



EESTI MAAÜLIKOOL  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Romet Viiber**

**VÄETAMISE MÕJU TALINISU TERA, TAIGNA JA PÄTSI  
KVALITEEDILE**

THE IMPACT OF FERTILIZATION ON THE QUALITY OF  
WINTER WHEAT GRAIN, DOUGH AND LOAF

Bakalaureusetöö

Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine

Juhendajad: Evelin Loit-Harro, *PhD*

Riinu Kaasik, *MSc*

Tartu 2024

Eesti Maaülikool		<b>Bakalaureusetöö lühikokkuvõte</b>	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Romet Viiber		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Väetamise mõju talinisu tera, taigna ja pätsi kvaliteedile			
Lehekülgi: 35	Jooniseid: 6	Tabeleid: 4	Lisasid: 2
<p>Osakond: Taimekasvatus ja taimebioloogia</p> <p>Uurimisvaldkond: Taimekasvatus, aiandus, taimekaitsevahendid, taimehaigused (B390)</p> <p>Juhendaja(d): Evelin Loit-Harro, <i>PhD</i>; Riinu Kaasik, <i>MSc</i></p> <p>Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu, 2024</p>			
<p>Mineraalväetise koguseid soovitakse roheleppe korraldusel vähendada 20%, kuid pagaritele on siiski vaja kasvatada kvaliteetset toorainet. Tooraine kvaliteet, millest olulise osa moodustab proteiin, sõltub suurel määral lämmastikväetisest. Bakalaureuse töö eesmärgiks oli analüüsida erinevates lämmastikväetise variantides kasvatatud talinisu „Edvins“ terade ning teradest valmistatud jahust tehtud taigna ja pätsi kvaliteedinäitajaid. Töö analüüsid teostati 2023. aastal Eesti Maaülikooli külvikorralduses. Tera kvaliteedinäitajate (1000 tera mass, langemisarv, gluteenisisaldus, proteiinisaldus ja veesidumisvõime) tulemused olid paremad tavaviljeluse variantides, kus kasutati kõrgema normiga mineraalväetist. Gluteeniindeks oli kõrgem maheviljeluse variantidel. Taigna puhul olid tavaviljeluse variandid paremate kvaliteedinäitajatega: taigna moodustamise aeg, stabiilsus, elastsus. Küpsetatud pätsi puhul analüüsiti mahtu, välimust, värvust, koorikut, maitset, struktuuri, elastsus, pätsi kaalu, küpsetuskadu ja ruumalafaktorit. Tavaviljeluse variandid andsid paremaid tulemusi. Kõige paremate kvaliteedinäitajatega olid kokkuvõttes väetusvariandid, mis said vastavalt 100 ja 150 kg mineraalväetist hektari kohta. Edaspidi tuleks analüüsida mitme erineva aasta saagist tehtud pätsi, et saadud tulemusi kinnitada.</p>			
Märksõnad: talinisu, kvaliteet, lämmastik, taigen, päts			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		<b>Abstract of Bachelor's Thesis</b>	
Author: Romet Viiber		Specialty: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: The impact of fertilization on the quality of winter wheat grain, dough and loaf			
Pages: 35	Figures: 6	Tables: 4	Appendixes: 2
<p>Department: Chair of Crop Science and Plant Biology          Field of research: Plant cultivation, horticulture, plant protection agents, plant diseases (B390)</p> <p>Supervisors: Evelin Loit-Harro, <i>PhD</i>; Riinu Kaasik, <i>MSc</i></p> <p>Place and date: Tartu, 2024</p>			
<p>In accordance with the Green Deal, the amounts of mineral fertilizer are intended to be reduced by 20%. However, it is still necessary to produce high-quality wheat seeds for bakers. The quality of wheat, mostly depending on protein called gluten, is largely impacted by nitrogen fertilizer. The aim of the thesis was to analyze the quality of winter wheat "Edvins" grains, dough and loaf made from grains grown in different nitrogen fertilizer treatments. The grains were collected in 2023 from the crop rotation experiment at the Estonian University of Life Sciences. The results of grain quality indicators (1000 grain weight, falling number, gluten content, protein content and water absorption capacity) were better in conventional cropping treatments that used higher rate mineral fertilizer (150 kg/ha). The gluten index was higher in the organic farming treatments. Regarding the dough, conventional cropping treatments showed better quality indicators: dough formation time, stability and elasticity. Baked loaf volume, appearance, color, crust, taste, structure, elasticity, loaf weight, baking loss, and volume expansion were analyzed. The conventional cropping treatments yielded better results. The treatments with the best quality indicators were those receiving 100 and 150 kg of mineral fertilizer per hectare, respectively. In the future, it will be necessary to analyze loaves made from the harvest of several different years to confirm the results.</p>			
Keywords: winter wheat, quality, nitrogen, dough, loaf			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	7
1.1 Nisu .....	7
1.2 Talinisu agrotehnoogiad.....	8
1.3 Nisuterade kvaliteedi näitajad .....	10
1.4 Küpsetusomadused.....	12
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	13
2.1 Põldkatse kirjeldus .....	13
2.2 Kvaliteedi analüüsid.....	14
2.3 Taigna ja küpsetamise analüüsid.....	14
2.4 Kasvuperioodi ilm .....	16
2.5 Statistilised analüüsid.....	17
3. TULEMUSED JA ARUTELU.....	18
3.1 Terade kvaliteet .....	18
3.2 Jahude analüüs.....	21
3.2 Taigna analüüs.....	23
3.3 Pätside hindamine .....	25
KOKKUVÕTE.....	28
KASUTATUD KIRJANDUS .....	29
LISAD .....	33
Lisa 1. Linnase jahu vajadus vastavalt langemisarvule.....	34
Lisa 2. Saiapätside visuaalse hindamise ja maitse hinded .....	35

## SISSEJUHATUS

Teraviljakasvatus moodustab suurima sektori taimekasvatusest üle maailma. Eestis oli põllumaad 2023. hooajal kasutuses 711325 hektarit (edaspidi ka *ha*), millest nisu kasvatati 173565 ha ning millest omakorda talinisu kasvatati 146537 ha. Teravilja saak 2023. aastal oli 1200666 tonni, mis on 21,5 % vähem võrreldes 2022. aasta teravilja saagiga. Kogu teravilja saagist oli nisu 2023. aastal kokku 694120 tonni, millest talinisu oli 620783 tonni (Statistikaamet 2024). See tähendab, et kogu 2023. aasta teravilja saagist nisu moodustas 57,8 % ning sellest omakorda talinisu oli 89,4 %.

Nisu on üks peamisi toiduallikaid olnud nii praegu kui ka ajalooliselt. Nisu kasvatamine Eestis on tugevalt arenenud, on aretatud meie kliimatingimustele sobivad sordid ning kasutusele on võetud nisu talivorm. Eesti kliimatingimused on sobilikud mõlema nisu vormi kasvatamiseks: suvi- ja talinisu. Talinisu on saagikam, kuid suvinisu on kvaliteetsem. Kuid siiski on ka talinisu kvaliteet piisav, et sellest teha inimese lauale väga kvaliteetset toitu. Proteiinisaldus on talinisu kvaliteeti oluliselt mõjutav tegur ning seda mõjutavad väetis ja olemasolevad kasvutingimused (Wilson *et al.* 2020). Proteiinisaldusest 16% moodustab lämmastik.

Väetise kasutamine põllumajanduses on viimastel aastatel väga aktuaalne teema nii poliitikute, teadlaste kui põllumeeste seas. Poliitikute soov on vähendada lämmastikväetiste kasutamist keskkonnahoiu eesmärgil ning suurendada mahepõllumajanduse pindala, teadlaste soov on suurendada lämmastikväetiste kasutamise efektiivsust ning põllumeeste eesmärk on toota võimalikult kuluefektiivselt. Paljud põllumehed on vähendanud kultuuride väetiste koguseid, sest väetise maksumus on viimastel aastatel hüppeliselt kasvanud. Siiski on nisukasvatuse eesmärgiks kõrge ja kvaliteetne terasaak, mis sobib pagaritööstusele.

Väetiste hindade kasv ning roheleppe eesmärgid toovad kaasa vajaduse uurida, kuidas lämmastikväetiste vähendamine ning maheväetiste kasutamine mõjutab nisu kvaliteeti ning sobivust küpsetamiseks. Töö eesmärgiks oli analüüsida, kuidas erinevad mineraalväetise norming ning maheviljeluse variandid mõjutavad talinisu terade kvaliteeti, taigna omadusi ning saiapätsi kriteeriumeid.

Töö eesmärgi saavutamiseks püstitati hüpoteesid:

- 1) Talinisu terade kvaliteedi ja lämmastikväetise normi vahel on positiivne seos;
- 2) Tavaviljelussüsteemis kasvatatud talinisu jahu, taigna ja saiapätsi kvaliteet on kõrgem kui maheviljeluse variantides.

Töö autor avaldab tänu oma juhendajatele Evelin Loit-Harrole ja Riinu Kaasikule. Lisaks vanemlaborandile Liili Hirsnikule. Lõputöö valmimist toetas Eesti Teadusagentuur projekti „Saagi ja kvaliteedi stabiilsus ja jätkusuutlikkus pikaajalises külvikorrakatses (PRG1949)“ raames.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Nisu

Nisu on üks kõige enam kasvatatav ja tarbitav toiduteravili maailmas. Nisu moodustab 4,5 miljardi inimese poolt tarbitavatest toiduainetest 21 % koguenergiast, 20 % valgust ning 55 % süsivesikutest. Nisu on 36 protsendi maailma elanikkonna jaoks põhiline toiduaine (Lachutta, Jankowski 2024).

Nisuterade peamine kasutussuund on jahu, mis on tooraine pagari- ja kondiitritoodetele. Maailmas kasvatatakse üheteranisu (*Triticum monococcum*), kõva nisu ehk speltanisu (*Triticum spelta*) ning pehmet nisu (*Triticum aestivum L.*) (Wysocka *et al.* 2024). Pehme nisu sobib paremini saia küpsetamiseks. Uuesti on hakatud huvi tundma ka vanemate nisuliikide nagu spelta ja üheteranisu vastu. Ollakse arvamusel, et need on tervislikumad alternatiivid pehmele nisule (Shewry 2009). Eestis on enimlevinud pehme nisu, mida kasvatatakse nii suvi- kui talivormina. Tänapäeval on nisust aretatud väga palju erinevaid sorte.

Esimest korda hakati nisu kasvatama umbes 10000 aastat tagasi, osana "neoliitikumirevolutsioonist", mis nägi ette üleminekut küttimiselt ja koriluselt väljakujunenud põllumajandusele. Varaseimad kultiveeritud nisuvormid olid põhiliselt pärandisordid, mille põllumehed valisid välja metsikutest populatsioonidest, arvatavasti nende parema saagikuse ja muude omaduste tõttu, mis on varajane ja selgelt mitteteaduslik sordiaretuse vorm. Kodustamine oli seotud ka geneetiliste tunnuste valikuga, mis eraldasid nad metsikutest sugulastest (Shewry 2009).

Nisu (nii suvi- kui talinisu) on ajalooliselt Eestis olnud teisejärguline toiduvili rukki järel, kuid tänapäeval on ta kerkinud esikohale. Nisu kasvatamine on tõusnud viimase aastasaja jooksul kiiresti. Kahekümne aasta jooksul suurenes nisu külvipind 14500 ha-lt (1919. aastal) 72600 ha-ni (1939. aastal). Kogupinnast 43% oli talinisu all ja 57% suvinisu all. Teise maailmasõja järel, kui valitses üldine toiduainete puudus, säilis nisu külvipind esialgu 60000 ha piirides. Sõjajärgselt hakkasid vaikselt tekkima suured põllumajandustootjad ja kuna nisu turg oli hea, laienes külvipind kiiresti ja jõudis 2019. aastal rekordtasemeni – 167000 ha (Loit, Keres 2021).

Aastal 2023 moodustasid talinisu pinnad umbes 42 % ehk 146537 ha Eesti kogu teraviljapinnast, mis oli 352148 hektarit. Veel 2021. aastal moodustas kogu teravilja pindalast (367117 ha) talinisu kasvupind vaid 37% ehk 135921 ha (Statistikaamet 2024). Aastaks 2024 on see suurenenud juba 5 % võrra.

Talinisu kasvupinna suurenemist Eestis on soodustanud ülemaailmne kliimasoojenemine, viimase sajandi jooksul umbes 0,05 °C aastatel 1861 kuni 2000. Läänemere piirkonna kliimasoojenemise trend on olnud maailmaga võrreldes veel suurem - 0,08°C aastas (Chawade *et al.* 2018). See tähendab, et talved on pehmemad ja suved põuasemad. Nendes tingimustes kasvab talinisu paremini. Samuti on laienenud sordivalik, kuna Kesk-Euroopa nisusordid talvituvad ka Eesti tingimustes hästi.

## 1.2 Talinisu agrotehnoloogiad

Talinisu on vastupidav kultuur Eesti ilmastikuolude juures. Nisu kasvutingimusi saab parandada kergete võtetega. Tähtis on külvikord - talinisule head eelviljad on kaunviljad, põldhein, ristik ja mesikas. Sobivad eelviljad on varajane oder, varajane kartul, raps või rüps ning segatis. Talinisule ei sobi eelviljaks taliviljadest talinisu ja talioder ning suviljadest lina, oder ja suvinisu (Kanger *et al.* 2014).

Talinisu vajab kasvuperioodiks aktiivsete temperatuuride summat (>10 °C) 1400–1500 °C, suvinisu aga hoopis 1300–1600 °C. Idanemiseks optimaalne ööpäeva keskmine temperatuur on üle 5 °C (Shewry 2009). Talinisu vajab optimaalseks temperatuuriks kasvuperioodil 14–16 °C. Samas talub ka madalaid temperatuure. Lumeta talvel võib taluda kuni –18 °C ja lumega kuni –30 °C. Kasvuperioodi pikkus on olenevalt sordist 270 - 350 päeva ning sellel perioodil vajab talinisu aktiivseid temperatuure 1850 - 2200 °C, sellest sügisperioodil 500 °C.

Talinisu on väga niiskuslembene kultuur (Loit, Keres 2021). Nisul on veevajadus suurim kevadise kasvu algusest kuni loomiseni (BBCH 20 - 59), sel ajal toimub intensiivne lehtede ja kõrte kasv ning loomisfaasis õisikute ja viljapea moodustumine. Kuni loomise (BBCH 50 - 59) faasini on nisu veevajadus 70 % kogu veevajadusest kasvuajal. Loomisperioodist kuni terade täitumiseni (BBCH 50 - 79) on veevajadus 20 % kogu kasvuaja veevajadusest, ülejäänut 10 % läheb vaja küpsusperioodil (BBCH 80 + ) (Ivandi *et al.* 2022).

Talinisu optimaalne külviaeg on augusti lõpust kuni septembri keskpaigani. Mida hilisem on külv, seda suurem peab olema külvisenorm. Külvisenorm septembri alguses on 400 idanevat seemet ruutmeetri (m<sup>2</sup>) kohta (Annuk 2017).

Talinisu on efektiivne toitainete omandaja. Väga hästi omastab talinisu orgaanilist ja haljasväetist, kuid sobivad ka mineraalväetised. 6 - 7 t/ha talinisu saagi saamiseks on vaja väetada kultuuri mineraalväetistega umbes 10 - 15 kg/ha magneesiumiga, 25 - 30 kg/ha fosforiga, kaaliumiga 70 - 80 kg/ha ning lämmastikuga 135 - 160 kg/ha kui mullas on toitainete vajadus keskmise. Lämmastiku paremaks ära kasutamiseks vajab talinisu väävli. Lisaks NPK (kompleksväetis – lämmastik, fosfor, kaalium) väetistele on vaja ka mikroelemente. Talinisul on suur vajadus mikroelementide kohapealt mangaanile ja vasele, lisaks on vaja ka boori ja tsinki (Kanger *et al.* 2014).

Lämmastikväetise omastamisele aitab kaasa väävel. Lämmastik koos väävliga suurendab oluliselt biomassi, teravilja tera saaki ja terade kvaliteeti (Tabak *et al.* 2020).

Leheväetiste kasutamine (nt karbamiidilahus) võib märkimisväärselt suurendada proteiinisaldust. Leheväetisega väetatud nisu proteiinisalduse suurenemine sõltub vähem ilmastikutingimustest ja on stabiilsem erinevate ilmastikutingimuste suhtes (Tsvey *et al.* 2021).

Taigna kvaliteet on muutlikum orgaaniliste väetiste puhul (kuni 33%), kuna orgaanilise lämmastiku kättesaadavus varieerub ja tundlikes ilmastikutingimustes võib olla kättesaadavus veel väiksem (Keres *et al.* 2021). Taigna kvaliteet on parem kasutades orgaanilist ja mineraalset lämmastikku (Alaru *et al.* 2024).

Kõrge lämmastikväetise määr soodustab oluliselt teravilja proteiinisaldust. Kliimamuutuste mõju on täheldatud viimastel aastakümnetel, kus põuastress on peamine tegur, mis mõjutab nisu proteiinisaldust. Põud võib oluliselt suurendada proteiinisaldust, eriti terade täitumise ajal (Jansone *et al.* 2023).

Poola kliima tingimustes on nisu kasvatamisel optimaalne lämmastikväetise norm 160 - 180 kg/ha, millest 40 – 50 % tuleks lisada kevadise kasvu alguses. Eelkõige mõjutab lämmastiku kogus tera biomehhaanilisi omadusi (1000 tera mass, tihedus, ühtlus ja läbipaistvus). Kõrgemad kevadised lämmastikväetise normid suurendavad teravilja tihedust ja läbipaistvust. Suuremad lämmastikväetise kogused suurendavad ka proteiini- ja gluteenisisaldust (Lachutta, Jankowski 2024).

### 1.3 Nisuterade kvaliteedi näitajad

Tera kvaliteedinäitajaid, nagu proteiinisaldus, langemisarv ja gluteenisaldus, mõjutab peamiselt lämmastikväetiste kogus (Sip *et al.* 2013). Proteiinisaldus on väga oluline kvaliteedinäitaja. Proteiini hulgest ja koostisest sõltub teraliimi hulk, venivus ja elastsus. Nisu proteiinisaldust ehk valgusisaldust mõõdetakse lämmastiku sisalduse järgi. Valkude keskmine lämmastiku sisaldus on 16 %. Üldiselt kasutatakse valgu sisalduse leidmiseks valemit  $N \times 6.25$  ( $1/0.16 = 6.25$ ), kus N tähendab lämmastikku. Teraviljade puhul on seda koefitsenti täpsustatud: täisteranisul on selleks 5,83 ja nisu endospermil ehk peene fraktsiooniga jahvatatud jahul on selleks 5,7. Valgusisaldus teras kõigub tavaliselt 10 - 14 % vahemikus sõltuvalt sordist ja väetamisest (Loit, Keres 2021).

Talinisu sisaldab vähem valku võrreldes suvinisuga. Kuival suvel on terad valgurikkamad võrreldes vihmasel ajal kasvanud taimedega. Valgusisaldus oleneb otseselt väetamisest. Lämmastikväetised suurendavad valgusisaldust teras, samas kaalium ja fosforväetised suurendavad tärklisesisaldust (Loit, Keres 2021).

Nisu valkudest moodustab gluteen ehk kleepevalk ehk teraliim üle 80%. Gluteen mõjutab nisujahu kasutusomadusi ning selle sisaldus määrab ära, kas jahust saab teha kergitatud saia või teisi küpsetisi. Gluteenisaldus ei tohiks küpsetamiseks mõeldud jahus olla väiksem kui 25% (Wysocka *et al.* 2024). Mida sidusam ja venivam on gluteen, seda parem on taigna kerkimine ning sellest valmib kohevam sai. Nisu gluteen on võrreldes teiste teraviljadega kõige sidusam ja elastsem, see annab nisule parimad küpsetusomadused (Loit, Keres 2021).

Gluteeni kvaliteeti iseloomustab tema elastsus ja venivus. Heade küpsetusomadustega nisujahul on gluteeniindeks 70 - 90 %. Valmistootte puhul väljendub gluteeni kvaliteet väga hästi toote kõrguse ja diameetri suhtes (Järvan *et al.* 2012). Gluteeniindeks üle 95 % näitab tugevat gluteeni, samas väärtused alla 60 % näitavad saia jaoks liiga nõrka jahu (Ionescu *et al.* 2010).

Laboris on võimalik teravilja jahudes mõõta  $\alpha$ -amülaasi aktiivsust, mida hinnatakse langemisarvu kaudu. Mida madalam on langemisarvu väärtus, seda rohkem on tärklis lagundatud ning sellepärast tuleb vedelam ja ebakvaliteetne tainas, millest omakorda ebakvaliteetne küpsetis (Loit, Keres 2021). Langemisarv iseloomustab nisujahus sisalduvate ensüümide võimet lagundada tärklis. Vilja kokkuostul kategooriates I - IV kvaliteetse nisujahu

langemisarv on 210 - 275 sek (tabel 1). Saia küpsetamiseks mõeldud jahus peaks amülaasi ensüümide optimaalne aktiivsus olema keskmine ehk langemisarv peaks jääma vahemikku 220 - 280 sekundit. Kõrge ensüümide aktiivsusega jahu (langemisarv alla 150 sekundi) kasutamine küpsetamiseks toob kaasa väikese ruumalaga, tiheda sisu ja mureneva koorikuga saia (Järvan *et al.* 2012). Jahu, mille ensüümide aktiivsus on liiga madal (langemisarv üle 300 sekundi), annab kompaktse sisu, kalduvuse murenemisele ja ümariku kujuga küpsetise (Wysocka *et al.* 2024). Kõige rohkem mõjutavad langemisarvu ilmastik ja sort, väiksem mõju on lämmastikväärtisel (Wang *et al.* 2008).

Taigna moodustumise aeg näitab, kui kiiresti jahu imab endasse vett ja moodustub taigen (Järvan *et al.* 2012). Veesidumisvõimest sõltub taigen väljatulek: mida suurem see on, seda kasulikum pagari seisukohast. Nisujahu veesidumisvõime peaks küpsetamiseks olema üle 58 % (Wysocka *et al.* 2024). Gluteen määrab jahu veesidumisvõime ja see on otseselt seotud taigen elastsusega (Lachutta, Jankowski 2024). Nisujahu gluteeniindeksi väärtused küpsetamiseks peaksid olema vahemikus 60 - 90 %. Gluteeniindeks väärtusega üle 90 näitab liiga tugevat gluteeni ning alla 60 näitab liiga nõrka gluteeni, millest võivad tulla madalama kvaliteediga pagaritooted (Wysocka *et al.* 2024).

**Tabel 1.** 2023. aasta saagi toidunisu kvaliteeditingimused kokkuostuks kategooriate kaupa (Scandagra Eesti AS 2023).

<b>Kvaliteedinäitaja</b>	<b>I kat</b>	<b>II kat</b>	<b>III kat</b>	<b>IV kat</b>
<b>Proteiin %, min</b>	14	13	12	11
<b>Niiskus, %</b>	11...14	11...14	11...14	11...14
<b>Langemisarv sek</b>	275	250	240	210
<b>Kleepvalk %, min</b>	28	26	24	22

## 1.4 Kõpsetusomadused

Kõpsetusomadusi mõjutab agrotehnilistest teguritest kõige rohkem lämmastikuga väetamine, kuna see mõjutab valkude, sealhulgas gluteenivalkude kogust ja kvaliteeti (Dier *et al.* 2022). Nisujahu koos veega moodustab unikaalsete viskoelastsete omadustega taigna, mis eristab seda muude teravilja teradest saadud jahudest. Eelnevad teadustööd on näidanud, et kõrgem kvaliteet saadaks siis, kui lämmastikväetis lisatakse mitmes osas (Wieser, Seilmeier 1998; Blandino *et al.* 2015). Nisutaigna reoloogilised omadused sõltuvad suuresti valgusisaldusest ja -kvaliteedist, täpsemalt gluteeni struktuurist, mis moodustub pärast veega segamist gliadiinist ja gluteeniinist. Need valgud vastutavad taigna elastsuse ja venivuse ning lõpptootelega õige struktuuri eest. Amülaasi ensüümide aktiivsus mängib samuti olulist rolli jahu kõpsetusväärtuse kujundamisel (Wysocka *et al.* 2024).

Nisu kõpsetuskvaliteeti mõjutab ka väävlis kontsentratsioon (Guerrini *et al.* 2020). Kui soovida suure proteiini ja kleepvalgu sisaldusega tera ning avaldada positiivset mõju ka taigna kvaliteedi parameetritele – nagu moodustumise aeg, stabiilsus, pehmenemise aste ja kvaliteedinumber, siis peaks lämmastiku ja väävlis vahekord (N : S) olema 8 - 10,5 : 1. Saiatoodete valmistamiseks sobib nisu gluteeniindeksiga 60 - 90 %, seevastu Kesk-Euroopa nisusortide jaoks optimaalne gluteeniindeks on 75 - 90 % (Järvan *et al.* 2012).

Mahedalt kasvatatud toidunisul on sageli probleemiks piisava proteiini- ja kleepvalgusisalduse saamine. Samas teised tera- ja kõpsetuskvaliteedi näitajad võivad mahedalt kasvatatud nisul olla võrdväärised või paremad kui tavaviljeluses (Kangor, Koppel 2022).

Gluteeni kogust mõjutavad enim kõrged temperatuurid ja sademete rohkus juulikuus. Augusti sademed avaldavad gluteenikogusele negatiivset mõju (Keler, Martynova 2020). Kvaliteet sõltub peale kasvutingimuste veel ka sordist (Ivandi *a* 2022). Reeglina saagikamad sordid on halvema kõpsetuse kvaliteediga kui vähe saagikad sordid.

Nisu kasutatakse eelkõige toiduks ja inimese toidulaule jõuab see kõige rohkem kõpsetistena. Nisu kasutamisel toiduviljana on väga oluline teada, millise kvaliteediga on jahu kõpsetusomadused. Nende kvaliteet sõltub mitmetest teguritest, millest olulisemad on -ilmastikutingimused, agrotehnika ja väetamine (Järvan *et al.* 2012).

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1 Põldkatse kirjeldus

Talinisu „Edvins“ proovid koguti Eesti Maatülikooli Eerika katsepõllult mahe- ja tavaviljelusviisi võrdluseks rajatud katselt 2023. aastal. Eerika katsejaamas on kogu katse ulatuses ühtlane mullastik. Mullaks on pruun näivleetunud muld. Mulla lõimiseks on saviliiv, tuseduseks 25 - 27 cm ja perspektiivne boniteet 47 (Maa-amet mullastikukaart 2024). Katselapi suurus oli 60 m<sup>2</sup> ning igat varianti oli neljas korduses. Talinisu eelviljaks oli punane ristik (*Trifolium pratense* L.).

Katsevariante oli kokku seitse, millest kolm mahe- ja neli tavaviljelusviisis. Maheviljeluses oli kolm väetusvarianti: ORG0 kus ei kasutatud väetisi ega taimekaitset ehk maheviljelus kontroll, ORG1, kus on kasutusel talvised vahekultuurid (enne talinisu oli viimane vahekultuur kolm aastat tagasi), ORG2, kus enne külvi lisati komposteerunud veisesõnnikut (10 t/ha, lämmastiku sisaldus 90 kg/ha) ning selles variandis kasvatati ka talvist vahekultuuri (kolm aastat tagasi). Maheviljeluses taimekaitset ei tehtud. Umbrohtusid tõrjuti äestamisega, mis toimusid 11.04.2023 ja 26.04.2023 kuupäevadel.

Tavaviljeluses oli neli katsevarianti: N0 (N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>) ehk tavaviljeluse kontroll, väetiseid ei lisata; N50 (N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>) ehk variant, kus kasutatakse NPK väetist lämmastiku tasemega 50 kg/ha; N100 (N<sub>100</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>) ehk variant, kus kasutatakse NPK- ja lämmastikväetist lämmastiku tasemega kokku 100 kg/ha; N150 (N<sub>150</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>) ehk variant, kus kasutatakse NPK- ja lämmastikväetist lämmastiku tasemega 150 kg/ha. Tavaviljeluses kasutati taimekaitset. Haiguseid tõrjuti 26.05.2023 fungitsiidiga Orius, umbrohtusid tõrjuti 25.05.2023 herbitsiidiga Sekator. Väetamine käis kolmes ringis, esimene ring 20.04, teine ring 05.05 ja kolmas ring 19.05.2023. Lisaks tehti kevadine äestamine 11.04.2023.

Talinisu külv tehti 12.09.2022 ning saak koristati kombainiga 02.08.2023.

## 2.2 Kvaliteedi analüüsid

Sorteeritud ja kuivatatud talinisu proovidest määrati kvaliteediparameetrid Eesti Maaülikooli laboris. 1000 tera mass (g) määrati aparaadiga Contador PFEUFFER (Saksamaa). Langemisarvu ja gluteeni määramise jaoks jahvatati terad veskiga (Perten Laboratory Mill 3100). Langemisarv (s) määrati aparaadiga Perten Falling Number Model 1700, kus kasutati tootja poolt koostatud protokollid. Gluteeni- ehk teraliimisisaldus (%) ja gluteeniindeks (%) mõõdeti Perten Glutomatic® aparaadiga. Kõiki mõõtmisi tehti kolmes korduses.

## 2.3 Taigna ja küpsetamise analüüsid

Küpsetamiseks vajalik jahukogus (umbes üks kilogramm) jahvatati Eesti Maaülikooli laboris. Jahu fraktsiooni suurus oli 1100 µm. Kokku oli seitse katselappi ning jahvatati katsest teine kordus. Peale jahvatamist seisis jahud kaks nädalat.

Küpsetamine ja selleks vajalikud analüüsid teostati Jõgeval, Maaelu Teadmuskeskuses. Esmalt määrati jahust niiskuse sisaldus ja veesidumisvõime infrapuna-analüsaator NIRiga (Foss XDS Rapid Content analyser) ning langemisarv (Perten Falling Number 1700). Brabender farinograafia määrati taigna omadusi ja taigna segamiseks meetod ICC BIPEA 50.

Küpsetusanalüüsid viidi läbi vastavalt Soome riigi viljasalve küpsetusmetoodikale. Selleks kaaluti 250 g jahu, 5 g soola, 5 g suhkrut, 5 g margariini, 7,5 g pärimi ja odralinnase jahu vastavalt langemisarvu tabelile (lisa 1). Odralinnase jahu lisati jahudele nii palju, et kõikidel jahudel oleks langemisarv 250 selleks, et katses olevad jahud oleksid võrdsed. Lisati käesoe vesi vastavalt jahu veesidumisvõimele ja 6 ml 0,1 % askorbiinhapet (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>). Küpsetusanalüüsiks vajalik taigen segati farinograafi segajas. Esmalt kallati kõik kuivained (jahu, sool, suhkur, margariin, linnasejahu), ning segati neid üks minut ja seejärel lisati vedelikud ja segati 7 minutit. Taigen eemaldati farinograafi kolust, seejärel hinnati taigna venivust, elastsust ja liikuvust. Taigna elastsust hinnati visuaalselt ja katsumise teel. Elastsust hinnati kahel korral, esimene kord pärast seda, kui taigen oli kerkinud 45 minutit eelkergituskapis ja teine kord hinnati pärast 1,5 tundi taigna kerkimist eelkergituskapis.

Taigen pandi vastavalt numbriga märgitud kaussi (numbrid 1 - 7), kauss oli eelnevalt kokku tehtud tärglisega, et taigen ei nakuks kausi külge. Kausile pandi peale kile, et taigen kerkimisel ei kuivaks. Kauss koos taignaga pandi eelkergituskappi 45. minutiks, kus temperatuur oli 28 - 30 °C. Kui taigen oli 45 minutit eelkergituskapis kerkinud, võeti taigen välja ja rulliti rull-laual läbi kaks korda ning asetati teist korda eelkergituskappi 45. minutiks.

Pärast teist eelkergitust (45 min + 45 min) võeti taigen eelkergituskapist, hinnati taigna elavust, kleepuvust ja elastsust ning kaaluti taigna mass. Seejärel rulliti taigen uuesti ja tehti käte vahel palliks. Taigna pallike asetati margariiniga määratud küpsetusvormi ja pandi kergituskappi, mille temperatuur oli  $32 \pm 1$  °C ja niiskus 80 %. Taigna kerkimise ajaks niiskusega kergituskapis oli 90 min.

Küpsetusvorm pandi eelsoojendatud (150 °C) ahju ja küpsetati 10 min 30 sek, 150 °C juures koos niisutusega ning seejärel 9 min ja 30 sek 200 °C juures ilma niisutusega. Kokku küpsetati 20 minutit. Kaks tundi peale ahjust tulekut kaaluti pätsid ja pandi need mitte töötavasse kergituskappi ööks rätiku alla seisma.

Järgmisel päeval toimus saiapätside analüüs ja pildistamine. Pätsi ruumala mõõdeti rapsiseemnetega täidetud silindrisse. Rapsiseemneid peab silindris olema 1290 mm<sup>3</sup> ja pätsi mõõdetakse nii kaua kui saadakse kaks samasugust tulemust.

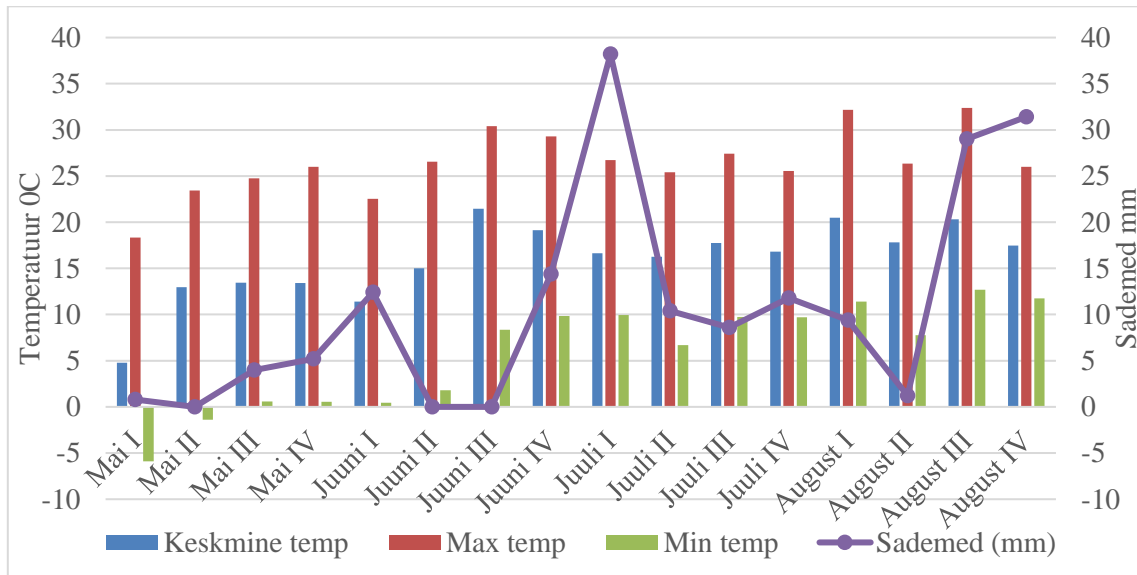
Pätsi välimust, koorikut ja värvi hinnati visuaalselt ning maitset hinnati maitse järgi (lisa 2).

Poorsust hinnati Porentabelle tabeli järgi. Selleks lõigatakse pätsist peale hindamist välja ühe sentimeetrine lõik. Lõigust tehakse valguskoopia, skänneri abil. Saadud pilt prinditakse ning pildi järgi määratakse tabelist poorsusaste.

Elastsust määrati elastsusmõõtjaga. Saiast lõigatakse 5 cm<sup>3</sup> kuubik ja asetatakse mõõtjasse. Mõõtjas surutakse sai nuiaga 2 cm peale kokku ja hoitakse 5 sekundit saia 2 cm peal kokkusurutuna. Pärast 5 sekundit kokkusurutuna eemaldatakse nui ja vaadatakse kui kõrgele sai tõuseb järgneva 5 sekundiga.

## 2.4 Kasvuperioodi ilm

2023 aasta talv oli talinisu talvitumiseks hea, sest talv oli rohke lumega. Paks lumekiht hoidis taimi läbikülmumise eest ja kaitses tuulte eest. Kasvuperioodi ilma andmed koguti Eerika katsejaamast (joonis 1).



**Joonis 1.** Aasta 2023 kasvuhooaja temperatuur ja sademed (nädalate kaupa keskmine, minimaalne ja maksimum temperatuurid ja sademed). Sinised tulbad näitavad nädala keskmist temperatuuri, punased tulbad näitavad nädala kõrgeimat temperatuuri, rohelised tulbad näitavad nädala minimaalset temperatuuri ja lilla joon näitab nädala sademete kogust.

Mai esimesel kahel nädalal esines miinuskraade (kuni  $-5,91$  °C), kuid nädala keskmine temperatuur jäi siiski plusskraadide poolele (esimesel mai nädalal  $4,79$  °C ja teisel nädalal  $12,97$  °C). Mai alguses oli ka päris kõrgeid kraade, mai teise nädala maksimumiks oli  $23,45$  °C (joonis 1). Kuu alguses sadas väga vähe, kahe nädala peale kokku ainult  $0,8$  mm sademeid. Mai kolmandast nädalast temperatuur alla nulli enam ei langenud kuid oli siiski madal (min  $0,58$  °C) ning nii jätkus juuni esimese nädala lõpuni. Mai kolmandast nädalast juuni esimese nädala lõpuni sadas kokku  $21,6$  mm sademeid.

Juuni teisest nädalast algas põud, sademeid ei olnud kaks nädalat ning temperatuurid ulatusid kuni  $30,41$  °C. Juuni teise nädala keskmine temperatuur jäi  $15,01$  °C juurde ning juuni kolmanda nädala keskmine temperatuur jäi  $21,44$  °C juurde. Juuni neljandast nädalast hakkas

märg periood. Kõige rohkem sadas esimesel juuli nädalal kus sademeid oli nädala peale kokku 38,2 mm.

Juuli keskmine temperatuur jäi samasse piirkonda mis juunikuu temperatuur. Juulis kokku sadas aga pea kolm korda rohkem kui juunis (juulis 69 mm ja juunis 26,8 mm sademeid).

Augusti kõrgeimad temperatuurid oli üle 32 kraadi. Sellised temperatuurid esinesid nii esimesel kui ka kolmandal augusti nädalal. Augusti kolmandal ja neljandal nädalal sadas palju (kolmandal 29 mm ja neljandal nädalal 31,4 mm).

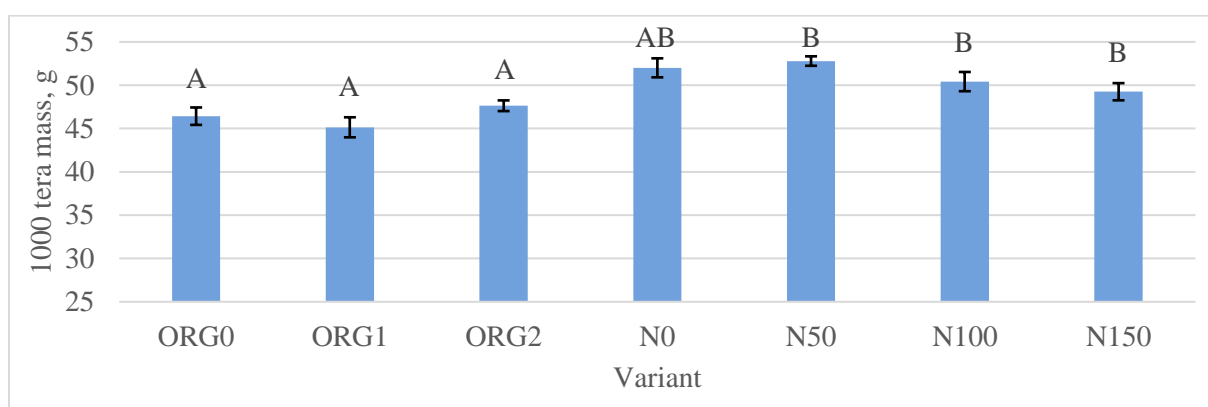
## **2.5 Statistilised analüüsid**

Statistiliste tulemuste saamiseks kasutati Microsoft Excel programmi ning kirjeldava statistika meetodeid. Kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi (ANOVA). Statistiliselt usutavate seoste teada saamiseks kasutati 95 % tõenäosust, kus  $p < 0,05$ .

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1 Terade kvaliteet

Tuhande tera mass sõltus viljelusviisist. Kõrgema 1000 tera massiga olid tavaviljeluse variandid N50, N100 ja N150 ning nende variantide vahel ei olnud statistilist erinevust (joonis 2). Maheviljeluse variantides oli 1000 tera mass väiksem (45,1 – 47,6 g) kui tavaviljeluse omades, ning variantide endi vahel ei olnud statistiliselt olulisi erinevuseid.

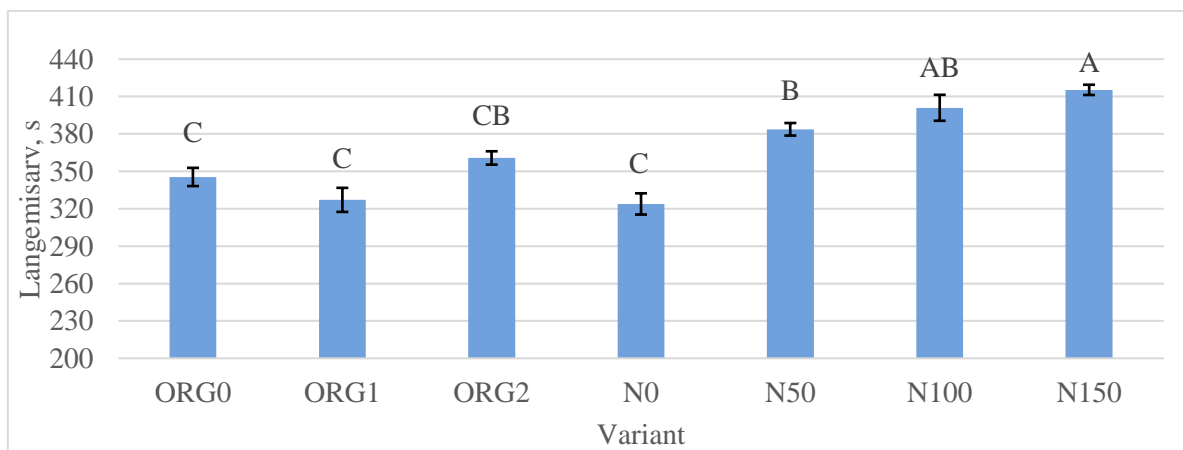


**Joonis 2.** Talinisu katsevariantide 1000 tera mass. Püstkriipsud tähistavad standardhälvet ja erinevad tähed näitavad statistilisi erinevuseid.

Sama katse põhjal on ka varasemalt kirjutatud lõputöid. Sarnased tulemused saadi aastal 2020 valminud bakalaureusetöös, kus olid kasutusel 2013 - 2019 aasta andmed, ning 1000 tera mass oli suurim tavaviljeluse puhul (48,4 - 49,4 g) ning väikseim maheviljelus variantide puhul (45,9-46,3 g) (Veinberg 2020). Samas, 2016. aastal tehtud bakalaureusetöös oli kõige madalama 1000 tera massiga variant ORG2 (42,2 grammi) ja kõige kõrgemaga variant N150 (47,5 grammi) (Bakhoff 2016). Seega 1000 tera massi suurus on seotud toitainete kogusega. Kui taimel on piisavalt toitaineid, suudab ta terad korralikult täita. Üldiselt on käesoleva töö näitajad siiski oluliselt kõrgemad. Varasemalt on täheldatud, et 1000 tera massi mõjutavad sademete hulk, eelkõige generatiivsel arenguperioodil, ning kasvuperioodi temperatuur (Węgrzyn *et al.* 2022). 2015. aasta juuni oli jahe (keskmiselt 13,4 °C) ja väheste sademetega (keskmiselt 36 mm) ja

juulis oli kõrge temperatuur (keskmiselt 19,9 °C). 2023. aastal oli samuti juuni jahedamapoolne (keskmiselt 16,9 °C) kuid umbes 3 kraadi soojem kui aastal 2015. Sademeid oli 2023. aasta juunis kokku 26,8 mm (joonis 1), mida on vähem kui 2015. aastal. Juuli keskmine temperatuur oli sama mis juunis (16,9 °C), kuid sademeid oli kokku 69 mm.

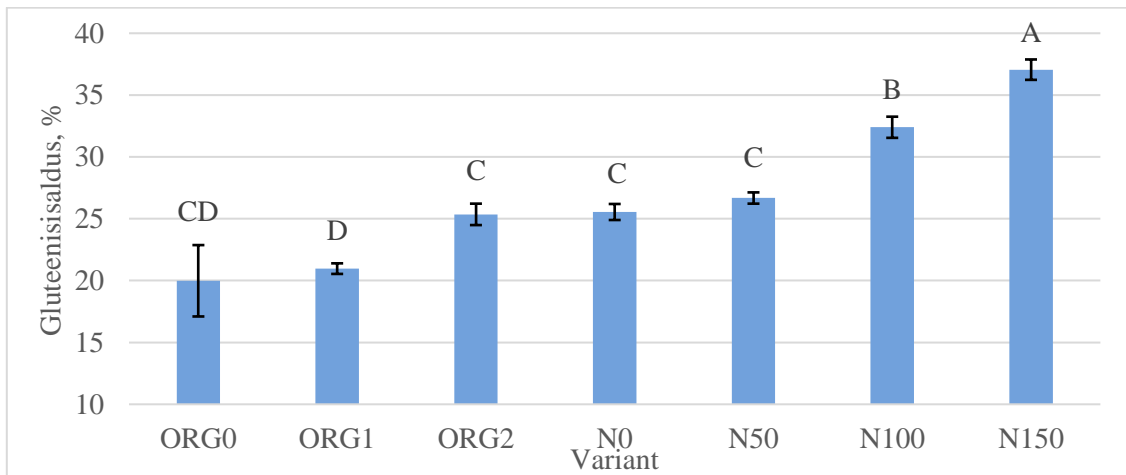
Langemisarv sõltus mineraalväetisest, ehk see näitaja oli madalam nendel katsevariantidel, mis ei saanud mineraalväetiseid ning kõrgem nendel, mis said väetiseid. Kõige kõrgem langemisarv oli variandis N150, kus langemisarv oli 415 sekundit (joonis 3). Madalam langemisarv oli variantidel N0, ORG0 ja ORG1. Väetatud variantide langemisarv võis olla kõrgem, kuna terad said kasvada ilusasti täis ja tänu sellele oli seal rohkem tärklisi. 2023. aasta koristuseelne ilm oli vihmane, mis peaks vähendama langemisarvu. Niiskus aktiveerib amülaasi ensüümi ning sellega kaotab tera oma tärklisesisaldust. Nii juulis (69 mm) kui augustis (71 mm) oli palju sademeid (joonis 1). Kuigi ilmastik oli kõigil variantidel sama, siis ilmselt kõrgem 1000 tera mass aitab hoida kõrgemat langemisarvu.



**Joonis 3.** Terade langemisarv erinevates väetusvariantides. Püstkriipsud tähistavad standardhälvet ja erinevad tähed näitavad statistilisi erinevusi.

Sarnased tulemused on saadud Poolas tehtud katsetes, mis toimusid aastatel 2019 - 2021 ning seal katsetati nelja erinevat sorti mahe- ja tavaviljeluses. Sealse katse tulemused olid, et tavaviljeluse (399 s) langemisarv oli kõrgem kui maheviljelus (349 s) variantidel (Wysocka *et al.* 2024).

Gluteenisaldus teras kasvas koos antud väetise kogusega (joonis 4). Kõige kõrgema gluteenisaldusega oli N150 (37,06 %). Kõrgeima ja madalaima näitaja vahe oli 17,07 %. Tulemus on ootuspärane, sest gluteenisaldus sõltub lämmastikväetisest.

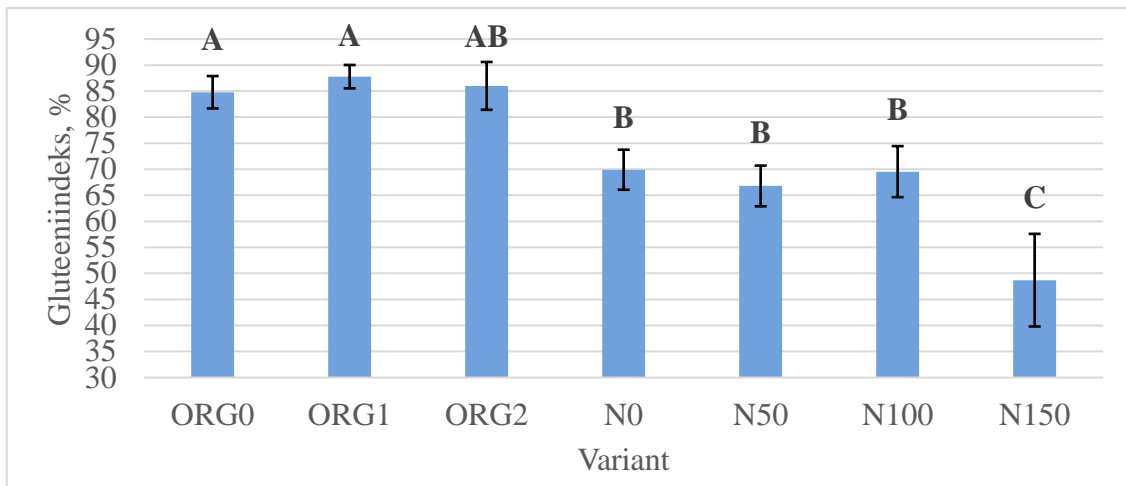


**Joonis 4.** Terade gluteenisaldus erinevates variantides. Püstkriipsud tähistavad standardhälvet ja erinevad tähed näitavad statistilisi erinevuseid.

Varasemad tulemused sama katse, kuid teiste aastate põhjal (2013 - 2019), näitasid sama tulemust ehk gluteenisaldus protsentides oli kõige suurem N150 puhul ja kõige väiksem mahe ja N0 variantidel (Veinberg 2020). Tulemused on ootuspärased, sest gluteenist olulise osa moodustab lämmastik.

Poolas tehtud katsel (2019 - 2021 aastal) olid samuti kõrgema gluteenisaldusega tavaviljeluse variant (33,6 %) ning madalama sisaldusega maheviljeluse variant mille gluteenisaldus jäi 28,6 % juurde (Wysocka *et al.* 2024). Läti katses sordiga „Edvins“ oli keskmine gluteenisaldus tavaviljeluses 30,2 % ja maheviljeluses 21,8 % (Augspole *et al.* 2019).

Samas N150 oli kõige väiksema gluteeniindeksiga (48,7 %) (joonis 5). Läti uuringus sordiga „Edvins“ oli kõrgeim gluteeniindeks "Edvins" 93 % mahevariandis (Augspole *et al.* 2019). Samaselt käesoleva tööga oli Läti katses kõrgeim gluteeniindeks maheviljeluses.



**Joonis 5.** Terade gluteeniindeks protsentides erinevates väetusvariantides. Püstkriipsud tähistavad standardhälvet ja erinevad tähed näitavad statistilisi erinevusi.

Tulemused on kooskõlas sama katse eelmiste avaldatud tulemustega. Aastal 2022 tehtud doktoritöös olid katses samade variantide 10 aasta (2008 – 2017) keskmised tulemused ja seal oli samuti kõige kõrgema gluteeniindeksiga ORG2 (87 %) ja kõige väiksema gluteeniindeksiga oli N150 (73 %) (Keres 2022). 10 aasta keskmiste tulemuste põhjal oli varieeruvaid ilmaolusid ja sealsete tulemuste trendid olid samad.

Tootja jaoks on oluline, et kasvatatud vili saaks õiglase hinnaga müüdnud. Kokkuostu tingimused olid 2023. aasta nisule järgmised: esimese kategooria toidunisu pidi sisaldama minimaalselt 14 % proteiini, 28 % gluteeni ja terade langemisarv pidi olema vähemalt 275 sekundit. Antud uurimistöö variantidest kokkuostutingimuste kohapealt I kategooria toidunisuks olid N100 ja N150. II kategooria toidunisuks oli N50. III kategooria toidunisuks oli ORG2 ja N0. ORG0 ja ORG1 olid madalam kui IV kategooria.

### 3.2 Jahude analüüs

Nisuterad jõuavad tootja juurest veskisse, kus valmistatakse jahu, mis omakorda müüakse pagaritele. Seega on oluline analüüsida ka jahu kvaliteedinäitajaid, nagu langemisarv, proteiini sisaldus ja veesidumisvõime 15% niiskuse juures.

Kõige väiksem langemisarv oli ORG1 (317 s) ja kõige suurem N150 (444 s), ülejäänud jahude langemisarvud jäid vahemikku 324 - 404 sekundit (tabel 2). Jahude langemisarvu järjestus oli

sama mis väetusfooni järjestus, ehk mida suurem oli antud väetise kogus, seda suurem oli ka langemisarv.

**Tabel 2.** Langemisarvu, proteiini ja veesidumisvõime väärtused määratud jahust

<b>Variant</b>	<b>Jahu langemisarv</b>	<b>Jahu proteiin</b>	<b>Jahu veesidumisvõime 15% niiskusega</b>
ORG0	324	10,6	58,1
ORG1	317	10,9	58,2
ORG2	330	12	58,4
N0	344	12,6	58,5
N50	374	13,5	59,6
N100	404	15,2	60,3
N150	444	16,4	61,2

Nisujahu ja nisutera langemisarvud olid mõnevõrra erinevad. Jahu langemisarv oli võrreldes terast tehtud langemisarvuga väiksem ORG0, ORG1, ORG2, N0 ja N50 variantides, suurem oli jahust tehtud langemisarv N100 ja N150 puhul. Tera langemisarv määrati täisterajahust, aga jahu langemisarv määrati jahust, mille fraktsioon oli 1100 µm. Lisaks kasutati erinevaid jahvatusseadmeid. Teisisõnu sisaldas jahuproov rohkem endospermi.

Proteiinisisalduste järgi moodustus peaaegu sama väetusvariantide järjestus, nagu langemisarvu puhul. Kõige madalama proteiinisisaldusega oli ORG0 (10,6 %) ja kõige kõrgema proteiinisisaldusega oli sarnaselt langemisarvule variant N150 (16,4 %). Tulemused on kooskõlas teradest määratud proteiinisisaldusega, ehk mida kõrgem oli väetusfoon, seda kõrgem oli proteiini protsent (%).

Poolas tehtud katse põhjal oli samuti proteiinisisaldus kõrgem tavaviljeluse variandis, mille proteiinisisaldus oli 14,5 %. Maheviljeluse variandis oli proteiini sisaldus 12,2 % (Wysocka *et al.* 2024).

Kui kõik jahud olid viidud samale niiskustasemele ehk 15 % juurde, mõõdeti veesidumisvõimet, mis on oluline näitaja taigna moodustumisel. Veesidumisvõime väärtused järjestusid antud väetise koguse järgi: ORG0, ORG1, ORG2, N0, N50, N100 ja N150. Ehk

kõige väiksema veesidumisvõimega oli ORG0 (58,1 %) ja kõige suurema veesidumisvõimega N150 (61,2 %). Saia küpsetamiseks on parem, kui jahul on kõrge veesidumisvõime ning suurema veesidumisvõime korral on see ka parem tööstusele, sest jahu on vaja vähem kasutada (Koppel, Ingver 2010). Kui võtta jahude näitajad kokku, siis kõige paremate näitajatega oli N150 jahu ja kõige halvemate näitajatega ORG0 jahu. Üldiselt võib öelda selle katse põhjal, et jahu kvaliteedinäitajad on positiivses korrelatsioonis antud väetisega (mineraal- või orgaaniline väetis), ehk mida rohkem väetist, seda kõrgem kvaliteet.

### 3.2 Taigna analüüs

Nisujahust valmistatud taigna puhul analüüsiti taigna moodustamise aega, stabiilsust, kvaliteeti, pehmenemist ja elastsust.

Kõige pikema taigna moodustamise ajaga oli N150 (03:36 min) ning kõige lühema ajaga ORG1 (01:26 min) (tabel 3). Kui vaadata mahevariante siis nende taigna moodustamise aeg jäi alla kahe minuti, täpsemalt siis vahemikku 01:26 - 01:46 minutit. Tavaviljeluse variantide puhul oli taigna moodustamise aeg üle 3 minuti, välja arvatud N50 puhul, mis jäi natuke alla 3 minuti juurde ehk 2 minutit ja 53 sekundit. Leedu katses tava- ja maheviljeluse võrdluses selgus, et tavaviljelusel oli parem veesidumisvõime, pikem taigna moodustamise aeg ja taigna stabiilsus ning suuremad pätsimahud (Ceseviciene *et al.* 2012). Tavaviljeluses oli keskmine taigna moodustamise aeg 05:00 min ning maheviljeluses 01:70 min ning taigna stabiilsus 12:70 ja maheviljeluses 02:70 min.

**Tabel 3.** Taigna analüüsi tulemused väetusvariantide kaupa

Variant	Taigna moodustamise aeg DDT mm:ss	Stabiilsus min mm:ss	Kvaliteet FQN mm	Taigna elastsus	
				I hinnang	II hinnang
ORG0	01:35	03:01	34	hea, elastne	hea, elastne
ORG1	01:26	03:23	37	hea, elastne	hea, elav, elastne
ORG2	01:46	06:03	64	hea, elastne	hea, elastne
N0	03:15	05:38	65	hea, elastne	hea, elastne, elav
N50	02:53	04:36	55	hea, elastne, veidi kleepuv	hea, elastne, elav
N100	03:27	03:59	56	hea, elastne	hea elastne
N150	03:36	04:10	60	hea, elastne, elav	hea, elastne, elav

Taigna stabiilsuse näitajad varieerusid suuremas vahemikus (3:01 – 6:03). Kõige kõrgema stabiilsusega oli ORG2 ajaga 6 min ja 3 sek. Kõige väiksema stabiilsusega oli ORG0 ajaga 3 min ja 1 sek. N50, N100 ja N150 taiginate stabiilsused olid sarnaste aegadega ning jäid vahemikku 03:59 - 04:36 min. Hea kvaliteediga taigna stabiilsus on vahemikus 4 – 12 min ning umbes 6 min on keskmine, millega tööstus jääks rahule. Tööstuslikuks taigna segamiseks liiga lühike või liiga pikk segamise aeg ei ole hea (Koppel ja Ingver, 2010).

Üldine taigna kvaliteet oli madalam ORG0 (34 FQN) ja ka ORG1 (37 FQN) puhul. Kõige parem kvaliteet (65 FQN) oli sellel taigal, mille nisu oli kasvatatud tavaviiljeluse kontrollvariandis, kus kasutati taimekaitset, aga ei väetatud (N0). Katselapil, mis sai mahesõnnikut (ORG2), oli ka kvaliteet väga kõrge - 64 FQN. Tugeval jahul on kõrge FQN ja nõrgal jahul on madal FQN (Erekul *et al.* 2009).

Taigna elastsus oli nii esimesel kui teisel hindamisel hea ja elastne. N50 oli esimesel hindamisel veidi kleepuv aga teisel hindamisel seda enam ei täheldatud. Teisel hindamisel täheldati, et ORG1, N0, N50 ja N150 on taigen ka elav.

2022. aastal tehtud doktoritöös oli analüüsitud sama katse variantide viie aasta keskmiste tulemuste puhul taigna moodustamise aega DDT, taigna stabiilsuse aega ja taigna kvaliteeti (Keres 2022). Kõige pikema taigna moodustamise ajaga oli N150 (3 minutit 54 sekundit) ja kõige lühema ajaga olid ORG1 ja ORG2 (2 minutit 2 sekundit). Kõige stabiilsem oli N150 (6 minutit 20 sekundit) ja kõige väiksema stabiilsusega oli ORG2 (4 minutit 7 sekundit). Kõige suurema taigna kvaliteediga FQN oli N150 (81 mm) ja kõige väiksema kvaliteediga ORG2 (47 mm).

Käesoleva töö tulemused sarnanesid enim taigna moodustamise aja puhul – N150 oli pikima moodustamise ajaga. Viie aasta andmete põhjal oli see 3 min 54 sek, antud ühe aastasel uurimistööl 3min 36 sek. Kõige suurem erinevus oli stabiilsuse osas. Eelnevas töös oli suurim N150 ja väiksem ORG2 (Keres 2022), aga käesolevas uurimistöös oli suurim ORG2 ja väiksem ORG0 puhul.

Poolas tehtud mahe- ja tavaviiljeluse katsel oli pikema stabiilsusega tavaviiljeluse variant ajaga 15,1 minutit ning lühema ajaga maheviljeluse variant (stabiilsuse aeg 9,6 minutit). Taigna moodustamise aeg oli pikem tavaviiljeluse variandil (4,9 minutit) ning maheviljeluse variandil oli taigna moodustamise aeg lühem (2,6 minutit) (Wysocka *et al.* 2024).

### 3.3 Pätside hindamine

Saiapätside hindamisel kasutati nii organoleptilist, visuaalset (pätside välimus, värv ja maitse) kui ka analüütilist hindamist (struktuur, elastsus, kaal, küpsetuskadu protsentides, väärtusarvu). Küpsetamiskvaliteedi hindamine oli ka käesoleva töö kõige suurem uudsus.

Pätside maht ehk ruumala kasvas vastavalt antud väetise kogusega (tabel 4; joonis 6). Kõige väiksema mahuga saiapäts oli ORG0 ( $960 \text{ cm}^3$ ) ja kõige suurema mahuga oli kõige rohkem väetist saanud ehk N150 ( $1760 \text{ cm}^3$ ). Variandid N50 ja N100 olid sama suure mahuga ( $1600 \text{ cm}^3$ ). Kõige suurema ja kõige väiksema pätsi mahu vahe oli  $800 \text{ cm}^3$ . Tulemuste põhjal saab öelda, et väetise koguse suurenedes kasvab saia maht, ning on näha, et ORG0 oli kõige krobelisem ja N150 oli küll suurima mahuga, kuid küpsetamise ajal oli toimunud vajumine (joonis 6 A ja B).



**Joonis 6.** Saiapätsid eest (A ja B), pealt (C) ja sisemise struktuuri vaates (D). Saiapätsid olid järjestusega (vasakult paremale) ORG0, ORG1, ORG2, N0, N50, N100 ja N150.

Pätside välimus oli sarnane ja väga suuri erinevusi ei olnud (joonis 6, tabel 4). Variandid ORG2, N0, N50 ja N150 said välimuse hindeks AB - ehk pätsid olid ilusasti kerkinud, aga mõnest kohast olid kerkinud natukene laiaks või kitsaks. Hinde C saanud pätsid (ORG0 ja ORG1) olid väikesed ja krobeline pinnaga. N150 saiapätsi värv oli ainukesena ideaalne ja sai hindeks A. Teised pätsid said hindeks B, sest olid värvipoolest natukene heledad. Kooriku hindamisel ei saanud ükski variant ideaalset tulemust. Katses olnud saiapätside parima tulemuse kooriku hindamisel sai ORG0, mis sai hindeks B (tabel 4, joonis 6C). Madalaima hinde said kolm pätsi, nendeks olid ORG1, N100 ja N150. Need saiapätsid said hindeks C, sest koorik ei murenenud ja vajus läbi. ORG0 oli liiga krobeline ning N100 ja N150 pätsides olid kooriku all õhumullid, mille pärast on koorik vajunud või õhuke. Maitse poolest olid kõik saiad ilma kõrvalmaitseta ja said hindeks A.

Kõige parema struktuuriga (hinne 5) oli ORG2 ja halvimaga N50 (hinne 2,5) (tabel 4). ORG0, N0, N100 ja N150 olid sama struktuuriga (3). Kõige parema struktuuriarvuga päts (70) oli samuti ORG2 ning väikseima/halvima struktuuriarvuga (45) samuti N50. Samamoodi olid ka ORG0, N0, N100 ja N150 sama struktuuriarvuga (50). Seitsme saiapätsi poorsus (joonis 6 D) oli väga erinev. Kõige halvema poorsusega, ehk kõige tihedam saiapäts, oli ORG0. N50 ja N100 saiapätsil oli aga väga suuri õhumulle/tühimikke saia sees.

**Tabel 4.** Saiapätside analüüsi tulemused

Aretis, sort	Pätsi maht	Pätsi välimus	Värv	Koorik	Maitse	Struktuur	Strukt. arv	Elastsus	Elastsuse indeks	Pätsi kaal	Küpsetus kadu %	Väärtus arv	Taigna kaal	Ruum. fakt
ORG0	960	C	B	B	A	3	50	3.7	5.5	354.1	10.7	190	396.7	380
ORG1	1060	C	B	C	A	3.5	55	3.5	5	358.4	10.4	237	400	430
ORG2	1340	AB	B	BC	A	5	70	3.3	4.5	357.0	11.0	399	400.9	570
N0	1400	AB	B	BC	A	3	50	4.5	8.5	358.2	10.8	300	401.7	600
N50	1600	AB	B	BC	A	2.5	45	4.3	7.5	360.2	11.1	315	405.4	700
N100	1600	B	B	C	A	3	50	4.3	7.5	366.1	10.1	350	407.4	700
N150	1760	AB	A	C	A	3	50	4.4	8	365.3	10.4	390	407.8	780

Kõige parem elastsuse poolest oli N0 saiapäts, mille elastsuseks oli 4,5. Halvim oli aga ORG2 elastsusega 3,3. N50 ja N100 elastsus oli sama (4,3). Elastsuse indeks oli suurim N0 saiapätsil (8,5) ning väikseim ORG2 puhul (4,5). N50 ja N100 elastsuse indeks oli sama (7,59).

Pätside kaal varieerub, mahetootmise pätsid olid kergemad kui tavatootmise omad. Pätsid jäid vahemikku 354 – 365 grammi. ORG1 ja N0 kaalusid sama palju ehk 358 grammi. Kõige raskem päts oli N100 - 366 grammiga ja kõige kergem ORG0 - 354 grammiga.

Ruumalafaktor oli väiksem ORG0 (380) ning suurim N150 (780) puhul. N50 ja N100 oli näitaja sama suur, see jäi 700 juurde. Ruumalafaktor kasvas antud väetise kogusega, ehk mida rohkem oli katsele väetist antud seda suurem oli ka näitaja.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli analüüsida erinevates väetusvariantides, sealhulgas mahe- ja tavaviljeluses, kasvatatud nisuterade kvaliteeti ning omakorda nendest teradest valmistatud taigna- ja pätsi kvaliteeti.

Töös püstitati kaks hüpoteesi. Esimene hüpotees sõnastati järgnevalt: talinisu terade kvaliteedi ja lämmastikväetise normi vahel on positiivne seos. Ehk teisisõnu kõrgema lämmastikväetise normi juures kasvatatud talinisu teradel võiks olla kõrgem tuhande tera mass ja gluteenisisaldus. Antud väide pidas paika, sest paremad kvaliteedinäitajad olid tavaviljelus variantidel, eesotsas N100 ja N150 puhul, mida väetati mineraalväetisega vastavalt 100 kg/ha ja 150 kg/ha.

Teiseks hüpoteesiks oli, et tavaviljelussüsteemis kasvatatud talinisu jahu, taigna ja saiapätsi kvaliteet on kõrgem kui maheviljeluse variantides. Teine hüpotees pidas osaliselt paika, sest kõik tavaviljeluse kvaliteedinäitajad olid paremad välja arvatud gluteeniindeks.

Kokkuvõtteks olid variantidest N100 ja N150 valmistatud pätsid mahult, välimuselt, struktuurilt kui ka tera analüüsides kõige paremate näitajatega.

Edaspidised uurimised on vajalikud, et kinnitada saadud tulemusi, selleks tuleb analüüsida mitme erineva aasta saagist tehtud taigna- ja saiapätside kvaliteeti.

## KASUTATUD KIRJANDUS

**Alaru, M., Kaasik, R., Khaleghdoust, B., Korge, M., Keres, I., Moll, K., Talgre, L., Loit, E.** (2024). The combined effects of weather conditions and fertilization on wheat fiber to protein ratio and on dough quality. *Journal of Cereal Science*. Volume 117. DOI: 10.1016/j.jcs.2024.103923.

**Annuk, T.** (08. september 2017) Põlluinfo: Aeg alustada talivilja külviga – *Põllumajandus.ee* (14.05.2024)

**Augspole, I., Linina, A., Rutenberga-Ava, A., Svarta, A., Strazdina, V.** (2019). Effect of organic and conventional production systems on the winter wheat grain quality.

**Bakhoff, A.** (2016). Talinisu saagikus ja kvaliteet tava- ja maheviljeluses. Bakalaureusetöö. Lk 25.

**Blandino M., Vaccino P., Reyneri A.** (2015). Late-season nitrogen increases improver common and durum wheat quality. *Agron. J.* 107 680–690. DOI: 10.2134/agronj14.0405.

**Ceseviciene, J., Slepetiene, A., Leistrumaite, A., Ruzgas, V., Slepetys, J.** (2012). Effects of organic and conventional production systems and cultivars on the technological properties of winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(14), 2811-2818.

**Chawade, A., Armoniené, R., Berg, G., Brazauskas, G., Frostgård, G., Geleta, M., Gorash, A., Henriksson, T., Himanen, K., Ingver, A., Johansson, E., Jørgensen, L. H., Koppel, M., Koppel, R., Makela, P., Ortiz, R., Podyma, W., Roitsch, T., Ronis, A., Svensson, J. T., Vallenback, P., Weih, M.** (2018). A transnational and holistic breeding approach is needed for sustainable wheat production in the Baltic Sea region. *Physiologia plantarum*, 164 (4).

**Dier, M., Hüsken, A., Mikolajewski, S., Langenkämper, G., Zörb, C.** (2022). Analyzing a Saturation Effect of Nitrogen Fertilization on Baking Volume and Grain Protein Concentration in Wheat. *Agriculture*, 13 (1), 20.

**Erekul, O., Kautz, T., Ellmer, F., Turgut, I.** (2009). Yield and bread-making quality of different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown in Western Turkey. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 55 (2), 169-182.

**Guerrini, L., Napoli, M., Mancini, M., Masella, P., Cappelli, A., Parenti, A., Orlandini, S.** (2020). Wheat grain composition, dough rheology and bread quality as affected by nitrogen and sulfur fertilization and seeding density. *Agronomy*, 10 (2), 233.

**Ionescu, V., Stoenescu, G., Vasilean, I., Aprodu, I., & Banu, I.** (2010). Comparative evaluation of wet gluten quantity and quality through different methods. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology, 34 (2), 49-53.

**Ivandi, E., Ingver, A., Koppel, R.** (2022). Põua-aastate mõju suvi- ja talinisu terasaagile ja kvaliteedile - *Agronomia*. lk 60.

**Jansone, Z., Rendenieks, Z., Lapans, A., Tamm, I., Ingver, A., Gorash, A., Aleliunas, A., Brazauskas, G., Shafiee, S., Mróz, T., Lillemo, M., Kollist, H., Bleidere, M.** (2023). Phenotypic Variation and Relationships between Grain Yield, Protein Content and Unmanned Aerial Vehicle-Derived Normalized Difference Vegetation Index in Spring Wheat in Nordic–Baltic Environments. *Agronomy*, 2024, 14 (1), 51. DOI: 10.3390/agronomy14010051.

**Johansson, E., Prieto-Linde, M. L., Jönsson, J. Ö.** (2001). Effects of Wheat Cultivar and Nitrogen Application on Storage Protein Composition and Breadmaking Quality. *Cereal Chemistry*, Volume 78, Issue 1. DOI: 10.1094/CCHEM.2001.78.1.19.

**Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L., Adamson, A.** (2012). Talinisu saagikus, kvaliteet ja küpsetusomadused sõltuvalt lämmastikuga ja väävliga väetamisest. *Agraarteadus*, 1, 12-20.

**Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H., Astover, A., Ilumäe, E., Lauringson, E., Loide, V., Penu, P., Rooma, L., Sepp, K., Talgre, T., Tamm, U.** (2014). Väetamise ABC. Saku: Põllumajandusuuringute keskus. 50 lk.

**Kangor, T., Koppel, R.** (2022). Talinisu väetamise mõju saagile, tera- ja küpsetuskvaliteedi omadustele mahetootmises – *Agronomia*. lk 76.

**Keler, V. V., Martynova, O. V.** (2020). Variation of gluten amount in wheat grain under the influence of weather conditions. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 548, No. 5, p. 052014. IOP Publishing.

**Keres, I., Alaru, M., Koppel, R., Altosaar, I., Tosens, T., Loit, E.** (2021). The Combined Effect of Nitrogen Treatment and Weather Conditions on Wheat Protein-Starch Interaction and Dough Quality. *Agriculture*, 11 (12), 1232. DOI: 10.3390/agriculture11121232.

**Keres, I.** (2022). Viljelusviisi mõju mulla viljakusele ja talinisu taina kvaliteedile. Doktoritöö. Lk 40.

**Koppel, R., Ingver, A.** (2008). A comparison of the yield and quality traits of winter and spring wheat. *AGRONOMIJAS VĒSTIS* (Latvian Journal of Agronomy), No.11, LLU.

**Koppel, R., Ingver, A.** (2010). Stability and predictability of baking quality of winter wheat. *Agronomy Research* 8 (Special Issue III).

**Lachutta, K., Jankowski, K. J.** (2024). The Quality of Winter Wheat Grain by Different Sowing Strategies and Nitrogen Fertilizer Rates: A Case Study in Northeastern Poland. *Agriculture*, 14 (4), 552.

**Loit, E., Keres, I.** (2021). (koostajad) Taimekasvatus: Õpik kõrgkoolidele. Tartu: Eesti Maaülikool. 225 lk.

**Sip, V., Vavera, R., Chrpova, J., Kusa, H., Ruzek, P.** (2013). Winter wheat yield and quality related to tillage practice, input level and environmental conditions. *Soil & Tillage Research, Elsevier*, 132: 77–85.

**Tabak, M., Lepiarczyk, A., Filipek-Mazur, B., Lisowska A.** (2020). Efficiency of Nitrogen Fertilization of Winter Wheat Depending on Sulfur Fertilization. *Agronomy* 2020, 10 (9), 1304. DOI: 10.3390/agronomy10091304.

**Tsvey, Y., Ivanina, R., Ivanina, V., Senchuk, S.** (2021). Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum L.*) grain in relation to nitrogen fertilization. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. Vol.74. No.1 Medellín. DOI: 10.15446/rfnam.v74n1.88835.

**Veinberg, E.** (2020). Viljelusviisi ja ilmaolude mõju talinisu saagi stabiilsusele. Bakalaureusetöö. Lk 16-17, 22, 24.

**Wang, J., Pawelzik, E., Weinert, J., Zhao, Q., Wolf, G. A.** (2008). Factors influencing falling number in winter wheat. *European Food Research and Technology*. Vol. 226, No. 6, 1365-1371.

**Węgrzyn, A., Klimek-Kopyra, A., Dacewicz, E., Skowera, B., Grygierzec, W., Kulig, B., Flis-Olszewska, E.** (2022). Effect of Selected Meteorological Factors on the Growth Rate and Seed Yield of Winter Wheat—A Case Study. *Agronomy*, 12 (12), 2924.

**Wieser H., Seilmeier W.** (1998). The influence of nitrogen fertilisation on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. *J. Sci. Food Agric.* 76 49–55. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(199801)76:1<49::AID-JSFA950>3.0.CO;2-2.

**Wilson, T. L., Guttieri, M. J., Nelson, N. O., Fritz, A., Tilley, M.** (2020). Nitrogen and sulfur effects on hard winter wheat quality and asparagine concentration. *Journal of Cereal Science*, 93, 102969.

**Wysocka, K., Cacak-Pietrzak, G., Feledyn-Szewczyk, B., Studnicki, M.** (2024). The Baking Quality of Wheat Flour (*Triticum aestivum* L.) Obtained from Wheat Grains Cultivated in Various Farming Systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional). *Applied Sciences*, 14 (5), 1886.

2023. aasta saagi toiduteravilja kvaliteeditingimused. Scandagra. [veebileht]  
<https://scandagra.ee/viljainfo/vastuvott/vilja-kvaliteeditingimused/>. (27.04.2024)

PM0281: Põllumajandusmaa ja -kultuuride kasvupind | 2021 – 2023. Statistikaamet. [veebileht]  
<https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/pollumajandus-kalandus-ja-jahindus/pollumajandus>. (14.01.2024)

**LISAD**

## Lisa 1. Linnase jahu vajadus vastavalt langemisarvule

### Linnasejahu vajadus (g) 250 g jahule

LANGEMISARV	LINNASEJAHU (g)	LANGEMISARV	LINNASEJAHU (g)
250	0,00	470	0,40
260	0,04	480	0,41
270	0,07	490	0,41
280	0,13	500	0,41
290	0,17	510	0,42
300	0,20	520	0,43
310	0,20	530	0,43
320	0,23	540	0,43
330	0,25	550	0,45
340	0,27	560	0,45
350	0,29	570	0,46
360	0,31	580	0,47
370	0,32	590	0,47
380	0,33	600	0,48
390	0,33	610	0,49
400	0,35	620	0,50
410	0,35	630	0,51
420	0,37	640	0,51
430	0,38	650	0,52
440	0,38	660	0,53
450	0,39	670	0,54
460	0,40	680	0,55

## Lisa 2. Saiapätside visuaalse hindamise ja maitse hinded

Välimuse hinded on a), ab), b), c) ja d).

- a) - väga hea, ühtlaselt kerkinud;
- ab) - väga hea, kuid hästi natuke kerkinud laiaks või kitsaks;
- b) - hea, kerkinud pisut laiaks või kitsaks;
- c) - rahuldav, kerkinud laiaks või kitsaks;
- d) - halb, vajunud, madal, või kerkinud liiga laiaks.

Värvusel on kolm hinnet a), b), c).

- a) - normaalne (õige) värv;
- b) - natuke liiga tumedat või heledat värvi;
- c) - liiga tumedat või heledat värvi.

Kooriku hinde skaalal a), b), bc), c).

- a) - hea mure, kohe mureneb;
- b) - keskmine, pehme või kõva koorik, enne murenemist veidi vajub või paindub;
- bc) - ei ole keskmine ega ka rahuldav vaid vahepealne koorik;
- c) - rahuldav, sitke või kõva koorik, ei murenegi, vajub ainult, liiga pehme.

Maitset hinnatakse kolme punkti hindedkaalal a), b), c).

- a) - kõrvalmaitseta;
- b) - õrna kõrvalmaitsega;
- c) - tugeva kõrvalmaitsega.

## **Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

### **ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, **Romet Viiber**, sünnipäev **07/09/2000**, isikukood **50009075225**

annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

**„Väetamise mõju talinisu tera, taigna ja pätsi kvaliteedile“**,

mille juhendajad on **Evelin Loit-Harro, PhD** ja **Riinu Kaasik, MSc** ,

- 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

*digitaalselt allkirjastatud*  
allkiri

Tartu, 19.05.2024

---

### **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_ **Evelin Loit-Harro, PhD** \_\_\_\_\_ (digitaalselt allkirjastatud)  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_ **19.05.2024** \_\_\_\_\_  
(kuupäev)

\_\_\_\_\_ **Riinu Kaasik, MSc** \_\_\_\_\_ (digitaalselt allkirjastatud)  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_ **19.05.2024** \_\_\_\_\_  
(kuupäev)