



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Katrin Tõruvere

VAHELMISE NISUHEINA BIOMASSI - JA TERASAAK
INTERMEDIATE WHEATGRASS BIOMASS AND SEED
YIELD

Magistritöö
Põllumajandussaaduste tootmise – ja turustamise õppekava

Juhendajad: Evelin Loit -Harro, *PhD*
Mailiis Korge, *PhD*

Tartu 2025

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Katrin Tõruvere		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Vaheline nisuheina biomassi- ja terasaak			
Lehekülgi: 44	Jooniseid: 13	Tabeleid: 4	Lisasid: 1
ETIS-e valdkond ja CERCS-i kood: Taimekasvatus, B390 Juhendaja(d): Evelin Loit-Harro, <i>PhD</i> ; Mailiis Korge, <i>PhD</i> Osakond või õppetool: Taimekasvatus ja taimebioloogia Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2025			
<p>Tera- ja söödakultuuride tootmine üheaastaste kultuuridega on ressursimahukas ning seotud mitmete negatiivsete keskkonna mõjudega, lisaks sõltub üheaastaste kultuuride saagikus tugevalt kliimamuutustest. Vaheline nisuhein (<i>Thinopyrum intermedium</i>) on mitmeaastane põuakindel kõrreline kultuur, mis võimaldab toota nii biomassi kui ka terasaaki, mis teeb temast atraktiivse kultuuri põllumehel. Antud töö eesmärk oli uurida nisuheina biomassi ja terasaagi potentsiaali Eesti tingimustes põldkatsel, mis rajati 2023. aastal Eesti Maaülikooli katsepõllule Eerikal ning millelt koguti esimese saagiaasta andmed 2024. aastal. Söödakatse eesmärgiga uurida esimese niite aja ja külviviisi mõju saagile viidi läbi sortidega `MN Clearwater` ja `Canada` puhaskülvis ning segukülvis lutserniga võrreldes nelja erinevat niite aega. Terakatses sordiga `MN Clearwater` puhaskülvis erinevatel lämmastiku väetusnormidel (N0, N70, N140) ja segukülvis punase ristikuga väetusnormidel N0, N70 uuriti külviviisi ja lämmastiku normi mõju terasaagile. Põldkatsel selgus, et esimesel saagiaastal avaldas saagikusele eeskätt mõju I niite aeg ning suurima nisuheina kogu biomassi saagi (6300 kg ha^{-1}) saab toota, kui I niite aeg jääb juuli algusesse, mil taimede arengufaas on piimküpsuses. Esimesel saagiaastal segukülvis lutserniga ei suurendanud biomassi saagikust, kuna kasvuaasta alguse tingimused olid taimiku kujunemiseks keerulised ning lutserni osakaal oli taimikus väga madal. Osaliselt leidis toetus hüpotees, et nisuheina tera saagikus suureneb segukülvil punase ristikuga. Kuigi nisuheina tera saagikus puhaskülvil oli suurem (keskmiselt 154 kg ha^{-1}) kui segukülvil (keskmiselt 104 kg ha^{-1}) tootis nisuhein segus ristikuga N normi 70 kg ha^{-1} juures sarnase biomassi saagikuse, kui puhaskülvis samal väetustasemel, vastavalt segukülvil 135 kg ha^{-1} ja puhaskülvil 139 kg ha^{-1}. Järgmistel saagiaastatel, mil punase ristiku panus taimiku arengusse suureneb võib oodata ka nisuheina terasaagi suurenemist. Kuna tegemist on esimese aasta saagi tulemustega, mis näitavad, et nisuheina on võimalik biomassi ja terasaagi eesmärgil Eesti tingimustes kasvatada siis on oluline analüüsida ka järgmistel aastatel tulemusi selgitamiseks nisuheina saagikuse stabiilsust mis annaks selgema ülevaate uue kultuuri nisuheina kasutamisest põllukultuurina.</p>			
Võtmesõnad: nisuhein, segukülv, saagikoristus, lutsern, punane ristik			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Master's Thesis	
Author: Katrin Tõruvere		Curriculum: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: Intermediate wheatgrass biomass and seed yield			
Pages: 44	Figures: 13	Tables: 4	Appendices: 1
ETIS research field and (CERCS) code: Crop production, B390 Supervisor(s): Evelin Loit-Harro, <i>PhD</i> ; Mailiis Korge, <i>PhD</i> Department / Chair: Chair of Crop Science and Plant Biology Place and year of defence: Tartu, 2025			
<p>The production of grain and fodder crops with annual crops is resource-intensive and associated with several negative environmental impacts, in addition, the yield of annual crops is strongly dependent on climate change. Intermediate wheatgrass (<i>Thinopyrum intermedium</i>) is a perennial drought-resistant grass crop that allows the production of both biomass and grain, which makes it an attractive crop for farmers. The aim of this experiment was to investigate the biomass and grain yield potential of wheatgrass under Estonian conditions. Data from the first harvest year of the wheatgrass experiment, which was established in 2023 at the Estonian University of Life Sciences experimental field in Eerika, was collected in 2024. The forage experiment with the aim of studying the effect of the first cut time and cropping type on biomass yield was carried out with the varieties `MN Clearwater` and `Canada` in pure sowing and mixed sowing with alfalfa at four different first cut times. In a grain trial with the variety `MN Clearwater`, pure sowing at different nitrogen fertilization rates (N0, N70, N140) and mixed sowing with red clover at fertilization rates N0, N70, the effect of sowing method and nitrogen rate on grain yield was studied. The field trial revealed that in the first crop year, the time of the first cut primarily affected the biomass yield and the highest total biomass yield of wheatgrass (6300 kg ha⁻¹) can be produced if the time of the first cut falls at the beginning of July, when the plants are in the fruit development phase. In the first crop year, mixed sowing with alfalfa did not increase the sward biomass yield, because the conditions at the beginning of the growing year were difficult for the formation of the plant and the proportion of alfalfa in the sward was very low. The hypothesis that the grain yield of wheatgrass increases in mixed sowing with red clover was partially supported. Although the grain yield of wheatgrass in pure sowing was higher (on average 154 kg ha⁻¹) than in mixed sowing (on average 104 kg ha⁻¹), wheatgrass in a mixture with clover produced similar biomass yields at an N rate of 70 kg ha⁻¹ as in pure sowing at the same N rate, respectively 135 kg ha⁻¹ in mixed sowing and 139 kg ha⁻¹ in pure sowing. In the following harvest years, when the contribution of red clover to the development of the plant increases, an increase in the grain yield of wheatgrass can also be expected. Since these are the results of the first year's harvest, which show that wheatgrass can be grown for biomass and grain yield purposes in Estonian conditions, it is important to analyse the results of the following years to clarify the stability of wheatgrass yield, which would provide a clearer overview of the use of the new crop wheatgrass as a field crop.</p>			
Keywords: Intermediate wheatgrass, intercropping, harvest time, alfalfa, red clover			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1. Vahelmise nisuheina ajalugu	7
1.2. Nisuheina botaaniline kirjeldus	8
1.3. Nisuheina kasvatus ja saagikust mõjutavad tegurid	10
1.3.1. Keskkonnategurid	11
1.3.2. Nisuheina agrotehnoloogia	11
1.4. Nisuheina kasutusala ja saagikus	14
1.4.1. Nisuhein loomasöödaks	14
1.4.2. Nisuhein teraks	16
1.4.3. Muud kasutusala	17
2. MATERJAL JA METOODIKA	19
2.1. Põldkatse üldandmed	19
2.2. Sööda katse	20
2.3. Tera katse	21
2.4. Temperatuur ja sademed	22
2.5. Andmete statistiline analüüs	23
3. TULEMUSED	24
3.1. Nisuhein söödaks	24
3.1.1. Nisuheina I niite saagid	24
3.1.2. Nisuheina ädalasaagid	26
3.1.3. Nisuheina kogu biomass	27
3.2. Nisuheina tera katse	28
3.2.1. Nisuheina tera saagikus	28
3.2.2. Proportsionaalne jaotus	29
3.2.3. Vihuanalüüs	30
4. ARUTELU	33
KOKKUVÕTE	37
ALLIKALOEND	38
LISAD	43
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	44

SISSEJUHATUS

Toidujulgeolek ja ressursside säästlik kasutamine tekitab vajaduse muuta seniseid põllumajandustavasid tagamaks jätkusuutlik tootmine. Toidujulgeolekuks, kus piima ja liha tootmiseks on vaja sööta (teravili ja kõrrelised heintaimed) hektarilt toota aina rohkem, kasutatakse sünteetilisi väetiseid ja keemilisi taimekaitsevahendeid, mis võivad põhjustada ökoloogilisi muutuseid mullastikus ja veekogudes ning seeläbi pärssida taimede kasvu (Tan et al., 2022, Huo & Peng., 2023)

Põhjamaades on tera- ja söödakultuuride tootmine üheaastaste kultuuridega ressursi ja mullaharimise mahukas ning seotud mitmete negatiivsete keskkonnamõjudega. Lisaks on üheaastaste kultuuride saagikus kliimamuutustest tugevalt mõjutatud. Mitmeaastased kultuurid katavad mullapinna vähendades erosiooni, leostumist ja süsiniku lendumist (Glover et al., 2010). Mitmeaastaste teraviljasüsteemide loomine vajab aga teadmisi saagikuse kujunemisest sõltuvalt majandamisest ning kohalikest kasvutingimustest.

Mitmeaastase uudse kultuuri nisuheina viljelemine võimaldaks suurendada nii sööda kui ka teravilja tootmismahutusi. Nisuheina kasvatamisel on võimalik väiksemate kulutustega toota samal aastal nii biomassi kui ka tera (Rusch et al., 2025). Kulud väheneksid masintöödele, väetistele ja taimekaitsele kuna sügava juurestikuga nisuhein suudab omastada toitaineid ja niiskust sügavamatest mullakihtidest ning umbrohtumus väheneks tema hea pinnakatmise võime tõttu (Ryan et al., 2018. ref by Puka-Beals 2022; Franco et al., 2021).

Antud töö eesmärk oli uurida nisuheina biomassi ja terasaagi potentsiaali Eesti tingimustes puhas- ja segukülvis erinevatel väetustasemetel ja niite aegadel võrdluses talirukkiga. Täpsemalt oli töö üheks eesmärgiks hinnata nisuheina biomassi kasvatamise potentsiaali puhas- ja segukülvis erinevate esimese niite aegade puhul. Teiseks eesmärgiks oli võrrelda nisuheina terasaaki sõltuvalt väetisenormist ning külvisest.

Töös seati kolm hüpoteesi: 1) hilisem esimese niite aeg suurendab nisuheina taimikute kogu biomassi saaki; 2) nisuheina segukülv lutserniga suurendab taimiku biomassi saaki; 3) nisuhein segus punase ristikutega võimaldab toota suuremat nisuheina tera saaki kui nisuhein puhaskülvis.

Lõputöö valmis projekti „Validating the Introduction of Kernza in the Nordic-Baltic region.“
Numbriga T220082PKTT toel, mille rahastajaks on Sihtasutus Eesti Teadusagentuur koos Nordforskiga.

Tänuavaldused: Käesoleva töö autor tänab oma juhendajaid Evelin Loit-Harro't ja Mailiis Korge't, kes olid väga suureks abiks ja toeks antud magistritöö kirjutamisel. Samuti tänan taimekasvatuse töörühma liikmeid katse üles seadmise, hooldamise, koristamise ja analüüsimise eest.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Vahelmise nisuheina ajalugu

Perekond nisuhein (*Thinopyrum*) esineb looduslikult Euroopa ja Aasia preeriaaladel ning toodi esmakordselt USA-sse 1934. aastal oma põua - ja külmakindluse tõttu (Barkward ref. by Crain et al., 2024). Liik vaheline nisuhein (*Thinopyrum intermedium*) (edaspidi nisuhein) on mitmeaastane heintaim. Nisuheina hakati aretama teraviljakultuurina inimtoiduks, pakkudes ka keskkonna taastamise ja ökosüsteemi toetaja rolli (Crain et al., 2024 a).

1983. aastal alustas Rhode Institute Ameerika Ühendriigis nisuheina teadusliku uurimisega ja aastal 1985 alustati koostööd United States Department of Agriculture -ga (edaspidi USDA), geenipanga ja teiste asutustega nisuheina täpsemaks uurimiseks. 1987. ja 1988. aastal hinnati kokku 139 nisuheina genotüüpi, millest alustati esimest aretustsüklit (Crain et al., 2024 a). Fenotüübilise valiku tulemusel viidi 1990. aastal läbi ristamised, millest sai alguse nisuheina aretusliin eesmärgiga suurendada kultuuri saagikust (Crain et al., 2022) ja parandada kohanemisvõimet (Wagoner, 2023; Ogle, 2011).

2006. aastal sai USA-s Land Instituudis alguse projekt nisuheina kodustamiseks jätkusuutlikuks teraviljatootmiseks, mille eesmärk oli nisuheina seemne suurendamine ja nisuheina mitmeotstarbelise (söödaks ja teraks) kasutuse arendamine (Crain et al., 2024 b). 2011. aastal registreeriti brändi nimi „Kernza®“ tähistamaks nisuheina teri, mis olid mõeldud rõhutama uue kultuuri rolli inimtoiduks sobiva teraviljana. Kernza tuleneb sõnast „kernel“ ehk tuum. „Kernza“ kõlas sarnaselt „Konza“-le, mis pärineb Konza Prairie Biological Station -nimest, mis inspireeris Wes Jacksonit, The Land Institute'i kaasasutajat, looma põllumajandussüsteemi, mis jäljendas looduslikke süsteeme (KernzaCAP, 2023).

Maailmas esimese inimtoiduks aretatud nisuheina sordi `MN-Clearwater` (Bajgain et al., 2020) kasvatamist alustati 2020. aastal. Edasised projektid nisuheinaga on käimas erinevates regioonides selgitamaks toitainete vajadust erinevatel muldadel (Fernandez et al., 2020) ja kliimatingimustes, selgitamaks välja liblikõieliste kultuuride kasuteguri nisuheina

saagikuse tõstmisel (Pinto et al., 2022) ja aretus suurema terasaagi ja varisemiskindluse suurendamise saavutamiseks (Tautges et al., 2023).

1.2. Nisuheina botaaniline kirjeldus

Nisuhein (ingl.k intermedia wheatgrass) kuulub kõrreliste (*Poaceae*) sugukonda, nisuheina perekonda (*Thinopyrum*) liiginimega (*Thinopyrum intermedium*) vaheline nisuhein. Varasemalt on vahelmisele nisuheinale kasutusel olnud ka nimed (*Agropyron intermedium*, *Elytrigia intermedia*).

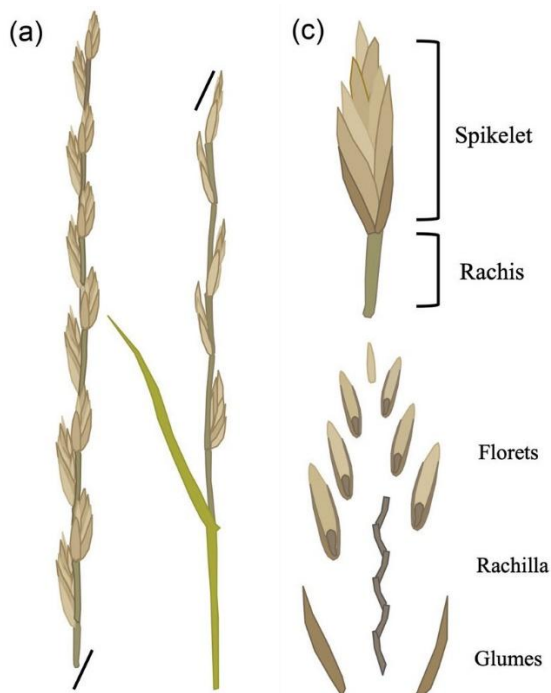


Joonis 1. a) Vaheline nisuhein 2024. aastal EMÜ katsepõllul Eerikal, b) harilik nisu (vasakul) ja nisuheina (paremal) juurestik (Foto: a) autori allikast; b) Olsson et al., 2024 ref by Land Institute).

Mitmeaastane kõrreline rohttaim vaheline nisuhein kasvab umbes 90–120 cm kõrguseks (Joonis 1 a)) sõltuvalt kasvutingimustest ja genotüübist. Lehed on 4–8 mm laiad, värvuselt rohelised kuni sinakasrohelised ja mõnikord rippuvad. Nisuheina lehepind on siledapinnaline (Tautges et al., 2023).

Nisuheinal on lühikesed risoomid ja sügavale ulatuv juurestik. Nisuheina juurestik hakkab jõudsalt kasvama teisel kasvuaastal (Duchene 2020) ning võib areneda rohkem kui 3 m pikkuseks (Joonisel 1 b), võrdluseks hariliku nisu juurestik on tunduvalt tagasihoidlikum (Clover et al., 2010).

Nisuheina pead võivad olla umbes 10–20 cm pikkused, pähikud kuni seitsmeõielised (Joonis 2). Nisuheina pead on kaherealised ja terad asuvad vastakuti (Bajgain et al., 2020) (Joonis 2 a). Õitsemine toimub kesksuvel ja tera valmib umbes 30–40 päeva jooksul pärast õitsemist. Joonisel 2 paneel (c) ülemine osa näitab tüüpilist pähikut mille küljes on pähikutelg, mis sisaldab sõkalde vahel seitset õit. Paneeli (c) alumine osa näitab lahti võetud pähikut, kus on sise ja välissõklad, sekundaarne telg ja seitse õit. Sõklad on teravad kuni tõmbid, ilma oheteta või tipust väikese ohtega (Heinek et al., 2020).



Joonis 2. Vahelmise nisuheina pea ja pähiku ristlõige (Heinek et al., 2020)

Sise- ja välissõklad võivad olla karvased või siledad (Heinek et al., 2020). Terad on väikesed, piklikud ja helepruuni värvusega, umbes 1/3 kuni 1/2 tavalise nisu tera suurusest (Joonis 3). Sõklad katavad tera tihedalt ja nende eraldamine on keerukam kui harilikul nisul (Bajgain et al., 2020).



Joonis 3. a) Nisuheina sõklad ja terad, b) nisuheina ja nisu terade suurused (Bajgain et al., 2020).

AURI 2024 aasta (Agricultural Utilization Research Institute) juhendi järgi nisuheinas sisaldub rohkem proteiini, kiudaineid ja bioaktiivseid osasid kui harilikul nisul, nisuheinas leidub ka gluteeni, samas suurima molekulmassiga gluteeniin puudub. AURI 2024. aasta andmetel on toiteväärtus silmapaistvalt kõrgem nisuheinal võrreldes nisuga: proteiini 19,2 g aga nisul 9,2 g., kiudaineid 18 ja 10,6 g., kaltsiumi 120 ja 25 g 100g kohta. Kuid süsivesikute poolest on nisu eelisseisus 73,3 g nisuheina 67,3 vastu. Erinevate nisuheina aretustsüklite ja sortide toiteväärtuste kohta koostatud kokkuvõttes oli tuhasus 2,6-3,8 g, rasva 2,8-4,8 g, proteiini 18-23,5 g ja süsivesikuid 70,8-75 g 100 g jahu kohta (Bharathi et al., 2022).

1.3. Nisuheina kasvatus ja saagikust mõjutavad tegurid

Nisuhein on kultuur, mida saab kasvatada mitmel eesmärgil (Ingl. k „*dual – use*“ (Jungers et al., 2017) või „*dual -purpose crop*“ (Ryan et al., 2018)) ja millest on võimalik saada ühel kasvuperioodil biomassi ja tera saaki (Franco et al., 2021). Nisuheina terale pööratakse tähelepanu, kuna see sisaldab harilikust nisust rohkem proteiini ja sobib inimtoiduks (Crain et al., 2024 b). Tera saagikus on siiski veel madal (Culman et al., 2013) ja aretus pakub taimekasvatusteadlastele põnevaid teaduslikku väljakutset (Olsson et al., 2024). Paul'i et al.,

(2024) kokkuvõttest selgus, et mitmeaastase kultuurina ei ole nisuheina teraks kasvatamine Ameerika Ühendriikides kulukam võrreldes teiste kultuuridega, näiteks maisi kasvatamisele tehakse 1175 eur/ha kulutusi, nisu kasvatusel 556 eur/ha ja nisuheina puhul 241 eur/ha. Bruto tulu maisil 1710 eur/ha, nisul 822 eur/ha ja nisuheinal 1419 eur/ha. Netotulu maisil 535 eur/ha, kõige väiksem on netotulu nisul 267 eur/ha ja suurim on 1178 eur/ha nisuheinal (Paul et al., 2024).

1.3.1. Keskkonnategurid

Nisuhein põua – ja külmakindla kultuurina (Barkward ref. by Crain et al., 2024) annab võimaluse kasvatada nisuheina ka põhjamaistes kliimaatilistes tingimustes ja kergematel muldadel (Tang et al., 2023). Vahelmise nisuheina kasvatamisel on oluline roll keskkonna tingimustel, sest põuakindla taimena ei sobi tema kasvatamiseks vettinud, üleujutatud ega liigniisked mullad (Tautges, et al., 2023). Jarnuszevski et al., (2024) uurimus liigniisketes oludes, 460 mm sademete korral, kinnitas nisuheina saagi vähenemist. Nisuheina sügav juurestik saab paremini vett kätte just kuivades tingimustes (Clément et al., 2022).

Mitmeaastase kultuurina on nisuheina kasvatusel olulised ka talvised ilmaolud. Nisuhein vajab talvitumiseks vähemalt kahte lehte ja viljapea moodustamiseks vernalisatsiooni perioodi, kus vähemalt ühe kuu lõikes on keskmine ööpäevane temperatuur $-2,8$ kuni $+10$ °C (Tautges et al., 2023). Nisuhein on jahedasse kliimasse sobiv kultuur (Ryan et al., 2018, Heineck et al., 2022), mida kasvatatakse Rootsis (Mårtensson et al., 2021) ja Põhja – Ameerikas Minnesotase ja Kansase osariigis.

1.3.2. Nisuheina agrotehnoloogia

Nisuheina külviaeg sõltub regioonist, Põhja regiooni optimaalne külviaeg oleks 1. augustist kuni septembrini (Peters, 2021), lõuna pool hilissügisel 15. septembrist 1. oktoobrini ja kevadel hariliku nisu külviga samal perioodil (Tautges et al., 2023). Olugbenle et al. (2021) katses Ameerika Ühendriikides Arlingtonis ja Lancasteris andis varajasem külviaeg 26. augustil (515 kg ha⁻¹) suurema saagikuse 13. septembri külviajast (423 kg ha⁻¹).

1.3.2.1. Nisuheina külv

Wagoneri (1995) soovitatud külvisenormid 7,8–16,8 kg ha⁻¹ on madalamad võrreldes nisuheina kasvatamise juhendi (Kernza Planting Equipment Recommendations 2021)

soovitustega, kus 40% idanevuse korral 15 cm reavahega külvatakse 28 kg ha⁻¹ ja kus 60 cm reavahega ainult 3 kg ha⁻¹ ning 90% idanevuse korral vaid 2-5 kg ha⁻¹ olenevalt reavahest (Tautges et al., 2023).

Nisuheina külvisügavus on 0,6–1,3 cm, reavahe 18–25 cm ja seemnete vahekaugus reas on 2,5–5 cm (Tautges et al., 2023). Suuremad terasaagid 915-935 kg ha⁻¹ on saadud 30 ja 61 cm reavahega (Hunter et al., 2020), kuna terasaagi vähenemine aja jooksul on vähemalt osaliselt põhjustatud võrsete vahelisest konkurentsist (Law et al., 2020).

Piisava niiskuse korral idanevad taimed 3–4 päeva (Wagoner, 1995) jooksul ja tärkavad 10-20 päevaga, idanemisel on oluline, et mulla pinnale ei tekiks koorikut millest on raske läbi tungida.

Külvikorras ei ole soovitatav nisuheina külvata talikultuuride järgi, mille varis võib pärssida nisuheina arengut. Vältima peaks segukülve teiste teraviljadega, kus seemnete puhastamisel on keeruline nisuheina terasid eraldada teistest seemnetest, kuna nisuheina tera on üpris väike. Nisuheina võib külvata koos lutserni, punase ristiku või teiste liblikõielistega eesmärgiga saada biomassi loomasöödaks kevadel (Culman et al., 2023) ja sügisel koristada terasaak (Cetiner et al., 2023). Mårtenssoni et al., (2021) katse leidis toetust, et peale viie aastast nisuheina kasvatamist piisab pinnapealsest harimisest järelkultuuri külvamiseks.

Nisuheina tera saab koristada umbes 11 kuud peale külvi, augustis (Wagoner 1995). Terad tuleks koristada kui pähikust 70% on täitunud ja terad on tugevad (Peters, 2023). Nisuheina terad hakkavad kuivama kiiresti niiskusesisalduse vahemikus 44,7–52,8% pähiku tipu osast allapoole ja seemned hakkavad varisema enne maksimaalse kuivainesisalduse saavutamist ning terad tipu osas ei täitu täieliult, aga pähiku alumise osa seemned täituvad ja on suuremad (Heineck et al., 2022), seemnete täitumist mõjutab õitsemise staadiumis aktiivsete päikesepäevade summa (530 kuni 701) pärast keskõitsemist aitab prognoosida optimaalset koristusaega.

Nisuheina külvil võib kasutada künnipõhist eelharimist kui ka otsekülvi kuid nisuheina tuleb kasvatada umbrohupuhtas põllus, soovitakse teostada ka vahelharimist, mis on esimesel aastal vajalikum (Tautges et al., 2023). Umbrohutõrjeks on Nufarm saanud kasutusloa herbitsiidi Weedar 64 (2,4-D amiini) kasutamiseks nisuheina põldudel (mitte Eestis), samuti Curtail-M(R) ja MCPA segu, mida on lubatud laialehiseid umbrohte ja piimohaka liikide vähendamiseks, kuid seemnekasvatuses ega seemne tootmisel toiduks ei ole lubatud

keemiliste taimekaitsepreparaatide kasutamine (Peters et al., 2022) Mehhaanilises umbrohutõrjes on andnud häid tulemusi sügisene ribaharimine, mis suurendas terasaaki 61% võrra võrreldes kontrollvariandiga ja kogu biomassi saagikus ei vähenenud, samas kui kevadine ribaharimine vähendas kogu biomassi, aga ei mõjutanud terasaaki (Law et al., 2021).

Vahelmine nisuheinal on tuvastatud juure- ja varremädanikku, valgepähiksust ja tungaltera esinemist. Tegemist on külvikorra haigustega, seetõttu soovitatakse nisuheina mitte külvata maisi, talinisu ja sorgo järel (Tautges, et al., 2023). Nisuheina katses Ukrainas (Sukhomud et al., 2018) nisuheinal taimehaiguseid ei tuvastatud, samas oli 75% ulatuses nakatunud harilik nisu juuremädaniku ja helelaiksusega. Kahjuritena tuuakse välja öölase (*Spodoptera frugiperda*) vastsed, kes kahjustavad sügisel juuri ja kiletiivalise (*Cephus cinctus*) vastsed, kes kahjustavad varsi (Tautges, et al., 2023).

1.3.2.2. Nisuheina toitainete vajadus

Nisuhein vajab vähemalt 60–100 kg ha⁻¹ lämmastikku igal aastal (Jungers et al., 2017). Nagu ka teiste kultuuride puhul on mineraalväetise kasutamisel saavutatud suurem biomassi saagikus (Rodriguez et al., 2021) kui orgaanilise väetise lisamisel, 80 kg ha⁻¹ lämmastiku lisamisel tõusis nisuheina saagikus teisel aastal 217% ja kolmandal aastal 240% (Fernandez et al., 2020). Rootsis kasutas Mårtensson et al. (2022) segukülvil liblikõielisega orgaanilist väetist 444 kg ha⁻¹ aastas, milles oli lämmastikku 40, fosforit 12 ja kaaliumi 4 kg ha⁻¹ ja andis suurema tera saagikuse puhaskülvil 0,26-0,88 t ha⁻¹ ning segukülvil lutserniga saagikuseks 0,28-0,55 t ha⁻¹. Kuigi segukülv liblikõielisega aitab nisuheinal paremini kasutada lämmastikku (Favre et al., 2019), ei ole tera saagikus märkimisväärselt tõusnud, aga biomassi suurendab rohkem (Reilly et al., 2022).

Nisuhein kasutab kõige rohkem lämmastikku teisel kasvuaastal juurestiku arenguks ja seetõttu on tera väiksem, samas kui harilik nisu suunab lämmastiku tera suurendamiseks (Huddell et al., 2023). Reilly et al., (2022) on oma katses kasutanud 90 kg ha⁻¹ lämmastiku norme, kus saavutati nisuheina tera saagikus 336 kg ha⁻¹ ja biomassi saagikus 4532 kg ha⁻¹. Kõrgemate kui 90 kg ha⁻¹ lämmastiku määradega nisuheina lamandumine suurenes (Fernandez et al., 2020) ja seega vähenes ka saagikus (Jungers et al., 2017). Suuremat lamandumist täheldas Hunter et al. (2020) kitsa, 15 cm reavahe korral, väiksem oli lamandumine 30 ja 61 cm reavahe puhul esimestel aastatel, kui lämmastikku lisati 40 kg ha⁻¹

¹ esimesel aastal (tera saak 566 kg ha⁻¹) ja järgnevatel aastatel 56 kg ha⁻¹ (tera saagid 525 ja 426 kg ha⁻¹. Fosforit soovitatakse 21 kg ha⁻¹ ja kaaliumi 121 kg ha⁻¹ aastas lisada vähese toiteainesisaldusega, mitte viljakatele muldadele ning väevli kasutamine on soovituslik liivasematel muldadel aastas kogusega 11-28 kg ha⁻¹ (Peters, 2023).

1.4. Nisuheina kasutusala ja saagikus

Kuna nisuheina kasutuseks on mitmeid eesmärke saab nisuheina koristust teostada ja põlde kasutada väga mitmekülgsest. Näiteks võib varakevadel koristada biomassi ja sügisel terasaagi või koristada mitu biomassi saaki (silo, hein) või koristada biomass/terad ja peale koristust karjatada loomi sügisel või karjatada nisuheina põllul terve hooaja loomi jne. (Culman et al., 2023, Crain et al., 2024, Rusch et al., 2025). Nisuheina kasvatamisel loomasöödaks, tehes silo ja heina ning koristades tera oleks hea lahendus liivasematele ja turbasematele muldadele, kus põuase ilma korral üheaastaste kultuuride taimekasv on pärsitud ja saagikused on madalad (Stanley, 2021; Singaravel et al., 2023).

Pototskaya et al., (2022) toob välja, et nisuheina väike tera sisaldab 46,7% tärklis (harilik nisu 72%) ning proteiini on rohkem nisuheinal. Nisuheina jahus on proteiini 50%, kiudaineid 29% ja tuhka 65%, mis on rohkem kui täisteranisujahus, ka kaltsiumi ja seleeni sisaldus oli kõrgem nisuheina jahus ning toiteväärtuse poolest sobib hästi inimtoiduks (Crain et al., 2024 b). Nisuheinast valmistatakse USA-s väikese tootmismahu tõttu nišitooteid: nisuhelbeid, jahusid pagaritööstusele, õlut ja viskit, ka idandite kasvatamine nisuheinast on võimalik (AURI 2024).

1.4.1. Nisuhein loomasöödaks

Vahelise nisuheina kasvatamisel loomasöödana on olulised nii saagikus, sööda kvaliteet kui ka koristuspraktikad. Biomassi tootmisel on soovituslik jätta taimikust umbes 10 cm maapinnalt lõikamata, et soodustada järgmist kasvu ja säilitada taimede elujõulisus.

Erinevatest uuringutest on selgunud, et nisuheina biomassi saagikus aastate lõikes on stabiilsem tera saagikusest (Culman et al., 2013; Jungers et al., 2019; Tautges et al., 2019). Nisuheina puhaskülvides on biomasside kuivaine keskmised saagikused saadud piirkondades Wisconsin 2,2 – 5,6 t ha⁻¹ (Olugbenle et al., 2021), New York 3,8 – 7,8 t ha⁻¹ (Law et al., 2021), Rootsi 3,8 – 8,1 t ha⁻¹ (Mårtensson et al., 2021) ja Minnesota 4,9 – 13,0 t ha⁻¹ (Picasso et al., 2019) ning Franco et al. (2021) toob välja, et nisuheina kasvatamisel

on asukohapõhised saagikused väga erinevad ja varieeruvad Minnesota osariigis 4000-10000 kg ha⁻¹, Michiganis oluliselt suurem 12000-17000 kg ha⁻¹, Ohios 3000-6000 kg ha⁻¹, Kansases 4000 kg ha⁻¹ ja Colorados 11753 kg ha⁻¹, kirjanduses maksimaalne saagikus on saadud Winsconsinis 19495 kg ha⁻¹.

Suuremad biomassi saagikused on saadud reavahedega 15 ja 30 cm sügiseseist niitest (Hunter et al., 2020), samas lämmastiku normi varieerumine 0-80 kg ha⁻¹ esimesel aastal ei oma olulist tähtsust saagikusele. Järgnevatel aastatel 80 kg ha⁻¹ lämmastiku lisamine soodustab saagikust (Fernandez et al., 2020). Väga kõrge 160 kg ha⁻¹ lämmastiku normiga väetades on saadud 28% suuremad biomassi saagikused suvisel niitel, aga järgneval koristusel saagikus langeb drastiliselt madalale 12000-lt 4000 kg ha⁻¹ (Locatelli et al., 2022).

Mitmeotstarbelise nisuheina kasvatamisel on leitud, et sügisene söödakoristus mõjub negatiivselt järgmise aasta nisuheina teraviljasaagile (Pinto et al., 2021). Rohumassi koristamine suurendas oluliselt nii maa- kui ka juurealust biomassi, juurte biomassi suurenemisel omastatakse ka sügavamatest mulla kihtidest toitaineid, maapealse biomassi koristamisel soodustatakse võrsumist (Pugliese et al., 2019). Franco et al. (2021) leidis, et esimese aasta suviste niidete biomassi saagid varieerusid 3243 – 11 753 kg ha⁻¹, langedes järgmisel kevadel tasemele 500-3900 kg ha⁻¹ ja ennem talve 75 -3900 kg ha⁻¹.

Puka-Beals et al. (2022) toob välja, et esimene biomassi koristusaeg on olulise mõjuga saagikusele ja selle kvaliteedil: kõrgemad olid nisuheina saagid, kui I niide toimus nisuheina õitsemisel ja terade täitumise ajal võrreldes pea moodustamise faasis saaduga. Pea moodustamise faasis sai Puka-Beals et al., (2022) suurem saagikus õitsemise ja tera täitumise faasist. Culman et al., (2023) toob välja, et proteiini sisaldus on suurem kevadel kuni 21% ja sügisniitel kuni 12%, kuid suvisel niitel on kõigest 4%, seega suvine suhteline söödaväärtus on madal 75-80%.

Nisuheina biomassi suhteline söödaväärtus (RFV) on keskmiselt kevadel 175%, suvel 65% ja sügisel 116%, segukülvil punase ristikuga suurenes suvisel niitel toorproteiinisisaldus (CP) 69% ja sügisel niitel suurenes toorproteiini sisaldus 49% tõstes suhtelist söödaväärtust 11% võrra. Samas vähenes kiudainesisaldus, neutraalkiud (NDF) 25% ja happekiud (ADF) 18% võrra. Tulemused on omased kõrge kvaliteediga rohusöödale seega nisuheinast sööt on sobilik söötmiseks veistele, lakteerivatele, kinnis- kui ka noorloomadele (Favre et al., 2019).

On leitud, et nisuheina biomass suureneb segukülvil punase ristikuga (Olugbenle et al. 2021). Lancasteris on saadud suvine kogu biomass puhaskülvil 6141 kg ha⁻¹ ja segukülvil 7422 kg ha⁻¹, kus punane ristik andis 32% segukülvi kuivainest. Sügisel langeb saagikus, puhaskülvil 1394 kg ha⁻¹ ja segukülvil 3035 kg ha⁻¹, kus punane ristik tõstis saagikust 60% (1803 kg ha⁻¹ võrra) (Favre et al., 2019). Sügisesed sööda koristused moodustasid 19% aastasest saagist puhaskülvil ja 29% segukülvil (Favre et al., 2019).

Segukülvil lutserniga on Rootsis nisuhein äärmuslike põuaperioodidega paremini hakkama saanud ning paranes ka lämmastiku omastamine (Mårtensson et al., 2022). Clément et al. (2022) uuris Kopenhaagenis 2016. aastal külvatud lutserni ja nisuheina juuretiku vee omastamise võimet 2018. aasta jaanuarist kuni 2019 aasta detsembrini ning leidis, et 1 m sügavusel omastas lutsern nisuheinast rohkem vett aga õitsemise järel ületas nisuheina veeomastamine lutserni.

1.4.2. Nisuhein teraks

Cox et al. (2002) leidis, et Wagoneri 1990. aasta 50-s eksperimendis jäi nisuheina terasaak alla 1000 kilogrammi hektarilt. Kuigi nisuheina terasaak jääb praegu veel kõvasti alla teraviljade saagikusele, loodetakse aretue käigus saavutada terasaak 50% nisu saagikusest, samas biomassi poolest on nisuhein saagikam (Cox et al., 2004). Cox et al. (2010) toob välja, et üheaastaste taimede aretus on toimunud pea 10 000 aastat ning looduslike taimede saagikuse tõstmise aretus läheks kiiremini kasutades geneetiliste markeritega aretust. Ka Crain et al., (2022) peab võimalikuks tera saagikust suurendada 8-14% ulatuses. Land Instituudi aretus tsüklite käigus on tõstnud biomassi ja tera saagikust umbes 20% esialgselt looduslikust saagikusest (DeHaan et al., 2018).

Kirjandusallikaid analüüsid on leitud, et nisuheina terasaak jääb vahemikku 300 - 1200 kg ha⁻¹ (Hunter et al., 2020), mis moodustab 20-30% hariliku nisu saagikusest (Cassman & Connor, 2022). Aretuse käigus on nisuheina sordil `MN Clearwater` tõusnud tera saagikus, olles keskmiselt 700 kg ha⁻¹, vähenenud on seemne varisemine ja lamandumine ning ühtlustunud on valmimisaeg (Bajgain et al., 2020).

Franco et al., (2021) on teinud kokkuvõtte erinevatest allikatest, kus on näha, et esimese aasta terasaagid varieeruvad suuresti, näiteks Minnesota osariigis varieerus saak 33–1150 kg

ha⁻¹, Michiganis 112–157 kg ha⁻¹, Ohios, Kansases ja Colorados varieerus 500-700 kg ha⁻¹ samas maksimaalset terasaagikust on välja toodud kirjanduses 1662 kg ha⁻¹.

Nisuheina terakasvatuse probleemiks on lisaks üldiselt madalale terasaagitasemele (Bajgain et al., 2020) ka keskmise terasaagi drastiline vähenemine esimese aasta 877 kg ha⁻¹-lt kolmandaks aastaks 276-le kg ha⁻¹-le (Hunter et al., 2020). Zhen et al., (2024) on koostanud andmebaasidest saadud katsete (13 eksperimenti, 24 kohast, sarnased tingimused) kohta kokkuvõtte, kus selgus, et terasaagi vähenemine aastast peale esimest saagiaastat on 200-225 kg ha⁻¹ aastast (Jungers et al., 2024). Tera saak väheneb, sest terade arv pähikus langeb (Hunter et al., 2020). Fernandez et al., (2020) leidis oma katses, et väetise kogus kuni 80 kg ha⁻¹ lämmastikku ei mõjutanud esimese aasta tera saagikust, aga järgnevatel aastatel kõrgema lämmastiku tasemega töötlustel oli saagikus suurem. Väga kõrge 160 kg ha⁻¹ lämmastiku normiga on saadud 63% suuremad tera saagikused esimesel terakoristusel, aga järgnevatel aastatel saagikus langeb drastiliselt (Locatelli et al., 2022).

Ukrainas Sukhomud et al., (2018) sai terasaaki 0,63 t ha⁻¹ ja tuhande tera massiks 10,2 g, mis keskmiselt on 3,2-6 g (Crain et al., 2024 a), Heineck et al. (2022) katses olid tuhande tera massid vahemikus 7,5-9,6 g ning Hunter et al., (2020) katses keskmiselt 6 g. Tuhande tera massi saab tõsta, kui lühendada kõrre pikkust kasvuregulaatoriga (Frahm et al., 2018) ja kasutada 30 cm reavahet (Hunter et al., 2020).

Favre et al. (2019) katsel Lancasteris saadi nisuheina puhaskülvis parimad toiteväärtuse tulemused suvisel niitel, segukülvis punase ristikuga tõusis teras proteiini sisaldust aga segukülvil terasaagikus jäi madalam 789 kg ha⁻¹ kui puhaskultuuris 1089 kg ha⁻¹.

1.4.3. Muud kasutusala

Vahelmise nisuheina kasvatus pakub mitmeid ökosüsteemi teenuseid ja negatiivse mõju (leostumine, süsiniku lendumine, erosioon jne.) vähendamist keskkonnas (Pototskaya et al., 2022; Franco et al., 2021). Minnesotas AURI 2022 aasta projektist selgus, et nisuheina kasvatamise piirkonnas paranes vee kvaliteet, kuna tema sügav juurestik vähendab edukalt nitraatide leostumist (Tautges et al., 2023; Huddell et al., 2023) võrreldes üheaastaste teraviljadega. Mitmeaastase taimena on nisuhein ka võimekas süsiniku siduja ja mulla erodeerumise vähendaja (Culman et al., 2013; Jungers et al., 2019; Pugliese et al., 2019). Massiivse juurestiku lagunemisel rikastatakse mulda orgaanilise ainega (Culman et al., 2013) ning mikrobioloogiline kooslus suureneb kuni 1 m sügavuseni (Duchene et al., 2020),

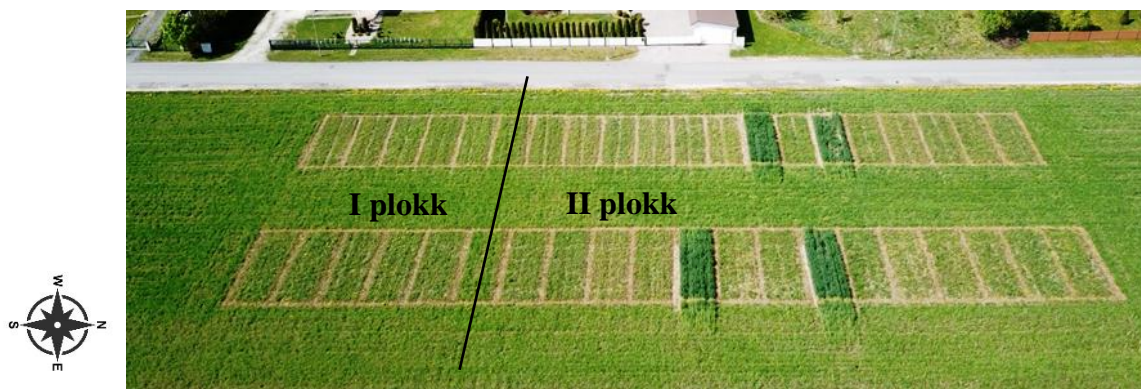
kus on ka suurem hulk arbuskulaarseid seeni (Mårtensson et al., 2020; McKenna et al., 2024), mis võivad kaasa aidata toitainete ja vee paremale omastamisele (Sleiderink et al., 2020) ning mulla struktuuri parandamisele. Maapinda katva kultuurina ja mullaviljakuse tõstjana aitab nisuhein vähendada kliimamuutuste negatiivset mõju (Ryan et al., 2018).

Lisaks on võimalik nisuheinast saada kiudu, biokomposti, energiat (kütus), (AURI 2022) Cetiner 2023 leidis, et lisades 15% vahelmise nisuheina jahu taignale saab hästi kerkiva ja vormi hoidva leiva küpsetada. Zhong et al., (2019) leiab, et tärklise fraktsiooni glükaaniahel, mida mõjutab kasvukoht, on lühem. Madalama tärklise sisalduse poolest sobib nisuheina jahu II astme diabeediga inimeste toitudesse.

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Põldkatse üldandmed

Nisuheina kasvatamise katse viiakse läbi Maaülikoolis 2023–2026. aastal põldkatsena. Käesolev töö kajastab kolmeaastase põldkatse esimese saagiaasta tulemusi. Katse rajati Eerikale 1. augustil 2023. aastal. Katselappide suurused söodakatsel 3x2 m (6 m²) ja terakatsel 3x8 (24 m²) (Joonis 4). Katselappide ümber külvati põldhein. Näivleetunud mullalt (*Stagnic luvisol*) kogutud mulla üldandmed olid järgmised: pH 6.0, C_{üld} 1,24%, N_{üld} 0.11%, P_{üld} 0.07%. Katsele eelnenud aastal kasvatati samal põllul taliotra (*Hordeum vulgare* L.), mis künti mulda 14. juulil, eelkobestati 27. juulil ja 31. juulil freesiti muld enne nisuheina külvi. Nisuheina külviga 1. augustil koos teostati väetamine igal katselapil (NPK 15:15:15) normiga N 40 kg ha⁻¹. Katselapid niideti umbrohutõrjeks 27. septembril. Külvidel oli reavahe 12,5 cm ja külvisügavus 0,5-1,2 cm. Aastal 2023 taimekaitseteid ei teostatud. Taimekaitsetöödest teostati 2024 aasta 10. mail, umbrohutõrje preparaadiga MCPA Nufarmi koguses 1,5 l ha⁻¹ nisuheina katselappidel ja koguses 0,7 l ha⁻¹ punase ristiku ja lutserni segukülvidele. Talirukist taimekaitsevahendiga ei pritsitud.



Joonis 4. Vahelmise nisuheina I plokis sööda ja II plokis tera katselapid randomiseeritult Eerikal 15. mai 2024 (foto: Toomas Tõrra)

Katse koosnes kahest plokist, sööda ja terakatses, mis erinesid külvisenormide, kaasnevate kultuuride (Tabel 1) ja N normide poolest (Tabel 2). Kultuuride külvisenormid sööda ja tera katsel olid erinevad (Tabel 1). Sööda katsel vaheline nisuheina puhaskülvi külvisenorm oli 14 kg ha⁻¹ ning segukülvil lutserniga kasutati poole väiksemat nisuheina külvisenormi. Lutserni külvati 50% segukülvi külvinormist, 7 kg ha⁻¹-le.

Tabel 1. Külvisenormid sööda- ja terakatse külvistel.

Külvis	Külvisenorm, kg ha ⁻¹ sööda katsel	Külvisenorm, kg ha ⁻¹ tera katsel
Nisuhein	14	
Nisuhein + lutsern	7 + 7	
Nisuhein		12
Nisuhein + punane ristik		6 + 4
Talirukis		80

Terakatsel oli nisuheina puhaskülvi külvisenorm väiksem söödakatse külvisenormist, 12 kg ha⁻¹-le. Terakatse segukülvil kasutati nisuheina külviks poole väiksemat kogust 6 kg ha⁻¹ ja punast ristikut 4 kg ha⁻¹.

2.2. Sööda katse

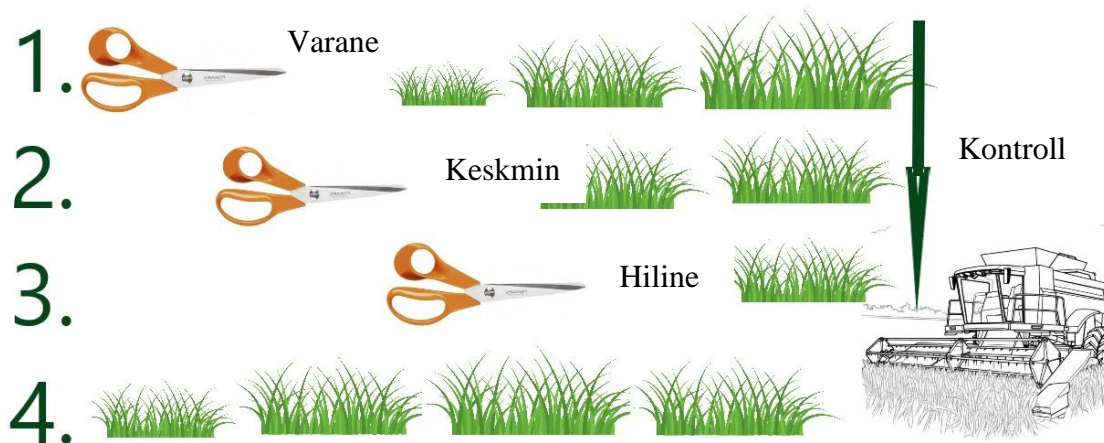
Lõputöö üheks eesmärgiks oli hinnata nisuheina biomassi kasvatamise potentsiaali puhas- ja segukülvis erinevate esimese niite aegade puhul, selleks rajati kaheksa varianti (Tabel 2.) neljas korduses. Külvati kaks nisuheina sorti `MN Clearwater` neljas korduses ja `Canada` kahes korduses. Söödakatses olid lisaks nisuheina puhaskülvidele segukülvi variant lutserniga (*Medicago sativa L.*) sordiga `Creno`. Söödakatse katsevariandi lappe väetati 2. mail 70 kg ha⁻¹ lämmastiku normiga (Tabel 2).

Tabel 2. Nisuheina sööda katseks rajatud variandid, koristusajad, koristusviis ja N kogus

	Puhas/segukülv	Koristusajad	Koristusviis	N kg ha ⁻¹
1.		Mai/juuni		
2.	Nisuhein sort `MN Clearwater`	Juuni lõpp	Biomass	70
3.	sort `Canada`	Juuli lõpp		
4.		September	Tera ja põhk	
5.		Mai/juuni		
6.	Nisuhein + lutsern sort `MN Clearwater`	Juuni lõpp	Biomass	70
7.		Juuli lõpp		
8.		September	Tera ja põhk	

Sööda katsel koristati maapealse kuivaine saagid 2024. aastal neljal korral: 10. juuni (loomine, BBCH 55-60), 3. juuli (õitsemise lõpp-hiline piimküpsus, BBCH 69-79), 31. juuli (vahaküpsus, BBCH 85) ja 24. september (koristusküpsus, BBCH 97; edaspidi varane, keskmine, hiline ja kontroll niite esimese niiteaja mõju taimiku biomassi saagile. Kolmel

esimesel variandil toimus II niide (edaspidi ädalaasaak) 24. septembril (joonis 5) uurimaks koristusaja mõju kogusaagile. Kontrollvariandil tehti ainult üks niide ja see toimus ka 24. septembril. Maapealse biomassi kogusaak saadi kahe niite summana.



Joonis 5. Nisuheina söödakatse esimese niite, ädala ja kogu biomassi koristuse skeem.

Iga niite korral määrati 0.5 m² raamis nisuheina ja liblikõieliste osakaalud ning umbrohtumus. Igal koristus korral määrati 0.5 m² raamis nisuheina ja liblikõieliste osakaalud ning umbrohtumus. Taimik eemaldati kääridega 0,5 m² alalt ja kogu lapilt ning kaaluti massid. Laboris eraldati nisuheinast umbrohud ja liblikõielised ning kaaluti. Loeti üle võrsed ja määrati kuivaine sisaldus.

2.3. Tera katse

Lõputöö teiseks eesmärgiks oli võrrelda nisuheina terasaaki sõltuvalt väetisenormist ning külvisest. Selleks kasvatati terakatses kuues külvise variandis (Tabel 3) ja neljas korduses. Terakatse külvil kasutati sorti `MN Clearwater`. Võrdlusvariandis terakatsel külvati 4. septembril talirukis (*Secale cereale L.*) sort `Berado` koos kompleksväetisega, sarnaselt teistele katselappidele. Segukülvil kasutati punast ristikut (*Trifolium pratense L.*) sordiga `Jõgeva 433`. Terakatse katselappide paiknemine on välja toodud Joonisel 4. Esimese saagiaasta väetamine toimus kõigil katselappidel ammooniumnitraat väetisega (AN 34,4). Vahelmise nisuheina väetamiseks puhaskülvil kasutati lämmastiku norme 0, 70 ja 140 kg ha⁻¹ ja segukülvil punase ristikuga olid lämmastikväetise normideks 0 ja 70 kg ha⁻¹. Võrdlusteraviljana kasvatatud talirukist väetati lämmastiku normiga 150 kg ha⁻¹ kahes osas.

Tabel 3. Tera katseks rajatud külvise variandid ja lämmastiku normid

	Puhaskülvid/Segukülv	N kg ha⁻¹
1.		0
2.	Nisuhein	70
3.	sort `MN Clearwater`	140
4.	Nisuhein + punane ristik	0
5.	sort `MN Clearwater`	70
6.	Talirukis	120

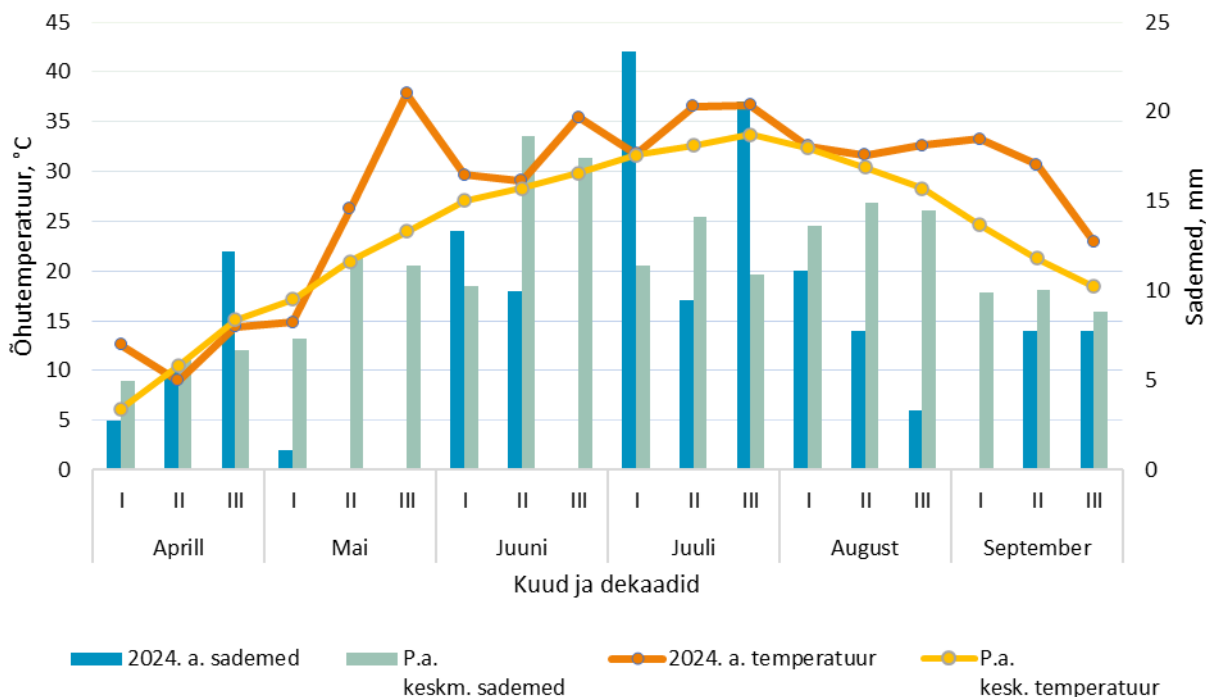
Terakatsel võeti esmalt ruuduproovid talirukkilt 22. juulil ja nisuheinal 5. augustil. Ruuduproovis 0.5 m² raamis hinnati rukki, nisuheina ja liblikõieliste, ning umbrohtude osakaal. Taimik eemaldati kääridega, laboris eraldati nisuheinast umbrohud ja liblikõielised ning kaaluti, kuivatati 35 C° juures kolm ööpäeva ning kaaluti uuesti kuivaine (KA) määramiseks. Lisaks määrati vihuproovides rukki ja nisuheina taimede võrsete, pähikute ja terade arv ning mass ja tuhande tera mass masinaga Contador (Pfeuffer GmbH, Saksamaa).

Terade koristus teostati käsitsi 14. augustil kõigil katselappidel ning alles jäänud biomassid niideti 3. septembril katse kombainiga.

2.4. Temperatuur ja sademed

Möödunud meteoroloogiline talv (detsember, jaanuar, veebruar) 2023/2024 oli normist külmem ja tervikuna keskmisest sademetevaesem. Normist vähem paistis siinmail ka päikest. Talve keskmine õhutemperatuur oli -3,4 °C (norm -2,6 °C), kus kõige soojem talvekuu oli veebruar. Talve sajumus oli Eesti keskmisena 113 mm ehk 80% normist (norm 142 mm), paksem lumikate oli 45 cm (Keskonnaportaal, 2025)

Info põldkatse ilmastikutingimuste kohta koguti ilmajaamast iMETOS 3.3 (Pessl Instruments GmbH, Austria) Eerika katsepõllu läheduses (Joonis 5). Pikaajaliste ilmaandmete (1994 -2024) tulemuste võrdlusel esimesel saagiaastal on sademete hulk terve perioodi lõikes väga palju madalam ning temperatuur kõrgem.



Joonis 6. 2024 aasta Eerikal taimekasvuperioodi õhutemperatuurid ja sademed võrdluses pikaajaliste keskmistega.

Kuigi aprill tõi palju sademeid algas Eerika katsepõllu läheduses (Joonis 6) 2024. aasta tavatul kuivalt, sademeid oli pikaajalisest keskmisest (52 mm) mais oluliselt vähem (2 mm). Lisaks maile oli tavapärasest kuivem ka juuni. Juulit seevastu iseloomustas rohke sademete hulk, 96 mm (27 mm rohkem pikaajalisest keskmisest), mis augustis ja septembris jälle jäi väiksemaks. Lisaks kuivusele iseloomustas maikuud ka keskmisest (11 °C) kõrgem õhutemperatuur (14 °C), mis tervel kasvuperioodil oli kas ligilähedane pikaajalisele keskmisele või sellest mõnevõrra kõrgem, septembrikuu temperatuurid jäid püsivalt kõrgemaks (16 °C), kui on olnud pikaajaline keskmine (11 °C). Kokku kestis suvi 131 päeva (norm 98 päeva), olles seega märkimisväärselt pikem (metk.agri.ee/uudised/2024-aasta-il).

2.5. Andmete statistiline analüüs

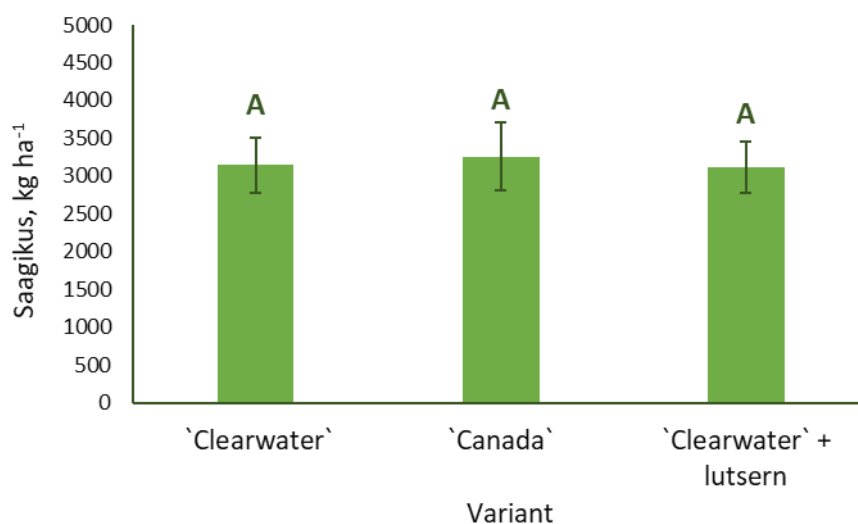
Käesoleva töö andmeid uuriti ühe- ja kahefaktorilise dispersioonanalüüsi (ANOVA) abil statistika programmis Statistica 13 (TIBCO Software Inc., USA). Statistiliselt usutavaid erinevusi ($p < 0.05$) koristusaja, taimiku ja väetusvariantide vahel hinnati Fischeri vähima olulise erinevuse post-hoc testiga. Saagikused on esitatud korduste keskmistena kilogrammi kuivaines (kg ha^{-1}) joonistel koos standardveaga ($\pm \text{SE}$).

3. TULEMUSED

3.1. Nisuhein söödaks

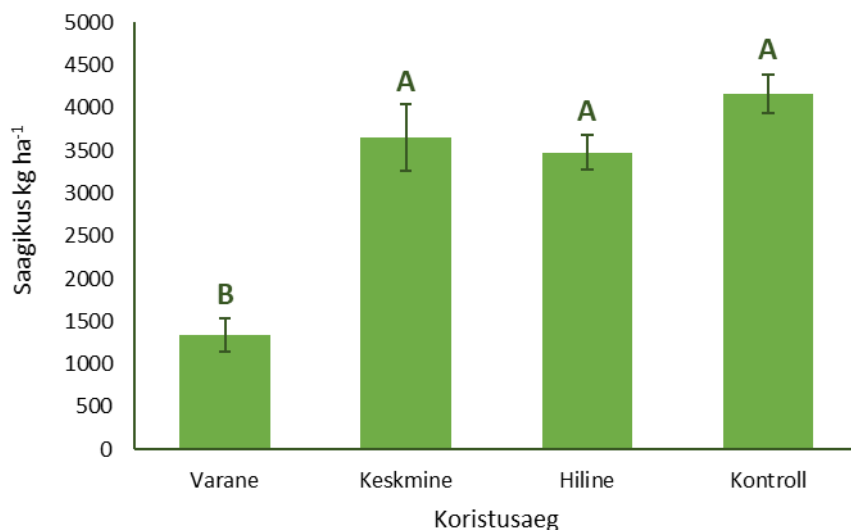
3.1.1. Nisuheina I niite saagid

Saagikus jäi külvisse variantide vahel vahemikku 3114–257 kg ha⁻¹. Variandil puudus usutav mõju I niite biomassi saagikusele ($p>0.05$) (Joonis 7). Nisuheina söödakatse kolm taimikut, mida väetati sarnaselt ei erinenud I niite biomassi saakide poolest. Sarnased olid saagikused sortidel `MN Clearwater` (joonistel `Clearwater`) ja `Canada` kui ka nisuheina puhaskülvidel ja lutserniga segukülvil .



Joonis 7. Nisuheina I niite keskmised biomassi saagikused erinevatel külvisse variantidel kg ha⁻¹ puhas- ja segukülvides. Vertikaalribad tähistavad standardviga, erinevad tähed tulpadel usutavaid erinevusi ($p<0.05$).

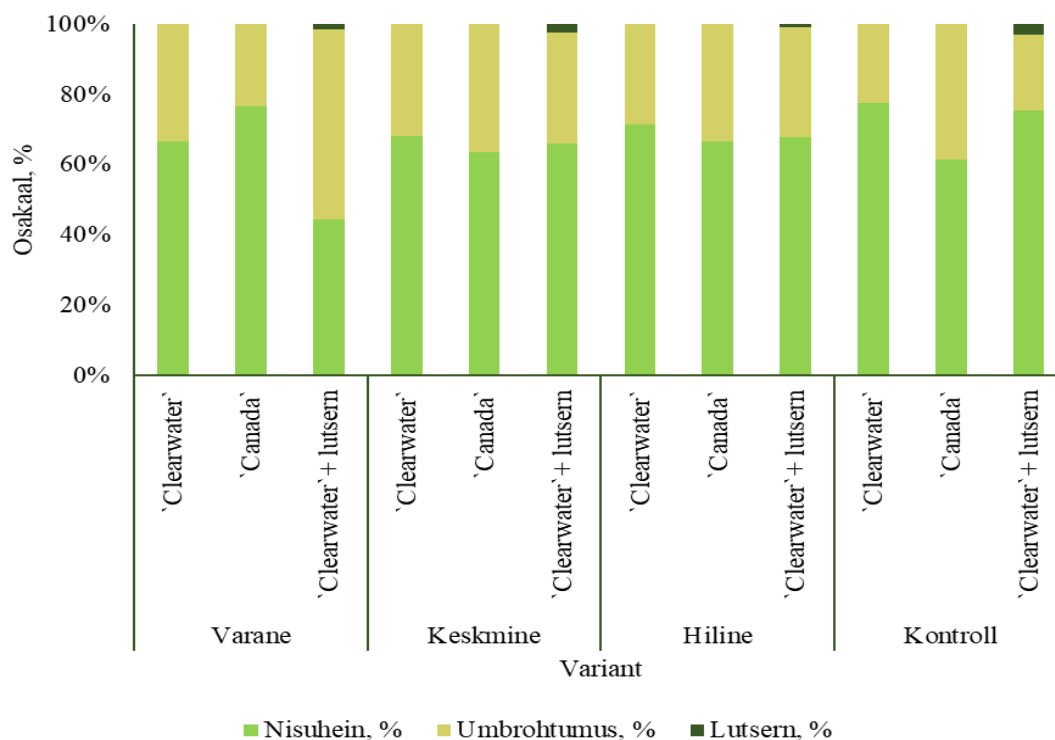
Söödakatses hinnati I niiteaja mõju nisuheina taimiku biomassi saagile ning koristusajal oli usutav mõju I niite biomassi saagikusele ($p<0.05$) (Joonis 8).



Joonis 8. Joonis 7. Nisuheina I niite keskmised biomassi saagikused kg ha⁻¹ sõltuvalt koristuse ajast. Vertikaalribad tähistavad standardviga, erinevad tähed tulpadel usutavaid erinevusi ($p < 0.05$).

Nisuheina koristati neljal erineval kuupäeval, kus esimesel kõige varasemal niitel oli biomassi saagikus usutavalt madalam võrreldes keskmise, hilise ja kontrollniite aja biomassidega. I niite biomasside saagid keskmise, hilise ja kontrolli niitel ei erinenud üksteisest usutavalt. Varane koristus andis keskmise saagikuseks 1332 kg ha⁻¹. Kolmel järgneval koristusajal jäi taimikute keskmine saagikus 3477 – 4156 kg ha⁻¹ vahele. Pisut kõrgem oli saagikus kontroll niites 4156 kg ha⁻¹, keskmine niiteaeg andis sellest 12,2% ja hiline 16,4% madalama.

Söödakatses hinnati nisuheina, lutserni ja umbrohtumuse osakaalu varase, keskmise, hilise ja kontroll niite I biomassi saagi alusel (Joonis 9).



Joonis 9. Nisuheina proportsionaalne jaotus I niite saagis sõltuvalt saagikoristuse ajast, %

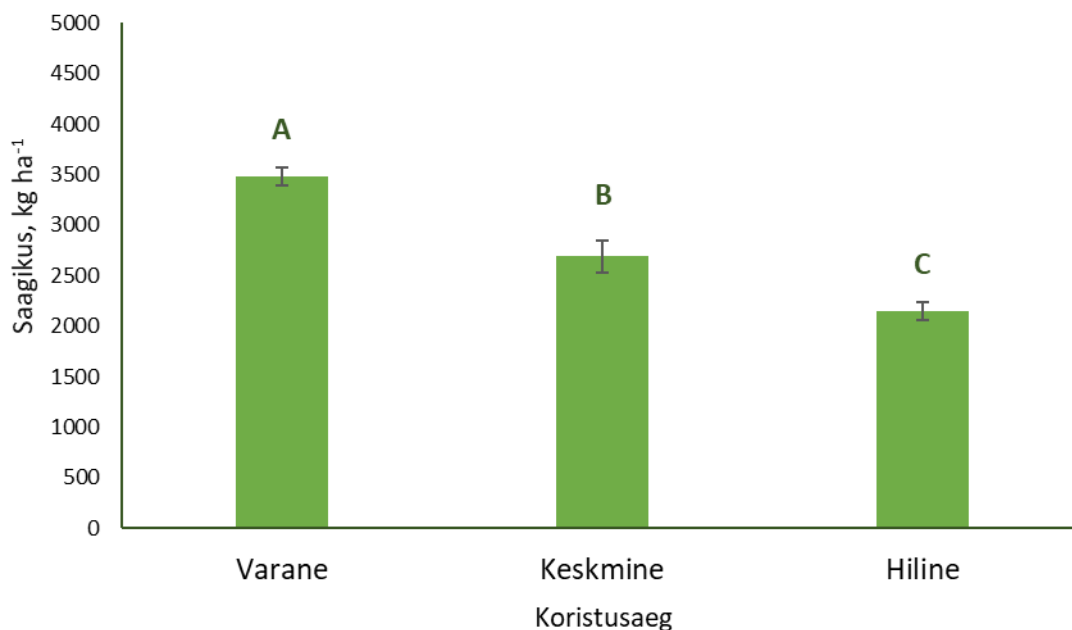
Nisuheina osakaal esimesel koristusaastal puhas- ja segukülvil jäi vahemikku 44–78%, millest protsentuaalselt enim esines nisuheina puhaskülvi hilises niites 76-78% ja segukülvil lutserniga varases niitest saadi madalaim 44% nisuheina katvus. Lutserni osakaal segukülvil jäi vahemikku 1-3%. Lutserni osakaal oli olematult madal keskmises niites (1%) aga suurenes kasvuperioodi jooksul. Hilises niites suurenedes 3%-ni.

Umbrohtumuse osakaal erinevates külvisel variantides jäi vahemikku 21-54%. Puhaskülvidel sort 'Canadal' oli tendents suuremale umbrohtumisele (keskmises niites 36% ja kontroll niites 39%). Segukülvidel lutserniga oli kõige suurem umbrohtumus varases niites (54%) ja kõige väiksem kontrollniites (21%).

3.1.2. Nisuheina ädalasaagid

Sarnaselt I niite saagile puudus külvisel usutav mõju ka ädala biomassi saagikusele ($p > 0.05$). Saagikus jäi külvisel variantide vahel vahemikku 2723–2901 kg ha⁻¹. Sarnased olid saagikused nisuheina puhaskülvil sortidel 'MN Clearwater' 2723 kg ha⁻¹ ja 'Canada' 2901 kg ha⁻¹ kui ka segukülvil lutserniga 2762 kg ha⁻¹.

I niite koristusajal oli usutav mõju nisuheina ädala biomassi saagikusele ($p < 0.05$) (Joonis 10).



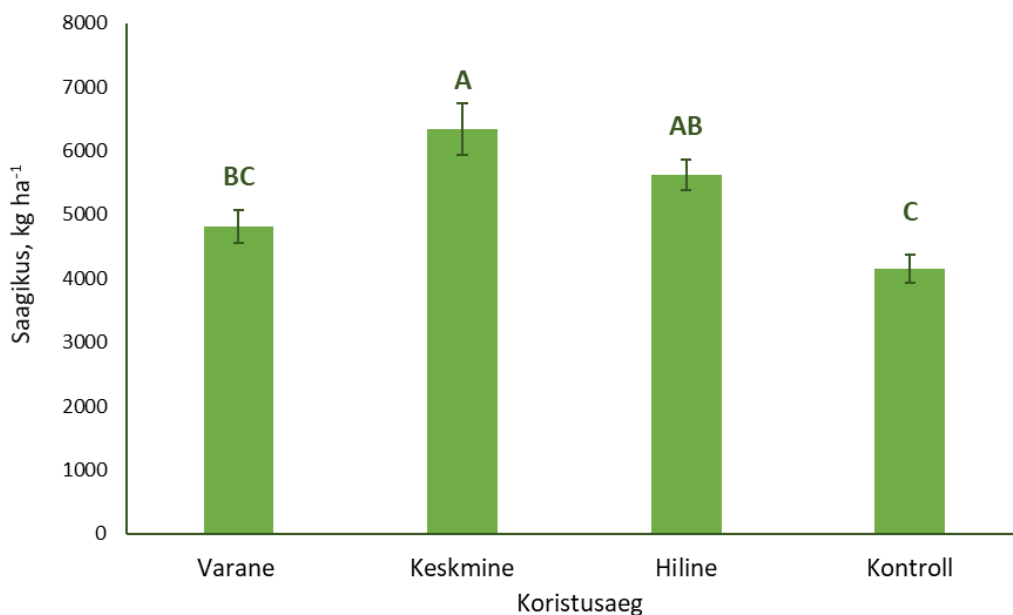
Joonis 10. Nisuheina ädala keskmised biomassi saagikused kg ha⁻¹ sarnaselt I niite koristusaegadele. Vertikaalribad tähistavad standardviga, erinevad tähed tulpadel usutavaid erinevusi ($p < 0.05$)

Nisuheina taimikute ädala saagid koristati kontrollniite ajal vastavalt I niite saagikoristusaegadele (varane, keskmine, hiline) hindamaks I niite koristusaja mõju ädala biomassi saagikusele. Ädala biomasside saagikused koristusajal jäid vahemikku 2148–3487 kg ha⁻¹. Varane niide andis usutavalt suurima saagikuse 3487 kg ha⁻¹, saagikus langes keskmises niites varajasega võrreldes 22,9% ja hilises niites 38,3%.

3.1.3. Nisuheina kogu biomass

Nisuheina taimikute kogu biomass, mille moodustas I niite ja ädala saakide summa, oli külvisel variantide keskmisena vahemikus 5184–5433 kg ha⁻¹. Külvisel puudus usutav mõju 2024. aastal nisuheinakogu biomassi saagikusele ($p > 0.05$). Sarnased saagikused esinesid nisuheina puhaskülvil ja segukülvil lutserniga, pisut kõrgem oli saagikus nisuheina puhaskülvil sordil `Canada` 5433 kg ha⁻¹ võrreldes sordiga `MN Clearwater` 5184 kg ha⁻¹.

Sarnaselt I niite saakidele oli I niite koristusajal usutav mõju ka kasvuaasta taimiku kogu biomassi saagikusele ($p < 0.05$). Võrreldes 2024. kasvuaasta biomassi saake I niite aja põhjal erines kogu nisuheina biomassi saagikus kahel koristusajal (Joonis 11), kus keskmise koristusaja kogu biomassi saagikus oli usutavalt suurim 6338 kg ha⁻¹ võrreldes kontrollniite saagikusega 4156 kg ha⁻¹.



Joonis 11. Nisuheina kogu biomassi keskmised saagikused, kg ha⁻¹. Vertikaalribad tähistavad standardviga, erinevad tähed tulpadel usutavaid erinevusi ($p < 0.05$)

Variantide keskmine kogu biomass hakkas langema peale keskmist niidet, olles 11,2 % madalam hilisel ja 34,4 % kontroll niitel. Kogu biomassi saak varases niites 4819 kg ha⁻¹ sarnanes kontrollniite saagikusele 4156 kg ha⁻¹ ja hilise niite saagikus 5625 kg ha⁻¹ sarnanes keskmise niite biomassi saagikusele 6338 kg ha⁻¹.

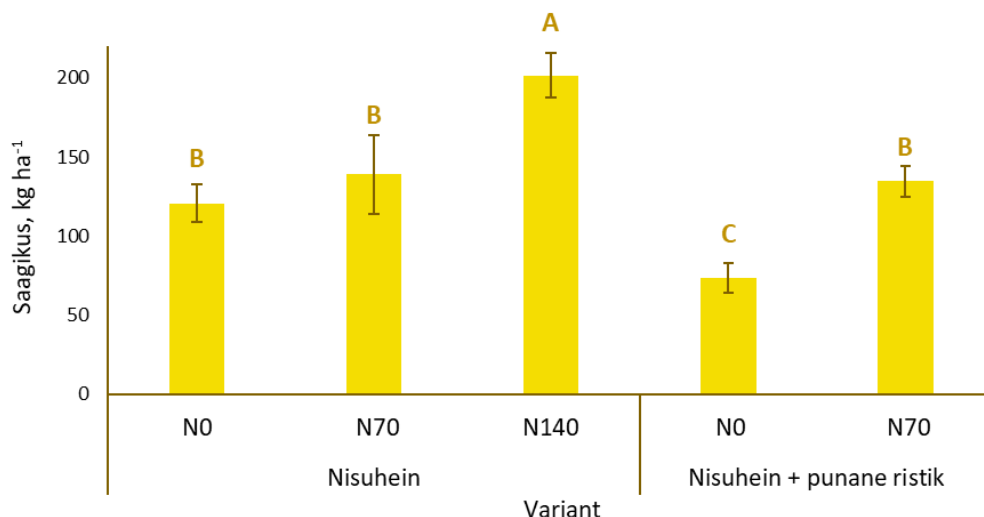
3.2. Nisuheina tera katse

3.2.1. Nisuheina tera saagikus

2024. aasta taimekasvuperioodil jäi nisuheina terasaak variantidel külvistel vahemikku 74-201 kg ha⁻¹. Külvisel oli usutav mõju nisuheina tera saagikusele ($p < 0.05$) (Joonis 12). Nisuheina puhaskülvil tera saagikus oli vahemikus 121-201 kg ha⁻¹ keskmise saagikusega 154 kg ha⁻¹ ja segukülvil punase ristikutuga 74-135 kg ha⁻¹ keskmise saagikusega 104 kg ha⁻¹.

Puhaskülvide erinevate N normide keskmine terasaagikus oli usutavalt kõrgem võrreldes segukülvidega.

Terakatses nisuheina puhaskülvil kolme erineva lämmastiku koguse (N0, N70, N140) kasutamisel ja segukülvil punase ristikuga lämmastiku erinevate koguste (N0, N70) andmisel erinesid tera saagikused usutavalt (Joonis 12).



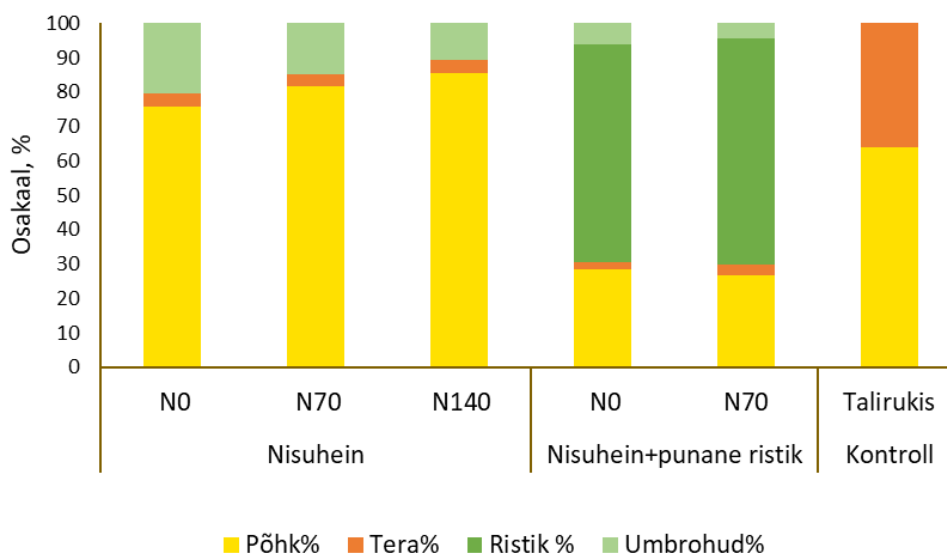
Joonis 12. Nisuheina esimese saagiaasta tera saagikus puhas- ja segukülvil erinevatel väetuskogudel kg ha⁻¹. Vertikaalribad tähistavad standarddviaga, erinevad tähed tulpadel usutavaid erinevusi (p<0.05).

Nisuheina kõige suurem terasaak 201 kg ha⁻¹ saadi puhaskülvil maksimaalse (N140) lämmastiku koguse lisamisel. Puhaskülvil ilma lämmastikuteta (N0) oli saagikus 38,8% (121 kg ha⁻¹) ja 70 kg ha⁻¹ lämmastiku lisamisel 30,8% (139 kg ha⁻¹) madalam maksimaalsest terasaagist. Lämmastiku foonil 70 kg ha⁻¹ saadud puhaskülvi saagikus 139 kg ha⁻¹ sarnanes samal foonil kasvanud punase ristiku segukülvi saagikusega 135 kg ha⁻¹. Nisuheina puhaskülvi terasaak N0 foonil 121 kg ha⁻¹, mis sarnanes puhas- ja segukülvi terasaagile lämmastiku normi 70 kg ha⁻¹ juures. Segukülv punase ristikuga ilma lämmastikuteta (N0) variant erines teistest variantidest tootes madalaima tera saagikuse 74 kg ha⁻¹.

3.2.2. Proportsionaalne jaotus

Erinevate külviside variantide taimikute proportsionaalne jaotus on esitatud Joonisel 13. Nisuheina põhu osakaalud varieerus külviside variantide vahel 27-85%-ni, kus puhaskülvil põhu osakaal oli suurem, vastavalt 76-85% ja segukülvil väiksem 27-28%. Terade ja põhu

osakaal kokku on puhaskülvil suurem 80-89% tõustes lämmastiku normi suurenemisel ja segukülvil 30%, kus lämmastiku kogus ei mõjutanud tulemust. Talirukkil võrdluseks moodustas põhk saagist 64% ja terad 36% .Segukülvides, kus punast ristikut külvati 40 % nisuheina külvisenormist oli punase ristikuga osakaal 64-66%.



Joonis 13. Erinevate külviselvariantide taimikute proportsionaalne jaotus, %.

Umbrohtumus varieerus variantide vahel suurtes piirides 0-20%ni. Umbrohtumus oli suurem nisuheina puhaskülvidel ja vähenes suurema lämmastiku normi kasutamisel 20%-lt 11%-ni. Väiksem (4-6%) umbrohtumus oli nisuheina segukülvides. Talirukki külvides umbrohtusid ei esinenud.

3.2.3. Vihuanalüüs

Vihuanalüüsi parameetrite võrdluses (Tabel 4) on selgelt eristatav, et nii nisuheina puhaskülvis kui ka segukülvis ristikuga on kõrgemad tulemused kõrgema N normiga variantidel. Palju sarnaseid tulemusi vihuanalüüsi komponentides andsid nisuheina puhaskülvi N0 ja N70 variandid ja nisuheina segukülvis punase ristikuga N70 variant. Nisuheina punase ristikuga segukülvi variandis, kus lisälämmastikku ei kasutatud olid tulemused kõige tagasihoidlikumad. Variandil oli usutav mõju vihuanalüüsi parameetritele ($p < 0.05$) (Tabel 4).

Tabel 4. Nisuheina terakatse vihuanalüüsi tulemused

Vihuanalüüsi parameetrid	Nisuhein			Nisuhein+punane ristik		Kontroll
	N0	N70	N140	N0	N70	Talirukis
Üldvõrsete arv, tk 0,5 m ²	71.0 B	93.5 B	132.3 A	29.3 C	74.0 B	283
Produktiiv võrsete arv, tk	65.0 AB	56.5 A	88.8 A	19.0 C	53.3 B	283
Viljapeade mass, g 0,5 m ²	25.1 B	29.0 B	41.7 A	10.5 C	26.1 B	1122
Pähikute arv 20 peas, g	18.9 A	17.0 B	18.2 AB	17.3 AB	17.6 AB	34
Terade mass peas, g	0.3 A	0.3 A	0.3 A	0.2 B	0.3 A	
Terad arv peas, tk	43.3 A	41.2 A	45.2 A	28.0 B	37.0 AB	
Terade arv pähikus, tk	2.3 A	2.4 A	2.5 A	1.6 B	2.1 AB	
Terade arv vihus, g	866.3 A	823.5 A	947.8 A	559.0 B	739.5 AB	
Terade mass vihus, g	5.5 A	6.7 A	7.2 A	3.5 B	5.7 A	
1000 tera mass, g	6.4 B	8.1 A	7.6 A	6.2 B	7.7 A	40

Nii üld- kui produktiivvõrsete arv nisuheina puhaskülvis oli kõrgem lämmastiku normi 140 kg ha⁻¹ korral võrreldes N0 variandiga. Suuremal määral mõjutas lämmastiku normi suurenemine üldvõrsete arvukust (46%) võrreldes produktiivvõrsetega (26%). Ka segukülvis ristikuga oli nisuheinal võrseid rohkem N70 variandis, kuid siin suurenesid üld- ja produktiivvõrsete kahe variandi vahel sarnaselt 61% ja 64% vastavalt N0 ja N70 segukülvi variandis. Võrdluseks rukkil oli tunduvalt kõrgem 53% üldvõrsete arv puhaskülvi N140 parimast tulemusest (132,2 tk m²) ja 89% segukülvi N0 madalaimast tulemusest. Samuti produktiivvõrsete arv oli 69% puhaskülvi N140-st ja segukülvi madalaimast N0 tulemusest 93%.

Ka viljapeade mass sõltus oluliselt N normist nii puhas- kui segukülvis. Lämmastiku norm 70 kg ha⁻¹ puhaskülvil ei olnud piisav viljapeade massi oluliseks suurendamiseks, samas segukülvis punase ristikuga andis sama N norm usutavalt raskemad viljapead võrreldes N0ga. Nisuheina viljapeade kaal võrreldes rukkiga oli 96-99% väiksem. Pähikuid oli nisuheinal viljapea kohta 17-19 tk. Enim pähikuid esines puhaskülvil variandil ilma lämmastikututa (N0), kuid usutavalt suurem oli see väärtus vaid pähikute arvust puhaskülvi variandis N140. Talirukis suutis meie katses moodustada keskmiselt 34 pähikut, mis on 48% rohkem kui nisuheinal keskmiselt.

Nii terade mass ja arv peas, kui arv pähikus olid nisuheina puhaskülvi variantides sarnased, keskmiselt vastavalt 0,3 g, 43 tk ja 2,4 tk. Vaid nisuheina segukülvis punase ristikuga N0 juures olid samad näitajad 0,2 g, 28 tk ja 1,6 tk. Ka nisuheina terade mass ja arv vihus olid variantide vahel sarnased keskmiselt 878 ja 6,4 g puhaskülvil ning terade mass vihus segukülvil N70 sarnaneb puhaskülvile. Näitajad muutusid sarnaselt lämmastiku fooni tõusmisel.

Nisuheina 1000 tera massid olid sarnased puhaskülvil lämmastiku foonil (N70 ja N140) ja segukülvil (N70). Usutavalt madalamaks jäid massid nisuheina puhaskülvis ja segukülvis punase ristikuga väetamata (N0) variantides. Talirukki 1000 tera mass 40g oli 82% võrra suure nisuheina keskmisest (7,2g) tulemusest.

4. ARUTELU

Nisuheina uurimine on oluline, kuna tegemist on mitmeaastase kõrrelise heintaimemega millest oleks võimalik ühel kasvuaastal toota nii biomassi kui ka tera. Nisuhein on keskkonnasäästlik alternatiivi tavapärastele üheaastastele kultuuridele, mis oma sügava juurestikuga saab hakkama põuatingimustes ning on kohastunud jahedate õhutemperatuuridega.

Nisuheina sobivust söödatootmiseks on uuritud juba üle 40 aasta. Käesoleva uurimuse esimese saagiaasta tulemused näitavad, et vahelmine nisuheina (*Thinopyrum intermedium*) kasvatamisel on võimalik saavutada arvestatav söödasaak, kuid saagikust mõjutavad oluliselt nii koristusaeg kui agrotehnilised võtted, nagu segukülvi kasutamine. Uurimistöö toetas hüpoteesi, et hilisem esimese niite aeg suurendab nisuheina taimikute biomassi. Varasem niide (10. juuni) andis madalaima 1332 kg ha⁻¹ biomassi, samas kui hilisemad niited (3. ja 31. juuli, 24. september) tagasid oluliselt suurema saagi 3650-4165 kg ha⁻¹. Culman et al. (2023) on täheldanud, et biomassi saagikusele avaldas mõju eeskätt koristusaeg, kus suviste niidete saagikus oli suurem. Nisuheina tärkamine meie katses 2023. aasta augustis peale külvi oli ebaühtlane ning taimik ennem talvitumist pigem hõredapoolne. 2024. aasta kevadine kuivus ja soojus pidurdasid taimekasvu veelgi ning sööda biomassi saagikus jäi varases I niites madalamapoolseks, samas kuivades tingimustes Puka-Beals et al. (2022) on leidnud, et hilisemast (õitsemisaegne) (4,9 kg ha⁻¹) niitest saadakse suurem saagikus varasest (võrsumine) 4,1 kg ha⁻¹, sarnaselt meie katsele varane niide andis kõigest 1332 kg ha⁻¹ ja keskmine (õitsemisaegne) 3650 kg ha⁻¹. Umbrohtumus kindlasti mõjus saagikusele pärssivalt, suurem umbrohtumus esines segukülvil ja lämmastiku fooni tõustes, jäädes külvistel 21-54% ulatusse, ka nisuheina osakaal oli varieeruv 44-78% jäädes segukülvil madalamapoolsemaks (Puka-Beals et al. 2022).

Kogu biomassi arvestuses olid kõrgeimad saagid seotud keskmise niite ajaga (3. juuli), kus saavutati kuni 6300 kg ha⁻¹, samas kontroll niide langes oluliselt alla 4100 kg ha⁻¹-ni, saagikuse pärssivaks teguriks võis olla augusti septembri suvekuiva mõju ning taimiku vananemine, kuna kontrollniide toimus esimest korda alles septembri lõpus.

Nisuheina taimikute esimese saagiaasta kogusaak, mille moodustas I niite saak + ädalasaak oli sarnases suurusjärgus tulemustega lõuna Rootsist, kus Mårtensson et al. (2022) sai saagikuse vahemikus 5,4-8,2 t ha⁻¹, mis võrdluses meie katsega oli 4,1-6,3 t ha⁻¹.

Töös püstitatud teine hüpotees, et nisuheina segukülv lutserniga suurendab taimiku biomassi saaki ei leidnud 2024. katseaasta andmete põhjal toetust. Lutserni osakaal oli taimikus ekstreemselt madal 1-3%, kuigi sööda katsel lutserni külvisenorm oli segus 50% (7 kg ha⁻¹), mis on pool eeldatavast kaetavast pinnast. Lutserni kasvu võis lisaks kuivale ja jahedale kevadele pärssida taimekaitsevahendi MCPA kasutamine umbrohutõrjel. Lutserni osakaal oli madalaim hilises niites, hüppelise taastumise tegi kontrollniites, milleks kasutas hästi augusti kuu sademeid ja sooja ilma ning domineeris umbrohtude üle. Varases niites oli lutserni segus nisuheina protsent kõige madalam (44%) aga järgnevates niidetes see suurenes oluliselt 66-76% nisuheina, mis on sarnane tulemus (61-78%) nisuheina puhaskülvidele kus nisuheina külvisenorm oli poole suurem (14 kg ha⁻¹). Tulemus näitab, et nii lutserni kui ka nisuheina kasvualgus olid kehvad, kuid olukord paranes kasvuperioodi jooksul märgatavalt. Mitmeaastase taimiku puhul võib esimene saagiaasta olla kõige keerulisem, kuid kui taimik kohaneb ning kasvutingimused on soodsad siis on järgmistel aastatel ootused suurematele saakidele õigustatud (Pinto et al., 2022, Tan et al., 2022, Singaravel et al., 2023).

Mai kuu kuivus soodustas umbrohtude kasvu, kus varasel niitel oli lausa kuni 54% ulatuses umbrohtusid. Umbrohu osakaal näitas selget sõltuvust koristusajast ja nisuheina ning lutserni osakaalu suurenemisest taimikus. Kuna nisuhein on aeglase algarenguga siis alles hilisemates kasvufaasides hakkab domineerima umbrohtude üle (Pugliese et al., 2019, Peters, 2019, Peters, 2022) ning segukülvid liblikõielistega aitavad vähendada umbrohtumist (Mårtensson et al., 2022).

Kolmas hüpotees, et nisuhein segus punase ristikuga võimaldab toota suuremat nisuheina tera saaki kui nisuhein puhaskülvis leidis toetust osaliselt.

Nisuheina keskmised terasaagid puhaskülvil (153.6 kg ha⁻¹) ja ristikuga segukülvil (104.0 kg ha⁻¹) olid usutavalt erinevad, kuid terasaagikuse tulemused näitasid olulist sõltuvust lämmastikväetise kasutusest. samas maksimaalne terasaak 201 kg ha⁻¹ saavutati puhaskülvil kõrgeima N140 taseme juures. Kuigi Pugliese et al. (2019) ja DeHaan et al. (2020) on leidnud, et nisuheina saagipotentsiaal on tugevas seoses toiteelementide saadavusega siis

Reilly et al. (2022) uurimusest selgub, et suurem kogus lämmastikku ei taga suurt saagikust kuna saagikust mõjutab ka C:N suhe ja külvisi piirkond.

Samas ilma väetamiseta (N0) langes terasaak oluliselt, eriti segukülvis., sarnane oli tulemus segukülvil ja puhaskülvis lämmastiku normi N70 puhul. Arvestades, et nisuheina külvati segukülvil poole vähem 6 kg ha^{-1} võrreldes puhaskülviga ning lisaks punast ristikut 4 kg ha^{-1} siis oli puhas- ja segukülvi sarnane terasaagi tulemus N70 juures positiivne. Segukülvi poole väiksem nisuheina külvisenorm suutis toota sama suure terasaagi, kui puhaskülvi suurem külvisenorm.

Mårtensson et al., (2022) Rootsis katses sai tulemuse, kus liblikõieline tõstis tera saagikust aga Reilly et al. (2022) oma uurimuses on välja toonud, et liblikõieline vahekultuur ei mõjutanud nisuheina terasaaki vahetult pärast rajamist, liblikõielise positiivne mõju ilmnis alles aga kolmandal aastal ning sõltus mulla lämmastiku tasemest, ilmastikuoludest ja umbrohtumusest. Ilmselt ka meie katses ei toetanud ristik nisuheina kasvu veel piisavalt, kuna liblikõielised esmalt panustavad juurestiku arengusse ja vajavad seega rohkem lämmastikku ning esimesel kasvuaastal liblikõielise juured veel ei lagune ja seetõttu lämmastiku vabastamist nisuheinale ei toimu. Reilly et al., (2022) uurimusest selgub, et tera saagikus tõuseb segukülvis järgnevatel aastatel tänu punase ristiku hilisemale mõjule.

Ilmses, et puhaskülvide umbrohtumus oli suurem kui segukülvidel ning nisuheina osakaal segukülvis oli tagasihoidlik, kõigest 30%, puhaskülvil jällegi üle 80%, mis näitab, et punane ristik oli väga edukas umbrohtude allasurumises, kuid võis mõjuda pärssivalt ka nisuheina arengule. Ka Pinto et al., (2022) uurimuses esimese aasta tera saak segukülvil punase ristikutega (857 kg ha^{-1}) vähenes järgnevatel aastatel, kuna punane ristik oli liiga agressiivse kasvuga. Mårtensson et al. (2022) 2018 aasta kuivades tingimustes Rootsis täheldas, et liblikõieline kultuur segus nisuheinaga aitas toime tulla äärmuslike kliimatingimustega ja nisuheina terasaagid olid sarnased.

Puhaskülvil oli näha umbrohtumuse vähenemist ja taimiku osakaalu suurenemist koos lämmastiku normi suurenemisega. Kuna nisuheina oli segukülvil vähe (30%) siis ta ei saanud näidata ka enda täielikku potentsiaali ning järgnevatel aastatel taimiku arenedes on võimalik oodata suuremaid saaginumbreid. Kuigi nisuheina terasaak ei ole ligilähedane talirukki saagikusele on põhu osakaal suurem nisuheinale mis võimaldab teda hästi söödana kasutada.

Vihuanalüüsi tulemused, mis olid paljude näitajate puhul sarnased nii erinevate N normide juures puhaskülvides kui N70 nisuheina segukülvis ristikuga, näitab, et nisuheinal on väetatud segukülvis sarnased eeldused terasaagi tootmiseks nagu puhaskülvides. Suurem lämmastikväetise tase võimaldab toota suuremat saaki, kuna parandab oluliselt võrsumise intensiivsust, produktiivvõrsete osakaalu ja viljapeade massi, mis kõik olid N normi 140 kg ha⁻¹ puhul väetatud segukülvi näitajatest oluliselt kõrgemad. Väetamata segukülv, mis oli kõige madalama terasaagi tasemega oli ka kõige nõrgemate vihanalüüsi näitajatega. Suurem terade arv väetamata puhaskülvis tingis variandi kõrgema saagi võrreldes segukülviga N0 variandiga, kuigi 1000 tera massid olid variantide vahel sarnaselt madalad. Madalamad tulemused tulid segukülvis, kus punase ristiku potentsiaal lämmastiku pakkumisel ei olnud esimesel saagiaastal veelpiisaval tasemel. Nisuheina keskmine tera saagikus oli kõigest 1,7% talirukki saagist, millele annab kõrge saagikuse suur produktiiv- ja külgvõrsete kogus. Nisuheina vähese tera saagikuse põhjuseks on madal viljapeade mass (9%) ja 1000 tera mass (18%) samas pähikute arv 20 peas (52%) on üpris hea võrreldes talirukkiga. Tõstes aretuse käigus viljapeade massi ja 1000 tera massi produktiiv ja külgvõrsetel võimaldaks saada sarnaseid saagikusi teraviljadega.

KOKKUVÕTE

Antud töös uuriti nisuheina biomassi ja terasaagi potentsiaali Eesti tingimustes puhas- ja segukülvis erinevatel väetustasemetel ja niite aegadel kuna nisuhein mitmeaastase põuakindla kultuurina võimaldaks põllumeestel mitmekesistada oma tootmist pidevalt muutuvates keskkonna tingimustes. Magistritöö eesmärk oli uurida nisuheina biomassi ja terasaagi potentsiaali Eesti tingimustes, täpsemalt uurides esimese niite aja ja külviviisi mõju biomassi saagikusele ja külviviisi ja lämmastiku normi mõju nisuheina terasaagile.

Töös seati kolm hüpoteesi, millest uurimistöö toetas hüpoteesi, et hilisem esimese niite aeg suurendab nisuheina taimikute kogu biomassi. Esimese niite koristuaeg taimiku piimküpsuses andis suurima nisuheina taimikute kogu biomassi saagi 6300 kg ha^{-1} ,

Töös püstitatud hüpotees, et nisuheina segukylv lutserniga suurendab taimiku biomassi saaki ei leidnud 2024. katseaasta andmete põhjal toetust. Nisuheina taimikute saagid olid sarnased puhaskülvil sordil `MN Clearwater` saagikusega 5184 kg ha^{-1} ja sordiga `Canada` saagikusega 5433 kg ha^{-1} ning segukülvis lutserniga 5186 kg ha^{-1} . Lutserni mõju ei ilmnenu tema väga madala osakaalu tõttu taimikus.

Kolmas hüpotees, et nisuhein segus punase ristikuga võimaldab toota suuremat nisuheina tera saaki, kui nisuhein puhaskülvis, leidis toetust osaliselt. Nisuheina puhaskülvil oli tera saagikus keskmiselt oluliselt suurem (154 kg ha^{-1}) kui segukülvil (104 kg ha^{-1}). Kuid N normi 70 kg ha^{-1} juures tootis nisuheina ja ristiku segukülvi taimik poole madalama nisuheina külvisenormi juures sarnase terasaagi nisuheina puhaskülviga samal väetustasemel, vastavalt segukülvil 135 kg ha^{-1} ja puhaskülvil 139 kg ha^{-1} .

Antud tööst selgub, et nisuheina on võimalik biomassi ja terasaagi eesmärgil Eesti tingimustes kasvatada. Oluline on jätkata saagikuste uurimist mitmel järjestikusel katseaastal selgitamiseks välja nisuheina saagikuse stabiilsus, mis annaks tootjale ülevaate ja parema kindlustunde uue kultuuri nisuheina kasutamisel põllukultuurina.

ALLIKALOEND

- AURI (Agriculture Utilization Research Institute), (2024) *Kernza® Perennial Grain Value-Added Uses for Malting, Brewing, and Distilling*. www.auri.org <https://auri.org/wp-content/uploads/2025/04/Kernza-for-Malting-Brewing-and-Distilling-Value-Added-Research-Report-10.02.24.pdf>
- AURI (n.d) *Kernza® Perennial Grain as a Cereal Grain*. [https://landinstitute.org/our-work/perennial-crops/kernza/ Kernza-as-a-Cereal-Grain-FINAL.pdf](https://landinstitute.org/our-work/perennial-crops/kernza/Kernza-as-a-Cereal-Grain-FINAL.pdf)
- Bajgain, P., Zhang, X., Jungers, J. M., DeHaan, L. R., Heim, B., Sheaffer, C. C., Wyse, D. L., & Anderson, J. A. (2020). ‘MN-Clearwater’, the first food-grade intermediate wheatgrass (Kernza perennial grain) cultivar. *Journal of Plant Registrations*, 14(3), 288–297. <https://doi.org/10.1002/plr2.20042>
- Bharathi, R., Muljadi, T., Tyl, C., & Annor, G. A. (2022). Progress on breeding and food processing efforts to improve chemical composition and functionality of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for the food industry. In *Cereal Chemistry* (Vol. 99, Issue 2, pp. 235–252). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/cche.10482>
- Cassman, K., G., Connor, D., J. (2022). Progress Towards Perennial Grains for Prairies and Plains *Outlook on Agriculture*, 51, 1(32-38). <https://10.1177/00307270211073153>
- Cetiner, B., Shamanin, V. P., Tekin-Cakmak, Z. H., Pototskaya, I. v., Koksel, F., Shepelev, S. S., Aydarov, A. N., Ozdemir, B., Morgounov, A. I., & Koksel, H. (2023). Utilization of Intermediate Wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) as an Innovative Ingredient in Bread Making. *Foods*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/foods12112109>
- Clément, C., Sleiderink, J., Svane, S. F., Smith, A. G., Diamantopoulos, E., Desbrøll, D. B., & Thorup-Kristensen, K. (2022). Comparing the deep root growth and water uptake of intermediate wheatgrass (Kernza®) to alfalfa. *Plant and Soil*, 472(1–2), 369–390. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05248-6>
- Crain, J., Larson, S., Dorn, K., DeHaan, L., & Poland, J. (2022). Genetic architecture and QTL selection response for Kernza perennial grain domestication traits. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(8), 2769–2784. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04148-2>
- Crain, J., Wagoner, P., Larson, S., & DeHaan, L. (2024 a). Origin of current intermediate wheatgrass germplasm being developed for Kernza grain production. *Genetic Resources and Crop Evolution*. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-01952-1>
- Crain, E. B., & DeHaan, L. R. (2024 b). Nutritional Quality of Early-Generation Kernza Perennial Grain. *Agriculture (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/agriculture14060919>
- Culman, S., Pinto, P., Pugliese, J., Crews, T., DeHaan, L., Jungers, J., Larsen, J., Ryan, M., Schipanski, M., Sulc, M., Wayman, S., Wiedenhoef, M., Stoltenberg, D., & Picasso, V. (2023). Forage harvest management impacts “Kernza” intermediate wheatgrass productivity across North America. *Agronomy Journal*, 115(5), 2424–2438. <https://doi.org/10.1002/agj2.21402>

- Culman, S. W., Snapp, S. S., Ollenburger, M., Basso, B., & DeHaan, L. R. (2013a). Soil and water quality rapidly responds to the perennial grain Kernza wheatgrass. *Agronomy Journal*, *105*(3), 735–744. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0273>
- Culman, S. W., Snapp, S. S., Ollenburger, M., Basso, B., & DeHaan, L. R. (2013b). Soil and water quality rapidly responds to the perennial grain Kernza wheatgrass. *Agronomy Journal*, *105*(3), 735–744. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0273>
- Duchene, O., Celette, F., Barreiro, A., Mårtensson, L. M. D., Freschet, G. T., & David, C. (2020). Introducing perennial grain in grain crops rotation: The role of rooting pattern in soil quality management. *Agronomy*, *10*(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy10091254>
- Favre, J. R., Castiblanco, T. M., Combs, D. K., Wattiaux, M. A., & Picasso, V. D. (2019). Forage nutritive value and predicted fiber digestibility of Kernza intermediate wheatgrass in monoculture and in mixture with red clover during the first production year. *Animal Feed Science and Technology*, *258*. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114298>
- Fernandez, C. W., Ehlke, N., Sheaffer, C. C., & Jungers, J. M. (2020). Effects of nitrogen fertilization and planting density on intermediate wheatgrass yield. *Agronomy Journal*, *112*(5), 4159–4170. <https://doi.org/10.1002/agj2.20351>
- Frahm, C. S., Tautges, N. E., Jungers, J. M., Ehlke, N. J., Wyse, D. L., & Sheaffer, C. C. (2018). Responses of intermediate wheatgrass to plant growth regulators and nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, *110*(3), 1028–1035. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.11.0635>
- Franco, J. G., Berti, M. T., Grabber, J. H., Hendrickson, J. R., Nieman, C. C., Pinto, P., Tassel, D. van, & Picasso, V. D. (2021). Ecological intensification of food production by integrating forages. In *Agronomy* (Vol. 11, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122580>
- Glover, J. D., Reganold, J. P., Bell, L. W., Borevitz, J., Brummer, E. C., Buckler, E. S., Cox, C. M., Cox, T. S., Crews, T. E., Culman, S. W., DeHaan, L. R., Eriksson, D., Gill, B. S., Holland, J., Hu, F., Hulke, B. S., Ibrahim, A. M. H., Jackson, W., Jones, S. S., ... Xu, Y. (2010). Increased food and ecosystem security via perennial grains. In *Science* (Vol. 328, Issue 5986, pp. 1638–1639). <https://doi.org/10.1126/science.1188761>
- Heineck, G. C., Schlautman, B., Law, E. P., Ryan, M. R., Zimbric, J. W., Picasso, V., Stoltenberg, D. E., Sheaffer, C. C., & Jungers, J. M. (2022). Intermediate wheatgrass seed size and moisture dynamics inform grain harvest timing. *Crop Science*, *62*(1), 410–424. <https://doi.org/10.1002/csc2.20662>
- Huddell, A., Ernfors, M., Crews, T., Vico, G., & Menge, D. N. L. (2023). Nitrate leaching losses and the fate of 15N fertilizer in perennial intermediate wheatgrass and annual wheat — A field study. *Science of the Total Environment*, *857*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159255>
- Hunter, M. C., Sheaffer, C. C., Culman, S. W., & Jungers, J. M. (2020). Effects of defoliation and row spacing on intermediate wheatgrass I: Grain production. *Agronomy Journal*, *112*(3), 1748–1763. <https://doi.org/10.1002/agj2.20128>
- Hunter, M. C., Sheaffer, C. C., Culman, S. W., Lazarus, W. F., & Jungers, J. M. (2020). Effects of defoliation and row spacing on intermediate wheatgrass II: Forage yield and economics. *Agronomy Journal*, *112*(3), 1862–1880. <https://doi.org/10.1002/agj2.20124>
- Huo, J., Peng, C., (2023). Depletion of natural resources and environmental quality: Prospects of energy use, energy imports, and economic growth hindrances. *Resources Policy*, *86*. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104049>

- Jungers, J. M., DeHaan, L. R., Betts, K. J., Sheaffer, C. C., & Wyse, D. L. (2017). Intermediate wheatgrass grain and forage yield responses to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 109(2), 462–472. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.07.0438>
- KernzaCAP, (2023). Celebrating 40 Years The Story of Kernza® Perennial Grain in 40 Milestones. <https://kernza.org/celebrating-40-years-kernza-perennial-grain-in-40-milestones/>
- Law, E. P., Pelzer, C. J., Wayman, S., Ditommaso, A., & Ryan, M. R. (2020). Strip-tillage renovation of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for maintaining grain yield in mature stands. *Renewable Agriculture and Food Systems*. <https://doi.org/10.1017/S1742170520000368>
- Locatelli, A., Gutierrez, L., Duchene, O., Speranza, P. R., & Picasso Risso, V. D. (2022). Agronomic assessment of two populations of intermediate wheatgrass—Kernza® (*Thinopyrum intermedium*) in temperate South America. *Grassland Research*, 1(4), 262–278. <https://doi.org/10.1002/qlr2.12032>
- Mårtensson, D., Barreiro, L.-M., Duchene, A., Jensen, O & S (2020). Perennial crops for sustainable soil management-Symbiotic fungi benefit from cultivation of a model crop for perennial cereal grain production in Europe. GLOBAL SYMPOSIUM ON SOIL BIODIVERSITY. <https://isara.hal.science/hal-03653259v1>
- Mårtensson, L.-M. D., Barreiro, A., Olofsson, J., & Rodrigues, Â. R. (2021). The Perennial Grain Crop *Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & D.R. Dewey (Kernza™) as an Element in Crop Rotations: A Pilot Study on Termination Strategies and Pre-Crop Effects on a Subsequent Root Vegetable. <https://doi.org/10.3390/11111175>
- Mårtensson, L.-M. D., Barreiro, A., Li, S., & Steen Jensen, E. (2022.). *Agronomic performance, nitrogen acquisition and water-use efficiency of the perennial grain crop Thinopyrum intermedium in a monoculture and intercropped with alfalfa in Scandinavia*. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00752-0/Published>
- Ogle, D., St. John, L., Tober, D., Jensen, K. (2011). Plant guide for Intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*). USDA-Natural Resources *Plant Guide*, <http://npdc.usda.gov> <https://www.nrcs.usda.gov/plantmaterials/idpmspg10369.pdf>
- Olsson, L., Andersson, E., Ardö, J., Crews, T., David, C., DeHaan, L., Hilling, A., Streit Krug, A., Palmgren, M., Rey, S., Tagesson, T., Westerbergh, A., & Vestin, P. (2024). What is the prospect of a perennial grain revolution of agriculture? *Global Sustainability*, 7, e35. <https://doi.org/10.1017/sus.2024.27>
- Olugbenle, O., Pinto, P., & Picasso, V. D. (2021). Optimal planting date of kernza intermediate wheatgrass intercropped with red clover. *Agronomy*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy11112227>
- Paul, J. D., Lutsiv, T., & Thompson, H. J. (2024). A Perennial Green Revolution to address 21st-century food insecurity and malnutrition. In *Food and Energy Security* (Vol. 13, Issue 4). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/fes3.568>
- Peters, T., (2019). Approaches to Managing Intermediate Wheatgrass for Dual-Use Forage and Kernza® Perennial Grain Production. <https://kernza.org/wp-content/uploads/2020/02/March-2019-Approaches-to-Managing-Intermediate-Wheatgrass-for-Dual-Use-Forage-and-Kernza-Perennial-Grain-Production.pdf>

- Peters, T., (2022). Transforming Agriculture, Perennially. The Land Institute <https://kernza.org/wp-content/uploads/NOTICE-NRCS-CSP-E3280-1.pdf>
- Peters, T. (2023). *KERNZA® PRODUCTION BASICS A non-comprehensive guide for Growing Intermediate wheatgrass (IWG) for Kernza® production Prepared by Tessa Peters Director of Crop Stewardship. Kernza production guide* <https://kernza.org/wp-content/uploads/Kernza-production-guide-1-1.pdf>
- Pinto, P., de Haan, L., & Picasso, V. (2021). Post-harvest management practices impact on light penetration and kernza intermediate wheatgrass yield components. *Agronomy*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy11030442>
- Pinto, P., Cartoni-Casamitjana, S., Cureton, C., Stevens A., Stoltenberg, D., E., Zimbric, J., Picasso, V.,D. (2022). Intercropping legumes and intermediate wheatgrass increases forage yield, nutritive value, and profitability without reducing grain yields. <https://10.3389/fsufs.2022.977841>
- Pototskaya, I. v., Shamanin, V. P., Aydarov, A. N., & Morgounov, A. I. (2022). The use of wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) in breeding. In *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* (Vol. 26, Issue 5, pp. 413–421). Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-51>
- Pugliese, J. Y., Culman, S. W., & Sprunger, C. D. (2019). Harvesting forage of the perennial grain crop kernza (*Thinopyrum intermedium*) increases root biomass and soil nitrogen cycling. *Plant and Soil*, 437, 241–254. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-03974-6>
- Puka-Beals, J., Sheaffer, C. C., & Jungers, J. M. (2022). Forage yield and profitability of grain-type intermediate wheatgrass under different harvest schedules. *Agrosystems, Geosciences and Environment*, 5(3). <https://doi.org/10.1002/agg2.20274>
- Reilly, E. C., Gutknecht, J. L., Tautges, N. E., Sheaffer, C. C., & Jungers, J. M. (2022). Nitrogen transfer and yield effects of legumes intercropped with the perennial grain crop intermediate wheatgrass. *Field Crops Research*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108627>
- Rodriguez, C., Mårtensson, L.-M. D., Steen Jensen, E., & Carlsson, G. (2021). *Combining crop diversification practices can benefit cereal production in temperate climates*. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00703-1/Published>
- Rusch, H., L., Hunter, M., C., Kraus A., Tautges, N., E., Jungers, J., M. (2025). Intermediate wheatgrass as a dual use crop for grain and grazing. *Frontiers in Agronomy*, 7. <https://10.3389/fagro.2025.1534962>
- Singaravel, R., Vishwanathan, T., Dhivya, K., Keerthana, K., Seenivasan, M. (2023). *Organics, clay, and nanomaterials for efficient nutrient management and crop production in sandy agroecosystem*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.09.123>
- Sleiderink, J., Tjeerd, J. E., & Stomph, J. (2020). *The Role of the Deep Roots of Perennial Cereal Kernza in a Drying Climate a Masterthesis*. <https://docslib.org/doc/11515602/the-role-of-the-deep-roots-of-perennial-cereal-kernza-in-a>
- Stanley, M., (2021). *Guidelines to managing sandy soils across low-rainfall regions of south-eastern Australia*. https://agex.org.au/wp-content/uploads/2021/04/AEA_Sandy-soils_LR-2.pdf

- Sukhomud O. H., Adamenko D. M., Kravets I. S.(2018) *Growth and Development of Kernza® in the Conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine*. <https://landinstitute.org/wp-content/uploads/2020/03/Sukhmond-Kernza%C2%AE-in-the-Ukraine.pdf>
- Tan, D., Adedoyin, F., Alvarado, R., Ramzan, M., Kayesh, M., S., Shah, M., I., (2022). *The effects of environmental degradation on agriculture: Evidence from European countries*. *Gondwana Research*, 106, 92-104. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.12.009>
- Tang, F. H. M., Crews, T. E., Brunsell, N. A., & Vico, G. (2024). Perennial intermediate wheatgrass accumulates more soil organic carbon than annual winter wheat – a model assessment. *Plant and Soil*, 494(1–2), 509–528. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06298-8>
- Tautges, N., Detjens, B., Jungers, A., Cureton, J., DeHaan, L., Fernholz, C., Forcella, F., Kraus, A., Nesser, S., Peters, T., Peterson, L., Schlautman, B., Skelly, S., Reilly, E. (2023). *Kernza ® Grower Guide Produced with significant contributions from: Kernza Technical Assistance Team contacts Minnesota and broader Midwest Region Design and layout*. https://kernza.org/wp-content/uploads/Grower-guide_final.pdf
- Wagoner, P., Crain, J., Larson, S., & DeHaan, L. (2023). *Origin of current intermediate wheatgrass germplasm being developed for Kernza grain production*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3399539/v1>
- Zhen, X., Dobbratz, M., Jungers, J. M., & Sadok, W. (2024). Is interannual grain yield decline of intermediate wheatgrass influenced by management and climate in the Upper Midwest? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 362. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108856>
- Zhong, Y., Mogoginta, J., Gayin, J., & Annor, G. A. (2019). Starch hydrolysis kinetics of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) flour and its effects on the unit chain profile of its resistant starch fraction. *Cereal Chemistry*, 96(3), 564–574. <https://doi.org/10.1002/cche.10156>

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, _____ Katrin Tõruvere _____,
(*autori nimi*)

sünniaeg _____27.04.1987_____,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

_____ **VAHELMISE NISUHEINA BIOMASSI - JA TERASAAK**

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on _____Evelin Loit-Harro ja Mailiis Korge_____,

(*juhendaja(te) nimi*)

salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi EMU DSpace lisamiseks ja Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates lõputööd reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;

2. olen teadlik, et lihtlitsentsiga antavad õigused jäävad alles ka mulle;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Juhendaja(d) (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)

