



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Mart Rinken

**LÄMMASTIKVÄETISE MÕJU ÕLLEODRA
KVALITEEDILE**

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZER ON QUALITY OF MALTING BARLEY

Bakalaureusetöö

Põllu- ja aiasaaduste tootmise õppekava

Juhendajad: Professor Alar Astover
Spetsialist Triin Teesalu

Tartu 2016

Lühikokkuvõte eesti keeles

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Mart Rinken		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Lämmastikväetise mõju õlleodra kvaliteedile			
Lehekülgi: 35	Jooniseid: 9	Tabeleid:7	Lisasid: 1
<p>Osakond: Mullatuduse ja agrokeemia osakond Uurimisvaldkond: B390 Taimekasvatuse, aianduse, taimekaitsevahendite, taimehaiguste B434 Agrokeemia Juhendaja(d): prof. Alar Astover, spetsialist Triin Teesalu Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu 2016</p> <p>Kvaliteetse õlle saamiseks on vajalik, et õlleoder vastaks kindlatele kvaliteedinõuetele. Seega on odra kasvatamisel oluline jälgida kindlaid nõudeid. Käesoleva töö eesmärk on uurida lämmastikväetise mõju olulisust õlleodra kvaliteedinäitajatele nagu terade idanemisenergia, toorproteiini sisaldus ja tuhande tera mass. Töö tulemusena selgus, et eri katselappidel oli odra keskmine idanemisenergia vahemikus 65 - 98%, keskmine toorproteiini sisaldus vahemikus 8,8 - 12,9% ning 1000 tera mass vahemikus 42 - 47 g. Erinevate väetusvariantidega saadud odraproovide näitajate analüüsimiseks ja võrdlemiseks ning lämmastikväetiste mõju iseloomustamiseks kasutati kahefaktorilist dispersioonanalüüsi ning Tukey' testi.</p> <p>Dispersioonanalüüsil selgus, et mineraalse lämmastikväetise normide suurenemisel vähenes oluliselt idanemisenergia. Toorproteiini sisaldus kasvas mineraalse lämmastiku mõjul oluliselt, eriti siis, kui seda kasutati rohkem kui 120 kgN/ha, samas sõnniku järelmõju oli toorproteiini sisaldusele mitteoluline. Komposti mõju terade toorproteiini sisaldusele oli Tukey' testi alusel väheoluline. 1000 tera massile oli lämmastikväetise mõju mitteoluline.</p> <p>Töö tulemuste alusel selgus, et õlleodra kõrgete kvaliteedinäitajate saavutamiseks on odra kasvatamisel soovitatav kasutada võimalikult vähe mineraalset lämmastikväetist (kuni 40 kgN/ha) ning ka orgaanilise väetise kogus võiks olla madal. Saadud tulemused on kooskõlas ka varasemate andmetega. Tulemuste kasutatavuse laiendamiseks võiks katseid korrata pikema ajaperioodi vältel ning ka teiste odrasortidega.</p>			
Märksõnad: õlleoder; lämmastikväetis; idanemisenergia, toorproteiini sisaldus; 1000 tera mass			

Abstract

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Mart Rinken		Specialty: Production and marketing of agricultural products	
Title: Effect of Nitrogen Fertilizer on Quality of Malting Barley			
Pages: 35	Figures: 9	Tables: 7	Appendixes: 1
Department: Department of Soil Science and Agrochemistry Field of research: B390 Phytotechny, horticulture, crop protection, phytopathology B434 Agrochemistry Supervisors: Professor Alar Astover, Specialist Triin Teesalu Place and date: Tartu 2016			
<p>Malting barley should meet specific requirements of quality, so it is essential to follow optimal conditions of growth during the production barley. The aim of the present thesis is to study the effect of nitrogen rate on the malting barley's quality parameters, like germination energy, crude protein content and thousand grain weight. The average germination energy was in the range 65 - 98%, average crude protein content between 8.8 - 12.9% and thousand grain weight between 42 - 47 g. We used variance analysis and Tukey's test to compare the effect of different fertilization schemes on the individual parameters of malting barley quality.</p> <p>Based on the variance analysis, the increase of the amount of mineral nitrogen fertilizer significantly decreased the germination energy. The crude protein content increased significantly due to the increase of nitrogen rate, especially if the nitrogen rate was over 120 kgN/ha; the aftereffect of manure on crude protein content was insignificant. The effect of compost on crude protein was according to Tukey's test insignificant. Thousand grain weight did not depend on nitrogen rate.</p> <p>We found that for the production of high quality malting barley it is necessary to apply as few mineral nitrogen fertilizer as possible (up to 40 kgN/ha) and also keep minimal the amount of compost. The obtained results are in good correlation with earlier data. To broaden the application range, it is recommended to carry out similar studies during longer period and with different varieties of barley.</p>			
Keywords: malting barley; nitrogen rate, germination energy, crude protein content; thousand grain weight			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ANALÜÜS	6
1.1 Teravilja, sealhulgas odra kasvatamise olukord Eestis.....	6
1.2 Agrotehnika odra ja õlleodra kasvatamisel.....	7
1.3 Nõuded odra kvaliteedile	9
1.4 Nõuded õlleodra kvaliteedile	9
2. MATERJALID JA METOODIKA	12
2.1 Katsepõllu iseloomustus	12
2.2 2014. aasta ilmastiku iseloomustus ja odra kasvuperioodi fenofaasid	14
2.3 Odra idanemisenergia määramine	16
2.4 Andmetöötlus.....	17
3. TULEMUSED JA ARUTELU	18
3.1 Lämmastikväetiste mõju odra idanemisenergiale.....	18
3.2 Lämmastikväetiste mõju odra toorproteiini sisaldusele.....	21
3.3 Lämmastikväetiste mõju 1000 tera massile	23
KOKKUVÕTE	27
KASUTATUD KIRJANDUS	29
SUMMARY	31
Lisa 1.	33

SISSEJUHATUS

Otra kasvatatakse peamiselt parasvöötme kliimaatilises tsoonis, mille raskuspunkt on Euroopas ja kus toodetakse hinnanguliselt 40% kogu maailma odratoodangust. Euroopa odratoodangust, mis 2014. aastal oli üle 60 miljoni tonni, toodeti Eestis 458 000 tonni, mis moodustas Euroopa kogutoodangust 0,76%. Odra keskmine saagikus oli Euromalt'i andmetel 2014. aastal Eestis 3,64 t/ha ja Euroopas 4,9 t/ha [1]. Eesti aladel kasvatati otra juba ligikaudu 3000 aastat tagasi ning tõenäoliselt koos sellega alustati ka teradest kääritatud joogi valmistamist [2].

Oder on õlle valmistamiseks olnud juba iidsetest aegadest eelistatuim teravili, sest leotatud odra tera struktuur on tugevam ning tänu sõkalde olemasolule on terad idanemisel vigastuste eest kaitstud [3;4]. Samuti on odras suhteliselt vähe proteiini. Õlletööstuses kasutatakse maailma odra kogutoodangust hinnanguliselt 10% [3]. Eestis toodeti 2014. aastal 160,8 miljonit liitrit õlut, mis oli 13,5 miljoni liitri ehk 9 % võrra enam võrreldes eelneva, 2013. aastaga. [5]. Ühe liitri õlle valmistamiseks kulub keskmiselt 175 g linnaseid ehk umbes 5000 linnase tera [3].

Kvaliteetse õlle tootmiseks on kõige tähtsam kvaliteetne tooraine: õlleoder ja vesi. Õlleodra tera kvaliteedile on kehtestatud kindlad nõuded, mis on erinevad söödaodra kehtestatud nõuetest. Seega peab õlleodra sordi valimisel, selle kasvatamisel ja terade kuivatamisel ning säilitamisel jälgima teatud erinõudeid. Kohalikest sortidest hinnatakse üheks sobivaimaks odrasorti "Anni", sest sellel on hea saagikus ja seisukindlus ning suur, suhteliselt madala proteiinisaldusega tera, mis võimaldab saada kvaliteetseid linnaseid. Käesoleval ajal müüvad põllumehed õlleodra välismaale, kust see linnaste kujul Eestisse tagasi tuuakse.

Ehkki enamus linnastest imporditakse, suureneb huvi kodumaise õlleodra vastu, sest linnastamata õlleodra kasutamine linnaste kõrval parandab õlle stabiilsust ja vahu omadusi. Näiteks Tartu A. Le Coqi õlletehas loodab, et nii saab tõsta kõikide õllede säilivusaja poolelt aastalt aastani. Aastas vajaks A. Le Coq umbes 800 tonni õlleotra, millele on esitatud väga kõrged kvaliteedinõuded. [6]

Käesoleva töö eesmärgiks ongi anda ülevaade odrakasvatuse olukorrast Eestis, nõuetest odra ja õlleodra kasvatamise agrotehnikale ning toodangu kvaliteedile ja töö eksperimentaalses osas uurida, kas kasutatava lämmastikväetise mõju on oluline õlleodra kvaliteeti iseloomustavale näitajatele nagu terade idanemisenergia, toorproteiini sisaldus ja tuhande tera mass.

1. KIRJANDUSE ANALÜÜS

1.1 Teravilja, sealhulgas odra kasvatamise olukord Eestis

Eestis on põllumajanduslikus kasutuses oleva maa hulk viimastel aastatel oluliselt kasvanud. Kui 2004. aastal oli kasutatavat põllumaad 792 409 hektarit, siis 2014. aastal oli kasutatava põllumaa hulk juba 974 820 hektarit. Statistikaameti andmed kasutatava põllumajandusmaa suuruse kohta viimasel kümnel aastal on toodud tabelis 1 [7].

Tabel 1. Eestis kasutatav põllumajandusmaa (tuhat ha) [7].

Kasutatav põllumajandusmaa kokku (tuhat ha)										
2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
792,4	882,3	898,5	914,7	906,4	931,8	948,8	946,0	955,9	965,9	974,8

Koos põllumajandusmaa hulga kasvuga on tublisti kasvanud nii põllukultuuride kogupind kui ka teravilja kasvupind (tabel 2). Kui enne Teist maailmasõda kasvatati Eesti Vabariigis teravilja ligikaudu 590 tuhandel hektaril, mis moodustas selle aja põllumaast 48% [8], siis see tase saavutati uuesti 2013. aastal.

Enamuse teravilja kasvupinna suurenemisest on andnud taliteravilja suurem kasvatamine, suviteravilja pinnad pole viimase 10 aastaga oluliselt muutunud. Talliodra kasvupind on suhteliselt väike (2014. aastal ainult 200 ha), samas suviviljadest moodustab oder üle poole (2014. aastal 55 %). [7]

Tabel 2. Põllukultuuride kasvupinnad Eestis aastatel 2005-2015 (tuhat ha) [7].

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Põllukultuurid kokku	560,7	539	579,6	577,4	566,6	602	585,3	568,8	590,2	608,4
Teravili:	282,1	280,3	292,3	309,3	316,4	275,3	297	290,5	311,1	332,9
taliteravili	33,7	33,9	59	70,9	69,7	68,2	70,9	86,3	59,7	102,8
sh. talioder	0,5	0,5	0,9	0,8	1,4	1	0,3	0,3	0,1	0,2
suviteravili	248,4	246,4	233,3	238,4	246,7	207,1	226,1	204,2	251,4	230,1
sh. oder	143,7	141,5	135,2	135,7	139,3	103,8	118	108,7	133	125,6

Odra kasvupind Eestis on viimasel 10 aastal kõikunud 104,8-144,2 tuhande hektari vahel (Tabel 2). Statistika näitab, et igaaastaselt külvatakse otra alla natukene rohkem kui kolmandiku külvatavast teraviljast. Odra saagikus sellel ajavahemikul on kõikunud 292,9-457,5 tuhande tonnini aastas. Keskmised hektarisaagid on olnud vahemikus 2306 -3641 kiloni. Odra saagikuse suurem kasv on toimunud just viimastel aastatel, kus aasta-aastalt on üle Eesti saadud suuremaid teraviljasaake [7]. Samas on keskmine odra saagikus võrreldes Euroopa keskmisega endiselt suhteliselt madal: 2014. aasta andmetel oli see Eestis 74,3% Euroopa keskmisest (3641 vs 4900 kilo/ha) [1].

Odra eksport on aastate lõikes suuresti kõikunud. Kui 2010. aastal oli odra eksport 85 000 tonni, siis 2011. aastal tõusis odra eksport 184 668 tuhande tonni peale, kuid kukkus 2012. aastal tagasi 84 732 tuhande tonni peale. Enamus, rohkem kui 90 % odrast eksporditi Saudi Araabiasse. 2013. aastal tegi odra eksport taas suure hüppe ja tõusis tagasi 170 998 tuhande tonni peale, kusjuures otra eksporditi taas kõige rohkem Saudi Araabiasse, kuhu läks 77,1 % eksporditavast odrast. 2014. aastal tõusis eksport juba 237 160 tonni peale. Peamine sihtriik oli endiselt Saudi Araabia, kuhu läks 55,7 % kogu eksporditud odrast. [9]

Odra import on samuti aastate jooksul palju kõikunud. Näiteks 2012.aastal oli odra import 8137 tonni, mis on võrreldes 2011. aastaga koguni 80,8 % vähem. Enamus imporditud odrast tuli Baltimaadest: Leedust 45,3 % ja Lätist 39,3 %. 2013. aastal tegi aga odra import tugeva kasvu, kasvades 3,9 korda ja tõustes 31 379 tonni peale. Kasv tuli suures osas Läti arvelt, kust tuli ka enamus imporditavast odrast, tervelt 92,5 %. 2014. aastal kasvas odra import juba 41 619 tonni peale ja enamus imporditud odrast tuli sellel aastal Soomest. [9]

1.2 Agrotehnika odra ja õlleodra kasvatamisel

Eesti asub parasvöötmes, mis on erinevate teraviljade kasvatamiseks väga soodne ning võimaldab siin kasvatada nii suvi- kui ka taliteravilja. Suviteraviljadest on enimkasvatatav oder. Odra kasvatamise oluliseks eeliseks on ka see, et see on kõige lühema kasvuajaga teravili ning enamus sorte valmivad 90 - 100 päevaga. Leidub isegi sorte, mis saavad valmis juba 80 päevaga. [3;10]

Oder tuleb kevadel külvata võimalikult vara, sest oder hakkab idanema juba 1...3°C juures. Hea idanemistemperatuur on 4-5 °C ning optimaalne temperatuur 19-20 °C päeval ja 12-13 °C öösel. Odra kasvule on väga halb, kui pea loomise ajal esineb öökülmi. Parima

kvaliteediga terad saadakse siis, kui õhutemperatuur tõuseb 23-24 °C peale. Õhutemperatuuri langedes 13-14 °C juurde odra kasv aeglustub. [11]

Oder on niiskuse suhtes vähenõudlik. Mida parem on agrotehnika ja viljakam muld, seda säästlikumalt oder vett kasutab. Niiskust vajab ta kogu kasvuperioodi vältel, kuid kõige kriitilisem on veevajadus kõrsumisest pea loomiseni, mille jooksul kasutab oder 30-40 % kogu oma kasvuaja veetarbest. Mullastiku suhtes on oder vähenõudlik. Erinevatel odrasortidel on siiski erinevad nõudmised, kuid need ei ole väga suured ja silmatorkavad. Kõige paremini sobivad odrale viljakamad neutraalse reaktsiooniga saviliiv- ja liivsavimullad. [11]

Kasvutingimused mõjutavad suuresti odra kvaliteeti. Alati ei saa kasvatatud otra õlleodrana kasutada, kuna saagil on liialt kõrge proteiinisaldus, väike idanemisenergia, madal idanevus või on saak nakatunud erinevate taimehaigustega. Kevadel tuleb õlleoder külvata nii kiiresti kui võimalik, sest siis on mullas veel küllaldaselt niiskust. Õlleodrale pole hea, kui väetisena antakse liiga palju lämmastikku, sest siis tõuseb proteiini kogus odras liiga kõrgele. [10;12]

Optimaalne lämmastiku kogus õlleodrale on 60-70 kgN/ha, suuremate lämmastikukoguste juures võib proteiinisaldus tõusta õlleodrale kehtestatud piirist kõrgemale [10]. Samas teiste autorite andmetel võib sobiva proteiinisaldusega kvaliteetset õlleotra saada kui lämmastikukogus on 100 kuni 120 kgN/ha [13]. Ruffing jt. leidsid ka, et lämmastiku kogus ei mõjuta õlleodra idanevust [13]. Edney jt andmetel lämmastiku kogus ei mõjuta odra idanemisenergiat, kuid mõjutab idanemisindeksit [14].

Õlleodra proteiinisaldust võib oluliselt suurendada pikka aega kestev põud; samuti see, kui põllul on eelnevalt kasvatatud liblikõielisi kultuure, mis teatavasti seovad mulda lisa lämmastikku. Seetõttu on hea, kui õlleodrale eelnevad rühvelkultuurid, raps või talirukis. On soovituslik, et õlleodra külvinorm oleks vähemalt 500 seemet m². Samas, kui külvinorm on madalam (200-400 seemet/m²), siis idanemisenergia oluliselt ei vähene, ja on vastavalt 97,9 ja 98,3% [14]. Kuna on teada, et oder on hea produktiivvõrsete tootja, siis odra kõrvalvõrsete terad ei valmi nii hästi kui odra peavõrsel ja seetõttu jäävad odra kõrvalvõrsete seemned väikeseks. [10]

1.3 Nõuded odra kvaliteedile

Odra kvaliteet sõltub nii sordiomadustest kui ka kasvutingimustest [7]. Enamus kasvatatavast odrast läheb söödaks, kuid aasta-aastalt on kasvanud ka õlleodra osatähtsus. Lisaks kasutatakse otra ka jahu, tangude ja kruupide valmistamiseks. Odra kvaliteedinõuded sõltuvad tema kasutusotstarbest. Toiduodrale on teraviljatöötledjad kehtestanud kindlad kvaliteedinõuded: toiduodra partii ei tohi olla sortide segu, sisaldada erinevaid laokahjureid, tuulekaera seemneid ega fusarioosseid teri. Toiduoder peab olema suure tuumaka teraga (mahumassi minimum vähemalt 640 g/l) ja sõklaga, mis on õhuke; proteiinisaldus peab olema üle 9,0% ning niiskusesisaldus 11,0-13,5%. Vili, mille niiskusesisaldus on üle 14 %, toiduviljaks ei sobi. [15]

Kohalikest odrasortidest hinnatakse õlleodra kasvatamiseks üheks sobivaimaks sorti "Anni", mille ristamisvanemad on sordid Lola ja Liisa. "Anni" on hilisepoolne, suure saagipotentsiaaliga ja läbi aastate stabiilse terasaagiga sort. Seisukindlus on "Annil" väga hea, 1000 tera mass on suur ning teraühtlikkus kõrge. Terade proteiinisaldus on keskmine kuni madal, mis võimaldab saada kvaliteetseid linnaseid. "Anni on suhteliselt vastupidav võrk- ja pruunlaiksusele, jahukastele ja triiptõvele ning ei nakatu lendnõkke. "Anni" on vastupidav põuale ning selle stressitaluvus on väga hea. [16]. Samas "Anni" linnastamise omadused ei ole väga head: terade ekstraktiivsus on standardist madalam, viskoossus suurem ning β -glükaanide sisaldus võrreldes teiste sortidega liiga kõrge [17].

1.4 Nõuded õlleodra kvaliteedile

Õlleodrale on kehtestatud mitmeid spetsiifilisi erinõudeid, mis erinevad söödaodra nõuetest. Õlleotra tuleb koristada üsna täpsel ajal, hea oleks, kui see oleks saavutanud täisküpsuse faasi. Täisküpsus on saavutatud, kui viljapead on longus ja kõrs pole hakanud veel murduma. Õigeaegne koristus kindlustab esmased kvaliteedinõuded [10].

Oder, mida soovitakse kasutada linnastamiseks, peab olema sordipuhas. Seega peab linnastamiseks minev oder olema pärist ühest partiist, tegu ei tohi olla kokku segatud erinevate partiide seguga. Erinevate sortide terad ligunevad ja idanevad ebahetlaselt ning selle tõttu saadakse mittekvaliteetne linnas. [10]

Õlleodra varumisel hinnatakse selle kvaliteeti esmalt organoleptiliselt, see tähendab et teradele antakse meeleelundite abil tajutav hinnang. Õlleodra terad peavad olema heledad,

läikivad ning normaalse lõhnaga. Oder, mis on saanud vihmakahjustusi ja mille terad on tumenenud, õlleodraks ei kõlba. Õlleodra prügisus peab olema väiksem kui 0,5%. Prügisuse alla kuuluvad liivaterad, kivikesed, aganad, umbrohuseemned jms. Teralisandeid võib olla kuni 1,0% [10].

Õlleodra terad peavad olema ühtlase suurusega. Selleks sõelutakse terad erinevatel sõeladel, mille avade laius on tavaliselt 2,8mm, 2,5 mm ja 2,2 mm. Headeks odrateradeks loetakse terad, mis jäävad 2,5 ja 2,8 millimeetrise sõelade peale. Need moodustavad I sordi ja neid kasutatakse linnastamiseks; 2,2 mm sõelale jäänud terad moodustavad II sordi [18]. Terasuurus sõltub aastast, väga põuasel aastal jääb tera väga peeneks, kuid ka väga suure võrsumise puhul võib tera väikseks jääda, mistõttu teraühtlikkus pole soovitud suuruses ja see läheb hoopis söödaks [19]. Tera suurust iseloomustab 1000 tera mass ja selle järgi jagatakse odrad suureteralisteks (>45g), keskmise terasuurusega (41-44g) ning väikeseteralisteks (37-40g). On leitud, et tera suurus sõltub oluliselt lämmastikväetise andmise ajast kasvufaasis, sest see mõjutab moodustuvate võrsete arvu [20]. Linnastamiseks sobivad kõige paremini keskmise suurusega terad, kuna nende ligunemine toimub ühtlaselt ja kiiresti. Õlleodra terade iseloomustamiseks võib kasutada ka mahumassi, mis on ühe liitri odraterade kaal grammides. Õlleodral peab see olema vähemalt 640 g/l [10].

Hea õlleodra tera ühtlikkus peab olema vähemalt 90-93 %. Madalama hinnaga võtavad Eestis ületehased vastu otra, mille teraühtlikkus on vähemalt 80 %, Soomes vähemalt 85 %. Eriti peeneid terasid, mis läbivad ka 2,2 millimeetrise sõela, võib heas õlleodras olla mitte rohkem kui 2 %. Eriti peenete terade miinuseks loetakse seda, et need sisaldavad rohkem proteiini ja seetõttu saab õlle valmistaja sealt kätte vähem ekstrakti kui jämedamate terade puhul [19].

Terade proteiinisaldus on õlleodra kvaliteedi oluline näitaja õllevalmistaja seisukohalt. Kui õlleodra terades on proteiini rohkem kui 13 % väheneb õlleekstrakti saagis, õlle läbipaistvus ja säilimisaeg. Iga lisaprotsent proteiini tähendab ekstraktiivsuse langust ligikaudu ühe protsendi võrra [21]. Samas kui õlleodras on proteiini alla 8%, siis ei jagu pärmseentele piisavas koguses valkaineid, mille tulemusena ei teki õllele püsivat vahtu ja ei saavutata õlle soovitud head maitset. Proteiinisaldus sõltub peamiselt sordist, lämmastikuga väetamisest, ilmastikutingimustest ja mulla viljakusest. Terade proteiinisaldust suurendavad rohke lämmastikväetisega väetamine või väga kuiv aasta, mil tera jääb väga peeneks [19]. Proteiini määramiseks kasutatakse tavaliselt Kjeldahli meetodit [18].

Kõrge kvaliteediga õlle valmistamiseks on sobivaimad terad, mille proteiinisaldus on vahemikus 9,0-11,5%, kuid mitte üle 12% [22]. USA-s ja Kanadas loetakse optimaalseks terade proteiinisalduseks 11-12,5% [23].

Kuna keemiliste analüüside tegemine on tülikas ja aeganõudev, on õlleodra kvaliteedi iseloomustamiseks välja pakutud ka kiirmeetodeid, näiteks vajaliku (elektri) energia mõõtmise 10g terade jahvatamiseks 1mm tera läbimõõduga jahuks, mis iseloomustab terade rakuseinte tugevust ning idanevuse kiirust: mida väiksem on kuluv energia, seda parema õlleodraga on tegu [24].

Üks olulisemaid õlleodra kvaliteedi näitajaid on kiire ja üheaegne idanemine. Mida suurem on idanevus, seda kvaliteetsemad linnaseid same ja seda parem tuleb ka lõppprodukt. Madala idanevusega odraseemned ei modifitseeru linnaste valmistamise protsessi käigus piisavalt ning see põhjustab ekstraktiivsuse languse. Terad, mis ei ole idanenud ning terade mittemodifitseerunud osad on linnastamise protsessi seisukohalt samaväärsed linnastamata teradega: nad vähendavad õlle kvaliteeti, sest võivad nakatuda mikroorganismidega. Üks ebaühtlase idanemise peamisi põhjuseid on terade pikk puhkeperiood, mida soodustavad jahedamad ilmastikutingimused teravilja küpsemise perioodil [25].

Õlleodra idanevust defineeritakse kui 120 tunni ehk 5 ööpäeva jooksul idanenud terade arvu protsentides [13]. Hea õlleodra idanevus on 94-95% [19].

Idanemisenergia (EK) on defineeritud kui kindlates tingimustes 72 tunni ehk 3 ööpäeva jooksul idanenud terade hulk protsentides [26]. Selle arvutamiseks kasutatakse järgmist valemit [26]:

$$EK (\%) = (n_{24} + n_{48} + n_{72}), \quad (1.4.1),$$

kus n_{24} , n_{48} , n_{72} – idanenud seemnete arv vastavalt 24, 48 ja 72 tunni möödudes.

Kõrge idanemisenergia näitab, et oder on terve ja linnastub hästi [18]. Idanemisenergia peaks olema vähemalt 93% [18]; Kanadas on idanemisenergia nõutud väärtuseks vähemalt 95% [23].

Lisaks kasutatakse õlleodra iseloomustamiseks ka idanemisindeksit (IK). Selle arvutamiseks kasutatakse järgmist valemit [26;27]:

$$IK = 10 \times (n_{24} + n_{48} + n_{72}) / (n_{24} + 2n_{48} + 3n_{72}) \quad (1.4.2).$$

2. MATERJALID JA METOODIKA

2.1 Katsepõllu iseloomustus

Töös uuriti odra "Anni" teraproove, mis kasvatati 1989. aastal rajatud IOSDV pikaajalises põldkatses Tartu maakonnas, Tähtvere vallas, Eerika katsepõllul 2014. aasta suvel.

Katsepõllu mullastiku huumusesisaldus oli madal: 1,5 kuni 2%; fosfori ja kaaliumi sisaldus oli keskmine. Enamus muldasid on näivleetunud liivsavimullad (LP), kuid leidub ka gleistunud leetjat mulda (Klg) (Maaameti mullakaart). Tegemist on 3 külviväljaga süsteemiga, kus kasvatatakse suvinisu, otra ja kartulit.

Kevadel enne odraseemne külvi põllud esmalt libistati ning 14.-16.aprillini võeti mullaproovid agrokeemiliseks analüüsiks. Seejärel 24.aprillil külvati mineraalväetised ning põllud kultiveeriti teist korda. Oder külvati 25. aprillil 2014. aastal. Külvisenorm oli 519 idanevat seemet m² kohta (seemnekulu 246 kg/ha). Katsetes, kus mineraalväetise norm oli 120 või 160 kgN/ha, anti mineraalväetiste norm kahes osas: esimesel korral (24.04) vastavalt 80 ja 120 kgN/ha ning pealtväetisena täiendavalt 40 kgN/ha 27. mail. Oder koristati 13. augustil.

Taimekatseprogramm oli suhteliselt tagasihoidlik: herbitsiididest kasutati Secatori normiga 0,1 l/ha (26.05.2014) ning insektsiididest Decis't normiga 0,2 l/ha (06.06.2014). Fungitsiide 2014. aastal ei kasutatud.

Oder kasvatati 5 erineva mineraalset lämmastikku sisaldava väetusvariandiga, kus lämmastiku kogus oli 0, 40, 80, 120 või 160 kgN/hektari kohta nii ilma orgaanilise väetiseta kui taheda veisesõnnikuga külvikorras. Mineraalse lämmastikväetisena kasutati ammooniumnitraati (NH₄NO₃). Tahesõnnik laotati katsetükkidele arvestusega 40 t/ha kartulikasvatusele eelnenud sügisel (2012. aastal). Arvestatuna üldlämmastiku alusel oli 2012. aasta sõnnikus lämmastikku 444,15 kgN/ha (avaldamata katseandmed) Eeldusel, et teisel aastal on taimede poolt kasutatav 10% sõnnikus sisalduvast lämmastikust [28], on tahesõnnikust saadav lämmastikukogus ligikaudu 44 kgN/ha.

Odra väetamiseks kasutati ka kolme normiga Jõelahtmelt pärit komposti (tabel 3):

Tabel 3. Komposti kuivainesisaldus ja agrokeemilised näitajad [29].

Kuivaine,%	64
N, %	4,0
P, %	0,53
K,%	0,90
C, %	31
Suhe C/N	7,7
pH _{KCl}	7,1

Nagu tabelist 3 näha, oli kompost suure kuivainesisaldusega. Komposti toormassi laotati hektarile 8, 11 või 14 tonni arvestusega 200, 275 või 350 kg lämmastikku 1 hektari kohta (arvutatuna üldlämmastiku alusel). Kompost laotati katselapile saagi kasvuaastale eelnenud sügisel (30.11.2013) ning viidi künniga mulda samal päeval.

Kokku kasutati katselappidel odra kasvatamiseks 12 erinevat lämmastikku sisaldavat väetusvarianti (tabel 4). Lisaks uuriti võrdluseks odra proove, mille kasvatamisel lämmastikku sisaldavaid väetisi ei kasutatud.

Tabel 4. Väetusvariandid oder "Anni" kasvatamisel.

	Väetusvariant	Orgaaniline lämmastik, kg N/ha	Mineraalne lämmastik, kg N/ha
1.	N0	0	0
2.	N40	0	40
3.	N80	0	80
4.	N120	0	120
5.	N160	0	160
6.	N0+	444 - tahe veisesõnnik*	0
7.	N40+	444 - tahe veisesõnnik*	40
8.	N80+	444 - tahe veisesõnnik*	80
9.	N120+	444 - tahe veisesõnnik*	120
10.	N160+	444 - tahe veisesõnnik*	160
11.	JL0	0 - Kontrollkatse ilma kompostita	0
12.	JL200	200 - Jõelähtme kompost*	0
13.	JL275	275 - Jõelähtme kompost*	0
14.	JL350	350 - Jõelähtme kompost*	0

*arvestatuna laotamise hetkel

2.2 2014. aasta ilmastiku iseloomustus ja odra kasvuperioodi fenofaasid

Ilmastikuandmed pärinevad katsepõllul olevast automaatselt ilmajaamast. 2014. aastal oli palju sademeid. Aprillist septembrini oli sademeid 371,6 mm, mis on oluliselt kõrgem pikaajalisest keskmisest. Aprillis, kui tehti külve, oli pikaajalisest keskmisest 2 korda kuivem, kuid alates maist sadas rohkem kui eelnevatel aastatel ja septembri lõpuks oli sademeid tulnud rohkem kui 80 mm rohkem paljude aastate keskmisest. Kui võtta odra kasvuperiood, külvamisest koristamiseni, siis oli see vahe veelgi suurem. Kõige vihasem oli augusti kolmas dekaad, kus sadas ligi kolm korda rohkem varasemate aastate keskmisest. Odra kasvuperioodil nii suuri erinevusi paljude aastate keskmisega võrreldes siiski ei olnud.

Sademetete summa millimeetrites Eerikal odra vegetatsiooniperioodil dekaadide lõikes 2014. aastal on toodud tabelis 5.

Tabel 5. Sademetete summa millimeetrites Eerikal oder "Anni" vegetatsiooniperioodil 2014. aastal [29].

Kuu	Dekaad	Sademeid 2014 (mm)	Sademeid 25 aasta keskmisena (mm)
Aprill	I	5,6	9,9
	II	7,8	9,7
	III	0	6,9
Kokku		13,4	26,5
Mai	I	24,0	15,5
	II	46,6	20,8
	III	13,2	23,2
Kokku		83,8	59,5
Juuni	I	34,4	19,8
	II	44,6	29,4
	III	24,4	31,3
Kokku		103,4	80,5
Juuli	I	32,0	19,1
	II	24,2	23,0
	III	15,2	27,3
Kokku		71,4	69,4
August	I	16,8	27,4
	II	22,4	28,5
	III	73,8	25,0
Kokku		113,0	80,9
		385,0	316,8

Õhutemperatuur oli 2014.a. suvel valdavalt keskmise lähedane. Oluliselt oli keskmisest jahedam vaid juuni teine pool, kui õhutemperatuur oli kuni 4,3 kraadi madalam varasemast keskmisest [29]. Keskmise õhutemperatuur odra vegetatsiooniperioodil Eerikal dekaadide lõikes aastal 2014 on toodud tabelis 6.

Tabel 6. Keskmise õhutemperatuur (°C) oder "Anni" vegetatsiooniperioodil dekaadide lõikes aastal 2014 ning 25 katseaasta (1990...2014) keskmise õhutemperatuur Eerikal [29].

Kuu	Dekaad	2014.a. temperatuur	25 aasta keskmise temperatuur
Aprill	I	3,2	2,3
	II	5,6	7,3
	III	8,7	10,0
Keskmine		5,8	6,5
Mai	I	10,1	6,6
	II	11,5	13,6
	III	12,8	15,5
Keskmine		11,5	16,6
Juuni	I	14,9	12,0
	II	15,0	12,0
	III	15,9	11,6
Keskmine		15,2	13,4
Juuli	I	17,7	17,3
	II	18,1	18,7
	III	18,5	21,9
Keskmine		18,1	19,3
August	I	18,0	21,3
	II	16,5	16,4
	III	15,2	12,8
Keskmine		16,6	16,8

2014. aastal oli odra kasvuaeg külvist kuni saagi saamiseni 108 päeva (Tabel 7). Tärkamine võttis tavalisest kauem aega, kuna oli jahe ja kuiv, kuid hiljem, kui ilm muutus soojemaks ja niiskemaks, nihkusid teised kasvufaasid tavapärase lähedale ja lõpuks tuli saak kasvatajale kätte pikaajalise keskmise tulemusega. [29]

Tabel 7. Oder "Anni" kasvuperioodi fenofaasid IOSDV Eerika katsepõllul 2014. aastal [29].

Kasvufaas	2014	Kestvus päevades
Külv	25.04.14	
Tärkamine	05.05.14	10
Võrsumine	22.05.14	17
Kõrsumine	03.06.14	11
Loomine	25.06.14	22
Õitsemine	04.07.14	9
Piimküpsus	11.07.14	7
Vahaküpsus	25.07.14	14
Täisküpsus	07.08.14	12
Koristamine	13.08.14	6
Vegetatsiooniperiood		108

2.3 Odra idanemisenergia määramine

Idanemisenergia 2014. aasta odraproovides määrati 2016. a. veebruaris. Koristusjärgselt oli odraproove säilitatud kuivas ja pimedas 21°C juures.

Odra idanemisenergia määramise katsed viidi läbi Eesti Maaülikooli Mullateaduse ja agrokeemia osakonna pimedas kasvuruumis temperatuuril vahemikus 20,7 kuni 21,5 °C . Selleks kasutati 3-ööpäeva pikkust katset, kus iga 24 tunni tagant loeti idanema läinud seemneid. Idanemisenergia määramiseks loeti igast proovist välja 100 seemet. Seemned pandi idandamiseks 90 millimeetrise läbimõõduga Petri tassile, kuhu oli asetatud filterpaberist välja lõigatud ketas, millele oli pipeti abil tilgutatud 4 ml destilleeritud vett. Seejärel suleti Petri tass kaanega ja jäeti seemned idanema. Seemnete idanemist hinnati terale valge saba järgi tekkimise alusel. Idanenud seemned eemaldati iga 24 tunni tagant katsest ning seega jäi Petri tassile iga 24 tundi järel järjest vähem seemneid. Teisel päeval, 48 tundi pärast katse algust, lisati tassile täiendavalt 2 ml destilleeritud vett, kuna kardeti, et idanemiskeskond jääb seemnetele liialt kuivaks. Kokku uuriti odra idanemisenergiat 45 odra proovi korral.

Idanemisenergia arvutati EBC meetodikat kasutades eespooltoodud valemi (1.4.1) alusel [26].

2.4 Andmetöötlus

Katsetulemuste töötlemiseks ja analüüsiks kasutati programme Microsoft Excel ja GraphPad Prism 5.0. Erinevused erinevate väetusvariantide vahel leiti kahefaktorilise dispersioonanalüüsiga (ANOVA) ning erinevate rühmade keskmiste omavaheline võrdlus toimus 95 % usutavustaseme juures Tukey testiga.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

Lämmastikväetiste mõju uurimiseks IOSDV põldkatses 2014. aastal kasvatatud odra "Anni" proovides kasutati erinevate odraproovide iseloomustamiseks terade keskmist idanemisenergiat, toorproteiini sisaldust ning 1000 tera massi. Eksperimentaalsete mõõtmiste tulemused ning erinevaid odraproove iseloomustavad keskmised suurused erinevate väetusvariantide korral on toodud Lisas 1.

3.1 Lämmastikväetiste mõju odra idanemisenergiale

Esmalt uuriti idanemisenergia sõltuvust mineraalse lämmastiku kogusest nii ilma orgaanilise väetise mõjuta kui ka sõnniku järelmõjuga külvikorras. Leiti, et idanemisenergia väheneb mineraalse lämmastikväetise koguse suurenedes mõlemal puhul lineaarselt (joonis 1) ning neid sõltuvusi kirjeldavad järgmised võrrandid:

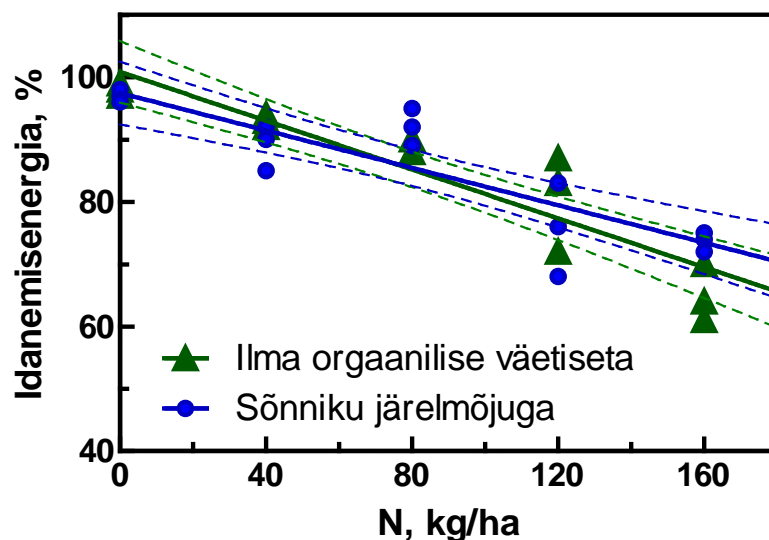
$$\text{ilma orgaanilise väetise mõjuta: } y = -0,1958x + 100,87 \quad (R^2 = 0,8443)$$

$$\text{sõnniku järelmõjuga külvikorras: } y = -0,15x + 97,467 \quad (R^2 = 0,7533),$$

kus y - idanemisenergia, %

x - mineraalne lämmastik kgN/ha

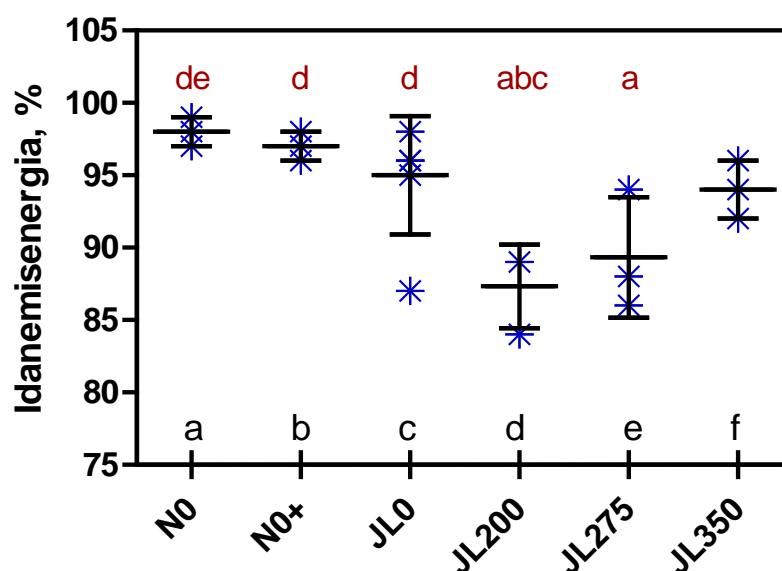
Saadud sõltuvused koos 95%-liste usalduspiiridega on toodud joonisel 1.



Joonis 1. Mineraalse lämmastiku mõju odra "Anni" proovide idanemisenergiale (%) ilma orgaanilise väetiseta ja sõnniku järelmõjuga külvikorras. Lineaarsed sõltuvused koos 95%-liste usalduspiiridega.

Mineraalse lämmastiku mõju odra idanemisenergiale ilma orgaanilise väetiseta ja sõnniku järelmõjuga külvikorras võrreldi kahesuunalise t-testi abil. Selle alusel leiti, et sõnniku järelmõju odra idanemisenergia sõltuvusele mineraalsest lämmastikust ei ole statistiliselt oluline ($P=0.40$).

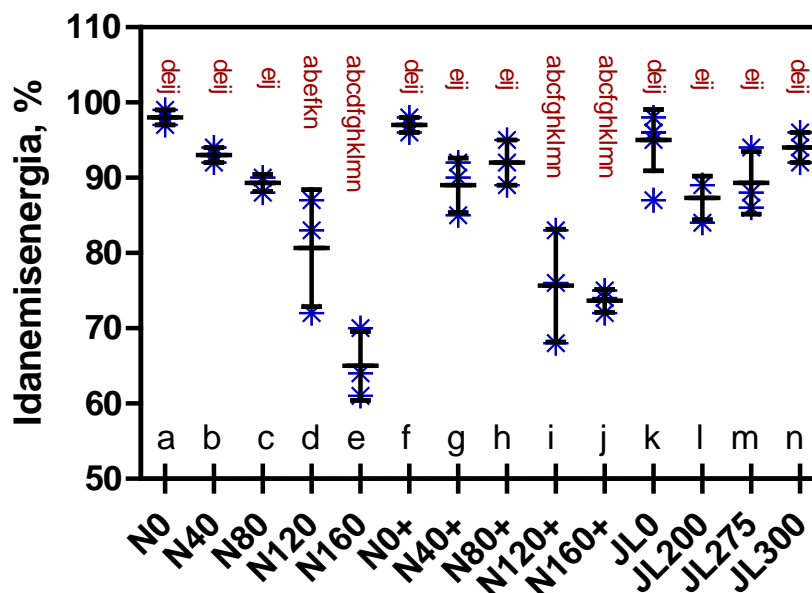
Odra idanemisenergia väärtused erinevate orgaaniliste lämmastikväetiste kasutamisel on toodud joonisel 2. Erinevate väetusskeemide mõju olulisuse hindamiseks kasutati Tukey testi, mis on kirjanduses soovitatud *post hoc* analüüsimeetod homogeensete andmete jaoks kõikide katserühmade omavaheliseks võrdlemiseks [30]. Tulemustest selgub, et sõnnik ei mõjuta tulemust, kuid komposti kasutamisel on idanemisenergia madalam, kusjuures statistiliselt usutavalt ($P<0,05$) erinev foonist (JL0) on see ainult JL200 variandis.



Joonis 2. Orgaanilise väetise mõju oder "Anni" proovide idanemisenergiale (%) ilma mineraalse lämmastikuta erinevate väetusvariantide korral. Katseandmed tähistatud tärnidena ning keskmine ja standardhälve joontega. Statistiliselt usutavad erinevused (Tukey' testis $P<0,05$) väetusvariantide vahel on märgitud vastavaid variante tähistavate kirjatähtedega.

Kõigi uuritud väetusvariantide mõju odra idanemisenergiale on toodud joonisel 3. Tukey testi alusel leitud olulised erinevused ($P<0.05$) teistest väetusvariantidest on toodud vastava tulba andmete kohal erinevatele väetusvariantidele vastavate kirjatähtedega. Nagu joonisel 3 näha, siis suurim mõju idanemisenergiale on mineraalsel lämmastikul, mis

tasemetel üle 100 kg/ha andis oluliselt madalama idanemisenergia võrreldes teiste väetamisskeemidega. Seetõttu ei näita ka orgaaniline väetis antud andmekogumi juures statistiliselt olulist mõju.



Joonis 3. Oder “Anni” proovide idanemisenergia (%) erinevates väetusvariantides. Katseandmed tähistatud tärnidena ning keskmine väärtus ja standardhälve joontega. Statistiliselt usutavad erinevused (Tukey’ testis $P < 0,05$) väetusvariantide vahel on märgitud vastavaid variante tähistavate kirjatähtedega.

IOSDV Eerika põldkatses kasutatud väetusvariantide korral jäi odra idanemisenergia vahemikku 65-98%, samas kui see õlleodra puhul peaks olema vähemalt 93% [18]. Kehtestatud nõuetele vastasid ainult odraproovid, mis olid saadud katselappidelt, millele ei olnud mineraalset lämmastikväetist üldse antud või katselapilt, kus kompostiga anti arvestuslikult 350 kgN/ha.

Ehkki kirjanduses on viiteid, et lämmastiku kogus õlleodra idanemisenergiat oluliselt ei mõjuta [13;14], leiti oder "Anni" proovide analüüsil, et mineraalne lämmastik vähendab odra idanemisenergiat oluliselt. Seega idanemisenergia seisukohalt on kasulik võimalikult madala mineraalse lämmastikväetise koguse kasutamine.

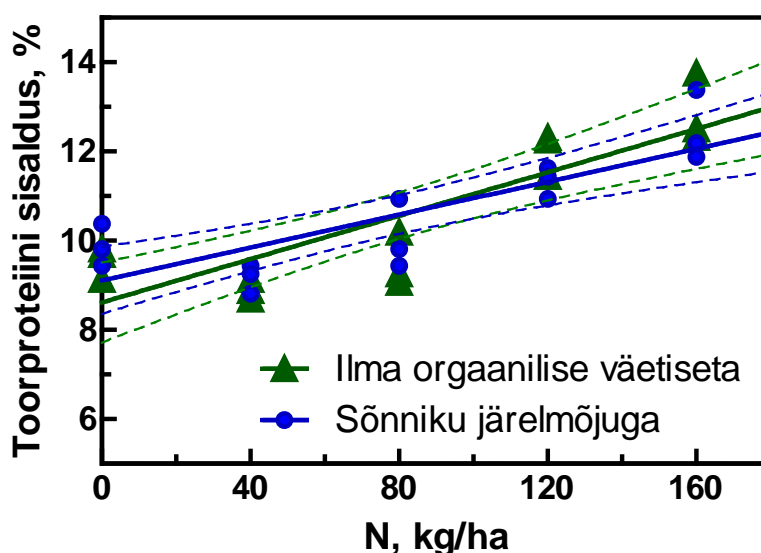
3.2 Lämmastikväetiste mõju odra toorproteiini sisaldusele

Käesolevas töös uuriti ka odra toorproteiini sisalduse sõltuvust mineraalse lämmastikväetise kogusest. Erinevates uuritud odraproovides oli toorproteiini sisaldus 8,8 - 12,9%. Leiti, et toorproteiini sisaldus (y) suureneb lämmastikväetise koguse (x) suurenedes lineaarselt nii ilma orgaanilise väetiseta kui ka sõnniku järelmõjuga külvikorras (joonis 4). Neid sõltuvusi kirjeldavad võrrandid:

$$\text{ilma orgaanilise väetise mõjuta: } y = 0,0243x + 8,61 \quad (R^2 = 0,72)$$

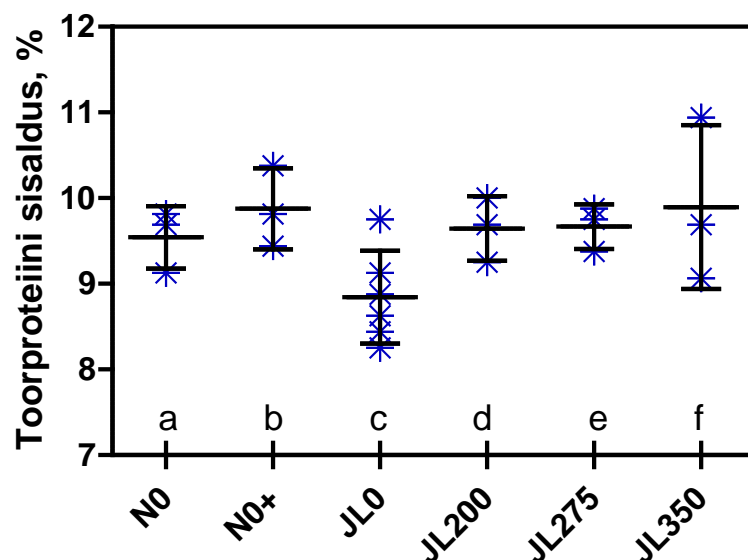
$$\text{sõnniku järelmõjuga külvikorras: } y = 0,0184x + 9,11 \quad (R^2 = 0,67)$$

Mõlema sirge tõus on oluliselt erinev nullist ($P < 0,01$), mis näitab mineraalse lämmastiku mõju toorproteiini sisaldusele, kuid kahe suunalise t-testi alusel ülaltoodud sirged ei ole üksteisest oluliselt erinevad ($P = 0,5906$): seega võib väita et sõnniku 2.aasta järelmõju ei ole odra toorproteiini sisaldusele statistiliselt oluline.



Joonis 4. Mineraalse lämmastiku mõju oder "Anni" proovide toorproteiini sisaldusele (%) ilma orgaanilise väetiseta ja sõnniku järelmõjuga külvikorras. Lineaarsed sõltuvused koos 95%-liste usalduspiiridega.

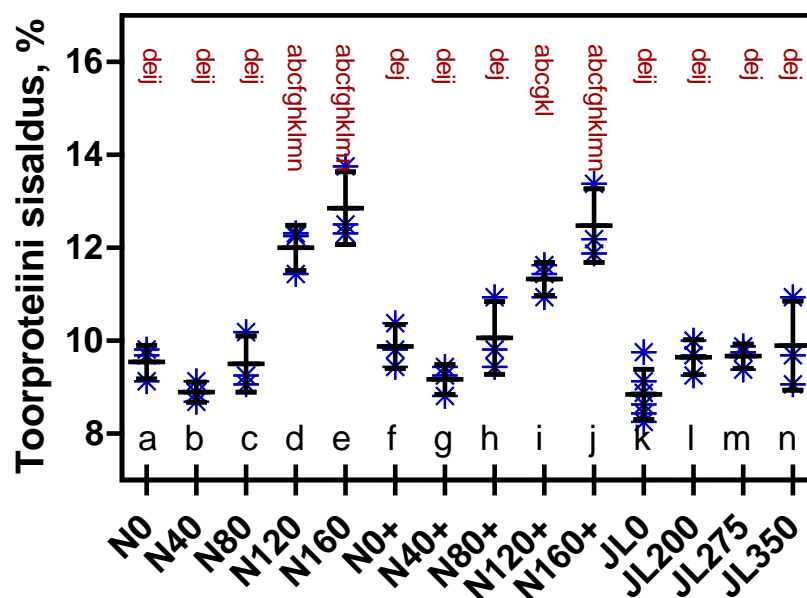
Orgaanilise lämmastikväetise kasutamise korral oli toorproteiini sisaldus terades vahemikus 8,8 kuni 9,9 % ning orgaanilise lämmastikväetise mõju olulisuse hindamiseks terade toorproteiini sisaldusele kasutati Tukey testi (joonis 5). Selle testi abil ei tuvastatud statistiliselt olulisi ($P < 0,05$) erinevusi ühegi rühma vahel.



Joonis 5. Orgaanilise väetise mõju oder "Anni" proovide toorproteiini sisaldusele (%) ilma mineraalse lämmastikuta erinevate väetusvariantide korral. Katseandmed tähistatud tärnidena ning keskmine ja standardhälve joontega. Statistiliselt usutavaid erinevusi (Tukey' testis $P < 0,05$) väetusvariantide vahel antud seerias ei täheldatud.

Kõikide kasutatud väetusskeemide mõju odra toorproteiini sisaldusele on toodud joonisel 6. Nagu jooniselt näha, kasvab toorproteiini sisaldus oluliselt ning see on suurem kui 12 %, kui mineraalset lämmastikku kasutati 120 - 160 kg/ha. Natuke madalam oli see vaid sõnniku järelmõjuga väetusskeemi N120+ korral: 11,3%. Madalamate mineraalväetise koguste juures antud katseseerias lämmastikväetiste mõju toorproteiinile ei täheldatud. Samuti ei olnud olulist mõju orgaanilisel väetisel.

Peatükis 1.4 toodud andmete kohaselt on õlle valmistamiseks sobivaimad terad, mille proteiinisaldus on vahemikus 9,0 - 11,5%, kuid mitte üle 12 % [22]. Saadud tulemuste põhjal võib seega järeldada, et õlleodra kasvatamisel on lähtudes terade optimaalsest proteiinisaldusest soovitatav kasutada mineraalset lämmastikväetist vähem kui 120 kgN/ha. Ka varasemates töodes on leitud, et rohke lämmastikväetise kasutamine suurendab terade proteiinisaldust [19].

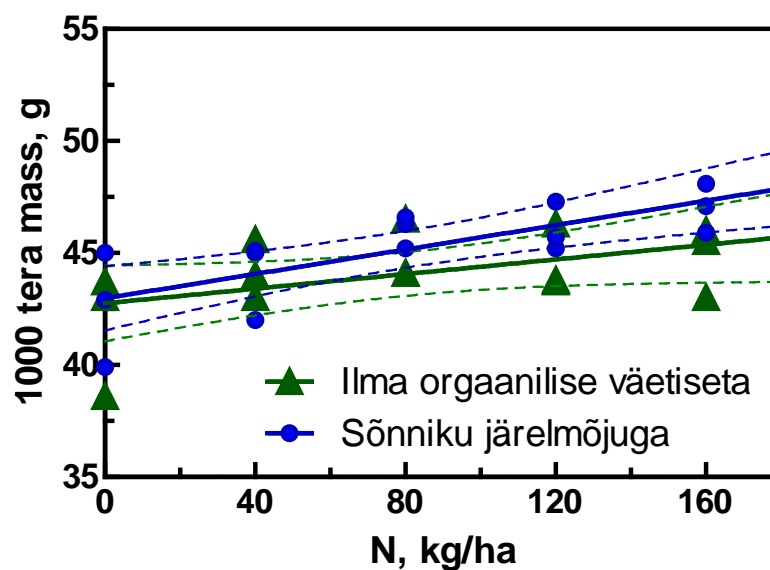


Joonis 6. Oder “Anni” proovide toorproteiini sisaldus (%) erinevates väetusvariantides. Katseandmed tähistatud tärnidena ning keskmine väärtus ja standardhälve joontega. Statistiliselt usutavad erinevused (Tukey’ testis $P < 0,05$) väetusvariantide vahel on märgitud vastavaid variante tähistavate kirjatähtedega.

Toorproteiini sisaldus erinevate väetusskeemide korral. Katseandmed on toodud tärnidena ning keskmine ja standardhälve joontega. Statistiliselt usutavad erinevused (Tukey’ testis $P < 0,05$) erinevate väetusvariantide vahel on märgitud tulpadele vastavate kirjatähtedega.

3.3 Lämmastikväetiste mõju 1000 tera massile

Kolmanda odraterade kvaliteeti iseloomustava suurusena uuriti 1000 tera massi, mille sõltuvus mineraalse lämmastiku kogusest nii ilma kui ka sõnniku järelmõjuga külvikorras on toodud joonisel 7.



Joonis 7. Mineraalse lämmastiku mõju oder "Anni" 1000 tera massile (g, 14% niiskuse juures) ilma orgaanilise väetiseta ja sõnniku järelmõjuga külvikorras. Lineaarsed sõltuvused koos 95%-liste usalduspiiridega.

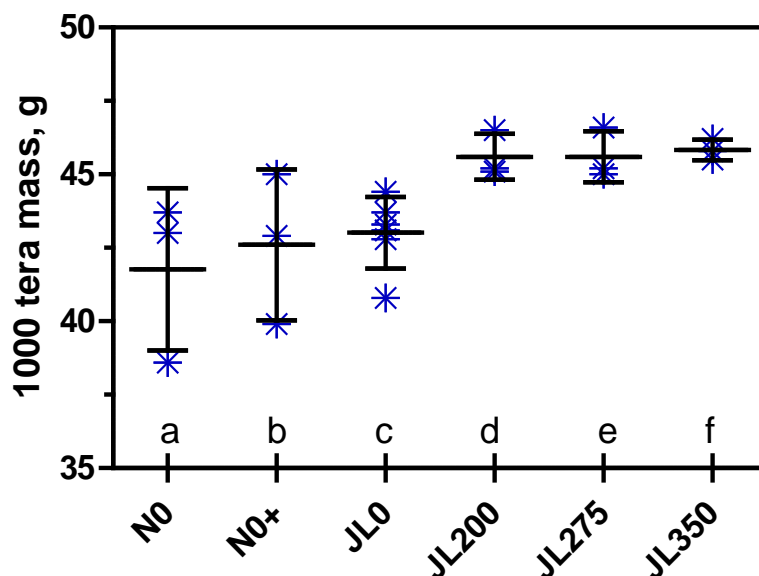
Mineraalse lämmastikunormi (x) mõju 1000 tera massile (y) on lineaarne ning see on kirjeldatav järgmiste võrranditega:

ilma orgaanilise väetise mõjuga: $y=0,0163x + 42,75$ ($R^2=0,24$)

sõnniku järelmõjuga külvikorras: $y = 0,0273x + 42,97$ ($R^2 = 0.56$)

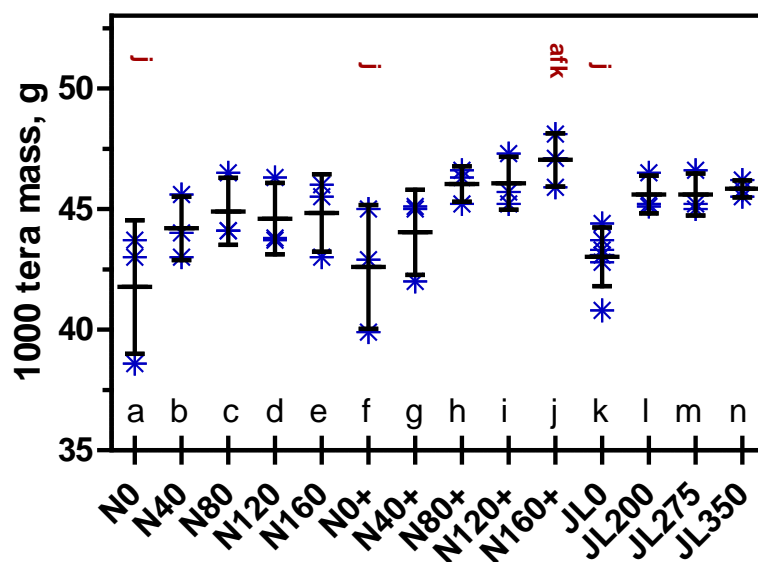
Need sirged ei eristu statistiliselt üksteisest, mistõttu võib väita, et mineraalse lämmastiku foonil ei mõjuta sõnnik oluliselt odra 1000 tera keskmist kaalu (kahesuunalises t-testis $P=0,122$)

Orgaanilise väetise mõju olulisust 1000 tera massile Tukey testi abil leida ei õnnestunud (joonis 8). Jooniselt 8 on näha, et Jõelähtme komposti kasutamise korral on keskmine 1000 tera mass küll mõnevõrra suurem, kui see mõju pole statistiliselt usutav ($P>0.05$).



Joonis 8. Orgaanilise väetise mõju oder "Anni" 1000 tera massile (g, 14% niiskuse juures) ilma mineraalse lämmastikuta erinevate väetisvariantide korral. Katseandmed tähistatud tärnidena ning keskmine ja standardhälve joontega. Statistiliselt usutavaid erinevusi (Tukey' testis $P < 0,05$) väetisvariantide vahel antud seerias ei täheldatud.

Väetistel oli suhteliselt vähene mõju terade kaalule. Statistiliselt usutav terade kaalu kasv saavutati ainult maksimaalse mineraalse lämmastikväetise koguse (160 kg/ha) ja sõnniku koosmõjul (tulp j joonisel 9) ja seda ainult võrreldes ilma lämmastikväetisteta variantidega (tulbad afk joonisel 9).



Joonis 9. Oder "Anni" 1000 tera mass (g, 14% niiskuse juures) erinevates väetisvariantides. Katseandmed tähistatud tärnidena ning keskmine väärtus ja standardhälve joontega. Statistiliselt usutavad erinevused (Tukey' testis $P < 0,05$) väetisvariantide vahel on märgitud vastavaid variante tähistavate kirjatähtedega.

Eerika põldkatses oli 1000 odratera keskmine mass erinevate väetusvariantide korral vahemikus 42 - 47g. Alla 45 grammi, mis on suureteraliste otrade miinimumpiir [10], jäi 1000 tera mass ainult katselappidel kus ei kasutatud ühtegi väetist või mineraalse lämmastiku kogus oli 40 kgN/ha. Kuna linnastamiseks sobivad kõige paremini keskmise suurusega terad, mille 1000 tera keskmine mass on 41-44 g [10], siis kvaliteetse õlleodra saamiseks on soovitatav sort "Anni" puhul kasutada mineraalset lämmastikku kuni 40 kgN/ha ning orgaanilist väetist mitte kasutada.

KOKKUVÕTE

Antud töös uuriti IOSDV Eerika pikaajalises põldkatses lämmastikväetise erinevate väetusvariantide mõju õlleodra kolmele kvaliteedinäitajale: keskmisele idanemisenergiale, toorproteiini sisaldusele ning 1000 tera massile.

Teraproovid võeti oder "Anni" 2014. aasta saagist, mis oli kasvatatud kolmeväljalises külvikorras suvinisu-oder-kartul näivleeturunud mullal. Väetusvariantideks olid mineraalse lämmastikväetise normid 0, 40, 80, 120 ja 160 kgN/ha nii ilma orgaanilise väetiseta kui ka taheda veisesõnnikuga külvikorras. Tahesõnnikut anti kartulile selle kasvueelsel sügisel normiga 40t/ha. Mineraalse lämmastikväetisena kasutati ammooniumnitraati, mis laotati paar päeva enne odra külvi. Mineraalse lämmastikväetise normid 120 ja 160 kgN/ha anti jaotatult: esimesel korral vastavalt 80 ja 120 kgN/ha ning hiljem täiendavalt 40 kgN/ha pealtväetisena. Komposti kasutati kolme normiga, mis leiti üldlämmastiku alusel (200, 275 ja 350 kgN/ha). 2014.aastal kasutatud kompost oli suure kuivainesisaldusega (64 %) ja üldlämmastikusisaldusega (4 %).

Erinevatel katselappidel kasvatatud odra proovidel oli keskmine idanemisenergia vahemikus 65 - 98 %, keskmine toorproteiini sisaldus vahemikus 8,8 - 12,9 % ning 1000 tera mass vahemikus 42 - 47 g. Nimetatud näitajaid loetakse õlleodra jaoks optimaalseteks vastavalt vahemikes 93 - 100 %; 9,0 - 11,5 % ja 41 - 44 g [10].

Post hoc võrdluses selgus, et mineraalne lämmastikväetis vähendas oluliselt odra idanemisenergiat ja suurendas odraterade toorproteiini sisaldust, kuid ei omanud olulist mõju 1000 tera massile. See on heas kooskõlas ka varem kirjanduses toodud andmetega.

Sõnniku järelmõju ei omanud statistiliselt usutavat mõju ühelegi uuritud õlleodra kvaliteeti iseloomustavale suurusele: nii idanemisenergia, toorproteiini sisaldus kui ka 1000 tera mass ei muutunud oluliselt sõnniku järelmõju toimetel.

Jõelähtme komposti kasutamisel oli idanemisenergia madalam, kusjuures statistiliselt usutavalt erines see foonist ainult väetusvariandis, kus kasutati komposti arvestusega 200 kgN/ha. Terade toorproteiini sisaldusele ja 1000 tera massil kompost statistiliselt usutavat mõju ei avaldanud.

Töös läbi viidud analüüsi alusel selgus, et õlleodra optimaalsete kvaliteedinäitajate saavutamiseks on odra kasvatamisel soovitatav kasutada võimalikult vähe mineraalset lämmastikväetist (kuni 40 kgN/ha). Komposti kasutamise osas tuleks lähtuda sellest, et see ei mõjutanud oluliselt terade toorproteiini sisaldust ja 1000 tera massi. Küll aga suurenes

idanemisenergia komposti koguste suurenemisel, ehkki kõikide kasutatud komposti sisaldavate väetusvariantide korral oli idanemisenergia võrreldes nullvariandiga madalam. Seega komposti kasutamine ei paranda kokkuvõttes oluliselt õlleodra kvaliteeti.

Odraproovide idanemisenergia, toorproteiini sisaldus ja 1000 tera mass vastasid õlleodra nõuetele kolme kasutatud väetusvariandi (N0, N40 ja N0+) korral, ehkki nimetatud variantide erinevus teistest kasutatud väetusvariantidest oli statistiliselt usutav vaid väetusvariantide N120, N160, N120+ ja N160+ korral. Parim väetisvariant oli N0 idanemisenergiaga 98%, toorproteiini sisaldusega 9,5% ja 1000 tera massiga 42 g.

Kuna parimad õlleodra kvaliteedinäitajad saadi väetusvariantidega, milles lämmastiku kogused olid väikesed ning parim oli üldse ilma lämmastikuta väetusvariant, siis edaspidi võiks täpsemalt uurida ka suhteliselt väikeste lämmastikukoguste (alla 40 kgN/ha) mõju. Kuna üks aasta on liiga lühike periood kindlate soovitusete tegemiseks, siis oleks vajalik lämmastikväetiste mõju uurida pikema ajavahemiku jooksul. Samuti vajaks täiendavat uurimist lämmastikväetiste mõju teistele perspektiivsetele õlleodra sortidele.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Euromalt statistics. -*Euromalt*. [WWW] http://www.euromalt.be/list_infos/euromalt%20statistics/1011306087/list1353668317.html (10.05.2016).
2. Õlle ajalugu. -*Eesti Õlletootjate Liit*. [WWW] <http://www.eestiolu.ee/olu/> (06.05.2016).
3. **Tamm, Ü.** (1998). Õlleoder: kvaliteet ja sordid. Jõgeva: Jõgeva Sordiareture Instituut. 59 lk.
4. **Makeri, M.U., Nkama, I., Badau, M.H.** (2013). Physico-chemical, malting and biochemical properties of some improved Nigerian barley cultivars and their malts. -*International Food Research Journal*. Vol. 20, pp. 1563-1568.
5. Õlleturg. -*Eesti Õlletootjate Liit*. [WWW] <http://www.eestiolu.ee/olleturg-2/> (06.05.2016).
6. **Rozental, V.** (6.märts 2013). Tartu õlle saladus: kohalik õlleoder. -*Äripäev*, lk 6.
7. Põllumajandus. -*Eesti Statistika andmebaas*. [WWW] <http://www.stat.ee> (09.05.2016).
8. **Lillak, R.** (2003). Eesti Põllumajanduse Ajalugu. Tartu: Eesti Põllumajandusülikool. 240 lk.
9. Teraviljaturg. -*TNS Emor (Eesti Põllumajandusministeeriumi tellimisel)*. [WWW] <http://www.agri.ee/et/uudised-pressiinfo/uuringud/turu-uuringud/teraviljaturg> (09.05.2016)..
10. **Tamm, Ü., Küüts, H.** (2012). Õlleodra sordid ja kasvatamise agrotehnika. - *Põllukultuuride sordid ja nende kasutamine*. Jõgeva: Jõgeva Sordiareture Instituut, lk. 8-14.
11. Millest sõltub teravilja saagikus? (2007). Põltsamaa: Vali Press. 102 lk.
12. **O'Donovan, J.T., Turkington, T.K., Edney, M.J., Clayton, G.W., McKenzie, R.H., Juskiw, P.E., Lafond, G.P., Grant, C.A., Brandt, S., Harker, K.N., Johnson, E.N., May, W.E.** (2011). Seeding Rate, Nitrogen Rate, and Cultivar Effects on Malting Barley Production. - *Agronomy Journal*. Vol.103, No.3, pp. 709-716.
13. **Ruffing, B.J., Westermann, D.T., Jensen, M.E.** (1980). Nitrogen management for malting barley. - *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Vol. 11, pp.889-894.
14. **Edney, M.J., O'Donovan, J.T., Turkington, T.K., Clayton, G.W., McKenzie, R., Juskiw, P., Lafond, G.P., Brandt, S., Grant, C.A., Harker, K.N., Johnson, E., May, W.** (2012). Effects of seeding rate, nitrogen rate and cultivar on barley malt quality. - *J.Sci.Food Agric.*, Vol. 92, pp. 2672-2678.
15. Abiks põllumajandussaaduste väikekäitlejale III osa. Tera- ja kaunviljade ning õlikultuuride töötlemine (2013). Tallinn: Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus. 198 lk.
16. Oder Anni. -*Eesti Taimakasvatuse Instituut* [WWW] <http://etki.ee/index.php/92-sortide-kirjeldused-alam/84-oder>. (13.05.2016).
17. **Tamm, Ü.** (2003). Euroopa õlleodrasortide linnase kvaliteet. - *Agraarteadus*. Kd. 14, Nr.2, lk 103-112.

18. **Tamm, Ü, Kiiüts, H.** (2004.) Õlleodra nõuetele vastavatest uutest sortidest. – *Agraarteadus*. Kd. 15, Nr. 4, lk 240-249.
19. **Kiiüts H.** (1992). Õlleoder. Tartu: A/s Tartu Õlletehas. 29 lk.
20. **Chen, J.X., Dai, F., Wei, K., Zhang, G.P.** (2006). Relationship between malt qualities and b-amylase activity and protein content as affected by timing of nitrogen fertilizer application. - *Journal of Zhejiang University.Science.B*, Vol.7, pp. 79-84.
21. **Lockhart, D.A.S.** (1989). Cereal Farming and Harvesting. –*Cereal Science and Technology*. Aberdeen University Press, pp. 1–37, viidatud: **Tamm, Ü, Kiiüts, H.** (2004.) Õlleodra nõuetele vastavatest uutest sortidest. – *Agraarteadus*. Kd. 15, Nr. 4, lk 241 vahendusel.
22. Malting barley methods used to measure quality. -*Canadian Grain Commission* [WWW] <https://www.grainscanada.gc.ca/barley-orge/method-methode/bmtm-mmao-eng.htm> (09.05.2016).
23. Quality factors in malting barley. -*A brewing and malting barley research institute* [WWW] <http://www.bmbri.ca/PDF/Quality%20Factors%20in%20Malting%20Barley.pdf> (12.05.2016).
24. **Allison, M.J., Cowe, I., McHale, R.** (1976). A rapid test for the prediction of malting quality of barley. -*Journal of the Institute of Brewing*, Vol. 82, pp. 166-167.
25. **Woonton, B.W., Jacobsen, J.V., Sherkat, F., Stuart, I.M.** (2005). Changes in Germination and Malting Quality During Storage of Barley. -*Journal of the Institute of Brewing*, Vol. 111, pp. 33-41.
26. European Brewery Convention (1998). Nurnberg: Fachverlag Hans Carl, viidatud: **Francakova, H., Liskova, M., Bojnanska, T., Marecek, J.** (2012). Germination Index as an Indicator of Malting Potential. -*Czech J.Food Sci.*, Vol. 30, pp. 378 vahendusel.
27. **Francakova, H., Liskova, M., Bojnanska, T., Marecek, J.** (2012). Germination Index as an Indicator of Malting Potential. -*Czech J.Food Sci.*, Vol. 30, pp. 377-384
28. Väetusplaani täitmise juhend 2010.a. -*PRIA* [WWW] www.pria.ee/images/tinybrowser/.../files/vaetusplaani-taitmise-juhend.rtf (02.05.2016).
29. **Astover, A., Teesalu, T.** (2016). Tartu põldkatse. 16 lk. Uuringu aruanne.
30. **Parring, A.-M., Vähi, M., Käärrik, E.** (1997). Statistilise andmetötluse algõpetus. Tartu: Ülikooli kirjastus, 405 lk.

SUMMARY

Effect of Nitrogen Fertilizer on Quality of Malting Barley

Europe is one of the major producers of barley, providing about 40% of the whole world production. The production of barley in Estonia in 2014 was 458 thousand tons.

Barley is the traditional cereal used for the production of malt, which is the basic material for the production of beer. Currently, all malt is imported into Estonia. In addition to the interest of the Estonian beer industry in domestic malt, high quality barley grain is required in novel beer production technologies to improve the quality and stability of beer.

There are two kinds of barley: feed barley and malting barley. Malting barley must be of high quality and able to germinate evenly and rapidly, so it is essential to follow optimal conditions of growth during the production barley.

The aim of the present thesis is to study the effect of nitrogen fertilizers on the malting barley's quality parameters, like germination energy, crude protein content and thousand grain weight. We used variance analysis for the examination of data, obtained with different fertilization schemes.

Barley samples (Anni) were collected in August 2014 from the long-term IOSDV experimental field of the Institute of Agricultural and Environmental Sciences of the Estonian University of Life Sciences in Eerika. The fertilization variants consisted of mineral nitrogen of 0, 40, 80, 120 and 160 kgN/ha, both with and without the aftereffect of manure (2nd year). In addition, we studied the fertilization effect of compost from Jõelähtme landfill with nitrogen norms 200, 275 and 350 kgN/ha.

The average germination energy of different samples of barley was in the range 65 - 98 %, average crude protein content between 8.8 - 12.9 % and thousand grain weight between 42 - 47 g. The optimal values of these parameters for malting barley are between 93 - 100%; 9.0 - 11.5 % and 41 - 44 g accordingly [10].

Based on the variance analysis, the increase of the amount of mineral nitrogen fertilizer significantly decreased the germination energy, increased the crude protein content but had no significant impact on thousand grain weight.

According to Tukey's test, the aftereffect of manure had no statistically significant impact on the studied quality parameters of malting barley (germination energy, crude protein content and thousand grain weight).

The compost from Jõelähtme decreased the germination energy, although this decrease was statistically significant only in the variant with 200 kgN/ha. This compost had no effect on crude protein content and 1000 grain weight.

We found, that the amount of mineral nitrogen fertilizer should not exceed 40 kgN/ha to obtain malting barley corresponding to quality standards. Concerning the effect of organic fertilizers: manure had no statistically significant impact on the three studied quality indicators of malting barley and compost had only slightly negative impact (although not statistically significant) on germination energy, we can conclude that it is not reasonable to use organic fertilizers for the production of malting barley.

The germination energy, crude protein content and 1000 grain weight matched the required standards in three fertilization variants (N0, N40 ja N0+), although the difference of these three variants was statistically significant only for the fertilization variants N120, N160, N120+ and N160+. Among the abovementioned variants, the best was N0, where the germination energy was 98%, crude protein content 9.5% and 1000 grain weight 42 g.

We found that for the production of high quality malting barley it is necessary to apply as few mineral nitrogen fertilizer as possible (up to 40 kgN/ha) and it is reasonable to keep the amount of organic fertilizers minimal, as the effect of the latter ones on the quality of malting barley is statistically insignificant. The obtained results are in good correlation with earlier data.

To broaden the application range, it is recommended to carry out similar studies during a longer period, as one year is obviously too short to give reliable recommendations. In addition, the experiments should be carried out with different varieties of barley.

Lisa 1.

Idanemisenergiate, toorproteiini sisalduse ning 1000 tera massi keskmised väärtused erinevates väetusvariantides 2014. aasta oder "Anni" proovides.

Väetus-variant*	Idanenud seemnete arv 24t järel (n24)	Idanenud seemnete arv 48t järel (n48)	Idanenud seemnete arv 72t järel (n72)	Keskmine idanemis-energia, % \pm se**	Keskmine toorproteiini sisaldus, % \pm se**	Keskmine 1000 tera mass, g \pm se**
N0	63	35	1	98,00 \pm 0,67	9,54 \pm 0,28	41,78 \pm 2,11
	64	31	3			
	58	36	3			
N40	57	35	2	93,00 \pm 0,67	8,90 \pm 0,15	44,19 \pm 0,93
	60	30	3			
	61	25	6			
N80	57	23	8	89,33 \pm 0,89	9,50 \pm 0,46	44,83 \pm 1,09
	52	26	12			
	59	15	16			
N120	36	32	15	80,67 \pm 5,78	12,00N0+ \pm 0,38	44,61 \pm 1,11
	39	23	10			
	35	41	11			
N160	31	13	17	65,00 \pm 3,33	12,85 \pm 0,60	44,84 \pm 1,21
	33	14	17			
	33	20	17			
N0+	55	40	2	97 \pm 0,67	9,88 \pm 0,33	42,60 \pm 1,81
	52	43	3			
	52	37	7			
N40+	47	27	11	89,00 \pm 2,67	9,17 \pm 0,24	44,03 \pm 1,37
	56	28	8			
	54	32	4			
N80+	62	20	10	92,00 \pm 2,00	10,06 \pm 0,58	46,05 \pm 0,54
	59	19	17			
	58	17	14			
N120+	39	27	10	75,67 \pm 5,11	11,33 \pm 0,26	46,09 \pm 0,83
	45	32	6			
	45	18	5			
N160+	34	20	20	73,67 \pm 1,11	12,48 \pm 0,60	47,05 \pm 0,75
	40	18	14			
	40	23	12			

JL0	62	32	2	95,00±2,67	8,84±0,41	43,02±0,81
	60	32	3			
	53	30	4			
	68	24	6			
	69	27	2			
	64	30	2			
JL200	60	20	4	87,33±2,22	9,65±0,26	45,62±0,60
	58	24	7			
	54	30	5			
JL275	60	25	1	89,33±3,11	9,67±0,19	45,62±0,67
	65	24	5			
	56	24	8			
JL350	62	19	15	94,00±1,33	9,90±0,69	45,81±0,23
	56	24	12			
	55	18	21			

*-vt. tabel 4

**-aritmeetilise keskmise standardviga

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

Mina, Mart Rincken,

sünniaeg 24. aprill 1992.a.,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihlitsentsi) enda loodud lõputöö

LÄMMASTIKVÄETISE MÕJU ÕLLEODRA KVALITEEDILE,

mille juhendaja(d) on Prof. Alar Astover ja spetsialist Triin Teesalu ,

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 lihlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, _____
(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)