



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Evelin Veinberg

**VILJELUSVIISI JA ILMAOLUDE MÕJU TALINISU SAAGI
STABIILSUSELE**

THE EFFECT OF FARMING SYSTEMS AND WEATHER
CONDITIONS ON THE YIELD STABILITY OF WINTER
WHEAT

Bakalaureusetöö
Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendaja Maarika Alaru, *PhD*

Tartu 2020

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureuse lõputöö lühikokkuvõte	
Autor: Evelin Veinberg		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Viljelusviisi ja ilmaolude mõju talinisu saagi stabiilsusele			
Lehekülgi: 37	Jooniseid: 10	Tabeleid: 2	Lisasid: 1
Osakond / Õppetool:		Taimekasvatus ja taimebioloogia	
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:		Taimekasvatus, B390	
Juhendaja(d):		PhD, Maarika Alaru	
Kaitsmiskoht ja -aasta:		Tartu 2020	
<p>Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada tava- ja maheviljelusviisi mõju talinisu terasaagi stabiilsusele, suurusele ning kvaliteedile. Eesti Maaülikooli katsepõllule Eerikale loodi 2008. aastal mahe- ja tavatootmist võrdlev pikaajaline katse. Töös kasutatakse 2012.–2019. aasta andmeid. Katse rajati süstemaatilise plokksüsteemina neljas korduses. Mahesüsteemi variandid olid Org I, Org II, Org III, kus lämmastiku allikaks olid liblikõieliste poolt sümbiootiliselt seotud õhulämmastik, talviste vahekultuuride poolt seotud lämmastik ja sõnnik. Tavasüsteemi variandid N50, N100, N150 said lisaks liblikõielistele ka mineraallämmastikku.</p> <p>Terasaagi varieeruvus katseaastate keskmisena oli variatsioonikoeffitsiendi järgi väiksem mahesüsteemis (24–28%). Saagi suurem varieeruvus tavasüsteemis võis olla tingitud ilmastiku mõjust mineraalse lämmastikväetise kättesaadavusele taimede võrsumisfaasis, mis mõjutab olulisel määral produktiivvõrsete arvukust ja seeläbi ka saagikust. Lämmastikväetise jaotatult andmine suurendas gluteeni sisaldust terades. Viljelusviisi ja väetisvariant mõjutasid 1000 tera massi usutaval määral, kusjuures tõenäosusanalüüs näitas, et mahesüsteemis kasvanud taimede 1000 tera mass on tõenäoliselt keskmiselt 3,55 grammi väikse kui tavasüsteemi taimedel. Katses mõjutas talinisu langemisarvu dispersioonanalüüsi andmetel uuritud faktoritest kõige enam katseaasta ilmastik (74%).</p>			
Märksõnad: talinisu, langemisarv, gluteen, 1000 tera mass, ilmastik			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Education Thesis	
Author: Evelin Veinberg		Curriculum: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: The effect of farming systems and weather conditions on the yield stability of winter wheat			
Pages: 37	Figures: 10	Tables: 2	Appendixes: 1
Department / Chair:		Field Crops and Plant Physiology	
Field of research and (CERC S) code:		Crop Production, B390	
Supervisors:		Maarika Alaru, PhD	
Place and date:		Tartu, 2020	
<p>The aim of this bachelor's thesis is to identify the effect of conventional and organic farming on the stability, quantity and quality of winter wheat yields. The field trial was created in 2008 on the experimental field in Eerika at the Estonian University of Life Sciences to compare the organic and conventional farmings. This thesis compares the data of the years 2012–2019. Systematic block system in four replicates was used in this experiment. The organic system used variants Org I, Org II and Org III where the sources of nitrogen were legumes fixing atmospheric nitrogen, winter cover crops and farm manure. The conventional system used variants N50, N100, N150 where in addition to legume crops mineral nitrogen was also added.</p> <p>According to the coefficient of variation, the average variability of the yield in the test years was lower in the organic system (24–28%). The increased variability of yield in the conventional system could be due to the climatic impact on the availability of mineral nitrogen fertiliser in the booting stage of plants, which significantly affects the number of productive shoots and therefore also affecting the wheat yield. Distribution of nitrogen fertiliser increased gluten content in the grains. The farming system and the fertiliser affected the thousand kernel weight significantly, whereas the analysis of probability showed, that plants grown in organic farming had 1000 kernel weight averagely 3.55 g lower than that in conventional farming. The Falling Number is a very important factor to determine the quality of wheat grains. The analysis showed that the weather conditions of the test year (74%) had the highest impact on the Falling Number.</p>			
Keywords: winter wheat, falling number, gluten, thousand grain weight, weather			

SISUKORD

SISUKORD	4
SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1 Talinisu (<i>Triticum aestivum</i> L.) üldiseloomustus	7
1.2 Erinevate aastate sademete ja temperatuuri mõju saagi stabiilsusele	8
1.3 Mahe- ja tavaviljelusviis	9
1.3.1 Lämmastiku tähtsus maheviljeluses	9
1.3.2 Väetamine	10
1.4 Talinisu kvaliteet	11
1.4.1 1000 tera mass	11
1.4.2 Gluteen ja gluteeni indeks	11
1.4.3 Langemisarv	12
2. MATERJAL JA METOODIKA	13
2.1 Katse üldiseloomustus	13
2.2 Variantide iseloomustus	14
2.3 Teostatud agronoomilised tööd põllul	14
2.4 Proovide võtmine ja analüüsimeetodid	15
2.5 Ilmastikutingimused	16
2.6 Andmeanalüüs	17
3. TULEMUSED JA ARUTELU	18
3.1 Talinisu terasaak	18
3.2 Talinisu terade kvaliteet	21
3.2.1 Gluteenisisaldus	21
3.2.2 Talinisu 1000 tera mass	23
3.2.3 Langemisarv	26
KOKKUVÕTE	28
KASUTATUD KIRJANDUS	30
LISAD	34
Lisad 1. Lihtlitsents	35
SUMMARY	36

SISSEJUHATUS

Nisu (*Triticum aestivum* L.) on maailmas enim kasvatatav ja tähtsaim kultuurtaim. Üheks väga oluliseks põhjuseks on nisu koostis, mis on igati sobilik inimtoiduks. Seetõttu on nisust saanud kõige enam kasvatatav toiduvili. Enamik inimkonnast toitub nisusaadustest. Nisu kasvatatakse ka loomadele söödaks (Kruus, Tõnissoo, 1991). Nisu lai levik maailmas on võimalik ka seetõttu, et ta on kohanenud kasvamiseks ja annab stabiilse saagi väga erinevates looduslikes tingimustes (näiteks Skandinaaviamaadest kuni Lõuna-Ameerikani).

Eestis kasvatati rauaajal nisu vähem, odra kasvupind oli suurem. Odra puhul oli tegu vähem nõudlikuma kultuuriga. Nisu kasvatamine elavnes aastatel 1920...1930. Sellele aitas kaasa Jõgeva sordiaretusjaama direktor Mihkel Pill oma tegevusega. Kuuekümnendatel aastatel suurenes nisusaak veelgi, millele aitas kaasa maaviljeluskultuuri tõus (Lepajõe, 1984).

Aastal 2008 oli Eestis nisu kasvupinda 107 tuhat hektarit. Talinisu saak antud aastal oli 163,8 tuhat tonni, suvinisu puhul 178,7 tuhat tonni. Talinisu saagikus oli 3,8 tonni hektarilt, suvinisu saagikus 2,7 tonni hektarilt. Aastaks 2019 oli nisu kasvupind kasvanud 167 tuhande hektarini. Talinisu saak antud aastal oli 651,8 tuhat tonni, suvinisu korral 194,7 tuhat tonni. Talinisu saagikus oli 5,6 tonni hektarilt, suvinisu saagikus 3,7 tonni hektarilt (pub.stat.ee). Vahepealsetel aastatel võis märgata ka pisikesi kõikumisi kasvupinna osas, kuna aastad olid erinevad ja ilmastik varieerus liigniisest perioodist põuase perioodini ning vastupidi.

Lisaks saagi stabiilsusele erinevates looduslikes tingimustes on nisu populaarsuse väga oluliseks põhjuseks tema terades sisalduv kleepuv teraliim ehk gluteen. Mida suurem on teraliimi hulk nisujahus ja mida elastsem see on, seda paremad on pagaritoodete küpsetusomadused. Nisuteras on keskmiselt 86% kuivainet. Professorid Ü. Oll ja A. Ilus on põhjalikumalt uurinud nisuterade keemilist koostist. Nende andmetel koosneb nisu tera keskmiselt 13,3% proteiinist, 2,2% rasvast, 2,6% kiudainest, 65,7% lämmastikuta ekstraktiivainetest, 2,2% tuhast ja 14% veest (Lepajõe, 1984). Teraviljade põhiline süsivesik on tärklis. Nisuteras on tärklisest keskmiselt 60% (Tamm, Kiisk, Lättemäe, 1999). Tärklisesisaldus on omavahelises seoses proteiinisaldusega, kuna proteiinisalduse kasvuga väheneb tärklisesisaldus (Borghet *et al.*, 2005).

Mahepõllumajanduse populaarsus kasvab kogu maailmas. Tänapäeval üha enam tarbijaid eelistab mahetootmist tavatootmisele, sest mahetootmises on sünteetilised pestitsiidid ja mineraalväetised välistatud, mis eeldatavasti tagab tervislikuma toidu. See eeldab seda, et mahetootja peab loodust rohkem tundma kui tavatootja ning oma toimetused põllul palju põhjalikumalt läbi mõtlema. Taimekasvatuses on ülimalt oluline, et toitainebilanss oleks tasakaalus.

Käesoleva uurimistöö eesmärk on välja selgitada viljelusviisi mõju terasaagi a) stabiilsusele, b) suurusele ja c) kvaliteedile.

Käesoleva uurimistöö hüpoteesideks on:

1. Talinisu terasaaki mõjutavad eelkõige ilmaolud ja seejärel viljelusviis.
2. Mahesüsteemis kasvanud talinisu terasaak on väiksem, aga saagi kvaliteet parem.

Täna inimesi, kes olid abiks käesoleva lõputöö valmimisel, eriti suur tänu juhendajale Maarika Alarule.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Talinisu (*Triticum aestivum* L.) üldiseloostus

Kasvatatakse üldjuhul kahte põhilist paljasteralist nisuliiki – harilik ehk pehme nisu (*Triticum aestivum* L) ja kõva nisu (*Triticum durum* L). Paljasteralist nisu on lihtsam töödelda (Kiik, 1989). Kõva nisu vajab kasvuks kuivemat kliimat, seega Eestis kasvatatakse peamiselt pehmet nisu. Pehme nisu jahu kasutatakse üldjuhul pagaritööstustes. Makaronitööstustes on kasutusel kõva nisu jahu (Lukme, Akk, 2007). Eestis on kasvatama hakatud ka sõkalteralist speltanisu. Speltanisu on vähenõudlik ja tervisele kasulik. Suvinisuga võrreldes annab talinisu paremad saagi tulemused, kuid talinisu puhul on aktuaalsed talvitumisega seotud riskid (MES 2020).

Sõltuvalt mulla lõimisest on talinisu sobivas külvisügavuseks 3...5 cm (Kruus, Tõnissoo, 1991). Talinisu hakkab idanema juba 1...2 °C juures. Eestis tärkavad taimed peale külvi umbes nädala jooksul. Kui temperatuur on langenud alla 5 °C hakkab sügisene kasv peatuma (Jaama, Lauk, 1999). Hästi arenenud talinisu taimed taluvad külma -20...-25 °C. Väga oluline saagi määramise juures on niiskuse olemasolu (MES 2020). Talinisu idanemine võib põuastes tingimustes olla väga ebaühtlane (Lepajõe, 1984).

Nisu on mullastikutingimuste suhtes kõige nõudlikum kultuur teraviljadest. Samuti on nisu nõudlik toitainete ja eelviljade suhtes. Talinisu kasvab väga hästi viljakatel ja rasketel savimuldadel, mis on parasniisked ja toitaineterikkad. Happesuse suhtes on talinisu väga tundlik (Jaam, Lauk, 1999).

Nisu kasvatamisel on oluline ka eelvilja valik. Kõige parem eelvilja nisule on mustkesa. Kuna Eestis on küllaltki suur viljapuudus, siis pole arvestatav mustakesa kasvatamine. Alternatiivideks on ristikukesa, herne-kaera segatis, varajane kartul ning teraviljadest varajane oder (Kruus, Tõnissoo, 1991).

1.2 Erinevate aastate sademete ja temperatuuri mõju saagi stabiilsusele

Taimakasvatuse ja aretuse üheks eesmärgiks on saavutada põllukultuuride saagikuse kõrge stabiilsus, seda ka muutuva kliima tingimustes. Agronoomilistes ja ökoloogilistes uuringutes on saagikuse stabiilsuse populaarseks näitajaks variatsioonikordaja e variatsioonikoefitsient. Kevadel külvatavate põllukultuuride saagikuse stabiilsus on tavaliselt madalam, kuna kultuuri sõltuvus kevadisel kasvuperioodil tekkinud veevarudest (sademetest) on suurem. Suvinisu suurem tundlikkus põua suhtes põhjustab ka suurema ebastabiilsuse saagikuses võrreldes talinisuga (Döring *et al.*, 2018); kevadised sademed ja niiskus mullas on suvinisu saagikuse seisukohalt väga olulised. Vana tuntud teadmine, et saaki limiteerivaks faktoriks on vesi, mistõttu hakkab saagikuse puhul väga suurt rolli mängima idanemisaegne vee-, õhu- ja toiterežiim. Vee kättesaadavus sõltub suuresti taime juurte levikust. Teraviljad saavad kasvuks vajalikud toitained ja vee kätte idujuurte abil, võrsumisest alates lisajuurte abil. Taimede jõuline juurestik omastab saagi moodustamiseks piisavas koguses vett ja toitaineid, mis muudab taime ka vastupidavamaks ilmastikuoludele (Loide, 2015). Täheldatud on üldist saagikuse tõusu nisu puhul, mida võib seletada taliteraviljadele järjest soodsamaks muutuva ilmastiku mõjuga (Döring *et al.*, 2018). V. Loide (2015) on öelnud, et kuna temperatuuride ja sademete trend kogu vegetatsiooniperioodi keskmisena on Eestis tõusev ehk ilmad muutuvad soojemaks ja ka sajusemaks, siis see soodustab ka saagikuse tõusu. Madalad temperatuuriväärtused vegetatsiooniperioodil 2017. aastal põhjustasid antud katses Eerikal talinisu hilisema valmimise (Alaru *et al.*, 2020).

Kasutatud väetiste efektiivsus sõltub suurel määral ilmastikust, kus väetamine siis omakorda mõjutab nii saagikust kui ka saagi stabiilsust (Loide, 2015). Ideaalis peaksid lämmastikväetise kogused põldude lõikes varieeruma, et see vastaks põllukultuuride kasvutingimuste teadaolevale varieeruvusele, mis sõltuvad suuresti pinnasest, ilmast ja asukohast maastikul (Basso *et al.*, 2019).

1.3 Mahe- ja tavaviljelusviis

1.3.1 Lämmastiku tähtsus maheviljeluses

Mahepõllumajandusel on mitmetine ühiskondlik roll. Ühest küljest lähenedes pakub mahepõllumajandus kvaliteetset ja tervislikku toitu. Teisest küljest lähenedes pakub mahepõllumajandus üldisi hüvesid, toetades keskkonnakaitset, loomade heaolu ja maaelu arengut (Palts *et al.*, 2018).

Maheviljeluses on väga oluline mullastiku mikrobioloogiline aktiivsus ja mitmekesisus. Mida suurem on mulla mikrobioloogiline aktiivsus ja mitmekesisus, seda kiiremini ja intensiivsemalt laguneb huumus mineraalaineteks ning moodustuvad orgaanilistest jääkidest huumusained. Antud protsess teeb võimalikuks vajalike toiteelementide (N, P, K ja mikroelemendid) olemasolu taimedele kättesaadavas olekus (Annuk, 2017). Lämmastik on olulisim põhitoiteelement (Carlsson *et al.*, 2008).

Taimekasvu pidurdavaks ja madala saagikuse põhjustajaks on tavaliselt lämmastikupuudus mullas. Teraviljade korral on tulemuseks ka madal proteiinisaldus. Liiga palju lämmastikku mullas see-eest tekitab keskkonnareostust, samuti pikendab taimede kasvuperioodi ning vähendab taimede vastupanuvõimet haigustele ja kahjuritele (Carlsson *et al.*, 2008). Liiga vähe ei ole taimede hea, samas ka liiga palju pole taimede hea.

Mullaviljakuse säilitamiseks ja suurendamiseks mahepõllumajanduses on vaja mulda viia piisavalt orgaanilist ainet, harida põllumaad sobival viisil ja optimaalsel ajal. Takistamaks toitainete kadu mullast, täiendatakse mulla toitainetevarusid liblikõieliste poolt seotud lämmastiku ja orgaanilise väetisega. Põllule antav lämmastikukogus sõltub orgaanilise väetise lämmastikusisaldusest. Maheviljelusviisi korral tohib kasutada vaid määruses viidatud väetisi ja mullaomaduste parandajaid. Seda ka üksnes vajalikul määral. Järgima peab ka koostisele esitatavaid nõudeid ja kasutustingimusi. Mahepõllumajanduses lubatud kasutatavate väetiste alla kuuluvad tahesõnnik, poolvedel sõnnik, vedelsõnnik ehk virts, majapidamisjäätmete kompost, biogaasi kääritamissaadused, merevetikad, puutuhk, lubjakivi, mageveekogude muda jm. Mineraalset lämmastikväetist mahepõllumajanduses ei kasutata. Eriti hoolikas tuleb olla tavatootmisest pärit sõnniku kasutamisega. Antud sõnniku kasutamine on seaduste vastane, kui sõnniku tootmisel on kasutatud loomade allapanuks tavateraviljapõhku, mida on töödeldud taimekaitsevahenditega. Sõnniku ja

virtsa kasutamisele on kehtestatud ka piirangud (Palts *et al.*, 2018). Veeseaduse järgi ei tohi ühes ettevõttes kasutatav sõnniku kogus ületada 170 kg lämmastikku kasutatava põllumajandusmaa hektari kohta aastas (Riigi Teataja, 2019). Turule on aina rohkem tulemas ka erinevaid väetisi jt mullaomaduste parandajaid, mis on mahetootmises lubatud (Palts *et al.*, 2018).

Lämmastiku ja ka teiste toiteelementide puudus mullas ei ole absoluutne, pigem on probleemiks taimedele omastatava lämmastiku vähesus. Orgaanilise aine lagunemisele aitab suuresti kaasa mulla bioloogiline aktiivsus, mis muudab ka lämmastiku taimedele kättesaadavaks (Carlsson *et al.*, 2008).

1.3.2 Väetamine

Nisutaimed on kahvatu-rohelised, võrsuvad vähe ja terade proteiinisaldus on vähenenud, kui tegu on lämmastikuvaegusega. Tumerohelise lehestikuga, kergesti nakatuv seenhaigustesse ja tugevasti lamanduv on lämmastikuga üleväetatud nisu. Viimase korral kaasnevad ka suured koristuskaod (Lepajõe, 1984).

Lämmastiku ebapiisava kättesaadavuse korral on taimede fotosüntees põllul häiritud. Lämmastiku kättesaadavusest sõltub õitsemiseelse fotosünteesi efektiivsus, sest see määrab maapealse biomassi suuruse ja fotosünteesi teel saadud energia koguse taimekudedes (Schnyder, 1993). Piisav kogus lämmastikku talinisu võrsumis- ja kõrsumisfaasis (Eestis maikuu) tagab suurema maapealse biomassi, k.a. lipulehe suuruse. Kui taimede kõrsumisfaasis jääb lämmastikku puudu, siis puudu jäänud lämmastiku kogus võetakse vartest ja lehtedest, et taim saaks kasvada pikkusesse. Kui lämmastiku väetamisega hilineda enne õitsemisperioodi, siis see pidurdab fotosünteesi. See omakorda vähendab lehepinda ja sellega ka fotosünteesi aktiivsust (Efretuei *et al.*, 2016). Lipulehe suurus ja fotosünteesi kestus on väga olulised tera täitumisperioodil, sest mida suurem on lipulehe lehepind ja mida kauem ta püsib rohelisena, seda suurem on taime saagikus (Zhang *et al.*, 2017). Nisuterade arenemisel on taimel vajalikud nii lämmastik kui ka väävel, mille taim hangib kas mullast või vegetatiivsetest kudedes olevatest varudest (Fitzgerald *et al.*, 1999). Nisu väetamisel väävelväetistega suurendatakse asendamatu aminohapete sünteesi

(Granvogl *et al.*, 2008). Terade täitumisperioodi pikkus mõjutab terade 1000 tera massi ja mahumassi.

1.4 Talinisu kvaliteet

Talinisu kvaliteet on mõjutatud erinevate faktorite poolt: sort, ilmastikutingimused, mulla omadused ja kvaliteet, vilja koristusjärgne töötlemine ja säilitamine, agrotehnilistest võtetest külviaeg, külvisügavus, külvikord, väetamine jpm. Vilja hea kvaliteet on tagatud kui on olemas optimaalsed kasvutingimused, õige koristusjärgne töötlemine ning ladustamine (Laikoja *et al.*, 2013).

1.4.1 1000 tera mass

Tuhande tera mass on struktuurielement, mille suurus iseloomustab hästi kasvutingimusi. Teda väljendatakse grammides ja selle abil saab näidata terade kvaliteeti. Tuhande tera massi suurus sõltub kasvuperioodil biomassi suuruselt, seda eriti ajahetkel, mil terad hakkavad valmima (Tupits, 2007). Suurimateks mõjutavateks faktoriteks 1000 tera massi korral on sort ja seejärel aasta. Intensiivne pritsimine ja väetamine põuastel aastatel võib kasu asemel hoopis kahju teha (Kangor *et al.*, 2009). Ilmastiku väga suur mõju 1000 tera massile oli märgatav ka Jõgeval tehtud katses, kus katsetulemused olid eri viljelusviiside vahel aastati erinevad. Ilmastikumõjudest saab välja tuua sademed ja temperatuuride varieerumise. Need omakorda mõjutavad ka haiguste ja kahjurite levikut (Tamm *et al.*, 2013). Tera suurust mõjutavaid faktoreid on veel mitmeid nagu külviaeg ja selle kvaliteet, muldkeskkond, väetiste kasutamine ja veega varustus. Taime terve arenguperioodi jooksul on mõjutatud terade areng ja tera suurus (Protic *et al.*, 2007).

1.4.2 Gluteen ja gluteeni indeks

Gluteeni kogust nisuterades näitab märja teraliimi ehk kleepvalgu sisaldus ja kvaliteeti gluteeniindeks. Gluteen tagab nisujahust tehtud taigna venivuse. Pestes jahust välja tärklise ja teised lahustuvad ained, saame kindlaks teha märja teraliimi sisalduse terades (The Nebraska Wheat Growers Association, 2020). Teraliimi kvaliteet ja hulk sõltub suuresti nisu sordist, kasvutingimustest, jahu proteiinisaldusest, samuti kuivatus- ja

säilitustingimustest (Lepajõe, 1984). Lisaks lämmastikule võib heade kvaliteedinäitajate saamiseks pidada oluliseks ka taimede varustatust väävliga. Gluteenis tekivad väävlisidemed, mis on olulised taigna kerkimisel. Uurimustulemused on näidanud, et tavasüsteemis suurem gluteeni sisaldus viitab kõrgele proteiinisaldusele. Tavasüsteemis on see saavutatud mineraalsete lämmastikväetistega. Lämmastiku kogusega on tihedalt seotud valkainete hulk nisu terades. Maheüsteemis seevastu on näitajad madalamad ja väiksemad (Järvan *et al* 2012).

Gluteeniindeks väljendab peale väljapesemist spetsiaalsele sõelale jäänud märja gluteeni suhet kogu gluteeni hulga kohta. Gluteeniindeksit kasutatakse gluteeni kvaliteedi ja tugevuse hindamiseks (The Nebraska Wheat Growers Association, 2020). Ühekülgne lämmastikuga väetamine põhjustab talinisu gluteeni indeksi märgatava vähenemise (Järvan *et al* 2012).

1.4.3 Langemisarv

Langemisarv on nisu väärtuse hindamisel väga oluline, kuna langemisarv näitab jahus leiduvate ensüümide aktiivsust valkude lagundamisel (Järvan, *et al* 2012). Langemisarv võib väheneda, kui tegu on vihmase perioodiga või koristusega viivitatakse. Vähenemise põhjuseks on tärklise hüdrolyüsumine fermentide toimel (Ilumäe, 1999). Langemisarv väheneb märgatavalt siis, kui vili on kas lamandunud või peas kasvama läinud (Kruus, Tõnissoo, 1991). Väga heal nisujahul on langemisarv 220...250 sek. Vastava langemisarv tagamiseks toiduvilja korral on vajalik valida kasvatamiseks potentsiaalselt kõrge langemisarvuga sort, mitte hiljaks jääda koristusega ja koheselt põllult koristatud vili kuivatada (Ilumäe, 1999).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Katse üldiseloostus

Mahe- ja tavaviljelusviisi võrdluseks on rajatud 2008. aastal pikaajaline põldkatse Eesti Maaülikooli PKI taimekasvatuse ja taimefüsioloogia õppetooli katsepõllule Eerikal (58°22'N, 26°40'E). Katsepõllu muld on näivleetunud liivsavimuld (WRB 1998 klassifikatsiooni järgi). Mulla lõimis on liivsavi. Huumuskihi tusedus keskmiselt 30 cm (Reintam, Köster, 2006; Tein *et al.*, 2014). Rajamisaastal oli katsepõllu mulla pH_{Kcl} 5,8, süsinikusisaldus 1,55%, üldlämmastiku sisaldus 0,14%, kaltsiumi sisaldus 1317,67 mg kg⁻¹, magneesiumi sisaldus 154,83 mg kg⁻¹, liikuva kaaliumi sisaldus 134,01 mg kg⁻¹ ja liikuva fosfori sisaldus 128,54 mg kg⁻¹.

Mahe- ja traditsioonilises viljelusviisis on kasutusel viieväljaline külvikord. Kultuurideks on 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.). Esimene rotatsioon lõppes aastal 2012, teine rotatsioon aastal 2017. Hetkel on käsil kolmas rotatsioon. Antud uurimustöö hõlmab endas andmeid talinisu kohta nii I rotatsiooni lõpu aastast, II rotatsiooni aastast kui ka III rotatsiooni algusaastast (2012-2019 a.). Uurimisobjektiks on talinisu sort Fredis. Tavaviljelusviisil on väetusvariante kokku neli: N₀ (kontroll, N₀P₀K₀), N₅₀ (N₅₀P₂₅K₉₅), N₁₀₀ (N₁₀₀P₂₅K₉₅) ja N₁₅₀ (N₁₅₀P₂₅K₉₅). Maheviljelusviisil kokku 3 väetusvarianti: Org₀ (talviseid kattekultuure ei kasvatata), Org_I (talvise kattekultuuriga) ja Org_{II} (talvine kattekultuur ja komposteeritud veisesõnnik). Põldkatse on üles ehitatud süstemaatilise plokküsteemina neljas korduses, kus igas korduses on esindatud terviklik külvikord. Katselapi pindala on 60 ruutmeetrit, kus katsete kordused ja variandid on üksteise kõrval ilma eraldusribadeta. Mahe- ja tavaviljelusviisid on üksteisest eraldatud 18 meetri laiuse rohuribaga, vältimaks pestitsiidide ja mineraalväetiste sattumist mahesüsteemi. Antud rohuribasid niidetakse kasvuperioodil korduvalt.

2.2 Variantide iseloomustus

Mõlema viljelusviisi korral kasutatakse liblikõielisi kultuure õhulämmastiku sidumiseks. Maheviljelussüsteemis on kasutusel 3 erinevat väetusvarianti, mis erinevad üksteisest lämmastiku allika poolest: Org₀, Org_I ja Org_{II}. Org₀ ehk mahesüsteemi kontrollvariant, mille ainus lämmastiku allikas on külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride (*Pisum sativum* L. ja *Trifolium pratense* L.) poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N₂. Antud lämmastiku allikas küntakse mulda koos liblikõieliste kultuuridega kahel korral ja seda ühe rotatsiooni aasta jooksul. Org_I variandis on lämmastikuallikaks lisaks N₂-le ka talviste vahekultuuride poolt seotud lämmastik. Vahekultuuridena kasvatatakse seal talinisu, kartuli ja herne järel vastavalt raiheina (*Lolium perenne* L.), talirukist (*Secale cereale* L.) ja talirapsi (*Brassica napus* ssp. *oleifera* var. *biennis*), mis külvatakse vahetult peale põhikultuuri koristust ja küntakse mulda peale lume sulamist aprillis. Org_{II} lämmastikuallikaks on lisaks liblikõieliste poolt mulda seotud N₂-le ja vahekultuuride poolt seotud õhulämmastikule ka hästi komposteeritud sõnnik. Talinisule anti komposteeritud sõnnikut varakevadel pealtväetisena ja seda 10 t ha⁻¹. Sõnniku keemilised omadused, lämmastiku, fosfori ning kaaliumi kogused nende aastate jooksul on olnud: keskmine p_HKCl – 7,2; keskmine kuivainesisaldus (KA) – 29,3%; N_{üld} – 45-54 kg N ha⁻¹; P_{üld} – 8-18 kg P ha⁻¹; K_{üld} – 19-43 kg K ha⁻¹.

Tavaviljelussüsteemis kasutatakse lisaks mineraalväetiseid. Lämmastikväetisena on kasutusel ammooniumnitraat (NH₄NO₃), mida antakse talinisule varakevadel võrsumisfaasi alguses. Samuti P-K kompleksväetis, mida antakse kõikidele talinisu variantidele külvi eelselt. N₀ ehk tavasüsteemi kontrollvariant, kus mineraalväetist ei anta. N₅₀ variant saab lämmastikväetist 50 kg N ha⁻¹. N₁₀₀ variant saab lämmastikväetist 100 kg N ha⁻¹. N₁₅₀ variant saab lämmastikväetist 150 kg N ha⁻¹. Vältimaks suurte väetisekoguste juures liigset toitainete leostumist, antakse väetist kahes jaos – 50+50 kg N ha⁻¹ ja 100+50 kg N ha⁻¹. Teine osa mineraalväetisest antakse talinisu loomiseelses faasis.

2.3 Teostatud agronoomilised tööd põllul

Katseaastatel on talinisu põldudel teostatud kultiveerimine, valmistades põllumaa ette külviks. Talinisu külv on toimunud kas esimesel või teisel septembrikuu dekaadil, mis on

taliniisu külviks optimaalne aeg. Külvisenorm on 450 idanevat tera m² kohta. Maheviljeluse Org_{II} variandile anti kevadel kasvu alguses pealtväetisena sõnnikut, normiga 10 t ha⁻¹. Tavaviljeluses variantidele N₅₀, N₁₀₀ ja N₁₅₀ anti mineraalset lämmastikväetist võrsumisfaasi alguses. Lämmastikväetisena on kasutuses NH₄NO₃ ja AN 33,4. Suuremad lämmastiku kogused antakse kahes jaos. Esimene kogus võrsumise faasis (BBCH 30) ja teine loomiseelses faasis (BBCH 47). Maheviljeluses tehakse umbrohutõrjet äestamisega, vajadusel ka käsitsi. Tavaviljeluses kasutatakse vastavalt vajadusele 2–4 korda preparaate nii haiguste, putukate kui ka umbrohtude tõrjeks. Taliniisu koristatakse põllul ära teraviljakombainiga Sampo. Koristusaeg kõigub uuritud aastatel juuli lõpust kuni augusti lõpuni (vastavalt ilmaoludele).

2.4 Proovide võtmine ja analüüsimeetodid

Enne taliniisu koristust korjatakse kõikidelt kordustelt ja variantidelt 0,3 m² suuruselt alalt taliniisu vihud. Kokku korjatakse 28 proovi. Neist määratakse taimede arv, üld- ja produktiivvõrsete arv pinnaühiku kohta, 20 juhuslikult valitud kõrre ja pea pikkus, pähkute ja terade arv peas, terade mass peas. Vihi kaudu arvutatakse maapealne biomass, samuti umbrohtumus. Taliniisu terasaak hektari kohta leitakse kombaini heedri laiuselt koristatud pinnaühikult (2 x 10 m = 20 m²). Koristatud, puhastatud ja kuivatatud taliniisust määratakse: 1000 tera mass (g), mahumass (g/l), langemisarv (s), märja teraliimi sisaldus (%) ja gluteeniindeks (%). Antud bakalaureuse töös kasutatakse hektarisaagi, 1000 tera massi, teraliimi ja langemisarvu andmeid.

Taimede ja sõnniku proovidest võetud keemilised analüüsid teostatakse EMÜ mulla- ja agrokeemia osakonna keemialaboris. Ahjus kuivatatud sõnniku ja taime proovidest määratakse kuivtuhastamise meetodil üldlämmastiku (N_{üld}) sisaldus, kasutades selleks varioMAX CNS elementanalüsaatorit (ELEMENTAR, Germany) (Methods of... 1986). Sõnniku üldkaaliumi (K_{üld}) ja üldfosfori (P_{üld}) kontsentratsiooni määramiseks kasutatakse märgtuhastamise meetodit väävelhappe lahusega.

2.5 Ilmastikutingimused

Katsepõllust 2 km kaugusel asub Eerika ilmajaam, kust on saadud ilmastiku andmed. Tabelis 1 on toodud kuude kaupa talinisu talvitumisjärgse perioodi keskmised temperatuurid. Talinisu saagi kujunemisel on ilmastiku osas kõige olulisem edukas talvitumine, maikuu keskmine temperatuur (tabel 1) ja sademete summa (tabel 2). Uuritud perioodil ebaõnnestus talinisu talvitumine ainult 2015/2016. a. talvel, mistõttu tuli 2/3 talinisu lappidele kevadel uuesti külvata suvinisu. 2016.a. talinisu saagiandmed pärinevad 1/3 lappidelt saadud talinisu saagiandmetel. Kõigil aastatel on maikuu ööpäevane keskmine temperatuur üle 10 °C. Aastatel 2013, 2016 ja 2018 oli see pikaajalise keskmisega võrreldes vastavalt 3,4, 2,6 ja 4,5 °C võrra kõrgem. 2018.a. maikuu oli kõrge ööpäevane keskmine temperatuur, millega kaasnes ka väga väike sademete hulk (tabel 2). Antud olukord kiirendas taimede kevadist arengut ja lühendas talinisu talvitumisjärgset vegetatsiooniperioodi, mis omakorda viis varasema koristusajani. Sarnane olukord oli aastal 2016. Aastatel 2013 ja 2017 oli aprillikuu keskmine ööpäevane temperatuur madalam võrreldes aastate 1964-2019 keskmisega. Aastatel 2015 ja 2017 oli maikuu keskmine ööpäevane temperatuur madalam võrreldes aastate 1964-2019 keskmisega. Antud kahe kuu põhjal on märgata, et aastal 2017 venis talinisu vegetatsiooniperiood pikaks, mis omakorda viis hilisema koristusajani.

Tabel 1. Keskmine temperatuur (°C) 2012-2019 võrrelduna aastate (1964-2019) keskmisega

KUU	Keskmine temperatuur, °C*								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	1964-2019
Aprill	5,0	3,5	6,5	5,4	6,1	3,4	7,2	7,7	5,0
Mai	11,8	14,8	11,9	10,3	14,0	10,2	15,9	11,4	11,4
Juuni	13,6	18,2	13,4	14,3	15,9	14,0	15,8	18,6	15,3
Juuli	17,9	17,8	19,9	15,7	17,8	15,9	20,7	16,4	17,4
August	15,2	16,9	16,8	17,0	16,1	16,8	18,8	16,7	16,0
Aprill - August	12,7	14,2	13,7	12,5	14,0	12,1	15,7	14,2	13,0

*Allikas: Eerika ilmajaama andmed

Käsitletaval perioodil oli terve kasvuperioodi jooksul kõige vähem sademeid aastal 2018. Sademeid esines talinisu 2018 aasta kasvuperioodil 133 mm vähem võrreldes aastate 1964-2019 keskmisega. Taliviljade kasvule ebasoodne aeg sademete osas oli 2014 ja 2016 aasta juunikuu (tabel 2), millega kaasnesid ka madalamad temperatuurid (tabel 1). Saagi kvaliteeti mõjutasid aastatel 2014 ja 2017 augustikuu suured sademete kogused.

Tabel 2. Sademete kogus (mm) 2012-2019 võrrelduna aastate (1964-2019) keskmisega

KUU	Sademete kogus, mm*								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	1964-2019
Aprill	42	17	13	69	51	52	28	3	32
Mai	82	61	84	62	2	16	8	60	53
Juuni	101	52	104	40	125	94	61	51	73
Juuli	75	63	71	62	82	61	14	41	68
August	88	75	113	42	42	106	59	58	77
Aprill - August	388	268	384	275	302	329	170	213	303

*Allikas: Eerika ilmajaama andmed

2.6 Andmeanalüüs

Andmete analüüsil kasutati korrelatsioonianalüüsi, faktoriaalset dispersioonanalüüsi (ANOVA) ja kahe-faktorilist ANOVA-t. Statistiliselt oluliste erinevuste leidmiseks viljelusviisi, ilmastikutingimuste, katseaasta ja keskmiste kuivaine saakide vahel kasutati kirjeldavat analüüsi. Keskmised näitajad on antud töös esitatud koos standardveaga (\pm SE). Statistilise olulisuse tase määrati $p < 0,05$, kui ei ole märgitud teisiti.

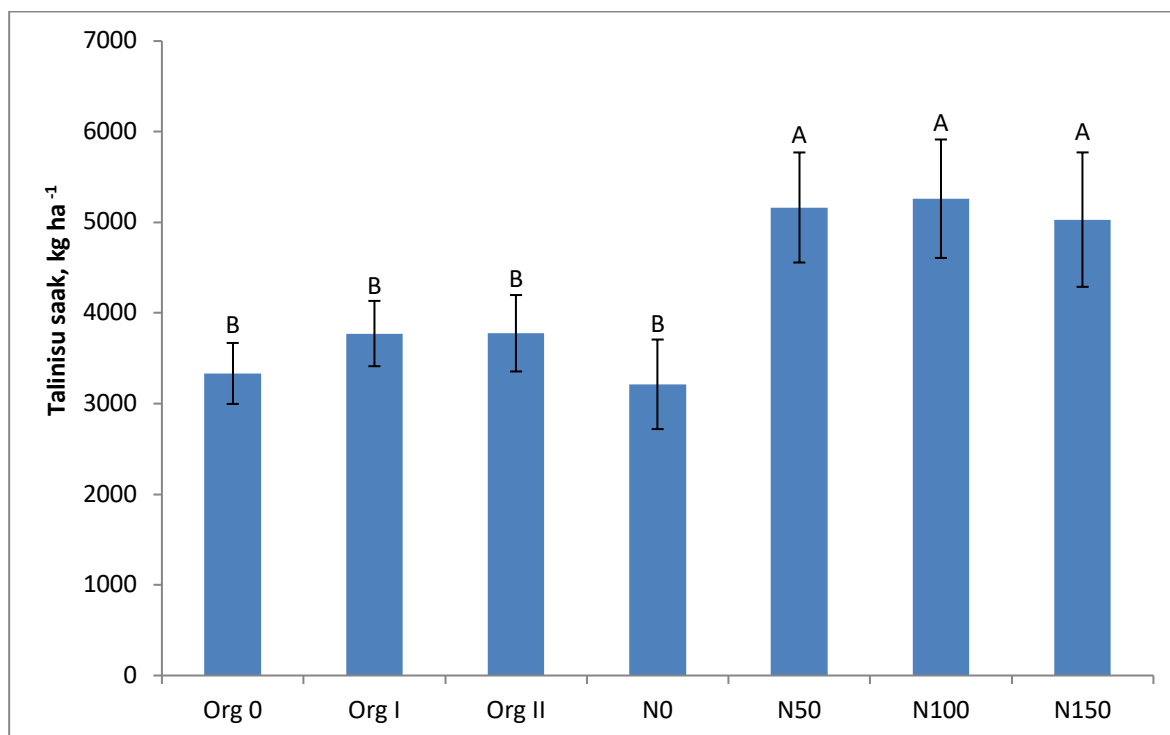
Antud uurimistöö on koostatud Eesti Maaülikooli lõputööde vormistamise juhendit ja nõudeid järgides.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

Antud bakalaureusetöö põhineb kahefaktorilisel põldkatsel. Talinisu terasaagi ja selle kvaliteedi kujunemist uuriti kahe mõjufaktori alusel: katseaastate ilmastik ja mahe- ning tavaviljeluses kasutatud väetisvariandid.

3.1 Talinisu terasaak

Dispersioonanalüüsi järgi mõjutas talinisu Fredis saagikust eelkõige katseaastate ilmastik (45% ulatuses) ja seejärel väetisvariant katseaastate keskmisena (29% ulatuses). Ülejäänud osa mõjudest moodustavad ilmastiku ja väetusvariandi koosmõju ning katsevigad. Maheviljeluse ja tavaviljeluse väetatud variantidel saagikused süsteemisiseselt üksteisest usutaval määral ei erinenud (Joonis 1). Mahesüsteemis varieerus saagikus 3333–3776 kg ha⁻¹ vahel, tavasüsteemi väetatud variantidel olid samad näitajad vastavalt 5030–5261 kg ha⁻¹. Terasaagi varieeruvus katseaastate keskmisena oli variatsioonikoefitsiendi järgi väiksem mahesüsteemis (variatsioonikoefitsient 24–28%), sama näitaja tavasüsteemi väetatud variantidel oli 30–37%. Talinisu saagi kujunemisel on määrava tähtsusega kevadine (maikuu) temperatuur ja sademete kogus ning jaotus, mis omakorda mõjutavad lämmastikväetise kättesaadavust taimede võrsumisfaasis. Eduka võrsumise korral on produktiivvõrsete arv taime kohta suurem, mis tagab ka suurema saagikuse. Saagi suurem varieeruvus tavasüsteemis võis olla tingitud ilmastiku mõjust mineraalse lämmastikväetise kättesaadavusele taimede võrsumisfaasis, mis mõjutab olulisel määral produktiivvõrsete arvukust ja seeläbi ka saagikust (Järvan *et al.*, 2012). Rekordiliselt suurim nisusaak koristati 2017.aastal Uus-Meremaal Eric Watsoni poolt, milleks oli 16,8 t/ha. Antud saak koristati 11,9 hektari suuruselt maa-alalt. Rekordkatsel kasutati talinisu sorti „Oakley“ (Guinness World Records Limited, 2020).

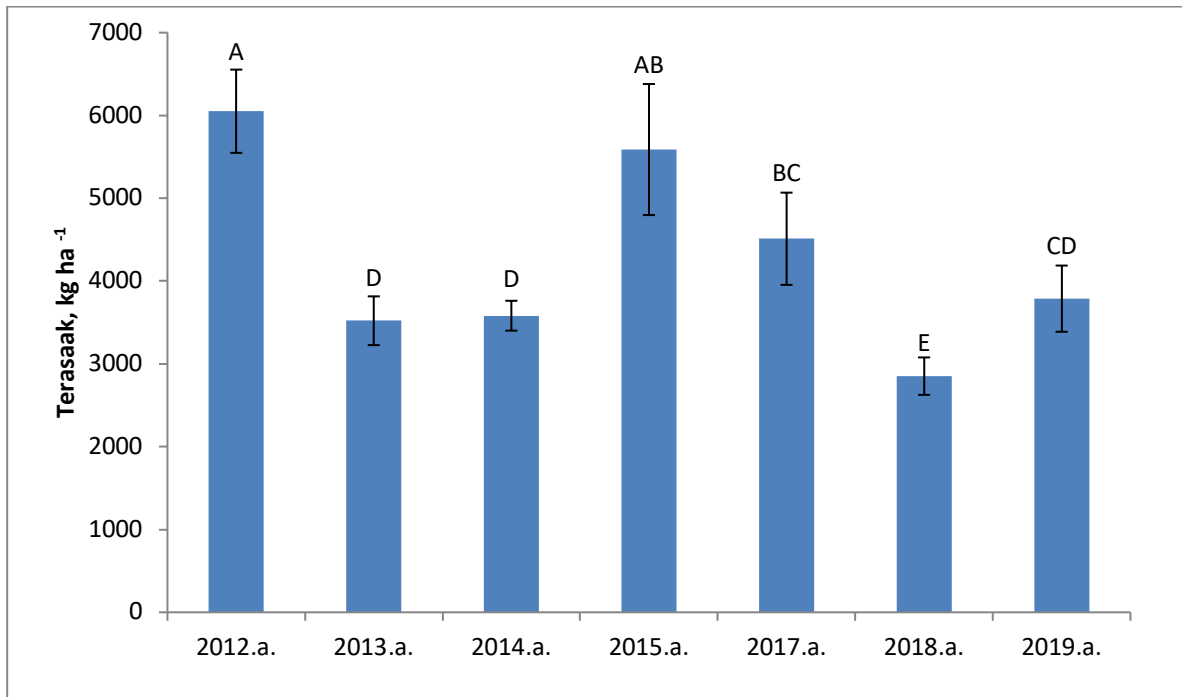


Joonis 1. Talinisu saagikus mahe- ja tavasüsteemi erinevatel variantidel aastate 2012-2019 keskmisena.

*Org 0 – maheüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N₂; Org I – lämmastikuallikaks lisaks N₂-le vahekultuuride poolt seotud lämmastik; Org II – N₂ + sõnniku lämmastik; N0 – tavasüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavasüsteemis talinisuale antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100, 150 kg N/ha; ** Jooned tulpadel on ±SE; *** Erinevad tähed tähitavad usutavat erinevust

Nagu eelpool nimetatud, mõjutas ilmastik talinisu saaki 45% ulatuses. Kui vaadelda antud katses talinisu terasaaki variantide keskmisena aastate kaupa, siis usutavalt suuremad saagid saadi aastatel 2012 ja 2015 (6051 ja 5588 kg ha⁻¹, vastavalt) (Joonis 2). Ilmastik antud perioodil oli soodne (vt tabel 1 ja 2), kuna sademeid oli piisavalt ning maikuu keskmine temperatuur oli suhteliselt madalam, mis soodustas kevadist taimede võrsumist. Lepajõe (1984) andmetel võrsumiskoeffitsient on suurem, kui taimedel on küllaldaselt kasvuruumi, niiskust ja lämmastikku. Võrsumiskoeffitsient näitab võrsete arvu ühe taime kohta. Kõrge temperatuur kiirendab ja lühendab taime võrsumisfaasi, mistõttu tekib ka vähem võrseid. Madalatel temperatuuridel on efekt vastupidine. Liiga suur võrsete arv taime kohta ei ole ka hea, kuna see omakorda soodustab talinisu jahukaste ja lumiseene levikut (Lepajõe, 1984). Võrsumine sõltub peale kasvu- ja ilmastikutingimuste ka liigist ning sordist (Jaama, Lauk, 1999). Talinisu Fredis saagikus oli negatiivses korrelatsioonis maikuu, augustikuu ja talvitumisjärgse vegetatsiooniperioodi keskmise temperatuuriga, st viimaste aastate kõrgem keskmine temperatuur antud talivilja sordile võib olla ebasoodne.

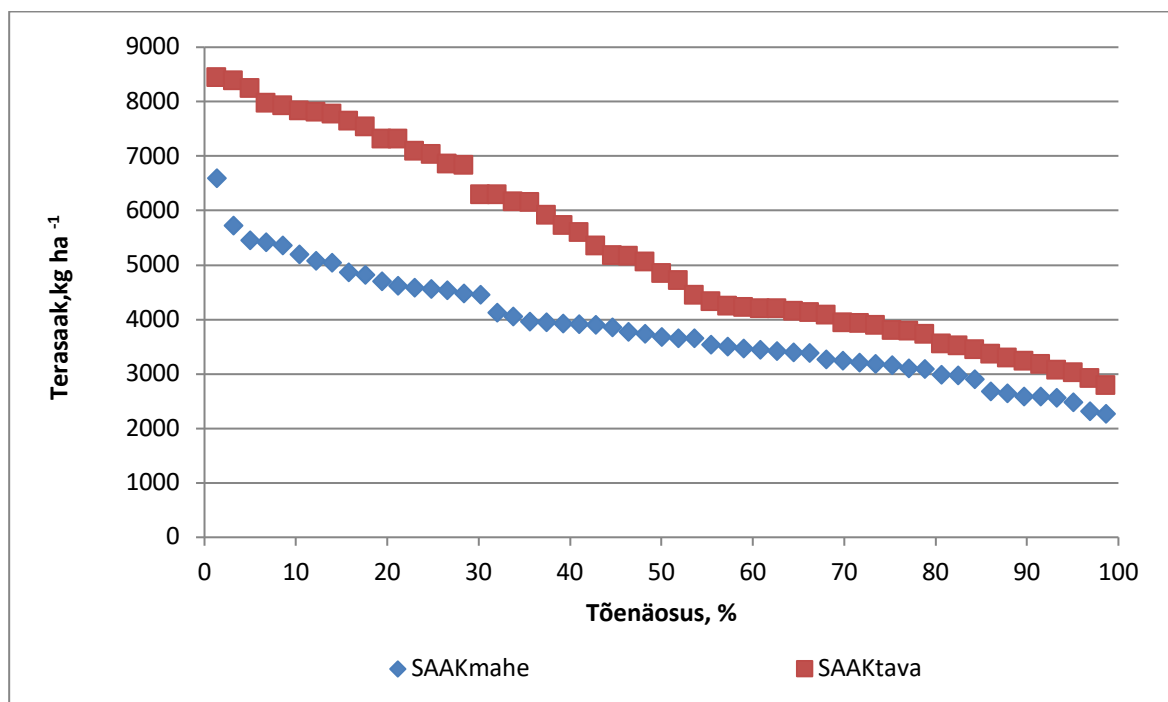
Eeldades, et tulevikus temperatuur tõuseb, peaks sordi valikus seda arvestama. Kõige enam on saagikus mõjutatud maikuu sademete kogusest ja temperatuurist. Aastal 2018 oli maikuu temperatuur keskmisest kõrgem ning sademete kogus väga väike. Jooniselt 2 saab välja lugeda, et 2013. ja 2014. aasta terasaagi vahel usutavat erinevust polnud.



Joonis 2. Talinisu terasaak aastatel 2012–2019 katsevariantide keskmisena.

* Jooned tulpadel on \pm SE; *** Erinevad tähed tähitavad usutavat erinevust

Selle bakalaureuse töö käigus arutati katses olnud variantide ja korduste baasil talinisu Fredis terasaagi tõenäoline suurus, seda siis sõltuvalt viljelusviisist ja ilmaoludest. Jooniselt 3 saab välja lugeda, et 50% tõenäosuse juures e pooltel aastatel on tavasüsteemi saagikus ca 1200 kg suurem kui mahesüsteemis ning 100% tõenäosuse juures on tavasüsteemi saagikus ca 200 kg suurem kui mahesüsteemis. Seda, et maheviljeluse saagikus on 20–50% madalam kui tavaviljeluse oma, on leidnud ka varasemad uurimustööd (Osman *et al.*, 2011).



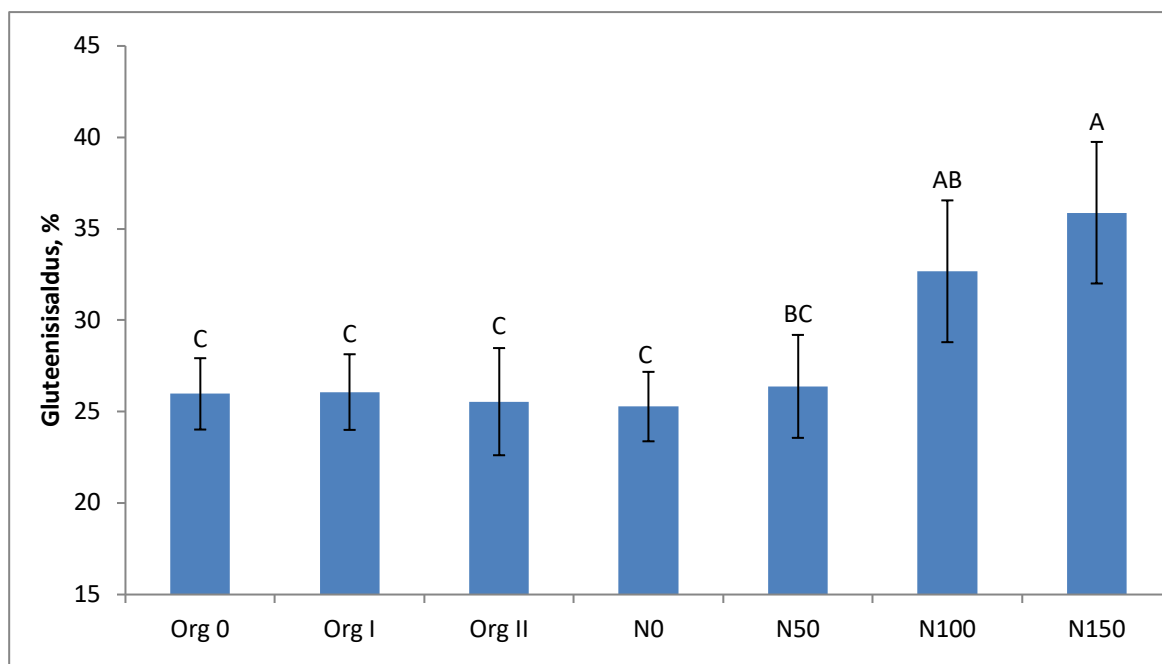
Joonis 3. Talinisu tõenäoline terasaak mahe- ja tavasüsteemis (arvutatud aastate 2012-2019 saakide põhjal).

3.2 Talinisu terade kvaliteet

3.2.1 Gluteenisaldus

Katseaastatel hakati gluteeni määrama alates 2013. aastast, seega antud töös saame väetisvariantide mõju gluteenisaldusele määrama hakata 2013-2019 aastate keskmisena. Dispersioonanalüüsi järgi kõige enam meie katses mõjutas gluteenisaldust aasta ilmastik, seda 54% ulatuses ning väetisvariant mõjutas gluteenisaldust 22% ulatuses. Lämmastikväetise jaotatult andmine (väetisvariandid N100 ja N150), seda taimede võrsumis- ja loomiseelses faasis, suurendas gluteenisaldust terades. Jooniselt 4 saab välja lugeda, et tavasüsteemi kontrollvariandi ja mahesüsteemi kõigi kolme variandi korral terade gluteenisalduses usutavat erinevust ei olnud. Variatsioonikoefitsient näitas, et gluteenisaldus varieerus katseaastate keskmisena vähem nendel variantidel, millele toitainete lisamine mulda oli väiksem, st Org 0, Org I ja N0 variantidel (variatsioonikoefitsient 19,4–20,5%). Teistel variantidel, st orgaanilise või mineraalse lämmastikuga väetatud variantidel oli variatsioonikoefitsient e gluteenisalduse varieeruvus suurem: 27,5–30,6%. Gluteenisaldus on positiivses korrelatsioonis

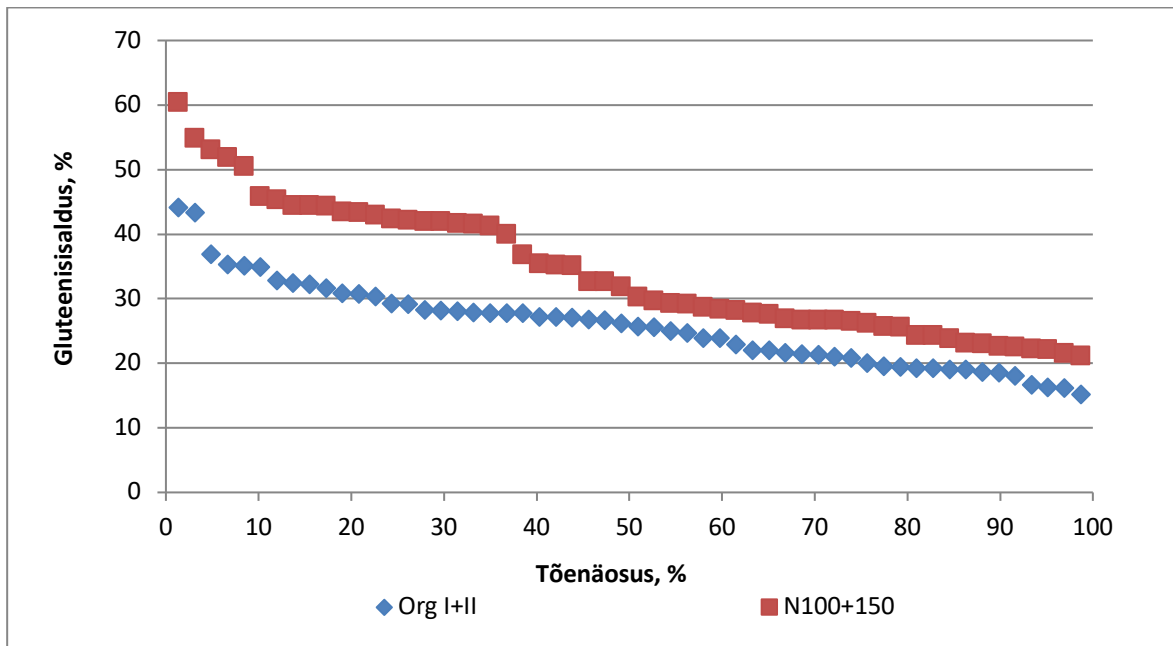
lämmastikuga väetamisega taimede hilisemas arengufaasis ja see on kooskõlas varasemate uuringutega (Teesalu *et al.*, 2012).



Joonis 4. Gluteenisaldus erinevatel väetisvariantidel aastate 2013-2019 keskmisena.

*Org 0 – magesüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N₂; Org I – lämmastikuallikaks lisaks N₂-le vahekultuuride poolt seotud lämmastik; Org II – N₂ + sõnniku lämmastik; N0 – tavasüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavasüsteemis talinisule antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100, 150 kg N/ha; ** Jooned tulpadel on ±SE; *** Erinevad tähed tähitavad usutavat erinevust

Joonisel 5 on esitatud talisisu tõenäoline gluteenisaldus mahevariantidel Org I ja Org II ning tavavariantidel N100 ja N150 (sõltuvalt viljelusviisist ja ilmaoludest). Jooniselt 5 saab välja lugeda, et 50% tõenäosusega on tavasüsteemis gluteenisaldus 30,3% ja magesüsteemis 25,7% ning 100% tõenäosuse juures on tavasüsteemis gluteenisaldus 21,2% ja magesüsteemis 15,2%. Järvan *et al* (2012) katsetulemuste põhjal (talisisu „Lars“) selgus, ühekülgne lämmastikuga väetamine halvendas proteiini kvaliteeti. Proteiini degradatsiooni tulemusel vähenes ka gluteeniindeksi väärtus, mis lämmastikväetisega variandis oli 42–59% võrra madalam kui väetamata variandis.



Joonis 5. Talinisu tõenäoline gluteenisaldus (%) mahevariantidel Org I ja Org II (sinine) ning tavavariantidel N100 ja N150 (punane).

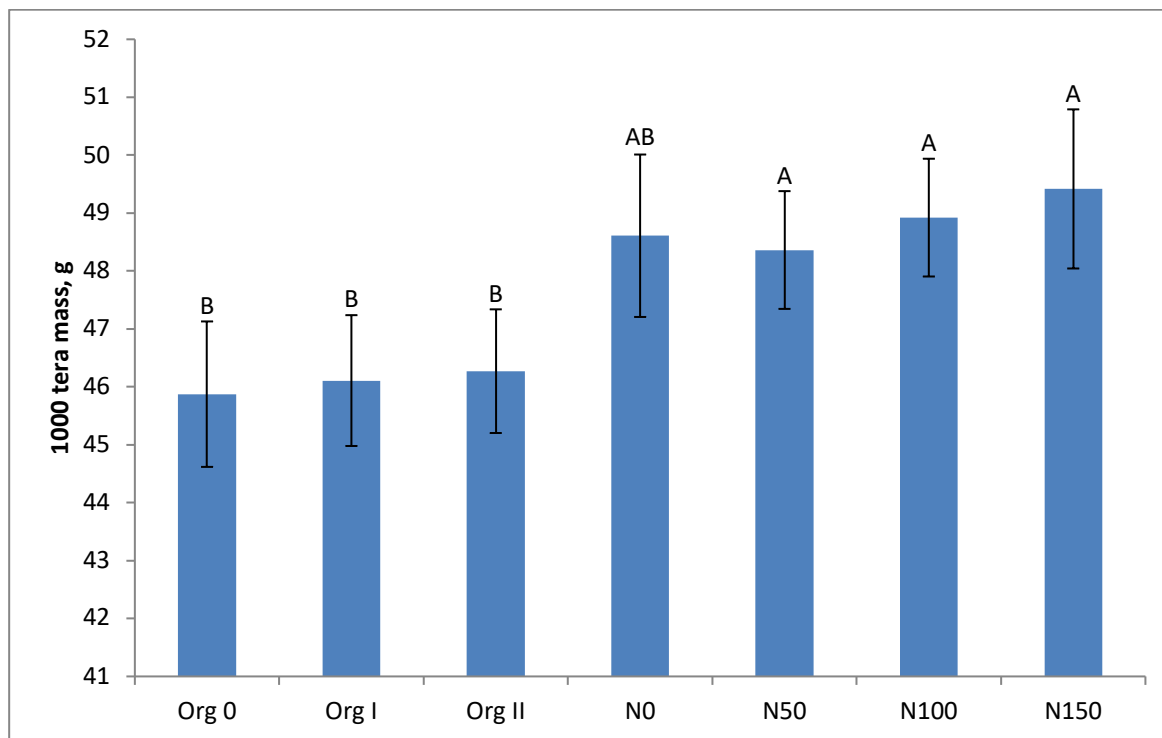
3.2.2 Talinisu 1000 tera mass

Taime kasvukeskkonda iseloomustab väga hästi 1000 tera mass. Ilmastikust, mullaviljakusest, taimehaigustest jt kasvutingimustest sõltub kõige enam seemne 1000 tera mass (Older, 1999).

Talinisu kvaliteedi näitajatest 1000 tera mass oli usutaval määral mõjutatud aasta ilmastikust (Joonis 7). Jooniselt 6 näeb, et 1000 tera mass on mõjutatud ka väetisvariantidest, seda usutaval määral. Dispersioonanalüüsi järgi mõjutas väetisvariant katseaastate keskmisena 16% ulatuses ja katseaastate ilmastik 51% ulatuses. Ülejäänud osa mõjudest moodustavad ilmastiku ja väetisvariandi koosmõju ning katsevigad.

Katseaastate keskmisena on 1000 tera mass maheviljeluse ja tavaviljeluse variantidel süsteemisiseselt statistilises mõttes sarnased. Maheviljeluses varieeruvad 1000 tera massi näitajad katseaastate keskmisena 45,9–46,3 g vahel. Sama näitaja tavaviljeluse puhul on 48,4–49,4 g vahel. Maheviljeluse variantidel on 1000 tera massi suurus 4,4–7,1% väiksem. Variatsioonikoefitsient näitab, et mahesüsteemi variantide vahel on varieeruvus talinisu taimede 1000 tera massi osas suurem kui tavasüsteemis kasvanud taimedel.

Variatsioonikoefitsiendid mahe- ja tavasüsteemi variantidel olid vastavalt 6,4–7,6% ja 5,8–8,0%. Suurem varieeruvus tavasüsteemis peegeldab lämmastikväetise kättesaadavust erinevatel aastatel.

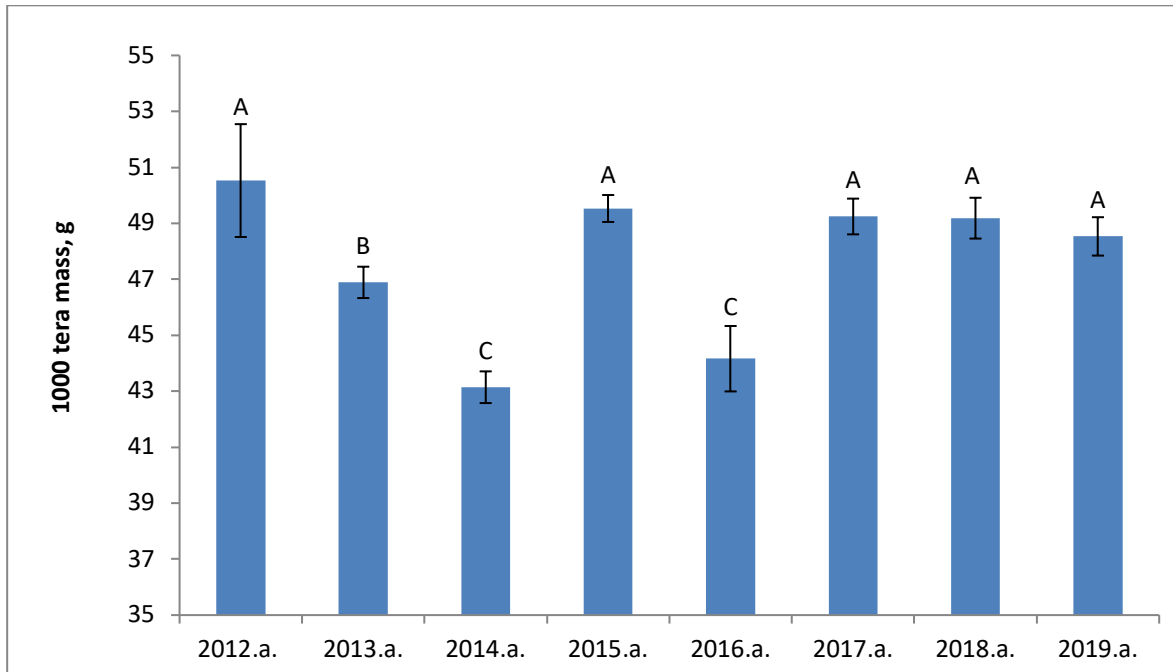


Joonis 6. Talinisu 1000 tera mass (g) mahe- ja tavasüsteemi erinevatel variantidel aastate 2012-2019 keskmisena.

*Org 0 – mahesüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N₂; Org I – lämmastikuallikaks lisaks N₂-le vahekultuuride poolt seotud lämmastik; Org II – N₂ + sõnniku lämmastik; N0 – tavasüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavasüsteemis talinisule antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100, 150 kg N/ha; ** Jooned tulpadel on ±SE; *** Erinevad tähed tähitavad usutavat erinevust

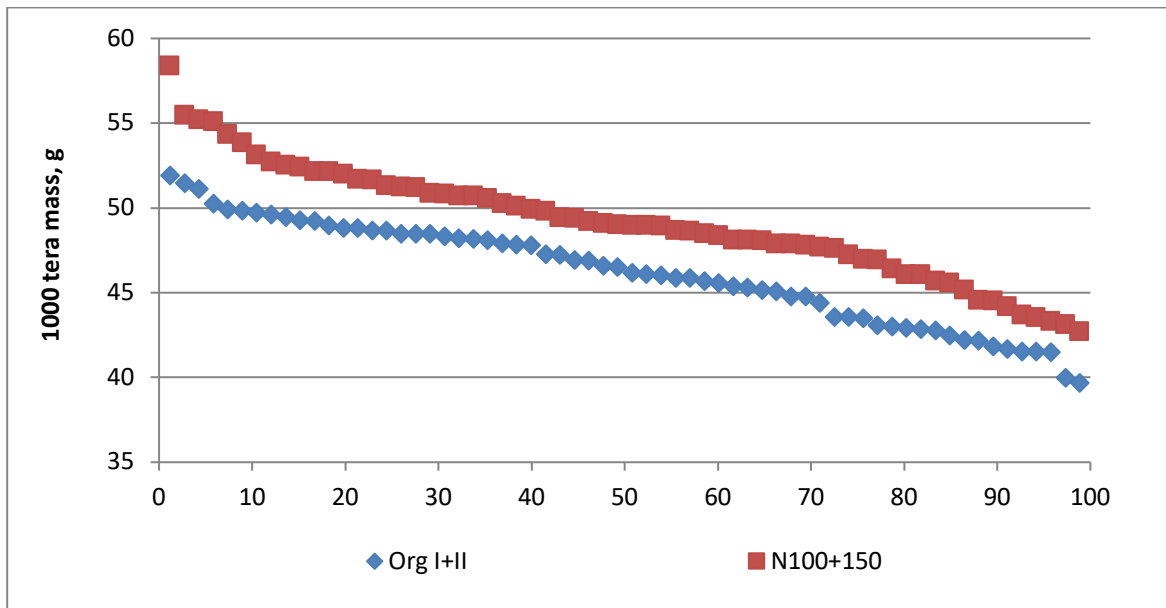
Kui taimedele anda rohkem toitaineid, siis peaks terade mass tõusma. On leitud, et lämmastikväetisega väetamise korral, seda ka kõrgete koguste puhul, on 1000 tera mass väiksem kui vähem väetatud teraviljal. Põhjuseks on see, et lämmastikuga väetamine on suurendanud produktiivvõrsete arvu taimel ja terade arvu peas, mistõttu 1000 tera massi näitaja väheneb (Guarda *et al.*, 2004). Meie katses on tavaviljeluse väetatud variantide ja väetamata N0 variandi 1000 tera mass statistiliselt sama, mis näitab, et uuritud aastate keskmisena mineraallämmastik usutaval määral ei vähendanud 1000 tera massi (Joonis 6), mis omakorda võib-olla tingitud sellest, et varieeruvus erinevatel aastatel oli väga suur (ca 10 g; Joonis 7). Ilmastik, eriti põuased olud, avaldab palju mõju terade täitumisperioodile (Kangor *et al.*, 2011). Joonisel 7 on selgelt näha ilmastiku mõju 1000 tera massile: 2014.

aastal juunikuu viimasel dekaadil (tavaliselt talinisu terade täitumisperioodi algus) oli õhutemperatuur 0 °C lähedane ja kuu sademete kogusest valdav osa tuli just sellel perioodil ja see vähendas terade täituvust/massi.



Joonis 7. Talinisu 1000 tera mass (g) aastatel 2012-2019.

Jooniselt 8 saab välja lugeda, et 50% tõenäosuse juures on mahesüsteemis 1000 tera mass 41,3 grammi ehk 3,63 grammi väiksem kui tavasüsteemis. 100 % tõenäosuse juures on mahesüsteemis 1000 tera mass 3 grammi väiksem kui tavasüsteemis. Kopp, Ess (2007) andmetel Jõgeval 2005.-2006. aastal läbiviidud katsetes selgus, et taimekaitse ning võrsumisaegne ja loomiseelne N-väetisega pealtväetamine mõjutasid tera suurust positiivselt. Mahesüsteemis on keelatud erinevate pestitsiidide kasutamine, seega Feledyn-Szewczyk *et al* (2014) avastasid, et oluliselt vähendab 1000 tera massi seenhaiguste levik. Seetõttu on ka mahesüsteemis kasvanud nisu terade näitajad ilmastikust rohkem mõjutatud.

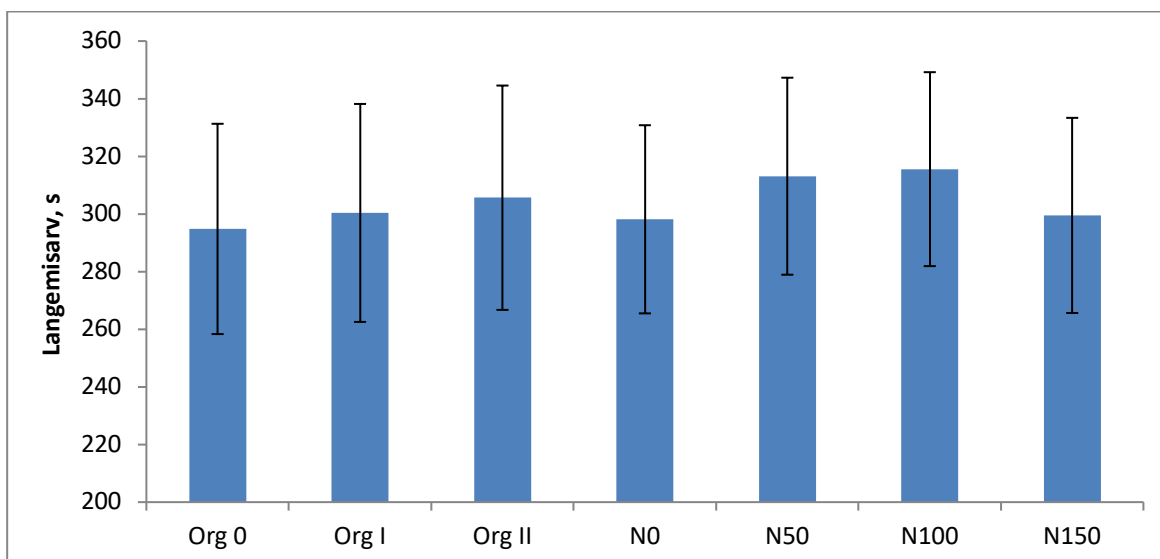


Joonis 8. Talinisu tõenäoline 1000 tera mass mahevariantidel Org I ja Org II (sinine) ning tavavariantidel N100 ja N150 (punane).

3.3.3 Langemisarv

Langemisarv näitab tärglise seisundit teras. Langemisarv on väga oluline nisu terade kvaliteedi näitaja. Langemisarvu suurus sõltub α -amülaasi aktiivsusest. α -amülaasi väga kõrge aktiivsus viitab sellele, et seeme hakkab idanema, mille tagajärjel langemisarvu väärtus langeb ja see võib jääda alla 220 sekundi (Järvan *et al.*, 2012). Langemisarv üle 400 sekundi näitab, et α -amülaasi aktiivsus on madal või puudub üldse. Küpsetamiseks väga hea nisujahu langemisarvu väärtus peab olema vähemalt 250 sekundit. Antud näitaja piirab suuresti nisujahu kasutusala. Kangor ja Ingver (2011) tegid mitmeaastaseid katseid ning nende langemisarvu väärtused jäid vahemikku 318–394 sekundit.

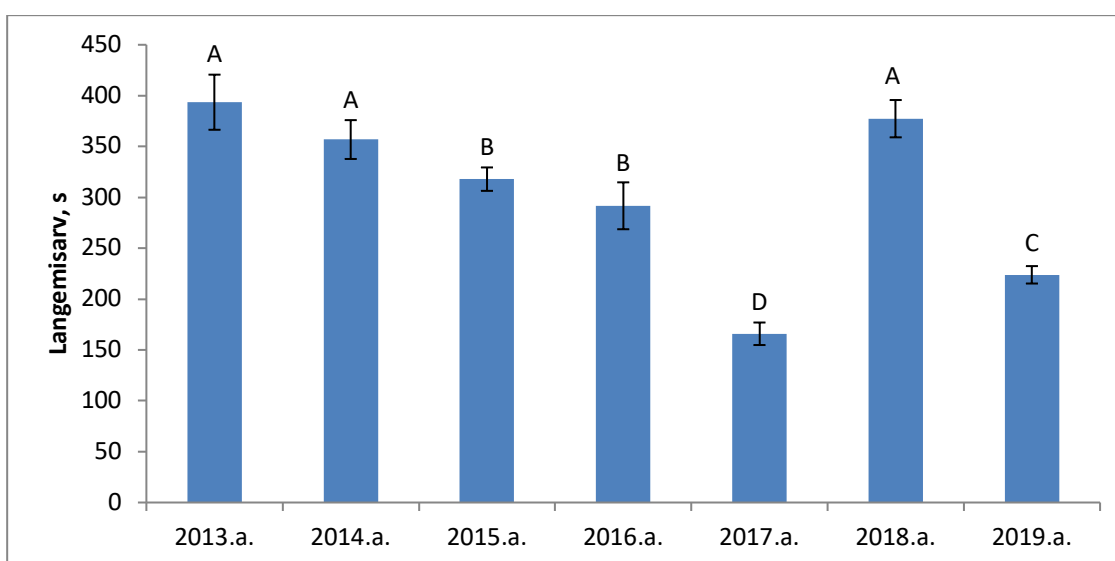
Eerika põllu pikaajalises katses olid langemisarvu näitajad erinevatel variantidel katseaastate 2013–2019 statistiliselt võrdsed (Joonis 9). See viitab sellele, et väetisvariandi mõju katseaastate keskmisena on väga väike, mitte usutav. See-eest ilmastiku mõju katseaastate keskmisena on 74% ulatuses.



Joonis 9. Langemisarv (s) erinevatel variantidel aastate 2013-2019 keskmisena.

*Org 0 – maa-süsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N₂; Org I – lämmastikuallikaks lisaks N₂-le vahekultuuride poolt seotud lämmastik; Org II – N₂ + sõnniku lämmastik; N0 – tava-süsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tava-süsteemis talinisule antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100, 150 kg N/ha; ** Jooned tulpadel on ±SE;

Kõige suurem langemisarvu väärtus oli 2013. aastal, mis näitab et α -amülaasi aktiivsus on väga madal (Joonis 10). 2017. aastal oli langemisarvu väärtus liigagi madal, kus langemisarvu väärtus jäi alla 200 sekundi. 2019. aasta langemisarv variantide keskmisena oli küll madalam nõutud tasemest (250 sek), aga sellest hoolimata olid küpsetusomadused head.



Joonis 10. Langemisarv (s) variantide keskmisena.

* Jooned tulpadel on ±SE; *** Erinevad tähed tähtivad usutavat erinevust

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli välja selgitada tava- ja maheviljelusviisi mõju talinisu terasaagi stabiilsusele, suurusele ning kvaliteedile. Uuriti ja analüüsiti talinisu saaki, mis on kasvatatud pikaajalise mahe- ja tavaviljelusviisi katses aastatel 2012-2019.

Töö alguses sai püstitatud kaks hüpoteesi. Esimene hüpotees, et talinisu terasaaki mõjutavad eelkõige ilmaolud ja seejärel viljelusviis, leidis kinnitust. Dispersioonanalüüsi järgi mõjutas talinisu Fredis saagikust eelkõige katseaastate ilmastik (temperatuur ja sademed; 45%), seejärel väetisvariant katseaastate keskmisena (29%). Terasaagi varieeruvus mahesüsteemis katseaastate keskmisena oli väiksem, variatsioonikoeffitsient 24–28%. Saagi suurem varieeruvus tavasüsteemis võis olla tingitud ilmastiku mõjust mineraalse N-väetise kättesaadavusele taimede võrsumisfaasis, mis mõjutab olulisel määral produktiivvõrsete arvukust ja seeläbi ka saagikust. Teine hüpotees, et mahesüsteemis kasvanud talinisu terasaak on väiksem, aga saagi kvaliteet on parem, leidis osaliselt kinnitust. Talinisu terasaak maheviljeluses on tõesti väiksem. Mis on tingitud sellest, et liblikõieliste poolt seotud õhulämmastik ning erinevate vahekultuuride ja sõnnikuga mulda viidud orgaaniline lämmastik ei olnud kasvavatele talinisu taimedele kiirel kasvuperioodil piisaval määral kättesaadav. Mis omakorda vähendab saaki ja saagi kvaliteeti. Tavasüsteemis taimedele antav (nii võrsumis- kui ka loomiseelses faasis) kohe omastatav ehk mineraallämmastik tõstab saaki ja saagi kvaliteedi näitajaid. Saagi ja kvaliteedi kujunemisel on väga oluliseks teguriks hästi kättesaadav lämmastik mullas, lisaks ilmastikule. Saagi kvaliteedi osas hüpotees kinnitust ei leidnud.

- Lämmastikväetise jaotatult andmine (võrsumis- ja loomiseelses faasis) suurendas gluteeni sisaldust terades. Dispersioonanalüüsi järgi mõjutas gluteenisaldust aasta ilmastik 54 % ulatuses ning väetisvariant 22% ulatuses.
- Viljelusviis ja väetisvariant mõjutasid 1000 tera massi usutaval määral, kusjuures tõenäosusanalüüs näitas, et mahesüsteemis kasvanud taimede 1000 tera mass on tõenäoliselt keskmiselt 3,55 grammi väikse kui tavasüsteemi taimedel. Dispersioonanalüüs näitas, et kõige suuremat mõju avaldas 1000 tera massi suurusele katseaasta ilmastik (51%) ja seejärel väetisvariant (16%).
- Langemisarv on väga oluline nisu terade kvaliteedi näitaja. Katses talinisu langemisarvu mõjutas dispersioonanalüüsi andmetel uuritud faktoritest kõige enam

katseaasta ilmastik (74% ulatuses). Väetisvariant usutavat mõju talinisu langemisarvule ei avaldanud.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Alaru, M., Keres, I., Talgre, L., Luik, A., Eremeev, V., Sats, A., Jõudu, I., Riisalu, A., Loit, E.** (2020). Impact of weather conditions and farming systems on size distribution of starch granules and flour yield of winter wheat. *Agriculture*. Vol.10.
2. **Annuk, T.** (2017). Taimekasvatus maheviljelejale. *Scandagra*. 38 lk.
3. **Basso, B., Shuai, G., Zhang, J., Robertson, G. P.** (2019). Yield stability analysis reveals sources of large-scale nitrogen loss from the US Midwest. *Scientific Reports*.
4. **Borghet, A., Goesaert, H., Veraverbeke, W. S., Delcour, J. A.** (2005). Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: Overview of the main processes and the factors involved. *Journal of Cereal Science*, Vol. 41, No. 3. pp 221-237.
5. **Carlsson, L.-B., Ellermäe, O., Kuldkepp, P., Leming, R., Luik, A., Lund, V., Mikk, M., Põldma, P., Redman, M., Tamm, U., Vetemaa, A., Viil, P.** (2008). Mahepõllumajanduse alused. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus. 174 lk. [veebileht] https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/3771/mahepoll_alused.pdf?sequence=1&isAllowed=y (15.05.2020)
6. **Döring, F. T., Reckling, M.** (2018). Detecting global trends of cereal yield stability by adjusting the coefficient of variation. *European Journal of Agronomy* 99. pp 30-36.
7. **Eesti Maailikool.** (2017). Lõputöö vormistamise nõuded. [veebileht] [http://ms.emu.ee/userfiles/instituudid/ms/MSI%20failid/Lõpetamise%20info/LOPUTOO_VORMISTAMISE_NOUDED_2017\(9\).pdf](http://ms.emu.ee/userfiles/instituudid/ms/MSI%20failid/Lõpetamise%20info/LOPUTOO_VORMISTAMISE_NOUDED_2017(9).pdf) (15.05.2020)
8. **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*. Vol 55.
9. **Feledyn-Szewczyk, B., Kus, J., Jonczyk, K., Stalenga, J.** (2014). The Suitability of different winter and spring wheat varieties for cultivation in organic farming. *Organic Agriculture Towards Sustainability*. Lk 197-225.
10. **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*. Volume 50, Issue 333. pp 499-508.
11. **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. pp 4271-4277.
12. **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. pp 181-192
 13. **Guinness World Records Limited.** (2020). Highest wheat yield. [veebileht] https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/highest-wheat-yield?fb_comment_id=851391291601751_984248268316052 (18.05.2020)
 14. **Ilumäe, E.** (1999). Nõuded toiduviljale ja selle kvaliteet Eestis. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Koostanud H. Older. Saku. Lk 271-286.
 15. **Jaama, E., Lauk, E.** (1999). Teraviljade kasv ja arenemine. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Koostanud H. Older. Saku. Lk 26-43.
 16. **Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L., Adamson, A.** (2012). Talinisu saagikus, saagi kvaliteet ja küpsetusomadused sõltuvalt lämmastiku ning väävliga väetamisest. Agraarteadus (Journal of Agricultural Science). Vol 1 lk 12-20.
 17. **Kangor, T., Ingver, A., Tamm, I., Moks, M., Põldur, Ü., Soorm, Ü., Iisak, L., Kuk, J.** (2011). Suvinisu agronoomilistest omadustest ja saagi kvaliteedist erinevates katsekohtades. Agronoomia 2010/2011. Lk 95-100
 18. **Kangor, T., Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A.** (2009). Millest sõltub suviteraviljade kvaliteet? Aastaseminar 2009. Lk 45-53.
 19. **Kask, R.** (1999). Teraviljakasvatuse loodulikum eeldused ja tingimused Eestis. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Koostanud H. Older. Saku. Lk 11-25.
 20. **Kiik, H.** (1989). Maailma viljad. Tallinn: Valgus.
 21. **Laikoja, K., Vetemaa, A., Viir, M., Assi, K., Rajasalu, P., Tamm, I., Tupits, I., Tamm, Ü., Koppel, R., Ingver, A., Narits, L., Pärn E.** (2013). Abiks põllumajandussaaduste väikekäitlejale III osa Tera- ja kaunviljade ning õlikultuuride töötlemine. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus. Põllumajandusministeerium. [veebileht] <http://www.agri.ee/sites/default/files/public/juurkataloog/TRUKISED/2013/trykis-mahevaikekaitleja-III-2013.pdf> (01.05.2020).
 22. **Lepajõe, J.** (1984). Nisu. 134 lk.
 23. **Loide, V.** (2015). Talirukki 'Vambo' saagikusest ja saagistabiilsusest pikaajalises NPK väetuskatses rähkmullal. Agraarteadus. Lk 62-67.
 24. **Lukme, L., Akk, A.** (2007). Nisu küpsetusparameetrid ja sortide võrdlus katsete põhjal. Agronoomia 2007. Lk 41-44.

25. **MES nõuandeteenistus.** <http://www.pikk.ee/> (13.05.2020)H.
26. **Older, H.** (1999). Teraviljakasvatuse käsiraamat. Saku. 342 lk.
27. **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 and Agriculture*. Volume 92. pp 207-215
28. **Palts, E., Vetemaa, A., Roosimägi, R., Lauk, R., Laats, K.** (2018). Mahepõllumajanduse nõuete selgitus tootjale 2018. 72 lk.
29. PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuuride kasvupind. (Andmed uuendatud 27.01.2020) - *Eesti Statistikaameti andmebaas.* <http://pub.stat.ee> (10.04.2020)
30. PM04: Põllukultuuride saak. (Andmed uuendatud 28.09.2018) - *Eesti Statistikaameti andmebaas.* <http://pub.stat.ee> (10.04.2020)
31. PM041: Põllukultuuride saagikus. (Andmed uuendatud 28.09.2018) - *Eesti Statistikaameti andmebaas.* <http://pub.stat.ee> (10.04.2020)
32. **Protic, R., Jovin, P., Protic, N., Jankovic, S., Jovanovic, T.** (2007). Mass of 1000 grains in several inter wheat genotypes, at different dates of sowing and rates of nitrogen fertilizer. *Romanian Agricultural Research* 24. Belgrade, Serbia. pp 39–43.
33. **Reintam E., Köster T.** (2006). The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and Soil Taxonomy criteria. *Geoderma*, Elsevier, 136. pp 199–209.
34. **Riigi Teataja.** Veeseadus. (jõustunud 01.10.2019) [veebileht] <https://www.riigiteataja.ee/akt/101092015023> (03.05.2020)
35. **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*. Vol.123. pp 233-245.
36. **Zhang, Y., Wang, J., Gong, S., Xu, D., Sui, J.** (2017). Nitrogen fertigation effect on photosynthesis, grain yield and water use efficiency of winter wheat. *Agricultural Water Management*. Vol.179. pp 277-287.
37. **Tamm, I., Tamm, Ü., Koppel, R., Ingver, A., Tupits, I., Narits, L.** (2013). Tera- ja kaunviljade ning õlikultuuride mahepõllumajanduse tarbeks sobivate sortide valik, aretus, seemnekasvatus ja agrotehnika ning nende kultuuride maheviljeluse tulemuste võrdlemine tavapõllumajandusega. Jõgeva sordiaretuse Instituut. Jõgeva. 94 lk.
38. **Tamm, U., Kiisk, T., Lättemäe, P.** (1999). Teraviljade kasutamine loomasöödaks. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Koostanud H. Older. Saku. Lk 287-296.

39. **Teesalu, T., Rossner, H., Toomsoo, A., Leedu, E., Astover, A.** (2012). Haava puitmassi jääkmuda ja selle klinkritolmuga segu mõju suviteraviljade saagile ja kvaliteedile. *Agronoomia* 2012. Lk 73-80.
40. **Tein, B., Kauer, K., Eremeev, V., Luik, A., Selge, A., Loit, E.** (2014). Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. - *Field Crops Research*. Volume 156. pp 1–11.
41. **The Nebraska Wheat Growers Association.** Nebraska Wheat Quality Assurance Report. [veebileht]
42. **Tupits, I.** (2007). Talirukis maheviljeluses. Põllukultuuride ja nende sortide sobivus maheviljeluses. 2007, Lk 2–27.
43. **V. Kruus, A. Tõnissoo.** (1991) Toidunisu kasvatamise juhend. 38 lk.

LISAD

Lisad 1. Lihtlitsents

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

Mina, Evelin Veinberg,
sünniaeg 16.04.1994, *(autori nimi)*

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö
VILJELUSVIISI JA ILMAOLUDE MÕJU TALINISU SAAGI STABIILSUSELE,
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on Maarika Alaru,
(juhendaja(te) nimi)

- 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, 20.05.2020
(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

SUMMARY

The field trial on the experimental field Eerika at the Estonian University of Life Sciences was created in 2008 to compare the organic and conventional production in a five-field crop rotation. Grown crops were winter wheat, pea, potato, barley undersown with clover and clover. This thesis compares the data of the years 2012–2019. Systematic block system in four replicates was used in this experiment. There were seven different treatments in use. The organic system used treatments Org I, Org II and Org III where the sources of nitrogen were legumes fixing atmospheric nitrogen, winter cover crops and farm manure. The conventional system used treatments N50, N100, N150 where in addition to legume crops mineral nitrogen was also added.

The aim of this bachelor's thesis is to identify the effect of conventional and organic farming on the stability, quantity and quality of winter wheat yields.

- According to the analysis of variance, winter wheat “Fredis” was foremost influenced by the weather conditions of the test years (45%), followed by the average fertilisation variant (29%). The yield varied between 3333–3776 kg ha⁻¹. The same data for the fertilised treatments of the conventional system varied between 5030–5261 kg ha⁻¹. According to the coefficient of variation, the average variability of the yield in the test years was lower in the organic system (coefficient of variation 24–28%). The increased variability of yield in the conventional system could be due to the climatic impact on the availability of mineral nitrogen fertiliser in the tillering and booting stage of plants, which significantly affects the number of productive shoots and therefore also affecting the wheat yield.
- Application of nitrogen fertiliser in the booting and pre-flowering stage increased gluten content in the grains. According to the analysis of variance, the gluten content was influenced by the weather conditions (54%) and fertilising method (22%).
- The analysis of variance demonstrates that the thousand kernel weight was mostly influenced by the weather conditions (51%) and after that by the fertilisation method (16%). Probability analysis showed, that plants grown in organic system had averagely 3.55 g lower 1000 kernel weight than that in conventional system.

- The Falling Number is a very important factor to determine the quality of wheat grains. The analysis showed that the weather conditions of the test years (74%) had the highest impact on the Falling Number. The Falling Number of the winter wheat was not significantly influenced by the different forms of nitrogen fertiliser.