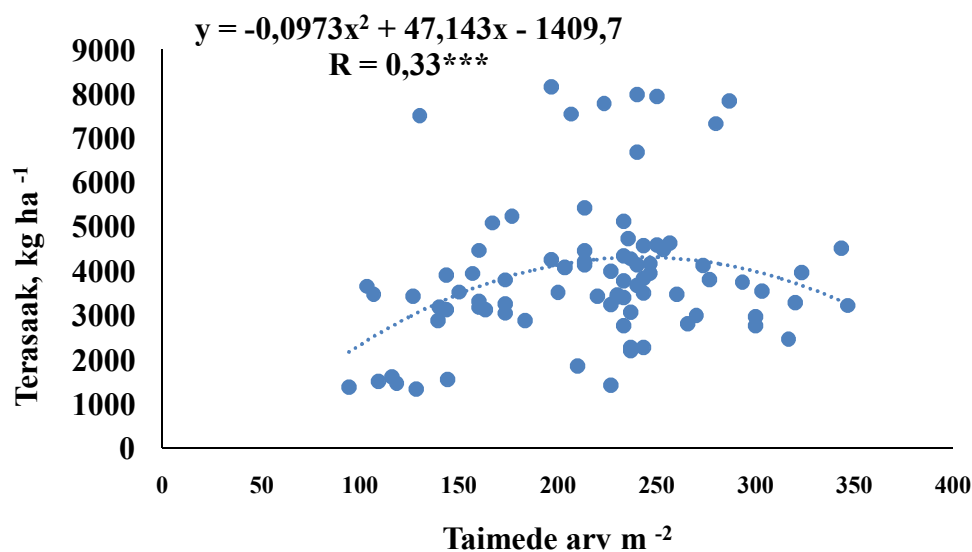
Teraviljade saagikus sõltub üksikute saagistruktuuri elementide arenemisest ja kasvamisest. Saagistruktuuri elemendid on kujunemise kronoloogilises järjestuses järgmised: produktiivvõrsete arv pinnaühikul, produktiivvõrsete arv taime kohta, pähikute arv, pea pikkus, terade arv ja mass peas, viimasest tuleneb terade mass pinnaühikul. Kasvava teravilja saagistruktuuri elemendid on omavahel pidevalt mõjutatud vastastikku toimiva kompensatsioonisüsteemi kaudu. Kui varem areneva saagistruktuuri elemendi kogus on suur (produktiivvõrsete arv taimel ja pinnaühikul), siis hiljem kujunevad elemendid nagu terade arv ja mass peas, 1000 tera mass, mahumass tavaliselt vähenevad (s.o. juhul, kui süsteemiväliselt lisatoetust, näiteks väetamist ei toimu;Peltonen, 1992). Sama kehtib vastupidi – kui varem kujunevad struktuuri elemendid teatud põhjustel on väiksed, siis hiljem kujunevad elemendid suurenevad.

Antud töös esitatakse terasaaki ja teda usutaval määral mõjutanud saagistruktuuri elementide vahelised seosed regressioonvõrrandina (mitte varianditi aastate keskmisena), sest valdav osa näitajatest kõikus vastavalt variatsioonikoefitsiendile (kõikumine 38–55%) aastate lõikes väga suurel määral ja aastate keskmisena erinevused variantide vahel olid ebausutavad.

3.2 Taimede arv ja terasaak

Terasaagi seisukohast on kõige määravamaks saagistruktuuri elemendikstaimede ja produktiivvõrsete arv pinnaühiku kohta (Peña *et al*, 1982). Seda mõjutab taliviljade puhul talvitumine ja võrsumisfaasis antud lämmastikväetis (Yoshihira *et al*, 2002).

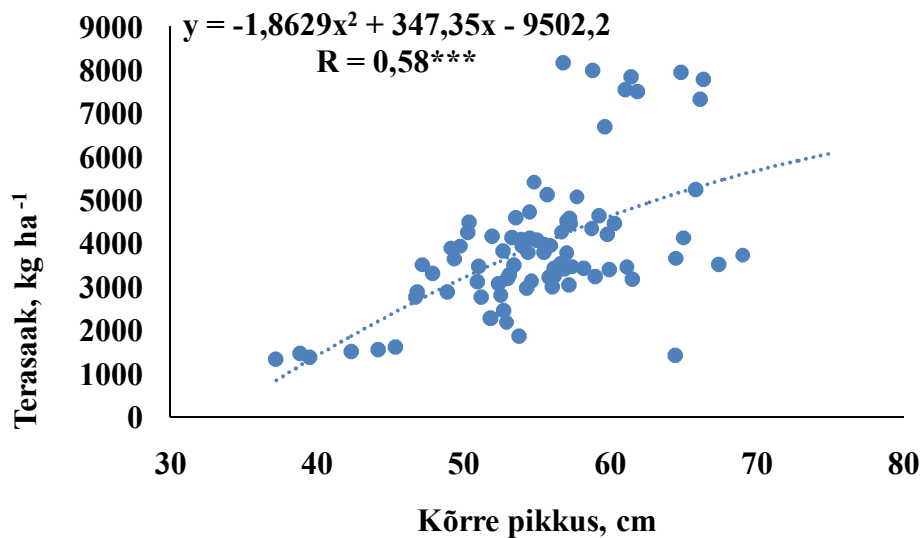
Mineraalset lämmastikväetist saanud tavasüsteemis oli talinisu taimede keskmine produktiivvõrsete arv m² kohta 15 % suurem (aastad 2013–2016), e mahe- ja tavasüsteemis vastavalt 343 ± 11,2 ja 402 ± 13,0 produktiivvõrset m² kohta (joonis 2). Dispersioonanalüüsi järgi mõjutas produktiivvõrsete arvu pinnaühikul 14% ulatuses katseaasta ilmastik ja 10% ulatuses viljelusviis.



Joonis 2. Taimede arvukuse (tk m² kohta) mõju talinisu terasaagile aastatel 2013–2016

3.3 Terasaak ja kõrre pikkus

Varasemad katsed on näidanud, et suurema maapealse biomassiga taimede terasaak on suurem ja pikema kõrrega taimed on ühtlasi suurema maapealse biomassiga (Guarda *et al.* 2004). Joonisel 3 on näha, et talinisu terasaak oli aastate 2013–2016 keskmisena positiivses korrelatsioonis kõrre pikkusega ($P < 0,001$). Mahesüsteemis kasvanud taimede kõrre pikkus oli 13–33% lühem võrreldes tavasüsteemi taimedega. Ilmselt taimede kõrsumisfaasis mahesüsteemis orgaanilise väetise lämmastik ei olnud veel kättesaadav, mis põhjustas ka lühema kõrre ja ka väiksema maapealse biomassi. Eesti tingimustes saabub talinisu kõrsumisfaas tavaliselt mai teisel poolel, kuid orgaanilise lämmastiku mineraliseerumisprotsess ei ole selleks ajaks veel läbi ja seetõttu orgaanilisest väetisest ei ole lämmastik taimedele veel kättesaadav.

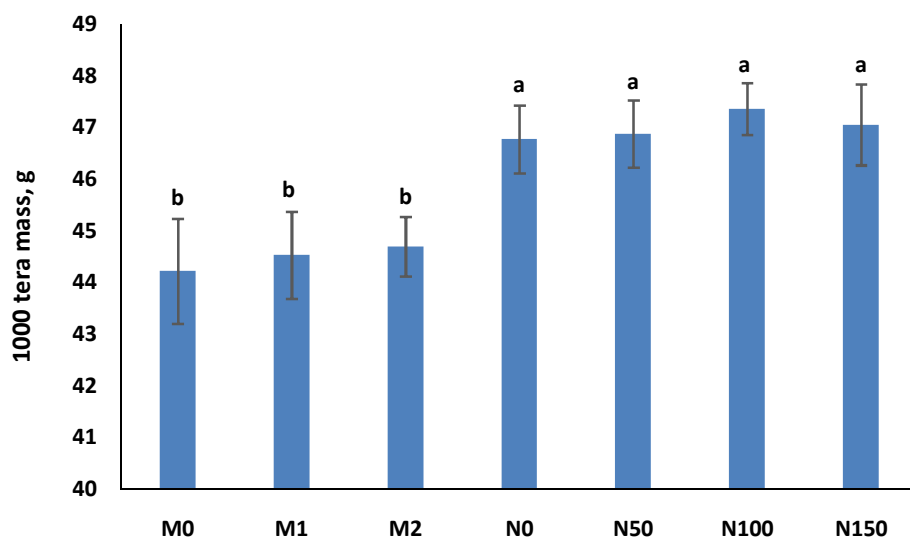


Joonis 3. Kõrre pikkuse mõju terasaagi suurusele aastatel 2013–2016

Kõrrepikkuse vähenemine tingib väiksema põhukoguse, samas terasaagi osatähtsussuureneb ning saadakse suurem koristusindeks. Uued sordid saavutavad kõrgeima koristusindeksi max N-i koguste juures (Hildermann, *et al* 2009).

3.4 1000 tera mass

Väetisvariant ja viljelusviis mõjutasid talinisu 1000 tera massi usutaval määral, kusjuures mahesüsteemis kasvanud terade 1000 tera mass uuritud aastatel oli 4–23% väiksem kui tavasüsteemi oma (joonis 4). Dispersioonanalüüs näitas, et kõige suuremat mõju avaldas 1000 tera massi suurusele katseaasta ilmastik (65% ulatuses) ja seejärel väetisvariant (16% ulatuses).



Joonis 4. Erinevate variantide 1000 tera mass (g) aastate 2013–2016 keskmisena.

***M0** – maheviljelussüsteemi kontrollvariant; **M1** – talvine vahekultuur V; **M2** – V+sõnnik; **N0** – tavaviljelussüsteemi kontrollvariant; **N50, N100, N150** – tavaviljelussüsteemis talinisule mineraalse lämmastiku annusedjärgnevalt 50, 100 ja 150 kg N/ha; **Erinevad tähed näitavad usutavat erinevust

Maheüsteemi 1000 tera mass oli usutaval määral 1-2 grammi võrra väiksem kui tavasüsteemil.

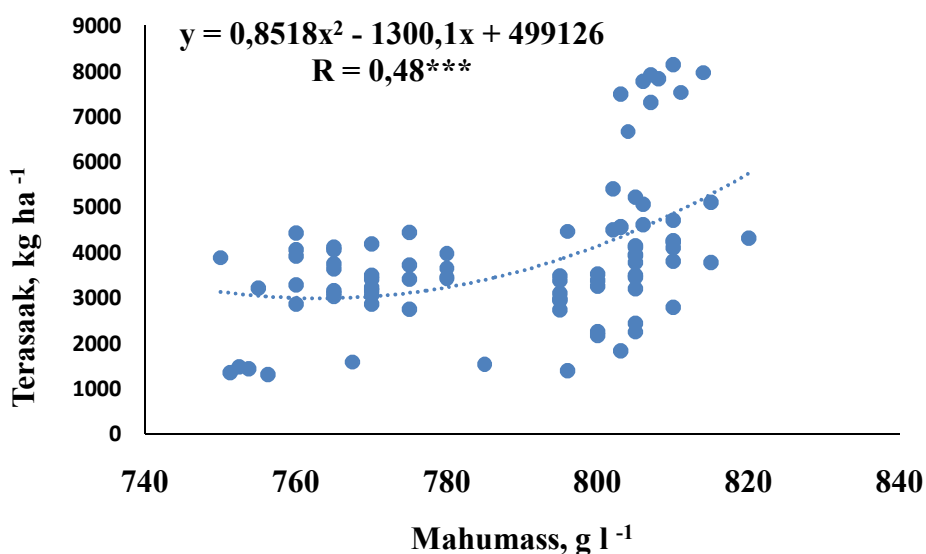
Numbriliselt kõikus maheüsteemi variantide 1000 tera mass 44,2 g ja 44,7 g vahel. Tavasüsteemi kõige väiksem 1000 tera mass oli N0 variandil 46,7 g, kõige suurem aga, N100 variandil 47,4 g.

Mõned autorid on leidnud, et 1000 tera massile ei avalda mõju mahe- või tavatootmine. Küll aga sageli tõuseb terade mass, kui antakse taimetele kasvu ajal rohkem toitaineid. Antud katses leidis see väide kinnitust. On veel leitud, et väga kõrgete lämmastikukoguste juures on 1000 seemne mass väiksem kui vähem väetatud teraviljal (Guarda, *et al* 2004). Seda väidet võib kinnitada katsevariant N150, kus näitaja oli madalam kui N100 variandil. Terade täitumisperiodil avaldab palju mõju ilmastik, eriti põuused olud (Kangor, *et al* 2010/2011).

3.5 Mahumass

Mahumass näitab toiduvilja kokkuostjale teradest jahu väljatulekut. Mahumassi väetamisega väga palju parandada ei saa (Koppel *et al*, 2010).

Viljelusviis ei mõjutanud terade mahumassi usutaval määral, küll aga mõjutas seda katseaasta ilmastik. Madalamad mahumassi näitajad olid aastatel 2014 ja 2016, olles teistest katseaastatest kuni 7% madalamad; korrelatsioonianalüüs näitas, et määrav oli tera täitumisperioodil (st juulis) valitsenud ilmaolud. Nendel aastatel oli juulikuu sademete hulk pika-ajalisest keskmisest tunduvalt suurem, 2014.a. oli ka temperatuur kõrgem (tabelid 2 ja 3). Mahumassi näitajad ja terasaagi suurus olid 2013–2016 aasta andmete põhjal omavahel positiivses korrelatsioonis ($p < 0,001$; joonis 5).



Joonis 5. Mahumassi mõju talinisu terasaagi suurusele aastatel 2013–2016

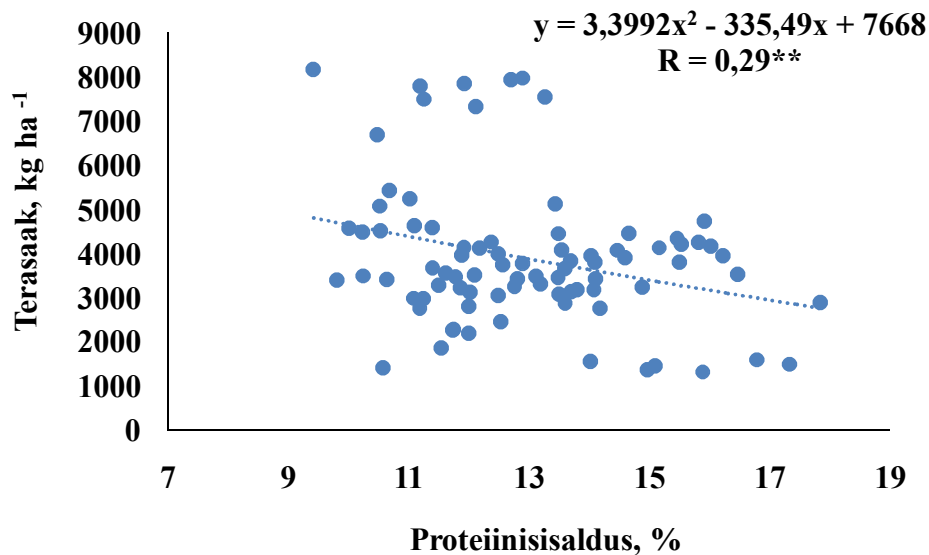
Mahumassi mõjutab rohkem pigem sort kui kasvukoht, samas agrotehnika mõju mahumassile polnud usutav, leiti Jõgeva SAI katses (Koppel, 2009).

3.6 Proteiinisaldus

Talinisu proteiinisaldust mõjutas dispersioonanalüüsi andmetel uuritud faktoritest kõige enam katseaasta ilmastik (60% ulatuses), seejärel väetusvariant (24%) ja viljelussüsteem (11%). Antud katses varieerus keskmine terade proteiinisaldus vahemikus 9,4 kuni 18,2. Katseaastate keskmine proteiinisaldus oli kõrgeim tavaviljelusviisi N150 puhul, kus terades olev sisaldus oli 15,4%. Kõrge sisaldusega oli ka teine tavasüsteemi variant N100 (15,0%), kus lämmastikku anti 100 kg/ha kohta. Nimetatud väetusvariantide keskmised olid ka teistest

usutavalt erinevad. Madalaima terade proteiinisaldusega olid kõik maheüsteemi variandid ja tavasüsteemi kontrollvariant, kus statistiline erinevus puudus (aastate keskmine proteiinisaldus oli vahemikus 12,6–12,9%). Kõrgemad proteiinisaldused variantides N100 ja N150 võisid olla põhjustatud lämmastikväetise jaoti andmisest. Kirjandusest on teada, et lämmastikväetise lisamine nisule loomiseelses faasis suurendab teratäitumisperiodil lehtedest terasse liikuva lämmastiku kogust (Yoshihira et al, 2002).

Korrelatsioonanalüüsist selgus, et terade proteiinisaldus ja terasaak on omavahel negatiivses korrelatsioonis (joonis 6), mis on kooskõlas ka varasemate uurimustega (Simmonds, 1995).



Joonis 6. Terade proteiinisalduse ja terasaagi omavaheline seos aastatel 2013–2016

Saagikamatel sortidel on pikem kasvuaeg, nende proteiinisaldus on samuti madalam kui lühema kasvuajaga sortidel. Kui antakse kogu lämmastikunorm korraga, saadakse suur terasaak, aga proteiinisaldus jääb madalaks kuna tera moodustamise faasis ei jätku piisavalt lämmastikku proteiini moodustamiseks (Tõnissoo, 1995).

3.7 Jahusaak

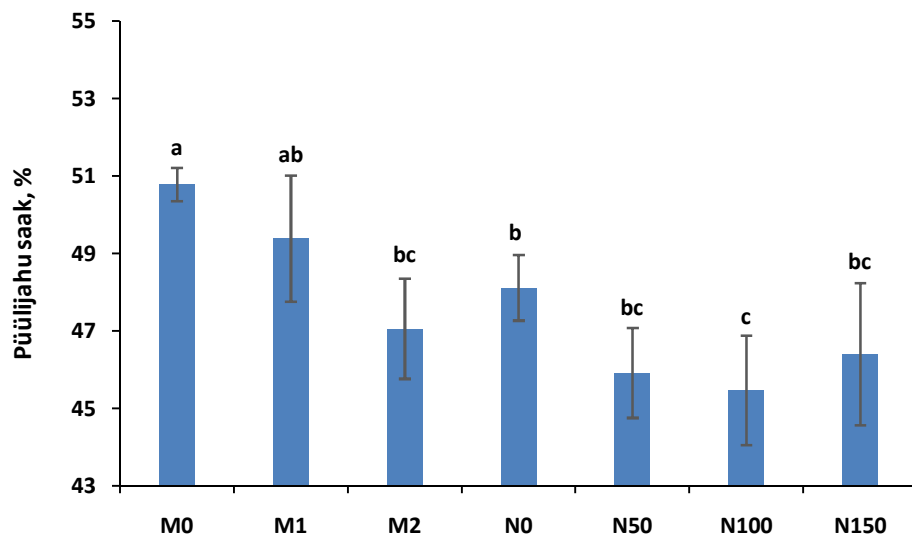
Antud katses hinnati ka peenjahu saagi suurust. Jahuveskites sageli suunatakse esmaselt purustatud terad uuesti ringlusse, et saavutada võimalikult väikese tuhasisaldusega jahu.

(Campbell et al., 2007). Mida rohkem on jahus kliide ja kestade osakesi, seda suurem on jahu tuhasisaldus. Õhuliste saiate valmistamisel hinnatakse kõrgelt just peenjahu ehk väga madala tuhasisaldusega jahu fraktsiooni (Fang, Campbell, 2002). Mida suurem on peenjahu saak juba pärsi esmast terade purustamist, seda ökonoomsem on tootmine (Fang, Campbell, 2003).

Nisu terad on tähtsaks toitainete allikaks nii toidu kui ka sööda valmistamisel, kusjuures 75–78% kogu nisu toodangust kasutatakse toidutööstuses (Psaroudaki 2007). Nisu on levinud ka mahetootmises (Mäder et al. 2007). Seetõttu on nisu terasaagi ja ka jahusaagi kõrge tase tööstuslikult oluline. Bechtel ja Wilson (2003) on öelnud, et peenjahu saak sõltub viljelusviisist, sest see mõjutab endospermi kujunemist tera täitumisperioodil. Endospermi kogus nisu teras on oluline faktor nisujahu saagitaseme kujunemisel. Endospermi osatähtsus teras mõjutab jahuosakeste suurust, jahu tihedust, tärglise terade purunemist jahvatamisel ja jahusaaki (Hruškova ja Švec 2009). Edwards et al. (2008, 2010) on lisaks öelnud, et jahusaak sõltub ka tärgliseterade suurusest. Suured tärgliseterad suurendavad eelkõige tärglise ruumala, aga arvuliselt suurem kogus väikseid tärglisetera suurendavad eripindala ja nisuterade kaalu ning diameetrit, mis omakorda suurendab oluliselt jahusaaki. Evers ja Millar (2002) on öelnud, et väiksemad terad, mille kõhtmisel küljel on vagu suletud, annavad suurema jahusaagi kui suured terad.

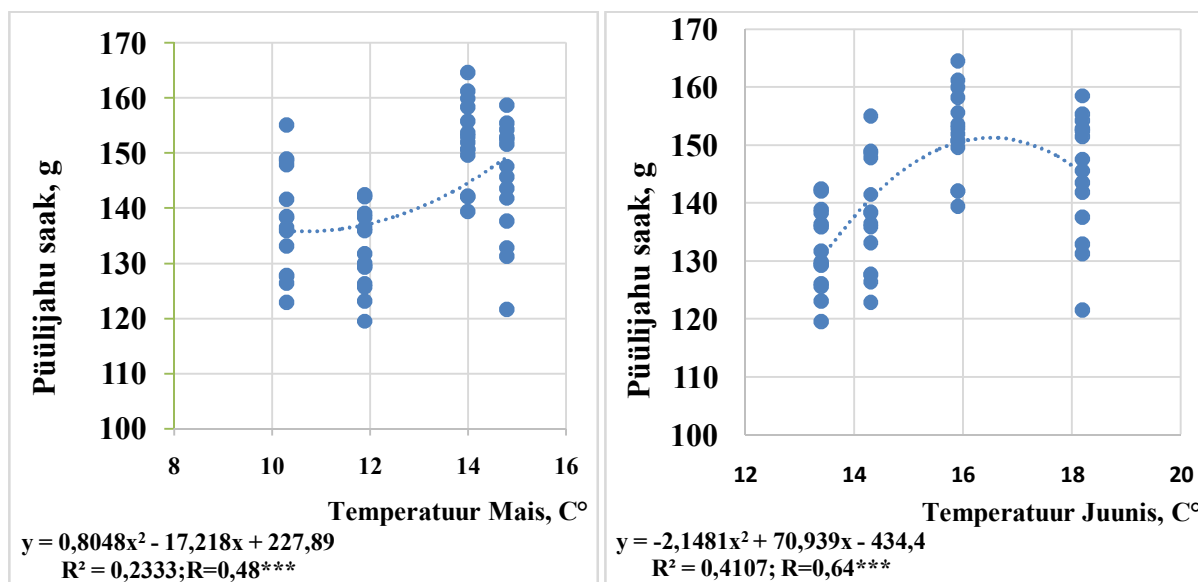
Terade jahvatusprotsessi mõjutavad tema tehnoloogilised omadused (Dziki et al, 2014), mis on mahe- või tavasüsteemis kasvanud taimedel erinev (Krejčířová et al, 2006). Šip et al. (2000) on öelnud, et nisu terade tehnoloogiline kvaliteet ja proteiini koostis on väga suurel määral mõjutatud viljelusviisist, sordist, kasvukohast ja ilmastikutingimustest.

Meie katses dispersioonanalüüsi järgi oli püülijahu saak kõige enam mõjutatud katseaasta ilmastikust, seejärel katsevariandi ja ilmastiku koosmõjust ning katsevariandist (vastavalt 52, 25 ja 15% ulatuses). Samas kogu jahusaak (püülijahu + jämejahu) oli usutaval määral mõjutatud ainult aasta ilmaoludest ($r=0,34$; $P<0,01$). Püülijahu saak oli positiivses korrelatsioonis mai ja juuni temperatuuriga ning juuli sademetega; negatiivses korrelatsioonis maikuu sademetega (joonised 7–9). Kõige suurem püülijahu saak saadi M1 variandil, 49,6%. Kõige väiksem püülijahu saagis oli N100 variandil 45,7%.

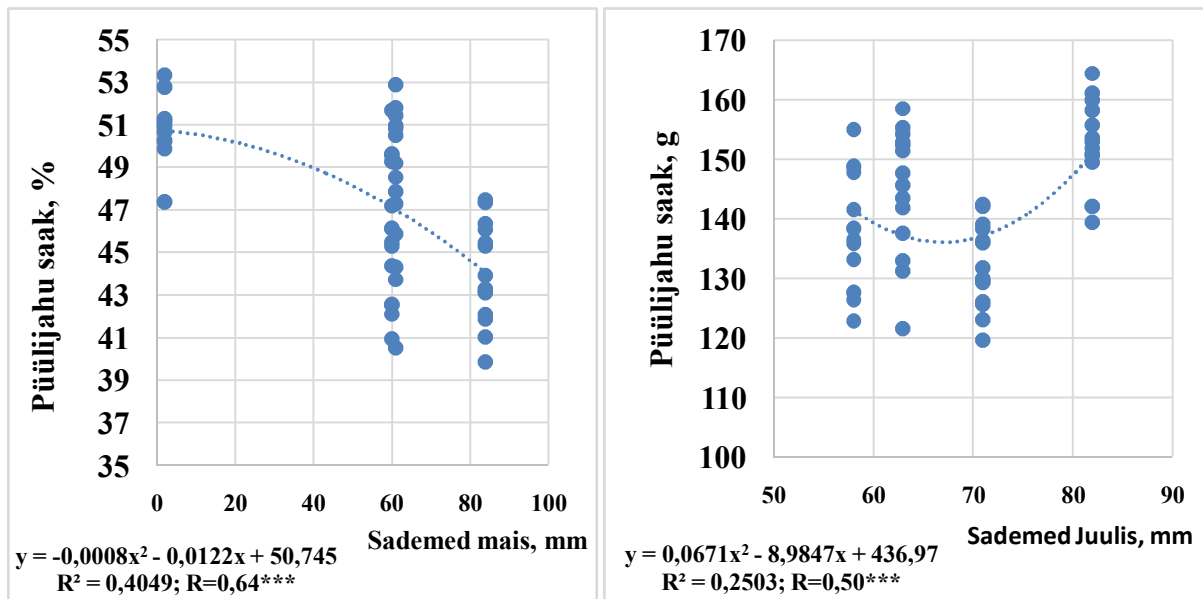


Joonis 7. Talinisu teradest saadud püülijahu saak mahe- ja tavasüsteemis aastate 2013–2016 keskmisena

*M0 – maheviljelussüsteemi kontrollvariant; M1 –talvine vahekultuur V; M2 –V+sõnnik; N0 – tavaviljelussüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavaviljelussüsteemis talinisule mineraalse lämmastiku annusedjärgnevalt 50, 100 ja 150 kg N/ha; **Erinevad tähed näitavad usutavat erinevust

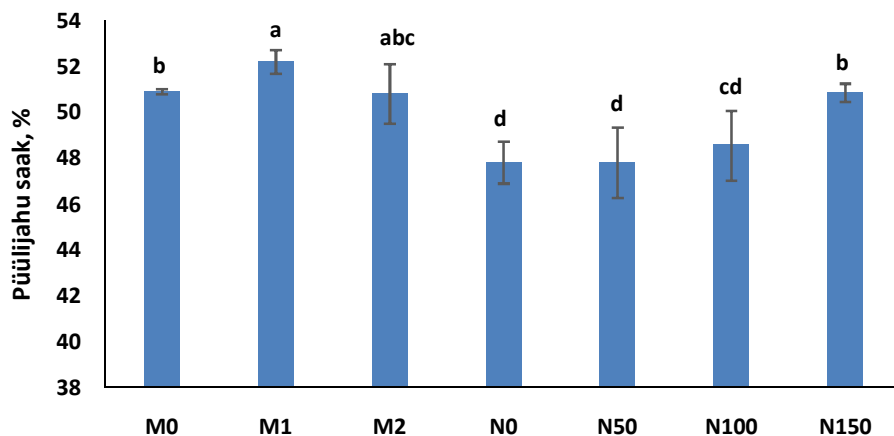


Joonis 8. 2013–2016 aasta mai- ja juunikuu temperatuuride mõju püülijahu saagi suurusele



Joonis 9. 2013–2016 aasta mai- ja juulikuu sademete mõju püülijahu saagi suurusele

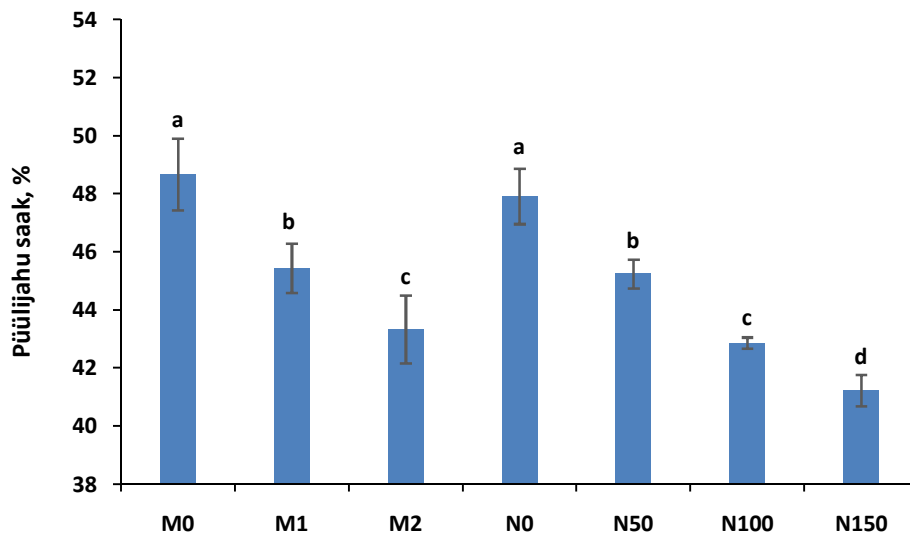
Suuremad püülijahu saagid saadi aastatel 2013 ja 2016, kus maikuu temperatuur oli pikaajalisest keskmisest 2,5–3,3 °C kõrgem ja sademete hulk maikuu I dekaadil (aasta 2013 puhul) või kogu kuu vältel (aasta 2016 puhul) oli pikaajalise vastava näitajaga võrreldes tunduvalt väiksem (joonis 10). Aastatel 2014 ja 2015, kui talinisu talvitumisjärgse vegetatsiooniperioodi sademete hulk oli tunduvalt suurem (vastavalt 384 ja 301 mm; joonis 11). Maheüsteemi püülijahu saagis oli 2014-2015 aastatel 3-7 % väiksem kui 2013 ja 2016 aastatel. Tavasüsteemis oli sama näitaja 2-5 % väiksem.



Jooni 10. Erinevate variantide püülijahu saak aastate 2013 ja 2016 (maikuu soe ja põuane) keskmisena

***M0** – maheviljelussüsteemi kontrollvariant; **M1** –talvine vahekultuur V; **M2** –V+sõnnik; **N0** – tavaviljelussüsteemi kontrollvariant; **N50, N100, N150** – tavaviljelussüsteemis talinisule mineraalse lämmastiku annusedjärgnevalt 50, 100 ja 150 kg N/ha; **Erinevad tähed näitavad usutavat erinevust

Mahesüsteemi suurimpüülijahu saagis olivariandil M2 52,2 %. M1 ja M3 andsid välja vähem jahu, vastavalt 50,6 % ja 50,8 %. Tavasüsteemi N0 ja N50 jahusaagis oli mõlemal ühesuurune, 47,8 %. N150 variandi jahu saagikus 50,8% jäi võrdsele tasemele M1 variandiga. M2 variant andis katses suurima tulemuse. Mahesüsteemis saadi suurem jahusaagis põuastel aastatel.



Joonis 11. Erinevate variantide püülijahu saak aastate 2014 ja 2015 (sademete rohkem) keskmisena

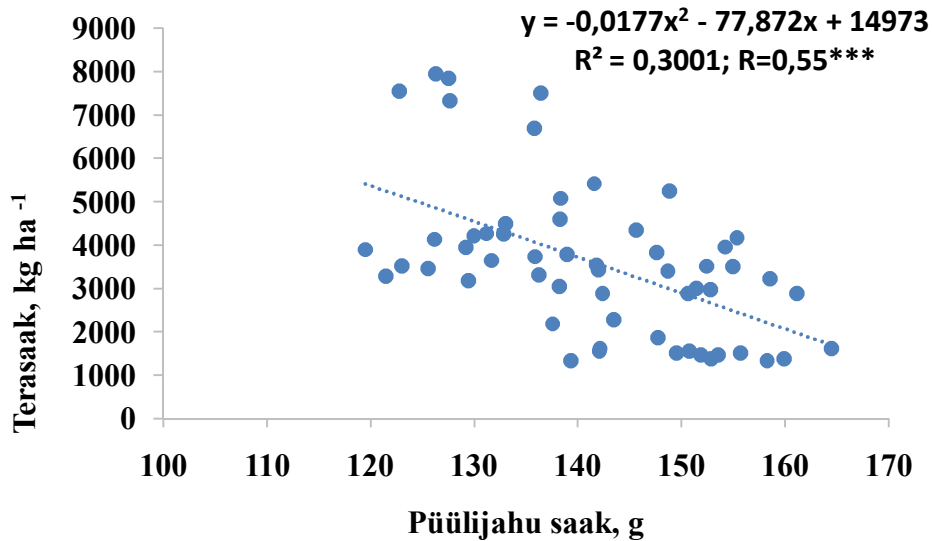
***M0** – maheviljelussüsteemi kontrollvariant; **M1** –talvine vahekultuur V; **M2** –V+sõnnik; **N0** – tavaviljelussüsteemi kontrollvariant; **N50, N100, N150** – tavaviljelussüsteemis talinisule mineraalse lämmastiku annusedjärgnevalt 50, 100 ja 150 kg N/ha; **Erinevad tähed näitavad usutavat erinevust

Viljelusviisi mõju peenjahu saagi suurusele on raske hinnata, sest katseaastate väga erinevate ilmaolude tõttu on ilmastiku mõju osatähtsus uuritud faktorite seas liiga domineeriv. Tendentsina saab öelda, et mahesüsteemis kasvanud taimede teradest saadud peenjahu saak on tavasüsteemi samast näitajast 4–8% võrra suurem (seda eriti aastatel 2013 ja 2016, mis olid terasaagi seisukohast halvemad).

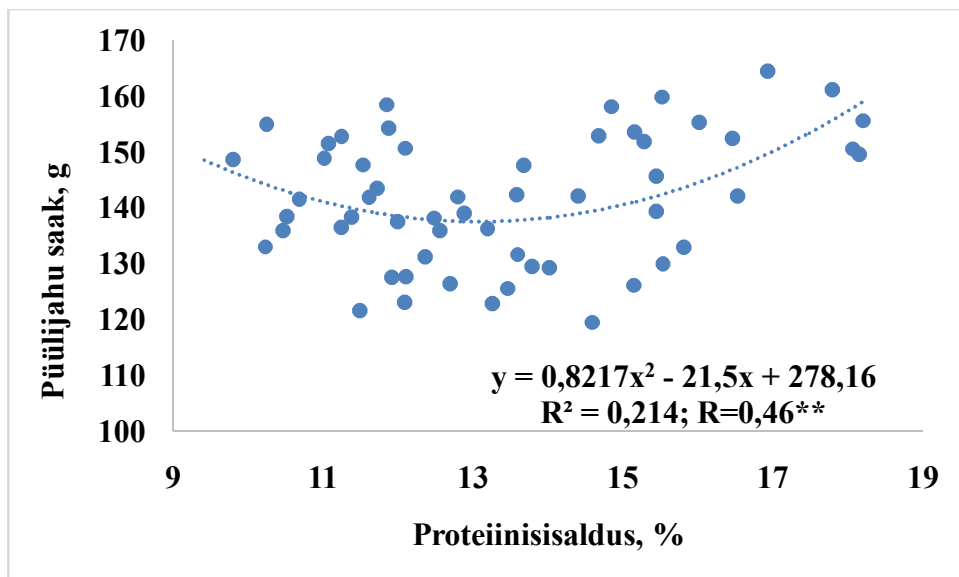
Joonistel 12 ja 13 on toodud peenjahu saagi ja terasaagi ning terade proteiinisalduse vahelised seosed. Esiialgu ei oska veel põhjendada seda, miks on peenjahu saak negatiivses korrelatsioonis talinisu terasaagiga ($p < 0,001$), samas kogu jahu saagi ja terasaagi vahel

puudus usutav seos. Võimalik, et suurt osa antud tulemuses omas ilmastik. Edaspidi vajab see lähemat uurimist.

Püülijahu saak on negatiivses korrelatsioonis terasaagiga.



Joonis 12. Talnisu püülijahu saagi ja terasaagi omavaheline seos aastatel 2013–2016



Joonis 13. Talnisu proteiinisalduse ja püülijahu saagi omavaheline seos aastatel 2013–2016

Püülijahu saak on positiivses korrelatsioonis terade proteiinisaldusega. Ka see seos vajab edaspidist uurimist. Varianditi vaadatuna oli aastate 2013–2016 keskmisena tavasüsteemis proteiinisaldus usutaval määral 1–2,9% võrra kõrgem kui mahesüsteemi variantidel, aga peenjahu saak varianditi vaadatuna pigem madalam. Seetõttu positiivne seos peenjahu ja proteiinisalduse vahel vajab edaspidist selgitust.

KOKKUVÕTE

Uurimistöö tulemusel talinisu sordi Fredis põldkatse põhjal selgusid järgmised asjaolud:

Kinnitust ei leidnud hüpotees, et mahesüsteemis kasvanud talinisu terade proteiinisaldused on kõrgemad kui tavasüsteemis. Katseaastate keskmine proteiinisaldus oli kõrgeim tavaviljelusviisi N150 puhul, kus terades olev sisaldus oli $15,4 \pm 0,46\%$, kõikides tavasüsteemi erinevate variantide lõikes katseaastate keskmisena 12,5–15,44 vahel. Kõrge sisaldusega oli ka teine tavasüsteemi variant N100 (15,0%), kus lämmastikku anti 100 kg/ha kohta. Nimetatud väetusvariantide keskmised olid ka teistest usutavalt erinevad. Madalaima terade proteiinisaldusega olid kõik mahesüsteemi variandid ja tavasüsteemi kontrollvariant, kus statistiline erinevus puudus (aastate keskmine proteiinisaldus oli vahemikus 12,6–12,9%).

Kinnitust leidis hüpotees, et mahesüsteemis kasvanud talinisu peenjahu saagis on suurem. Suuremad püülijahu saagid saadi aastatel 2013 ja 2016, võrreldes aastatega 2014 ja 2015. Püülijahu saak oli kõige enam mõjutatud katseaasta ilmastikust(52%), seejärel katsevariandi ja ilmastiku koosmõjust(25%) ning katsevariandist(15%). Samas kogu jahusaak (püülijahu + jämejahu) oli usutaval määral mõjutatud ainult aasta ilmaoludest ($r=0,34$; $P<0,01$).

Kolmas hüpotees, et viljelusviis mõjutab talinisu terade kvaliteeti vähem kui ilmastik leidis kinnitust. Viljelusviis mõjutas erinevaid kvaliteedi näitajaid (1000 tera mass, mahumass, proteiinisaldus peenjahu saak) 11–24% ulatuses, samas ilmastik 52–65% ulatuses.

- Dispersioonanalüüs näitas, et talinisu terasaaki mõjutasid usutaval määral nii väetisvariant, katseaasta ilmastik kui ka nende koosmõju. Kõige enam mõjutasid uuritud faktoritest terasaaki katseaasta ilmaolud (60%), seejärel variant(19%) ja nende koosmõju(17%). Nii suur ilmastiku mõju keskmistele terasaagi tulemustele oli tingitud eelkõige 2015. ja 2016. aasta suurest saagikuse erinevusest. Soodsate ilmaolude tõttu 2015.a. oli talinisu saagikus vahemikus 2215–8153 kg ha⁻¹, samas kui ebaõnnestunud talvitumise tõttu oli saagikus 2016.a. vahemikus 1323–2876 kg ha⁻¹.
- Mineraalset lämmastikväetist saanud tavasüsteemis oli talinisu taimede keskmine produktiivvõrsete arv m² kohta 15 % suurem (aastad 2013–2016), e mahe- ja

tavasüsteemis vastavalt $343 \pm 11,2$ ja $402 \pm 13,0$ produktiivvõrset m^2 kohta. Dispersioonanalüüsi järgi mõjutas produktiivvõrsete arvu pinnauhikul 14% ulatuses katseaasta ja 10% ilmastik.

- talinisu terasaak oli aastate 2013–2016 keskmisena positiivses korrelatsioonis kõrre pikkusega ($P < 0,001$). Mahesüsteemis kasvanud taimede kõrre pikkus oli 13–33% lühem võrreldes tavasüsteemi taimedega. Ilmselt taimede kõrsumisfaasis mahesüsteemis orgaanilise väetise lämmastik ei olnud veel kättesaadav, mis põhjustas ka lühema kõrre ja ka väiksema maapealse biomassi.
- Väetisvariant ja viljelusviis mõjutasid talinisu 1000 tera massi usutaval määral, kusjuures mahesüsteemis kasvanud terade 1000 tera mass uuritud aastatel oli 4–23% väiksem kui tavasüsteemi oma (joonis 4). Dispersioonanalüüs näitas, et kõige suuremat mõju avaldas 1000 tera massi suurusele katseaasta ilmastik (65% ulatuses) ja seejärel väetisvariant (16% ulatuses).
- Talinisu proteiinisaldust mõjutas dispersioonanalüüsi andmetel uuritud faktoritest kõige enam katseaasta ilmastik (60% ulatuses), seejärel väetusvariant (24%) ja viljelussüsteem (11%). Antud katses varieerus keskmine terade proteiinisaldus vahemikus 9,4 kuni 18,2.
- Katses dispersioonanalüüsi järgi oli püülijahu saak kõige enam mõjutatud katseaasta ilmastikust(52), seejärel katsevariandi ja ilmastiku koosmõjust(25%) ning katsevariandist(15%).

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Alexander, N., Esaulko, A., Elena, A.** (2014). Planning Winter Wheat Yields Based on the Environment and Nutrient Management. Better crops. Volume 98 No 1.
2. **Andersson B.** (1986). Influence of crop density and spacing on weed competition and grain yield in wheat and barley. – Proceedings of the European Weed Research Society Symposium 1986. Economic Weed Control, 121–128.
3. **Astover, A.** (2010). Mullateaduse alused. Tartu. Eesti Maaülikool. 38 lk.
4. * **Becker B., Hurle K.** (1998). Unkrautflora auf Feldern mit unterschiedlich langer ökologischer Bewirtschaftung. – Zeitschrift Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz, Sonderheft XVI, 155– 161. **Edesi, L., Järvan, M., Adamson, A.** (2011). Külvisenormi mõju teraviljade umbrohtumusele mahe- ja tavapõllumajanduslikus külvikorras. Agronoomia 2010/2011
5. **Bechtel, D. B., Wilson, J. D.** (2003). Amyloplast formation and starch granule development in hard red winter wheat. Cereal Chemistry, Vol. 80, lk 175–183.
6. **Bilsborrow. P., Cooper. J., Tetard-Jones. C., S´ rednicka-Tober., D., Eyre. M., Schmidt. C., Shotton. P., Volakakis. N., Cakmakd. I., Ozturkd. L., Leifert. C., Wilcockson. S.** (2013). The effect of organic and conventional management on the yield and quality of wheat grown in a long-term field trial. European journal of agronomy. Vol. 51
7. **Brett F. Carver.** (2009). Wheat: Science and Trade, Wiley-Blackwell.
8. **Campbell GM, Fang C & Muhamad.** (2007). On predicting roller milling performance VI - Effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. Food and Bioproducts Processing 85, 7-23.
9. **Dziki, D., Cacak-Pietrzak, G., Miś, A., Jończyk, K. & Gawlik-Dziki, U.** (2014). Influence of wheat kernel physical properties on the pulverizing process. Journal of Food Science & Technology, Vol. 51, No. 10, lk 2648–2655
10. **Edesi, L., Järvan, M.** (2009). Maheviljeluse alustõed. – Maamajandus, 4, 7–9.
11. **Edwards, M.** (2010). Morphological features of wheat grain and genotype affecting flour yield.
12. Eesti Maaülikool. (2016). Lõputöö vormistamise nõuded. [WWW] http://pk.emu.ee/userfiles/instituudid/pk/PKI/dokumendid/LOPUTOO_VORMISTAMISE_NOUDED.pdf (17.05.2017).

13. Eesti statistika andmebaas [<http://pub.stat.ee>] 15.03.2017
14. Eesti Taimakasvatuse instituut. Talinisu sort Fredis sordikirjeldus [<http://www.etki.ee/index.php/92-sortide-kirjeldused>] 09.05.2017.
15. **Efretuei. A., Gooding. M., White. E., Spink. J., Hackett. R.** (2016). Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*.
16. **Ehdaie, B., Alloush, G.A. and Waines, J.G.** (2008). Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research* 106 lk 34–43.
17. **Evers T & Millar S.** (2002). Cereal grain structure and development: Some implications for quality. *Journal of Cereal Science* 36, lk 261-284.
18. **Fang, C. Y., Campbell, G. M.** (2002). Effect of roll fluting disposition and roll gap on breakage of wheat kernels during first-break roller milling. *Cereal Chemistry* Vol. 79, lk 518-522
19. **Fang, C. Y., Campbell, G. M.** (2003). On predicting roller milling performance V: Effect of moisture content on the particle size distribution from first break milling of wheat. *Journal of Cereal Science*, Vol. 37, lk 31-41
20. **Finney. K. F., Yamazaki. W. T., Youngs. V. L., Rubenthaler. G. L.** (1987). Quality of Hard, Soft and Durum Wheats. *Wheat and Wheat Improvement. Agronomy No 13, Second Edition*, lk. 677–748.
21. **Fitzgerald, M. A., Ugalde, T. D., Anderson, J. W.** (1999). Sulphur nutrition changes the sources of S in vegetative tissues of wheat during generative growth. – *Journal of Experimental Botany*, 50, No. 333, 499–508.
22. **Granvogl, M., Wieser, H., Koehler, P., von Tucher, S., Schieberle, P.** (2008). Influence of sulfur fertilization on the amounts of free amino acids in wheat. Correlation with baking properties as well as with 3-aminopropionamide and acrylamide generation during baking. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol 55, 4271–4277.
23. **Guarda, G., Padovan, S., Delogu, G.** (2004). Grain yield, nitrogen use efficiency and baking quality of old and modern italian bread- wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European journal of Agronomy* 21: 181-192.
24. **Haddad Y, Mabile F, Mermet A, Abecassis J & Benet JC.** (1999). Rheological properties of wheat endosperm with a view on grinding behaviour. *Powder Technology* 105, 89-94.
25. **Hanell, U., L-Baekström, G & Svensson, G.** (2004). Quality studies on wheat grown in different cropping systems: a holistic perspective. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* Vol 54 (4) lk 254–263.

26. **Hildermann, I., Thommen, A., Dubois, D., Boller, T., Wiemken, A., Mäder, P.** (2009). Yield and baking quality of winter wheat cultivars in different farming systems of the DOK long term trial. *Journal science of food and agriculture* Vol 89 lk 2477-2491.
27. **Hrušková, M., Švec, I.** 2009. Wheat hardness in relation to other quality factors. *Czech Journal of Food Sciences*, Vol. 27, lk 240–248
28. **Hsieh FH, Martin DG, Black HC & Tipples KH.** (1980). Some factors affecting the first break grinding of Canadian wheat. *Cereal Chem* Vol 57, 217-223.
29. **Iiumäe E., Hansson, A., Akk E.** (2007). Umbrohutõrje maheviljeluses. – Soovitusi põllukultuuride kasvatajatele. Saku, AS Rebellis, lk 76–80.
30. **Ingver, A., Koppel, R., Koppel, M.** (2011). Nisu kvaliteet erinevates riikides. Efektiivne taimekasvatus. Jõgeva sordiaretuse instituut. Lk 26-31.
31. **Ingver, A., Küüts, H., Annamaa, K., Nõges, M.** (1995). Eestis kasvatamiseks sobivatest suvinisusortidest. Nisukasvatuse arendamisest Eesti Vabariigis nr. 8, lk. 69–80.
32. **Ingver, A., Tamm, Ü., Tamm, I.** (2011). Viljelusviisi mõju suviteraviljade saagi komponentide ja kõrre omadustele. *Agronoomia* 2010/2011. Lk 23-28.
33. **Ingver, A., Koppel, R., Tamm, Ü., Tamm, I.** (2009). Mahe-ja tavatingimustes kasvanud suvinisu küpsetusomaduste võrdlus. *Agronoomia* 2009. Lk. 82-89.
34. **Järvan, M., Edesi, L., Paivel, M., Adamson, A., Akk, E., Kuuskla, M., Kala, R., Laitamm, H., Lukme, L., Akk, A., Luik, S.** (2013). Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakuse ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile. Eesti Maaviljeluse Instituut. Saku. 42 lk.
35. **Järvan, M., Akk, A., Lukme, L.** (2006). Väavli mõju talinisu proteiini bioloogilisele kvaliteedile ja küpsetusomadustele. EMVI teadustööde kogumik nr 71 lk.123-128.
36. **Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L.** (2012). Talinisu saagikus, saagi kvaliteet ja küpsetusomadused sõltuvalt lämmastiku ning väävliga väetamisest. *Agraarteadus (journal of agricultural science)*. Vol 1 lk 12-20.
37. **Kangor, T., Ingver, A., Tamm, I., Moks, M., Põldur, Ü., Soorm, Ü., Iisak, L., Kukk, J.** (2011). Suvinisu agronoomilistest omadustest ja saagi kvaliteedist erinevates katsekohtades. *Agronoomia* 2010/2011. Lk 95-100
38. **Kangor, T., Koppel, R.** (2011). Talinisu produktiivsuse seos kevadise väetamisega. Efektiivne taimekasvatus. Jõgeva sordiaretuse instituut. Lk 18-25.
39. **Kask, R.** (1999). Teraviljakasvatuse looduslikud eeldused ja tingimused Eestis. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Koostanud H. Older. Saku. 342 lk.
40. **Kiik, H.** (1968). Dr. Mihkel Pill. Tallinn, lk. 224.
41. **Kiik, H.** (1989). Maailma viljad, Tallinn: Valgus.

42. **Kivistik, J. Tõnissoo, A.** (1995). Nisukasvatuse arendamisest Eesti Vabariigis. Toidunisu tera kvaliteedi sõltuvus agrotehnikast. AS Infotrükk. Tallinn nr.8
43. **Kivistik, J., Oll, Ü.** (1995). Nisukasvatuse arendamisest Eesti Vabariigis. Nisu loomasöödana. AS Infotrükk. Tallinn nr.8
44. **Koppel, R.** (2008). Talinisu sortide 'Ada' ja 'Ebi' omadused ja kasvatamise eripära. Põllukultuuride uuemad sordid, nende omadused ja kasvatamise eripära. Jõgeva. Lk 14-21.
45. **Koppel, R.** (2009). Talinisu saak ja kvaliteet olenevalt aastast, kasvukohast ja agrotehnikast. Põllukultuuride sordid omadused ja soovitusi kasvatamiseks. Jõgeva sordiaretuse instituut. Lk 36-44.
46. **Koppel, R., Ess, M.** (2007). Millest sõltub teravilja saagikus, Talinisu sortide omadused ning agrotehnilised võtted kvaliteetse talinisu kasvatamiseks. Jõgeva SAI 2007.
47. **Koppel, R., Ingver, A.** (2012). Eesti nisu kvaliteedi vastavus eksporditurgude nõuetele. Põllukultuuride sordid ja nende kasutamine. Jõgeva. Lk 20-27
48. **Koppel, R., Ingver, A., Haljak, M.** (2008). Talinisu perspektiivsete aretiste saak ja kvaliteet sõltuvalt agrotehnika intensiivsusest. Sordiaretus ja seemnekasvatus X. Lk 52-57.
49. **Koppel, R., Ingver, A., Ruzfas, V.** (2010). Talinisu aretuse lähtematerjali ja perspektiivsete aretiste saak ja kvaliteet 2005–2009. a Jõgeva SAI-s. Sordiaretus ja seemnekasvatus X. Lk 42-51.
50. **Koppel, R.** (2007). Talinisu „Ada” kvaliteet erinevate lämmastikväetiste liikide ja normide kasutamisel. Agronoomia 2007. Lk 37-40.
51. **Krejčířová, L., Capouchová, I., Petr, J., Bicanová, E., Kvapil, R.** (2006). Protein composition and quality of winter wheat from organic and conventional farming. Zemdirbyste-Agriculture , Vol. 93, No. 4, lk 285–296
52. **Kruus, V. Tõnissoo, A.** (1991). Toidunisu kasvatamise juhend.
53. **Kuldkepp, P.** (1996). Taimede toitumine. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Koost. H. Kärblane, Tln., lk. 13–39.
54. **Kuldkepp, P., Carlsson, L.B., Ellermäe, O., Leming, R., Luik, A., Lund, V., Mikk, M., Põldma, P., Redman, M., Tamm, U., Vetemaa, E., Viil, P.** (2008). Põllumajandusministerium. Mahepõllumajanduse alused.
55. **Kwiatkowski, C.A., Haliniarz, M., Tomczyńska-Mleko, M., Mleko, S. & Kawecka-Radomska, M.** (2015). The content of dietary fiber , amino acids, dihydroxyphenols and some macro- and micronutrients in grain of conventionally and organically grown common wheat, spelt wheat and proso millet. Agricultural & Food Science 24: 195–205.
56. **Kärblane, H., Kevvai, L., Kalmet, R.** (1996). Mineraalväetised. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Koost. H. Kärblane, Tln., lk. 149–196.
57. **Kärner, E., Kangro, M., Kärner, M.** (1999). Lämmastikväetise normi, eelvilja, fungitsiidi ja retardandi mõju talinisu teraliimisisaldusele. Teaduselt põllule ja aeda. Jäneda, lk. 82-87.

58. **Langer, R.H.M. and Liew, F.K.Y.** (1973). Effects of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and on grain nitrogen in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 24: 647–656
59. ***Davies, D.B., Garwood, T.W.D. & Rochford, A.D.H.** (1996). Factors affecting nitrate leaching from a calcareous loam in east Anglia. – *Journal of Agricultural Science* 126, 75–86.
- Lauringson, E., Talgre, L., Makke, A., Lükko, M., Nurm, L.** (2011). Vahekultuuride biomassi moodustumise ja toitainete sidumise võime. *Agronoomia* 2010/2011. Lk 53-58.
60. **Lepajõe, J.** (1984). *Nisu*. 134 lk.
61. **Linnutaja, A., Kärblane, H.** Lämmastikväetiste mõju söödateravilja saagile ja kvaliteedile. Lk 357-374.
62. **Lukme, L.** (2006). Millisest nisuusordist saab head saia. [WWW] [<http://pmk.agri.ee/est/ettekanded/lea.pdf>] 07.04.2017
63. **Lukme, L., Akk, A.** (2007). Nisu küpsetusparameetrid ja sortide võrdlus katsete põhjal. *Agronoomia* 2007. lk 41-44
64. **Lysoń, E., Biel, W. & Sobolewska, M.** (2015). Estimation of the selected winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties cultivated in organic and conventional crop production systems. *Zootechnica* 320(35)3 lk 59–68.
65. **Noormets, M., Järvan, M., Edesi, L., Adamson, A. Paivel, M.** (2011) Erinevate viljelusviiside mõju taimetoiteelementide sisalduse dünaamikale mullas. *Agronoomia* 2010/2011. Lk 29-36
66. **Older, H.** (1999). *Teraviljakasvatuse käsiraamat*. Saku. 342 lk.
67. **Osman, A.M., Struik, P.C. & Lammerts van Bueren, E.T.** (2011). Perspectives to breed for improved baking quality wheat varieties adapted to organic growing conditions. *Journal of The Science of Food & Agriculture* 92 lk 207–215.
68. **Osman, M., A., Struik, C. P., Lammerts van Bueren, Edith T.** (2012). Perspectives to breed for improved baking quality wheat varieties adapted to organic growing conditions. *Journal of science Food Agric.* Vol 92
69. **Parham, J.A., Deng, S.P., Raun, W.R., Johnson, G.V.** (2002). Long-term cattle manure application in soil. I. Effect on soil phosphorus levels, microbial biomass C, and dehydrogenase and phosphatase activities. *Biology and Fertility of Soils*, Vol 35, 328–33
70. **Parmar, P., Sindhu, S.S.** (2013). Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. *Journal of Microbiology Research*, 3, 25–31.
71. **Peltonen, J.** (1992). Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat. *Crop Sci.*, 32, 1029-1033.
72. **Peña, R.J., Nagarajan, P., Bates, L.S.** (1982). Grain shrivelling in secondary hexaploid triticales: II. Morphology of mature and developing grains related to grain shrivelling. *Cereal Chem* Vol 59, 459.

73. **Petcu, E., Toncea, I., Mustateal, P., Petcu, V.** (2011). Effect of organic and conventional farming systems on some physiological indicators of winter wheat. *Romanian agricultural research*, no. 28
74. **Pomeranz Y & Williams PC.** (1990). Wheat hardness: its genetic, structural, and biochemical background, measurement, and significance. In *Advances in Cereal Science and Technology*, ed. Pomeranz Y, lk 471-544.
75. **Psaroudaki, A.** (2007). An extensive survey of the impact of tropospheric ozone on the biochemical properties of edible plants. *WSEAS Transactions on Environment and Development* 3, 99–100.
76. **Schnyder, H.** (1993). The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain filling – a review. *New Phytologist* **123**: 233–245.
77. ***Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Jossi, W., Widmer, F., Oberson, A., Frossard, E., Oehl, F., Wiemken, A., Gattinger, A., Niggli, U.** (2006). *ISOFAR*, Berlin, lk. 41–58. **Sepp, K., Kanger, J., Särekanno, M.** (2011). Mullaviljakuse muutusest mahe- ja tavaviljelusel külvikordades. *Agronomia* 2010/2011.
78. ***Rasmussen, I. A. Askegaard, M. Olesen, J. E.** (2006). The Danish organic crop rotation experiment for cereal production 1997–2004. – Long-term Field Experiments in Organic Farming. *ISOFAR*, Berlin, Lk. 117–134. **Sepp, K., Kanger, J., Särekanno, M.** (2011). Mullaviljakuse muutusest mahe- ja tavaviljelusel külvikordades. *Agronomia* 2010/2011.
79. **Hepperly, P. R., Douds, D. Jr., Seidel, R.** (2006). The Rodale Farming Systems Trial 1981 to 2005: Long-term analysis of organic and conventional maize and soybean cropping systems. Long-term Field Experiments in Organic Farming. *ISOFAR*, Berlin, lk 15– 32. **Sepp, K., Kanger, J., Särekanno, M.** (2011). Mullaviljakuse muutusest mahe- ja tavaviljelusel külvikordades. *Agronomia* (2011).
80. **Shewry, P. R.** (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60 (6), lk 1537–1553.
81. **Shpolyanskaya AL.** (1952). Structural and mechanical properties of the wheat grain. *Colloid J* Vol 14, 137-148.
82. **Simmonds, N. W.** (1995). The relation between yield and protein in cereal grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67(3). 309–315 lk.
83. **Stockdale, E.A., Shepherd, M.A., Fortune, S., Cuttle, S.P.** (2002). Soil fertility in organic farming systems – fundamentally different? – *Soil Use and Management*, 18 lk 301–308.
84. **Zhanga, Y., Wang, J., Gong, S Xua. D., Sui, J.** (2017). Nitrogen fertigation effect on photosynthesis, grain yield and water use efficiency of winter wheat. *Agricultural Water Management*. Vol. 179. lk 277-287.
85. **Tamm, I., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Narits, L., Tamm, Ü., Mansber, M., Vetemaa, A., Sepp, K.** (2011). Mahepõllumajanduslik teravilja- ja õlikultuuride kasvatus.

86. **Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A.** (2009). Suviteraviljade proteiinisaldus tava- ja maheviljeluses. *Agronoomia* 2009. Lk. 78-81.
87. **Tooming, M., Ess, M.** (2012). Maheviljeluses toodetud teravilja kvaliteedi parandamine. Põllukultuuride sordid ja nende kasutamine. *Jõgeva Lk* 46-47.
88. **Tõnissoo, A.** (1995). Teraviljade külv ja kasvuaegne hooldamine. Suviteraviljade tootmine ja töötlemine Eesti Vabariigis. Tallinn. lk 134-138.
89. Uus-Meremaa talunik purustas ametliku nisusaagirekordi.
[<http://www.pollumajandus.ee/uudised/2017/04/27/rekord-uus-meremaa-talunik-purustas-ametliku-nisusaagirekordi>] 19.05.2017.
90. **Vipper, H.**, (1995). Tali- ja suvinisu koht külvikorras. Nisukasvatuse arendamisest Eesti Vabariigis. EAA väljaanne. Tallinn. 8: 96-100.
91. **Yoshihira, T., Karasawa, T., Nakatsuka, K.** (2002). Traits associated with high-yield in winter triticale in Hokkaido, Japan – comparison with wheat and rye. Nitrogen fertilizer efficiency. *International Triticale Symposium, Vol. 2, Poland*, 149-160.

THE EFFECT OF ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING ON YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT

SUMMARY

The research result of the winter wheat variety “Fredis” field tests revealed the following facts:

The hypothesis that winter wheat grains grown in the organic system have a higher protein content than winter wheat grains grown in the conventional system, cannot be confirmed. Throughout the years, N150 had the highest average protein content in conventional tillage where it was 15.4%. Also, the high protein content of the second variant of Conventional tillage was in variant N100, where 100 kg of nitrogen fertilizer per hectare was used. All organic system variants had the lowest protein content, with no statistical difference (4 year average protein content was ranged from 12.6 to 12.9%).

The hypothesis that the organic system winter wheat flour yield is higher was confirmed. The largest fine flour yields were in 2013 and 2016, compared to the years 2014 and 2015. Total flour yield was credibly affected only by the weather. ($r=0.34$; $P<0.01$).

The third hypothesis that cultivation practices affect the quality of winter wheat grains less than the weather, was confirmed. Cultivation practices influenced a variety of quality indicators (weight of 1000 grains, the volume of the mass, the protein content of flour catch) to the extent of 11-24%, while weather was accountable for 52-65%.

- The ANOVA showed that winter wheat grain yield was believably affected by the fertilizer’s variant used in the experiment and the weather, as well as their combined impact. According to the test the grain yield was affected by the weather conditions (60%), then the option (19%) and their interaction (17%). It was affected by the weather in 2015 and 2016. Due to favourable weather conditions in 2015, winter wheat yields were in the range of 2215-8153 kg per hectare, while the yield was due to the failure of hibernation in 2016 in the range of 1323-2876 kg per hectare.
- After winter wheat fertilization with mineral nitrogen the plants productive average number of shoots per m² was 15% higher (years 2013-2016), 343 ± 11.2 in the organic and 402 ± 13.0 in the conventional system respectively. By the ANOVA the

variance of the number of productive amount per unit area was influenced 14% by the year and 10% by weather conditions .

- Winter wheat grain yield was positively correlated with the years of 2013-2016 as the average length of the straw ($P < 0.001$). The plants which were growing in the organic system had 13-33 % shorter stems than plants in the conventional system. The main reason was the lack of nitrogen in growing stages.
- The variant of fertilizer and cultivation practices affected the kernel weight of 1000 grains to the believable extent. In the system of organically grown grains the kernel weight of 1000 grains of the years studied was 4-23% lower than of the kernels grown in the conventional system. (Figure 4). Organically grown grains' weight in the system was 4-23% lower than in the conventional system Figure 4). The ANOVA showed that the most significant impact on the weight of the 1000 grain kernels' size was weather (65%), then a variant (24 %), and then the fertilizer (16%). The average protein content of the grains was in the range of 9.4 to 18.2.
- According to the ANOVA the flour yield was mostly affected by the weather (52%), then the combined effect of the weather and the variant (25%) and then the variation (15%).

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Toomas Horma,

1. Annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Talinisu saagi- ja kvaliteedinäitajad sõltuvalt viljelusviisist, mille juhendaja on Maarika Alaru, PKI teadur,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

_____ allkiri

Tartu, 22.05.2017

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(kuupäev)